

# Tlamati Sabiduría



## Entre dos flancos: la ocurrencia de los ciclones tropicales Ingrid y Manuel (2013) en México

Luis Brito-Castillo<sup>1\*</sup>  
Luis M. Farfán<sup>2</sup>  
José P. Vega-Camarena<sup>1</sup>  
Jorge Cortés-Ramos<sup>3</sup>  
María Z. Flores López<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C., Km. 2.35 Camino al Tular S/N, Estero de Bacochibampo, Guaymas, Sonora, México.

<sup>2</sup>Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada, La Paz, Baja California Sur, México, Unidad La Paz.

<sup>3</sup>CONAHCYT-Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada, La Paz, Baja California Sur, México, Unidad La Paz.

<sup>4</sup>Departamento de Ciencias de la Tierra, Universidad Autónoma de Baja California Sur, La Paz, Baja California Sur, México.

\*Autor de correspondencia  
[lbrito04@cibnor.mx](mailto:lbrito04@cibnor.mx)

### Resumen

Cada año, México recibe el impacto de ciclones tropicales y esto puede ocurrir desde ambos flancos incluso de manera simultánea, entrando por el lado del Pacífico, la Península de Yucatán, en el mar Caribe y Golfo de México. En septiembre de 2013, los ciclones tropicales Ingrid (12–17) y Manuel (13–20) impactaron con su ingreso al territorio mexicano en costas de Tamaulipas y Michoacán, respectivamente. Sin embargo, la marcada intensidad de los vientos y las cuantiosas precipitaciones que durante varios días se registraron cubrieron una superficie mayor. En pocos días la respuesta de las corrientes superficiales con el

### Información del Artículo

#### Cómo citar el artículo:

Brito-Castillo, L., Farfán, M.L., Vega-Camarena, J.P., Cortés-Ramos, J., Flores López, M.Z. (2024). Entre dos flancos: la ocurrencia de los ciclones tropicales Ingrid y Manuel (2013) en México. *Tlamati Sabiduría*, 18, 23-41.

Editores Invitados: Dra. Rosalva Pérez-Gutiérrez, Dr. Oscar Frausto-Martínez, Dr. Julio Cesar Morales-Hernández.

incremento de caudales originó inundaciones que interrumpieron temporalmente las actividades productivas de varios poblados dejando a su paso un recuerdo de lo vulnerable que puede ser la población ante estos eventos. Muchas de las afectaciones ocurrieron también en la infraestructura. Con base en información documentada y análisis de datos hidrológicos y meteorológicos hacemos una síntesis de las características de ambos ciclones tropicales abordando su potencial peligro para provocar inundaciones y fuertes vientos, pero también sus bondades como fuente de precipitaciones que contribuye al almacenamiento de las presas, la recuperación de acuíferos y el sostenimiento de la biodiversidad. Se espera que este trabajo sea de utilidad a tomadores de decisión y público en general, ya que integra mucha de la información dispersa en un solo estudio para una mejor comprensión de los fenómenos y su repercusión.

**Palabras clave:** Lluvias fuertes, Inundación, Recuperación de acuíferos, Almacenamiento en presas, Ciclones tropicales Ingrid y Manuel.

### Abstract

Every year, Mexico is hit by tropical cyclones and this can occur from both coasts, even simultaneously, such as the Pacific Ocean, Yucatan Peninsula, Caribbean Sea, and Gulf of Mexico. In September 2013, tropical cyclones Ingrid (12–17) and Manuel (13–20) impacted the coasts of Tamaulipas and Michoacán, respectively, as they entered Mexico. However, strong winds and heavy rainfall during several days covered a large surface area. In a few days, the rivers' response with the increase in streamflow caused flooding that temporarily interrupted the productive activities of several communities, leaving in their wake a reminder of how vulnerable the population can be to these events. The damage also affected infrastructure. Based on observational information and analysis of hydrological and meteorological data, we summarize the characteristics of both tropical cyclones, addressing their potential danger to cause floods and strong winds, but also their benefits as a source of precipitation that contributes to dam storage, aquifer recovery, and biodiversity sustainability. This work is expected to be useful to decision makers and the public, as it integrates much of the information dispersed in a single study to better understand the phenomena and their consequences.

**Keywords:** Heavy rainfalls, Flooding, Aquifer recovery, Dam storage, Tropical cyclones Ingrid and Manuel.

### Introducción

En septiembre de 2013 se cumplen diez años de los impactos producidos por los ciclones tropicales (CT) Ingrid (12–17 de septiembre de 2013) en la cuenca del Atlántico Norte (AN) y Manuel (13–20 de septiembre de 2013) en la cuenca del Pacífico Oriental (PO). Fue un hecho que sorprendió a las autoridades y a la población en general por los efectos que causaron a la población y a la infraestructura de 21 entidades federativas (BBC News mundo, 2013; Bravo, 2013; CENAPRED, 2020) (65% de todo el territorio nacional), para los que se emitieron declaratorias de emergencia o desastre

(CENAPRED, 2013). Se ha documentado que 428 municipios fueron afectados (Sánchez-Rodríguez y Cavazos, 2015). La conjunción de ambos eventos ha sido de los más letales en la historia contemporánea del país en términos económicos y sociales (Farfán *et al.*, 2018; CENAPRED, 2020). Para el lunes 16 de septiembre de 2013, la BBC de Londres reportaba un saldo de 40 fallecidos a causa de ambos fenómenos (BBC News Mundo, 2013). Al final, tan solo por el CT Manuel, la cifra ascendió a 169 fallecidos (Farfán *et al.*, 2018) y un total de 192 por ambos eventos (Appendini *et al.*, 2017). Se reportaron daños por más de \$4.2 mil millones de dólares (\$5.7 mil millones en conjunto)

(Appendini *et al.*, 2017; Farfán *et al.*, 2018) y un estimado de 1 millón 677 mil 636 personas afectadas (CENAPRED, 2020). La conjunción de ambos CT es considerada uno de los eventos más letales y costosos en la historia contemporánea de México (Rodríguez-Sánchez y Cavazos, 2015).

La descripción de ambos eventos está muy bien documentada en la web (CENAPRED, 2013, 2020; CONAGUA, 2013a,b, 2023 a,c; Gómez del Campo-Gurza, 2013; Expansión, 2013; Quiroga-Cuellar *et al.*, 2013) y otras obras de interés general (Pedrozo-Acuña *et al.*, 2014; Sánchez-Rodríguez y Cavazos, 2015; Rosengaus-Moshinsky *et al.*, 2016; Rodríguez-Esteves, 2017; Appendini *et al.*, 2017; Farfán *et al.*, 2018). El estado más afectado, principalmente por lluvia, inundaciones y deslaves causados por Manuel, fue el estado de Guerrero. Una estación cercana al poblado La Pintada (Bravo, 2013), registró 832 mm de lluvia acumulada en tres días (Farfán *et al.*, 2018). La acumulación de lluvia en el estado tuvo consecuencias catastróficas sobre la población (Pedrozo-Acuña *et al.*, 2014), dejando varados a 40,000 turistas en el puerto de Acapulco para los que se implementó un puente aéreo con la participación de las secretarías de la Defensa Nacional, Marina y empresas privadas (CENAPRED, 2020).

Con base en información documentada de datos hidrológicos y meteorológicos, se hace un análisis de las características de ambos CT abordando dos temas sustanciales: 1) el diagnóstico de los efectos sobre la población e infraestructura y 2) el diagnóstico de los efectos sobre los sistemas naturales. Hacemos un esfuerzo por integrar mucha de la información en un solo trabajo para una mejor comprensión de ambos CT, enfocándonos en seis entidades federativas seleccionadas, ya sea por la dimensión de los efectos producidos o bien por recibir el impacto directo de las trayectorias sobre su territorio. Cinco estados se localizan en la vertiente del Pacífico (Guerrero, Michoacán, Colima, Jalisco, y Sinaloa) y uno más en la vertiente del Golfo de México (Tamaulipas). Lo anterior implica abordar sus amenazas y peligros como precursores de inundaciones, deslizamientos de tierra y fuertes vientos, y sus bondades como fuente de precipitaciones que contribuye al almacenamiento de las presas, la recuperación de acuíferos y el sostenimiento de la biodiversidad.

Este trabajo incide en las líneas temáticas 1 (bases de datos y disseminación de información) y 2 (análisis de procesos) de la Red de Desastres Asociados a Fenómenos Hidrometeorológicos y Climáticos de REDESClim del Consejo Nacional de Humanidades Ciencia y Tecnología (CONAHCYT).

## Diagnóstico meteorológico

### *Trayectoria*

Los CT Ingrid y Manuel se mantuvieron activos entre el 12 y 19 de septiembre de 2013 (Figura 1). Ingrid inició el día 12 sobre el sur del Golfo de México, como la depresión tropical 10, frente al estado de Campeche. Por la mañana del día 13 se convirtió en tormenta tropical y para el 14 ya era un huracán (categoría 1) después de haberse desplazado mediante una trayectoria variable sobre el centro del golfo. Finalmente, como tormenta tropical, llegó a la costa de Tamaulipas el 16 de septiembre en el municipio de Soto La Marina que en 2015 contaba con 25,419 habitantes (INEGI, 2015a).

El ciclón tropical Manuel inició el día 13 sobre el Océano Pacífico oriental, como la depresión tropical 13-E, a unos 200 kilómetros al sur de Acapulco. Ese mismo día se convirtió en tormenta tropical mientras su centro se desplazaba al noroeste. El 15 de septiembre llegó a la costa de Michoacán al sureste del poblado Cachán de Echeverría en el municipio de Aquila que en 2015 contaba con 24,864 habitantes (INEGI, 2015b). Después de haber cruzado los estados de Colima y Jalisco se desplazó sobre el Golfo de California para llegar a la costa de Sinaloa, cerca de Culiacán, como un huracán (categoría 1).

