

# *Sociedades resilientes y la reducción del riesgo de desastre*

(Coordinadores)

María Luisa Hernández Aguilar  
Bonnie Lucía Campos Cámara  
Norma Angélica Oropeza García  
Gerardo Daniel López Montejo



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE QUINTANA ROO

# **Sociedades resilientes y la reducción del riesgo de desastre**

Coordinadores

*María Luisa Hernández Aguilar*

*Bonnie Lucia Campos Cámara*

*Norma Angélica Oropeza García*

*Gerardo Daniel López Montejó*



Hernández Aguilar, María Luisa

*Sociedades resilientes y la reducción del riesgo de desastre* / María Luisa Hernández Aguilar, Bonnie Lucía Campos Cámara, Norma Angélica Oropeza García, Gerardo Daniel López Montejo. – 1ª ed. – Chetumal, Quintana Roo: Universidad de Quintana Roo, 2025.

278 páginas; libro digital (PDF); 25 MB

ISBN: 978-607-8792-76-4

1. Reducción del Riesgo de Desastres.
2. Resiliencia social.
3. Educación universitaria.
4. Tecnología y sociedad.

I. Hernández Aguilar, María Luisa. II. Campos Cámara, Bonnie Lucía. III. Oropeza García, Norma Angélica. IV. López Montejo, Gerardo Daniel.

CDD: 607

*Sociedades resilientes y la reducción del riesgo de desastre*

Primera edición: 2025

D.R. © Universidad Autónoma del Estado de Quintana Roo  
Boulevard Bahía s/n esq. Ignacio Comonfort,  
Col. del Bosque 77019, Chetumal, Quintana Roo, México.

Diseño editorial y de portada: Rodolfo Canto Carrillo  
Fotografía de portada: María Luisa Hernández Aguilar

ISBN: 978-607-8792-76-4

Esta investigación, dictaminada por pares académicos,  
se privilegia con el aval de esta Universidad.

Editado y publicado en México.

Capítulo	Página
<b>1. El ordenamiento territorial como insumo para la gestión del riesgo de desastres ante eventos hidrometeorológicos en México</b>	7
<i>Juan Manuel Rodríguez Esteves y Ana Cecilia Travieso Bello</i>	
<b>2. Evaluación de peligros por procesos de remoción en masa asociados a eventos de precipitación en la cuenca Tancítaro, Michoacán, México</b>	25
<i>Dagne Boudet Rouco, Manuel Eduardo Mendoza Cantú, José Villanueva Díaz y Juan Antonio Ballesteros Cánovas</i>	
<b>3. Cartografía geomorfológica de un flujo complejo en la Reserva de la Biosfera Mariposa Monarca en Michoacán, México</b>	51
<i>Eric García Calderón, Karla Aurora de la Peña Guillen y Manuel Eduardo Mendoza Cantú</i>	
<b>4. Respuesta de la superficie del lago de Cuitzeo a las variaciones climáticas, un enfoque basado en percepción remota y sistemas de información geográfica</b>	67
<i>Arantxa Jiménez Ángeles, Alejandro César Valdés Carrera, Erna Martha López Granados y Manuel Eduardo Mendoza Cantú</i>	
<b>5. Susceptibilidad por procesos de remoción en masa en el estratovolcán Pico de Tancítaro, Michoacán, México</b>	87
<i>Alejandro César Valdés Carrera y Manuel Eduardo Mendoza Cantú</i>	
<b>6. Ríos atmosféricos y su impacto global: entender el fenómeno para la reducción del riesgo de desastre en México</b>	97
<i>Daniela Fernanda Cuauhtémoc Vargas</i>	

**7. Impacto socioeconómico de los ciclones tropicales en la península de Yucatán de 1970 a 2022** 117

*Diana Estefania Castillo-Loeza, David Romero, Adolfo Quesada-Román y José Francisco León-Cruz*

**8. Adaptación a la vulnerabilidad social y económica después del huracán Otis en Acapulco, Guerrero** 137

*Edith Montesinos Pedro, Joel Francis Audefroy, Norberto Rodríguez Ramírez, Bertha Nelly Cabrera Sánchez y Everth Jimena Leal Castañeda*

**9. Análisis del peligro asociado al rompimiento de la presa San Aparicio, en el municipio de Genaro Codina, Zacatecas, México** 157

*Luis Felipe Pineda-Martínez, Oscar Alonso Dzul-Aguilar, Oscar Antonio Dzul-García, Baudelio Rodríguez-González, Alean Rocha, Carlos y Francisco Aguilar Ortega*

**10. Implementación de un Sistema de Alerta Temprana con base en un análisis de fenómenos hidrometeorológicos** 173

*Cristóbal García Calderón, Jorge Luis Vázquez Aguirre y Citlali Villa Falfán*

**11. Climatología de las intensificaciones rápidas en el hemisferio occidental** 183

*Karla Mendoza Gómez, David Romero y Christian Domínguez Sarmiento*

**12. Cartografía participativa para el municipio de Tecate en la elaboración de un atlas de riesgos** 199

*Alejandro García-Gastelum, Bertha Amalia Serrato de la Cruz e Hiram Rivera-Huerta*

**13. Causas y consecuencias de las grandes sequías en la región centro-norte de México. 1868-2024** 213

*Carlos Contreras Servín y María Guadalupe Galindo Mendoza*

**14. Cronología preliminar de un deslizamiento en la Reserva de la Biósfera Mariposa Monarca** 227

*Violeta Rangel-Velarde, Manuel Eduardo Mendoza Cantú y José Villanueva Díaz*

**15. Isla de Calor Urbana con datos de teledetección e *in situ* de la zona metropolitana Puerto Vallarta y Bahía de Banderas, periodo 2018 a 2021** 247

*Fátima Maciel Carrillo González, Erika Sandoval Hernández, Raquel Elisa Hernández Parra, Bianca Georgina Gallardo Arce, Julio Cesar Morales Hernández, Bartolo Cruz Romero y Antonio Velázquez Ruiz*

**Resúmenes** 257

## Impacto socioeconómico de los ciclones tropicales en la península de Yucatán de 1970 a 2022

Diana Estefania Castillo-Loeza<sup>1</sup>

David Romero<sup>2</sup>

Adolfo Quesada-Román<sup>3</sup>

José Francisco León-Cruz<sup>4</sup>

### Introducción

Los ciclones tropicales (CTs) son sistemas naturales que se desarrollan sobre las cuencas oceánicas (Rivera-Monroy, *et al.*, 2020). Estos fenómenos se clasifican en las siguientes etapas de acuerdo a la velocidad del Viento Máximo Sostenido (VMS) en la superficie: depresiones tropicales (DTs), que tiene una velocidad de VMS menor a los 34 nudos; tormentas tropicales (TTs) con velocidad de VMS entre 34 y 64 nudos; y huracanes (Hs) con una velocidad de VMS mayor a 64 nudos (Jiménez Espinosa, *et al.*, 2003).

A estos fenómenos se les asocia con algunos de los desastres de origen natural más devastadores, pues se estima que en las últi-

mas dos décadas han causado daños de hasta de 800,000 millones de dólares a nivel mundial (Collalti & Strobl, 2022). En México, los CTs destacan por su impacto socioeconómico significativo. En este trabajo se hará énfasis en los estados costeros ubicados en el sureste, en particular, los estados de la península de Yucatán (PY) ya que presentan un mayor riesgo debido al incremento de la amenaza y exposición de huracanes (Romero & León-Cruz, 2024).

Una Gestión Integral del Riesgo de Desastres (GIRD) requiere información histórica sobre la frecuencia en la ocurrencia de estos fenómenos, así como de sus efectos. Debido a lo anterior, el propósito de este estudio es evaluar los impactos de los CTs en términos

---

1 Becaria en Estancias postdoctorales por México no. 5718551 CONAHCYT en Escuela Nacional de Estudios Superiores (ENES) Unidad Mérida, UNAM, dianae.castillo@enesmerida.unam.mx, ORCID: 0000-0002-0363-5883.

