Investigaciones Geográficas • Instituto de Geografía • UNAM
eISSN: 2448-7279 • DOI: https://doi.org/10.14350/rig.61188 • ARTÍCULOS
Núm. 120 • Agosto • 2026 • e61188
www.investigacionesgeograficas.unam.mx

Sobre el diagnóstico del riesgo meteorológico con fines de prevención del desastre

On the Assessment of Weather Risks for Disaster Prevention Purposes

Víctor Orlando Magaña Rueda,* Natalia Verónica Soto Coloballes** y Ángel Emmanuel Zuñiga Tovar***

Recibido: 19/03/2026 Aceptado: 26/06/2026 Publicado: 30/7/2026

Resumen. El riesgo meteorológico se ha incrementado en México debido a modelos de desarrollo urbano que aumentan la vulnerabilidad. Cuando el riesgo se materializa en desastre, se recurre a explicaciones con un enfoque naturalista que privilegian la recuperación del desastre sobre la prevención. Muchos de los problemas que encuentra la gestión del riesgo surgen porque algunas definiciones de peligro, amenaza, vulnerabilidad y riesgo son poco adecuadas. Incluso, el concepto de riesgo crítico, asociado con el momento en que las acciones de prevención se vuelven necesarias e impostergables, parece ausente del tema. Usarlo modifica la forma en que se construyen con frecuencia los Atlas de Riesgo o los Sistemas de Alerta Temprana.

Para mostrar la utilidad de nuevas formas de visualizar el concepto de riesgo de desastre se hace referencia a tres casos: i) el Huracán Otis en octubre 2023, que impactó el Puerto de Acapulco; ii) la onda de calor en México en 2023, que resultó en la muerte de más de cuatrocientas personas; y iii) las inundaciones en Poza Rica, que debieron preverse considerando situaciones similares del pasado reciente. Los resultados muestran que la gestión del riesgo meteorológico con enfoque de prevención es posible si se cuantifican peligro y vulnerabilidad, por ejemplo, a través de indicadores.

Palabras clave: gestión del riesgo, riesgo crítico, peligro, vulnerabilidad, Sistemas de Alerta Temprana, Atlas de Riesgo

Abstract. Meteorological risk has increased in Mexico due to urban development models that heighten vulnerability. When this risk materializes into a disaster, explanations with a naturalistic approach are often used, prioritizing disaster recovery over prevention. Many of the problems encountered in risk management arise because some definitions of hazard, threat, vulnerability, and risk are inadequate. Even the concept of critical risk, associated with the point at which preventive actions become necessary and urgent, seems to be absent from the discussion. Using this concept modifies how Risk Atlases or Early Warning Systems are frequently constructed.

To illustrate the usefulness of new ways of visualizing the concept of disaster risk, three cases are presented: i) Hurricane Otis in October 2023, which impacted the Port of Acapulco; ii) the heat wave in Mexico in 2023, which resulted in the deaths of more than four hundred people; and iii) the floods in Poza Rica, which should have been anticipated by considering similar situations in the recent past. The results show that meteorological risk management with a prevention focus is possible if hazard and vulnerability are quantified, for example, through indicators.

Keywords: risk management, critical risk, hazard, vulnerability, Early Warning Systems, Risk Atlas

* Instituto de Geografía, UNAM. Circuito Exterior s/n, Ciudad Universitaria, Coyoacán, 04510, CDMX, México. ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7497-210X. Email: vorlando@geografia.unam.mx. Autor de correspondencia.
** Posdoctorante Beca SECIHTI en el Instituto de Geografía, UNAM. Circuito Exterior s/n, Ciudad Universitaria, Coyoacán, 04510, CDMX, México. ORCID: https://orcid.org/0000-0001-9730-4534. Email: nvsc.2022@gmail.com
*** Instituto de Geografía, UNAM. Circuito Exterior s/n, Ciudad Universitaria, Coyoacán, 04510, CDMX, México. ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9690-1772. Email: ezuniga@geografia.unam.mx

INTRODUCCIÓN

Los desastres asociados a fenómenos meteorológicos constituyen la forma más frecuente de desastre en México. Desde 1980 se han registrado numerosos eventos de inundaciones, daños por ciclones tropicales, sequías meteorológicas y ondas de calor, los cuales han generado cuantiosas pérdidas humanas y elevados costos económicos (Figura 1). Aunque los fenómenos peligrosos son predecibles, ello no parece traducirse en una mayor seguridad para la población y los bienes expuestos. El problema radica en la ausencia de una estrategia sólida de gestión del riesgo, ya que la respuesta institucional se basa en una interpretación naturalista del desastre, que atribuye los impactos a la ocurrencia de fenómenos meteorológicos "atípicos", sin considerar el contexto de vulnerabilidad (Alcántara-Ayala *et al.*, 2019). En consecuencia, se privilegia la recuperación por encima de la prevención del desastre (e.g., Centro Nacional de Prevención de Desastres [CENAPRED], 2025a).

En este trabajo, la recuperación se entiende como el conjunto de acciones posteriores al desastre orientadas a restituir servicios, infraestructura y apoyos a la población afectada. La prevención, en cambio, se refiere a las acciones anticipadas, estructurales y no estructurales, dirigidas a reducir la exposición y la vulnerabilidad antes de que una amenaza se materialice en desastre.

Bajo un enfoque naturalista, desastres como el asociado al huracán tropical Otis, en octubre de 2023; las defunciones registradas por la onda de calor de junio de 2023; o la inundación ocurrida en Poza Rica en 2025, se explican a partir de la severidad de las condiciones meteorológicas y de las limitaciones de los modelos para pronosticar con exactitud su ocurrencia (Peláez Pavón, 2023; Coordinación Nacional de Protección Civil [CNPC], 2025; Servicio Meteorológico Nacional [SMN], 2023). Sin embargo, esta explicación pasa por alto la existencia de condiciones de alta vulnerabilidad que amplifican el riesgo y derivan en desastre.

Para las autoridades, la interpretación naturalista de los desastres resulta funcional, ya que desplaza la explicación de los impactos hacia una supuesta excepcionalidad de "eventos meteorológicos imprevisibles", atribuidos al cambio climático, sin considerar las prácticas sociales, políticas y administrativas que generan vulnerabilidad en los territorios



Figura 1. Número de defunciones (columna naranja) y estimadas (columna rosa) de origen meteorológico y costos de los desastres (línea azul) en México, entre 1980 y 2024. Fuente: elaboración propia con datos de CENAPRED, 2025b; DesInventar, 2013.

(Olivares y Urrutia, 2025; Ramírez *et al.*, 2024; "Onda de calor en México es atípica…", 2023).

Las deficiencias en la gestión del riesgo se vinculan con una planeación inadecuada del territorio, la débil aplicación de normativas, el manejo ambiental insuficiente de las cuencas hidrológicas y la escasa cultura de prevención y mitigación (Mansilla, 2010, p. 4). A ello se suman los cambios recurrentes en las políticas de gobierno, así como las restricciones presupuestales del sector (Garza, 2024, p. 315).

La vulnerabilidad, entendida como la susceptibilidad, fragilidad o incapacidad de una persona, grupo o sistema para resistir una amenaza, pocas veces es analizada de manera explícita. En el caso meteorológico, su caracterización puede abordarse mediante tres preguntas básicas: i) ¿qué es vulnerable?, en referencia a las personas o sistemas expuestos; ii) ¿a qué es vulnerable?, en alusión a la amenaza o al peligro; y iii) ¿por qué es vulnerable?, con el fin de identificar los factores físicos, ambientales, sociales y económicos que hacen a una persona o sistema susceptible de sufrir daños.

En México, el alto nivel de vulnerabilidad frente a fenómenos meteorológicos se relaciona, entre otros factores, con el uso inadecuado del territorio, la débil aplicación de normativas, el manejo ambiental insuficiente de las cuencas hidrológicas y la escasa cultura de prevención y mitigación (Mansilla, 2010, p. 4). A ello se suman los cambios recurrentes en las políticas públicas y las restricciones presupuestales del sector (Garza, 2024, p. 315).

Entre los instrumentos de gestión del riesgo con que cuentan las autoridades se encuentran los Atlas de Riesgo y los Sistemas de Alerta Temprana (SIAT). Los primeros se basan en el diagnóstico de los peligros y de la vulnerabilidad, con el fin de estimar niveles de riesgo. Por su parte, los SIAT consisten en protocolos orientados a la respuesta ante emergencias, cuyo propósito es que las autoridades y la población actúen oportunamente para salvaguardar su seguridad.

Estos instrumentos pueden fortalecerse si, tras identificar y reconocer sus limitaciones, se implementan cambios orientados a mejorar su eficacia. Tales mejoras son fundamentales para transitar hacia una política en la que la prevención sea prioritaria, en lugar de mantener un enfoque centrado en la recuperación posterior al desastre. Para ello, resulta útil analizar la dinámica del riesgo meteorológico mediante estudios de caso de desastres recientes desde una perspectiva renovada.

El objetivo del presente trabajo es mostrar que la prevención de desastres requiere esquemas cuantitativos del riesgo, capaces de establecer niveles críticos a partir del análisis integral del peligro, la exposición y la vulnerabilidad. Dicho análisis debe sustentarse en el uso del conocimiento científico disponible —diagnósticos y pronósticos meteorológicos— para generar información que permita tomar decisiones oportunas orientadas a salvaguardar la vida humana y proteger sus bienes.

ATLAS DE RIESGO Y LA ESTIMACIÓN DEL RIESGO CRÍTICO

Los Atlas de Riesgo son sistemas informáticos que integran datos sobre peligros capaces de afectar a un socioecosistema expuesto y vulnerable. Estos instrumentos constituyen una herramienta central para la gestión y ordenamiento del territorio, y sirven de apoyo para la reducción del riesgo (World Meteorological Organization, 2022; World Bank, 2010).

En el caso del riesgo meteorológico, las metodologías para su evaluación se basan en la caracterización de los peligros a partir de registros históricos. La vulnerabilidad debe cuantificarse mediante la integración ponderada de factores físicos, ambientales, sociales y económicos que hacen susceptible de daño a un sistema expuesto. Uno de los principales retos en la estimación del riesgo radica en la selección y validación de indicadores de vulnerabilidad. Ello requiere datos con resolución espacial y temporal adecuadas, así como metodologías que permitan determinar su peso relativo dentro del modelo de riesgo. En última instancia, un Atlas de Riesgo debe demostrar que su información permite explicar la distribución espacio-temporal de los desastres recientes.

La gestión del riesgo meteorológico parte de comprender los procesos que derivan en desastres, con el fin de reducir o mitigar los factores que los originan. Dado el carácter dinámico del riesgo, su

evaluación debe realizarse de manera continua. De este modo, será posible explicar sus cambios —y los desastres asociados— a través de la dinámica del peligro, de la vulnerabilidad o de ambos (Figura 2). Una gestión eficaz requiere fortalecer las capacidades técnicas de los tomadores de decisiones para identificar cuándo el riesgo alcanza niveles críticos o intolerables, lo que vuelve impostergable la acción preventiva. En este contexto, la cuantificación y evaluación de los modelos utilizados representa un primer paso fundamental para sustentar una toma de decisiones informada.

