

## VULNERABILIDAD SOCIOECONÓMICA Y CAPACIDAD DE RESPUESTA ANTE EL HURACÁN OTIS EN LA COSTA DE GUERRERO, MÉXICO

María del Carmen Salgado Hernández<sup>1\*</sup>

### RESUMEN

El aumento en la frecuencia e intensidad de los huracanes, asociado al cambio climático, plantea desafíos crecientes para las comunidades costeras de América Latina. Estos eventos hidrometeorológicos extremos generan impactos significativos en la vida humana, las infraestructuras y las economías locales. La vulnerabilidad, entendida como el resultado de la exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa de los sistemas, condiciona la respuesta social ante estos fenómenos. Este estudio analiza la relación entre la vulnerabilidad socioeconómica y la capacidad de respuesta frente al huracán Otis (categoría 5) en los municipios costeros del estado de Guerrero, México. A partir del marco conceptual de Exposición-Sensibilidad-Adaptabilidad (ESA), se construyeron índices sociales y económicos para evaluar la vulnerabilidad territorial, complementados con el análisis de las declaraciones de la población en redes sociales para estimar la capacidad de respuesta comunitaria. Los resultados evidencian que los municipios con mayor vulnerabilidad socioeconómica presentan capacidades de respuesta más limitadas, lo que incrementa su exposición a los efectos del desastre. El estudio aporta nuevas perspectivas para la gestión del riesgo en contextos costeros latinoamericanos y subraya la importancia de integrar las dimensiones socioeconómicas y comunitarias en las estrategias de adaptación y resiliencia frente a futuros eventos extremos.

### PALABRAS CLAVES

Vulnerabilidad socioeconómica; Capacidad de respuesta; Huracán Otis; Gestión del riesgo en zonas costeras; México

SOCIOECONOMIC VULNERABILITY AND RESPONSE CAPACITY TO HURRICANE OTIS ON THE COAST OF GUERRERO, MEXICO

### ABSTRACT

The increasing frequency and intensity of hurricanes associated with climate change presents growing challenges for coastal communities in Latin America. These extreme hydro-meteorological events generate significant impacts on human life, infrastructure, and local economies. Vulnerability, understood as the result of exposure, sensitivity, and adaptive capacity, shapes the social response to such phenomena. This study examines the relationship between socio-economic vulnerability and response capacity in the face of Hurricane Otis (Category 5) in the coastal municipalities of Guerrero, Mexico. Based on the Exposure-Sensitivity-Adaptability (ESA) conceptual framework, social and economic indices were constructed to assess territorial vulnerability, complemented by an analysis of statements made by local populations on social media to estimate community response capacity. The results show that municipalities with higher socio-economic vulnerability exhibit more limited response capacities, increasing their exposure to disaster impacts. The study offers new perspectives for risk management in Latin American coastal contexts and highlights the importance of integrating socio-economic and community dimensions into adaptation and resilience strategies for future extreme events.

### KEYWORDS

Socio-economic vulnerability; Response capacity; Hurricane Otis; Coastal risk management; Mexico

1. Instituto de Investigaciones Económicas, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México.

\*Autor de correspondencia: mcarsahe87@gmail.com

### DOI:

<https://doi.org/10.55467/reder.v10i2.239>

### RECIBIDO

14 de julio de 2025

### ACEPTADO

14 de enero de 2026

### PUBLICADO

1 de julio de 2026

### Formato cita

#### Recomendada (APA):

Salgado Hernández, M.d.C. (2026). Vulnerabilidad Socioeconómica y Capacidad de Respuesta ante el Huracán Otis en la Costa de Guerrero, México. *Revista de Estudios Latinoamericanos sobre Reducción del Riesgo de Desastres REDER*, 10(2), 165-181. <https://doi.org/10.55467/reder.v10i2.239>



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

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

## INTRODUCCIÓN

El cambio climático ha impulsado un creciente interés en el estudio de la vulnerabilidad (Yao et al., 2024), entendida como las condiciones físicas, sociales, económicas y ambientales que aumentan la susceptibilidad de individuos, comunidades y sistemas territoriales frente a los peligros (UNGA, 2015). La vulnerabilidad constituye un componente central del riesgo climático y es reconocida en marcos de políticas globales, como el Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNISDR, 2015), así como en varios Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030.

Según el Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC), evaluar la vulnerabilidad y exposición de los sistemas humanos es esencial para el desarrollo sostenible y para enfrentar los desastres asociados al cambio climático (Yang et al., 2018). En este sentido, el IPCC define la vulnerabilidad como el grado en el cual un sistema es susceptible o incapaz de afrontar este cambio y propone su análisis mediante tres dimensiones: exposición (proximidad a tensiones externas), sensibilidad (grado de afectación ante eventos climáticos) y capacidad de adaptabilidad (habilidad para mitigar daños a través de la adaptación) (IPCC, 2001; Choi, 2019).

El cambio climático ha afectado a la mayoría de las regiones del mundo, al impulsar el aumento de los eventos hidrometeorológicos extremos (Liao et al., 2019; Balaguru et al., 2023; Yao et al., 2024). Entre ellos, los ciclones tropicales destacan por sus impactos severos, con vientos persistentes, marejadas ciclónicas y lluvias intensas que generan pérdidas humanas, daños a infraestructuras y al medio ambiente (Hoque et al., 2017; Hoque et al., 2019). Las zonas costeras son particularmente vulnerables a estos desastres (Li & Shen, 2015). Entre 1970 y 2010, se registraron en promedio 90 tormentas tropicales anuales a nivel global. De esta cantidad, 48 alcanzaron la categoría 1 o 2 y 21 fueron ciclones significativos (categorías 3 a 5) (Weinkle et al., 2012; Hoque et al., 2017).

Entre 1998 y 2017 se registraron 5,097 desastres ocasionados por tormentas a nivel mundial, los cuales afectaron a casi 2,700 millones de personas y propiciaron pérdidas económicas superiores a 2,000 millones de dólares (UNDRR, 2018). En México, el impacto económico por desastres (de los cuales el 99 % fueron desencadenados por huracanes y tormentas) en 2020 se calculó en 1,900 millones de dólares (Cenapred, 2020). Particularmente, la costa de Guerrero (con 522 km de litoral) ha sido históricamente vulnerable a estos eventos. El huracán Paulina (1997), de categoría 4, provocó 400 muertes, 300 mil damnificados y daños superiores a 7,500 millones de dólares (Rodríguez, 2017). Posteriormente, los huracanes Ingrid y Manuel (2013), de categoría 1, ocasionaron 157 defunciones y pérdidas por 1,400 millones de dólares (Cenapred, 2020). Recientemente, el huracán Otis (2023), de categoría 5, causó daños por más de 16 mil millones de dólares en la costa de Acapulco y la Costa Grande, afectando gravemente sectores económicos como la agricultura, el comercio, el turismo y la pesca.

El cambio climático incrementa la probabilidad de huracanes de alta severidad en el Pacífico, con impactos significativos en la costa de Guerrero. Diversos estudios han abordado el riesgo y la vulnerabilidad asociados a huracanes desde distintas perspectivas: experiencia social del desastre (Barrios & Méndez, 2020; García et al., 2024), riesgos por inundación (González et al., 2014; Ramírez et al., 2025), planeación urbana y vulnerabilidad en espacios periurbanos (Palacios et al., 2015; Lozano & Becerril, 2025) y factores socioeconómicos de la vulnerabilidad (Castro, 2017; Niño-Gutiérrez, 2024). No obstante, ninguno ha integrado la evaluación de exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa como eje para comprender la capacidad de respuesta frente a los desastres derivados de un huracán.

El marco conceptual de Exposición-Sensibilidad-Adaptabilidad (ESA) se ha empleado ampliamente para evaluar la vulnerabilidad a fenómenos hidrometeorológicos extremos en zonas costeras (Choi, 2019; Li et al., 2021). El enfoque basado en índices, mediante indicadores adaptados a los objetivos y el contexto de estudio, aporta flexibilidad metodológica. Si bien se ha avanzado en el análisis de la vulnerabilidad frente a huracanes, son escasos los estudios que integran la dimensión socioeconómica en relación con la capacidad de respuesta ante eventos de alta severidad, particularmente en territorios con características contrastantes. Algunos trabajos han explorado esta perspectiva en zonas costeras mediante el uso de datos históricos (Hardy, 2017).

Avanzar en la comprensión de la vulnerabilidad frente a huracanes requiere profundizar en su dimensión socioeconómica y su vínculo con la capacidad de respuesta. En este contexto, la

capacidad adaptativa resulta clave, al constituir un puente que permite aprovechar oportunidades, mitigar daños, enfrentar consecuencias y transformar normas y políticas para reducir riesgos (Adger, 2003; Emrich & Cutter, 2011; Ofori et al., 2017). Esta capacidad engloba acciones que disminuyen la exposición y sensibilidad ante el cambio climático, influida por factores como el acceso a recursos, el capital social y la capacidad física (Das et al., 2023).