2 ENES Unidad Mérida, UNAM, dromero@enesmerida.unam.mx, ORCID: 0000-0002-1722-7514.

3 Escuela de Geografía, Universidad de Costa Rica, adolfo.quesadaroman@ucr.ac.cr, ORCID: 0000-0001-6601-5254.

4 Instituto de Geografía, UNAM, jleon@geografia.unam.mx, ORCID: 0000-0002-0374-6858.

de defunciones, población afectada y pérdidas económicas en los tres estados de la PY: Campeche, Quintana Roo y Yucatán para el periodo 1970-2022.

### **Desarrollo del tema**

En los últimos años diversos autores han documentado la relación entre la variabilidad del clima y los desastres (Bakkensen, *et al.*, 2018; Galilea Ocon, 2020; Garza Salinas, 2017; Knutson, *et al.*, 2010; Mendelsohn, *et al.*, 2012). En concordancia, Garza Salinas (2017) señala que las olas de calor que afectaron a países de Europa y Asia entre 2015 y 2016, propiciaron daños, principalmente en la población con mayores condiciones de vulnerabilidad. De acuerdo con Galilea Ocon (2020), en Chile, el aumento de la temperatura global ha ocasionado condiciones propicias para incendios forestales graves, inundaciones en zonas inusuales, deslaves, aluviones sin precedentes y marejadas oceánicas permanentes, lo que favorece la ocurrencia de fuertes afectaciones en la población.

Asimismo, otros estudios identifican que el cambio climático antropogénico también alterará las características de los fenómenos naturales como los CTs, provocando cambios en la velocidad del viento y en las precipitaciones intensas, lo que resultará en daños masivos a propiedades, infraestructura y poblaciones de diversos países que se ven afectados ante la amenaza de estos eventos climáticos (Bakkensen, *et al.*, 2018; Knutson, *et al.*, 2010; Mendelsohn, *et al.*, 2012).

Aunque existe una relación entre los fenómenos naturales y la ocurrencia de desastres, no necesariamente se trata de una relación causal (Fong Lee & Vega Sáenz, 2023). Los fenómenos naturales pueden haber sufrido modificaciones a causa del

cambio climático antropogénico, pero no son la causa directa de los desastres, dado que su existencia por sí sola no los produce. En realidad, son manifestaciones de la naturaleza que pueden convertirse en detonadores del desastre cuando afectan a una población en condiciones de vulnerabilidad (Garza Salinas, 2017).

El concepto de desastre ha evolucionado, y en su definición más divulgada (UNDRR, 2018, p. 1) la causa no se atribuye a la naturaleza, sino que se refiere a un evento que afecta a la sociedad en cualquier nivel “debido a eventos peligrosos que interactúan con condiciones de exposición, vulnerabilidad y capacidad, lo que lleva a una o más de las siguientes consecuencias: pérdidas e impactos humanos, materiales, económicos y ambientales”. Esta definición evidencia que los desastres se deben a acciones u omisiones humanas y que su complejidad involucra factores socioeconómicos, además de los naturales.

A pesar de los esfuerzos de la comunidad académica para aclarar que los desastres no son naturales, sino que son socialmente construidos, el término “desastres naturales” sigue siendo común en diversos medios (Chmutina & Von Mending, 2019). Para comprender, prevenir y evaluar la ocurrencia de desastres y tomar las acciones pertinentes para afrontarlos, resulta necesario abordar otros conceptos relacionados, como el riesgo de desastres. Este se define como la probabilidad de defunciones, personas heridas, daño o destrucción de activos que pueden ocurrir en un sistema social en un periodo de tiempo, y está en función del peligro o amenaza, la exposición y la vulnerabilidad (UNDRR, 2018). Esta definición proporciona las variables de daños y las pérdidas que representan las consecuencias sociales y económicas del desastre.

Ahora bien, para hacer frente a los desastres en México, el Sistema Nacional de Protección Civil ha evolucionado de acciones de prevención, auxilio y recuperación (Congreso General de los Estados Unidos Mexicanos, 2023), a una Gestión Integral del Riesgo de Desastres (GIRD) (CENAPRED, 2020; Congreso de la ciudad de México, 2023; Congreso General de los Estados Unidos Mexicanos, 2023). De acuerdo con la Ley General de Protección Civil, art. 2 (2012), la GIRD se define como

El conjunto de acciones encaminadas a la identificación, análisis, evaluación, control y reducción de los riesgos, considerándolos por su origen multifactorial y en un proceso permanente de construcción, que involucra a los tres niveles de gobierno, así como a los sectores de la sociedad, lo que facilita la realización de acciones dirigidas a la creación e implementación de políticas públicas, estrategias y procedimientos integrados al logro de pautas de desarrollo sostenible, que combatan las causas estructurales de los desastres y fortalezcan las capacidades de resiliencia o resistencia de la sociedad. Involucra las etapas de: identificación de los riesgos y/o su proceso de formación, previsión, prevención, mitigación, preparación, auxilio, recuperación y reconstrucción (p. 4)

Como se observa en la definición anterior, la GIRD implica un papel más activo de la sociedad civil, fortaleciendo la autoprotección y la resiliencia, y a una amplia coordinación entre todos los sectores. La gestión se basa en conocer los riesgos y sus causas, que pueden ser de origen natural o antropogénicas. Las etapas no se desarrollan linealmente, sino que interactúan y coinciden en determinados momentos. Por ejemplo, la previsión es una etapa que pue-

de ser útil para atender una emergencia o incluso para la reconstrucción.

Antes de 1980, no existía en el país un registro sistemático que documentara la ocurrencia de desastres y su impacto en la economía y la sociedad. A partir de 1999, el CENAPRED inició esfuerzos para evaluar las repercusiones que generan los desastres en la nación, así como su impacto en la economía nacional, por lo que se estableció un registro histórico y sistemático de ocurrencia y daños por desastres (Bitrán Bitrán, 2001). Lo anterior es sumamente importante, dado que todas las etapas de la GIRD requieren identificar y valorar las probables pérdidas y daños ocasionados por los desastres.

La GIRD debe sustentarse en el análisis de información histórica de ocurrencia e impacto de estos, para lograr una adecuada asignación de recursos destinados a la prevención y reducción del riesgo, fortalecimiento de capacidades de autoprotección, atención de emergencias para la población damnificada, la reconstrucción de infraestructura dañada y programas enfocados en la mitigación de desastres (Secretaría de Seguridad y Protección Ciudadana, 2024).

Asimismo, la información sobre ocurrencia de desastres es de enorme importancia para los tomadores de decisiones, no solo para la gestión de riesgo de desastres, sino también para los ordenamientos territoriales y los planes de manejo y de gestión ambiental, en aras de crear legislaciones y políticas que reduzcan el riesgo de desastres (Quesada-Román, *et al.*, 2024). En general, todos los organismos gubernamentales y no gubernamentales deben considerar el riesgo de desastres en su planificación. Por otro lado, se requiere que la sociedad civil organizada y la ciudadanía tenga un mayor conocimiento del riesgo latente en la zona que habitan, para crear

estrategias de autoprotección y generar una cultura de prevención.

Entre 2019 a 2023, se emitieron 121 declaratorias de desastres en México debido a fenómenos naturales perturbadores, de los cuales el 79% (96) se relacionó con fenómenos hidrometeorológicos; dentro de este grupo, se encuentra los CTs (Secretaría de Seguridad y Protección Ciudadana, 2024). La ubicación geográfica de México lo expone a este tipo de fenómenos tanto desde el Pacífico oriental como desde el Atlántico norte. La PY es particularmente susceptible al paso de los CTs, ya que se encuentra entre el Golfo de México y el Mar Caribe. Entre 1851 y 2019, se registraron 151 arribos de CTs en el territorio conformado por los estados de Campeche, Quintana Roo y Yucatán, la mayoría de ellos tuvo su ingreso por la costa oriental (Rivera-Monroy, et al., 2020).

En los últimos cinco años, en la PY, se emitieron siete declaratorias de desastres, todas relacionadas con fenómenos hidrometeorológicos; uno se presentó en Campeche, cuatro en Quintana Roo y dos en Yucatán (CENAPRED, 2024b). Las declaratorias de desastre en el año 2020 en la zona se relacionaron con CTs que azotaron la zona desde mayo a finales de octubre.

