

**Sistema Nacional de Protección Civil
Centro Nacional de Prevención de Desastres**

**Actualización 1) Bases de datos de fenómenos
hidrometeorológicos contemplados en la LGPC. 2) Capas
de índice de peligro y riesgo para el ANR por ciclones
tropicales y tornados**

**Carlos Baeza Ramírez
Viridiana Monroy Cruz
Martín Jiménez Espinosa**

Subdirección de Riesgos por Fenómenos Hidrometeorológicos

Marzo, 2022

1. BASES DE DATOS DE FENÓMENOS HIDROMETEOROLÓGICOS CONTEMPLADOS EN LA LGPC.....	3
Eventos representativos del 2021.....	9
Vientos fuertes en Ciudad de México, 11 y 12 de febrero de 2021	9
Nevada en Chihuahua, del 14 de febrero de 2021.....	12
Tornado de Apan, Hidalgo, del 06 de abril de 2021.....	15
Vientos fuertes en Yucatán y Campeche, del 20 de mayo de 2021.....	18
Granizada en Ciudad de México y estado de México, del 05 de julio de 2021.....	20
2. CAPAS DE ÍNDICE DE PELIGRO Y RIESGO PARA EL ANR POR CICLONES TROPICALES Y TORNADOS.....	23
Antecedentes	23
Actualización de la base de datos de ciclones tropicales	23
Cuento de ciclones tropicales con búfer de 10, 50, 100, 200 y 400 km.....	25
Determinación del Índice de Peligro por Presencia de Ciclones Tropicales (IPCT).....	30
Determinación del <i>Grado de Peligro por Presencia de Ciclones Tropicales</i> (GPCT)	33
Determinación del Índice de Vulnerabilidad Social (IVS)	45
Determinación del Índice de Riesgo por Presencia de Ciclones Tropicales (IRCT)	47
Determinación del Grado de Riesgo por Presencia de Ciclones Tropicales (GRCT)	49
Índice por presencia de tornados.....	52
3. CONCLUSIONES	57
4. REFERENCIAS	58

1. BASES DE DATOS DE FENÓMENOS HIDROMETEOROLÓGICOS CONTEMPLADOS EN LA LEY GENERAL DE PROTECCIÓN CIVIL

En el presente informe se retoma la recopilación de los fenómenos hidrometeorológicos contemplados en la Ley General de Protección Civil, (exceptuando inundaciones), a saber: tormentas de nieve, granizo, polvo y electricidad; heladas; bajas temperaturas y tornados, los cuales han provocado afectaciones en el país. Adicionalmente, se agregaron otros fenómenos de origen hidrometeorológico que no contempla la ley, los cuales causaron algún tipo de daño, estos fueron: vientos fuertes, cristalización, neblina, oleaje y remolinos.

En 2021 se registraron 190 eventos, de los cuales siete fueron por bajas temperaturas, uno por cristalización, siete por heladas, tres por neblina, 18 nevadas, uno por oleaje, y otro por oleaje y vientos fuertes, dos remolinos, 16 tolvaneras, un torbellino, 35 tormentas de granizo, 12 tormentas de granizo y vientos fuertes, tres tormentas de polvo, 10 por tormentas eléctricas, nueve tornados y 64 por vientos fuertes (figura 1).

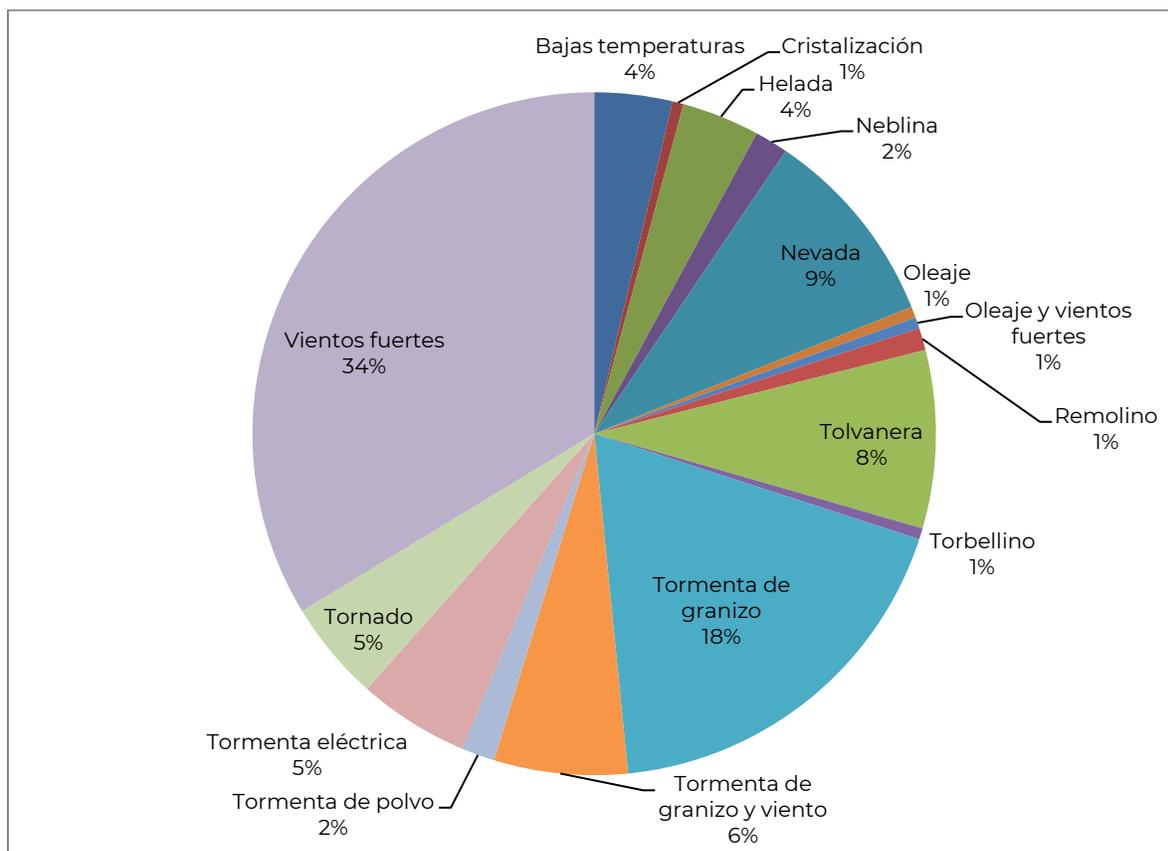


Figura 1 Porcentaje de los diferentes fenómenos hidrometeorológicos que se presentaron durante 2021. Los fenómenos más representativos fueron los vientos fuertes y las tormentas de granizo

La base de datos ha permitido la recopilación y organización de la información de los fenómenos hidrometeorológicos ocurridos en 2021, y para su consulta se cuenta con los siguientes campos: entidad, municipio, clave municipal, clave estatal, manifestación y fecha del evento (figura 2).

ID	Estado	Municipio	CveMun	CveEdo	Lugar	Manifestación	Sim pMan	Fenómeno	Evento	FechaInicio
1	Aguascalientes	1008_San José	1008	1	Sierra Fria	Nevada	Nev	Tormenta sevi	1	01/01/21
2	Querétaro	22003_Arroyo S	22003	22	Arroyo Seco, Landa y J	Bajas temperaturas	BT	Bajas temperc	1	11/01/21
3	Querétaro	22010_Landa de	22010	22	Arroyo Seco, Landa y J	Bajas temperaturas	BT	Bajas temperc	1	11/01/21
4	Querétaro	22009_Talpan d	22009	22	Arroyo Seco, Landa y J	Bajas temperaturas	BT	Bajas temperc	1	11/01/21
5	Michoacán	16053_Morelia	16053	16	Morelia	Vientos fuertes	V-F	Vientos fuertes	1	11/01/21
6	Nuevo León	19049_Santiago	19049	19	Santiago	Nevada	Nev	Tormenta sevi	1	13/01/21
7	Baja California	2003_Tecate	2003	2	Tecate	Nevada	Nev	Tormenta sevi	1	15/01/21
8	Ciudad de México	9012_Tlalpan	9012	9	Tlalpan	Tormenta de granizo	TG	Tormenta sevi	1	17/01/21

Figura 2 Vista parcial de la recopilación de información, base de datos de 2021 de fenómenos hidrometeorológicos

En la figura 3 se muestra la distribución de los fenómenos que se presentaron en 2021, por entidad. Un círculo vacío significa que no se registraron eventos.

En la figura 4 se presentan dos de las manifestaciones de las tormentas severas con mayor frecuencia en 2021: vientos fuertes y tormentas de granizo,

En la Figura 5 se aislaron los fenómenos invernales y, como era de esperarse, destacan las entidades del norte del país.

En la figura 6 se aislaron manifestaciones de las tormentas severas, sin considerar a las nevadas, las cuales se observan en la figura anterior.

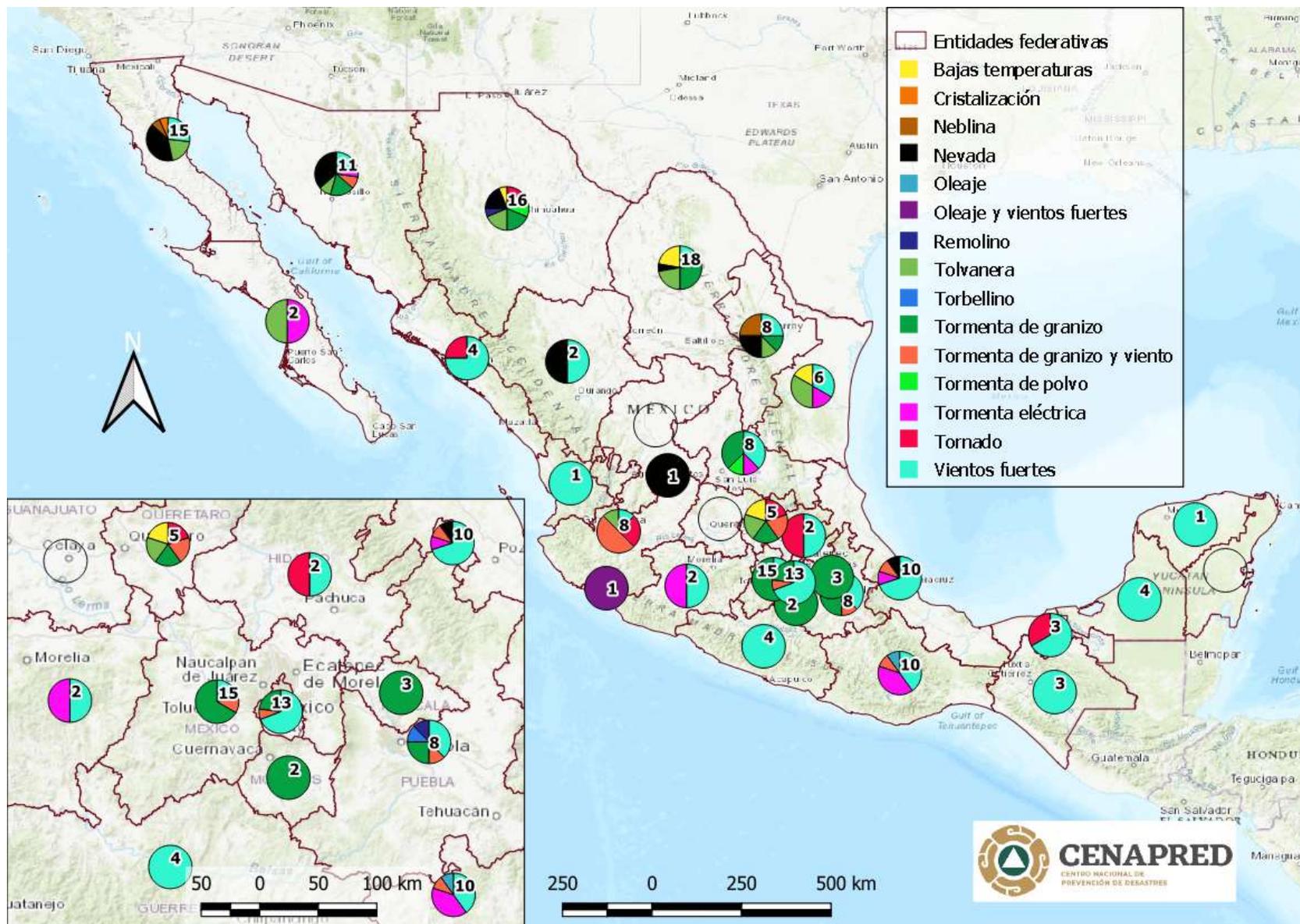


Figura 3 Número de eventos de los principales fenómenos hidrometeorológicos, por entidad federativa, durante 2021

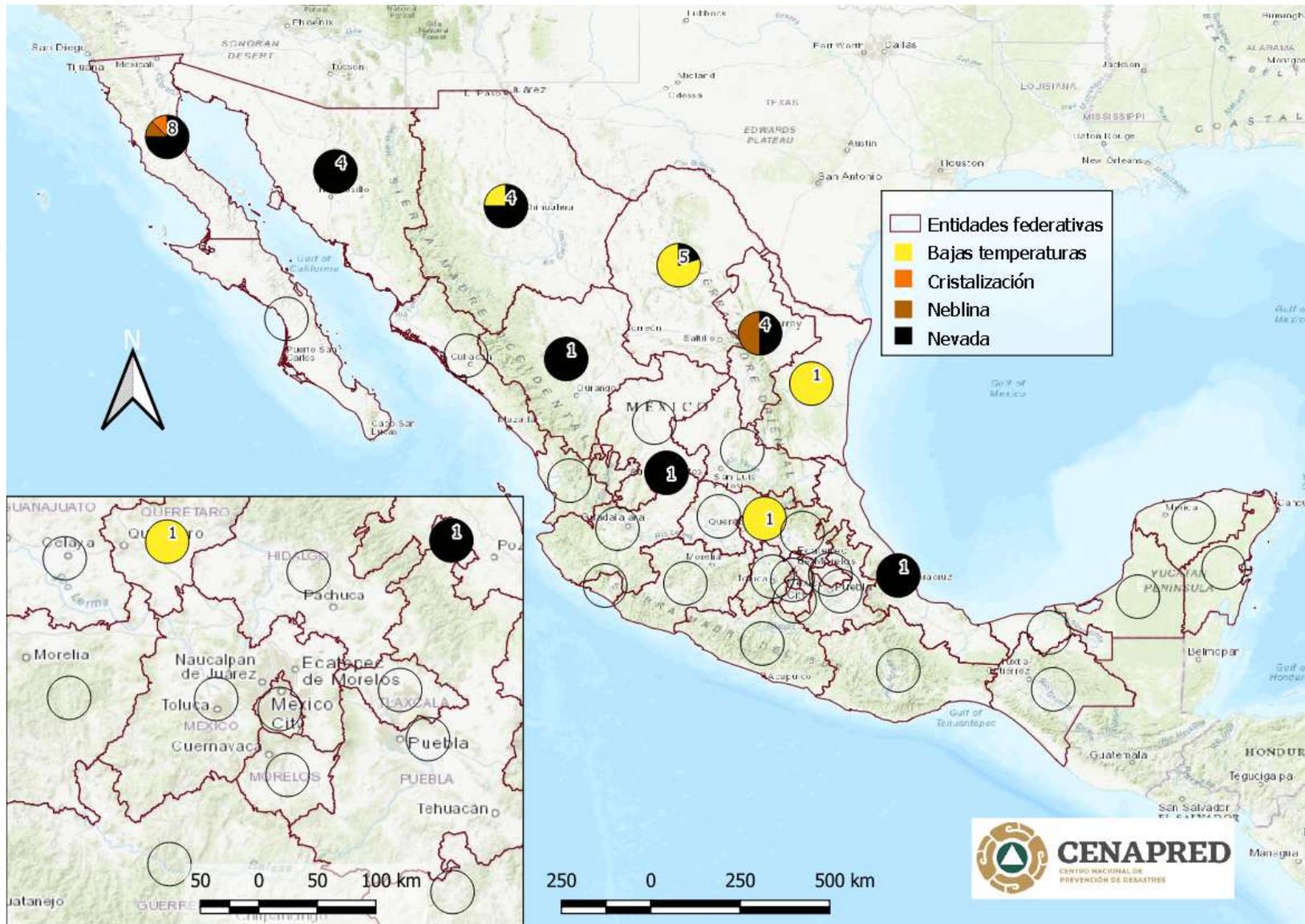


Figura 5 Número de eventos, por entidad federativa, de los principales fenómenos invernales de 2021