La vulnerabilidad, como parte del proceso hacia la resiliencia, refleja cómo los desastres surgen de fallas en cascada dentro de los sistemas sociales expuestos a agentes de estrés. El impacto inicial afecta un componente crítico, que desencadena fallas sucesivas, exacerbadas por limitaciones burocráticas, falta de información y escasez de recursos financieros y organizacionales (Egan, 2010). En este contexto, la capacidad de respuesta implica la preparación social para anticipar, enfrentar y recuperarse de los desastres (Pynadath et al., 2023).

El impacto de los desastres no depende solo de la magnitud del fenómeno, sino de la capacidad de las sociedades para responder y recuperarse. Las respuestas institucionales y comunitarias pueden generar efectos socioeconómicos secundarios, pues los procesos sociales y la capacidad institucional influyen en la gestión post-desastre (Mitsova et al. 2019). La capacidad de respuesta comprende habilidades, recursos y relaciones que permiten actuar eficazmente ante el desastre. Gobiernos con instituciones preparadas y redes multiorganizacionales pueden reducir significativamente los costos humanos y económicos (Choo & Yoon, 2022), mediante logística anticipada y distribución oportuna de recursos esenciales, así como de la preparación social y cultural de las comunidades (Beatty et al., 2019; Haase et al., 2021). En este sentido, el capital social, que comprende la solidaridad, confianza y participación, fortalece la capacidad de respuesta colectiva (Kumari & Frazier, 2021), cuyo efecto varía según factores socioeconómicos y territoriales. Entonces, una capacidad de respuesta robusta disminuye la vulnerabilidad social y económica y refuerza la resiliencia comunitaria frente a probables eventos de desastre.

En este contexto, el objetivo del presente estudio es analizar la influencia de la vulnerabilidad socioeconómica en la capacidad de respuesta ante el huracán Otis en los municipios costeros de Guerrero, bajo la hipótesis de que una menor vulnerabilidad socioeconómica se asocia a una mayor capacidad de respuesta, condición que facilita los procesos hacia la resiliencia. Así, la capacidad adaptativa, al incluir la capacidad de respuesta, se configura como un componente clave para la resiliencia frente al cambio climático.

El área de estudio abarca los municipios costeros y próximos a la costa del estado de Guerrero, donde, además de Acapulco, que fue el municipio que concentró las mayores pérdidas económicas —estimadas en 16 mil millones de dólares (Fitch Ratings, 2023)—, otras entidades también sufrieron daños sociales y económicos significativos. Se construyó un sistema de índices de vulnerabilidad socioeconómica basado en el marco ESA, complementado con el análisis de declaraciones de la población y representantes gubernamentales para evaluar la capacidad de respuesta ante el huracán Otis. Estos elementos se integraron en un análisis espacial comparativo, cuyo propósito es contribuir al conocimiento sobre vulnerabilidad en zonas costeras y fortalecer las capacidades de prevención y mitigación del riesgo de desastre.

## METODOLOGÍA

La investigación se dividió en dos fases. La primera corresponde a la evaluación de la vulnerabilidad socioeconómica mediante el enfoque ESA. La segunda consistió en determinar la capacidad de respuesta ante el huracán Otis, a partir de las declaraciones emitidas por la población afectada y por algunos representantes gubernamentales a través de una red social. Al final se integraron los resultados de las dos fases.

En la primera fase, la evaluación de la vulnerabilidad socioeconómica se desarrolló en tres etapas: 1) procesamiento de datos de precipitación e intensidad de vientos, el cual consideró como referente al huracán Otis, junto con variables sociales y económicas; 2) construcción de un sistema de índices de vulnerabilidad basados en el marco ESA (IPCC, 2001); y 3) modelado con Random Forest (RF), que incluyó la generación de muestras de entrenamiento y validación, ejecución y análisis de importancia de las características.

La segunda fase abordó la capacidad de respuesta a través de: 1) recolección de datos de Facebook mediante herramienta de web scraping; 2) construcción de índices a partir de frecuencias

de menciones; 3) aplicación de Análisis de Componentes Principales (PCA); y 4) interpretación y validación de resultados.

### Área de estudio

La costa de Guerrero abarca 24 municipios, situados entre las coordenadas  $97^{\circ}58'23.24''$  y  $102^{\circ}14'21.38''$  de longitud oeste, y  $16^{\circ}14'53.4''$  y  $18^{\circ}42'11.25''$  de latitud norte, dentro de la provincia biogeográfica de la Planicie Costera del Pacífico (Figura 1). Con clima cálido subhúmedo (Aw) y altitudes entre 0 y 1,000 msnm (INEGI, 2008), esta zona concentró en 2020 a 1,664,822 habitantes, de los cuales el 46.8% se ubicó en Acapulco (INEGI, 2020). Los municipios costeros de Guerrero han sido afectados por huracanes como Paulina (1997), Manuel (2013) y Otis (2023), que ocasionaron daños materiales y económicos superiores a los 26 mil millones de dólares, además de graves efectos sociales (Conagua, 2024; Cenapred, 2024).



Figura 1. Ubicación de la zona costera de Guerrero, México  
Fuente: Autora, 2026, con datos vectoriales de INEGI (2020).

### Fuente de datos y preprocesamiento

La primera fase de la investigación requirió del uso de datos de intensidad sostenida de los vientos y de la precipitación promedio durante los días de huracán, extraídos de la Comisión Nacional del Agua (Conagua), para caracterizar la exposición al peligro, así como de las variables sociales y económicas para evaluar la sensibilidad y adaptabilidad, obtenidos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), del Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (Coneval), del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) y del Centro Nacional de Prevención de Desastres (Cenapred) del gobierno de México. (Tabla 1). Se empleó el método de percentil para seleccionar valores extremos ( $\geq 95\%$ ), considerando  $\geq 1$  mm de precipitación y  $\geq 120$  km/h de viento (Zhang et al., 2019).

Para la segunda fase, se recopilieron publicaciones de Facebook, con carácter público, relacionadas con Otis, mediante Instant Data Scraper, a través del uso de palabras clave como

“huracán Otis”, “Plan de prevención frente a Otis” y “daños y pérdidas por Otis”. Se resguardó la privacidad de los usuarios y se reconoció la limitación de representar solo a quienes tienen acceso digital.

Dato	Componente	Variables	Unidades	Año	Fuente
Tiempo	Exposición	Días promedio de huracán	h	2023	Conagua
Precipitación		Acumulación de lluvia diaria	mm		
Vientos		Intensidad sostenida de los vientos	Km/h		
Sociales y económicos	Sensibilidad	Población total	%	2020	INEGI
		Población femenina			
		Población de niños y ancianos			
		Población analfabeta			
		Población indígena			
		Población discapacitada y con limitaciones motrices			
		Población sin seguro médico			
		Población sin agua potable entubada			
	Adaptabilidad	Tasa de desempleo	%	2020	Coneval
		Dependientes económicos			
		Población femenina trabajando			
		Viviendas sin servicios			
		Viviendas sin automóvil			
		Viviendas con piso de tierra			
		Población en situación de pobreza			
Población sin acceso a tecnologías de la información					
	Área sembrada	Ha	2023	SIAP	
	Área cosechada				
	Pérdida de producción agrícola				
	Adaptabilidad	Población con educación secundaria	%	2020	Coneval
		Población que es fuerza laboral			
		Población en situación fuera de pobreza			
		Población con dispositivo móvil			
		Población con acceso a internet			
Disponibilidad de Atlas de riesgos	Cenapred				

Tabla 1. Descripción de los datos usados para la investigación

Fuente: Autora, 2026.

Nota: El nivel espacial de los datos es a nivel municipal.

### Selección de indicadores

A partir de antecedentes regionales, se diseñó un sistema jerárquico de índices de vulnerabilidad socioeconómica, compuesto por tres niveles, siete índices de primera clase y 25 indicadores específicos, relacionados con el marco ESA (Tabla 2).

- » Exposición: indicadores positivos derivados de datos climáticos y meteorológicos, como días de tormenta, precipitación acumulada e intensidad del viento sostenido (Debortoli et al., 2019).
- » Sensibilidad: variables demográficas y económicas que reflejan la susceptibilidad de la población, la cual incluye a los niños, adultos mayores, población con discapacidad, en situación de pobreza, desempleo. También muestra las condiciones habitacionales o productivas.
- » Capacidad de adaptación: indicadores negativos que reducen la vulnerabilidad; se relacionan con capacidades sociales, económicas e institucionales ante el desastre.