## Objetivo

Este trabajo tiene por objetivo analizar la relación entre la ocurrencia de CTs en la PY y las variables de daño registradas en diferentes bases de datos sobre desastres, mediante un enfoque histórico de los impactos de este fenómeno, entre los años 1970 y 2022. Nuestro estudio busca generar información relevante que contribuya a mejorar la gestión del riesgo de desastres y a sensibilizar a la población sobre los impactos diferenciados de los CTs en el área de estudio.

## Metodología

### Área de estudio

El área de estudio tuvo lugar en la península de Yucatán; además, con la información de la base de datos IBTrACS se amplió a una zona delimitada por las coordenadas 94°10'W - 84°58'W y 16°11'N - 23°16'N, la cual corresponde al área donde las trayectorias de los CTs de la cuenca del Atlántico pueden tener un impacto socioeconómico en la PY, la que se denominó zona ampliada de estudio (ZAE) (Figura 1).

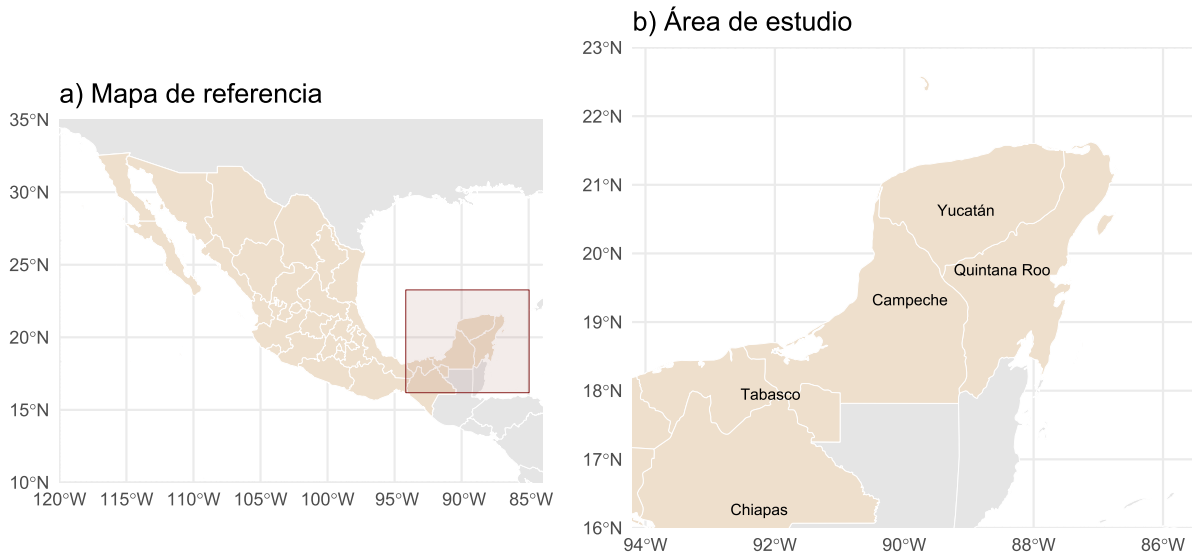
### Bases de datos de reportes de desastres

Se registraron los nombres y fechas de ocurrencia de todas las DTs, TTs y Hs de la región ciclo-genética del Atlántico norte, que se desplazaron dentro de Campeche, Yucatán o Quintana Roo (Figura 1), y que fueron reportadas por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) (Comisión Nacional del Agua, 2024) de 1970 a 2022.

Posteriormente, se identificaron tres bases de datos de acceso abierto en las que se reportaron los daños y pérdidas de los CTs que han pasado por la PY: DesInventar (2024), CENAPRED (2024a), y EM-DAT (2024). También se consultaron los reportes del *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) (National Hurricane Center, 2024) y de la *International Best Track Archive for Climate Stewardship* (IBTrACS) (Kenneth, et al., 2019; Knapp, et al., 2010), que sirvieron para corroborar las trayectorias, velocidades de viento sostenido y fechas.

La primera base de datos de daños analizada fue DesInventar, que recoge información sobre pérdidas, daños, y otros impactos generados por emergencias y desastres en diversos países de América Latina y el mundo. Esta base mantiene información desagregada, lo que permite

**Figura 1**  
**Mapa de localización del área de estudio.**



Elaboración propia empleando la librería de R 'rnatualearth' (Massicotte & South, 2024).

entender los desastres a una escala local y tomar mejores decisiones en el tema de gestión integral de riesgos. La segunda base de datos analizada se obtuvo del CENAPRED, y reporta el impacto socioeconómico de los daños y pérdidas ocasionados por los desastres en México, la cual además de alimentarse de fuentes públicas, también recolecta datos primarios. Los desastres reportados comprenden el periodo de 2000 a 2022; la información se complementó con el reporte de CENAPRED "Impacto socioeconómico de los desastres en México de 1980 a 1999" (CENAPRED, 2024a). La tercera base consultada fue la del EM-DAT, que registra el impacto de desastres a nivel mundial y sus datos provienen de informes y agencias de las Naciones Unidas, organizaciones no gubernamentales, el sector privado (empresas aseguradoras), y otras fuentes.

Asimismo, se identificaron en todas las bases de datos las variables referentes a la clasificación de los fenómenos o desastres, sus tipos y subtipos. En cada base

de datos se filtraron todos los desastres ocasionados por DTs, TTs y Hs en Yucatán, Campeche y Quintana Roo. Además, se revisó si había CTs con nombre en la descripción de cada base y se cotejaron las fechas con el listado elaborado con fundamento en el SMN, sobre todo para depresiones tropicales sin nombre.

#### *Variables analizadas*

Se revisaron todos los CTs registrados en las tres bases de datos, así como las variables contenidas en cada una. Las variables se agruparon en clasificatorias, nivel de desagregación, variables de daños y pérdidas, y otras. En cuanto al nivel de desagregación, EM-DAT encuentra datos a nivel país; DesInventar cuenta con un nivel de desagregación más amplio, pues presenta información de daños a nivel municipio, sin embargo, existen muchos datos vacíos en la información; finalmente, CENAPRED, muestra datos a nivel estado y en ocasiones a nivel municipio (Tabla 1).

Tabla 1  
Variables de las bases de datos de desastres

Variables		DesInventar	CENAPRED	EMDAT
Variables Clasificadoras	Nombre del evento/Identificador	X	X	X
	Fecha de Inicio	X	X	X
	Fecha de Fin	X	X	X
	Año	X	X	X
	Clasificación del fenómeno o desastre	X	X	X
	Tipo de fenómeno/desastre	X	X	X
Nivel de desagregación	País	X	X	X
	Estado	X	X	
	Municipio/localidad	X	X	X
Variables de daños y pérdidas	Muertos	X	X	X
	Heridos	X		X
	Evacuados	X		X
	Desaparecidos	X		
	Viviendas Destruídas	X		
	Viviendas Afectadas/dañadas	X	X	
	Damnificados (directos)	X	X	X
	Afectados (indirectos)	X		X
	Escuelas	X	X	
	Hospitales	X	X	
	Comercios		X	
	Área de cultivo dañada / pastizales (h)	X	X	
	Pérdidas monetarias	X	X	X
	Otras	Fuente	X	X
Observaciones		X	X	

Fuente: elaboración propia con datos de CENAPRED (2024), DesInventar (2024), EM-DAT (2024).

Las variables que las tres bases de datos tenían en común o equivalentes, de acuerdo con el diccionario de datos de cada una fueron: defunciones, población afectada y pérdidas monetarias.

#### Variables estimadas

Además de las variables anteriores, se estimó la población afectada por cada 100 mil habitantes y las pérdidas monetarias

en dólares ajustadas a 2022. Para determinar la población afectada por cada mil habitantes, se dividió el número total de personas perjudicadas en cada año entre la población total de cada estado impactado en el año de ocurrencia del desastre. La población se calculó con una tasa de crecimiento poblacional anual, basada en los censos del INEGI de 1970 a 2020 (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 1970;

1980, 1990, 1995, 2000, 2005, 2010, 2020), lo que permitió estimar la población afectada por los CTs en la PY.