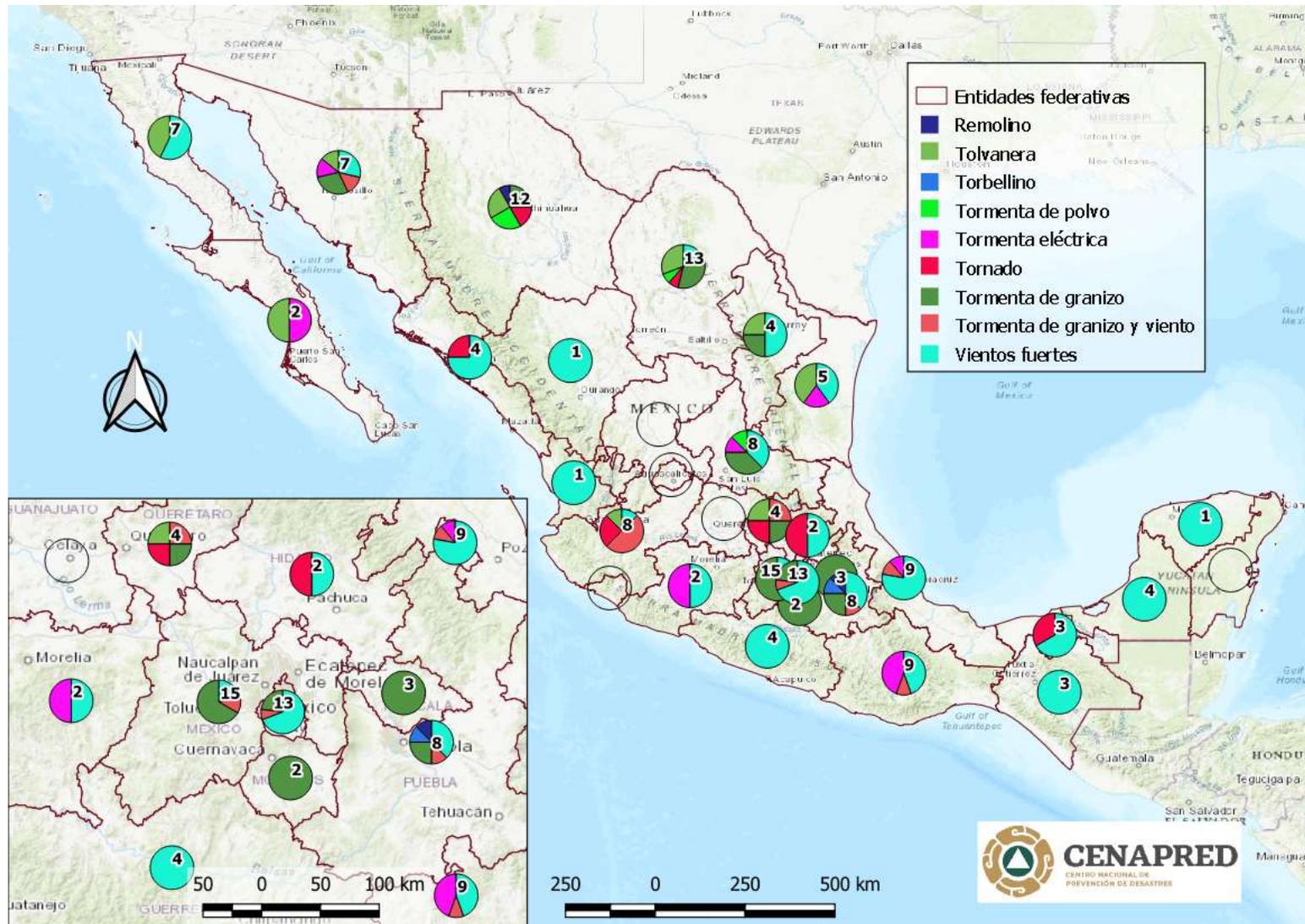


Figura 6 Número de eventos, por entidad federativa, de manifestaciones de tormentas severas de los principales fenómenos hidrometeorológicos de 2021

Eventos representativos del 2021

En el siguiente apartado se presentan algunos eventos específicos que sobresalieron durante 2021; se describen brevemente los sistemas meteorológicos que los causaron y los daños que generaron, así como lo que se escribió de ellos en redes sociales.

Vientos fuertes en Ciudad de México, 11 y 12 de febrero de 2021

- **Fenómenos meteorológicos del 11 y 12 de febrero de 2021, que dieron origen a los vientos fuertes en la Ciudad de México**

De acuerdo con el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) el pronóstico meteorológico general del 11 de febrero, de las 06:00 horas mencionaba lo siguiente:

El frente frío núm. 35 se desplazará lentamente sobre el noreste del país, e interactuará con un canal de baja presión, originando lluvias y vientos fuertes con descargas eléctricas, caída de granizo y posibles tolveneras en Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas y San Luis Potosí. Por la noche, la masa de aire polar que impulsa al frente originará un marcado descenso de la temperatura, nieblas en el norte y noreste del territorio, así como evento de Norte muy fuerte en el litoral de Tamaulipas y costa norte de Veracruz. Un segundo canal de baja presión mantendrá la probabilidad de lluvias con tormentas sobre el oriente y sureste de México (figura 7).

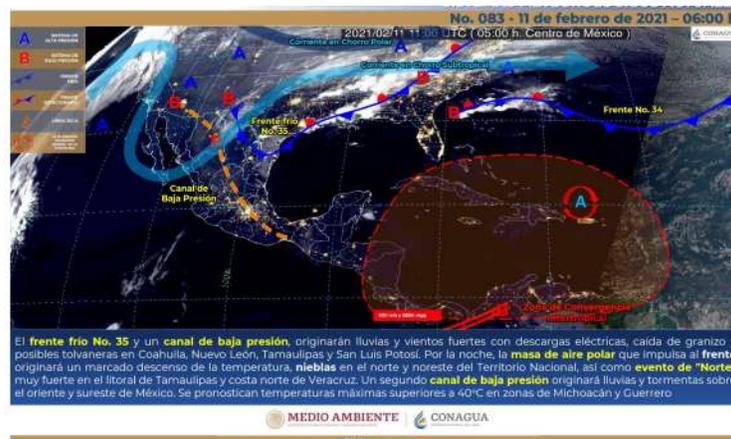


Figura 7 Sistemas meteorológicos del 11 de febrero de 2021

- **Pronóstico general para el 12 de febrero**

El frente frío núm. 35 se extenderá desde el noreste del golfo de México hasta el sureste del país, continuará interactuando con un canal de baja presión en la península de Yucatán, condiciones que provocarán lluvias fuertes a muy fuertes en Puebla, Veracruz, Oaxaca, Chiapas, Tabasco, Campeche y Yucatán. La masa de aire asociada al frente, generará ambiente frío, nieblas y lloviznas en el noreste, oriente y sureste del país, además de evento de Norte muy fuerte y oleaje elevado en las costas de Tamaulipas y Veracruz. Otro sistema frontal se aproximará al noroeste del país, y en combinación con la corriente en chorro polar, incrementarán la probabilidad de lluvia en Baja California, Sonora y Chihuahua (figura 8).

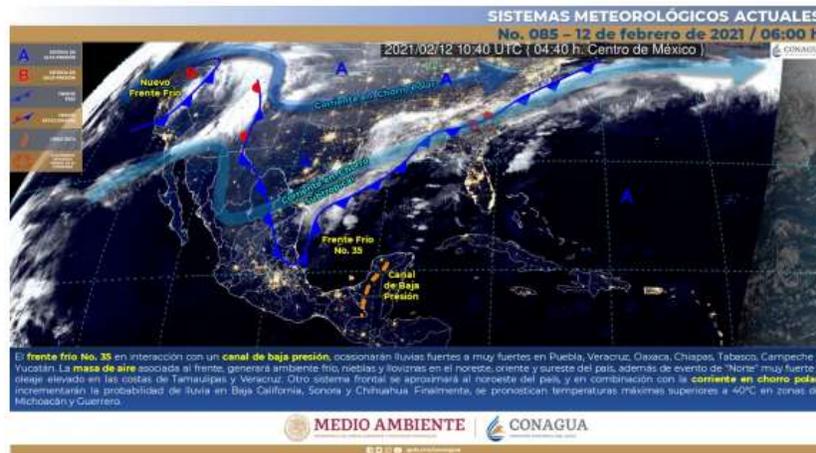


Figura 8 Sistemas meteorológicos del 12 de febrero de 2021

Al observar los pronósticos generales de ambos días, no figura algún evento importante que hubiera el centro del país; sin embargo, en los pronósticos regionales si se mencionaban rachas de viento fuertes.

Pronóstico regional para el Valle de México del 11 de febrero de 2021

Ambiente frío al amanecer con temperaturas que pueden alcanzar los 0°C y posibles heladas en zonas altas del estado de México. Durante el día, se prevén condiciones de cielo despejado por la mañana con incremento de nublados hacia la tarde y noche con probabilidad de lluvias aisladas en zonas del estado de México. Viento de componente sur de 10 a 20 km/h con rachas de 50 km/h. En la Ciudad de México, se pronostica una temperatura máxima de 23 a 25°C y mínima de 7 a 9°C. Para la capital del estado de México, temperatura máxima de 19 a 21°C y mínima de 1 a 3°C.

Pronóstico regional para el Valle de México del 12 de febrero de 2021

Ambiente frío al amanecer con temperaturas que pueden alcanzar los 0°C y posibles heladas en zonas altas. Durante el día, se prevén condiciones de cielo parcialmente nublado sin probabilidad de lluvia en la región. Viento de componente sur de 15 a 30 km/h con rachas de 50 a 60 km/h. En la Ciudad de México, se pronostica una temperatura máxima de 21 a 23°C y mínima de 6 a 8°C. Para la capital del estado de México, temperatura máxima de 19 a 21°C y mínima de 1 a 3°C.

Además, el gobierno de la Ciudad de México, a través de la Secretaría de Gestión Integral de Riesgos y Protección Civil, emitió alertas por vientos fuertes para ambos días, figura 9 y figura 10:



Figura 9 Alerta amarilla por vientos fuertes en la Ciudad de México del 11 de febrero de 2021



Figura 10 Alerta naranja y amarilla por vientos fuertes en la Ciudad de México del 12 de febrero de 2021

Reporte del fenómeno y daños

Algunas de las afectaciones que se reportaron a través del CENACOM para diversas alcaldías en la Ciudad de México fueron los siguientes:

- **11 de febrero de 2021**
 - Cuauhtémoc: caída de árbol en la colonia San Rafael, el árbol se desprendió desde su raíz de aproximadamente 10 metros de largo, afectó un carril de la vialidad y un automóvil.
 - Miguel Hidalgo: caída de árbol en la colonia Lomas de Chapultepec, afectó ambos sentidos de la vialidad.
 - Tláhuac: desprendimiento de lona en la colonia Santa Ana.
 - Iztapalapa: caída de árbol en la colonia Las Cruces, provocando daños en un vehículo particular.
 - Venustiano Carranza: caída de árbol en la colonia Valentín Gómez Farías. Desprendimiento de lona en la colonia Jardín Balbuena.
 - Álvaro Obregón: caída de árbol en la colonia Jardines del Pedregal.
 - Iztacalco: caída de árbol en colonia Santa Anita, causando daños a un vehículo estacionado.

No se reportaron personas fallecidas y/o lesionadas. Participó: SGIRyPC Ciudad de México, UGIRyPC alcaldías, H.C. de Bomberos CDMX y la Secretaría de Seguridad Ciudadana.

Vientos en CDMX derribaron ocho árboles; las rachas se intensificarán el viernes 12 por la tarde

Se reportaron ocho árboles caídos, así como una rama y dos lonas desprendidas

11 de febrero de 2021



Figura 11 Encabezado del evento de vientos fuertes en medios de comunicación (Infobae, 2021)

▪ 12 de febrero de 2021

Desde la mañana de este día se registraron vientos de 8 a 51.5 km/h, los cuales dejaron las siguientes afectaciones en las siguientes alcaldías:

- Miguel Hidalgo, se desprendió desde su base un árbol de aproximadamente 20 metros de altura, por efecto de la caída se reventaron líneas de fibra óptica y acometidas eléctricas, en la colonia Lomas de Chapultepec.
- Cuauhtémoc: caída de árbol de 17 m de alto causando daños en cableado de telefonía, fibra óptica, dos postes y dos autos particulares, colonia Roma Norte. Desprendido desde su base un árbol de aproximadamente 10 m de altura, a su caída daña un vehículo en colonia Juárez.
- Gustavo A. Madero: caída de árbol seco de 7 m de longitud sobre una camioneta en la colonia La Laguna Ticomán. Caída de árbol de 6 m de alto en colonia Santa Isabel Tola.

Participó SGIRyPC Ciudad de México, UGIRyPC alcaldías, H.C. de Bomberos CDMX y la Secretaría de Seguridad Ciudadana.

Nevada en Chihuahua del 14 de febrero de 2021

Fenómenos meteorológicos del 14 de febrero de 2021, que dieron origen a la nevada en Chihuahua

De acuerdo con el SMN el pronóstico meteorológico general del 14 de febrero de las 6:00 horas mencionaba lo siguiente:

La masa de aire que impulsó al frente frío núm. 35, será reforzada por una nueva masa de aire ártica, la cual, en combinación con la corriente en chorro polar, darán origen a la novena tormenta invernal sobre el norte de México; estos sistemas ocasionarán ambiente frío, lluvias, vientos fuertes probabilidad de nevadas en las sierras de Sonora, Chihuahua, Durango, Coahuila, Nuevo León y

Tamaulipas, así como densos bancos de niebla en zonas del noreste y oriente de la República Mexicana. Asimismo, se mantendrá el evento de Norte fuerte en las costas de Tamaulipas y Veracruz. Finalmente, un canal de baja presión sobre la Península de Yucatán provocará lluvias con intervalos de chubascos en esa región (figura 12).



Figura 12 Sistemas meteorológicos del 14 de febrero de 2021

Reporte del fenómeno y daños

Desde las 5:30 horas del 14 de febrero se reportó caída de nieve en municipios de Chihuahua; las nevadas más fuertes se registraron en Madera y Ciudad Juárez con espesor de 8 a 10 cm. Como consecuencia, se cerró la circulación por condiciones climatológicas adversas (caída de nieve) en km 190+000 Chihuahua-Ojinaga, tramo Aldama-Ojinaga. La Coordinación Estatal de Protección Civil Chihuahua lanzó una alerta para evitar transitar por los puentes urbanos de Ciudad Juárez y de la capital del estado, por el peligro de derrapes a causa del hielo. La Secretaría de la Defensa Nacional (SEDENA) activó el Plan DN-III E para auxiliar a la población. Participó la Guardia Nacional, Gobierno del Estado, Protección Civil Estatal y Municipal, Secretaría de Seguridad Pública Estatal y Municipal, y la Junta Municipal de Agua y Saneamiento de Chihuahua (JMAS).