### *Intensidad de vientos*

La Figura 1b muestra una serie de tiempo con los reportes de magnitud del viento, cada 6 horas, estimados durante el desarrollo de Ingrid y Manuel. Esto permite identificar el periodo de intensificación de Ingrid, desde el 12 al 15 de septiembre, cuando el viento máximo alcanzó hasta 140 km/h correspondiendo a un huracán de categoría 1; mientras que Manuel se mantuvo como tormenta tropical al alcanzar solamente un máximo de 111 km/h hasta su llegada a la costa de Michoacán. En el caso de Manuel (Figura 1b), la intensidad de los vientos disminuyó mientras

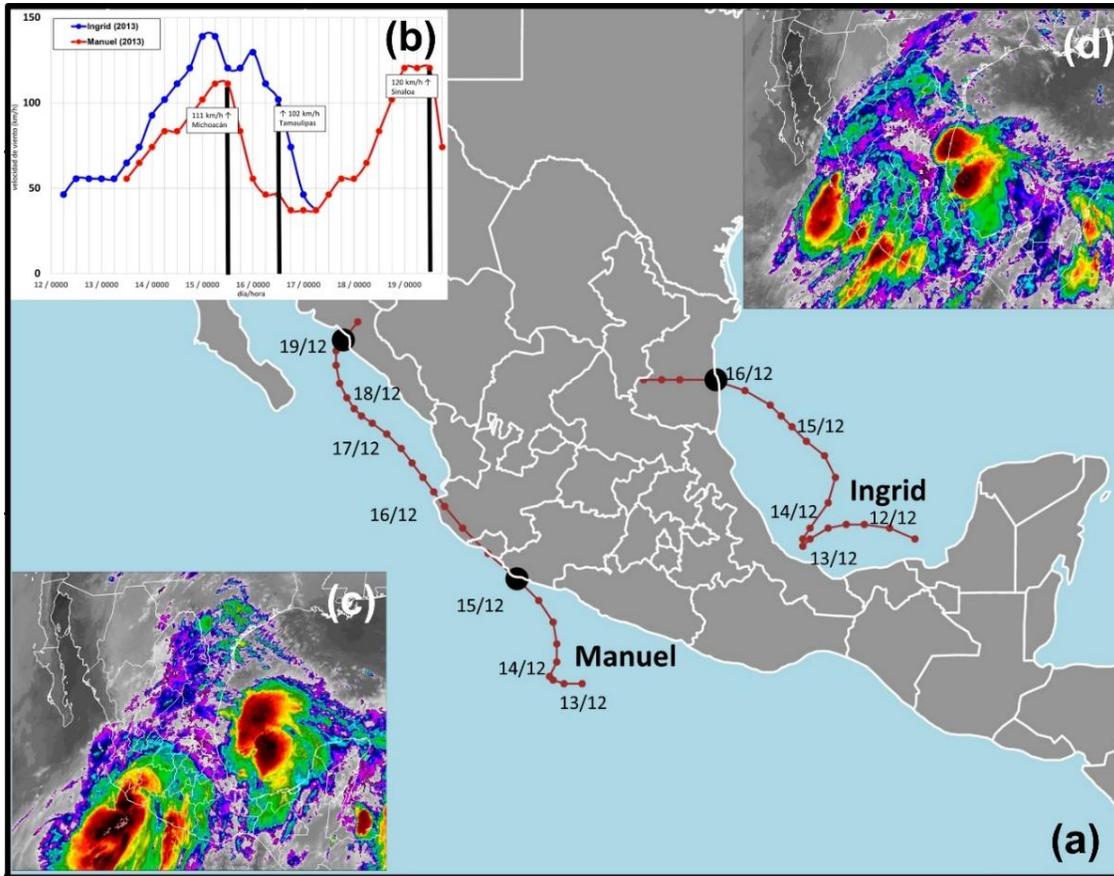


Figura 1. (a) Posiciones de trayectorias (cada 6 horas), de los ciclones tropicales Manuel e Ingrid en el periodo 12–19 de septiembre, 2013. Los números indican el día y hora (en horario Tiempo Universal Coordinado UTC) para algunas posiciones como referencia. Los puntos negros indican el sitio de llegada a la costa; (b) Serie de tiempo del viento máximo (km/h) asociado al desarrollo de cada ciclón tropical. Las barras verticales indican el momento de entrada a tierra de cada ciclón. Datos publicados por el Centro Nacional de Huracanes (<https://www.nhc.noaa.gov>) e imágenes del satélite GOES13 banda infrarroja para (c) hora 12 del día 15 de septiembre y (d) hora 12 del día 16.

cruzaba el continente, en tanto Ingrid ya mostraba signos de debilitamiento desde el 15 de septiembre cuando se acercaba a la costa de Tamaulipas y entraba a tierra con 102 km/h. Solamente en el caso de Manuel hubo un periodo adicional de intensificación sobre el Golfo de California donde se fortaleció para alcanzar 120 km/h (categoría 1) cruzando, por segunda ocasión a México, por la costa de Sinaloa.

#### Imágenes de satélite

Las Figuras 1c y d, muestran imágenes de satélite geoestacionario del 15 (Figura 1c) y 16 (Figura 1d) de septiembre, cuando ambos ciclones tropicales se encontraban cerca de las costas de México. La posición de Manuel era tal que llegaría a la costa en las siguientes 12 horas, pero

desde ese momento ya se empezaban a presentar bandas de lluvia intensa en la región oriental del estado de Guerrero, así como en el occidente de Oaxaca; al entrar a tierra la nubosidad intensa cubría la costa y centro de Guerrero (Figura 1c) disminuyendo en el interior del continente a lo largo del frente entre los dos ciclones. En cambio, Ingrid que se encontraba sobre el Golfo de México llegó a tierra 24 horas después (Figura 1d) con regiones de nubosidad profunda que cubrían el centro y sur de Tamaulipas, además de una región adicional frente al norte de Veracruz.

#### Materiales y métodos

Para este trabajo se consultaron diversas fuentes de acceso libre. Los datos de ciclones tropicales de la Administración Nacional Oceánica y

Atmosférica (NOAA, por sus siglas en inglés: <https://www.nhc.noaa.gov/data/>); datos de trayectorias históricas de huracanes: <https://coast.noaa.gov/hurricanes/#map=4/32/-80> y del archivo internacional de las mejores trayectorias para la gestión del clima (IBTrACS, por sus siglas en inglés: <https://ibtracs.unca.edu/index.php>). Se obtuvieron imágenes de satélite geostacionario (GOES, por sus siglas en inglés, Goodman *et al.*, 2018); Datos del Índice de Vegetación Mejorado (EVI, por sus siglas en inglés, Gorelick *et al.*, 2017, Huete *et al.*, 2022, [https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/MODIS\\_MCD43A4\\_006\\_EVI](https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/MODIS_MCD43A4_006_EVI))

El EVI se genera a partir de las bandas del infrarrojo cercano, rojo y azul. Este índice minimiza las variaciones de cubierta vegetal, mantiene la sensibilidad sobre vegetación densa e incluye corrección atmosférica con filtros para el agua, nubes y sombras. También se consultaron los datos de declaratorias (CENAPRED, 2013, 2023); datos hidrológicos del Banco Nacional de Datos de Aguas Superficiales (BANDAS): <https://app.conagua.gob.mx/bandas/>; datos de presas: <https://sinav30.conagua.gob.mx:8080/Presas/>; datos de pozos: <https://sigagis.conagua.gob.mx/rp20/>, y datos históricos de estaciones meteorológicas convencionales: (<https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica/informacion-estadistica-climatologica>).

Para el análisis, se construyeron tablas y figuras que sintetizan la información consultada en dos temas: 1) el diagnóstico de los efectos sobre la población e infraestructura, y 2) el diagnóstico de los efectos sobre los sistemas naturales. Nos enfocamos en seis estados, cinco localizados en la vertiente del Pacífico y 1 en la vertiente del Golfo de México (Figura 2).

## Resultados

El análisis realizado en este trabajo con base en los datos de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA, por sus siglas en inglés, Landsea y Franklin, 2013), muestra que entre 1949 y 2022 han sido 10 las ocasiones en que dos

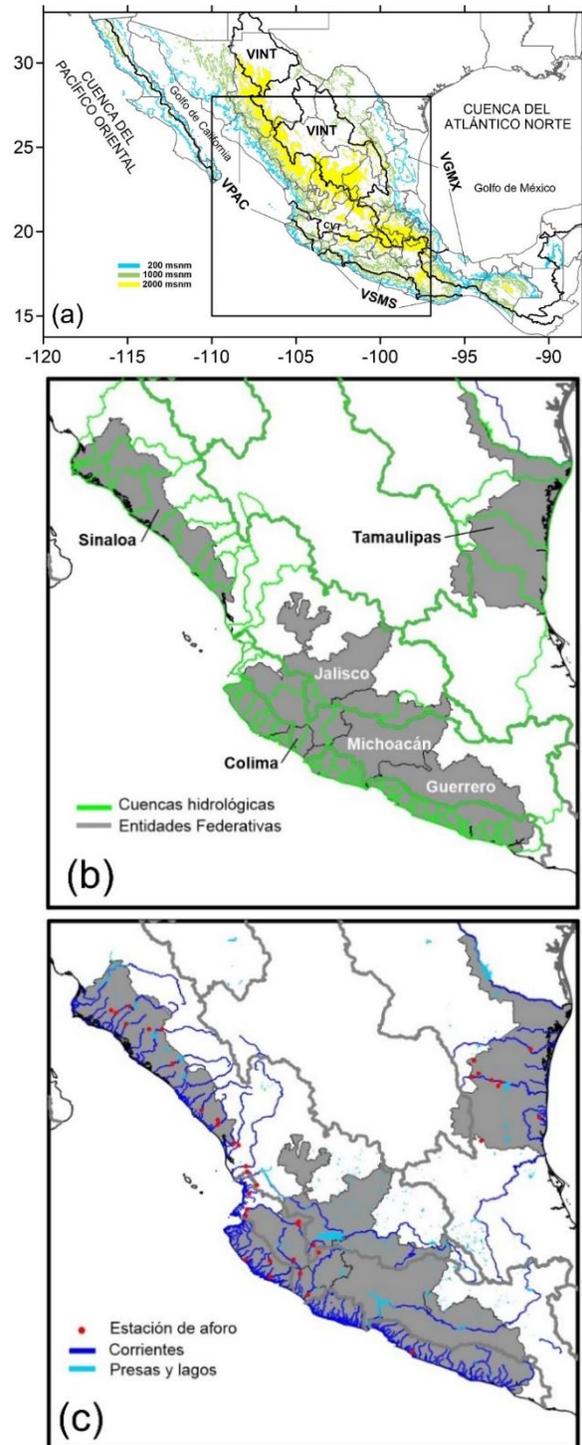


Figura 2. (a) Relieve del terreno y principales vertientes en territorio mexicano; (b) Cuencas hidrológicas y estados seleccionados, y (c) Principales corrientes que cruzan los estados afectados. VPAC: vertiente del Pacífico, VGMX: vertiente del Golfo de México, VSMS: vertiente de la Sierra Madre del Sur, VINT: vertientes interiores.