En México se han elaborado Atlas de Riesgo a escala nacional, estatal y municipal, siguiendo lineamientos oficiales (CENAPRED, 2006; SEDATU, 2014). Sin embargo, la utilidad de estos instrumentos resulta cuestionable, dada la magnitud y frecuencia de algunos desastres meteorológicos recientes. Entre los problemas más comunes en su elaboración se encuentran:

i) Los Atlas de Riesgo delimitan el área de estudio mediante unidades territoriales administrativas (e.g., municipios), en lugar de considerar dominios espaciales más adecuados para representar los procesos que dan origen al riesgo (e.g., cuencas hidrológicas).
ii) Las estimaciones de riesgo carecen de procesos de validación que permitan evaluar si el modelo utilizado es capaz de explicar los desastres recientes en su dimensión espacio-temporal.
iii) Existe una tendencia a realizar microzonificaciones del riesgo sin considerar la incertidumbre asociada.
iv) La representación de los peligros meteorológicos mediante periodos de retorno resulta inadecuada en un contexto de cambio climático.
v) Los Atlas no incorporan la identificación de umbrales o niveles críticos de riesgo.
vi) Las estimaciones del riesgo no especifican con claridad los impactos esperados.

Como cualquier modelo, los Atlas de Riesgo constituyen aproximaciones simplificadas de la

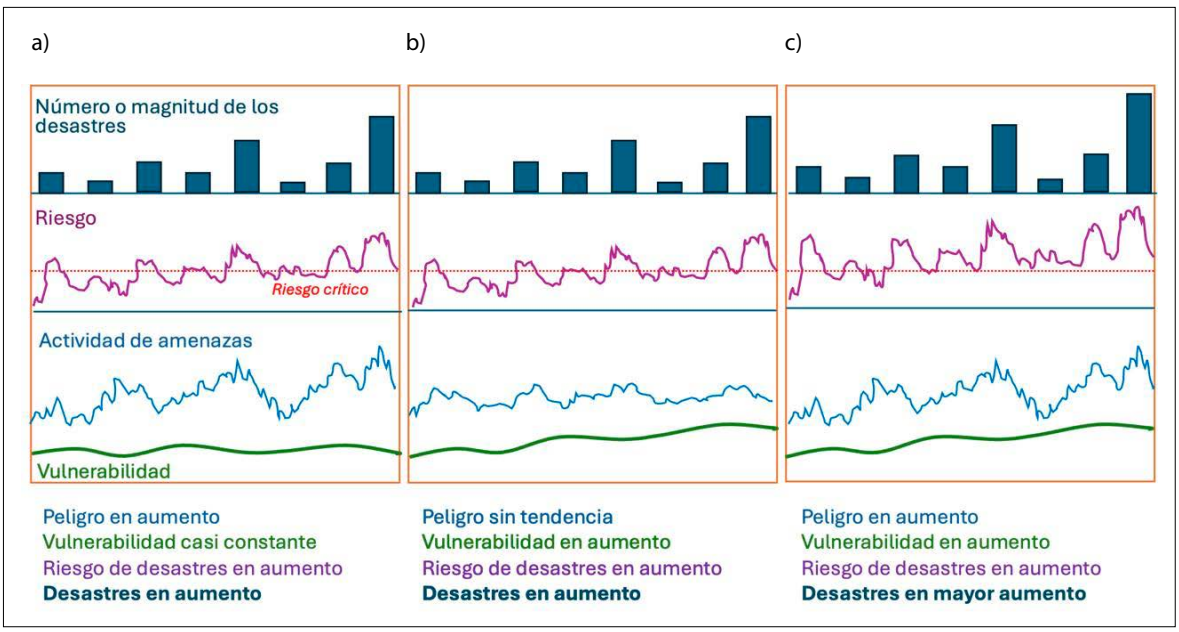

Figura 2. Esquema que representa el aumento en los desastres (columna azul), cuando el riesgo de desastre (línea violeta) crece y rebasa niveles críticos (línea roja punteada), cuando a) aumenta el peligro (actividad de amenazas) (línea azul) sin cambios en la vulnerabilidad (línea verde), b) cuando aumenta la vulnerabilidad sin cambios significativos en el peligro, o c) cuando ambos aumentan.

realidad. Su principal utilidad reside en identificar los factores que determinan la vulnerabilidad y sobre los cuales es posible incidir para reducir el riesgo (Neri y Magaña, 2016). La cuantificación del riesgo permite orientar la acción preventiva. Si bien la existencia de exposición implica inevitablemente la presencia de riesgo, la adopción de medidas preventivas se vuelve ineludible cuando este alcanza niveles críticos.

La vulnerabilidad no puede medirse de manera directa y no existe una metodología universalmente aceptada para su evaluación. Uno de los principales retos radica en la selección de indicadores pertinentes, en la estimación de su peso relativo y en la validación de su capacidad explicativa frente a los daños observados. No obstante, en la práctica existe una tendencia a incorporar un gran número de capas de información física, ambiental, social y económica para caracterizar la vulnerabilidad, sin demostrar su contribución efectiva a la generación de riesgo (e.g., ANR, 2026).

La vulnerabilidad frente a los peligros meteorológicos se expresa a través de diversos elementos. En el ámbito físico y ambiental se consideran características como la pendiente, la cobertura vegetal, el uso del suelo y la infraestructura urbana. En la dimensión socioeconómica se incluyen aspectos como el tipo de vivienda, la edad de la población o su nivel educativo. También pueden incorporarse factores relacionados con la capacidad de los servicios de emergencia y la disponibilidad de recursos para acciones de prevención. Los contrastes espaciales entre estos factores se reflejan en diferencias en la magnitud del daño entre territorios expuestos a amenazas similares.

Uno de los elementos que puede elevar los niveles de riesgo es el peligro, entendido como la actividad de las amenazas y expresado en términos de probabilidad de ocurrencia de un evento meteorológico con intensidad suficiente para producir daños. En los Atlas de Riesgo, el peligro suele representarse mediante formulaciones estándar que no necesariamente reflejan su verdadero potencial de daño.

En el caso de los ciclones tropicales o de las lluvias intensas, las recomendaciones del CENAPRED (2006) sugieren el uso de periodos de retorno, lo cual resulta problemático y puede conducir a subestimaciones del peligro. Por ejemplo, la representación del peligro por huracanes de categoría 3 a 5 para Acapulco mediante este método señala una probabilidad nula (Atlas de Riesgo de Acapulco, 2021), información que resultó claramente errónea tras la ocurrencia de Otis.

Una estimación más precisa del peligro por ciclón tropical requiere considerar variables físicas como la velocidad del viento que pueden alcanzar estos sistemas en función de la temperatura superficial del mar, la humedad en la troposfera baja y la cizalla dominante del viento (Whitney y Hobgood, 1997). Con base en estas condiciones, gran parte de las costas de México se encuentra expuesta al peligro de huracanes de categoría 5, debido a que la temperatura superficial del mar supera los 27 °C (Figura 3).

Adicionalmente, el peligro por ciclón tropical debe desagregarse en sus componentes meteorológicos peligrosos: vientos, lluvias, marea de tormenta y tornados. La escala Saffir-Simpson describe el viento máximo y el oleaje, pero no representa el peligro asociado a la precipitación, que suele ser determinante en los daños observados en México. Las lluvias generan riesgo de inundaciones y deslizamientos de tierra.

El periodo de retorno también se ha aplicado de manera incorrecta en la estimación del peligro asociado a lluvias intensas, ondas de calor o eventos de granizo, privilegiando la estadística de los datos por encima de su dinámica física. En el caso de las ondas de calor, resulta más apropiado considerar un índice de potencial afectación a la salud humana, como el Índice Climático Térmico Universal Máximo (UTCI, por sus siglas en inglés), que constituye una referencia de la sensación térmica (Błażejczyk *et al.*, 2013). El UTCI máximo proporciona información sobre la temperatura equivalente que puede derivar en golpe de calor, insolación o deshidratación, de forma más adecuada que la temperatura máxima por sí sola. El estrés térmico por encima de 40 °C puede incluso traducirse en un aumento de la morbilidad y mortalidad por enfermedades cardiovasculares y respiratorias (Semenza *et al.*, 1996; Curriero *et al.*, 2002). En México, el noroeste del país presenta un elevado peligro de calor extremo