En Coahuila también se reportó caída de nieve en los municipios de Piedras Negras, Acuña, Allende, Sabinas, Monclova y Saltillo desde las 19:00 horas del 14 de febrero, con un espesor de 12 cm. Se habilitaron albergues con un total de 36 personas en los siguientes municipios: Frontera ocho personas, Monclova 14, Castañas cuatro y Saltillo 10. Se realizó el cierre temporal de las carreteras 57, 2, y 29, así como la Autopista Premier en el tramo de Allende a San Juan de Sabinas; de manera preventiva se cerraron puentes vehiculares. El aeropuerto laboró de forma normal.

Participó: Protección Civil Estatal y municipal, H.C. de Bomberos Seguridad Pública.



Figura 13 Encabezado del evento de nevadas que se presentaron en Chihuahua (ADN 40, 2021)



Figura 14 Municipios afectados por nevadas, 14 de febrero de 2021, de acuerdo con los reportes de CENACOM

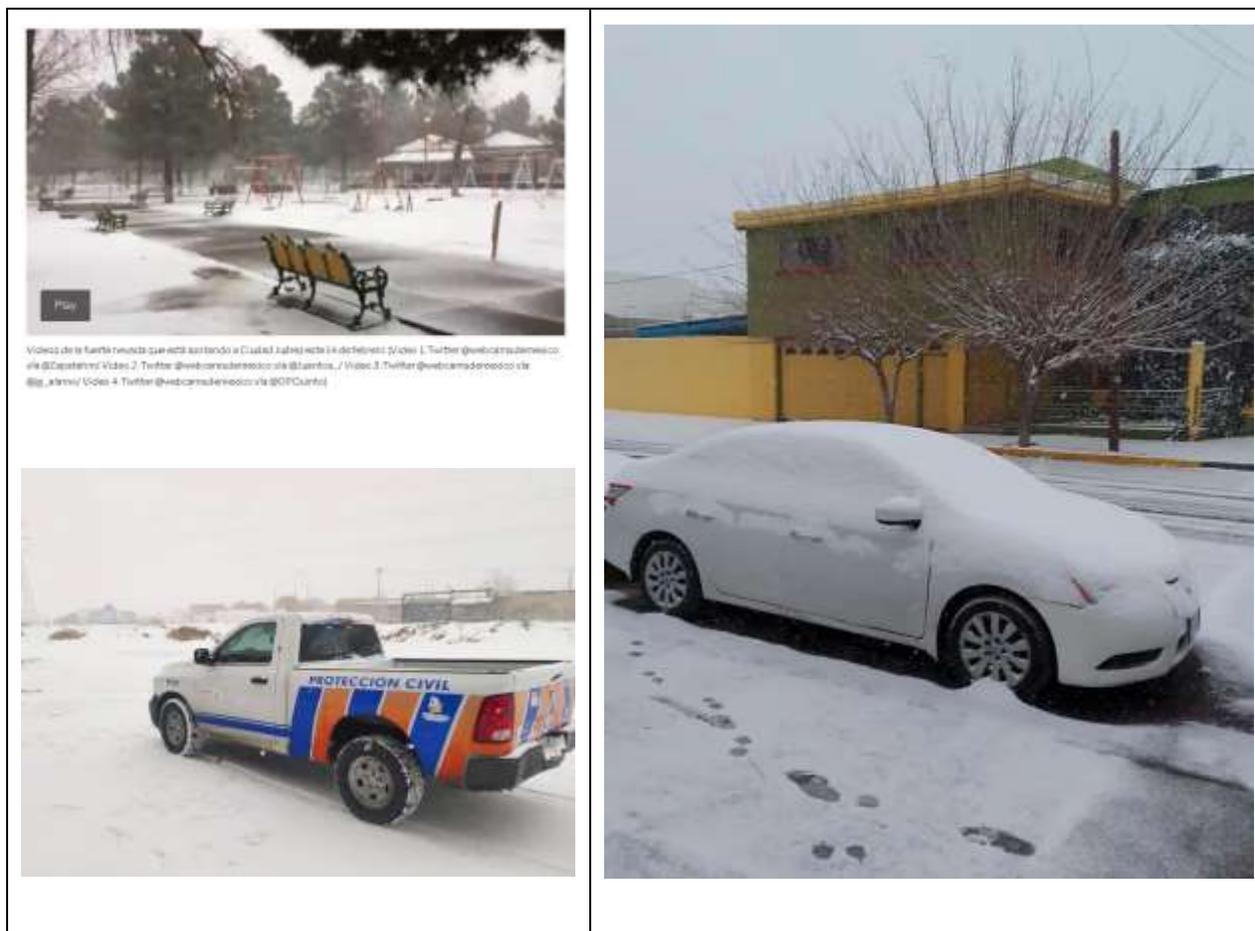


Figura 15 Imágenes de Ciudad Juárez, Chihuahua (Infobae, 2022)

Tornado de Apan, Hidalgo, del 06 de abril de 2021

Fenómenos meteorológicos del 06 de abril de 2021, que dieron origen al tornado de Apan, Hidalgo

De acuerdo con SMN el pronóstico meteorológico general del 06 de abril de las 6:00 horas mencionaba lo siguiente:

Una línea seca sobre el norte de la República Mexicana interactuará con la corriente en chorro subtropical, originando rachas de viento fuertes a muy fuertes en el noroeste, norte y noreste del país, además de lluvias aisladas en Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas. En tanto que, un canal de baja presión sobre el centro del Territorio Nacional, en interacción con inestabilidad atmosférica superior, generarán chubascos y lluvias puntuales fuertes con tormentas eléctricas y posibles granizadas en zonas del centro, oriente y sur de México. Adicionalmente, un sistema de alta presión en niveles medios de la atmósfera mantendrá ambiente cálido a caluroso sobre el noroeste, norte, occidente, centro, sur y sureste mexicano (figura 16).

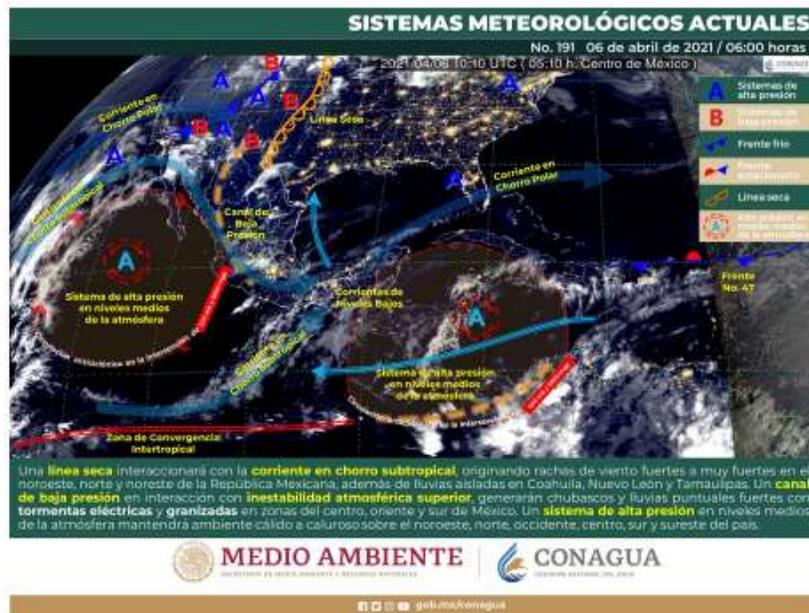


Figura 16 Sistemas meteorológicos del 06 de abril de 2021

Reporte del fenómeno y daños

En Apan, Hidalgo, a las 17:50 horas, se presentó un tornado en la colonia Lomas del Pedregal, ocasionando daños en los techos de lámina de cuatro viviendas, seis bardas afectadas, dos vehículos y varios cortes de energía eléctrica. No se reportaron daños a la población. Se trabaja en el retiro de escombros y en el restablecimiento de la energía eléctrica. Participaron Protección Civil municipal, H. C. de Bomberos y CFE (CENACOM).

Algunos medios, como el periódico El Heraldo, mencionó que, podría ser el primer tornado del año. A través de las redes sociales se difundieron imágenes y videos del tornado del martes seis de abril en Apan (El Heraldo, 2021).



Figura 17 Algunos de los reportes que se pudieron observar en las redes sociales

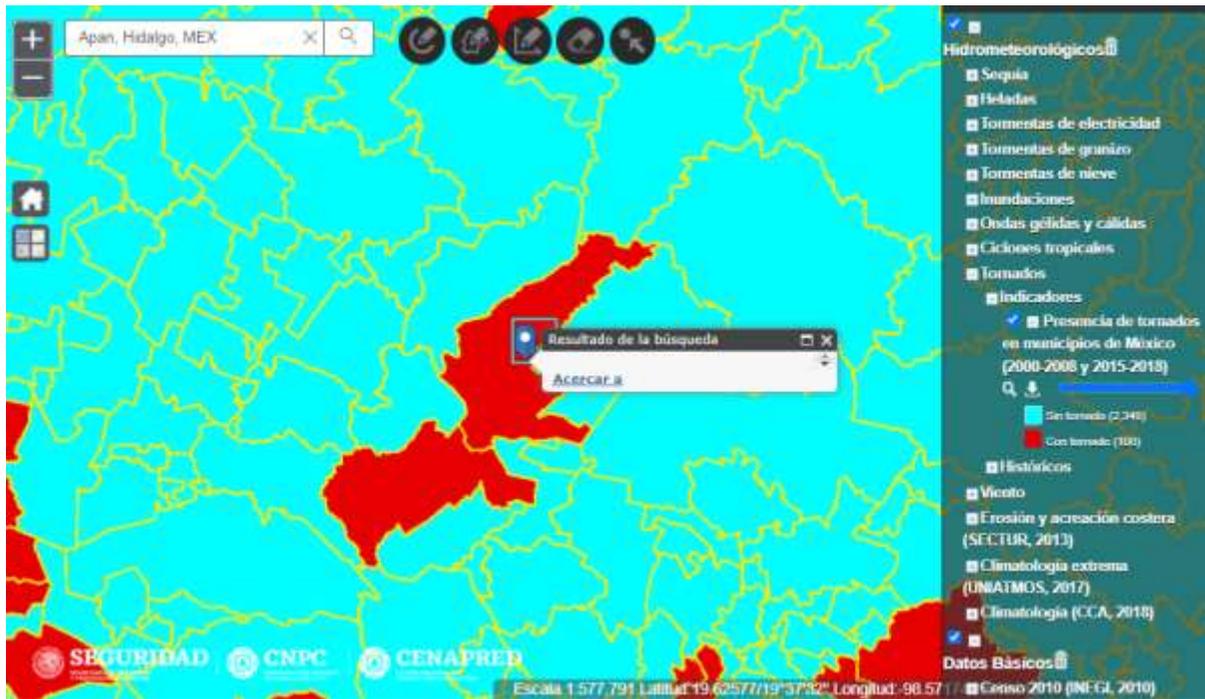


Figura 18 Apan, Hidalgo, es un municipio que ya ha presentado registro de tornados (Atlas Nacional de Riesgos, CENAPRED, 2021)



Figura 19 Imagen del tornado de Apan, Protección Civil señaló que se registró en la colonia Lomas de Pedregal, donde derribó dos árboles y cuatro bardas, además cuatro casas fueron afectadas en su techo (techo de lámina) (El Herald, 2021)



Figura 20 Ubicación de la colonia Lomas de Pedregal, dentro del municipio de Apan, Hidalgo

Vientos fuertes en Yucatán y Campeche del 20 de mayo de 2021

Fenómenos meteorológicos del 20 de mayo de 2021 que dieron origen a los vientos fuertes en Yucatán y Campeche

De acuerdo con el SMN el pronóstico meteorológico general del 20 de mayo de 2021, de las 06:00 horas mencionaba lo siguiente:

Una línea seca sobre Coahuila interaccionará con un canal de baja presión extendido en el noreste y oriente del país, aunado con un sistema de baja presión e inestabilidad, ambos en niveles altos de la atmósfera, ocasionando lluvias muy fuertes a puntuales intensas acompañadas de descargas eléctricas, fuertes ráfagas de viento y posibles granizadas en Veracruz, Tabasco, Oaxaca, Chiapas y Península de Yucatán, así como chubascos y lluvias puntuales fuertes sobre el noreste, oriente y centro de la República Mexicana. Asimismo, se presentarán condiciones para la formación de trombas frente a las costas de Veracruz, Tabasco, Campeche y Yucatán. Por otra parte, un sistema frontal ingresará al noroeste de México, originando vientos fuertes en dicha región con rachas de 70 a 80 km/h y posibles tolvánicas en Baja California (figura 21).

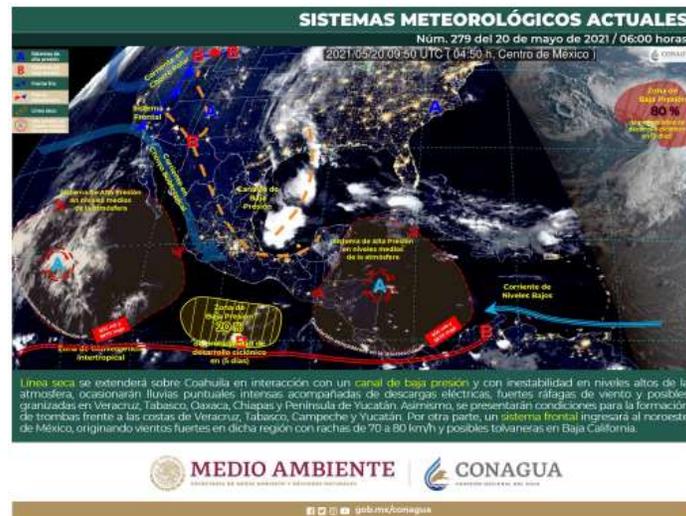


Figura 21 Sistemas meteorológicos del 20 de mayo de 2021

Reporte del fenómeno y daños

De acuerdo con reportes del CENACOM: Campeche, Campeche. Durante la tarde, se registraron 33.9 mm de lluvia acumulada y vientos con rachas máximas de hasta 65.2 km/h en la ciudad de Campeche, provocando la caída de dos casetas de teléfono, un cable en vía pública, dos tinacos rescatados, dos postes, 19 árboles caídos y tres espectaculares, así como encharcamientos viales.

En Yucatán se observaron las siguientes afectaciones en varios municipios:

- Teya: Lluvia fuerte y sin energía eléctrica.
- Telchac Puerto: Lluvia moderada, sin energía eléctrica en algunos puntos y encharcamientos en calles.
- Conkal: Lluvia fuerte y un árbol caído.
- Tekax: Lluvia fuerte y tres árboles caídos.
- Bokobá: Lluvia fuerte y sin energía eléctrica.
- Ticul: Lluvia fuerte, ramas caídas, encharcamientos en calles y sin energía eléctrica.
- Santa Elena: Lluvia fuerte y caída de granizo, sin señal y sin energía eléctrica.
- Maní: Lluvia fuerte, ramas y árboles caídos sobre carretera Maní – Tipikal.
- Motul: Lluvia fuerte, un árbol caído y encharcamientos en calles.
- Cacalchén: Lluvia fuerte y tres árboles caídos en vía pública.
- Ucú: Lluvia fuerte y un árbol caído sobre calle.
- Tixkokob: Lluvia muy fuerte y tres árboles caídos.
- Dzan: Lluvia fuerte, sin energía eléctrica y sin señal.