CT ingresaron de manera concurrente a territorio mexicano (Tabla 1, Figura 3).

En tres ocasiones, la concurrencia tuvo lugar con huracanes mayores en la cuenca del AN. Por ejemplo, Inez en 1966 y Felix en 2007, ambos alcanzaron categoría 5 durante su desarrollo, y Ella, en 1970, que alcanzó la categoría 3 (Tabla 1). Estos tres huracanes concurrieron con la tormenta tropical Lorraine, en 1966, y el huracán categoría 1 Henriette, en 2007, y la tormenta tropical Orlene, en 1970, respectivamente. En particular, la conjunción entre Inez en el AN y Lorraine en la cuenca PO, en 1966, ocurrió cuando Inez pasó bordeando la costa de la

tormenta tropical Lorraine, en 1966, y el huracán categoría 1 Henriette, en 2007, y la tormenta tropical Orlene, en 1970, respectivamente. En particular, la conjunción entre Inez en el AN y Lorraine en la cuenca PO, en 1966, ocurrió cuando Inez pasó bordeando la costa de la Península de Yucatán el día 7 de octubre, afectando severamente al estado como huracán categoría 2, pero sin entrar a tierra. Fue hasta el 10 de octubre que Inez ingresó por Tamaulipas como huracán categoría 3. Como se observa en la Tabla 1, la afectación entre pares de eventos ocurrió con una diferencia de un día en 1958, 1965, 1978, 1999 y 2013, y de dos días en 1966, 1970, 1981, 2003 y 2007.

El CT Manuel entro dos veces a tierra. Los datos históricos indican que son 29 eventos los que han ingresado a tierra más de una vez del lado de la cuenca del PO (Figura 4, Tabla A1) y 30 eventos, del lado de la cuenca AN (Figura 5, Tabla A2). Más aún, en la cuenca del PO, Jimena (2009) y Lorena (2019), ingresaron tres veces a tierra, mientras que Marty (2003), ingresó cuatro veces a tierra (Tabla A1).

#### *Diagnóstico de efectos sobre la población e infraestructura*

Según la información consultada (CENAPRED, 2013, 2020; CONAGUA 2013a,b; CONAGUA, 2023c), los costos a la población y daños a la infraestructura asociados a los efectos de los CT Ingrid y Manuel ascendieron a un estimado de 5.7 mil millones de dólares (de 2013), cifra solo superada en 2010 que fue de unos 7.5 mil millones de dólares (Brito-Castillo *et al.*, 2015), asociada a varios eventos de lluvias torrenciales en el mes de febrero que provocaron inundaciones en Michoacán, estado de México y Ciudad de México. A esto, se sumaron los impactos del huracán Alex a principios de junio afectando a Tamaulipas, Nuevo León y Coahuila; las inundaciones y deslaves en Oaxaca, Chiapas y Veracruz y las inundaciones que por tercera vez consecutiva afectaban al estado de Tabasco.

*Declaratorias de desastre:* En la Figura 6 se muestra la distribución de municipios afectados por el impacto de los CT Ingrid y Manuel entre el 9 y 30 de septiembre de 2013 (Tabla 2), según el

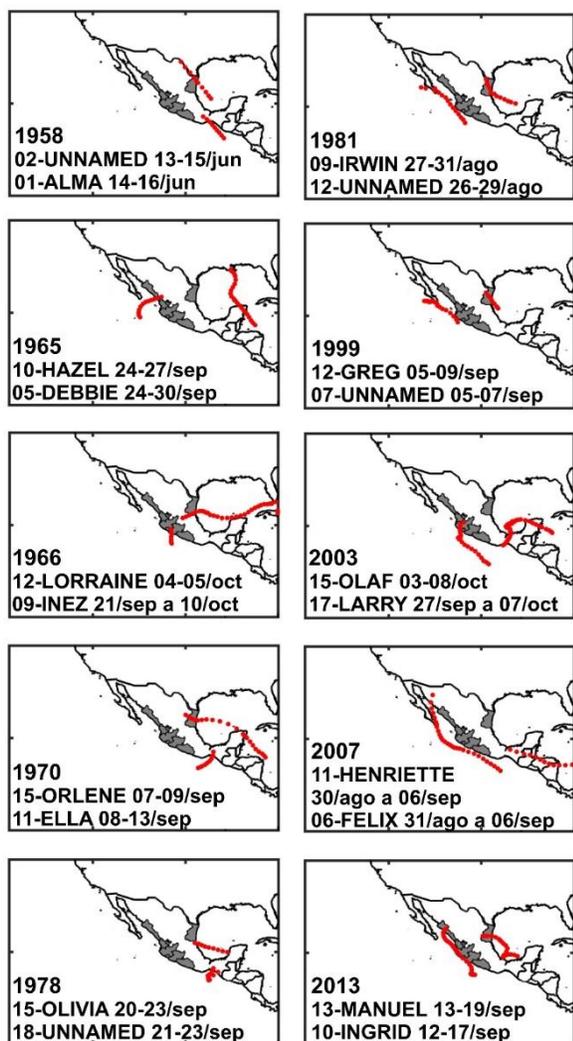


Figura 3. Trayectorias de CT que afectaron al territorio mexicano de manera concurrente desde el Pacífico Oriental (Línea superior) y Atlántico Norte (línea inferior), entre 1949 y 2022.

	Año	Nombre (EP)	IM	Día-mes	No. Evento	Nombre (AL)	IM	Día-mes	No. Evento
1	1958	Unnamed (EP)	TS	14-jun	02	Alma (GM)	TS	15-jun	01
2	1965	Hazel (EP)	TS	26-sep	10	Debbie (CS-GM)	TS	25-sep	05
3	1966	Lorraine (EP)	TS	5-oct	12	Inez (CS-GM)	H5	7-oct*	09
4	1970	Orlene (EP)	TS	8-sep	15	Ella (CS-GM)	H3	10-sep	11
5	1978	Olivia (EP)	H1	22-sep	15	Unnamed (GM)	TD	23-sep	18
6	1981	Irwin (EP)	TS	30-ago	09	Unnamed (GM)	TD	28-ago	12
7	1999	Greg (EP)	H1	7-sep	12	Unnamed (GM)	TD	6-sep	7
8	2003	Olaf (EP)	H1	7-oct	15	Larry (CS-GM)	TS	5-oct	17
9	2007	Henriette (EP)	H1	4-sep	11	Felix (CS)	H5	6-sep**	06
10	2013	Manuel (EP)	H1	15-sep	13	Ingrid (GM)	H1	16-sep	10

Tabla 1. Lista de ciclones concurrentes que impactaron a México desde ambas cuencas oceánicas entre 1949 y 2022. EP: Océano Pacífico; AL: Océano Atlántico; GM: Golfo de México; CS: Mar Caribe; IM: Intensidad máxima. \*Inez 1966 –pasó bordeando la costa de Yucatán el día 7 de octubre como categoría 2, y entró a tierra el 10-oct al sur de Tamaulipas, como categoría 3. \*\* Día en que estuvo en tierra en México, un día antes entró por Belice. Fuente: Elaboración propia con datos de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (<https://www.nhc.noaa.gov/data/>); Trayectorias históricas de huracanes <https://coast.noaa.gov/hurricanes/#map=4/32/-80>, y corroborado a través del Archivo internacional de las mejores trayectorias para la gestión del clima (<https://ibtracs.unca.edu/index.php>).

tipo de declaratoria emitida en el Diario Oficial de la Federación (CENAPRED, 2023). Como se observa en la Figura 6 y Tabla 2, en los estados de Guerrero y Colima se emitieron declaratorias de desastre en el 100% de sus municipios, todas por lluvias severas, poniendo en evidencia el enorme impacto que estas entidades sufrieron durante el paso de Manuel.

Le sigue en afectación el estado de Tamaulipas, donde el 77% de sus municipios fueron afectados por el paso del CT Ingrid, también causadas por lluvias severas (Tabla 2). En Michoacán (Jalisco), se emitieron declaratorias de desastre por inundación (lluvias severas), en el 9% (23%) de sus municipios. Cabe destacar que Sinaloa y Tamaulipas fueron los únicos Estados donde se emitieron declaratorias de emergencia y desastre en los mismos municipios. En términos de perturbación, los seis estados resaltados en la Figura 6, representan aquellas regiones de mayor afectación debido a los fuertes vientos, precipitación, inundaciones y deslaves asociados al paso e impacto simultáneo de los CT Ingrid y

Manuel. Según las fuentes oficiales, en el resto del país, sin contar a los ya mencionados, se emitieron declaratorias de desastre por inundación, lluvia severa y movimiento de ladera en 33, 171 y 14 municipios, respectivamente.

*Población:* A nivel estatal, Guerrero fue la entidad más impactada (CENAPRED, 2013; Gómez del Campo-Gurza, 2013; Expansión, 2013; Quiroga-Cuellar *et al.*, 2013) con cerca de 24 mil millones de pesos en pérdidas, equivalente a 10.8% del Producto Interno Bruto (PIB) de la entidad. El número de decesos ascendió a 105 (Tabla 3), gran parte de ellos fue a causa de deslaves detonados por las lluvias torrenciales que trajo consigo el CT Manuel. De los 71 decesos registrados en la localidad de La Pintada 32% fueron del sexo femenino y el restante 68% masculino; los rangos de edad variaron considerablemente. El municipio más afectado en este rubro fue Atoyac de Álvarez.