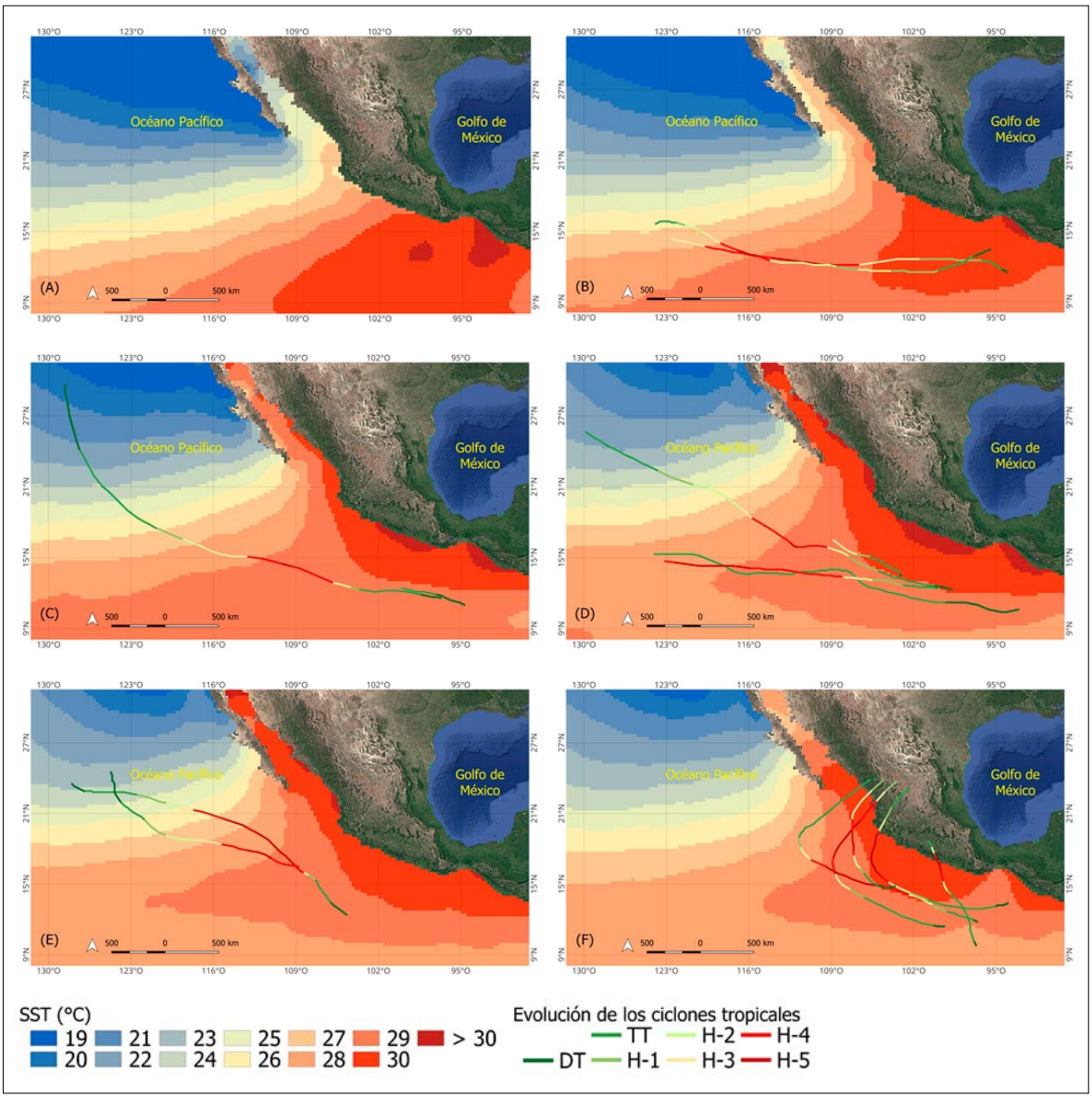

Figura 3. Climatología de la temperatura de superficie del mar (TSM) correspondiente a los meses de mayo (A), junio (B), julio (C), agosto (D), septiembre (E) y octubre (F) y evolución de los ciclones tropicales que alcanzaron categoría 5 en el Pacífico mexicano. Fuente: elaboración propia con datos de NOAA PSLP.

durante buena parte del año (Figura 4). Además, estas condiciones pueden afectar indirectamente a la población mediante un incremento en la incidencia de Enfermedades Diarreicas Agudas (EDA) (Vargas y Magaña, 2020).

La actualización de los Atlas de Riesgo bajo los criterios actuales no contribuye significativamente a la reducción de desastres meteorológicos. Con frecuencia, estos instrumentos carecen de recomendaciones de acción orientadas a reducir estructuralmente la vulnerabilidad. Por ejemplo, el municipio de Acapulco actualizó su Atlas de Riesgo en 2021 (SEDATU, 2021), y Poza Rica lo hizo en 2025 (APR, 2025), pero ello no se tradujo

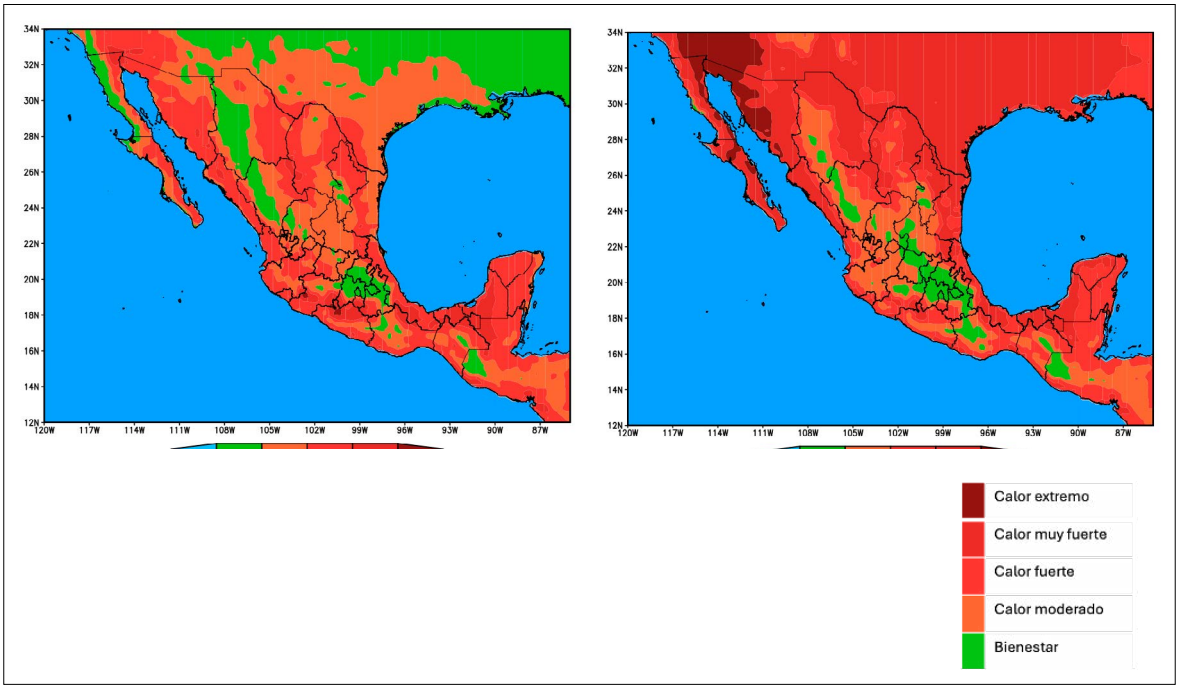

Figura 4. Índice Climático Térmico Universal (ºC), UTCI diario promedio para abril y julio. Fuente: elaboración propia con datos de Copernicus Climate Change Service (2026).

en cambios sustanciales para reducir el riesgo a niveles tolerables.

La cuantificación de la vulnerabilidad mediante indicadores normalizados permite construir modelos de riesgo, en los cuales el peso de cada indicador refleja su importancia relativa. Dichos pesos pueden estimarse mediante técnicas estadísticas, como la regresión escalonada (*stepwise regression*), o a través de modelos de procesos geofísicos, por ejemplo, mediante experimentos de sensibilidad en modelos lluvia-escurrimiento. Este enfoque permitiría que los Atlas de Riesgo proporcionen información útil para el desarrollo de estrategias regionales o locales de gestión con metas cuantificables. Asimismo, los modelos de riesgo permiten estimar la magnitud de las acciones necesarias para llevar el riesgo a niveles aceptables.

Los Atlas de Riesgo que incorporan estimaciones de riesgo crítico proporcionan un mensaje más directo sobre las necesidades de gestión, en contraste con las escalas cromáticas comúnmente empleadas. Si bien estos códigos de color facilitan la comunicación visual del riesgo, su capacidad para orientar la toma de decisiones es limitada. Este tipo de representaciones resulta más apropiado para el funcionamiento de los Sistemas de Alerta Temprana, donde el grado de respuesta ante una emergencia depende del nivel de riesgo asociado a cada amenaza.

En este trabajo se desarrolla un análisis documental y técnico de desastres meteorológicos recientes en México, utilizando valores de referencia de peligro y vulnerabilidad que permiten establecer niveles de riesgo crítico. Para ello, el peligro y la amenaza se cuantifican mediante información meteorológica y climática proveniente de fuentes nacionales (Conagua) e internacionales (NOAA). La vulnerabilidad puede estimarse mediante indicadores, en forma similar a la propuesta del Banco Interamericano de Desarrollo (2015). Las estimaciones de riesgo obtenidas permiten proponer mejoras tanto en los Atlas de Riesgo como en los criterios de los SIAT.

Los casos del huracán Otis, la onda de calor de 2023 y las inundaciones en Poza Rica fueron

seleccionados para su análisis, ya que tuvieron gran impacto, cuentan con documentación oficial y representan tres tipos frecuentes de peligro meteorológico: ciclón tropical, calor extremo e inundación. El presente análisis contrasta diagnósticos, pronósticos y registros de daños con los umbrales de peligro, la exposición y la capacidad de respuesta institucional.

RIESGO Y SISTEMAS DE ALERTA TEMPRANA (SIAT)

La atmósfera puede describirse mediante principios físicos, lo que ha permitido el desarrollo de modelos de pronóstico capaces de estimar la evolución de tormentas, ciclones tropicales y ondas de calor. Aunque estos modelos constituyen aproximaciones sujetas a la incertidumbre inherente al comportamiento caótico de la atmósfera, su calidad ha mejorado significativamente en años recientes (Kugler, 2025). El tiempo meteorológico es, por tanto, predecible.

La información meteorológica constituye un recurso clave para la gestión del riesgo durante una emergencia. Los SIAT transforman los pronósticos en acciones preventivas orientadas a reducir el riesgo y salvaguardar la vida humana. A pesar de los avances en la capacidad predictiva de la meteorología, los desastres aún suelen justificarse con el argumento de la falta de exactitud en las predicciones. Sin embargo, un pronóstico meteorológico es útil si se interpreta adecuadamente, especialmente cuando el riesgo estimado alcanza niveles críticos.

Por ejemplo, en el caso de un ciclón tropical deben considerarse los efectos del viento y del oleaje, como sugiere la escala Saffir-Simpson, pero también el potencial efecto de precipitaciones intensas. Cada uno de estos componentes genera riesgos que pueden alcanzar niveles críticos y frente a los cuales debe actuarse. Por esta razón, un SIAT requiere identificar zonas prioritarias para cada tipo de amenaza.

Cuando un pronóstico meteorológico conduce a estimaciones de riesgo crítico, deben activarse mecanismos de respuesta como los establecidos en un SIAT, aun cuando el pronóstico no sea completamente exacto. Una capacidad limitada para interpretar pronósticos en términos de riesgo reduce la gestión al monitoreo y a la emisión de avisos generales. Bajo este marco, la información meteorológica se utiliza únicamente para explicar lo ocurrido, en lugar de activar protocolos de acción que reduzcan la exposición y salvaguarden la vida (Mansilla, 2010, p. 41).

Un SIAT debe orientar la respuesta ante una emergencia en función de la magnitud y extensión de la amenaza, así como de la exposición de la población vulnerable. En estos sistemas, el nivel de riesgo sirve para definir protocolos que reduzcan la exposición. Con información de riesgo meteorológico, las acciones de respuesta pueden definirse con anticipación en escalas de horas o días.

Un SIAT para ciclones tropicales puede sobrealertar hasta un 75 % más personas de lo estrictamente necesario. Esta sobreestimación es aceptable, ya que su objetivo principal es garantizar la seguridad de la población.

La eficacia de los mecanismos de respuesta ante emergencias depende tanto de la capacidad de los modelos de pronóstico para anticipar tiempo severo como de la capacidad de respuesta de las autoridades y de la sociedad. La evaluación del riesgo utiliza las estimaciones generadas en los Atlas de Riesgo (Figura 5), por lo que la acción dependerá del pronóstico del fenómeno meteorológico amenazante y del nivel de exposición.

En México, el SIAT ante ciclones tropicales (SIAT-CT) se desarrolló en 1999 con el objetivo de salvaguardar la vida de la población mediante la reducción de la exposición, a través de su traslado a lugares seguros (Magaña Rueda *et al.*, 2014). Este sistema también contempla el envío anticipado de ayuda antes de que las comunidades queden incomunicadas. Durante sus primeros años (2000-2004), el SIAT-CT mostró resultados positivos; sin embargo, su eficiencia disminuyó debido a modificaciones innecesarias, al aumento de la exposición y a la creciente vulnerabilidad de la población. Un ejemplo de estas limitaciones se observó durante el huracán Manuel, clasificado como categoría 1, cuyo riesgo fue subestimado en poblaciones como La Pintada, en Guerrero, vulnerable a deslaves inducidos por lluvia (Pasch y Zelinsky, 2014).