Nivel objetivo	Índices de primera clase	Índices de segunda clase	Descripción (cálculo)	Aporte	Código
Exposición	Características físicas del peligro	Número de días de ciclón	Horas acumuladas de la presencia del ciclón	P	E1
		Viento máximo (Km/h)	Intensidad máxima de vientos en los días de ciclón	P	E2
		Precipitación acumulada (mm)	Suma de precipitación por arriba del 95% cada día	p	E3
Sensibilidad de la población	Sensibilidad de la población	Proporción de la población femenina	Total de mujeres/Total de la población	P	Sp1
		Proporción de niños y adultos mayores	Población debajo de los 15 años y mayor a los 65 años/Población total	P	Sp2
		Proporción de la población analfabeta	Personas que no saben leer y escribir/Población total	P	Sp3
		Proporción de la población indígena	Población indígena/ Población total	P	Sp4
		Proporción de la población discapacitada y con limitaciones	Población con limitaciones físicas/Población total	P	Sp5
		Proporción de la población sin seguro médico	Población no asegurada/Población total	P	Sp6
		Proporción de las viviendas sin acceso al agua	Viviendas sin agua potable/Total de viviendas	P	Sp7
Sensibilidad económica	Sensibilidad económica	Proporción de la población económicamente activa sin empleo	Población desempleada/ Población económicamente activa	P	Se1
		Proporción de la población económicamente dependiente	Población debajo de los 15 años y mayor a los 65 años/ Población económicamente activa	P	Se2
		Proporción de la población femenina que trabaja	Mujeres empleadas/ Población económicamente activa	P	Se3
		Proporción de viviendas sin acceso a servicios básicos	Viviendas sin luz, agua y drenaje/Total de viviendas	P	Se4
		Hogares sin disponibilidad de automóvil	Hogares sin automóvil/Total de viviendas	P	Se5
		Proporción de viviendas con piso de tierra	Viviendas con piso de tierra/Total de viviendas	P	Se6
Sensibilidad de la información	Sensibilidad económica	Proporción de la población en situación de pobreza	Población en pobreza/Población total	P	Se7
		Proporción de la población sin acceso a tecnologías de la información	Población sin acceso a TICs/ Población total	P	Se8
Sensibilidad agrícola	Sensibilidad agrícola	Pérdida de la producción agrícola	Cantidad en toneladas	P	Sa1
		Proporción de la población con al menos la formación secundaria	Población con educación secundaria completa/Población Total	N	Ap1
Capacidad de adaptabilidad	Adaptabilidad de la población	Proporción de la población que constituye la fuerza laboral	Población económicamente activa ocupada/Población Total	N	Ap2
		Proporción de la población en condición exenta pobreza	Población fuera de la pobreza/Población total	N	Ae1
		Proporción de la población con disponibilidad de dispositivo móvil	Población con celular/Población total	N	Ae2
Adaptabilidad institucional	Adaptabilidad económica	Proporción de la población con acceso a internet	Población con internet/Población total	N	Ae3
		Disponibilidad de Atlas de Riesgos	Directo (100-Sí, 0-No)	N	Ai1

**Tabla 2. Sistema de índices de vulnerabilidad ante el desastre por huracanes**

Fuente: Autora, 2026.

Nota: Contribución a la vulnerabilidad: P = Positivo, N = Negativo.

Todos los indicadores se calcularon mediante fórmulas, sin emplear otros métodos. La Tabla 2 presenta el código de los índices procesados en el software estadístico.

La capacidad de respuesta, componente clave de la resiliencia para conocer la prevención, preparación y recuperación, contribuye a reducir la vulnerabilidad de los sistemas sociales ante futuros eventos perturbadores (Choo & Yoon, 2022). No se trata solo de resistir el impacto, sino de responder eficazmente y adaptarse. La Tabla 3 muestra 29 variables relacionadas con las características del peligro, la organización de la respuesta, las políticas de gestión del riesgo y las condiciones socioeconómicas tras el huracán, seleccionadas con base en estudios previos (Davis & Robbin, 2015; Choo & Yoon, 2022) para evaluar este elemento.

Nivel objetivo	Variable	Código
Características del desastre y del medio ambiente natural	Los edificios, los medios de acceso, los suministros de agua y energía, las telecomunicaciones quedaron gravemente dañados	Rcd1
	Se seccionó el territorio para atender las zonas más afectadas	Rcd2
	Este desastre tuvo una naturaleza catastrófica, a diferencia de la naturaleza rutinaria	Rcd3
	Este desastre no se esperaba, por lo que ni las autoridades ni las poblaciones habían sido advertidas	Rcd4
	El desastre se desarrolló rápidamente	Rcd5
Organización de la respuesta al desastre por la comunidad	Consciencia del probable daño por desarrollo del huracán	Roc1
	Consciencia de la situación de desastre	Roc2
	Cooperación en la recuperación de las viviendas y el funcionamiento del vecindario	Roc3
	Capacidad para adquirir información crítica y compartirla de manera acertada (uso de redes sociales y comunicación entre vecinos)	Roc4
	Coordinación para la toma de decisiones ante la emergencia de recuperación ante el desastre	Roc5
Organización de la respuesta al desastre por autoridades gubernamentales	Actuaron inmediatamente después de que ocurriera el desastre	Rog1
	Hubo liderazgo para el mando y control de la situación de desastre en los distintos niveles de gobierno	Rog2
	Hubo comunicación y coordinación entre los distintos niveles de gobierno y los representantes de comunidades locales	Rog3
	Se dio seguimiento a las solicitudes de auxilio en tiempo	Rog4
	Capacidad para adquirir información crítica y difundir una evaluación adecuada de las necesidades	Rog5
Organización de la respuesta al desastre por las ONG	Ejecutaron acciones de asistencialismo para distribución de víveres, la limpieza y reconstrucción	Rong1
	Integraron las acciones benéficas a las actividades gubernamentales	Rong2
Política	Existencia de un plan de contingencia preciso	Rpgr1
	El plan orientó a las autoridades federales, estatales y municipales a ser más proactivos ante la emergencia	Rpgr2
	Se disponía de los recursos financieros por parte del gobierno federal para atender las solicitudes estatales y municipales	Rpgr3
	Los planes preveían la evacuación posterior al desastre	Rpgr4
	Protección civil contribuyó a satisfacer las necesidades de resguardo y recuperación de las víctimas	Rpgr5
	Había conocimiento previo y familiarización de los planes de contingencia por parte de las comunidades y organizaciones gubernamentales	Rpgr6
	Se ejecutaron ejercicios y simulaciones del plan de contingencia	Rpgr7
Otras condiciones sociales y económicas	Situaciones de violencia entre los habitantes afectados por el desastre	Rsc1
	Acentuación del crimen que obstaculizó las acciones de respuesta	Rsc2
	Disposición de recursos financieros para hacer frente a las necesidades inmediatas en la comunidad	Rsc3
	Realización de una evaluación para la entrega de asistencia a los afectados	Rsc4
	Las ONG dedicaron tiempo y esfuerzos para recaudar fondos	Rsc5

Tabla 3. Variables para evaluar la capacidad de respuesta

Fuente: Autora, 2026.

## Procesamiento de datos

### Primera fase

Los datos de vulnerabilidad socioeconómica se procesaron en RStudio con el uso del algoritmo Random Forest, un modelo de aprendizaje supervisado que permite clasificación robusta, manejo de datos ruidosos, alta dimensionalidad y estimación de importancia de variables mediante el índice de Gini (España, 2022). El proceso se dividió en tres pasos:

1. Generación de muestras: la vulnerabilidad se clasificó en cinco niveles teóricos (Hardy, 2017), aunque en la práctica se trabajó con cuatro (de baja a muy alta, ya que se omitió el nivel muy bajo porque los datos no cualificaron para casi nula vulnerabilidad). Se generaron 100 muestras aleatorias por nivel, con 70% destinadas al entrenamiento y 30% a validación.
2. Ejecución del modelo: se utilizaron 500 árboles de decisión (Ntree) y 6 variables por nodo (Mtry). La matriz de confusión indicó un error del 12.5%, lo que valida el desempeño del modelo.

3. Análisis de importancia: se evaluó la disminución media de precisión por permutación de variables. A mayor valor, mayor influencia en la clasificación del modelo.

#### Segunda fase

El procesamiento de los datos sobre capacidad de respuesta ante el huracán Otis se basó en un conteo de frecuencias para cada una de las 29 variables, con el objetivo de construir un índice representativo (Anglin, 2019). Las categorías establecidas fueron: 'muy alta', 'alta', 'media', 'baja' y 'muy baja', definidas según el número de menciones y la intensidad del reporte en las publicaciones recolectadas. Se calcularon las frecuencias relativas y se normalizaron los valores para permitir una comparación equilibrada.

Los índices fueron validados mediante el coeficiente Alpha de Cronbach, que evalúa la consistencia interna de un conjunto de variables orientadas a medir un mismo concepto (Héroux et al., 2020). Este análisis permitió descartar sesgos por sobrerepresentación (Manchola et al., 2017). En este estudio se obtuvo un  $\alpha = 0.83$ , lo que indica una consistencia interna adecuada (Hair et al., 1998).