En el sector ganadero (considerado de traspatio, como bovinos, ovinos, caprinos, porcinos, aves y

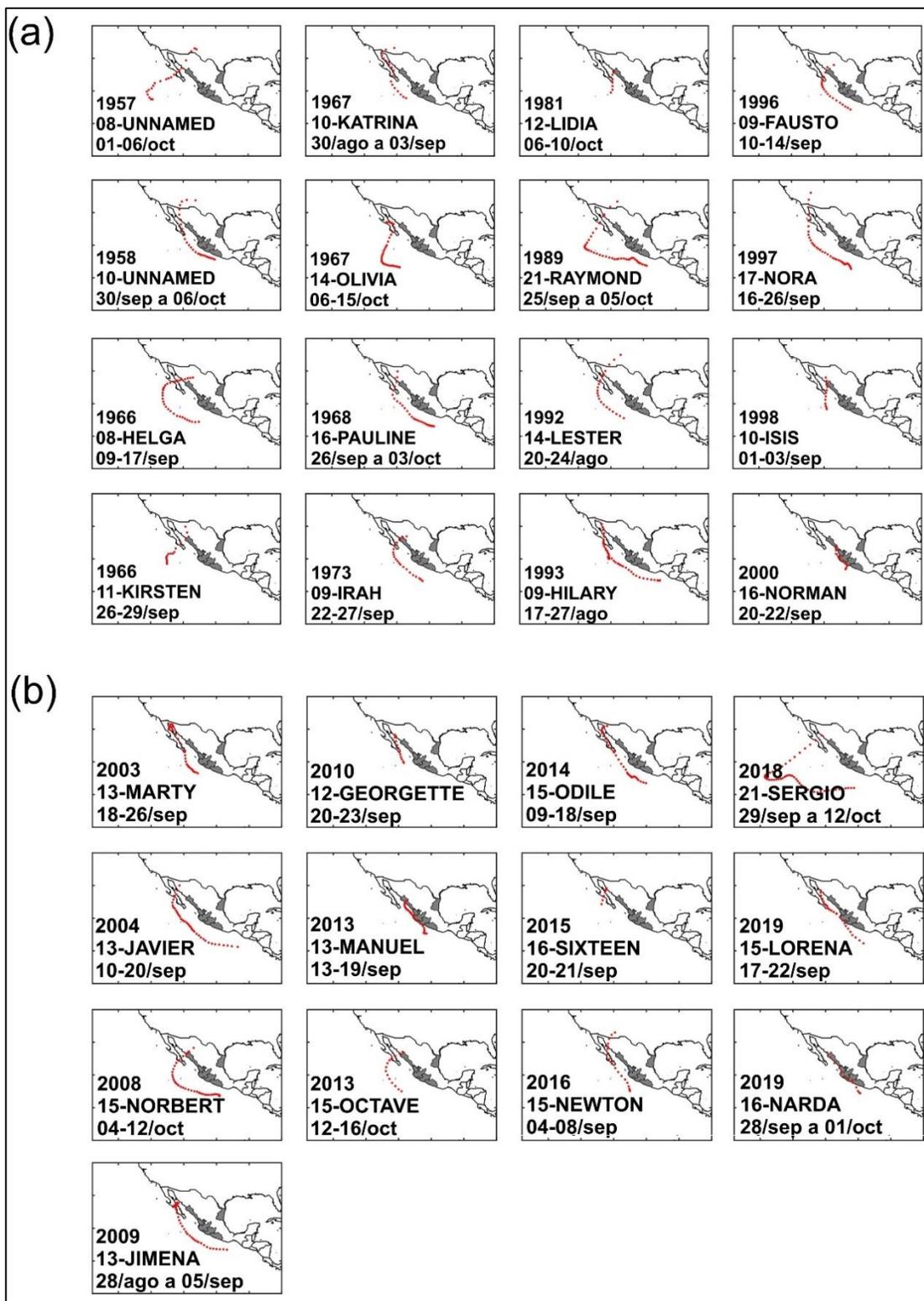


Figura 4. Ciclones tropicales que han ingresado a territorio mexicano desde la cuenca del Océano Pacífico oriental tropical más de una vez; (a) entre 1949–2000; (b) 2001–2022.

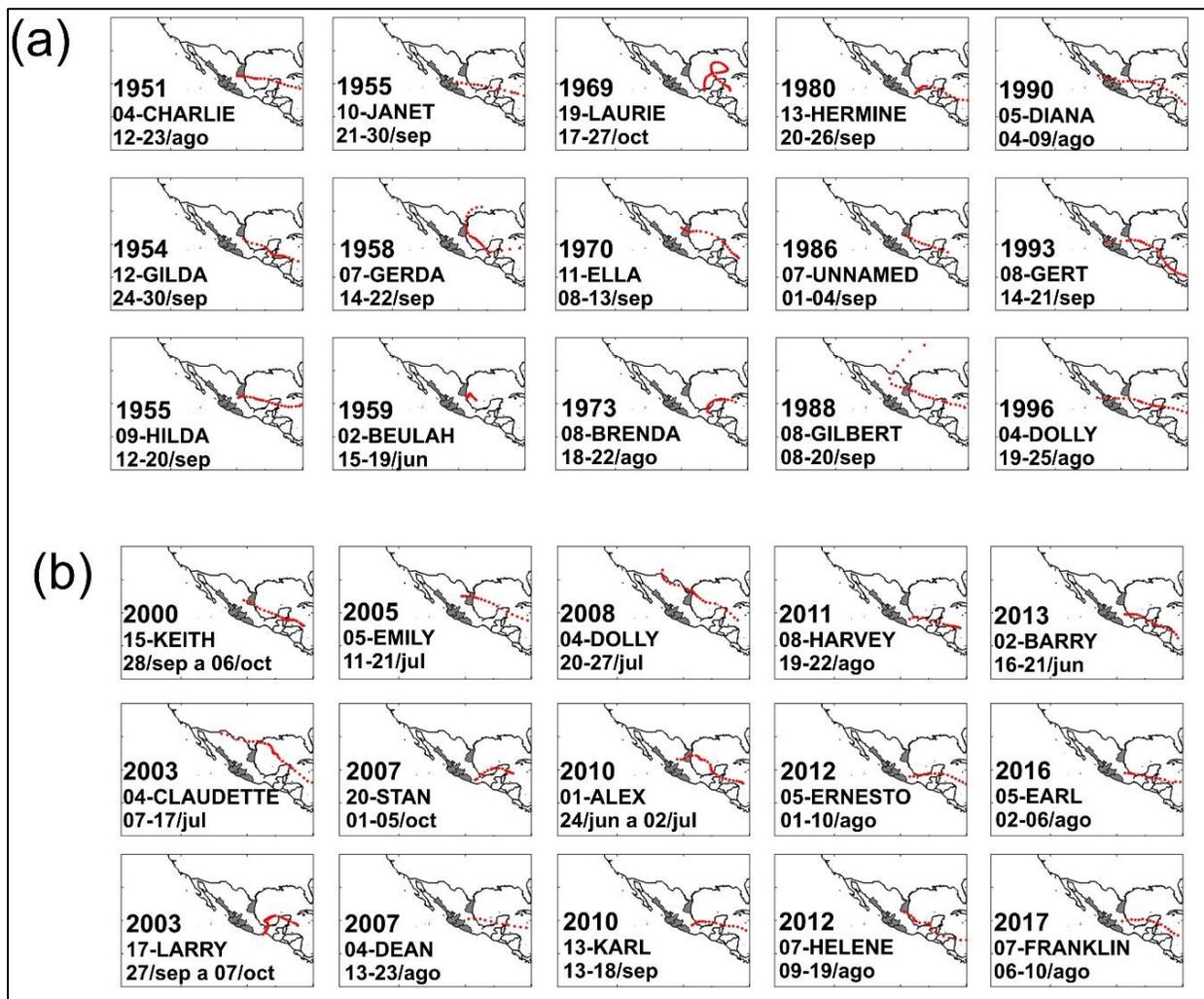


Figura 5. Igual que Figura 4, pero del AN, (a) entre 1949–1999 y (b) 2000–2022.

Entidad Federativa	Total Municipios	Emergencia y desastre Cantidad (%)	Desastre Cantidad (%)
Guerrero	81	73 (90)	81 (100)
Michoacán	113	9 (8)	10 (9)*
Jalisco	125	21 (17)	29 (23)
Colima	10	7 (70)	10 (100)
Sinaloa	18	9 (50)	9 (50)
Tamaulipas	43	33 (77)	33 (77)
<b>Total</b>	<b>390</b>	<b>152 (39)</b>	<b>172 (44)</b>

Tabla 2. Número de municipios con declaratoria de Emergencia y Desastre para cinco estados en la vertiente del Océano Pacífico y uno (Tamaulipas), en la vertiente del Golfo de México. Entre paréntesis se indica el porcentaje correspondiente respecto del total por estado o en su conjunto. \*Todas las declaratorias de desastre fueron declaradas por lluvias severas, excepto en Michoacán que fueron por inundación. Fuente: Elaboración propia con datos de CENAPRED (2023).

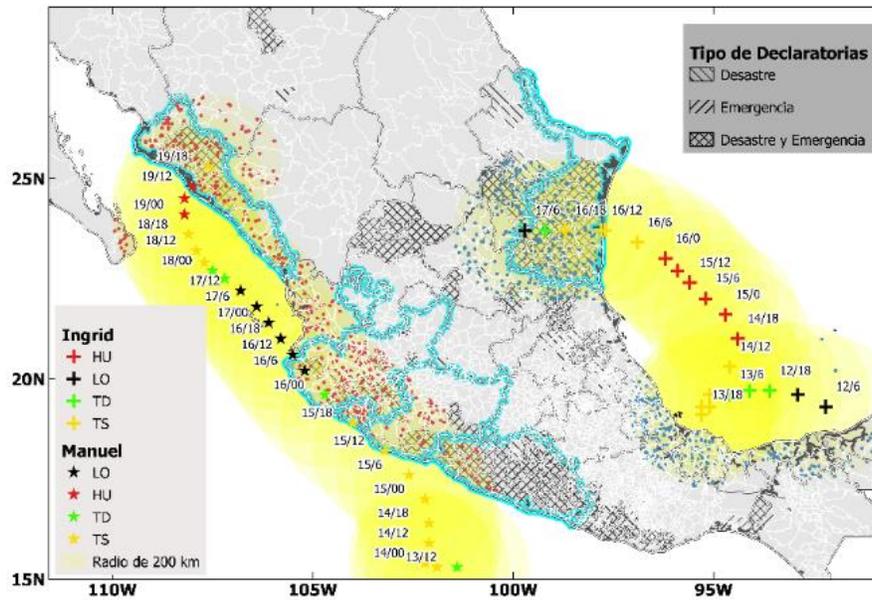


Figura 6. Distribución de municipios según el tipo de declaratoria emitida en el Diario Oficial de la Federación del Gobierno mexicano. Se resalta en azul el contorno de seis estados identificados en las costas del Pacífico y Golfo de México. En amarillo están sombreadas las áreas dentro de un radio de 200 km alrededor de las posiciones (c/6h) de trayectoria de cada ciclón. Los puntos en rojo y azul muestran la distribución de estaciones meteorológicas ubicadas dentro de ese radio.

colmenas), se estimaron afectaciones en más de 100,000 unidades animal. De ellas, 45,000 se reportan en Guerrero; 25,000, en Oaxaca; 20,000 en Veracruz; 9,000, en Michoacán; 4,000, en Jalisco, y 3,000, en Sinaloa. La Secretaría de Educación Pública informó que 43,000 escuelas en 17 entidades tuvieron que suspender clases por las tormentas. Por primera vez en 28 años se instaló el Comité Nacional de Emergencias que agrupó a todas las dependencias federales, como mecanismo de decisión, coordinación y cooperación para la atención de este tipo de emergencias (*Expansión*, 2013).