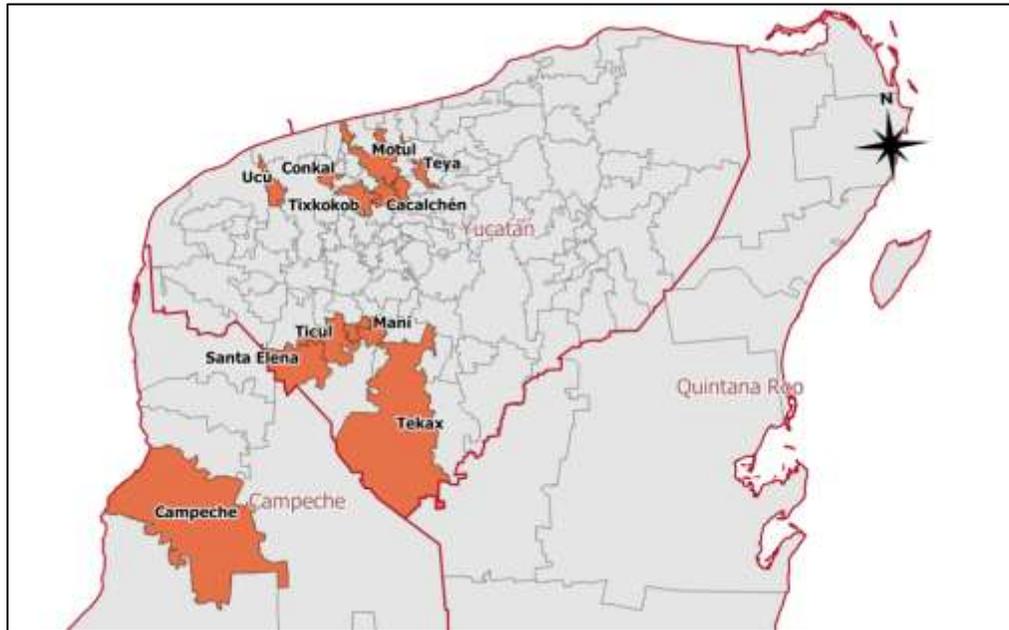


Figura 22 Municipios afectados por vientos fuertes, 20 de mayo de 2021, de acuerdo con los reportes de CENACOM

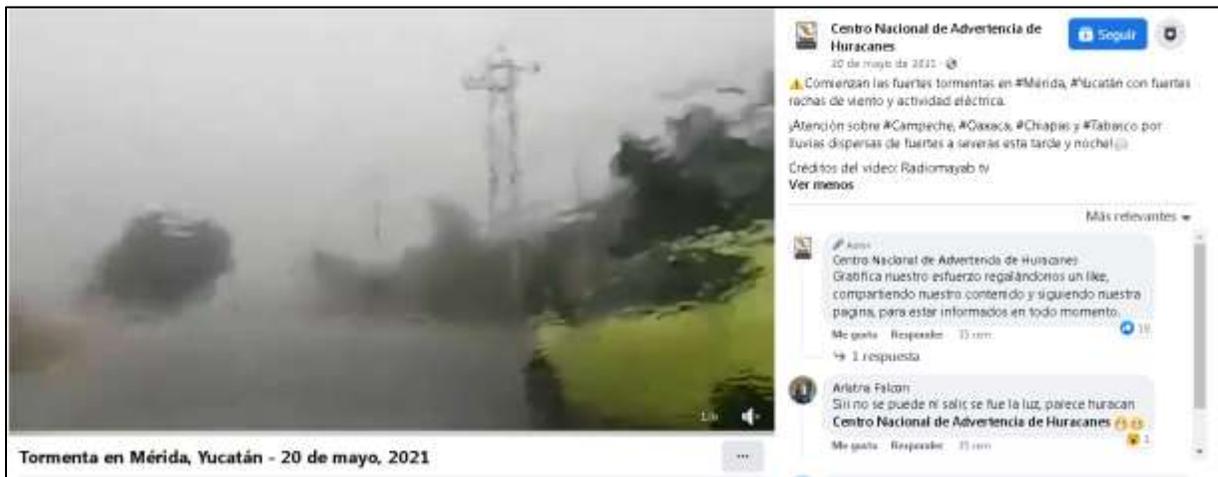


Figura 23 Reporte del evento en redes sociales

Granizada en Ciudad de México y estado de México del 05 de julio de 2021

Fenómenos meteorológicos del 05 de julio de 2021 que dieron origen a la tormenta severa en el Valle de México

De acuerdo con el SMN el pronóstico meteorológico general del 05 de julio de 2021, de las 06:00 horas mencionaba lo siguiente:

La onda tropical núm. 7 recorrerá el occidente de México mientras que la onda tropical núm. 8 se extenderá sobre el sureste del territorio nacional; ambos sistemas producirán lluvias puntuales muy fuertes, descargas eléctricas, rachas de viento y posibles granizadas en Jalisco, Michoacán, Oaxaca y Chiapas. Por la tarde, canales de baja presión en interacción con la entrada de humedad de ambos

océanos e inestabilidad en niveles altos de la atmósfera, provocarán lluvias fuertes en zonas del norte y centro del país, además de puntuales muy fuertes en Sonora, Chihuahua y Coahuila. También, continuará ambiente caluroso a muy caluroso con temperaturas superiores a 40°C en Baja California y Sonora (figura 24).

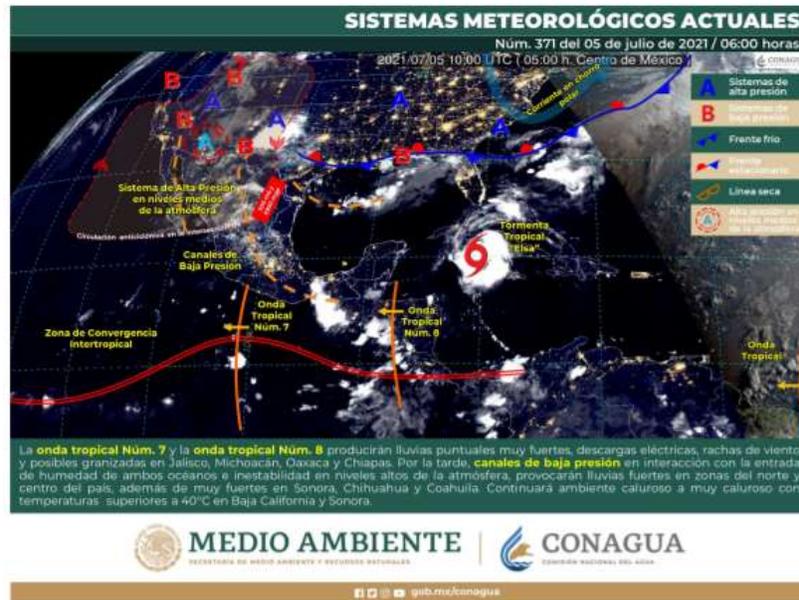


Figura 24 Sistemas meteorológicos del 05 de julio de 2021

Reporte del fenómeno y daños

En varias zonas del Valle de México, se reportaron, a través de medios de comunicación y redes sociales, fuertes lluvias, caída de granizo y vientos. Algunas de las afectaciones que se registraron a través del CENACOM para municipios en el estado de México fueron los siguientes:

- **Zinacantepec**

Derivado de las lluvias fuertes que se presentaron, se tiene reporte de caída de árboles, afectando a tres vehículos, en la avenida 16 de septiembre.

Calle 16 de septiembre, cabecera municipal, se realizaron trabajos para el retiro de árbol caído que afectó dos vehículos en la vialidad Adolfo López Mateos.

- **Naucalpan de Juárez**

Se registraron encharcamientos a nivel banqueta en diferentes colonias. Además de afectación en Avenida Fuentes de Satélite por fuerte *granizada*.

- **Atizapán de Zaragoza**

Oficinas de Palacio Municipal de Atizapán de Zaragoza, afectación por lluvia y *granizo* con penetración de agua hasta 40 cm de tirante.

- **Tlalnepantla de Baz**

Informa titular de protección civil de Tlalnepantla que a las 22:00 horas se realizó rescate de un cuerpo sin vida de un masculino de aproximadamente 40 años, el cual se encontraba en el interior de un vehículo en Av. Mario Colín; en el punto el tirante de agua alcanzó 4 metros cubriendo 4 vehículos, además con un *bloque de hielo de 80 cm*. Se rescató a una persona con vida de otro vehículo, valorada por personal de Protección Civil Tlalnepantla y se atendió a dos elementos de bomberos ya que presentaban hipotermia.

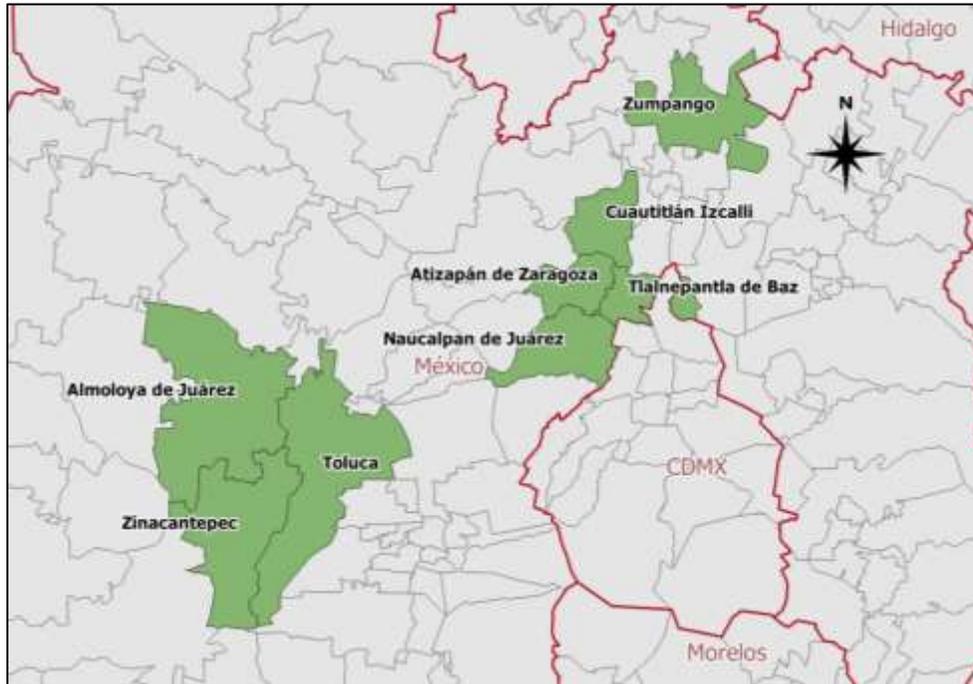


Figura 25 Municipios afectados por tormenta severa el 05 de julio de 2021, de acuerdo con los reportes de CENACOM. En Zinacantepec, Naucalpan, Atizapán y Tlalnepantla hubo reporte de granizo

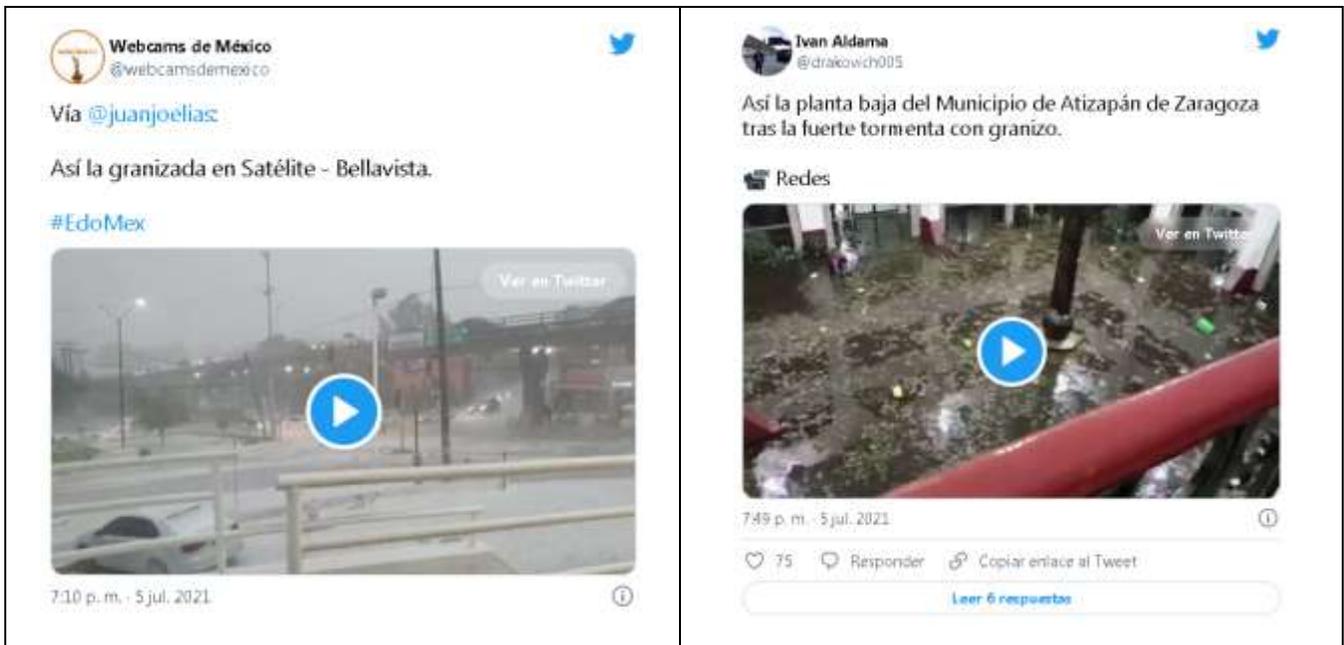


Figura 26 Algunos de los reportes en las redes sociales

2. CAPAS DE ÍNDICE DE PELIGRO Y RIESGO PARA EL ANR POR CICLONES

TROPICALES Y TORNADOS

Antecedentes

Los trabajos que anteceden a esta actualización son los mapas de índices de riesgo a escala municipal por fenómenos hidrometeorológicos (Jiménez Espinosa, Baeza Ramírez, Matías Ramírez, & Eslava Morales, 2012), el cual tiene un apartado de mapas de peligro y riesgo por presencia de ciclones tropicales, así como una actualización en el 2015 (Baeza Ramírez & Jiménez Espinosa, 2015).

En la publicación de mapas de índice de riesgo a escala municipal por fenómenos hidrometeorológicos (Jiménez Espinosa, Baeza Ramírez, Matías Ramírez, & Eslava Morales, 2012), en el apartado de mapas de peligro, se determinó un mapa con registro por presencia de tornados de 2000 a 2007 en los municipios de México.

Actualización de la base de datos de ciclones tropicales

El presente trabajo se sustenta en la base de datos de trayectorias de ciclones tropicales (NHC, NOAA, 2021), para el océano Atlántico y Pacífico de 1949 a 2020. Con esta actualización se están considerando seis años más de registros con respecto a los mapas anteriores.

Aunque el Centro Nacional de Huracanes de los EUA (NHC) no ha publicado la información del 2021, de manera extraoficial se cuenta con dicha información; de tal forma que del 2015 al 2021 se presentaron 283 ciclones tropicales en los océanos Pacífico y Atlántico, 149 y 134 respectivamente; 38 impactaron territorio mexicano, 24 en costas del Pacífico y 14 en el Atlántico.