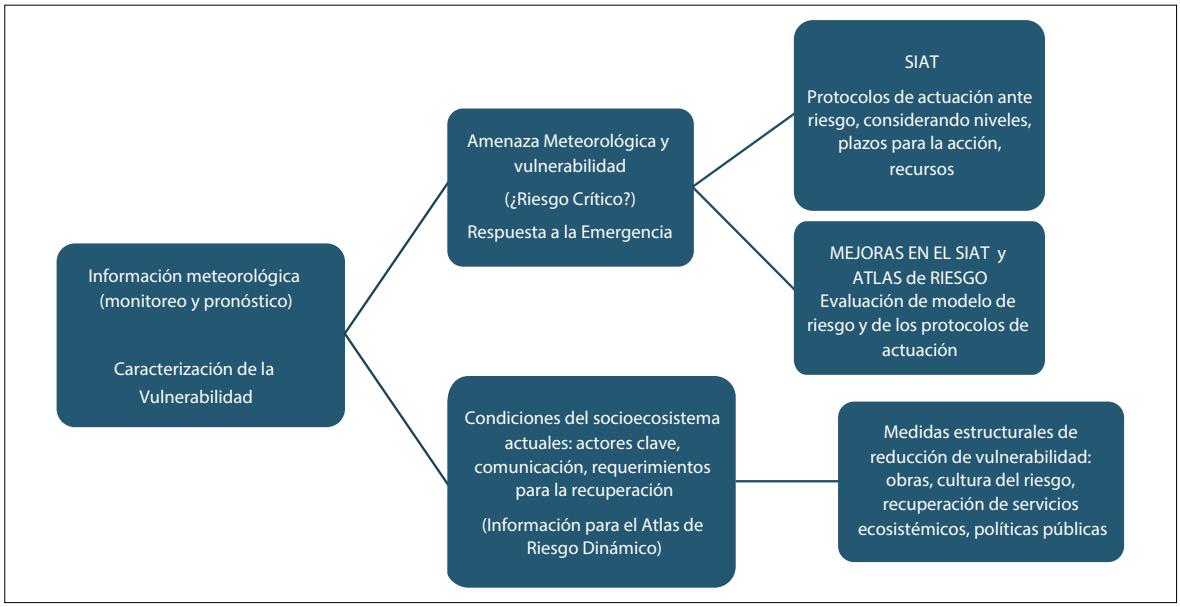

Figura 5. Elementos en un Sistema de Alerta Temprana meteorológico.

GESTIÓN DEL RIESGO METEOROLÓGICO

El incremento reciente de los costos humanos y materiales asociados a los desastres meteorológicos en México se debe al aumento del riesgo y a deficiencias en las políticas públicas de prevención. El número de desastres se explica, principalmente, por el incremento de los niveles de exposición y vulnerabilidad de la población. Los desastres meteorológicos recientes evidencian las debilidades del sistema de gestión del riesgo meteorológico.

Onda de calor, junio de 2023

En años recientes, 2023 y 2024, la mayor cantidad de muertes asociadas a desastres hidrometeorológicos en México se atribuyó a ondas de calor (CENAPRED, 2025a, 2025b). El peligro asociado a este fenómeno puede estimarse mediante el UTCI (Tabla 1). Del análisis de algunas regiones se observa que Mexicali y Hermosillo enfrentan un gran

Tabla 1. Probabilidad —peligro— por calor estimada a partir de la temperatura equivalente UTCI (°C) para seis zonas de México. El número después del símbolo "~" indica el promedio de días al año en que pueden presentarse condiciones de calor.

UTCI / Zona	Mexicali	Hermosillo	Monterrey	Huasteca	Mérida	CDMX
Calor Extremo > 46°C	4% ~14	2% ~7				
Calor Muy fuerte 38 – 46°C	30% ~109	21% ~76	2% ~7	2% ~7	2% ~7	
Calor Fuerte 32 – 38°C	19% ~69	32% ~116	22% ~80	14% ~51	52% ~189	
Calor Moderado 26 – 32°C	18% ~65	26% ~94	41% ~149	54% ~197	38% ~138	12% ~43
Bienestar 9 - 26°C	29% ~105	19% ~69	35% ~127	30% ~109	5% ~18	88% ~321

peligro por calor extremo y calor muy fuerte. Si el peligro se compara con la exposición, por ejemplo, la de trabajadores en ambientes abiertos durante el día, es posible obtener el riesgo por calor extremo. El riesgo crítico corresponderá a valores de UTCI > 38 °C para trabajadores expuestos.

El UTCI es un indicador adecuado para estimar el riesgo de impacto en la salud pública durante la temporada de calor o durante eventos de calor extremo. En junio y julio de 2023, una onda de calor que afectó gran parte de México causó cientos de muertes (Santiago, 2024; SSA, 2023a). Este evento estuvo asociado con la presencia de un anticiclón casi permanente durante junio de 2023, el cual inhibió la entrada de humedad al país, redujo la formación de nubes y, con ello, favoreció una mayor radiación solar. En ese verano, los valores de UTCI superaron los 36 °C —calor fuerte— en gran parte del país, y alcanzaron más de 46 °C —calor extremo— en regiones del norte y de la vertiente del Golfo de México (Figura 6). Al finalizar la temporada de calor, que se extendió del 19 de marzo al 7 de octubre, "se registraron un total de 421 defunciones" (SSA, 2023b), principalmente en las zonas de Mexicali, Hermosillo, Monterrey y la Huasteca (Santiago, 2024).

De acuerdo con datos de la Secretaría de Salud, los principales afectados por golpe de calor fueron hombres de entre 25 y 45 años, lo que se explica, en gran medida, por su mayor nivel de exposición debido a actividades laborales al aire libre. Desde una perspectiva de gestión del riesgo, la reducción de esta exposición constituye una medida estructural importante, por lo que deben modificarse los horarios laborales para evitar las horas del día con condiciones de calor muy fuerte. Ante el pronóstico de UTCI > 38 °C, se deben implementar acciones para evitar la exposición bajo el sol, lo que permite configurar un SIAT ante ondas de calor, con especial atención a los grupos más vulnerables.

Actualmente, las recomendaciones de las autoridades ante el calor se centran en la autogestión del riesgo, exhortando a la población a evitar la exposición al sol, mantenerse hidratada y prestar atención a niñas, niños y personas adultas mayores. Sin embargo, para que estas medidas sean efectivas, es necesario fortalecer las estrategias de comunicación del riesgo mediante campañas sistemáticas de información y sensibilización (Secretaría de Gobernación, 2015, 2016; SSA, 2023a, 2023b). Adicionalmente, deben establecerse políticas para reducir la exposición, mediante la modificación de horarios escolares y laborales, la provisión de

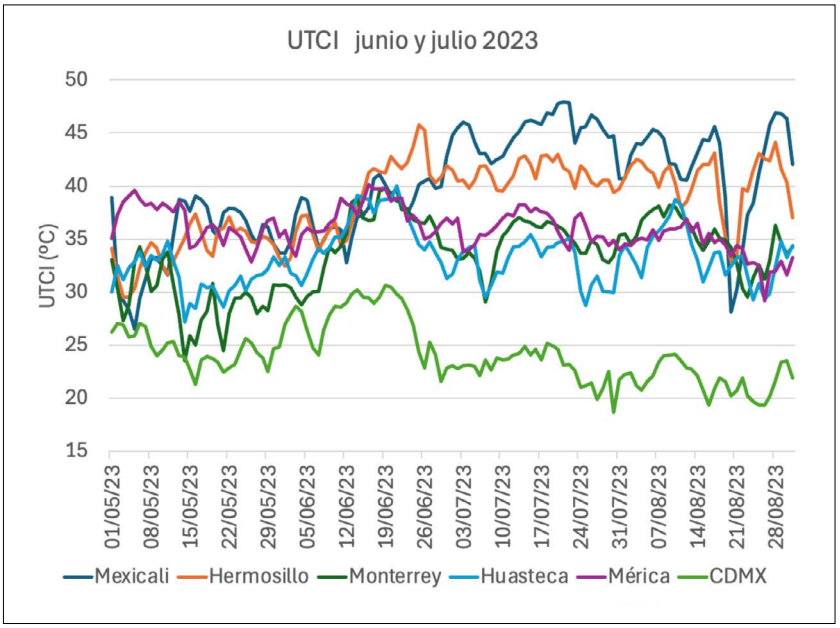

Figura 6. UTCI (°C) en seis zonas de México entre junio y julio de 2023. Fuente: elaboración propia con datos del SMN (2025).

agua en espacios públicos y de trabajo, así como el fortalecimiento de la capacidad de atención en los centros de salud. Los resultados de las medidas estructurales y de respuesta a la emergencia deberán reflejarse en una disminución del número de personas atendidas por padecimientos asociados al calor (Magaña Rueda, 2013).

Huracán Otis, octubre de 2023

El huracán Otis impactó Acapulco en octubre de 2023 (Peláez Pavón, 2023) y evidenció que la evaluación del riesgo ante ciclones tropicales no es adecuada. El Atlas de Riesgo del Municipio de Acapulco, con actualizaciones periódicas en 2003 (Secretaría de Desarrollo Social [SEDESOL], 2004), 2009 (SEDESOL, 2009) y 2021 (SEDATU, 2021), no contribuyó de manera efectiva a la gestión del riesgo. Estos instrumentos fueron desarrollados siguiendo las directrices marcadas por el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED, 2006) y, aunque identifican niveles muy altos de riesgo ante huracanes en el municipio, no orientan acciones específicas para reducirlo a niveles tolerables.