Las pérdidas monetarias se estimaron en dólares; si el desastre era reportado en moneda local se realizó una conversión de acuerdo con el tipo de cambio registrado por el Banco de México para dicho período (Sistema de Información Económica, 2024). Adicionalmente, se ajustó al valor del dólar en 2022 empleando el Índice de Precios al Consumidor (IPC) de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. Para la estimación de esta variable, se utilizó la metodología sugerida por la base de datos EM-DAT (2024). Para una mejor presentación de las cifras en dólares ajustados a 2022 se aplicó un logaritmo natural.

#### *Impacto de los CTs*

Dentro de la ZAE, delimitada previamente con datos de IBTrACS, se identificaron 137 CTs. De estos, 41 estuvieron registrados en al menos una base de datos de desastres, lo que permitió identificar el reporte de impacto de cada CT. Posteriormente, se extrajeron la velocidad máxima de viento sostenido (en nudos) y la velocidad máxima al tocar tierra para todas las trayectorias registradas en la ZAE durante el periodo 1970-2022. Lo anterior permitió identificar la categoría de cada uno de los 137 CTs registrados y su ocurrencia, tanto dentro de la ZEA como al tocar tierra (Figura 2). Con esta información, se calculó el porcentaje de los CTs que causaron algún impacto reportado, independientemente de si tocaron tierra o no, siempre que hayan transitado dentro de la ZAE (Tabla 3).

En adición a ello, se calculó la probabilidad empírica anual de ocurrencia de CTs ( $P_H$ ) para la categoría de huracán considerando la distribución de Poisson, método que es utilizado para variables de conteo y

particularmente de CTs (Romero & León-Cruz, 2024). La ecuación utilizada fue la siguiente:

$$P_H = 1 - \exp\left(-\frac{n}{t}\right)$$

Donde  $n$  es el número de trayectorias registradas durante el lapso  $t$  (en años).

## **Resultados**

### *Probabilidad de ocurrencia e impacto de CTs*

El Servicio Meteorológico Nacional registró 54 CTs que tocaron tierra en uno o más estados de la PY, lo que no necesariamente implica que todos estos CTs están asociados a algún impacto reportado. Por otro lado, las bases de datos sobre desastres reportaron daños relacionados con CTs del siguiente modo: DesInventar reportó 30 desastres a partir del año 1970 y hasta el 2013; CENAPRED inicia el registro desde el año 2000 y hasta el 2022, con un total de 26, y finalmente, EM-DAT contó con 17 registros de desastres del año 1988 al 2020. Lo mencionado se puede apreciar en la Tabla 2. Las discrepancias en los números y la temporalidad de los registros presentan limitaciones al momento de comparar las bases de datos. Estas conllevan a diferencias significativas en las cifras globales de los impactos de los desastres.

En conjunto, DesInventar, CENAPRED y EM-DAT reportaron 44 desastres asociados a CTs que afectaron la PY, lo que puede observarse en la Tabla 3. De ellos, ocho casos tuvieron efectos indirectos en la PY, pues aunque los CTs no tocaron tierra, se reportaron daños y pérdidas asociadas a su trayectoria en Yucatán, Campeche o Quintana Roo. Además, tres de los CTs transitaron fuera de la ZAE: “Bárbara” (2007), “Manuel” (2013) y “Boris” (2014).

Tabla 2  
Número de CTs registrados por base de datos

Año	SMN	DesInventar	CENAPRED	EM-DAT
1970-1979	12	6	0	0
1980-1989	3	2	1	1
1990-1999	7	5	2	3
2000-2009	13	10	10	7
2010-2022	19	7	13	6
TOTAL	54	30	26	17

Fuente: elaboración propia con datos de CENAPRED (2024), DesInventar (2024), EM-DAT (2024).

Tabla 3  
CTs que han impactado la PY de 1970 a 2022

CT	Año	Cat. Máx.	Cat. Máx. Tierra	CT	Año	Cat. Máx.	Cat. Máx. Tierra
Ella	1970	H1	TT	Wilma	2005	H4	H4
Chloe*	1971	DT		Barbara**	2007		
Brenda	1973	H1	H1	Dean	2007	H5	H5
Carmen	1974	H4	H4	Arthur	2008	TT	TT
Eloise	1975	H1	TT	Dolly	2008	TT	TT
Henri	1979	H1	DT	Alex	2010	H1	TT
Hermine	1980	TT	TT	Karl	2010	H2	TT
Gilbert	1988	H5	H5	Paula*	2010	H2	
Diana	1990	TT	TT	Richard	2010	H2	TT
Opal	1995	H3	TT	Rina	2011	H3	TT
Roxanne	1995	H3	H3	Ernesto	2012	H2	H2
Dolly	1996	H1	H1	Ingrid*	2013	H1	
Mitch	1998	H5	TT	Manuel**	2013		
Keith	2000	H4	TT	Barry	2013	TT	DT
Chantal	2001	TT	TT	Boris**	2014		
Iris*	2001	H4		Hanna	2014	DT	DT
Isidore	2002	H3	H3	Earl	2016	H1	TT
Bill	2003	TT	DT	Franklin	2017	TT	TT

Claudette	2003	TT	TT	Cristóbal	2020	TT	TT
Ivan*	2004	H5		Gamma	2020	H1	H1
Emily	2005	H4	H4	Delta	2020	H3	H2
Stan	2005	H1	TT	Zeta	2020	H1	H1

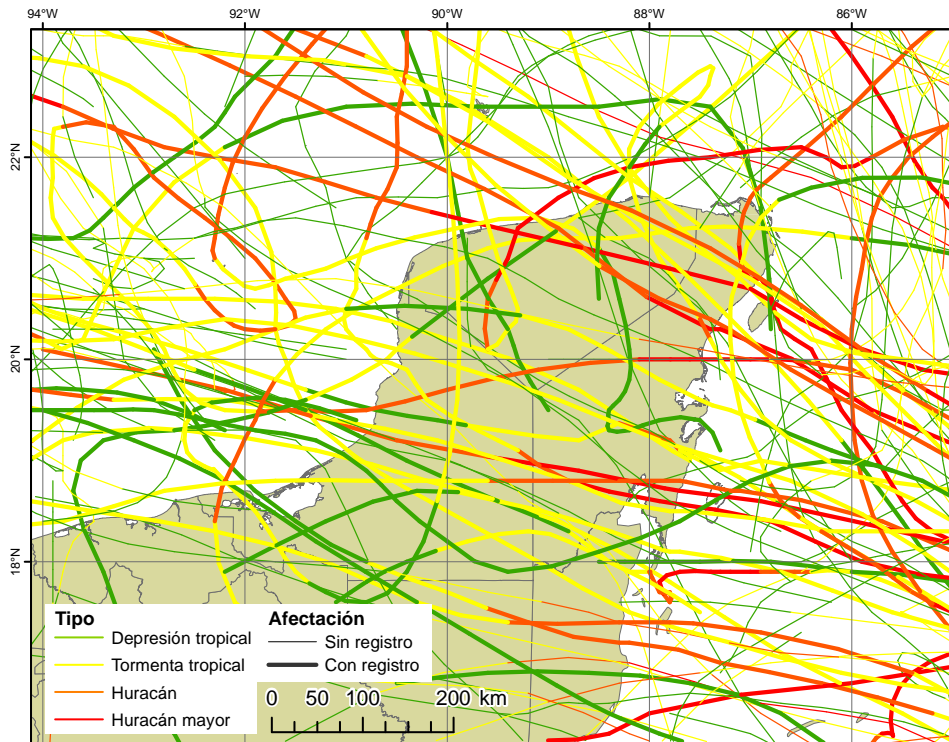
Fuente: Elaboración propia con datos de CENAPRED (2024), DesInventar (2024), EM-DAT (2024), IB-TrACS; \*Daños indirectos \*\*Daños indirectos fuera de la ZAE.

La Figura 2 muestra las trayectorias de los CTs que transitaron dentro de la ZAE, de 1970 a 2022. Como puede observarse, la gran mayoría de los huracanes mayores (H3, H4, H5) que tocaron tierra, ingresaron por el estado de Quintana Roo, tal fue el caso del huracán “Carmen” en 1974, “Gilbert” en 1988, “Roxanne” en 1995, “Wilma” en 2005 y “Dean” en 2007. En términos de CTs de categorías bajas, es posible advertir en las bases de datos de desastres que se reportan eventos asociados a DTs, tal es el caso de “Henri” en 1979, “Bill” en 2003, “Barry” en 2013 y “Hanna” en 2014.