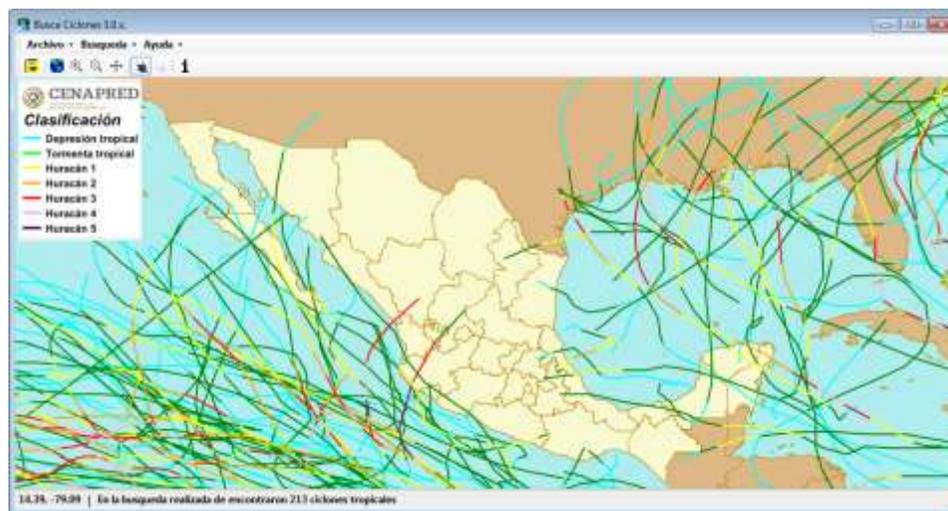


Figura 27 Trayectorias de ciclones tropicales de 2015 a 2020

De los 14 ciclones que impactaron en costas del Atlántico, dos fueron depresiones tropicales, seis tormentas tropicales, cuatro huracanes categoría 1 en la escala Saffir-Simpson, un huracán categoría 2 y un huracán categoría 3; en el Pacífico impactaron 24; cuatro depresiones tropicales, 11 tormentas tropicales, cinco huracanes categoría 1, dos huracanes categoría 2, un huracán categoría 3 y un huracán categoría 5.

Destacan los huracanes de mayor intensidad como Patricia, de 2015, que tocó tierra como categoría 5 el 23 de octubre en costas de Jalisco, y Willa, de categoría 3, que impactó el 24 de octubre de 2018

en Sinaloa, ambos del Pacífico. En el Atlántico resalta en 2021 Grace de categoría 3, que impactó en dos ocasiones al territorio mexicano, primero en Quintana Roo como huracán 1 el 19 de agosto y después en Veracruz, cerca de Tecolutla, como huracán 3 el 21 del mismo mes; también resalta el huracán Delta de 2020, que impactó como categoría 2 el 7 de octubre en Quintana Roo.

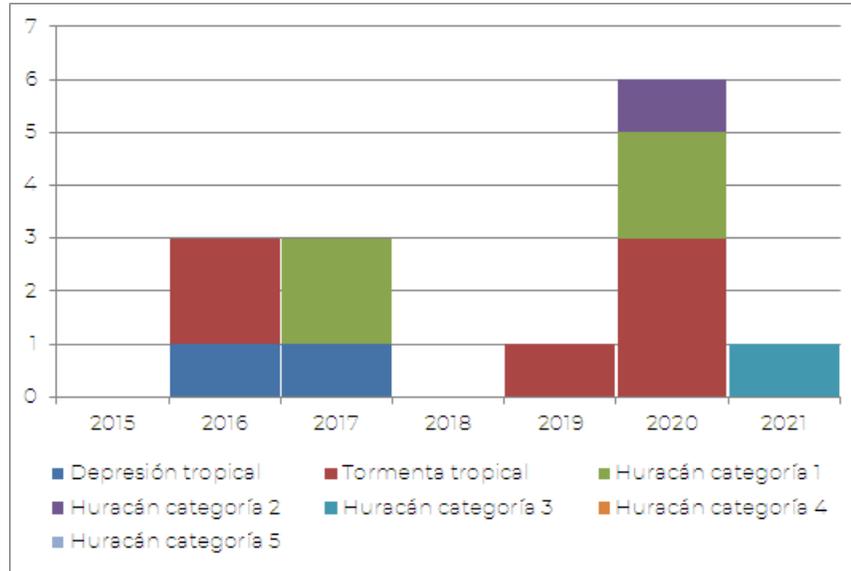


Figura 28 Ciclones tropicales que impactaron a México en el Atlántico de 2015 a 2021

De 2015 a 2021 impactaron en promedio cinco ciclones tropicales al año. Al observar la figura 28 y figura 29, en los años 2015 y 2018 no se registraron impactos en el Atlántico, todos son en el Pacífico, mientras que en 2020 la situación es inversa.

En 2018, 2020 y 2021 se registró el mayor número impactos, seis, es decir dos más que el promedio en el periodo, mientras que en 2015 sólo cuatro ciclones impactaron territorio mexicano.

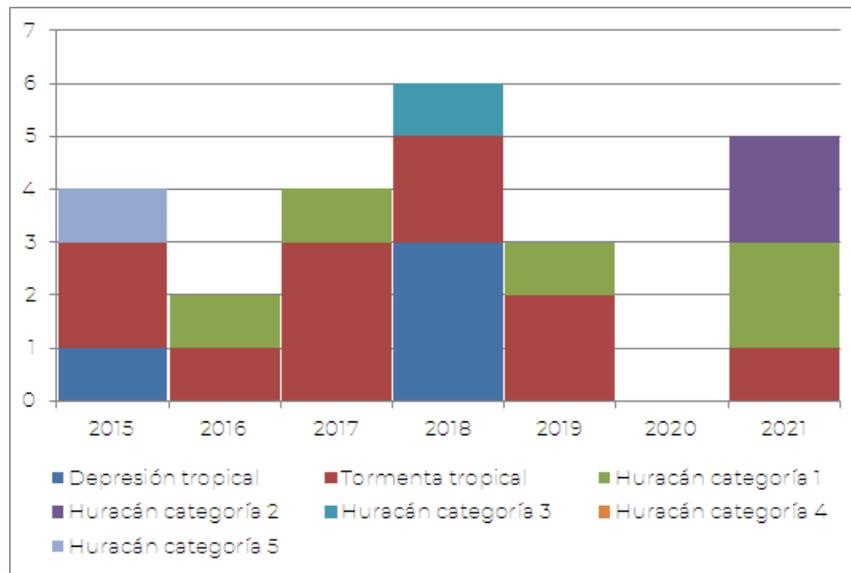


Figura 29 Ciclones tropicales que impactaron a México en el océano Pacífico de 2015 a 2021

Conteo de ciclones tropicales con área de influencia (búfer) de 10, 50, 100, 200 y 400 km

Los efectos de un ciclón tropical no se ubican en un punto, sino que cubren una zona que abarca a veces cientos de kilómetros de diámetro. Por lo anterior, se decidió ampliar el área de los municipios con un búfer¹, de manera que se asegurara que la parte intensa de los vientos afectara a los municipios, aunque el centro no pasara directamente sobre ellos, por lo que se analizaron búferes de 50, 100, 200 y 400 km para identificar la distancia óptima para caracterizar la presencia por ciclones tropicales.

Se realizó el conteo de las trayectorias siguiendo la metodología del conteo de trayectorias, de igual forma que en el informe de (Baeza Ramírez & Jiménez Espinosa, 2015); sin embargo, se consideraron diferentes áreas de influencia para los 2 469 municipios, considerando los datos espaciales del INEGI del 2020. Además, se agregaron 14 islas representativas que son afectadas por ciclones tropicales; principalmente se seleccionaron aquellas que se encuentran alejadas del territorio nacional y que tienen población.

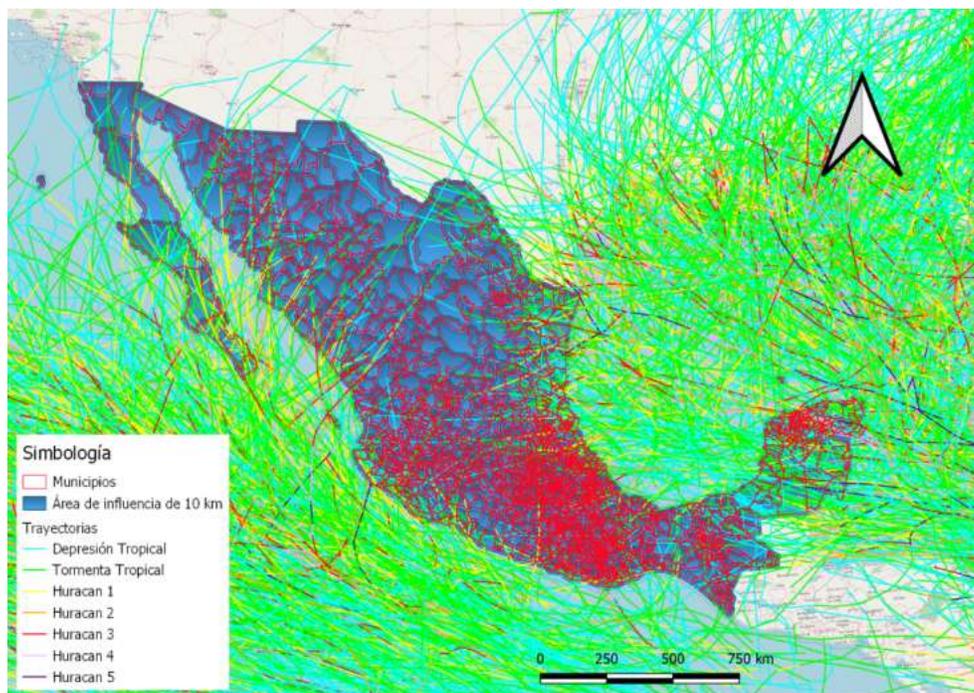


Figura 30 Área de influencia de 10 km

¹ Búfer: En una aplicación de sistema de información geográfica, las zonas búfer son representadas como polígonos vectoriales rodeando a otro polígono, línea o punto. https://docs.qgis.org/2.14/es/docs/gentle_gis_introduction/vector_spatial_analysis_buffers.html