El análisis de este evento evidencia graves limitaciones en la gestión del riesgo y en los supuestos técnicos que orientan la actuación de la Protección Civil en México. Entre sus principales problemas se encuentran los siguientes:

i) El riesgo ante ciclones tropicales se asocia con la escala Saffir-Simpson, sin desagregar los efectos asociados al viento, la lluvia y el oleaje. El Atlas de Riesgo de Acapulco (SEDATU, 2021), por ejemplo, únicamente considera el peligro de ciclones tropicales con categoría menor a 3, debido a que estimaciones del CENAPRED indican que la probabilidad de ocurrencia de un huracán de categoría 3, 4 o 5 en la zona de Acapulco es cero (SEDATU, 2021, pp. 209-212). Este error surge del uso de fórmulas estadísticas —periodos de retorno—, en lugar de emplear el conocimiento disponible sobre la dinámica de los procesos de formación e intensificación de estos sistemas.
ii) Se asume que los impactos de los ciclones tropicales pueden describirse únicamente mediante la escala Saffir-Simpson. Diversas estimaciones indican que vientos de 150 km/h —categoría 2— o superiores pueden generar daños graves en ventanas residenciales y hoteleras. Los daños ocasionados por el huracán Otis en las estructuras costeras demuestran la alta vulnerabilidad de las edificaciones ante vientos fuertes.
iii) Las afectaciones en la bahía, donde se encuentran lanchas y barcos, no están contempladas en el Atlas de Riesgo Municipal de Acapulco, ya que su análisis se limita esencialmente a la parte continental.
iv) La microzonificación del riesgo realizada no corresponde a los lugares más afectados. El Atlas debe indicar las regiones de Acapulco vulnerables considerando la incertidumbre existente.
v) La cuantificación del riesgo y las categorías correspondientes no se obtienen directamente de un análisis de la importancia de los distintos factores de vulnerabilidad, sino de una distribución en cinco categorías. El uso de la denominada vulnerabilidad social, las capacidades para responder a amenazas meteorológicas o la percepción local del riesgo resultan insuficientes para explicar las causas del desastre si no se integran los factores físicos y ambientales que influyen en la vulnerabilidad.
vi) La condición ambiental de la zona —incluidos su grado de deterioro y la pérdida de servicios ecosistémicos de regulación— no se incorpora de forma explícita para estimar los impactos esperados ante un ciclón tropical, a pesar de que puede modular los escurrimientos superficiales y reducir inundaciones (Zúñiga y Magaña, 2018).
vii) La percepción local del riesgo es un componente subjetivo, pero puede aprovecharse para que la población identifique las condiciones de vulnerabilidad a nivel de vivienda y defina acciones de autogestión del riesgo.

Una aproximación adecuada para estimar el peligro asociado a huracanes debe considerar la intensidad potencial que puede alcanzar un ciclón tropical

bajo determinadas condiciones oceánicas y atmosféricas. La relación entre la temperatura superficial del mar y el viento de un ciclón tropical indica que pueden desarrollarse sistemas de categoría 5 con temperaturas superficiales del mar de entre 29 °C y 30 °C. Bajo estas condiciones, el peligro por vientos asociados a ciclones tropicales en gran parte de las costas mexicanas es muy alto y, en consecuencia, el riesgo es crítico, dado que la arquitectura de las edificaciones costeras las hace muy vulnerables a vientos fuertes.

Tras el impacto de Otis, las autoridades "justificaron" el desastre aludiendo a la incapacidad de los modelos para prever un ciclón tropical de categoría 5. Sin embargo, los pronósticos del Centro Nacional de Huracanes (NHC, 2023) anticiparon, con poco más de un día de anticipación, que un huracán de al menos categoría 2 afectaría la zona de Acapulco el 25 de octubre de 2023 (National Hurricane Center, 2023, Advisory 7). Considerando que las ventanas de edificios costeros pueden ser afectadas por un ciclón tropical de categoría 2, la respuesta a la emergencia debió activarse con al menos 24 horas de anticipación. Las estimaciones posteriores del impacto registran 52 personas fallecidas y una población afectada de 812 000 personas por este fenómeno (CENAPRED, 2025a, pp. 44-45), así como costos de alrededor de 80 mil millones de pesos, cifra cercana al presupuesto anual del estado de Guerrero.

Inundaciones en Poza Rica (octubre de 2025)

El estado de Veracruz es una de las regiones más susceptibles a inundaciones en México debido a su condición geográfica, ya que se caracteriza por lluvias intensas y por la presencia de numerosas cuencas hidrológicas cuyos ríos desembocan en el Golfo de México (Garnica Peña y Alcántara Ayala, 2004, p. 25). Esta región costera constituye un ejemplo de las limitaciones del sistema de gestión del riesgo de desastres en México (Figura 7). La inundación que afectó a la ciudad de Poza Rica y zonas aledañas en octubre de 2025 representa un caso de desastre recurrente en el estado, particularmente en Poza Rica, donde se han registrado al menos 30 eventos de este tipo entre 1979 y 2013 (DesInventar, 2023), incluidos episodios graves como el ocurrido en octubre de 1999 (Aguirre y Macías, 2006). A pesar de ello, las acciones orientadas a reducir la vulnerabilidad han sido limitadas y la capacidad institucional para integrar información hidrometeorológica en la toma de decisiones preventivas continúa siendo insuficiente.

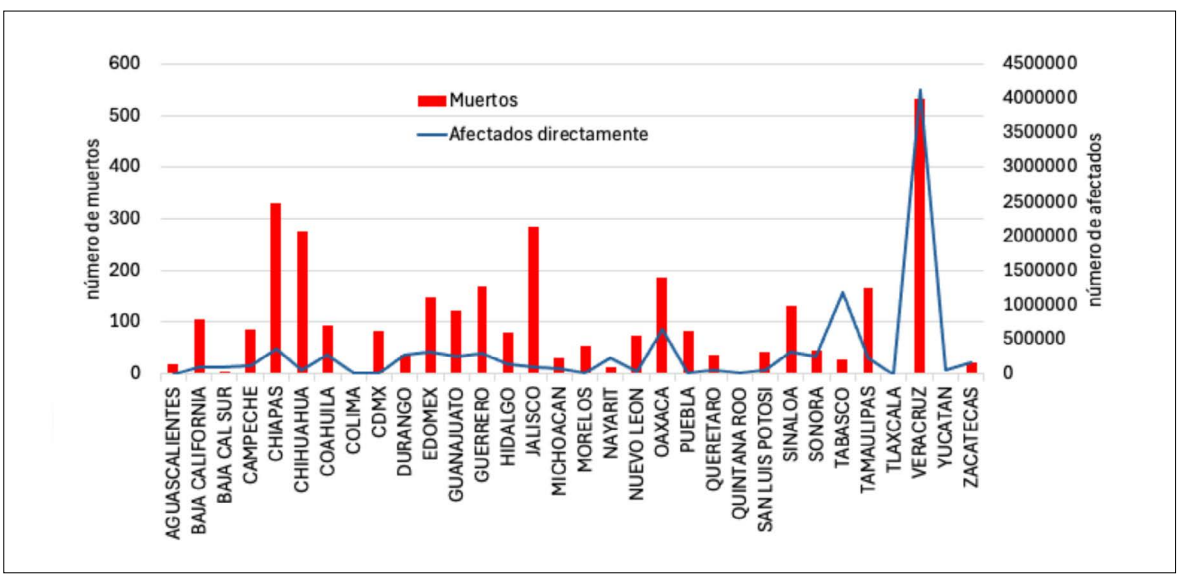

Figura 7. Número de muertos y personas directamente afectadas por inundaciones en los estados de México en el periodo 1979-2013 Fuente: elaboración propia con datos de DesInventar (2013).

En muchas de las cuencas hidrológicas del estado, el tiempo de respuesta puede ser menor a un día, por lo que las inundaciones se desarrollan rápidamente. Estos eventos ocurren con mayor frecuencia entre septiembre y octubre, cuando los suelos se encuentran saturados y los caudales de los ríos alcanzan sus máximos estacionales. A esta condición hidrológica se suma la degradación de las cuencas como un factor adicional de vulnerabilidad, ya que reduce la capacidad de infiltración de los suelos y la regulación hídrica, lo que incrementa la velocidad de los escurrimientos superficiales y la magnitud de las avenidas.

A partir de datos históricos de inundaciones en Poza Rica (DesInventar, 2023), así como de registros de precipitación, caudal y anomalía del nivel del río reportados por CONAGUA-SIH (https://sih.conagua.gob.mx; consulta: febrero de 2026), se observa que el peligro crítico para la zona corresponde a lluvias acumuladas superiores a 100 mm en uno o dos días. Bajo estas condiciones, el nivel del río rebasa los 40 metros (Figura 8); es decir, se presenta una anomalía positiva del nivel del río de 2 metros o más, con caudales superiores a 500 m³/s (Conagua y CNPC, 2025). En las zonas bajas del municipio de Poza Rica (menos de 40 msnm), el desbordamiento del río Cazones provoca inundaciones. Los registros de lluvias máximas indican que 8 de cada 20 eventos de lluvias intensas entre 1998 y 2013 derivaron en inundación. Esta frecuencia aumenta cuando las tormentas ocurren durante septiembre y octubre, periodo en el que el suelo se encuentra cercano a la saturación.

Entre el 8 y el 10 de octubre de 2025 se registraron en Poza Rica más de 450 mm de precipitación acumulada, lo que generó un incremento del nivel del río Cazones superior a 2.5 metros (CNPC, 2025). Las afectaciones fueron extensas, con alrededor de sesenta personas fallecidas y pérdidas materiales estimadas en decenas de miles de millones de pesos. Si bien lluvias superiores a 200 mm/día en Poza Rica pueden considerarse extraordinarias, los registros históricos indican que eventos de esta magnitud ya se han presentado en décadas recientes (Figura 9).

Los pronósticos del modelo Global Forecast System (GFS) indicaban, con uno y dos días de anticipación, lluvias acumuladas superiores a 100 y 150 mm para el 8 y 9 de octubre en la región de Poza Rica. Aunque estos valores pronosticados fueron inferiores a los observados, superaban el umbral de peligro asociado a inundaciones en una zona con alta vulnerabilidad y suelos saturados. Bajo estas condiciones, el escenario pronosticado correspondía a un riesgo crítico, por lo que debió activarse un SIAT. Sin embargo, el ayuntamiento emitió un aviso hasta la noche del 9 de octubre, cuando la inundación era inminente, sin activar

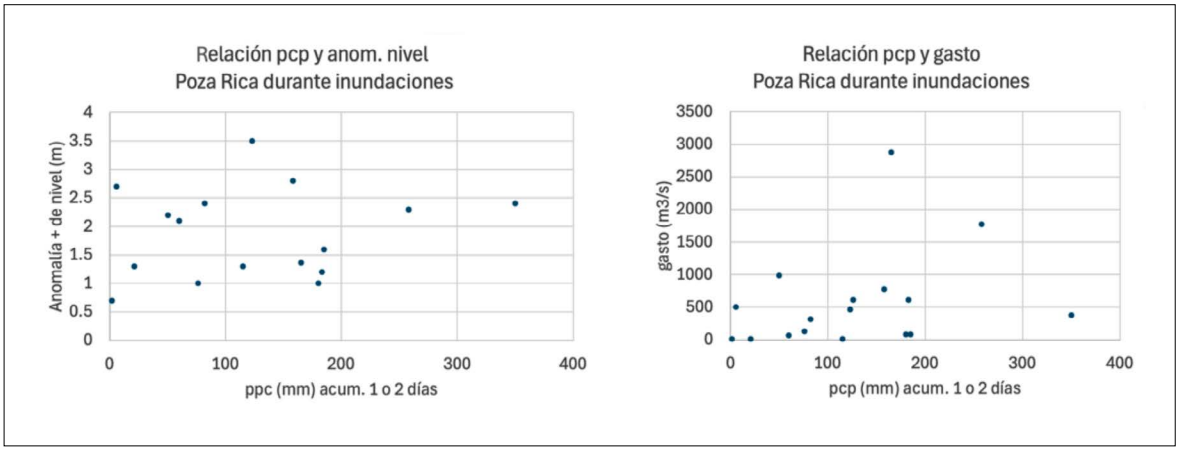

Figura 8. a) Relación entre precipitación y anomalía de nivel y b) relación entre la precipitación y el caudal del Río Cazones en la zona de Poza Rica, para eventos de inundación entre 1998 y 2013. Fuente: elaboración propia con datos de DesInventar (2013).