Los efectos de los huracanes Ingrid y Manuel, pueden considerarse por su magnitud, los más graves en la historia reciente del país, afectando a 1 millón 200 mil mexicanos en 552 municipios del país.

**Infraestructura:** Según información del CENAPRED (2020, 2023), la infraestructura perteneciente a los sectores de comunicaciones y transportes, eléctrica y urbana padecieron el 58% de pérdidas siendo de las más perjudicadas en términos económicos durante el impacto de Ingrid

y Manuel. El 34.7 % de pérdidas se acumuló en sectores sociales (Tabla 3) como vivienda (12 mil 787 viviendas afectadas), salud (53 unidades de salud) y educación (1 905 planteles educativos) y el 4.4% en sectores productivos asociados a pequeños productores (19 552 empresas o comercios destruidos y 151 071 hectáreas agrícolas afectadas).

El sector más afectado en Guerrero fue el de comunicaciones y transportes con 48.9%, seguido de la infraestructura hidráulica con 24.8% y el sector educativo con 11.8%. Unas 10,497 viviendas sufrieron algún tipo de afectación; fue notable cómo 38% requirió reconstrucción total, mientras que 21%, reubicación, los restantes fueron los daños parciales y menores con 25 y el 16%, respectivamente. En cuanto a las afectaciones a la infraestructura pública de salud, fueron contabilizadas un total de 35 unidades de salud dañadas, en seis de las siete jurisdicciones sanitarias que existen en el estado. Dentro de los sectores sociales, la infraestructura hidráulica fue la que tuvo una mayor participación en las afectaciones totales originadas por Manuel con

Estado	Defunciones	Viviendas dañadas	Escuelas dañadas	Unidades de salud dañadas	Total de daños (mdp)
Guerrero	105	10497	510	35	23441
Sinaloa	3	404	1027	8	3039.6
Nuevo León	1	575	196	0	2445.9
Durango	0	62	35	0	2437.9
Hidalgo	4	154	62	9	1357.5
Tamaulipas	3	346	36	1	1059.3
Michoacán	3	749	39	0	1048.0
<b>Total</b>	<b>119</b>	<b>12787</b>	<b>1905</b>	<b>53</b>	<b>23441.0</b>

Tabla 3. Daños y pérdidas por ciclones tropicales Ingrid y Manuel en 2013. Fuente. Elaboración propia con datos del CENAPRED (2013); *Expansión* (2013); Quiroga-Cuellar *et al.* (2013) y Gómez del Campo-Gurza (2013).

24.8%. Aproximadamente 95% de la red federal libre de peaje presentó algún tipo de perjuicio en 37 puntos medulares, mientras que, de 10 puentes, seis se colapsaron y cuatro tuvieron daños parciales. En total, 109 puentes de injerencia estatal en distintos niveles fueron afectados. No se había tenido tal cantidad por un fenómeno desde el huracán Stan en Chiapas en el año 2005 con 253. El sector de la pesca sufrió perjuicios en la de tipo ribereña, principalmente, por la destrucción de 664 embarcaciones; el monto de afectaciones se estimó en 6.6 millones de pesos afectando a productores dedicados en su mayoría a la obtención de tilapia, especie que fue la más afectada.

En Sinaloa se vieron afectados más de 1,300 kilómetros de carreteras estatales (30%), 62 puentes dañados, 404 viviendas dañadas, 1,027 escuelas con daños en su infraestructura, 500 edificios empresariales, algunos tramos de vías férreas; también afectaciones en 147 mil hectáreas de cultivos diversos, 2,200 hectáreas de cultivo de camarón y daños en la red hidroagrícola y algunos desbordamientos de ríos y canales en Culiacán. En Culiacán, Navolato, Mocorito y Angostura, el 50% de la infraestructura urbana quedó dañada.

#### *Diagnóstico de efectos sobre sistemas naturales*

Además de los efectos adversos que provocan sobre la población y la infraestructura, los CT son una fuente importante de precipitaciones para el almacenamiento de presas, recuperación de acuíferos y sostenimiento de la biodiversidad. En

este apartado, tratamos brevemente el efecto de Ingrid y Manuel sobre los sistemas naturales.

*Lluvia:* En la Figura 7a se muestra la lluvia acumulada del 15 de septiembre de 2013. Las mayores acumulaciones en 24 hrs. ocurrieron en Guerrero, estado que recibió el mayor impacto por inundaciones, deslaves y afectación sobre la población. Para los días 16 y 17 los máximos de precipitación se registraron en los estados de Colima (Manuel) y Tamaulipas (Ingrid), respectivamente. Para el 18 y 19 de septiembre, Manuel continuó su trayectoria hacia el estado de Sinaloa dejando serias afectaciones por inundaciones, principalmente en Culiacán, capital del estado. Finalmente, el 20 de septiembre la intensidad de la lluvia disminuyó por debajo de los 50 mm en casi la totalidad de los municipios dentro de los seis estados analizados.

*Caudales:* En la Figura 7b se muestran algunas series de caudal provenientes de estaciones de aforo localizadas a <200 km de las trayectorias de Ingrid y Manuel que muestran incrementos considerables entre el 6 y 24 de septiembre de 2013. Las observaciones de caudal en las corrientes muestran incrementos importantes (>200% en comparación con su media histórica) durante la trayectoria de Ingrid y Manuel (Figura 7b), con máximos de caudal desfasados entre uno y cuatro días de la entrada a tierra, dependiendo de la localización de la corriente (Tabla A3). Los incrementos en el caudal provocaron que muchas de las corrientes de la vertiente del Pacífico se desbordaran inundando pueblos y ciudades,

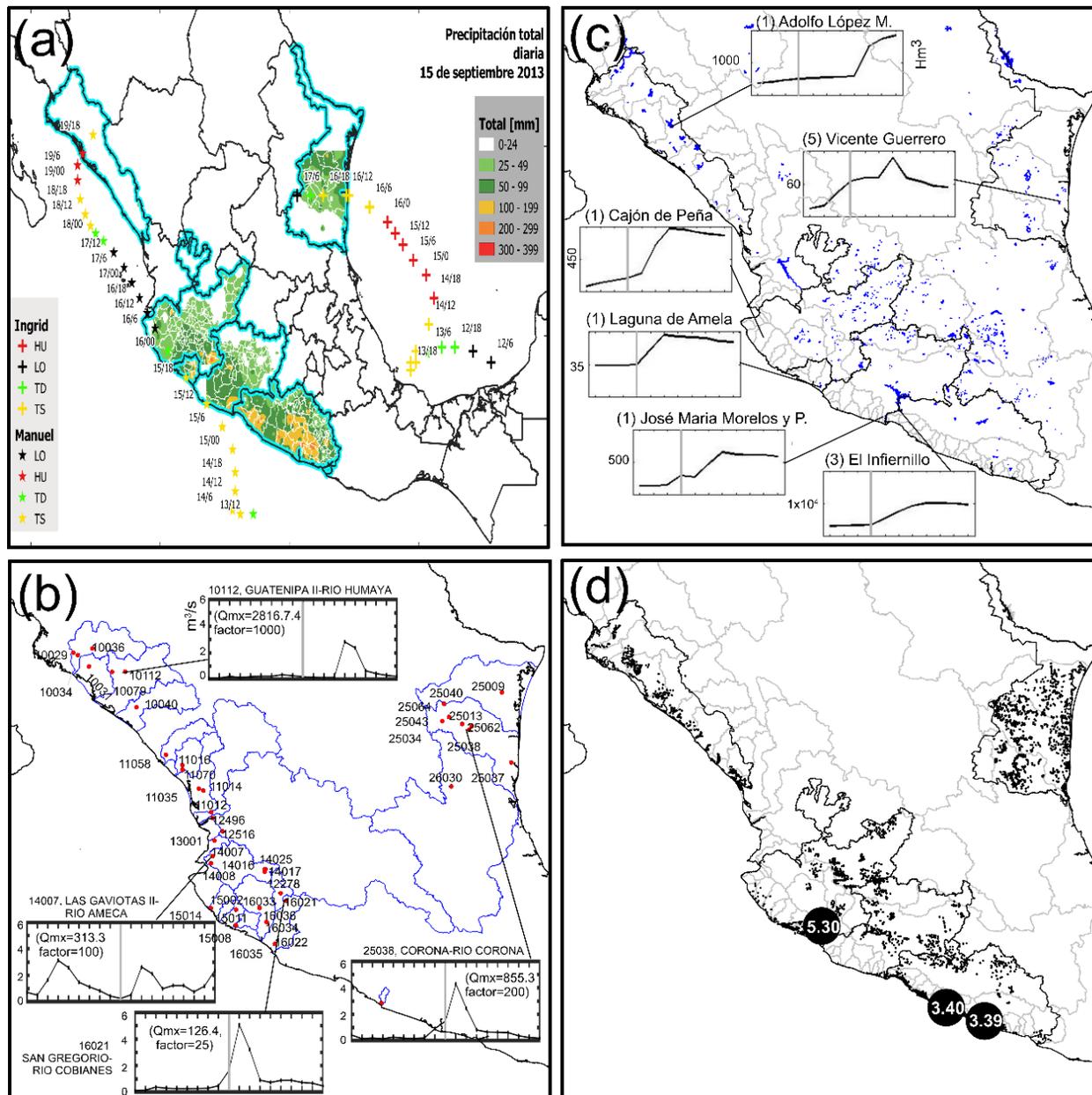


Figura 7. (a) Precipitación acumulada el día 15 de septiembre de 2013 y trayectorias de Ingrid y Manuel; (b) Estaciones de aforo (puntos rojos) en diferentes cuencas hidrológicas y series de caudal ( $m^3/s$ ) de cuatro estaciones de aforo, en el período 6–24 de septiembre de 2013. Los valores de caudal se deben multiplicar por el factor indicado en cada serie para obtener su valor real; (c) Localización de presas y series de volúmenes de almacenamiento de cinco presas, en el período 12–22 de septiembre de 2013; (d) Pozos (puntos) localizados en seis estados afectados durante las trayectorias de Manuel e Ingrid. Los círculos con un número en el centro muestran la diferencia de profundidades (en m) entre media histórica de cada pozo menos el valor registrado en 2013, de dos pozos en Guerrero y uno en Colima. En (c) y (d) la barra vertical indica el día 15 de septiembre y cada división es de un día.

principalmente las localizadas cerca de las planicies costeras, como fueron los casos de Acapulco, Gro., en el sur, y Culiacán, Sin., en el norte.