La delimitación de la ZAE permitió identificar CTs con reporte de impacto que transitaron a más de 100 km del punto más cercano al área de estudio. Por ejemplo, el huracán “Iris”, ocurrido en 2001, ingresó a la ZAE con categoría máxima de 4 y fue reportado en las bases de datos de desastres. Además de que no tocó tierra fue el más lejano a la PY, pues transitó a 176 km al sur de Chetumal.

Ahora bien, respecto a las limitaciones en los registros de las bases de datos de desastres, es necesario resaltar que algunos CTs cuya trayectoria se desarrolló en la ZAE pudieron estar asociados con daños no

Figura 2



Ciclones tropicales que transitaron en la ZAE de 1970 a 2022. Elaboración propia con datos de IBTrACS. Huracanes menores= H1 y H2, Huracanes mayores= H3, H4 y H5.

registrados, ya sea por falta de cobertura de los eventos, ausencia de reportes oficiales, o falta de comunicación de los daños, entre otros. En secciones posteriores, se analizarán las limitaciones y fortalezas de cada base de datos utilizada.

La Figura 3 muestra información sobre la ocurrencia de CTs y reporte de impacto en las bases de datos de desastres para los CTs que de 1970 a 2022 se desarrollaron dentro de la ZAE y los que tocaron tierra; además, se encuentran clasificados por categoría. De 1970 a 2022 transitaron 137 CTs en la zona de estudio y 60 tocaron tierra. Solamente 14 de los que tocaron tierra entraron con categoría de huracán, pero dentro de la ZAE el número total de huracanes fue de 39.

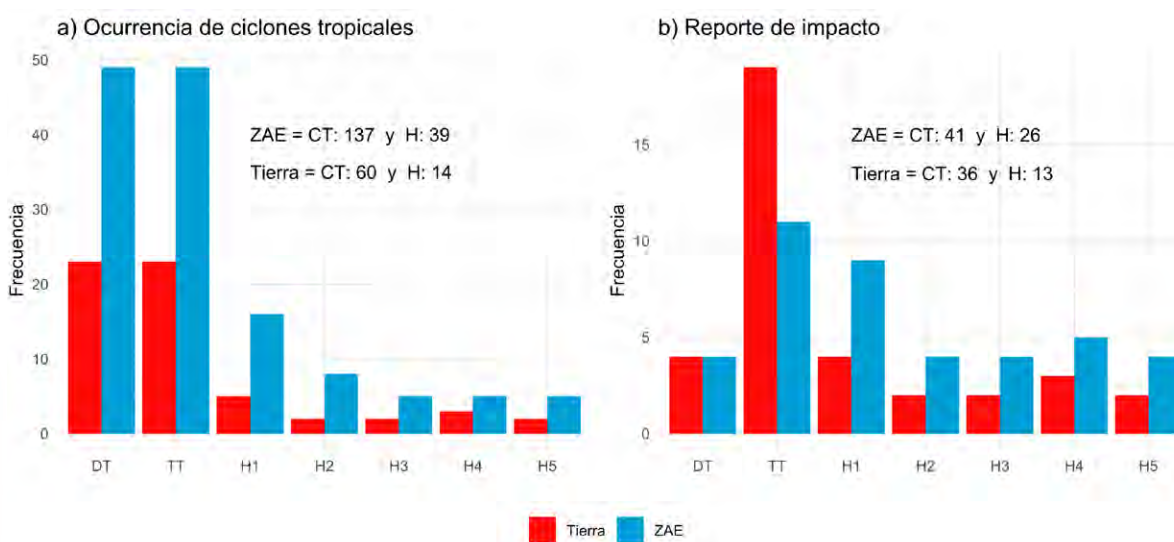
No todos los CTs que ingresaron a la ZAE o que tocaron tierra reportaron daños asociados a su trayectoria. De los CTs que ingresaron a la ZAE, 41 (30%) fueron registrados en las bases de datos de desastres, y entre los que tocaron tierra 36 (60%). En cuanto a los CTs que alcanzaron la categoría de huracán, el 67% de los que ingresan a

la ZAE se reportó en alguna base de datos de desastres y de los que tocaron tierra el 93%. Es importante destacar que todos los huracanes de categorías mayores a 1 que tocaron tierra (nueve en total) registraron daños en alguna base de datos de desastres.

La mayoría de los daños vinculados al paso de un CT, se asociaron con TTs que tocaron tierra, con 19 casos registrados en las bases de datos de desastres, lo que representa el 83%. Además, cuatro DTs (17%) que tocaron tierra registraron afectaciones: “Henri” en 1979, “Bill” en 2003, “Barry” en 2013 y “Hanna” en 2014. De las DTs que tuvieron algún impacto, “Henri” reportó la mayor velocidad de viento al ingresar a la ZAE (65 nudos), y fue la que registró el mayor número de población afectada por cada 100 mil habitantes (9,938 personas), además de pérdidas económicas estimadas en 47 millones de dólares (ajustados a 2022), según DesInventar.

Las otras tres DTs fueron registradas en la base de datos de CENAPRED, destacándose “Hanna” con el mayor número de po-

Figura 3



Frecuencia de a) ocurrencia de ciclones tropicales y b) reportes desagregados por tipo de sistema (DT, TT, H1-H5) y área de influencia (Tierra o ZAE). Elaboración propia con datos de CENAPRED (2024), DesInventar (2024), EM-DAT (2024), IBTrACS (AÑO).

blación afectada por cada 100 mil habitantes (2,136 personas), superando incluso al huracán “Ernesto” de categoría 2. Otro CT de baja categoría, la TT “Cristóbal”, tuvo un impacto de 2,723 personas perjudicadas por cada 100 mil habitantes y reportó pérdidas económicas estimadas en 75 millones de dólares (ajustados a 2022), lo cual supera en estos indicadores a los huracanes “Gamma”, “Delta” y “Zeta”, todos ocurridos en el 2020.

Los datos vertidos indican que CTs de bajas categorías, como tormentas y depresiones tropicales, pueden asociarse a daños y pérdidas mayores que algunos huracanes. Esto podría explicarse mediante diversos factores; por un lado, las trayectorias de estos CTs podría dirigirse hacia áreas más expuestas o con una población en mayores condiciones de vulnerabilidad (Romero & León-Cruz, 2024); además, la precipitación asociada a un huracán no siempre es mayor que la de una DT, situación de debería ser considerada (Domínguez Sarmiento, 2022); y finalmente, la velocidad de traslación también incide, pues si el CT avanza más lentamente en una ruta, los daños registrados pueden ser mayores. Por otro lado, la subestimación del riesgo asociado a CTs de baja categoría por parte de la población o las autoridades podría llevar a una menor preparación y estrategias de prevención ante la amenaza que representan depresiones y tormentas tropicales.

Tabla 4  
Probabilidad empírica anual

T	Prob. CT ZAE	Prob. CT Tierra	Prob. BDC CT ZAE	Prob. BDC CT Tierra
	0.92	0.68	0.54	0.49
	0.52	0.23	0.39	0.22

Fuente: elaboración propia con datos de CENAPRED (2024), DesInventar (2024), EM-DAT (2024), IBTrACS.

La probabilidad empírica anual de que al menos un CT ingrese a la ZAE es de 0.92 (Tabla 4), lo que refleja una alta frecuencia de este fenómeno en la zona, con una ocurrencia de al menos uno cada año, por lo que se considera un fenómeno habitual. Asimismo, la probabilidad de que un CT toque tierra en la PY es de 0.68, lo que sugiere que, en promedio, al menos dos CTs podrían hacerlo cada tres años.

En cuanto al reporte de daños, la probabilidad de que transite un CT dentro de la ZAE y cause algún impacto es de 0.54, lo que implica que en promedio cada dos años puede ocurrir un evento de esta naturaleza. Por el contrario, la probabilidad de que un CT toque tierra en la PY y cause daños disminuye ligeramente a 0.49. Para las categorías de huracán, las probabilidades empíricas anuales pasan a 0.39 y 0.22 para ZAE y PY, respectivamente. Esto indica que existe en general una relación directa entre la distancia a tierra y la fuerza del huracán para la ocurrencia de daños.