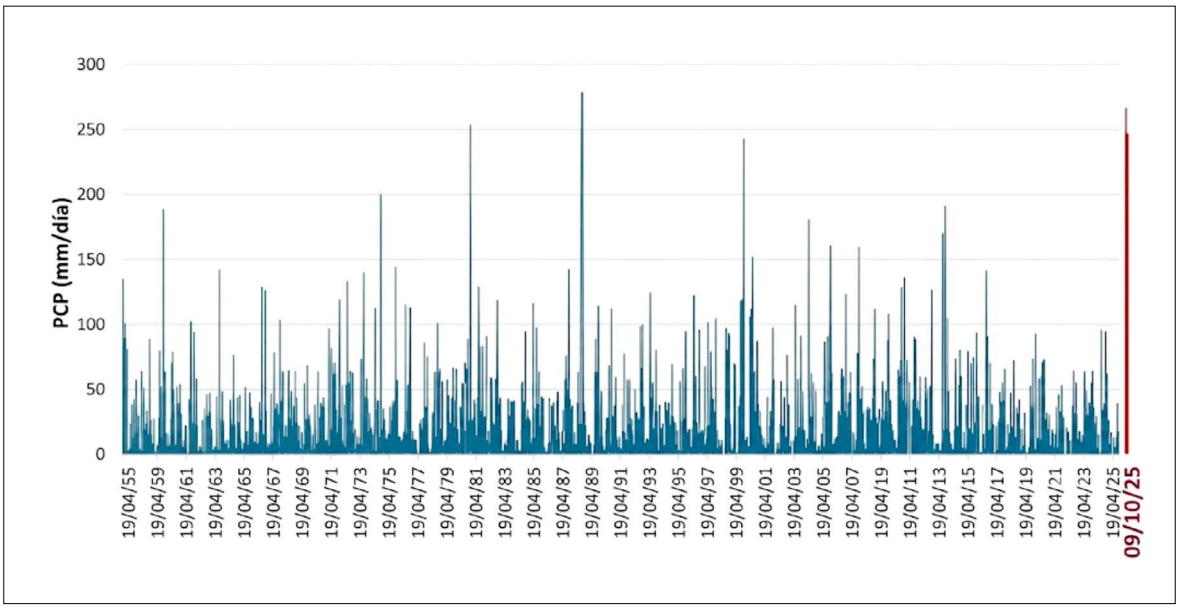

Figura 9. Lluvias diarias en Poza Rica Veracruz entre abril de 1955 y abril de 2025. En líneas rojas los reportes entre el 9 y 10 de octubre 2025. Fuente: elaboración propia con datos de CONAGUA (2025).

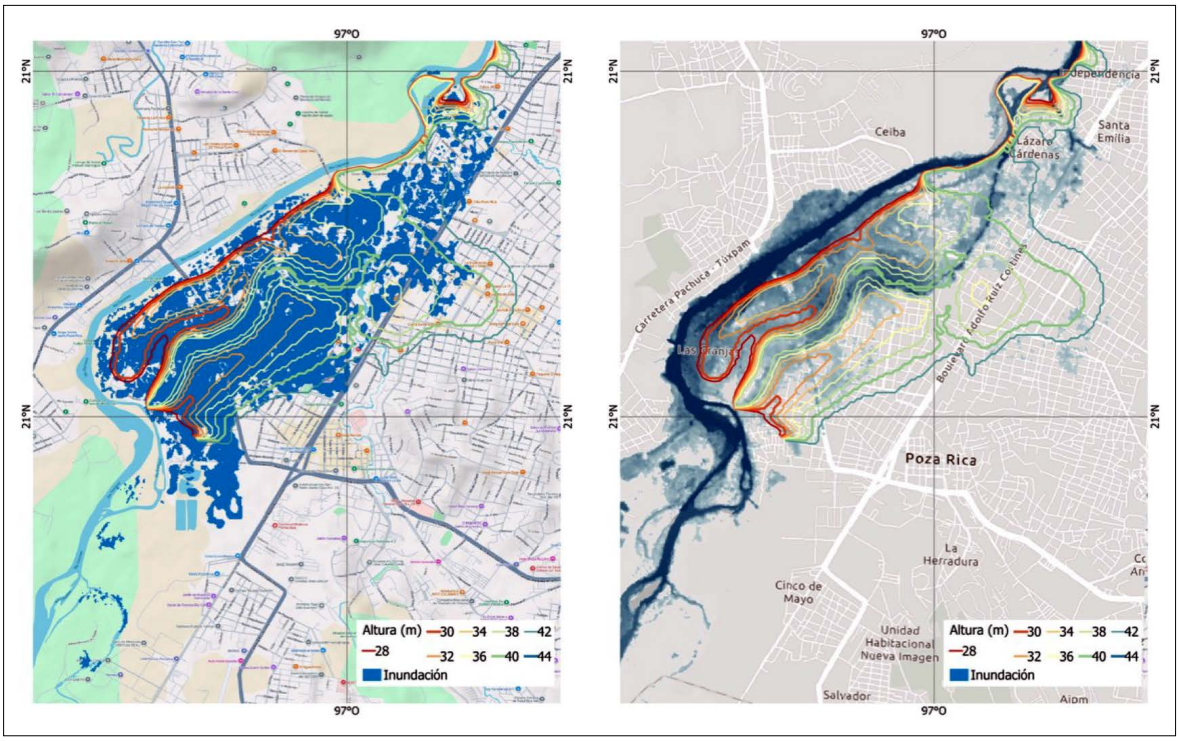

Figura 10. Zona inundada por las lluvias del 8 y 9 de octubre de 2025.a) Estimación de zona inundada usando imagen Sentinel (10 oct 2025) y estimación de inundación de acuerdo con ICEYE (2025). Las líneas en colores indican altura del terreno sobre el nivel del mar.

protocolos coordinados de evacuación ni medidas preventivas de protección civil (Tapia, 2025).

Como en otros eventos de desastre, las autoridades "explicaron" la inundación apelando a la falta de exactitud de los pronósticos meteorológicos, argumentando que esta situación inhibió la puesta en marcha de medidas de respuesta ante la emergencia (Olivares y Urrutia, 2025). Lo ocurrido evidencia fallas en la articulación entre el pronóstico meteorológico, la evaluación del riesgo y la operación de un SIAT.

El contraste entre la extensión de la zona inundada, observada mediante imágenes de los satélites Sentinel-1 e ICEYE (Figura 10), y la delimitación de las áreas de riesgo establecidas en el Atlas de Poza Rica (2021) (Figura 11), indica que el área

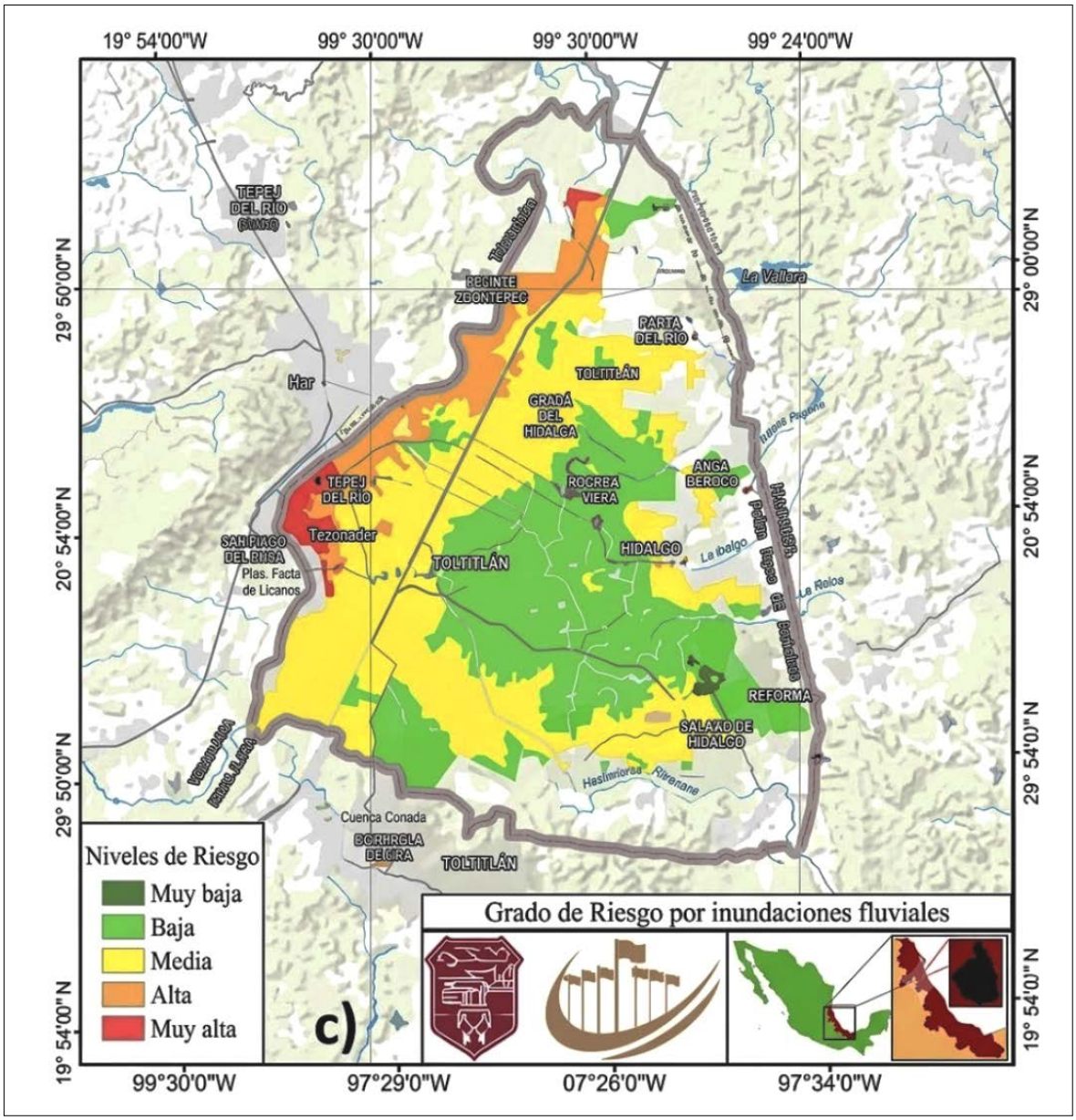

Figura 11 Riesgo de inundación de acuerdo con el Atlas de Riesgo del Municipio de Poza Rica 2022-25 (APR, 2025).

afectada fue considerablemente más extensa que la prevista en el instrumento oficial, lo que sugiere una subestimación del riesgo de inundación.