Posteriormente, se aplicó un PCA para reducir la dimensionalidad del conjunto de datos y facilitar la interpretación de los patrones de respuesta por municipio. Los índices normalizados de cada variable fueron utilizados para generar los componentes principales que explican la mayor varianza (Olivares, 2014; Breton et al., 2015). Este procedimiento, al igual que la validación estadística, también se realizó en RStudio.

#### **Relación de componentes de la investigación**

Como complemento a los análisis anteriores, se estimó una regresión lineal simple para explorar la relación entre el índice de vulnerabilidad socioeconómica (variable independiente) y el índice de capacidad de respuesta (variable dependiente) a nivel municipal. Esta regresión se realizó con el fin de evaluar el grado de asociación entre ambas dimensiones. En esta relación se identifican los patrones críticos de riesgo y se refuerza la importancia de las políticas focalizadas en reducir la vulnerabilidad socioeconómica para mejorar la capacidad de gestión ante desastres.

## **RESULTADOS**

### **Vulnerabilidad socioeconómica**

Los niveles de vulnerabilidad derivados de los componentes del enfoque ESA se presentan en la Figura 2. La exposición más severa ante huracanes categoría 2 o superior se localiza en Acapulco y Coyuca de Benítez (100%, Muy Alta), seguidos por Benito Juárez, Tecomanapa y San Marcos (80%, Alta). En contraste, los municipios con menor exposición son los situados en los extremos norte (La Unión de Isidoro Montes de Oca, Zihuatanejo, Coahuayutla) y sur (Xochistlahuaca, Cuajinicuilapa, Tlacoachistlahuaca), con niveles inferiores al 15% (Baja o Muy Baja) (Figura 2a).

En cuanto a la sensibilidad poblacional, destacan los altos porcentajes de población indígena en Xochistlahuaca (81%), Tlacoachistlahuaca (71%), Ayutla de los Libres (54%) y San Luis Acatlán (69%), clasificados con alta sensibilidad. Asimismo, la proporción de población con discapacidad destaca con niveles medios en Xochistlahuaca (22%), La Unión (22%) y en Cuauhtepic (19%) (Figura 2b).

Respecto a la sensibilidad económica, la dependencia económica es muy alta en Tlacoachistlahuaca (95%) y alta en San Luis Acatlán (85%), Cuauhtepic y Coahuayutla (84%). En cuanto a pobreza, se registran niveles muy altos en Xochistlahuaca y San Luis Acatlán (86%) y en Tlacoachistlahuaca (83%). Los municipios con menor pobreza son Benito Juárez (27%) y Tecpan de Galeana (38%) (Figura 2c).

La sensibilidad agrícola se manifiesta con mayor impacto en Acapulco (13%, Muy Alta), Coyuca de Benítez y Atoyac (10%, Alta), donde los vientos superiores a 250 km/h provocaron pérdidas de los cultivos (Figura 2d). En contraste, municipios como Xochistlahuaca, Tlacoachistlahuaca y Ometepec registraron solo lluvias intensas (~100 mm), sin afectaciones severas a la producción.

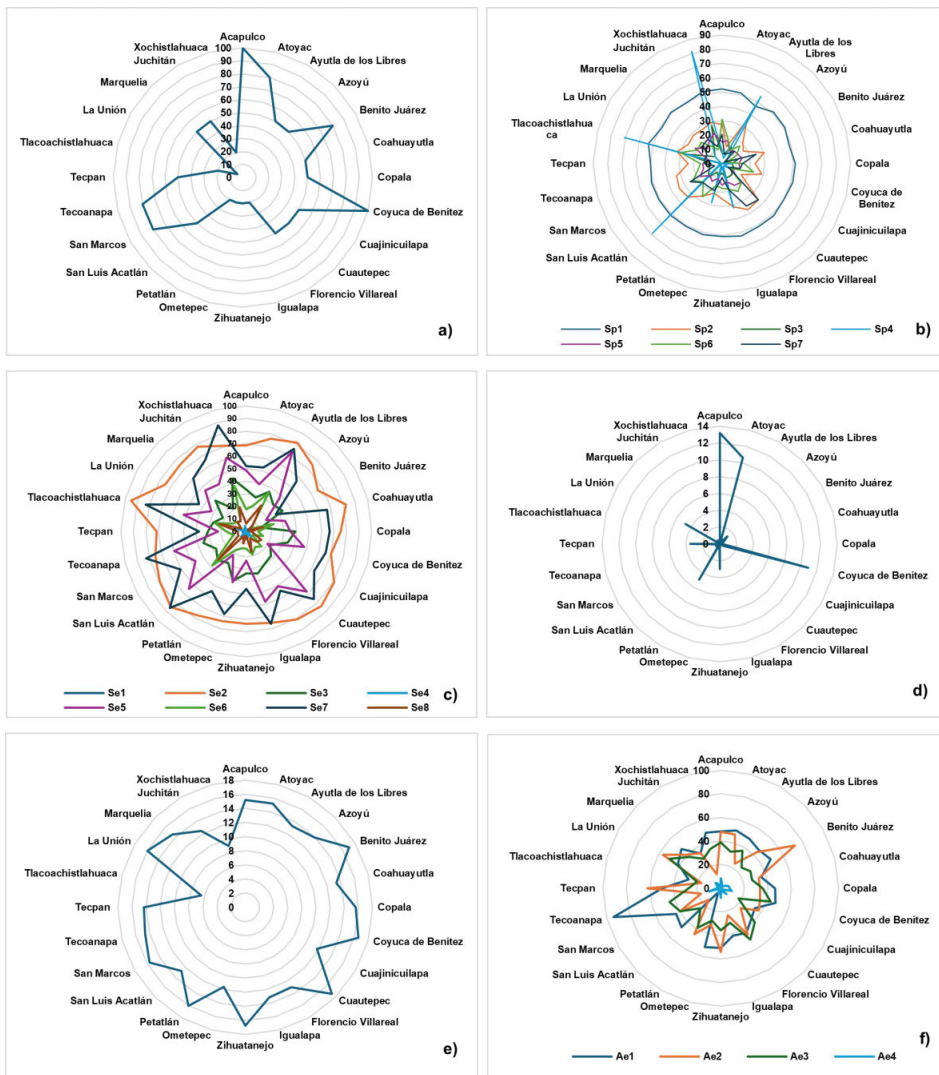


Figura 2. Niveles de vulnerabilidad de acuerdo con los componentes de la ESA

Fuente: Autora, 2026, a partir del procesamiento estadístico de datos oficiales.

Nota: a) Nivel de exposición al peligro, b) Nivel de sensibilidad poblacional, c) Nivel de sensibilidad económica, d) Nivel de sensibilidad adaptativa (poblacional) y e) Nivel de capacidad adaptativa (poblacional) y f) Nivel de capacidad adaptativa (económica).

La adaptabilidad, componente que mitiga la vulnerabilidad, presenta niveles bajos. Solo el 15% de la población alfabeta completó la secundaria (Figura 2e), umbral considerado clave para la movilidad social, la empleabilidad y la gestión del riesgo (UNDRR, 2022). En cuanto a la adaptabilidad económica, Tecoaapa concentra la mayor fuerza laboral (95%, Muy Baja), mientras que la mayoría de los municipios se sitúan entre rangos bajos y medios. En Petatlán, solo el 4% de la población económicamente activa forma parte de la fuerza de trabajo (Figura 2f).

La Figura 3 sintetiza los grados de vulnerabilidad por municipio, los cuales muestran un patrón predominante de vulnerabilidad de media a muy alta. Xochistlahuaca, Juchitán, Tlacoachistlahuaca, Florencio Villarreal, Cuauatepec, Cuajinicuilapa y Coahuayutla presentan niveles muy altos (60% o más de su barra total). Municipios como Tecpan de Galeana, Ayutla, Coyuca y San Marcos muestran una distribución más equilibrada. En contraste, Petatlán, Zihuatanejo, Acapulco, Azoyú, Benito Juárez y La Unión tienen vulnerabilidad de baja a media, lo que sugiere mejores condiciones de preparación ante huracanes.

Acapulco presenta los niveles de vulnerabilidad más bajos, en comparación con otros municipios costeros, ya que es la entidad con la población urbana más grande del estado de Guerrero, y su potencial económico basado en el turismo, ha fortalecido la disponibilidad de distintos tipos de infraestructura. Sin embargo, esto no fue suficiente para condicionar una alta capacidad de respuesta ante huracanes de alta severidad, como ocurrió con el impacto del huracán Otis. Respecto a la región sur de la costa, que incluye municipios como Xochistlahuaca, Juchitán

y Cuajinicuilapa, muestra niveles muy altos de vulnerabilidad, que se relacionan con factores estructurales como pobreza, acceso limitado a servicios básicos y la debilidad institucional. Por lo tanto, la zona costera de Guerrero evidencia desigualdad territorial en la preparación frente a desastres de este tipo.