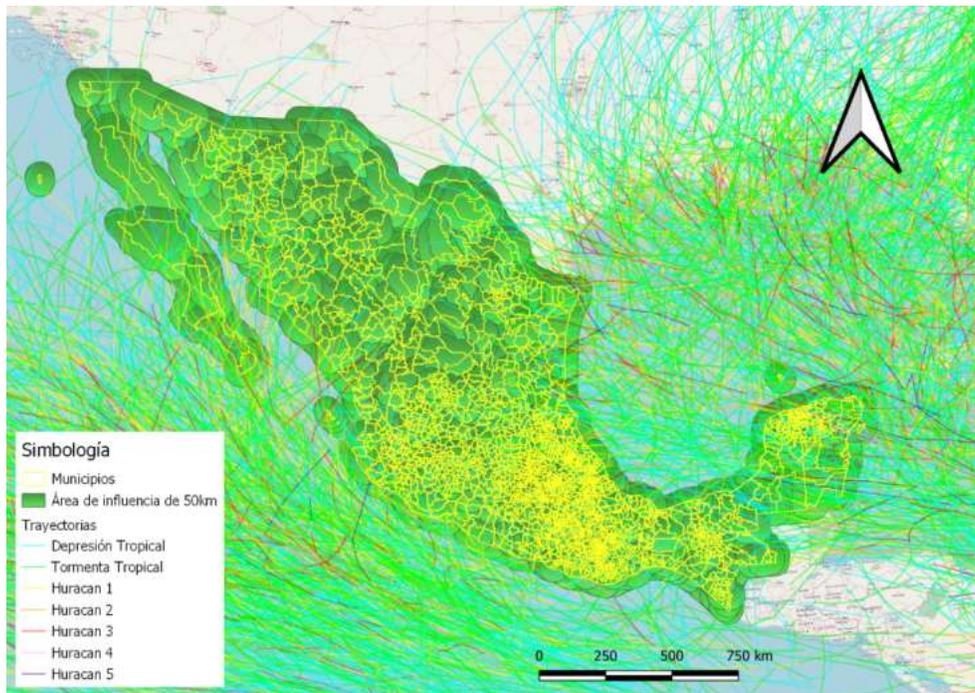


Figura 31 Área de influencia de 50 km

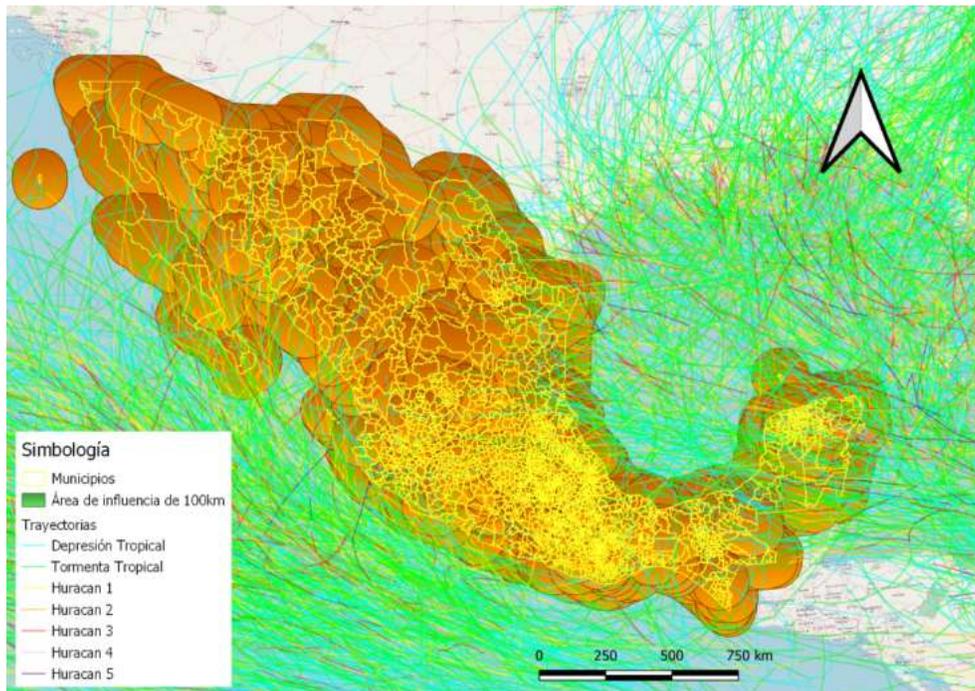


Figura 32 Área de influencia de 100 km

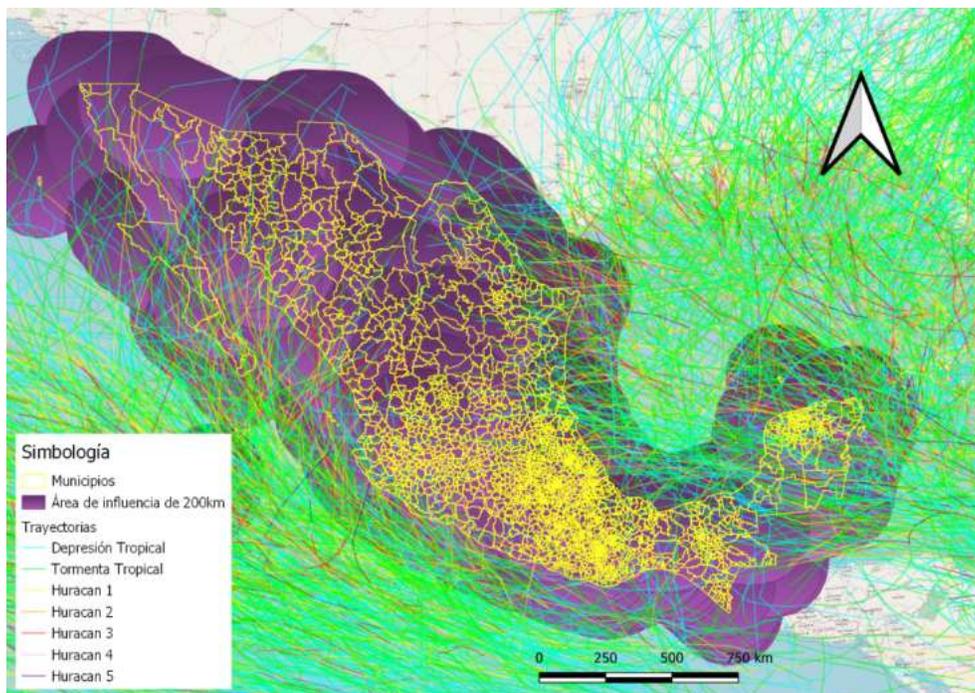


Figura 33 Área de influencia de 200 km

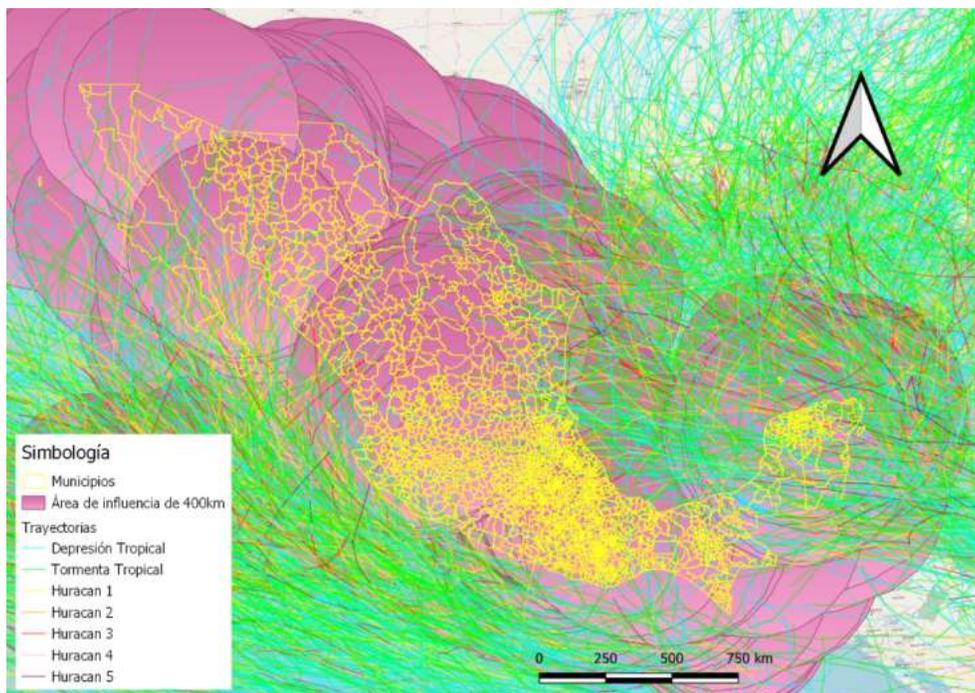


Figura 34 Área de influencia de 400 km

De la figura 30 a la figura 34, se puede observar a las trayectorias y las áreas de los municipios incrementadas en 10, 50, 100, 200 y 400 km, respectivamente. Posteriormente se realizó el conteo de las trayectorias en el área de los municipios incrementados citados con antelación.



Figura 35 Conteo de trayectorias que pasan a una influencia de 10 km de cada municipio

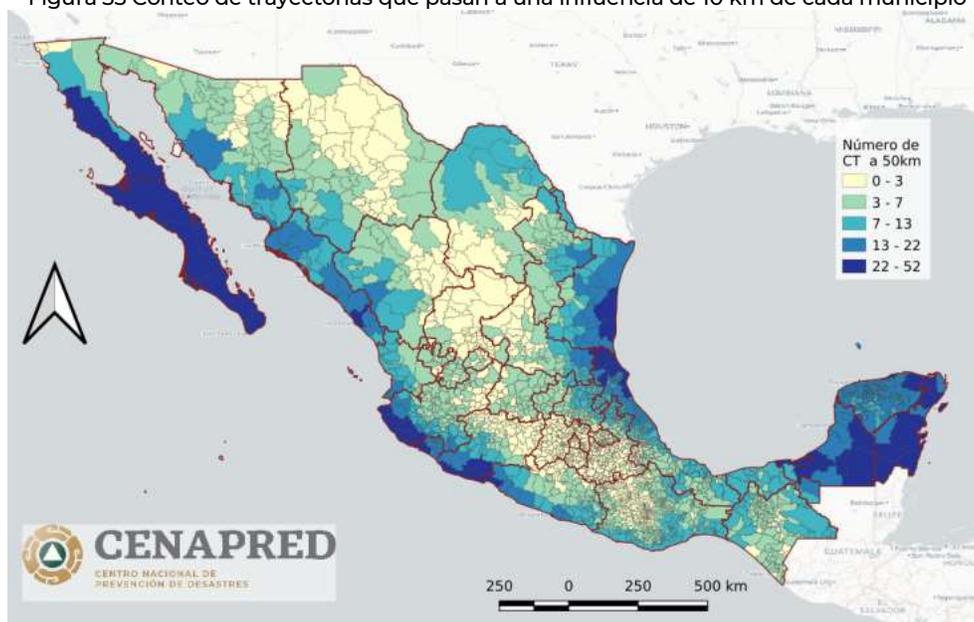


Figura 36 Conteo de trayectorias que pasan a una influencia de 50 km de cada municipio

A continuación, se enlistan, con base en las figura 35 y figura 36, las zonas de mayor incidencia en el conteo de trayectorias con influencia a 10 y 50 km, respectivamente:

Océano Pacífico: península de Baja California y Jalisco, Colima, Michoacán y Sinaloa.

Golfo de México y mar Caribe: península de Yucatán, Tamaulipas y norte de Veracruz.

De la figura 37 se observa que, para una influencia de 100 km, en la cuenca del Pacífico destacan Baja California Sur, Jalisco, Colima, Michoacán y Guerrero. Y del golfo de México y mar Caribe, la península de Yucatán, Tamaulipas y norte de Veracruz.

En figura 38, con una influencia de 200 km, destacan Baja California Sur y los estados costeros del centro occidente del país Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán y Guerrero. En el caso del océano Atlántico sólo Quintana Roo.



Figura 37 Conteo de trayectorias que pasan a una influencia de 100 km de cada municipio.



Figura 38 Conteo de trayectorias que pasan a una influencia de 200 km de cada municipio.

Finalmente, en la figura 39 se presenta el conteo de trayectorias con una influencia de 400 km. Se observa que los estados con un número mayor de trayectorias son Baja California Sur, Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán y Guerrero, en el Pacífico, a diferencia del Atlántico que es mucho menor la incidencia (figura 34).

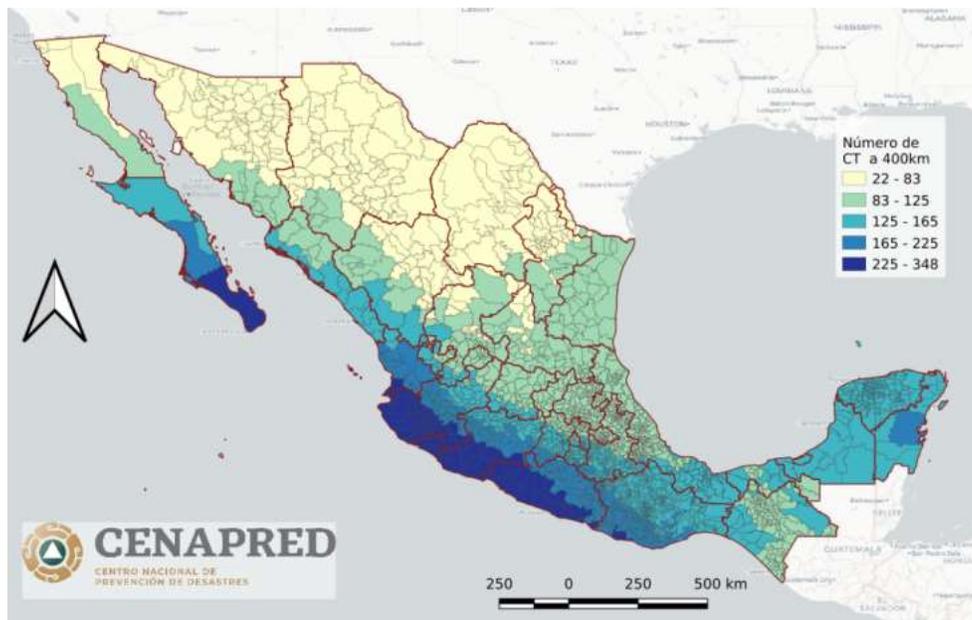


Figura 39 Conteo de trayectorias que pasan a una influencia de 400 km de cada municipio.

Determinación del Índice de Peligro por Presencia de Ciclones Tropicales (IPCT)

Para la determinación del índice de presencia por ciclones tropicales se consideraron las trayectorias del periodo 1949 a 2020 que pasan sobre los municipios, tal como se describió en el apartado anterior; para la obtención de índices se utilizó la metodología del 2012 (Jiménez Espinosa, Baeza Ramírez, Matías Ramírez, & Eslava Morales, 2012).

$$IPCT = \sum_{i=1}^7 v(i) * i$$

Dónde:

IPCT Índice de peligro por ciclones tropicales
v(i) Tasa de excedencia para la intensidad *i*
i intensidad *i*

Tabla 1 Intensidad asociada a la categoría de los ciclones tropicales de la escala Saffir-Simpson

Intensidad <i>i</i>	Categoría
1	Depresión tropical
2	Tormenta tropical
3	Huracán categoría 1
4	Huracán categoría 2
5	Huracán categoría 3
6	Huracán categoría 4
7	Huracán categoría 5

Utilizando la ecuación 1 se determinó el índice para cada uno de los municipios e islas y se clasificaron considerando la optimización que proporciona el programa Qgis®, con el modo *rupturas naturales (Jenks)*.

De esta manera, se determinó el IPCT con una cercanía de 10 km. Los estados que presentan valores de *Muy alto* peligro son Baja California Sur, Quintana Roo, Campeche, Tamaulipas; Veracruz, Sinaloa y Jalisco (figura 40).

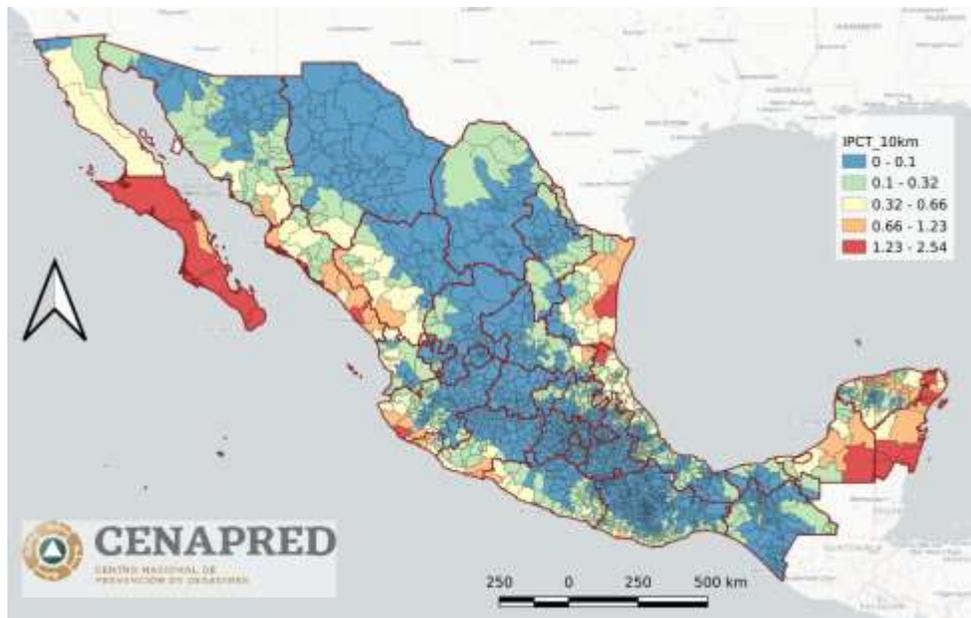


Figura 40 IPCT con una cercanía de 10 km

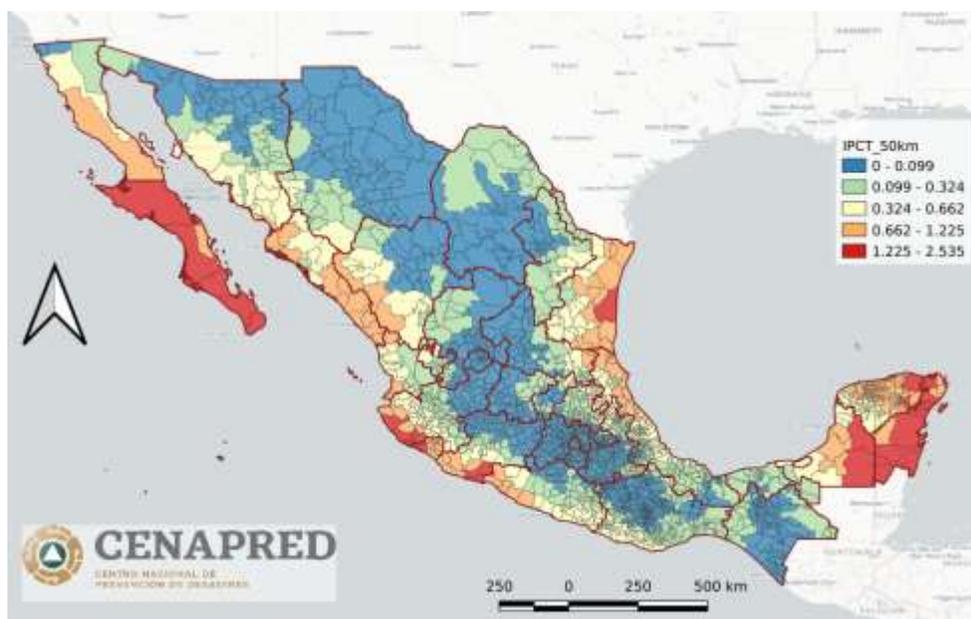


Figura 41 IPCT con una cercanía de 50 km

En la figura 41 se tienen los resultados de IPCT con trayectorias cercanas a 50 km. En el océano Pacífico destacan Baja California Sur, Jalisco y Michoacán. Para el océano Atlántico, Quintana Roo, Yucatán y Tamaulipas.

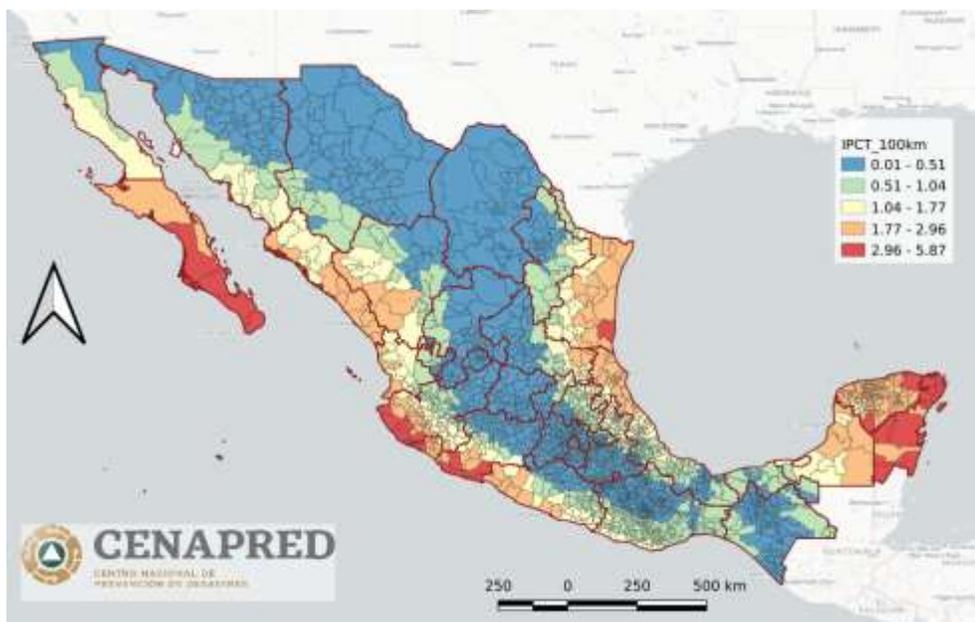


Figura 42 IPCT con una cercanía de 100 km

Para trayectorias cercanas a 100 km destacan, para el Pacífico, Baja California Sur, Jalisco y Michoacán, y para el Atlántico, Quintana Roo, Yucatán y Tamaulipas (figura 42).