*Análisis de las variables de pérdidas y daños*

La Tabla 5 muestra las cifras globales para las variables de pérdidas y daños en cada base de datos de 1970 a 2022. La base de datos DesInventar es la que registra las cifras más altas en términos de viviendas dañadas y pérdidas económicas. En término de defunciones es EM-DAT, y en el concepto correspondiente a población afectada es CENAPRED.

La exacerbada discrepancia entre las fuentes puede asociarse a que el registro de eventos de cada base de datos en el periodo dado no es consistente, pues DesInventar registró 30 CTs, CENAPRED 26 y EM-DAT 17 (Tabla 2). Esto indica que los CTs asentados en cada base de datos no se encuentran en todas eventualmente, por lo que existe un sesgo de información en cada

una. Otra limitante es que muchas variables de los CTs se encontraban sin registro. Así, la falta de información de una o más variables es lo que ocasiona una subestimación del impacto real que tienen estos fenómenos en la PY.

Tabla 5

Variables de daño asociados a los ciclones tropicales de 1970 a 2022

Variable	DesInventar	CENAPRED	EM-DAT
Defunciones	289	36	412
Población afectada	1,937,102	2,548,411	2,226,906
Vivienda dañadas	794,682	172,376	
Pérdidas en millones de USD (2022)	473,776	5,287	20,375

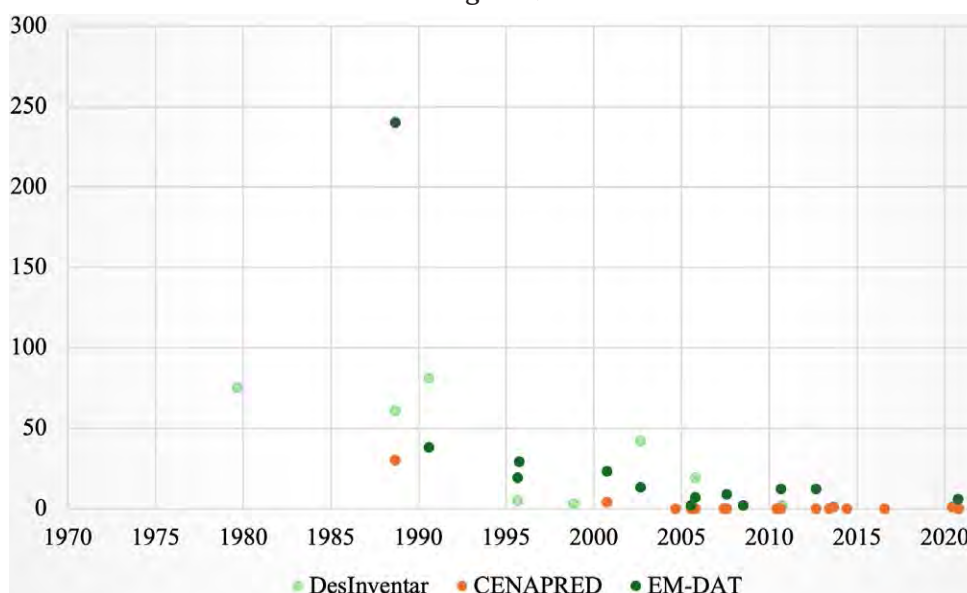
Elaboración propia con datos de CENAPRED (2024), DesInventar (2024), EM-DAT (2024).

### Defunciones

La pérdida de vidas humanas representa el mayor costo posible ante la ocurrencia de un desastre. La Figura 4 contiene el número de defunciones asociadas a CTs que fueron reportadas en las bases de datos de desastres desde 1979. Como se puede observar, existen discrepancias entre las cifras de las bases de datos, pues DesInventar presenta en general cantidades muy altas con respecto a CENAPRED y EM-DAT.

El CT asociado a un mayor número de muertes, según EM-DAT y CENAPRED, fue el huracán “Gilbert” en 1988, que impactó la costa de Yucatán como un huracán de categoría 5. Sin embargo, las cifras varían de modo significativo entre ambas fuentes; EM-DAT registra 240 defunciones, mientras que CENAPRED reporta solo 30. Por otro lado, DesInventar señala que el mayor número de defunciones ocurrió en 1990 tras el paso de la tormenta tropical “Diana” en Yucatán, que ocasionó un total de 81 muertes. También EM-DAT reporta

Figura 4



Defunciones 1970 a 2022. Elaboración propia con datos de CENAPRED (2024), DesInventar (2024), EM-DAT (2024).

un número elevado de defunciones asociadas a esta TT, aunque con una cifra menor, de 38 muertes.

Asimismo, otro número elevado es el indicado por EM-DAT, tras el paso de los huracanes “Opal” y “Roxanne” en 1995, con 68 lamentables defunciones entre ambos, con 19 y 49, respectivamente. Resulta conveniente resaltar que “Roxanne” era un huracán categoría 3 al momento de tocar tierra, mientras que “Opal” ya era TT. Sumado a ello, dichas tormentas ocurrieron con pocos días de diferencia, por lo que la combinación de estos fenómenos hidrometeorológicos pudo ser un factor que incrementara las pérdidas y daños en el territorio. Un nuevo CT asociado a un alto número de defunciones fue la TT “Keith” con 23; sobre el impacto en vidas CENAPRED –por su parte– reporta para este un número de 4.

Adicionalmente, DesInventar señala que los CTs “Henri” en 1979, “Isidore” en 2002 y “Wilma” en 2005, también están vinculados a cifras elevadas de defunciones. “Henri”, que ingresó a tierra como DT

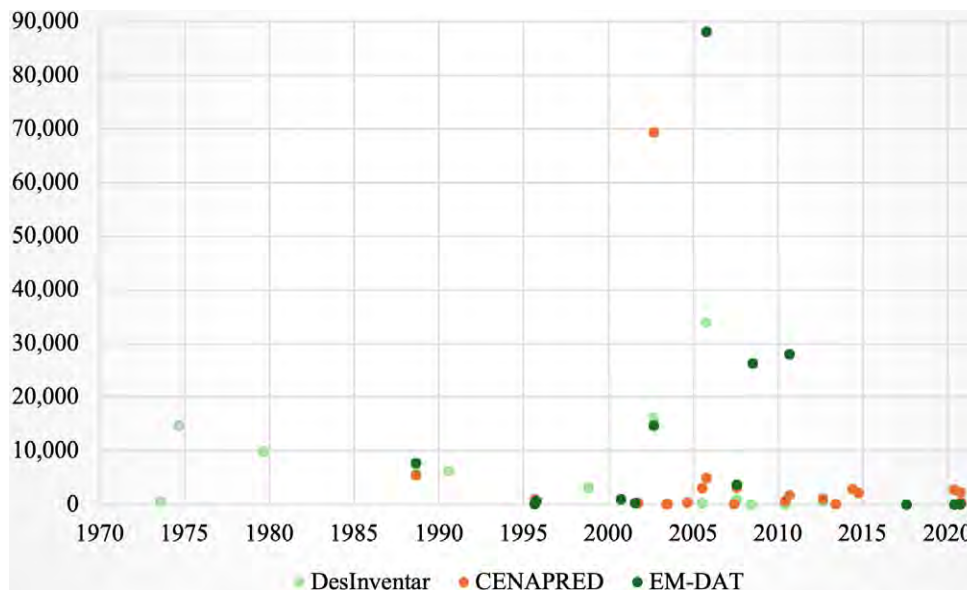
estuvo asociado con 75 muertes; “Isidore”, que fue un huracán categoría 3 al momento de tocar tierra, ocasionó un total de 42 decesos; finalmente “Wilma”, huracán categoría 4 al tocar tierra, provocó 19 defunciones.