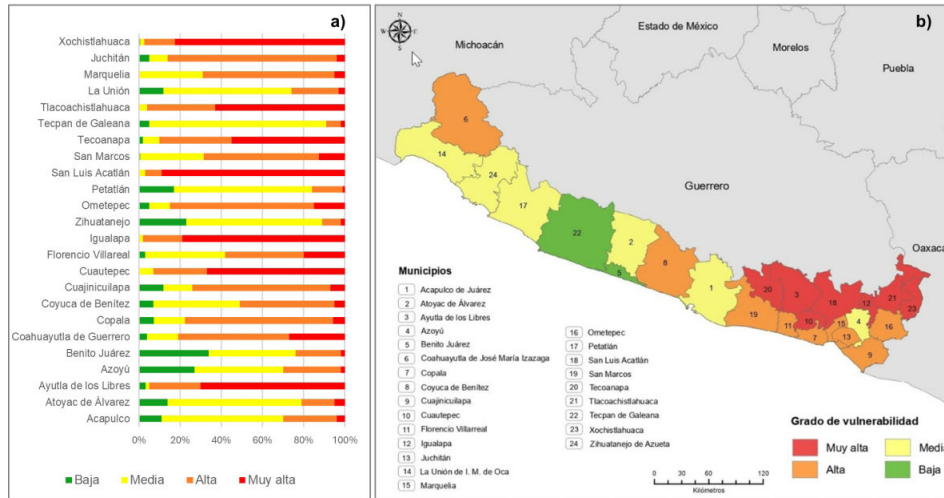


Figura 3. Índice de vulnerabilidad socioeconómica ante huracanes por municipio

Fuente: Autora, 2026.

Nota: a) Distribución porcentual de niveles de vulnerabilidad ante huracanes por municipio; b) Distribución espacial del índice de vulnerabilidad socioeconómica.

La figura 3b ilustra una vulnerabilidad socioeconómica predominante de media a muy alta, en particular en los municipios del centro hacia el sur de la zona de estudio. El valor alto se concentró principalmente hacia el sur de Acapulco. Las entidades con muy alta vulnerabilidad no están directamente sobre la línea costera, no obstante, por la proximidad a ésta tienen alta probabilidad de ser impactados por los efectos físicos de los huracanes. Entre estos municipios está Tecpan de Galeana y Benito Juárez, que son los territorios con menor índice de pobreza del área de estudio.

### Capacidad de respuesta

Los resultados del índice de capacidad de respuesta se clasificaron en tres niveles: muy baja, baja y media (Figura 4), los cuales derivaron de testimonios ciudadanos y de algunas autoridades municipales en la red social Facebook, que fue de las más usadas tras el huracán Otis en el estado de Guerrero. Los municipios del sur con alta vulnerabilidad —Igualapa, San Luis Acatlán, Tlacoachistlahuaca y Xochistlahuaca— mostraron muy baja capacidad de respuesta (10–20%), lo cual refleja una escasa planificación y débil coordinación institucional. Aunque en esta ocasión la mayoría de los municipios solo presentaron afectaciones estructurales menores por lluvias intensas, las declaraciones de habitantes y autoridades locales permitieron evaluar si contaban con estrategias de gestión del riesgo ante un evento como el huracán Otis. Esta información fue clave para construir el índice de capacidad de respuesta, que evidenció una preparación limitada, baja coordinación institucional y escasa participación comunitaria en los territorios.

Benito Juárez y Zihuatanejo, con vulnerabilidad baja, presentaron una capacidad media (55% y 50% respectivamente), lo cual indica cierto margen de reacción, aunque aún con limitaciones en la organización comunitaria y gubernamental para la gestión del riesgo. Los municipios de Florencio Villarreal, Coyuca, Atoyac y Azoyú registraron capacidad baja (30–40%), caracterizada por acciones preventivas limitadas y carencias de recursos.

El caso de Acapulco es particularmente ilustrativo, ya que, pese a su peso económico y turístico, y su vulnerabilidad media, su capacidad de respuesta fue baja. La magnitud del desastre evidenció una débil articulación entre actores sociales, lo cual resultó en pérdidas humanas y materiales significativas (Fitch Ratings, 2023; Cenapred, 2024).

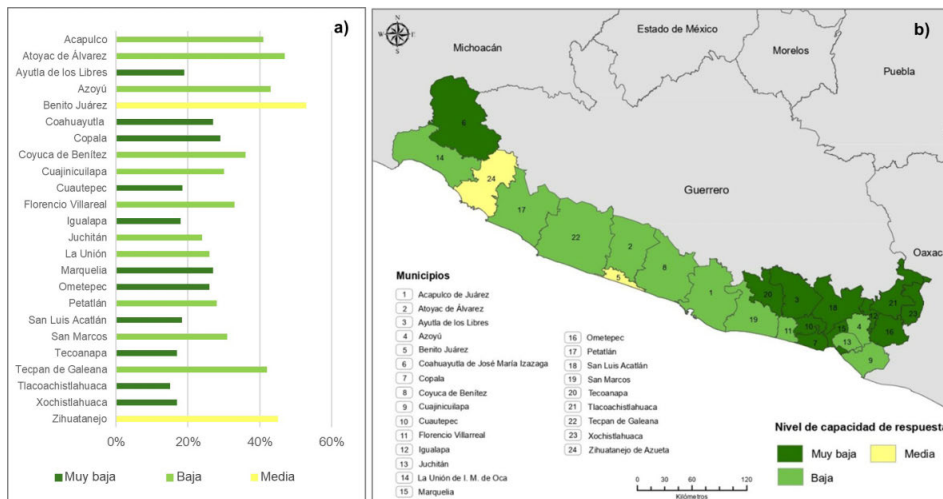


Figura 4. Índice de capacidad de respuesta por municipio  
Fuente: Autora, 2026.

Nota: a) Distribución porcentual del índice de capacidad de respuesta por municipio; b) Distribución espacial del índice de capacidad de respuesta.

La Figura 5 presenta el PCA, donde las dos primeras dimensiones explican el 65.6% de la varianza (Dim1 = 49.3%, Dim2 = 16.3%). La Dimensión 1 agrupa variables asociadas con planificación y coordinación institucional: plan de contingencia (Rpgr1), familiarización comunitaria (Rpgr6), simulacros (Rpgr7), toma de decisiones (Roc5), y actuación inmediata (Rog1). También incluye la percepción del evento como catastrófico e inesperado (Rcd3, Rcd4, Rcd5). Esta dimensión representa la capacidad técnica y organizativa. En tanto, la Dimensión 2 refleja un eje de conflictividad social, que destaca la presencia de violencia (Rsc1) y crimen posterior al evento (Rsc2), lo que obstaculizó la recuperación. El contraste con la primera dimensión sugiere tensiones entre la institucionalidad formal y la desorganización social. Las variables como la participación de las ONG (Rsc5) y las acciones asistencialistas (Rong1) aparecen en el eje 1, aunque con menor peso, como mecanismos de respuesta complementarios.

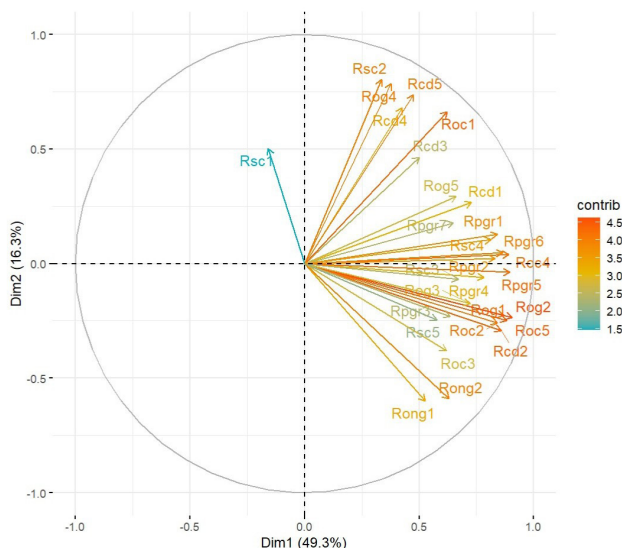


Figura 5. Contribución de las variables de capacidad de respuesta en el Análisis de Componentes Principales (PCA)  
Fuente: Autora, 2026.

El PCA distingue dos perfiles territoriales. Por un lado, los municipios con alta capacidad de respuesta, caracterizados por la existencia de planes de contingencia, coordinación y acciones inmediatas ante la emergencia. Por el otro, los municipios con presencia de factores obstructivos como la violencia y la desorganización limitan las posibilidades de activar una respuesta efectiva. Estos hallazgos refuerzan la necesidad de considerar no solo la infraestructura física o el diseño de planes, sino también las condiciones sociales y de gobernanza local que inciden en una capacidad de respuesta eficaz.

### Importancia de las variables

La Figura 6 muestra los resultados del índice de Gini aplicado a los modelos de clasificación. En la vulnerabilidad socioeconómica (Figura 6a), las variables más relevantes son la falta de acceso al agua (Sp7), al internet (Ae3), el desempleo (Se1) y la ausencia de pobreza (Ae1). También destacan la falta de seguro médico (Sp6), dependencia económica (Se2) y exclusión digital (Se8). Las variables con menor peso incluyen factores ambientales (E1–E3) y la existencia de un Atlas de Riesgos (Ai1), lo que sugiere que la vulnerabilidad es más determinada por condiciones sociales estructurales que por factores naturales.