*Presas:* La Figura 7c muestra algunas series de volúmenes de almacenamiento en presas entre el 12 y 22 de septiembre de 2013. Como se puede observar, incrementos considerables en el almacenamiento de las presas sucedieron pocos días después de la entrada de Manuel a tierra, el 15 de septiembre. Las lluvias torrenciales contribuyeron a que algunas presas mostraran incrementos superiores al 100% en 24 hrs. (Tabla A4) como sucedió con las presas La Calera, en la cuenca del Río Balsas (152%) y Lic. Eustaquio Buelna, en el Río Evora (208%), Sinaloa. Los datos existentes muestran que los aumentos en el almacenamiento de las presas localizadas en los seis estados analizados, estuvieron en un rango de entre 3% y 208% en 24 hrs. (Tabla A4) y que el almacenamiento máximo se alcanzó entre 3 y 5 días posterior a la entrada del CT Manuel en el PO.

*Acuíferos:* En la Tabla 4, se muestra un resumen de la cantidad de pozos registrados en los estados seleccionados en este estudio. Se pueden consultar de manera libre los registros históricos de niveles piezométricos en los distintos pozos

que hay en el país (CONAGUA, 2023b). Como es de notar en la Figura 7d, la diferencia entre la profundidad media histórica y el registro observado de la profundidad en 2013 muestra valores positivos en tres pozos para los cuales fue posible contar con datos (Tabla 5). Dos se localizan en el estado de Guerrero (núm. 14995-acuífero La Sabana y 14824-acuífero Tecpan) y uno en el estado de Colima (3022-Colima). Una diferencia positiva en la profundidad indica que hay recuperación del nivel del agua, puesto que entonces la profundidad media histórica es mayor a la registrada en 2013; es decir, el nivel del agua en 2013 fue menos profunda.

*Vegetación:* Además del beneficio que producen los CT sobre el almacenamiento de las presas y la recuperación de acuíferos, se encuentra la disponibilidad de agua para el sostenimiento de la biodiversidad, en particular, la vegetación. Para analizar los cambios producidos en la vegetación, en la Figura 8, se muestra el comportamiento de las anomalías del índice de vegetación mejorado (EVI, por sus siglas en inglés) calculadas como la diferencia entre el valor observado en septiembre de 2013 menos la media histórica (2000–2014), omitiendo septiembre de 2013. Las anomalías positivas del EVI (zonas en verde, Figura 8), definen un aumento en el verdor de la vegetación como respuesta a la disponibilidad de agua.

No.	Estado	Cantidad de Pozos	Total de Observaciones	Año inicial	Año final	2013
1	Colima	297	1200	1996	2016	9
2	Guerrero	692	765	2002	2013	261
3	Jalisco	489	621	1996	2018	0
4	Michoacán	375	372	2001	2013	40
5	Sinaloa	409	4190	1997	2021	0
6	Tamaulipas	1085	1351	2001	2021	0

Tabla 4. Información de pozos de seis estados afectados en septiembre de 2013 por la ocurrencia de los ciclones tropicales Manuel (13–19) e Ingrid (12–17). Se muestra el total de pozos por estado; el número de registros acumulados de niveles piezométricos en el conjunto de pozos; el año más antiguo y más reciente de niveles piezométricos reportados. La última columna, muestra el número de pozos que reportaron el nivel piezométrico en 2013.

Año Inicial: año en que inicia el registro; Año final: último año de registro disponible. Total de observaciones: corresponde al acumulado de registros de niveles piezométricos de todos los pozos, en todos los años. La última columna indica el total de observaciones disponibles en 2013.

Fuente: Elaboración propia con datos disponibles de CONAGUA (2023).

Longitud	Latitud	N	Acuífero	Estado	Prof. 2013 (m)	Variación* (m)
-99.8283	16.9043	14995	La Sabana	Guerrero	3.30	3.39
-100.7496	17.2286	14824	Tecpan	Guerrero	4.14	3.40
-103.7481	19.1939	3022	Colima	Colima	3.80	5.30

Tabla 5. Tres pozos de referencia que disponen de datos, que muestran cambios en la profundidad del agua en 2013 en relación con la media histórica.

\*Es la diferencia entre la profundidad media histórica menos la profundidad observada en 2013

Fuente: Elaboración propia con datos de CONAGUA (2023).

El caso opuesto, es decir, las anomalías negativas (zonas en rojo, Figura 8), indican estrés de la vegetación por deshidratación, daños por caída de árboles o defoliación por ráfagas de viento, condiciones que se ven reflejadas por la disminución en el verdor. Como se puede observar en la Figura 8, en un radio de 200 km a partir de las posiciones de las trayectorias de Manuel e Ingrid, sombreadas en amarillo, resaltan varias zonas de anomalías positivas en la vegetación. Esto se observa en Tamaulipas, la Península de Baja California, Durango, Zacatecas y San Luis Potosí, incluso Chihuahua, muy al interior del continente.

## Discusión

En el mundo, han sido pocos los países que han recibido el impacto de CT desde dos cuencas oceánicas diferentes, México es uno de esos países (Rivera-Monroy *et al.*, 2020). El otro país es Australia (Haig *et al.*, 2014), localizado entre el Océano Pacífico Sur y el Océano Índico. El CT Ingrid, por ejemplo, entró a tierra desde la cuenca AN y Manuel, desde la cuenca del PO. Si bien la cuenca del AN cubre un amplio territorio desde la costa occidental de África hasta el Mar Caribe y Golfo de México, es menos productiva por unidad de área en la formación de CT que ingresan a territorio mexicano, que la cuenca del PO (Farfán *et al.*, 2015).

Aun cuando la trayectoria de Manuel tuvo un desplazamiento lento (8 km/hr) la convergencia de flujo húmedo en la costa, concentró aire húmedo sobre el centro y sur de México, favoreciendo el desarrollo de nubes profundas y bandas de lluvia intensa hacia el oriente del estado que contribuyeron a los máximos de lluvia a lo

largo de la costa (Farfán *et al.*, 2018). De acuerdo con Rosengaus-Moshinsky *et al.* (2016), el ingreso a territorio mexicano de Ingrid en Tamaulipas en conjunción con el CT Manuel posiblemente ayudó a fortalecer la acumulación de humedad y lluvia en Guerrero sin mencionar que la configuración del terreno agravó aún más la situación. La vertiente del Pacífico es particularmente propensa en producir deslaves debido a la inclinación de sus pendientes y lo accidentado del terreno (Khouakhi *et al.*, 2019; Pedrozo-Acuña *et al.*, 2014), que favorecen inundaciones repentinas y desbordamiento de ríos (Brito-Castillo *et al.*, 2019). Estas condiciones adversas se ven fortalecidas por la alta deforestación al interior de las cuencas hidrológicas que debilita la consistencia del terreno (Ramírez-Herrera y Gaidzik (2017), permitiendo mayor flujo hacia las planicies costeras, como sucede en el sureste del país en los estados de Chiapas y Oaxaca, flanqueados por la Sierra Madre del Sur, y en Nayarit y Sinaloa, flanqueados por la Sierra Madre Occidental, estados en los que las cimas montañosas se encuentran a menos de 200 km de la costa.

La entrada a tierra más de una vez, como sucedió con el CT Manuel, no es un hecho insólito. Como se ha mostrado, ha ocurrido una decena de veces entre 1949 y 2022. Si bien los datos históricos (HURDAT2) de: <https://www.nhc.noaa.gov/data/> son más confiables a partir de 1989 cuando el Centro Nacional de Huracanes se hizo cargo de monitorear la región, esta es la primera vez que se hace un esfuerzo por identificar el efecto concurrente de CT por ambas cuencas oceánicas en México y contabilizar aquellos CT que han entrado más de una vez a territorio mexicano.

En cuanto a los pronósticos oficiales, cabe mencionar que estos se asocian al monitoreo, en tiempo real, que el Centro Nacional de Huracanes de Estados Unidos y Servicio Meteorológico Nacional de México realizan durante la evolución de los CT (Farfán *et al.*, 2018). Los pronósticos se actualizan cada 6 horas y cada pronóstico indica la proyección, con respecto de posición e intensidad, en el tiempo desde la hora inicial hasta 120 horas (5 días) o su disipación, si ésta ocurre antes. En la práctica, 24 horas de anticipación aún es insuficiente para realizar tareas de preparación, evacuación y desplazamiento de la población, resultando en posibles pérdidas de vidas humanas y daños irreparables a la infraestructura. En el caso de Ingrid, los pronósticos oficiales tuvieron un sesgo hacia el sur con respecto del sitio en que se esperaba que el centro de circulación alcanzara la costa. Aun así, los pronósticos fueron útiles para que las autoridades y población, en las regiones afectadas, contaran con elementos necesarios para prepararse con varios días de

anticipación antes del impacto del evento. Sin embargo, los daños ocasionados por Ingrid y Manuel en su conjunto sorprendieron a las autoridades y a la población.