#### *Población afectada por cada 100 mil habitantes*

Otra variable importante para determinar el impacto de un desastre es la población afectada. Según los diccionarios de las tres bases de datos de medición de desastres, la población afectada se refiere al número de personas dañadas por la ocurrencia de una catástrofe. Todo eso incluye a la población evacuada, heridos, reubicados y a quienes sufrieron pérdidas materiales. Como se explicó en la sección de metodología, se estimó el número de afectados por cada 100 mil habitantes, información apreciada en la Figura 5.

Nuevamente para esta variable se encuentra una serie de discrepancias entre las bases de datos. Mientras que DesInven-

Figura 5



Población afectada por cada 100 mil hab. de 1970 a 2022. Elaboración propia con datos de CENAPRED (2024), DesInventar (2024), EM-DAT (2024).



Figura 6

*Daños materiales ocasionados por el huracán Gilbert en la costa yucateca.*



Fuente: *El Universal*.

mayores que las de “Gilbert”; esto podría explicarse por el año en que cada uno transitó por el área turística de Quintana Roo. A diferencia de “Gilbert”, “Dean” transitó en un momento de mayor desarrollo turístico en ese estado, lo que coincide con una mayor exposición en la zona. Los hallazgos señalan que CTs de bajas categorías también pueden vincularse a pérdidas significativas, como lo fue la TT “Cristóbal” en 2020, con 76 millones de dólares (CENAPRED), o la TT “Chantal” en 2001, que de acuerdo con DesInventar ocasionó pérdidas por 55 millones de dólares.

### **Conclusiones**

El presente estudio utilizó tres bases de datos de desastres de acceso abierto para hacer un análisis histórico de los CTs ocurridos en la PY en el periodo comprendido entre 1970 y 2022. Es importante destacar que la evaluación del impacto de los CTs en la zona de estudio muestra una variabili-

dad considerable según la fuente de datos consultada. Las discrepancias significativas entre las tres plataformas de datos pueden deberse al registro de daños en diferentes periodos de tiempo, la aplicación de distintas metodologías, el uso de diversas fuentes de información, entre otras. No obstante, los registros analizados permitieron identificar información relevante sobre las variables de daño, aunque presentaban ciertas limitaciones.

La base de datos DesInventar ofrece un alto nivel de desagregación de datos, con registros detallados a nivel municipio, pero también presenta una gran cantidad de valores faltantes para las variables de daño asociadas a los CTs en México. Además, su cobertura se limita hasta 2013, lo que excluye desastres ocurridos en la última década. En comparación, CENAPRED cuenta con una cobertura casi completa en los valores de las variables de daño para los CTs que registró, aunque su periodo también es restringido, dado que sus

reportes inician en el 2000. Finalmente, EM-DAT se enfoca en especial a eventos con mayor impacto, por lo que el número de CTs asentados es reducido. Como se presentaron valores faltantes en las variables de daño de los CTs registrados, no se pudieron determinar relaciones causales con las variables de vulnerabilidad y exposición, ni desagregar impactos a nivel estado o municipio. A pesar de las limitaciones mencionadas, el análisis histórico arrojó resultados importantes.

La mayoría de los CTs registrados en las bases de datos de desastres tuvieron efectos directos en la PY, dado que atravesaron su territorio. Sin embargo, los hallazgos también revelan la existencia de efectos indirectos, pues ocho CTs reportaron daños a pesar de no haber tocado tierra. De estos, tres transitaron fuera de la zona ampliada de estudio, y uno se localizó a 176 km del punto más cercano a la PY. Este fenómeno es consistente con otras regiones ciclogénicas activas en América, donde los CTs pueden provocar tanto efectos directos como indirectos, así como también daños asociados a fuertes vientos y precipitaciones, aun cuando los CTs no toquen tierra (Fernández-Alvarez, *et al.*, 2020; Hidalgo, *et al.*, 2023).

En este análisis, los efectos se reflejan en las variables de daño registradas. El reporte de daños asociados a CTs que no tocaron tierra sugiere que las evaluaciones de riesgo deben considerar no solo los efectos directos, sino también los indirectos, de manera que esta información sirva para fortalecer estrategias de gestión integral de riesgo, como sistemas de alerta temprana y las estrategias de respuesta en zonas aparentemente menos expuestas a sufrir daños o pérdidas.

Del mismo modo, si se aborda otro aspecto, se identificó que no todos los CTs que tocaron tierra reportaron impactos.

No obstante, algunos CTs de menor categoría que no alcanzaron la fuerza de un huracán sí se asociaron a afectaciones; a su vez se encontró que en ocasiones las DTs y TTs pueden causar mayores impactos que los huracanes en determinadas variables. Esto podría deberse a: trayectorias de los CTs hacia zonas más expuestas y vulnerables, pero también a la velocidad de traslación del CT y a la falta de medición de las precipitaciones de los CTs en cualquier categoría.

Además de las variables climáticas, la subestimación del riesgo asociado a DTs y TTs puede ocasionar insuficiente preparación por parte de la población y autoridades. En este sentido, acciones tempranas de alerta y prevención son determinantes para reducir el riesgo ante una inminente amenaza (Hidalgo, *et al.*, 2023), enfocándose no solo huracanes, sino también DT y TT que aunque tiene menor fuerza, sus efectos pueden ser significativos.

En otro orden de ideas, las pérdidas económicas en algunos casos estuvieron directamente relacionadas con otras variables de impacto. Las bases de datos señalan que los CTs "Wilma", "Isidore" y "Gilbert" registraron algunas de las cifras más altas en cuanto a defunciones y personas afectadas por cada 100 mil habitantes, y también se encuentran entre los desastres más costosos en la PY durante el periodo de estudio. No obstante, se observaron impactos distintos en huracanes de categorías similares.

Los CTs "Gilbert" y "Dean", tocaron tierra en la PY con categoría 5; el primero en 1988 y el segundo en 2007, lo que arroja una diferencia de 19 años entre ambos eventos. A pesar de que ocasionaron perjuicios similares en cuanto a pérdidas económicas, difieren en otros indicadores de daño, como el número de defunciones y personas afectadas por cada 100 mil ha-

bitantes, en los cuales “Gilbert” superó a “Dean”. Lo anterior podría estar relacionado con que “Gilbert” atravesó el estado de Yucatán, que en 1988 contaba con una población tres veces superior que la de Quintana Roo y 2.5 veces mayor que la de Campeche. Por su parte, “Dean” no pasó por Yucatán, y su trayectoria en Quintana Roo y Campeche en 2007 fue por regiones poco pobladas.

Los impactos diferenciados que se observan en huracanes de categorías similares se relacionan con la exposición, ya que el crecimiento urbano y el creciente desarrollo turístico en los estados de la PY son sus principales impulsores, situación que incrementa el riesgo de desastres (Romero & León-Cruz, 2024). Además, las zonas en las que prevalecen las condiciones de pobreza se encuentran en mayor riesgo ante los fenómenos naturales perturbadores dadas sus condiciones de vulnerabilidad, pues la población en estas regiones dispone de menos recursos para protegerse

adecuadamente o recuperarse de los desastres, lo que agrava su exposición a los riesgos. Por lo tanto, esto demuestra la necesidad de implementar políticas específicas en términos de gestión de riesgo, según las características demográficas y geográficas de cada área afectada.

En el estudio del impacto de desastres, se recomienda considerar múltiples fuentes de información para que el análisis pueda realizarse desde diferentes perspectivas para tomar decisiones. También, parece necesario efectuar comparaciones de las bases con mucha cautela, dado que los valores para las mismas variables pueden diferir abismalmente. Otra alternativa para estudios futuros sobre CTs sería una revisión de impactos reportados individualmente, por los distintos sectores económicos en instituciones especializadas -públicas o privadas- por ejemplo, el sector asegurador, el sector energético, agropecuario, el sector turístico, entre otros.