Respecto a la capacidad de respuesta (Figura 6b), las variables clave incluyen la ausencia de alertamiento (Rcd4), percepción colectiva de desastre (Roc2), familiarización con los planes (Rpgr6), coordinación de decisiones (Roc5), y daños a la infraestructura (Rcd1). En segundo nivel están la cooperación (Roc3), la coordinación intergubernamental (Rog3), y la asistencia no gubernamental (Rong1). Las variables como la disponibilidad de recursos financieros (Rpgr3) y simulacros (Rpgr7) tuvieron bajo impacto, posiblemente por su débil implementación.

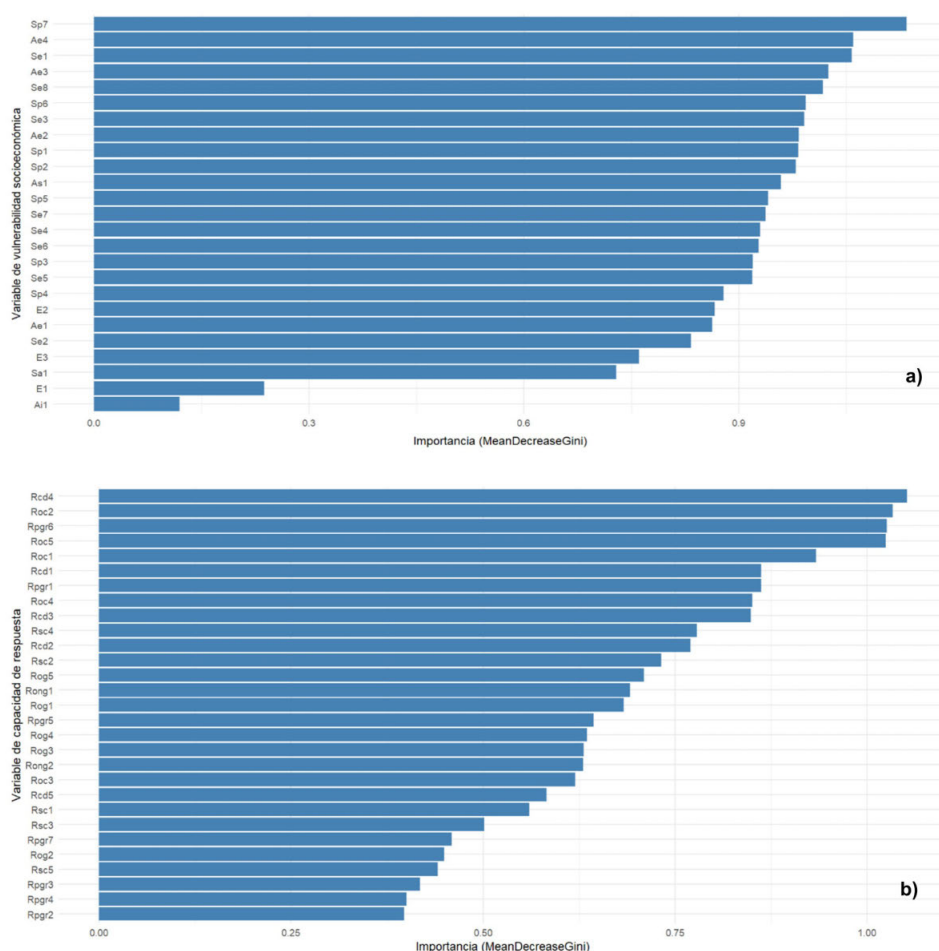


Figura 6. Importancia de las variables de la vulnerabilidad socioeconómica e importancia de las variables de la capacidad de respuesta

Fuente: Autora, 2026.

Nota: a) Vulnerabilidad socioeconómica; b) Capacidad de respuesta.

En conjunto, estos hallazgos sugieren que la resiliencia no depende únicamente de recursos o instrumentos técnicos, sino también del nivel de conciencia social, la gobernanza local y la preparación frente al riesgo, aspectos que se analizan con mayor profundidad en la discusión.

### DISCUSIÓN

Este estudio propone la construcción teórica de la vulnerabilidad socioeconómica y la capacidad de respuesta de la población ante desastres por huracanes, como componentes esenciales de la capacidad de adaptabilidad frente al riesgo. En este sentido, Choo y Yoon (2022) señalan que niveles elevados de vulnerabilidad se asocian con una capacidad de respuesta limitada,

relación que se corroboró en los municipios costeros analizados. La relación inversa entre ambas dimensiones se observa en la Figura 7, donde la capacidad de respuesta (%) disminuye conforme aumenta la vulnerabilidad (%), ajustándose a la ecuación  $y = 80 - 0.66x$  con un  $R^2 = 0.93$ , lo cual evidencia una correlación negativa fuerte. Es decir, por cada punto porcentual de aumento en la vulnerabilidad, la capacidad de respuesta disminuye en 0.66 puntos, lo cual refleja un patrón consistente entre municipios.

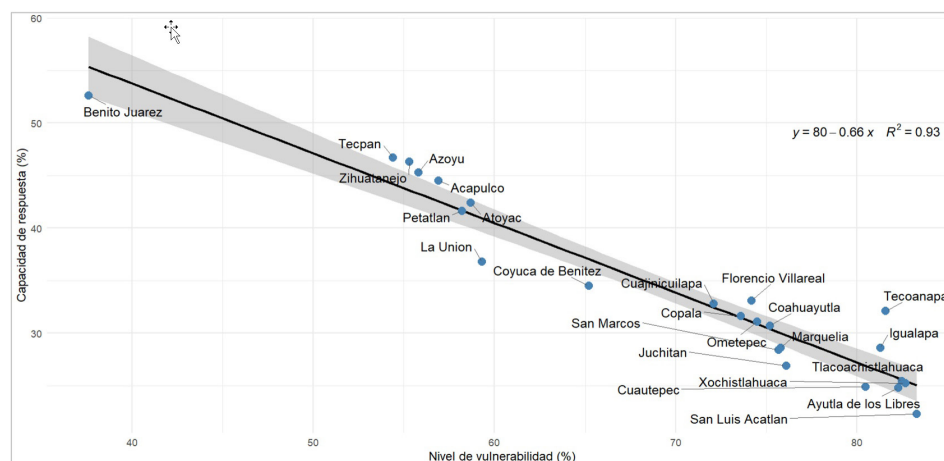


Figura 7. Relación entre vulnerabilidad socioeconómica y capacidad de respuesta  
Fuente: Autora, 2026.

Este comportamiento se expresa territorialmente en contrastes relevantes: municipios con vulnerabilidad cercana al 80% presentan niveles de respuesta de alrededor del 30%, mientras que aquellos con valores cercanos al 40% alcanzan capacidades de respuesta superiores al 55%. La mayoría de los municipios se ajustan al modelo, aunque se identifican casos atípicos, como Benito Juárez, cuya alta capacidad de respuesta y baja vulnerabilidad podrían estar asociadas a factores externos o a una organización local más eficiente. Este tipo de excepciones abre una línea interpretativa importante, al sugerir que la relación vulnerabilidad–respuesta no depende únicamente de condiciones estructurales, sino que también puede estar mediada por capacidades institucionales diferenciadas, cohesión social o mecanismos locales de coordinación.

El caso del huracán Otis evidenció la ausencia de medidas preventivas y de sistemas de emergencia, lo que agravó el impacto, particularmente en los municipios más poblados y con altos índices de pobreza. En estos contextos, las deficiencias institucionales y socioeconómicas obstaculizan la recuperación y profundizan la vulnerabilidad (Ofori et al., 2017; Rao et al., 2022). En consecuencia, esta evidencia empírica refuerza la idea de que la reducción de la vulnerabilidad socioeconómica puede traducirse directamente en un fortalecimiento de la capacidad de respuesta, lo cual debe orientar políticas públicas centradas en el fortalecimiento institucional y social para enfrentar eventos extremos.

El modelo ESA, adaptado al contexto de tormentas (Li et al., 2021), destacó la adaptabilidad como un factor determinante de la capacidad de respuesta, en línea con los aportes conceptuales de Wisner (2016) y Beatty et al. (2019). La integración de los índices de vulnerabilidad y capacidad de respuesta (Figura 7) mostró variaciones relevantes. Algunos municipios con alta vulnerabilidad y baja afectación, así como otros con baja vulnerabilidad, presentaron una relación menos marcada entre ambas dimensiones, en concordancia con estudios previos (Mitsova et al., 2019; Ballesteros et al., 2023; Niño-Gutiérrez, 2024). Como señalan Nikkanen et al. (2021), las poblaciones de bajos ingresos, al carecer de recursos, enfrentan mayores limitaciones para anticiparse y responder a los desastres. De ahí la necesidad de implementar estrategias de reducción del riesgo que consideren las condiciones socioeconómicas locales, junto con sistemas de respuesta eficaces y planes de evacuación inclusivos.