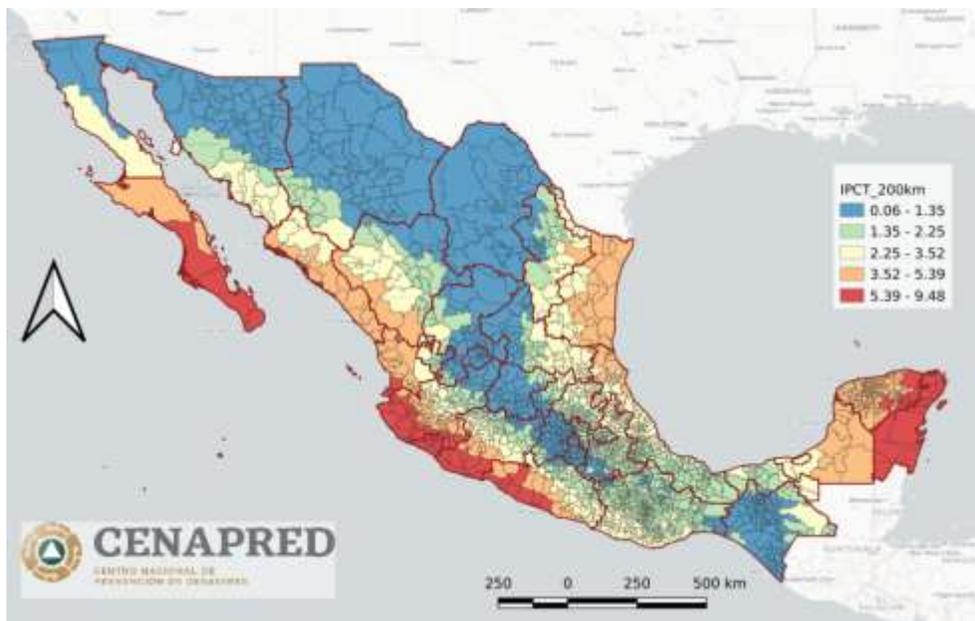


Figura 43 IPCT con una cercanía de 200 km

Con las trayectorias cercanas a 200 km destacan, para el Pacífico, Baja California Sur, Nayarit, Jalisco, Michoacán y Guerrero, y para el Atlántico, Quintana Roo y Yucatán (figura 43).

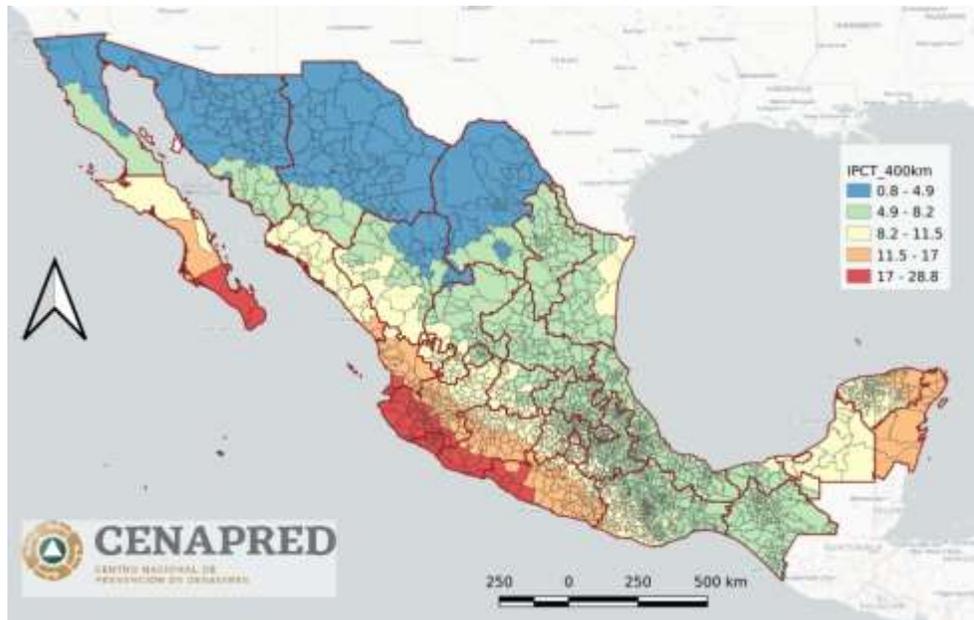


Figura 44 IPCT con una cercanía de 400 km

Finalmente, en la figura 44 se tiene el IPCT con las trayectorias cercanas a 150 km, en donde solo destaca el océano Pacífico: Baja California Sur, Nayarit, Jalisco, Michoacán y Guerrero.

Determinación del Grado de Peligro por Presencia de Ciclones Tropicales (GPCT)

Se asignaron los grados de peligro a cada municipio: Muy alto, Alto, Medio, Bajo y Muy bajo, considerando los rangos que se determinaron con los índices del apartado anterior.

En la figura 45 se presenta el GPCT con una cercanía de 10 km, de los cuales destacan algunas entidades, en el océano Pacífico: Baja California Sur, Sinaloa y Jalisco, y en el mar Caribe y el golfo de México: Quintana Roo, Campeche, Tamaulipas y Veracruz. Para este búfer se tendrían afectaciones directas en la costa por viento, oleaje y marea de tormenta.

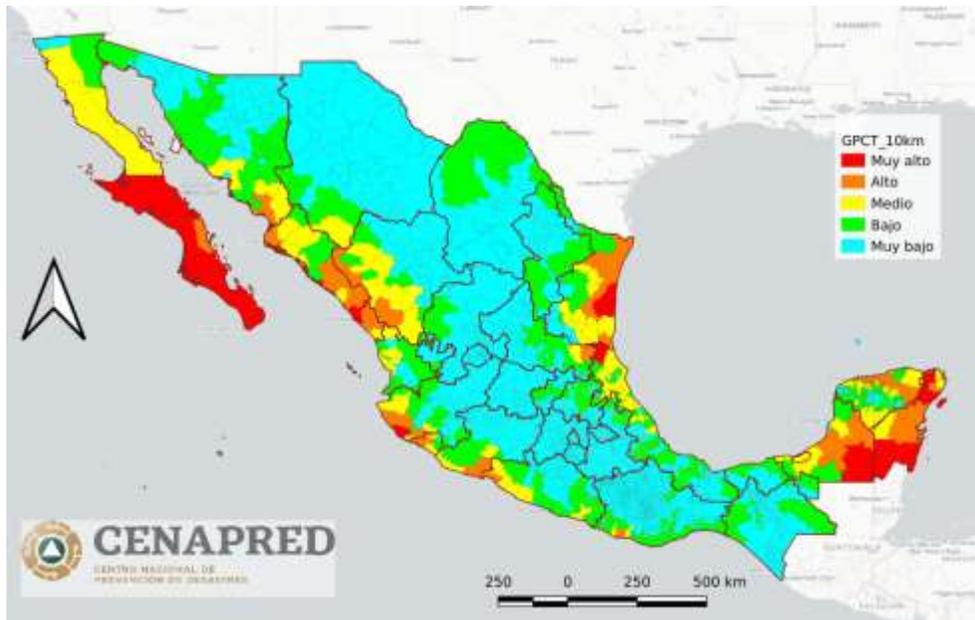


Figura 45 GPCT con una cercanía de 10 km

Para la figura 46, al considerar una cercanía a 50 km, se presentan ligeros cambios, ya que aumentaron un poco las intensidades y el número de municipios con un índice mayor.

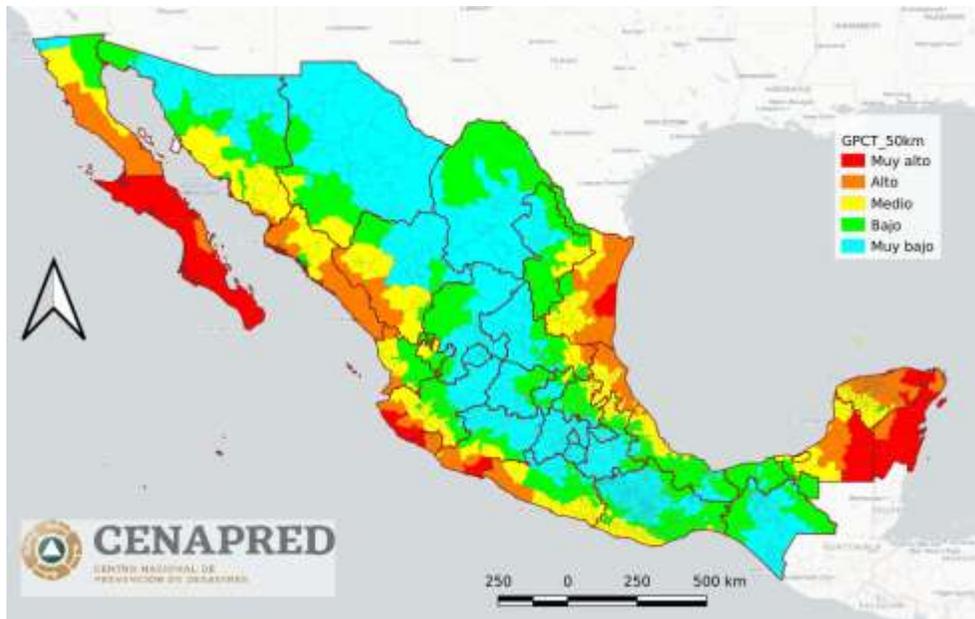


Figura 46 GPCT con una cercanía de 50 km

Para la figura 47 continúan modificándose los patrones de los índices; sin embargo, siguen prevaleciendo las zonas de mayor impacto en México: las dos penínsulas, la parte occidente en el Pacífico y el norte del golfo de México.



Figura 47 GPCT con una cercanía de 100 km

En la figura 48 y figura 49, se observa una influencia de las trayectorias que están más alejadas, ya que contribuye al incremento del índice el exceso de ciclones tropicales en el océano Pacífico.



Figura 48 GPCT con una cercanía de 200 km



Figura 49 GPCT con una cercanía de 400 km

En las figura 50 a 54 se presentan los valores de las áreas que se determinaron a partir de los índices, A continuación, se analizan algunas zonas del país.

En Baja California Sur se tiene casi la misma área para la cercanía de 10 y 50 km de grado *Muy alto*; sin embargo, ésta va disminuyendo conforme se va incrementado el buffer de acuerdo con lo lejano de las trayectorias, quedando finalmente en *Alto*.

Por otro lado, en Quintana Roo se observa la mitad del territorio, para un búfer de 10 km, con valores de grado *Muy alto*; sin embargo, para distancia de búferes de 200 km y 400 km, disminuye a *Alto*.

En la zona limítrofe de Tamaulipas y Veracruz, donde se han presentado huracanes de categoría 5 en la escala Saffir-Simpson, el grado tiene valores de *Muy Alto*, *Alto* y *Medio*; sin embargo, entre más se aleja la búsqueda de las trayectorias, disminuyen hasta llegar a *Medio* y *Bajo*.

Finalmente, al analizar la zona del centro occidente: Jalisco, Colima y Michoacán, se observó un incremento hasta llegar a valores de grado *Muy Alto*.

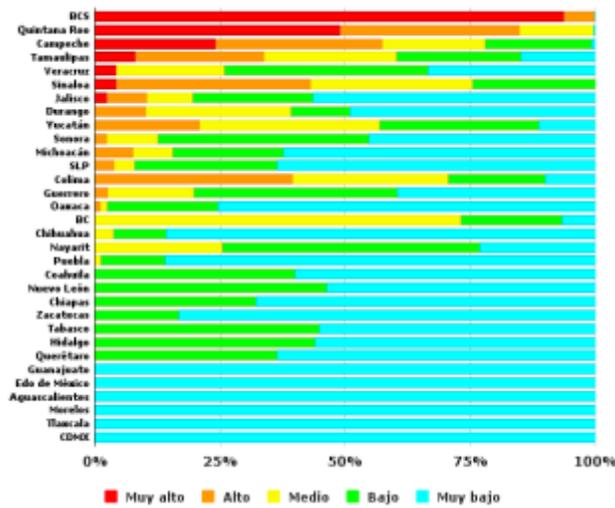


Figura 50 Porcentaje de área del estado afectado con un acercamiento a 10 km por GPCT ordenado de muy alto a muy bajo

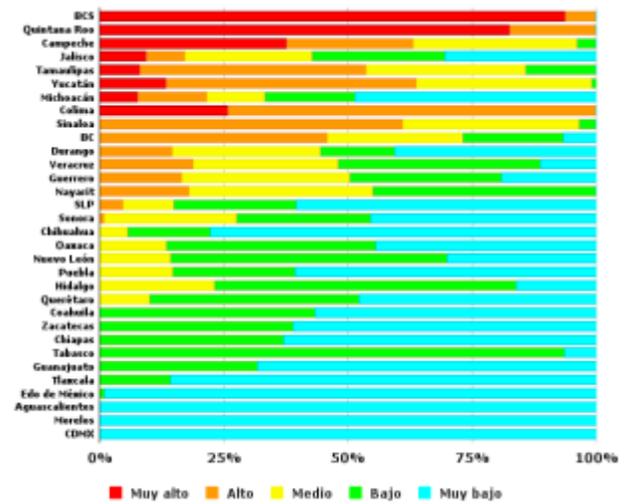


Figura 51 Porcentaje de área del estado afectado con un acercamiento a 50 km por GPCT ordenado de muy alto a muy bajo

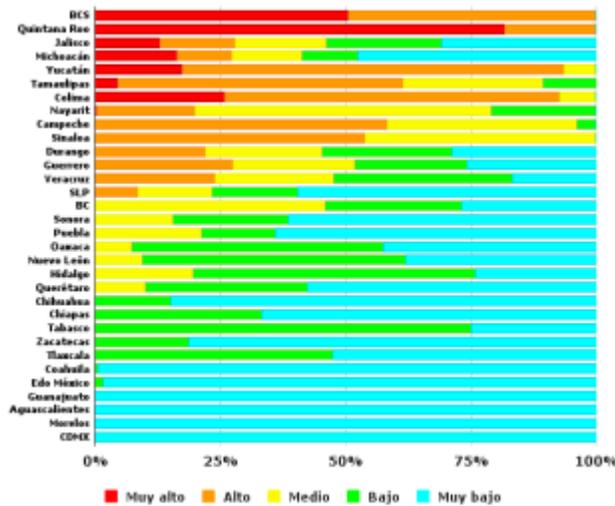


Figura 52 Porcentaje de área del estado afectado con un acercamiento a 100 km por GPCT ordenado de muy alto a muy bajo

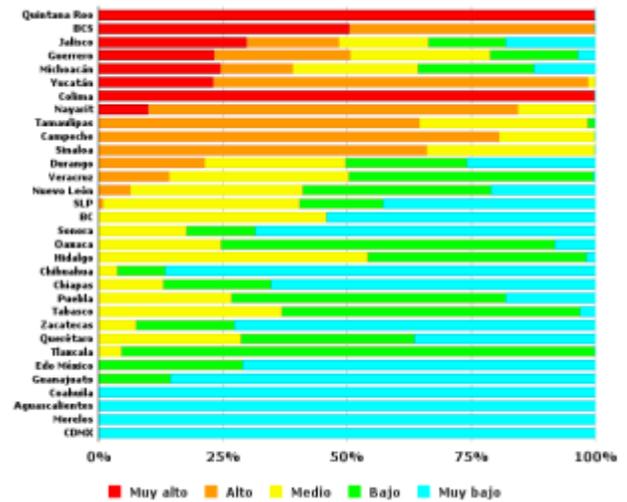


Figura 53 Porcentaje de área del estado afectado con un acercamiento a 200 km por GPCT ordenado de muy alto a muy bajo

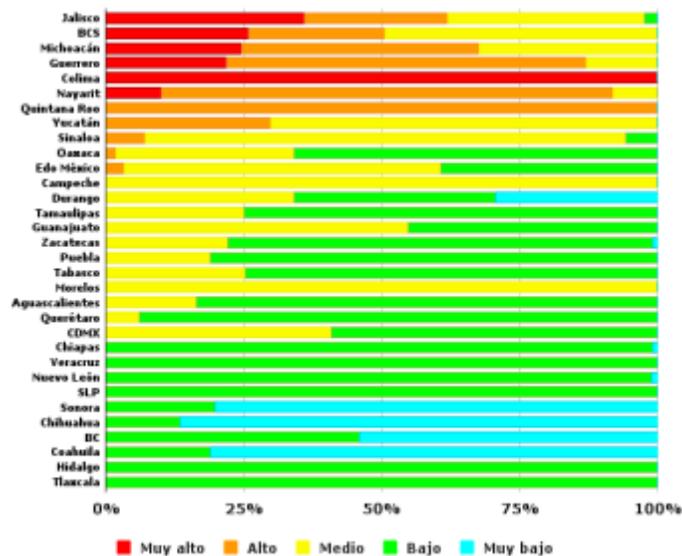


Figura 54 Porcentaje de área del estado afectado con un acercamiento a 400 km por GPCT ordenado de muy alto a muy bajo

Como conclusión se puede decir que el problema de considerar búferes tan grandes (mayores a 50 km) es que el índice se ve influenciado por la gran cantidad de ciclones tropicales que se encuentran en el océano Pacífico y, sobre todo, que este resultado no es correcto, ya que en ocasiones los efectos percibidos en las costas son menores a la intensidad que se está presentado en el ojo del huracán.