## Referencias

- Bakkensen, L. A., Park, D.-S. R., & Sarkar, R. S. R. (2018). Climate costs of tropical cyclone losses also depend on rain. *Environmental Research Letters*, 13(7), 074034. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aad056>
- Bitrán Bitrán, D. (2001). *Características del impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en México en el período 1980-99*. Sistema Nacional de Protección Civil, Centro Nacional de Prevención de Desastres.
- CENAPRED. (2020). *Gestión Integral de Riesgo de Desastres. Nueva visión de la Protección Civil*. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/605696/TEMA\\_2\\_GESTION\\_INTEGRAL\\_DEL\\_RIESGO.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/605696/TEMA_2_GESTION_INTEGRAL_DEL_RIESGO.pdf)
- CENAPRED. (2024a). *Base de datos sobre el impacto socioeconómico de los daños y pérdidas ocasionados por los desastres en México de 2000 a 2022*. <http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/archivo/descargas.html>
- CENAPRED. (2024b). *Gestión de Riesgos*. <http://dggr.cenapred.unam.mx/portal/inicio>
- Chmutina, K., & Von Meding, J. (2019). A Dilemma of Language: “Natural Disasters” in Academic Literature. *International Journal of Disaster Risk Science*, 10(3), 283–292. <https://doi.org/10.1007/s13753-019-00232-2>
- Collalti, D., & Strobl, E. (2022). Economic damages due to extreme precipitation du-

- ring tropical storms: Evidence from Jamaica. *Natural Hazards*, 110(3), 2059–2086. <https://doi.org/10.1007/s11069-021-05025-9>
- Comisión Nacional del Agua. (2024). *Lluvias asociadas a ciclones tropicales*. <https://smn.conagua.gob.mx/es/ciclones-tropicales/lluvias-asociadas-a-ciclones-tropicales>
- Congreso de la ciudad de México. (2023). *Ley de Gestión Integral de Riesgos y Protección Civil de la Ciudad de México*. <https://www.congresocdmx.gob.mx/media/documentos/44cbf864b3c1958e7d8a0790fedbef0a4c29ad1f.pdf>
- Congreso General de los Estados Unidos Mexicanos. (2023). *Ley General de Protección Civil*. [https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/abro/lgpc/LGPC\\_abro.pdf](https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/abro/lgpc/LGPC_abro.pdf)
- DESINVENTAR. (2024). *DesInventar SEN-DAI*. <https://db.desinventar.org/>
- Dominguez Sarmiento, C. (2022). *La actividad ciclónica tropical en México: Peligros y riesgos hidrometeorológicos asociados*. Universidad Nacional Autónoma de México, Secretaría de Desarrollo Institucional, Seminario Universitario de Riesgos Socio-ambientales. <https://doi.org/10.22201/sdi.9786073068451e.2022>
- EM-DAT. (2024). *Public EM-DAT platform*. <https://public.emdat.be/>
- Fernández-Alvarez, J. C., Sorí, R., Pérez-Alarcón, A., Nieto, R., & Gimeno, L. (2020). The Role of Tropical Cyclones on the Total Precipitation in Cuba during the Hurricane Season from 1980 to 2016. *Atmosphere*, 11(11), 1156. <https://doi.org/10.3390/atmos11111156>
- Fong Lee, A., & Vega Sáenz, A. (2023). Desastres y Cambio Climático: Un cambio de Paradigma. *Revista de Estudios Latinoamericanos sobre Reducción del Riesgo de Desastres REDER*, 7(1), 219. <https://doi.org/10.55467/reder.v7i1.119>
- Galilea, S. (2020). *Cambio climático y desastres naturales. Una perspectiva macroregional*. Instituto de Asuntos Públicos. Universidad de Chile.
- Garza Salinas, M. (2017). Marco conceptual para el estudio de los desastres. En *Cambio climático y desastres: Un enfoque en políticas públicas* (Lucatello, S. y Garza Salinas M.). Universidad Nacional Autónoma de México.
- Hidalgo, H. G., Alfaro, E. J., Valverde, K. T., & Bazo, J. (2023). Probability of induced extreme precipitation events in Central America due to tropical cyclone positions in the surrounding oceans. *Natural Hazards*, 116(3), 2917–2933. <https://doi.org/10.1007/s11069-022-05790-1>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (1970). *IX Censo General de Población 1970*. <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/1970/>
- INEGI. (1980). *X Censo General de Población y Vivienda 1980*. <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/1980/>
- INEGI. (1990). *XI Censo General de Población y Vivienda 1990*. <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/1990/>
- INEGI. (1995). *Conteo de Población y Vivienda 1995*. <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/1995/>

- INEGI. (2000). *XII Censo General de Población y Vivienda 2000*. <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2000/>
- INEGI. (2005). *II Censo de Población y Vivienda 2005*. <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2005/>
- INEGI. (2010). *Censo de Población y Vivienda 2010*. <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2010/>
- INEGI. (2020). *Censo de Población y Vivienda 2020*. <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/>
- Jiménez Espinosa, M., Matías Ramírez, L. G., Fuentes Mariles, Ó. A., & Prieto González, R. (2003). *Ciclones tropicales*. CENA-PRED.
- Kenneth, R., Howard, J., James, P., Michael, C., & Carl, J. (2019). *International Best Track Archive for Climate Stewardship (IBTrACS) Project, Version 4 [Dataset]*. NOAA National Centers for Environmental Information. <https://doi.org/10.25921/82TY-9E16>
- Knapp, K. R., Kruk, M. C., Levinson, D. H., Diamond, H. J., & Neumann, C. J. (2010). The International Best Track Archive for Climate Stewardship (IBTrACS): Unifying Tropical Cyclone Data. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 91(3), 363–376. <https://doi.org/10.1175/2009BAMS2755.1>
- Knutson, T. R., McBride, J. L., Chan, J., Emanuel, K., Holland, G., Landsea, C., Held, I., Kossin, J. P., Srivastava, A. K., & Sugi, M. (2010). Tropical cyclones and climate change. *Nature Geoscience*, 3(3), 157–163. <https://doi.org/10.1038/ngeo779>
- Massicotte, P., & South, A. (2024). *World Map Data from Natural Earth · rnatural-earth*. <https://docs.ropensci.org/rnatural-earth/>
- Mendelsohn, R., Emanuel, K., Chonabayashi, S., & Bakkensen, L. (2012). The impact of climate change on global tropical cyclone damage. *Nature Climate Change*, 2(3), 205–209. <https://doi.org/10.1038/nclimate1357>
- National Hurricane Center. (2024). *Tropical Cyclone Reports*. <https://www.nhc.noaa.gov/data/tcr/index.php>
- Quesada-Román, A., Rivera-Solís, J., & Picado-Monge, A. (2024). Occurrence, impacts, and future challenges of disaster risk in Panama. *Georisk: Assessment and Management of Risk for Engineered Systems and Geohazards*, 1–17. <https://doi.org/10.1080/17499518.2024.2337389>
- Rivera-Monroy, V. H., Farfán, L. M., Brito-Castillo, L., Cortés-Ramos, J., González-Rodríguez, E., D'Sa, E. J., & Euan-Avila, J. I. (2020). Tropical cyclone landfall frequency and large-scale environmental impacts along Karstic Coastal Regions (Yucatan Peninsula, Mexico). *Applied Sciences (Switzerland)*, 10(17), 5815. <https://doi.org/10.3390/app10175815>
- Rodríguez Galaz, Yazmín (2024) “Este 14 de septiembre se cumplen 36 y 22 años del paso de dos devastadores huracanes en Yucatán: Gilberto e Isidoro”. *El Universal*. <https://www.eluniversal.com.mx/estados/este-14-de-septiembre-se-cumplen-36-y-22-anos-del-paso-de-dos-devastadores-huracanes-en-yucatan-gilberto-e-isidoro/>
- Romero, D., & León-Cruz, J. F. (2024). Spatiotemporal changes in hurricane-force wind risk assessment in the Yucatan Peninsula, Mexico. *Natural Hazards*. <https://doi.org/10.1007/s11069-023-06397-w>

Secretaría de Seguridad y Protección Ciudadana. (2024). *Gestión de Riesgos*. <http://dggr.cenapred.unam.mx/portal/>

Sistema de Información Económica. (2024). *Serie histórica diaria del tipo de cambio peso-dólar—(CF373)*. <https://www.banxico.org.mx/SieInternet/consultarDirectorioInternetAction.do?sector=6&accion=consultarCuadro&idCuadro=CF373&locale=es>

UNDRR. (2018). *Disaster Risk Reduction Terminology*. Estrategia Internacional para la Reducción de las Naciones Unidas. <https://www.undrr.org/terminology/disaster>