El análisis factorial permitió identificar perfiles territoriales diferenciados, donde la capacidad técnica y organizativa —representada por la existencia de planes, la coordinación institucional y la actuación inmediata—, contrastó con contextos marcados por conflictividad social, violencia e informalidad, que limitaron la efectividad de la respuesta. Estos resultados reafirman la

importancia de incorporar tanto la dimensión institucional como la cohesión social en los análisis de adaptabilidad y resiliencia.

Asimismo, los hallazgos sugieren la necesidad de explorar escalas más locales, como barrios o colonias, donde las redes comunitarias podrían fortalecer las capacidades de prevención. También es fundamental ampliar el análisis de la adaptabilidad, con la incorporación de indicadores institucionales y sociopolíticos. Si bien el uso de redes sociales permitió captar percepciones espontáneas, su acceso desigual limita la representatividad de los sectores más vulnerables (Calderon & Frey, 2022). Además, este tipo de fuente tiende a reflejar reacciones inmediatas más que estrategias formales de preparación. Por ello, complementar este enfoque con entrevistas presenciales permitiría enriquecer la comprensión de la capacidad de respuesta, la resiliencia y la percepción del riesgo.

El enfoque metodológico basado en el modelo ESA ofrece un marco valioso para caracterizar la vulnerabilidad territorial y orientar la gestión del riesgo (Li et al., 2021; Zhang et al., 2025). Sin embargo, conviene integrarlo con el análisis de percepciones del riesgo y dinámicas institucionales entre actores sociales, a fin de mejorar la planificación territorial. Es prioritario poner a prueba metodologías integrales que permitan evaluar su efectividad en la reducción de la vulnerabilidad y el fortalecimiento de la capacidad de respuesta ante desastres de alta intensidad.

## CONCLUSIONES

Este estudio ofrece una visión integral sobre los patrones espaciales y las condiciones socioeconómicas que configuran la vulnerabilidad a huracanes en la costa de Guerrero. Los resultados revelan una vulnerabilidad predominantemente de media a muy alta, con un gradiente espacial creciente del noroeste al centro-sur. Las dimensiones de exposición y sensibilidad destacan como determinantes, mientras que la adaptabilidad, en particular la capacidad de respuesta, emerge como un componente clave.

La evidencia muestra que la vulnerabilidad socioeconómica limita significativamente la capacidad institucional y comunitaria para enfrentar eventos extremos. Los municipios con menor privación presentan una mayor efectividad en la activación de mecanismos de preparación y coordinación. La relación negativa entre vulnerabilidad y capacidad de respuesta ( $R^2 = 0.93$ ) confirma la urgencia de reducir desigualdades estructurales para fortalecer la adaptabilidad y la resiliencia territorial. En el contexto latinoamericano, estas desigualdades tienen raíces históricas asociadas a procesos coloniales y dinámicas capitalistas que han producido una ocupación territorial desigual, infraestructuras deficitarias y un acceso inequitativo a servicios esenciales (Sandoval et al., 2024). En ciudades como Acapulco, la urbanización orientada por el mercado, la precarización de los servicios públicos y la marginación socioespacial de amplios sectores de la población amplifican los impactos de los desastres y restringen tanto las capacidades de gobernanza local como los mecanismos sociales de organización y respuesta colectiva.

Pese a las limitaciones derivadas del uso de datos agregados, el enfoque empleado, el cual integra análisis espacial y modelado mediante RF, constituye una herramienta replicable para el diagnóstico de la vulnerabilidad en contextos expuestos a amenazas recurrentes. Estos hallazgos aportan elementos clave para el diseño de políticas públicas integradas que fortalezcan tanto la infraestructura como las capacidades sociales e institucionales ante futuros desastres.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecimientos al Programa de Becas Posdoctorales de la Universidad Nacional Autónoma de México, al Instituto de Investigaciones Económicas y al Dr. Armando Sánchez Vargas por su asesoramiento.

## REFERENCIAS

- Adger, W. N. (2003). Social capital, collective action, and adaptation to climate change. *Economic Geography*, 79(4), 387–404.
- Anglin, S. M. (2019). Do beliefs yield to evidence? Examining belief perseverance vs. change in response to congruent empirical findings. *Journal of Experimental Social Psychology*, 82, 176–199. <https://doi.org/10.1016/j.jesp.2019.02.004>

- Balaguru, K., Xu, W., Chang, C. C., Leung, L. R., Judi, D. R., Hagos, S. M., Wehner, M. F., Kossin, J. P., & Ting, M. (2023). Increased US coastal hurricane risk under climate change. *Science advances*, 9(14), eadfo259. <https://doi.org/10.1126/sciadv.adfo259>
- Ballesteros, L. M. S., Poleacovschi, C., Weems, C. F., Zambrana, I. G., & Talbot, J. (2023). Evaluating the interaction effects of housing vulnerability and socioeconomic vulnerability on self-perceptions of psychological resilience in Puerto Rico. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 84, 103476. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2022.103476>
- Barrios, M., & Méndez, B. A. (2020). Human Relocations in Guerrero After the September 2013 Disaster Emergency: A Non-preventive Neoliberal Response. *Disasters and Neoliberalism: Different Expressions of Social Vulnerability*, 185-212. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-54902-2\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-030-54902-2_8)
- Beatty, T. K., Shimshack, J. P., & Volpe, R. J. (2019). Disaster preparedness and disaster response: Evidence from sales of emergency supplies before and after hurricanes. *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists*, 6(4), 633-668. <http://dx.doi.org/10.1086/703379>
- Breton, R., Clews, G., Metcalfe, L., Milliken, N., Payne, C., Winton, J., & Woods, A. (2015). Research indices using web scraped data. *Office for National Statistics UK*, 1-22.
- Calderón, D., & Frey, K. (2022). Redes y gobernanza del riesgo de desastre en Bogotá, Colombia. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, 31(1), 177-195. <https://doi.org/10.15446/rcdg.v31n1.88049>
- Castro, N. G. (2017). Factores socioeconómicos de vulnerabilidad en la ciudad de Acapulco, Guerrero, México. *Investigaciones Geográficas*, (53), 93-114.
- Cenapred. (2020). Impacto socioeconómico de los desastres ocurridos en México. Resumen ejecutivo 2020. Gobierno de México, México.
- Cenapred. (2024). Impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en México. Resumen ejecutivo 2024. Gobierno de México, México.
- Choi, H. I. (2019). Assessment of aggregation frameworks for composite indicators in measuring flood vulnerability to climate change. *Scientific Reports*, 9, 19371. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-55994-y>
- Choo, M., & Yoon, D. K. (2022). Examining the effects of the local communities' social capital on disaster response capacity in Seoul, South Korea. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 75, 102973. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2022.102973>
- Conagua. (2024). Reporte anual del clima en México 2023. Comisión Nacional del Agua. Gobierno de México, México.
- Das, S., Majumder, S., & Sharma, K. (2023). Assessing integrated agricultural livelihood vulnerability to climate change in the coastal region of West Bengal: Implication for spatial adaptation planning. *Regional Studies in Marine Science*, 57, 102748. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2022.102748>
- Davis, G. L., & Robbin, A. (2015). Network disaster response effectiveness: the case of ICTs and Hurricane Katrina. *Journal of Homeland Security and Emergency Management*, 12(3), 437-467. <https://doi.org/10.1515/jhsem-2014-0087>
- Debortoli, N. S., Clark, D. G., Ford, J. D., Sayles, J. S., & Diaconescu, E. (2019). An integrative climate change vulnerability index for Arctic aviation and marine transportation. *Nature Communications*, 10, 2596-2610. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-10347-1>
- Egan, M. J. (2010). Private goods and services contracts: Increased emergency response capacity or increased vulnerability? *International Journal of Production Economics*, 126(1), 46-56. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2009.10.005>
- Emrich, C., & Cutter, S. L. (2011). Social vulnerability to climate-sensitive hazards in the southern United States. *Weather, Climate and Society* 3(3): 193-208.
- Espana, P. (2022). Clasificación de la pobreza en Bolivia, utilizando Random Forest y XGBoost. *Cuadernos de Investigación Económica Boliviana*, 5(1), 73-98.
- Fitch Ratings. (2023, 1 de noviembre). Re-aseguradoras mexicanas con pocas afectaciones después del huracán Otis. <https://www.fitchratings.com/research/es/insurance/mexico-re-insurers-notmaterially-affected-by-hurricane-otis-01-11-2023>
- García, D. R., Ascencio, N., Reyes, J., & Godínez, G. (2024). Affections of Hurricane OTIS and Its Impact on Human Rights. *International Journal of Scientific Research and Management (IJSRM)*, 12(07), 10-18535. <https://doi.org/10.18535/ijssrm/v12i07.11a02>