Este resultado pudo haberse debido a los siguientes factores: a) falta de acceso a la información, particularmente en zonas alejadas, de terreno accidentado, y en poblaciones marginadas en las que la información no se recibe tan rápidamente como en las regiones metropolitanas; b) falta de conciencia de la población sobre los peligros asociados con los CT, en algunos casos confianza excesiva en los servicios de protección civil; c) con respecto de la cantidad de precipitación asociada al paso de un CT, los pronósticos son casi cualitativos. De ahí se detonan otros peligros asociados a las corrientes fluviales, como el rápido incremento del nivel del agua en ríos y arroyos; d) el pronóstico de la trayectoria de un CT es aproximado y cuenta con errores tanto en la

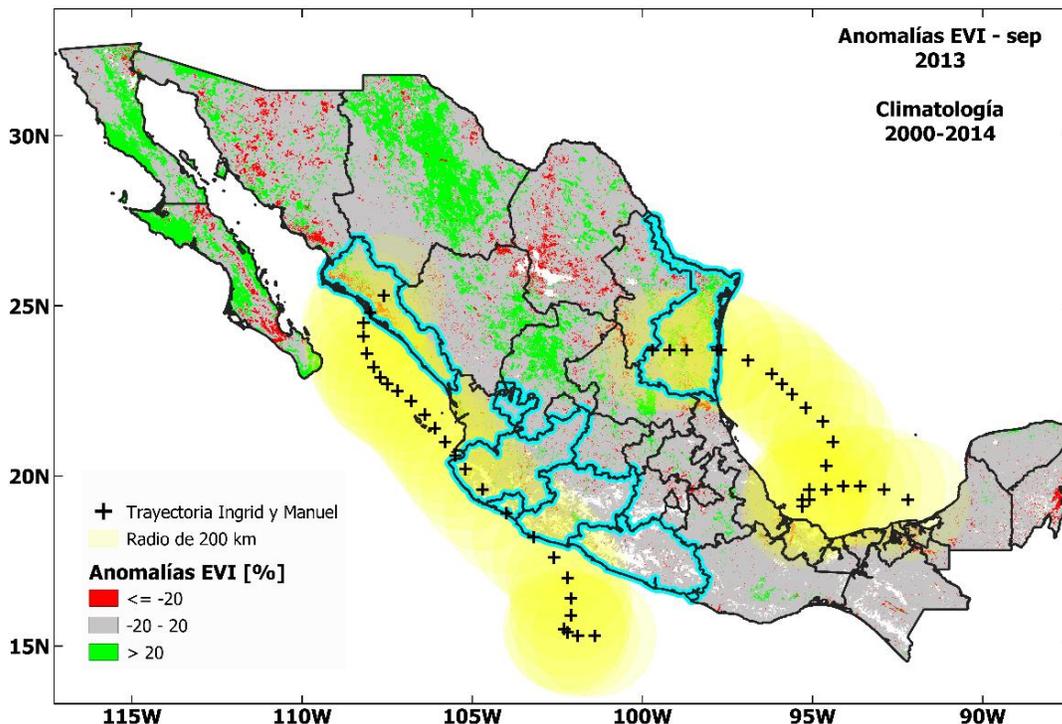


Figura 8. Anomalías positivas (verde) y negativas (rojo), de septiembre de 2013 del índice de vegetación mejorado (EVI por sus siglas en inglés). Las anomalías resultan de restar el valor de septiembre de 2013 menos la media de 2000–2014 omitiendo septiembre de 2013 y trayectorias de los ciclones tropicales Manuel e Ingrid mostrando un radio de influencia (amarillo) de 200 km alrededor de cada posición de la trayectoria.

posición como en el tiempo; e) en zonas urbanas con drenaje deficiente, la acumulación de basura, o fallas estructurales no detectadas pueden colapsar el drenaje, incrementando las zonas inundables o bien derrumbando una estructura (un puente, por ejemplo), interrumpiendo la comunicación; f) la presencia de marea de tormenta puede tomar desprevenidos a los pobladores cercanos a la línea de costa; g) la población de asentamientos humanos en zonas de riesgo puede presentar resistencia abandonar su patrimonio durante el proceso de evacuación, y h) acciones desarticuladas durante la comunicación del riesgo a la población. Es decir, no siempre se cumplen de forma óptima todas las fases por parte de autoridades involucradas en la emergencia.

Además de la gran cantidad de lluvia que dejaron ambos CT, la configuración del terreno en ambas vertientes y su condición actual contribuyeron a agravar la situación de la población afectada. Esto es así porque una de las consecuencias directas sobre el tránsito de avenidas en corrientes montañosas es el incremento considerable de caudal aguas abajo de la corriente (Brito-Castillo y Pedrozo-Acuña, 2015; Brito-Castillo *et al.*, 2019). Esto sucede cuando la acumulación de lluvia dura varios días y satura el terreno a tal grado que los cauces se llenan, inundando primero las planicies adyacentes al cauce. Si continúa lloviendo, el río tiende a desbordarse sobre sus costados inundando las tierras bajas hasta nivelarse sobre el terreno, causando serias afectaciones a la población. Dependiendo de la intensidad de la lluvia y la consistencia del terreno, también pueden ocurrir deslaves que acompañan el torrente de agua con escombros (Ren *et al.*, 2011, Pedrozo-Acuña, 2014). Los huracanes pueden producir inundaciones de gran magnitud (Brito-Castillo *et al.*, 2019) y si estas ocurren en menos de seis horas, se consideran repentinas, pues es tiempo insuficiente para evacuar a la población.

El impacto de los CT Ingrid y Manuel sobre la población fue inmenso. El Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED, 2020) estima que en total fueron 1 millón 677 636 personas afectadas de manera directa y 192 defunciones (Appendini *et al.*, 2017), 71 personas perecieron durante los deslizamientos de laderas ocurridos en La Pintada, Guerrero. Desafortunadamente, hay pocos reportes de

población afectada para los CT más antiguos que afectaron de manera concurrente en ambas cuencas oceánicas de México, pero los datos disponibles evidencian que Manuel e Ingrid fueron, por mucho, de los eventos concurrentes que más población afectada dejó en nuestro país.

La otra cara del impacto de los CT Ingrid y Manuel tiene que ver con sus beneficios, por ejemplo, su contribución al llenado de las presas, particularmente después de un período de sequía, como ocurrió en la primera mitad del verano de 2013 período con lluvias por debajo del promedio histórico (CONAGUA, 2013a). La situación mejoró considerablemente en el mes de septiembre, durante la ocurrencia de Ingrid y Manuel pues las lluvias torrenciales contribuyeron a que algunas presas mostraran incrementos superiores al 100% en 24 hrs.

Otro beneficio está en la recuperación de acuíferos. En casi la mitad del país, los acuíferos representan la única fuente de agua permanente debido a la aridez del terreno (Jiménez y Marín, 2004; Jiménez *et al.*, 2010). Su extracción continua a lo largo de la historia ha provocado que muchos acuíferos se encuentren sobre explotados (CONAGUA, 2012). Si bien, la información y los registros no son tan detallados como para llevar a cabo un análisis exhaustivo de los efectos de los CT Ingrid y Manuel, pues los datos disponibles son anuales, permiten inferir de manera general a través de cambios en la profundidad del nivel de agua en un pozo, si de un año a otro hubo una recuperación o un abatimiento del acuífero donde se localiza dicho pozo. Evidentemente, las diferencias en los tres pozos analizados, no solo es atribuible a la acumulación de agua por los dos CT, ya que hay otros factores que intervienen en este valor, como, por ejemplo, los volúmenes de extracción, pero dada la ubicación de estos pozos, cerca de la costa, que es consistente con las altas precipitaciones observadas durante la trayectoria de Manuel, podemos afirmar que en gran parte se debieron a los efectos de Ingrid y Manuel.

Finalmente, la contribución de los CT Ingrid y Manuel también se percibe en el porcentaje de anomalías positivas del EVI a lo largo de ambas trayectorias. Hay algunas zonas reducidas con anomalías negativas muy cercanas al paso de Ingrid en Tamaulipas y de Manuel en Sinaloa, que indican estrés de la vegetación local, que se sostuvo después de un período largo de sequía.

Por lo general, este tipo de anomalías está relacionada al efecto de los fuertes vientos (Rivera-Monroy *et al.*, 2020) y el desbordamiento de los ríos (Cortés-Ramos *et al.*, 2020).

## Conclusiones

Los CT Ingrid y Manuel que afectaron a México con su ingreso al territorio en septiembre de 2013, han sido de los sucesos hidrometeorológicos más documentados en la historia contemporánea de nuestro país. Esto fue posible gracias a las tecnologías modernas, como los satélites geoestacionarios, el monitoreo, el uso de la telefonía celular, que permitieron compartir mucha de la información de los daños y efectos en las redes sociales, y la labor periodística que reportó en tiempo real los impactos de ambos CT en todo el mundo. Si bien, sucesos como este no son únicos en nuestro país, pues por su ubicación geográfica México es propenso a recibir el impacto de CT desde ambas cuencas oceánicas, en este análisis se encontró que han sido 10 los eventos en que dos CT han afectado de manera ‘casi’ simultánea a México entre 1949 y 2022, la diferencia entre eventos anteriores fue el enorme costo económico y la cantidad de población afectada por Ingrid y Manuel, cifras tan solo superadas por los desastres hidrometeorológicos ocurridos en 2010 en su conjunto. Por lo tanto, este resultado implica que la concurrencia de dos CT en México no es un evento tan ‘raro’ como pudiera parecer. El ingreso a territorio de un CT más de una ocasión, como ocurrió con Manuel, la primera vez el 15 de septiembre y la segunda el 19 de septiembre, afectando numerosos estados de la vertiente del Pacífico, tampoco es única; sucesos como ese han ocurrido desde ambas cuencas oceánicas en diferentes años. Incluso han sido superados como ocurrió con Jimena (2009) y Lorena (2019) que ingresaron tres veces a tierra y Marty (2003) que ingresó cuatro veces a tierra. Una particularidad de Jimena (2009) es que su trayectoria errática resultó difícil de pronosticar, estacionándose frente a Guaymas, Sonora durante 3 días, descargando sobre el puerto una cantidad de lluvia que superó el acumulado anual histórico. Además de los impactos negativos, el legado de Manuel e Ingrid, resultó en la acumulación de agua en las presas, la recuperación de acuíferos y el reverdecimiento de la vegetación, sistemas que se beneficiaron de las lluvias después de haber

pasado por condiciones secas en la primera mitad del verano de 2013. La concurrencia de Ingrid y Manuel ha quedado asentada en la memoria de la población que fue afectada, y es un llamado a conjuntar esfuerzos para contrarrestar los efectos negativos de este tipo de eventos, aprovechar sus efectos positivos y ayudar a incrementar la capacidad de la población a recuperarse de manera oportuna.