Costo de los desastres

El concepto de riesgo de desastre meteorológico ha adquirido gran relevancia en México, debido a que su materialización se traduce en daños recurrentes para numerosas comunidades. Eventos como la onda de calor de 2023, el huracán Otis en 2023 o las inundaciones en Poza Rica en 2025 han puesto de manifiesto las deficiencias de los sistemas de gestión del riesgo y de Protección Civil en México. Las personas que pierden la vida durante desastres de tipo meteorológico suman cientos cada año, mientras que las afectadas se cuentan por decenas de miles (CENAPRED, 2025a).

Las estimaciones indican que, en años recientes, a los daños por huracanes deben sumarse aquellos asociados a temperaturas máximas extremas que conducen a riesgo crítico. Los costos asociados a estos desastres también se han incrementado al ser mayor la infraestructura expuesta. En diversos foros, el costo de los desastres se atribuye al cambio climático, sin que se haya realizado un ejercicio de atribución de la ocurrencia de condiciones meteorológicas peligrosas ni una evaluación integral del riesgo. Este enfoque omite que el aumento de la vulnerabilidad contribuye de manera significativa a magnificar los desastres.

Las deficiencias metodológicas de las "Guías Oficiales" (CENAPRED, 2006), utilizadas en la evaluación del riesgo de desastres meteorológicos, obligan a replantear la forma en que debe realizarse una gestión preventiva del riesgo, orientada a mitigar la magnitud de los impactos. Los costos humanos y económicos derivados de la inacción y de los desastres superan ampliamente los recursos destinados a la prevención.

Por ejemplo, el costo asociado a la recuperación tras el huracán Otis en el estado de Guerrero —incluidos daños en infraestructura, apoyos entregados a la población y erogaciones de aseguradoras— superó los 80 mil millones de pesos (alrededor de 4 mil millones de dólares), cifra cercana al presupuesto anual aprobado para el estado en 2025 (82 mil millones de pesos). En Poza Rica y en las zonas afectadas por las inundaciones, el gasto inicial anunciado por el gobierno fue de 10 mil millones de pesos (500 millones de dólares) para apoyar a la población. A este monto se suman cerca de 20 mil millones de pesos adicionales destinados a la recuperación; es decir, alrededor de 30 mil millones de pesos en total (casi 2 mil millones de dólares).

Si se parte del supuesto de que la prevención representa el 10 % del costo de recuperación del desastre, el presupuesto destinado a ella debería ser de al menos 2 mil millones de dólares, ejecutados en medidas definidas dentro de los Atlas de Riesgo. Esta idea resalta la necesidad de desarrollar esquemas objetivos y modelos evaluados de riesgo meteorológico que permitan privilegiar la prevención por encima de la recuperación del desastre, tradicionalmente sustentada en un enfoque naturalista.

CONCLUSIONES

Los desastres de tipo meteorológico tienen altos costos humanos, económicos y ambientales. La ausencia de acciones preventivas parece formar parte de una cultura de negación del riesgo, en la que con frecuencia se recurre al paradigma naturalista, atribuyendo los desastres meteorológicos a la inexactitud de los pronósticos o a la "furia de la naturaleza". Este razonamiento frente a amenazas meteorológicas refleja, en realidad, la incapacidad para aprovechar los avances científicos en las ciencias atmosféricas y en el estudio de los procesos que generan riesgo. La gestión del riesgo implica tomar decisiones incluso bajo condiciones de incertidumbre. Sin embargo, en México aún predomina una lógica de actuación basada en acciones de recuperación posteriores al desastre.

La prevención de los desastres meteorológicos es posible, aunque su implementación exige capacidades técnicas, económicas e institucionales que permitan evitar, o al menos reducir, la magnitud de un desastre mediante la toma de decisiones en contextos de incertidumbre. En México ha prevalecido la lógica de recuperarse del desastre porque la acción posterior resulta más visible en términos administrativos y políticos, además de ser más fácil de justificar. En contraste, las medidas preventivas

suelen depender de acciones más complejas de implementar, como el ordenamiento territorial, el financiamiento sostenido y la coordinación entre distintos niveles de gobierno.

A ello se suman prácticas que han limitado la gestión preventiva del riesgo, entre las que destacan:

i) la búsqueda de certeza absoluta antes de actuar, aun cuando los pronósticos siempre contienen márgenes de incertidumbre. El sobrealertamiento resulta aceptable si se compara con los costos humanos y materiales de la recuperación del desastre;
ii) la elaboración de Atlas de Riesgo que no han sido utilizados para definir obras orientadas a reducir la vulnerabilidad regional;
iii) la limitada respuesta de las agencias gubernamentales para fortalecer los perfiles técnicos y profesionales en los puestos de decisión, de modo que la gestión del riesgo sigue dependiendo de criterios coyunturales y de una baja capacidad técnica; y
iv) la insistencia en ubicar la gestión del riesgo en instancias oficiales con escasa capacidad de convocatoria, coordinación y mando sobre otras dependencias, pese a que la prevención requiere decisiones intersectoriales que exceden el ámbito policial o meramente reactivo de la emergencia.

Transitar de la recuperación a la prevención implica reconocer que el desastre no responde únicamente a un evento meteorológico extremo, sino a la acumulación histórica de vulnerabilidades territoriales, sociales, ambientales e institucionales. Las especialidades meteorológicas y geográficas desarrolladas en México han contribuido de manera importante al conocimiento de los peligros y del territorio, pero su incorporación a la gestión preventiva del riesgo ha sido limitada.

Los pronósticos meteorológicos suelen emitirse como avisos sobre la intensidad de los fenómenos, sin convertirse operativamente en escenarios de riesgo que integren exposición y vulnerabilidad y conduzcan a la acción preventiva. Por otro lado, los Atlas de Riesgo han sido elaborados con abundante información sobre peligros, población, infraestructura y uso del suelo, que no siempre se traduce en una estimación adecuada de la vulnerabilidad ni en modelos operativos de riesgo.

Una visión moderna de la gestión del riesgo implica ampliar los criterios utilizados para evaluar sus componentes: peligro y vulnerabilidad. Los enfoques seguidos hasta ahora para determinar niveles de riesgo han sido, en su mayoría, intuitivos y cualitativos, y rara vez se contrastan con la dinámica real de los desastres. Esta práctica limita la transparencia y la rendición de cuentas de las autoridades, además de evidenciar la ineficacia de la actuación oficial en materia de prevención (CENAPRED, 2025a).

Desde un punto de vista técnico, persisten deficiencias en la forma en que se ha trabajado y "cuantificado" el riesgo meteorológico. En las políticas de Protección Civil rara vez se hace referencia a niveles de riesgo crítico o al análisis de la incertidumbre. Ambos elementos son fundamentales si se desea desarrollar Atlas de Riesgo que orienten las acciones gubernamentales relacionadas con el desarrollo del país, particularmente en materia de planeación territorial.

En cuanto a la respuesta ante emergencias, las autoridades de Protección Civil en México hacen un uso limitado de los pronósticos meteorológicos disponibles. Los responsables de generar información meteorológica suelen circunscribir su labor a la emisión de avisos y alertas sobre lluvias muy fuertes o extremas, sin capacidad para determinar cuándo una amenaza alcanza un nivel crítico que requiera la activación de medidas de emergencia. Además, la interpretación de los pronósticos suele ser subjetiva, lo que conduce a estimaciones imprecisas del riesgo y, en consecuencia, a una limitada implementación de acciones preventivas. Incluso en escenarios de sobrealertamiento dentro de los SIAT, resulta indispensable ejecutar acciones, dado que su propósito último es proteger la vida humana.

El caso más dramático de los problemas en la evaluación del riesgo meteorológico se observa en los ciclones tropicales. Las recomendaciones del CENAPRED (AR Acapulco, 2021) se basan en fórmulas estadísticas relacionadas con periodos de retorno que no consideran el cambio climático ni, sobre todo, los procesos físicos que intensifican

estos sistemas meteorológicos. Esta interpretación deficiente del peligro por huracanes ha llevado incluso a sugerir que la probabilidad de impacto por ciclones tropicales intensos es nula en zonas como Acapulco.

En consecuencia, la utilidad de los Atlas de Riesgo municipales y de los Sistemas de Alerta Temprana resulta cuestionable, especialmente después de Otis en 2023. Esta limitación se agrava cuando los peligros no se desagregan —por ejemplo, magnitud del viento que daña ventanas o infraestructura costera, lluvias e inundaciones—, sino que se expresan mediante formulaciones generales como la escala Saffir-Simpson. Bajo este enfoque, no se identifican con claridad las acciones necesarias para reducir estructuralmente la vulnerabilidad.

El planteamiento explícito de los factores de riesgo en los Atlas permitirá orientar los planes de desarrollo e incluso definir estrategias de asignación presupuestal con metas específicas de ordenamiento territorial o programas de cultura del riesgo dirigidos a la población. De esta forma, los Atlas de Riesgo dejarán de ser un requisito burocrático para convertirse en una herramienta efectiva dentro de los planes de desarrollo municipales y nacionales.

Adoptar una nueva forma de gestionar el riesgo implica avanzar hacia una nueva etapa de prevención del desastre, abandonando paradigmas inadecuados y desarrollando esquemas cuantitativos de riesgo de desastre meteorológico que permitan aprovechar los avances en las ciencias de la atmósfera y en otras disciplinas científicas.

AGRADECIMIENTOS

El artículo forma parte del proyecto PAPIIT IN111023, *Escenarios de Riesgo Climático Urbano*. Expresamos nuestro reconocimiento al Ing. Gustavo Vázquez Cruz por la recolección de datos e información climática, así como por el análisis realizado mediante cómputo científico. Asimismo, destacamos el respaldo académico e institucional brindado por el Instituto de Geografía de la UNAM para la realización de esta investigación. Natalia Verónica Soto Coloballes agradece también el apoyo del programa Estancias Posdoctorales por México, financiado por la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI).

REFERENCIAS

Aguirre, B. E., y Macías, J. M. (2006). Las inundaciones de 1999 en Veracruz y el paradigma de la vulnerabilidad. *Revista Mexicana de Sociología, 68*(2), 209–230. https://doi.org/10.22201/iis.01882503p.2006.68.2.01

Alcántara-Ayala, I., Garza Salinas, M., López García, A., Magaña Rueda, V., Oropeza Orozco, O., Puente Aguilar, S., Rodríguez Velázquez, D., Lucatello, S., Ruiz Rivera, N., Tena Núñez, R. A., Urzúa Venegas, M., y Vázquez Rangel, G. (2019). Gestión integral de riesgo de desastres en México: Reflexiones, retos y propuestas de transformación de la política pública desde la academia. *Investigaciones Geográficas*, (98). https://doi.org/10.14350/rig.59784

Banco Interamericano de Desarrollo. (2015). *Indicadores de riesgo de desastre y de gestión de riesgos: Programa para América Latina y el Caribe: México* (Nota técnica IDB-TN-800).