- González, J., Torres, G., & Reyes, M. (2014). Identificación del riesgo de inundación en zonas vulnerables del Polígono La Sabana-Llano Largo del municipio de Acapulco, Gro. *Revista Iberoamericana de Ciencias*.
- Haase, T. W., Wang, W. J., & Ross, A. D. (2021). The six capacities of community resilience: evidence from three small Texas communities impacted by Hurricane Harvey. *Natural hazards*, 109(1), 1097-1118. <https://doi.org/10.1007/s11069-021-04870-y>
- Hair, F., Anderson, R. E., Tatham, R. L., & Black, W. C. (1998). *Multivariate data analysis with readings*. New Jersey: Prentice Hall.
- Hardy, S. D. (2017). Here comes the rain: Assessing storm hazards vulnerability in Northeast Ohio. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 24, 391-398. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2017.07.004>
- Héroux, M., Beaudry, C., & Rietsch, C. (2020). Using web content analysis to create innovation indicators—What do we really measure? *Quantitative Science Studies*, 1(4), 1601-1637. [https://doi.org/10.1162/qss\\_a\\_00086](https://doi.org/10.1162/qss_a_00086)
- Hoque, M. A. A., Phinn, S., Roelfsema, C., & Childs, I. (2017). Tropical cyclone disaster management using remote sensing and spatial analysis: A review. *International journal of disaster risk reduction*, 22, 345-354. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2017.02.008>
- Hoque, M. A. A., Pradhan, B., Ahmed, N., & Roy, S. (2019). Tropical cyclone risk assessment using geospatial techniques for the eastern coastal region of Bangladesh. *Science of the Total Environment*, 692, 10-22. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.07.132>
- INEGI. (2008). Conjunto de datos vectoriales de los tipos de clima de Guerrero. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México.
- INEGI. (2020). XIV Censo de población y vivienda. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México.
- IPCC. (2001). *Climate change 2001: Impacts, adaptation, and vulnerability. Contribution of working group II to the third assessment report*. Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, UK; New York, NY, USA: Cambridge University Press.
- Kumari, A., & Frazier, T. G. (2021). Evaluating social capital in emergency and disaster management and hazards plans. *Natural Hazards*, 109, 949-973. <https://doi.org/10.1007/s11069-021-04863-x>
- Li, Y., Gong, S., Zhang, Z., Liu, M., Sun, C., & Zhao, Y. (2021). Vulnerability evaluation of rainstorm disaster based on ESA conceptual framework: A case study of Liaoning province, China. *Sustainable Cities and Society*, 64, 102540. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102540>
- Li, X. J., & Shen, F. M. (2015). Research on the vulnerability risk assessment of water supply network under earthquake. *Advanced Materials Research*, 1079, 456-459. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.1079-1080.456>
- Liao, X., Xu, W., Zhang, J., Li, Y., & Tian, Y. (2019). Global exposure to rainstorms and the contribution rates of climate change and population change. *Science of the Total Environment*, 663, 644-653. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.01.290>
- Lozano, M. O., & Becerril, H. (2025). Gestión del riesgo en los márgenes urbanos: Los refugios temporales como ensamblajes de respuesta. *Bitácora Urbano-Territorial*, 35(1), 89-101. <https://doi.org/10.15446/bitacora.v35n1.117317>
- Manchola, J., Bagur, C., & Girabent, M. (2017). Fiabilidad de la versión española del cuestionario de actividad física PAQ-C. *International Journal of Medicine and Science of Physical Activity and Sport*, 17(65), 139-152. OI: <http://dx.doi.org/10.15366/rimcafd2017.65.010>
- Mitsova, D., Escaleras, M., Sapat, A., Esnard, A. M., & Lamadrid, A. J. (2019). The effects of infrastructure service disruptions and socio-economic vulnerability on hurricane recovery. *Sustainability*, 11(2), 516. <https://doi.org/10.3390/su11020516>
- Nikkanen, M., Räsänen, A., & Juhola, S. (2021). The influence of socioeconomic factors on storm preparedness and experienced impacts in Finland. *International journal of disaster risk reduction*, 55, 102089. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2021.102089>
- Niño-Gutiérrez, N. S. (2024). Comparative analysis of natural disasters in the Mexican Pacific: The case of hurricane Otis and its socioeconomic impact on Acapulco. *ECORFAN Journal-Mexico*, 15-33. <https://doi.org/10.35429/EJM.2024.33.15.56.67>

- Ofori, B. Y., Stow, A. J., Baumgartner, J. B., & Beaumont, L. J. (2017). Influence of adaptive capacity on the outcome of climate change vulnerability assessment. *Scientific reports*, 7(1), 12979. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-13245-y>
- Olivares, B. (2014). Aplicación del análisis de componentes principales (ACP) en el diagnóstico socioambiental. Caso: sector campo alegre, municipio Simón Rodríguez de Anzoátegui. *Multiciencias*, 14(4), 364-374.
- Palacios, R., Martínez, M., & Gutiérrez, J. (2015). *Planeación urbana, vulnerabilidad y riesgo por fenómenos hidrometeorológicos, en los espacios periurbanos de Acapulco, Guerrero*. En: Pasado, presente y futuro de las regiones en México y su estudio. Asociación Mexicana de Ciencias para el Desarrollo Regional A.C., México.
- Pynadath, D. V., Dilkina, B., Jeong, D. C., John, R. S., Marsella, S. C., Merchant, C., Miller, L. & Read, S. J. (2023). Disaster world: decision-theoretic agents for simulating population responses to hurricanes. *Computational and Mathematical Organization Theory*, 29(1), 84-117. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10588-022-09359-y>
- Ramírez, M. T., Coca, O., Gaidzik, K., & Espinosa, V. H. V. (2025). Hurricane Otis: Category 5 storm effects and cascading hazards in Acapulco Bay, Mexico. *Global and Earth Surface Processes Change*, 3, 100004. <https://doi.org/10.1016/j.gespch.2025.100004>
- Rao, S., Doherty, F. C., & Teixeira, S. (2022). Are you prepared? Efficacy, contextual vulnerability, and disaster readiness. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 77, 103072. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2022.103072>
- Rodríguez, J. (2017). Los desastres recurrentes en México: El huracán Pauline y la tormenta Manuel en Acapulco, Guerrero. *Anuario Electrónico de Estudios en Comunicación Social "Disertaciones"*, 10(2), 133-152. <https://doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/disertaciones/a.4778>
- Sandoval, V., González-Muzzio, C. & Castro, C.P. (2024). El poder de una re-imaginación radical de los desastres: nexo poscolonial y capitalista en Chile y América Latina (e ideas para un futuro justo y equitativo). *Revista de Estudios Latinoamericanos sobre Reducción del Riesgo de Desastres REDER*, 8(2), 241-250. <https://doi.org/10.55467/reder.v8i2.170>
- UNDRR. (2018). Economic losses, poverty & disasters, 1998–2017. United Nations Office for Disaster Risk Reduction. <https://www.undrr.org/publication/economic-losses-poverty-disasters-1998-2017/>
- UNDRR. (2022). Global assessment report on disaster risk reduction. Our world at risk: Transforming governance for a resilient future. United Nations Office for Disaster Risk Reduction. Geneva: United Nations. <https://www.undrr.org/GAR2022>
- UNGA. (2015). Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. In: Resolution 70/1. United Nations General Assembly, New York.
- UNISDR. (2015). Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030. Naciones Unidas. Recuperado de <http://www.preventionweb.net/drr-framework/sendai-framework>
- Weinkle, J., Maue, R., & Pielke Jr, R. (2012). Historical global tropical cyclone landfalls. *Journal of Climate*, 25(13), 4729-4735. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-11-00719.1>
- Wisner, B. (2016). Vulnerability as concept, model, metric, and tool. In *Oxford research encyclopedia of natural hazard science*.
- Yang, W., Xu, K., Lian, J., Bin, L., y Ma, C. (2018). Multiple flood vulnerability assessment approach based on fuzzy comprehensive evaluation method and coordinated development degree model. *Journal of Environmental Management*, 213, 440–450. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.02.085>
- Yao, L., Leng, G., Yu, L., Tu, H., & Qiu, J. (2024). Observational constraint on climate model projections of global compound hot-dry events and the socioeconomic risks under climate change. *Environmental Research Letters*, 19(11), 114027. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ad7f72>
- Zhang, Y., Huang, W., & Zhong, D. (2019). Major moisture pathways and their importance to rainy season precipitation over the Sanjiangyuan region of the Tibetan Plateau. *Journal of Climate*, 32(20), 6837-6857. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-19-0196.s1>
- Zhang, R., Jiang, A., & Jiang, L. (2025). Exposure-Sensitivity-Adaptability (ESA) framework-based evaluation and characteristics analysis of urban disasters vulnerability in China. *Ecological Indicators*, 176, 113662. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2025.113662>