## Agradecimientos

Se agradece al Ing. Julio Egrén Félix Domínguez, del laboratorio de modelación espacial y sensores remotos (LMESR) de la Unidad Guaymas del CIBNOR, el apoyo técnico en la descarga de datos hidrometeorológicos. A REDESClim-CONAHCYT, por seguir contribuyendo al estudio de los desastres asociados a fenómenos hidrometeorológicos y climáticos de México.

## Referencias

- Appendini, C.M., Rosengaus, M., Meza-Padillaand, R., Camacho-Magaña, V. (2017). Operational Hazard Assessment of Waves and Storm Surges from Tropical Cyclones in Mexico. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 98, 503-515. <https://doi.org/https://doi.org/10.1175/BAMS-D-15-00170.1>
- BBC news mundo. (2013). México: 40 muertos por huracán Ingrid y tormenta Manuel. [https://www.bbc.com/mundo/ultimas\\_noticias/2013/09/130913\\_ulntnot\\_mexico\\_ingrid\\_manue\\_l\\_cch](https://www.bbc.com/mundo/ultimas_noticias/2013/09/130913_ulntnot_mexico_ingrid_manue_l_cch)
- Bravo, C. (2013). Resumen de la temporada de ciclones tropicales del año 2013. <https://smn.conagua.gob.mx/tools/DATA/CiclonesTropicales/Resumenes/2013.pdf>
- Brito-Castillo, L., Pedrozo-Acuña, A. (2015). Capítulo 3: Inundaciones, heladas e incendios forestales. In T. Cavazos (Ed.), *Conviviendo con la Naturaleza: El problema de los desastres asociados a fenómenos hidrometeorológicos y climáticos en México*. (pp. 77–119). REDESClim, Ediciones ILCSA. <Chapter3-LibroRedesclim2015.pdf>
- Brito-Castillo, L., Farfán, L.M., Pineda-Martínez, L.F., Vega-Camarena, J.P. (2019). Eventos de inundación en el río San Pedro-Mezquital,

- Nayarit, México. Digital Ciencia@UAQRO, 12, 22–32.  
<https://revistas.uaq.mx/index.php/ciencia/articulo/view/11>
- CENAPRED (2013). Impacto Socioeconómico de los Principales Desastres Ocurridos en la República Mexicana en 2013. Centro Nacional de Prevención de Desastres.  
<https://www.cenapred.unam.mx/es/Publicaciones/archivos/324-NO.15-IMPACTOSOCIOECONOMICODELOSPRINCIPALESDESASTRESOCURRIDOSENMXICENELAO2013.PDF>
- CENAPRED (2020). A 7 años del extraordinario fenómeno hidrometeorológico Ingrid y Manuel. Centro Nacional de Prevención de Desastres.  
<https://www.gob.mx/cenapred/articulos/a-7-anos-del-extraordinario-fenomeno-hidrometeorologico-ingrid-y-manuel>
- CENAPRED (2023). Sistema de Consulta de Declaratorias. Atlas Nacional de Riesgos. Centro Nacional de Prevención de Desastres.  
[Atlas Nacional de Riesgos](#)
- CONAGUA (2012). Agenda del agua 2030. Avances y logros 2012. Comisión Nacional del Agua.  
<https://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/SGP-10-12baja.pdf>
- CONAGUA (2013a). Reporte del Clima en México. Reporte Anual 2013. Comisión Nacional del Agua.  
<https://smn.conagua.gob.mx/tools/DATA/Climatología/Diagnóstico Atmosférico/Reporte del Clima en México/Anual2013.pdf>
- CONAGUA (2013b). Reseña del huracán “Ingrid” del Océano Atlántico. Comisión Nacional del Agua.  
<https://smn.conagua.gob.mx/tools/DATA/Ciclones Tropicales/Ciclones/2013-Ingrid.pdf>
- CONAGUA (2023a). Consulta de historial y resúmenes de ciclones tropicales. Comisión Nacional del Agua.  
<https://smn.conagua.gob.mx/es/component/content/article?id=43>
- CONAGUA (2023b). Mapa de pozos piezométricos 2021. Comisión Nacional del Agua.  
<https://sigagis.conagua.gob.mx/rp20/>
- CONAGUA (2023c). Reporte del clima en México. Comisión Nacional del Agua.  
<https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/diagnostico-climatico/reporte-del-clima-en-mexico>
- Cortés-Ramos, J., Farfán, L.M., Herrera-Cervantes, H. (2020). Assessment of tropical cyclone damage on dry forests using multispectral remote sensing: The case of Baja California Sur, Mexico. *Journal of Arid Environments*, 178, 104171.  
<https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2020.104171>
- Expansión (2013). Las cifras del desastre por “Manuel” e “Ingrid”  
<https://expansion.mx/nacional/2013/09/24/las-cifras-del-desastre-por-manuel-e-ingrid>
- Farfán, L.M., Castillo-Bautista, B.N., Vázquez-Aguirre, J.L. (2018). Capítulo 3: Desastres asociados a ciclones tropicales en la Costa Occidental de México, 2011-2015. In J. M. Rodríguez-Estevez, C. M. Welsh-Rodríguez, M. L. Romo-Aguilar, A. C. Travieso-Bello (Eds.), *Riesgo de desastres en México: eventos hidrometeorológicos y climáticos*. (pp. 83–107). REDESClim, IMTA.
- Farfán, L.M., Prieto, R., Martínez-Sánchez, J.N., Padilla, R. (2015). Capítulo 2: Ciclones tropicales y su influencia en México. In T. Cavazos (Ed.), *Conviviendo con la Naturaleza: El problema de los desastres asociados a fenómenos hidrometeorológicos y climáticos en México* (pp. 47–76). REDESClim, Ediciones ILCSA.
- Gómez del Campo-Gurza, M. (2013). Punto de acuerdo, senadoras de la LXII Legislatura del Senado de la República.  
[https://infosen.senado.gob.mx/sgsp/gaceta/62/2/2013-10-15-1/assets/documentos/PA\\_Comparecencia\\_Proteccion\\_Civil.pdf](https://infosen.senado.gob.mx/sgsp/gaceta/62/2/2013-10-15-1/assets/documentos/PA_Comparecencia_Proteccion_Civil.pdf)
- Goodman, S.J., Schmit, T.J., Daniels, J., Denig, W., Metcalf, K. (2018). GOES: Past, Present, and Future. *Comprehensive Remote Sensing*, 1, 119-149).  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.10315-X>
- Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., Moore, R. (2017). Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment*, 202, 18–27.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.031>
- Haig, J., Nott, J., Reichart, G.-J. (2014).

- Australian tropical cyclone activity lower than at any time over the past 550–1,500 years. *Nature*, 505, 667–671.  
<https://doi.org/10.1038/nature12882>
- Huete, A., Didan, K., Miura, T., Rodriguez, E.P., Gao, X., Ferreira, L.G. (2002). Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. *Remote Sensing of Environment*, 83, 195–213.  
[https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0034-4257\(02\)00096-2](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0034-4257(02)00096-2)
- INEGI. (2015a). Tabulados de la Encuesta Intercensal 2015. Michoacán.  
[https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/intercensal/2015/tabulados/01\\_poblacion\\_tam ps.xls](https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/intercensal/2015/tabulados/01_poblacion_tam ps.xls)
- INEGI. (2015b). Tabulados de la Encuesta Intercensal 2015. Tamaulipas.  
[https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/intercensal/2015/tabulados/01\\_poblacion\\_tam ps.xls](https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/intercensal/2015/tabulados/01_poblacion_tam ps.xls)
- Jiménez, B., Marín, L. (2004). El agua en México vista desde la academia. *Academia Mexicana de Ciencias*.  
<https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2010/12/El-agua-en-México-vista-desde-la-academia.pdf>
- Jiménez, B., Torregosa y Armentia, M.L., Aboites L. (2010). El agua en México: cauces y encauces. *Academia Mexicana de Ciencias*.  
<https://agua.org.mx/biblioteca/el-agua-en-mexico-cauces-y-encauces/>
- Khouakhi, A., Pattison, I., la Cruz, J., Martinez-Diaz, T., Mendoza-Cano, O., Martínez, M. (2019). Tropical cyclone—Induced heavy rainfall and flow in Colima, Western Mexico. *International Journal of Climatology*, 40, 3222–3231.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1002/joc.6393>
- Landsea, C.W., Franklin, J.L. (2013). Atlantic Hurricane Database Uncertainty and Presentation of a New Database Format. *Monthly Weather Review*, 141, 3576–3592.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1175/MWR-D-12-00254.1>
- Pedrozo-Acuña, A., Breña-Naranjo, J.A., Domínguez-Mora, R. (2014). The hydrological setting of the 2013 floods in Mexico. *Weather*, 69, 295–302.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1002/wea.235>
- 5
- Quiroga-Cuéllar, S.R., Aguado-Sandoval, A., Hernández-Jiménez, F. (2013). Daños por los huracanes Ingrid y Manuel. ERNtérate.  
<https://www.ern.com.mx/boletines/InformesDa nos/130925-H.pdf>
- Ramírez-Herrera, M.T., Gaidzik, K. (2017). La Pintada landslide—A complex double-staged extreme event, Guerrero, Mexico. *Cogent Geoscience*, 3, 1356012.  
<https://doi.org/10.1080/23312041.2017.1356012>
- Ren, D., Fu, R., Leslie, L.M., Dickinson, R.E. (2011). Predicting Storm-triggered Landslides. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 92, 129–139.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1175/2010BAMS3017.1>
- 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*, 10, 5815.  
<https://doi.org/10.3390/app10175815>
- Rodríguez-Esteves, J.M. (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, 133–152.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/disertaciones/a.4778>
- Rosengaus-Moshinsky, M., Arreguín-Cortes, F.I., Korenfeld-Federman, D., Rubio-Gutiérrez, H. (2016). Vision panorámica de las precipitaciones pluviales combinadas por los efectos de los ciclones tropicales Ingrid-Manuel. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 7, 73–92.
- Sánchez-Rodríguez, R., Cavazos, T. (2015). Capítulo 1: Amenazas naturales, sociedad y desastres. In T. Cavazos (Ed.), *Conviviendo con la Naturaleza: El problema de los desastres asociados a fenómenos hidrometeorológicos y climáticos en México*. (pp. 1–45). REDESClim, Ediciones ILCSA.