Centro Nacional de Prevención de Desastres. (2006). *Guía básica para la elaboración de atlas estatales y municipales de peligros y riesgos: Evaluación de la vulnerabilidad física y social* (Serie Atlas Nacional de Riesgos). https://www.cenapred.unam.mx/es/Publicaciones/archivos/57.pdf

Centro Nacional de Prevención de Desastres. (2023, 20 de diciembre). *Emergencias y desastres: Recomendaciones para una mejor recuperación*. https://www.gob.mx/cenapred/articulos/emergencias-y-desastres-recomendaciones-para-una-mejor-recuperacion

Centro Nacional de Prevención de Desastres. (2025a). *Impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en México en el año 2023*. Secretaría de Seguridad y Protección Ciudadana. https://www.cenapred.gob.mx/es/Publicaciones/archivos/517-IMPACTO_SOCIOECONOMICO_2023.PDF

Centro Nacional de Prevención de Desastres. (2025b). *Impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en México en el año 2024*. Secretaría de Seguridad y Protección Ciudadana.

Comisión Nacional del Agua. (2025). *Sistema de Información Hidrológica* [Base de datos]. Recuperado el 29 de enero de 2026, de https://sih.conagua.gob.mx/

Comisión Nacional del Agua y Coordinación Nacional de Protección Civil. (2025, 9 de octubre). *Gobierno de México refuerza acciones de alertamiento y vigilancia de ríos, ante desarrollo de Raymond y otros sistemas* (Comunicado de prensa conjunto No. 109-25).

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/1027631/Comunicado_de_Prensa_Conjunto_109-25.pdf

Coordinación Nacional de Protección Civil. (2025, 3 de noviembre). *Afectaciones por lluvias e inundaciones derivadas de la perturbación tropical 90-E* [Presentación]. Gobierno de México.

Copernicus Climate Change Service. (2026). *ERA5 hourly data on single levels from 1940 to present* [Conjunto de datos]. Climate Data Store. Recuperado el 29 de enero de 2026, de https://cds.climate.copernicus.eu/datasets

DesInventar. (2013). *Sistema de inventario de desastres para México* [Base de datos]. Recuperado el 29 de enero de 2026, de https://www.desinventar.net/DesInventar/

EM-DAT. (2026). *Emergency Events Database* [Base de datos]. Centre for Research on the Epidemiology of Disasters. Recuperado el 29 de enero de 2026, de https://public.emdat.be

Garnica Peña, R. J., y Alcántara Ayala, I. (2004). Riesgos por inundación asociados a eventos de precipitación extraordinaria en el curso bajo del río Tecolutla, Veracruz. *Investigaciones Geográficas*, (55), 23–45.

Garza Salinas, M. (2024). Estado del arte de las políticas públicas en la gestión integral del riesgo de desastres en México. En S. Lucatello (Ed.), *Gestionando los riesgos de desastres en México: Temas claves para la formación y actualización de expertos* (pp. 303–337). Instituto Mora. https://doi.org/10.59950/IM.125

Grant, W. (2013, 27 de septiembre). *El pueblo borrado del mapa de México*. *BBC News*. https://www.bbc.com/news/world-latin-america-24296433

H. Ayuntamiento de Poza Rica de Hidalgo. (2025). *Actualización del atlas de riesgos del municipio de Poza Rica de Hidalgo, Veracruz*. Gobierno Municipal de Poza Rica de Hidalgo.

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2023). Summary for policymakers. En *Climate change 2021: The physical science basis* (pp. 3–32). Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/9781009157896.001

Jáuregui, E. (1997). Heat island development in Mexico City. *Atmospheric Environment, 31*(22), 3821–3831. https://doi.org/10.1016/S1352-2310(97)00136-2

Jáuregui, E., y Luyando, E. (1998). Long-term association between pan evaporation and the urban heat island in Mexico City. *Atmósfera, 11*(1), 45–60.

Kugler, L. (2025). Advancements in weather prediction. *Communications of the ACM, 68*(7).

Magaña Rueda, V. O. (2013). *Servicio para la asistencia técnica para el desarrollo de escenarios de cambio climático para el análisis de impactos en el sector salud* [Informe técnico]. Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios y Secretaría de Salud.

Magaña Rueda, V. O., Tejeda Martínez, A., y Vázquez Cruz, G. (2014). El sistema de alerta temprana ante ciclones tropicales desde una perspectiva de riesgo. *H2O Gestión del Agua*, (1), 50–55.

Mansilla, E. (2010). *Diagnóstico nacional de los asentamientos humanos ante el riesgo de desastres*. Secretaría de Desarrollo Social.

National Hurricane Center. (2023, 24 de octubre). *Hurricane Otis forecast advisory number 7*. NOAA. https://www.nhc.noaa.gov/archive/2023/ep18/ep182023.fstadv.007.shtml

National Hurricane Center. (2023). *Hurricane Otis (EP18 2023) archive*. National Oceanic and Atmospheric Administration. https://www.nhc.noaa.gov/archive/2023/OTIS.shtml

National Oceanic and Atmospheric Administration, Physical Sciences Laboratory. (s. f.). *NOAA OI SST V2 high resolution dataset* [Conjunto de datos]. Recuperado el 29 de enero de 2026, de https://psl.noaa.gov/data/gridded/data.noaa.oisst.v2.highres.html

National Weather Service. (s. f.). *Heat forecast tools*. Recuperado el 19 de febrero de 2026, de https://www.weather.gov/safety/heat-index

Neri, C., y Magaña, V. (2016). Estimation of vulnerability and risk to meteorological drought in Mexico. *Weather, Climate, and Society, 8*(2), 95–110. https://doi.org/10.1175/WCAS-D-15-0005.1

Olivares, E., y Urrutia, A. (2025, 13 de octubre). Indicios científicos no anticipaban magnitud de lluvias recientes: Sheinbaum. *La Jornada*. https://www.jornada.com.mx/noticia/2025/10/13/politica/reconoce-la-presidenta-que-era-dificil-anticipar-magnitud-de-las-lluvias-recientes

Onda de calor en México es atípica: SMN; dan fecha de inicio de lluvias. (2023, 13 de junio). *El Siglo de Torreón*. https://www.elsiglodetorreon.com.mx/noticia/2023/onda-calor-en-mexico-es-atipica-smn-dan-fecha-de-inicio-de-lluvias.html

Pasch, R. J., y Zelinsky, D. A. (2014, 6 de enero). *Tropical cyclone report: Hurricane Manuel, 13–19 September 2013* [Informe técnico]. National Hurricane Center, National Oceanic and Atmospheric Administration. https://www.nhc.noaa.gov/data/tcr/EP132013_Manuel.pdf

Peláez Pavón, L. B. (2023). *Huracán Otis del océano Pacífico: Del 22 al 25 de octubre de 2023* (Ciclones Tropicales 2023). Comisión Nacional del Agua, Servicio Meteorológico Nacional. https://smn.conagua.gob.mx/tools/DATA/Ciclones%20Tropicales/Ciclones/2023-Otis%20.pdf

Ramírez, R., Mendoza, M., y Ocaña, K. (2024). Huracán Otis, ejemplo de los efectos del cambio climático.

Notas, (211). Instituto Mexicano del Transporte. https://imt.mx/resumen-boletines.html?IdArticulo=620&IdBoletin=212

Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano. (2021). *Actualización del atlas de riesgos del municipio de Acapulco de Juárez 2021*. Gobierno de México. https://acapulco.gob.mx/proteccioncivil/wp-content/atlasdigital/documentos/atlas2021.pdf

Secretaría de Desarrollo Social. (2004). *Atlas de peligros naturales de la ciudad de Acapulco de Juárez, Guerrero, México (identificación y zonificación): Estudio de aplicación*. https://acapulco.gob.mx/proteccioncivil/wp-content/documentos/atlas%20de%20peligro%20naturales%20de%20Acapulco%202003.pdf

Secretaría de Desarrollo Social. (2009). *Atlas de peligros naturales de la ciudad y puerto de Acapulco de Juárez, Guerrero, México (identificación y zonificación): Versión actualizada*. https://acapulco.gob.mx/proteccioncivil/wp-content/atlasdigital/documentos/atlas2009.pdf

Secretaría de Gobernación. (2015, 4 de agosto). *Recomendaciones para temporada de calor* [Nota informativa]. Gobierno de México. https://www.gob.mx/segob/articulos/recomendaciones-para-temporada-de-calor

Secretaría de Gobernación. (2016, 24 de junio). *¡Cuídate del calor! Recomendaciones ante las altas temperaturas* [Nota informativa]. Gobierno de México. https://www.gob.mx/segob/articulos/recomendaciones-ante-las-altas-temperaturas-cuidate-del-calor-41042

Secretaría de Salud. (2023a). *Temperaturas naturales extremas (temporada de calor 2023): Semana epidemiológica 23*. Gobierno de México. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/832567/TNE__2023__SE23.pdf

Secretaría de Salud. (2023b). *Temperaturas naturales extremas (temporada de calor 2023): Semana epidemiológica 40 (1–7 de octubre de 2023)*. Gobierno de México. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/862593/TNE_SE_40.pdf

Servicio Meteorológico Nacional. (2023, 13 de junio). *Hoy se espera que prevalezca la tercera onda de calor con ambiente de caluroso a extremadamente caluroso en México* (Comunicado de prensa No. 0439-23). Comisión Nacional del Agua. https://smn.conagua.gob.mx/files/pdfs/comunicados-de-prensa/Comunicado0439-23.pdf

Servicio Meteorológico Nacional. (2025). *Información estadística climatológica* [Base de datos]. Conagua. Recuperado el 29 de enero de 2026, de https://smn.conagua.gob.mx

Tapia, A. (2025, 15 de octubre). La historia de don Chuy, el trabajador de Pemex que despertó a Poza Rica en la inundación del río Cazones. *Infobae*. https://www.infobae.com/mexico/2025/10/15/la-historia-de-don-chuy-el-trabajador-de-pemex-que-desperto-a-poza-rica-en-la-inundacion-del-rio-cazones/

Vargas, N., y Magaña, V. (2020). Climatic risk in the Mexico City metropolitan area due to urbanization. *Urban Climate, 33*, Article 100644. https://doi.org/10.1016/j.uclim.2020.100644

Whitney, L. D., y Hobgood, J. S. (1997). The relationship between sea surface temperatures and maximum intensities of tropical cyclones in the eastern North Pacific Ocean. *Journal of Climate, 10*, 2921–2930. https://doi.org/10.1175/1520-0442(1997)010<2921:TRBSST>2.0.CO;2

World Meteorological Organization. (2022). *Early warnings for all: Executive action plan 2023–2027*. https://www.preventionweb.net/publication/early-warnings-all-executive-action-plan-2023-2027

Zúñiga, E., y Magaña, V. (2018). Vulnerability and risk to intense rainfall in Mexico: The effect of land use cover change. *Investigaciones Geográficas*, (95), 1–18. https://doi.org/10.14350/rig.59465