Dado que se descartaron los índices para distancias mayores a 50 km, se revisaron y determinaron IPCT para distancias menores a 50 km, para compararlas e identificar la distancia pertinente a la cual los vientos de los ciclones tropicales producen afectaciones.

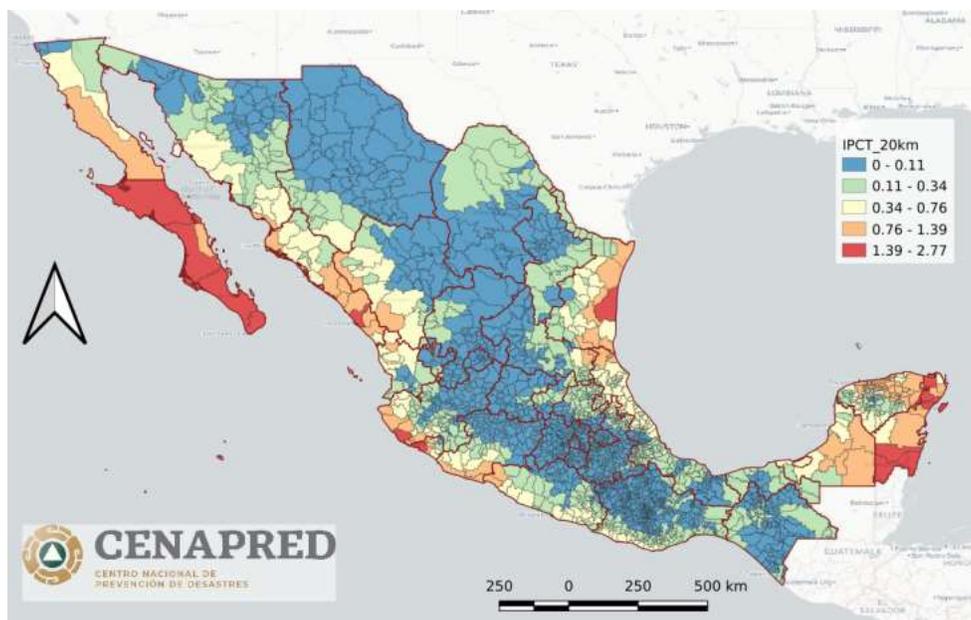


Figura 55 IPCT con una cercanía de 20 km

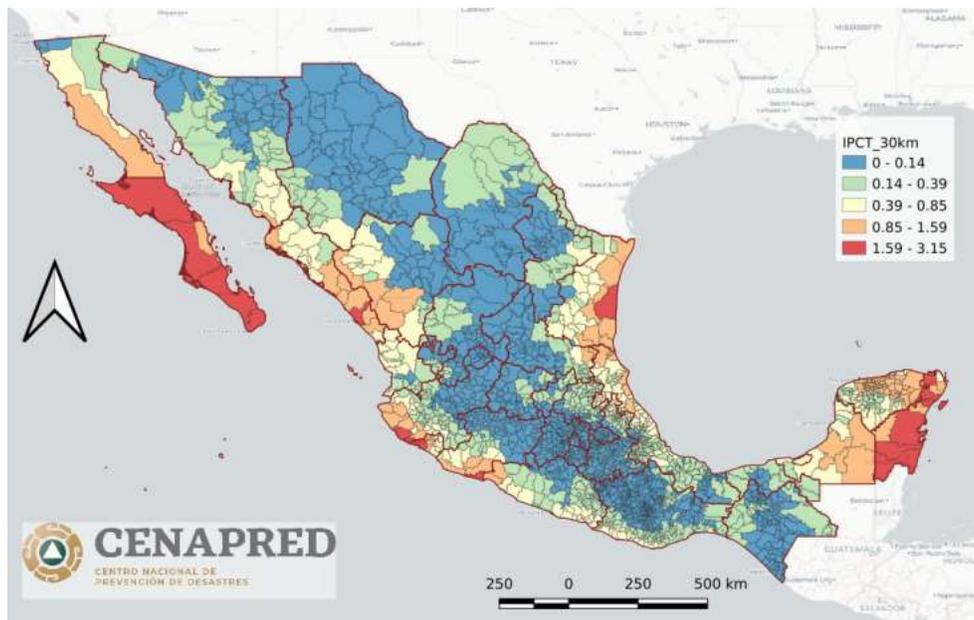


Figura 56 IPCT con una cercanía de 30 km

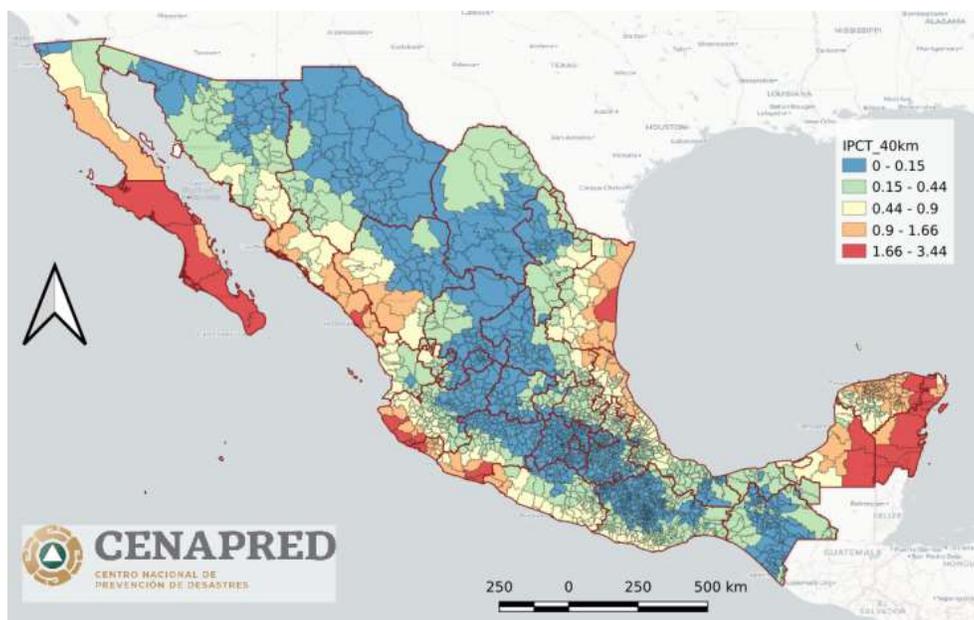


Figura 57 IPCT con una cercanía de 40 km

Se determinaron las diferencias entre los IPCT de 20, 30 y 40 km, comparados cada uno con el IPCT de 10 km, con fin de poder identificar la distancia óptima a la cual se debe de determinar el IPCT.



Figura 58 Diferencias entre IPCT de 10 y 20 km



Figura 59 Diferencias entre IPCT de 10 y 30 km



Figura 60 Diferencias entre IPCT de 10 y 40 km



Figura 61 Diferencias entre IPCT de 10 y 50 km

Este criterio no es útil para determinar la distancia óptima, por lo cual, ésta se determinará a partir de algunas estimaciones del diámetro del ojo de huracanes más representativos que han afectado a México. De acuerdo con el Centro Nacional de Huracanes (NHC siglas en inglés) “El tamaño del ojo oscila entre 10 y 200 km de ancho, pero la mayoría tiene entre 32 y 64 km de diámetro”².

² Preguntas frecuentes del NHC <https://www.aoml.noaa.gov/es/hrd-faq/#tc-components>.

Por lo anterior, se decidió estimar el diámetro del ojo que presentan los ciclones tropicales al momento de impactar las costas mexicanas. De la página del NHC se consultaron los archivos históricos de los avisos de ciclones tropicales, ya que en ellos se encuentra información del diámetro del ojo de 1998 a 2021.³

Con ayuda del programa *Busca Ciclones* versión 3.0.8, se identificaron los ciclones tropicales que impactaron a México de 1998 a 2020 y que, además, tuvieran categoría de huracán.

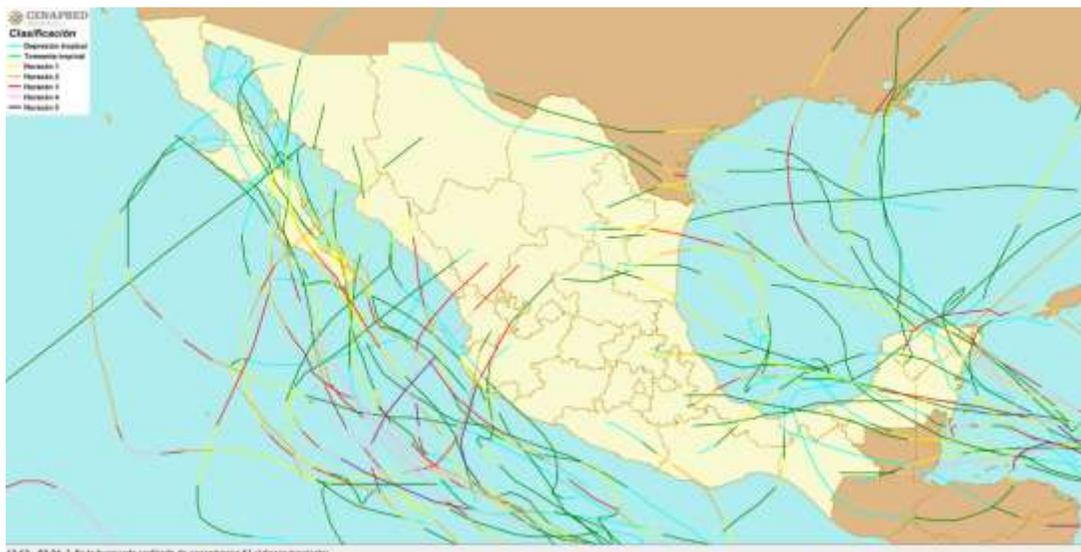


Figura 62 Huracanes que han impactado a México de 1998 a 2020

En la tabla 2, y a partir de la búsqueda anterior de ciclones tropicales que impactaron a México, se presentan los diámetros de los huracanes de 1998 a 2020.

Tabla 2 Diámetro del ojo de los huracanes que han impactado a México de 1998 a 2020

Núm.	Huracán	Año	Clave	Categoría impacto	Diámetro (km)
1	Isis	1998	EP101998	1	20
2	Bret	1999	AL031999	4	40
3	Keith	2000	AL152000	1	40
4	Iris	2001	AL112001	2	15
5	Kenna	2002	EP142002	4	20
6	Isidore	2002	AL102002	3	40
7	Ignacio	2003	EP092003	1	20
8	Marty	2003	EP132003	1	40
9	Claudette	2003	AL042003	1	60
10	Wilma	2005	AL242005	4	50
11	Emily	2005	AL052005	4	20
12	Stan	2005	AL102005	1	Sin dato
13	Lane	2006	EP132006	3	20

³ Archivos de los avisos <https://www.nhc.noaa.gov/archive/2021/>.

Núm.	Huracán	Año	Clave	Categoría impacto	Diámetro (km)
14	John	2006	EP112006	2	20
15	Henriette	2007	EP112007	1	30
16	Dean	2007	AL042007	5	40
17	Dolly	2008	AL042008	2	40
18	Jimena	2009	EP132009	2	50
19	Karl	2010	AL132010	3	30
20	Alex	2010	AL012010	2	20
21	Richard	2010	AL192010	1	40
22	Jova	2011	EP102011	2	30
23	Carlotta	2012	EP032012	1	20
24	Ernesto	2012	AL052012	1	20
25	Manuel	2013	EP132013	1	20
26	Barbara	2013	EP022013	1	Sin dato
27	Odile	2014	EP152014	3	40
28	Patricia	2015	EP202015	5	20
29	Newton	2016	EP152016	1	90
30	Earl	2016	AL052016	1	40
31	Willa	2018	EP242018	3	50
32	Lorena	2019	EP152019	1	30
33	Nana	2020	AL162020	1	Sin dato
34	Zeta	2020	AL282020	1	50
35	Delta	2020	AL262020	2	80
36	Hanna	2020	AL082020	1	60
Promedio=				2.0	36.5
Moda=				1	20

De la tabla anterior se concluye que el valor de diámetro de ojo más frecuente es 20 km; en la figura 63 se presenta el IPCT para dicha distancia.

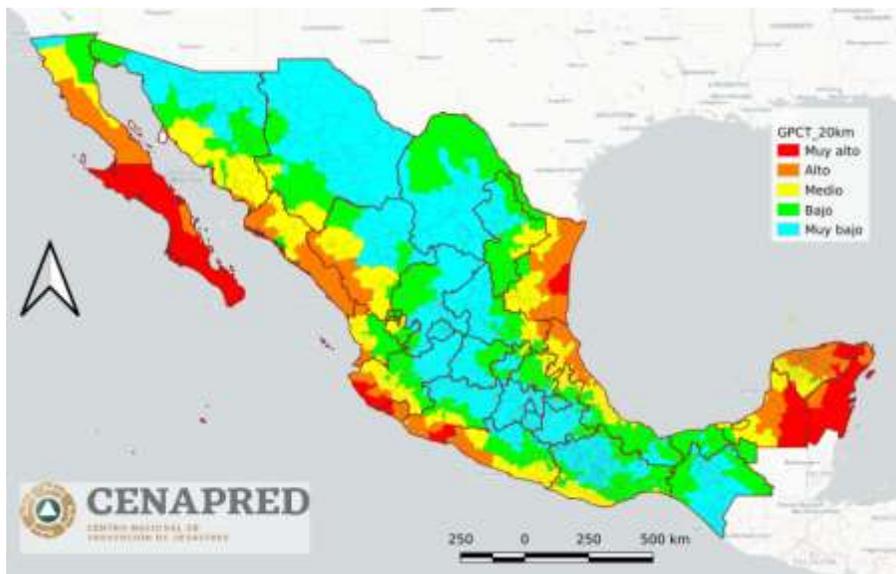


Figura 63 IPCT con una cercanía de 20 km

Lo ideal sería estimar el IPCT a partir del diámetro real del ojo del huracán al momento del impacto, ya que se tomaría en cuenta la máxima afectación que presentó el ciclón tropical; sin embargo, dicho análisis queda fuera del alcance del presente estudio.

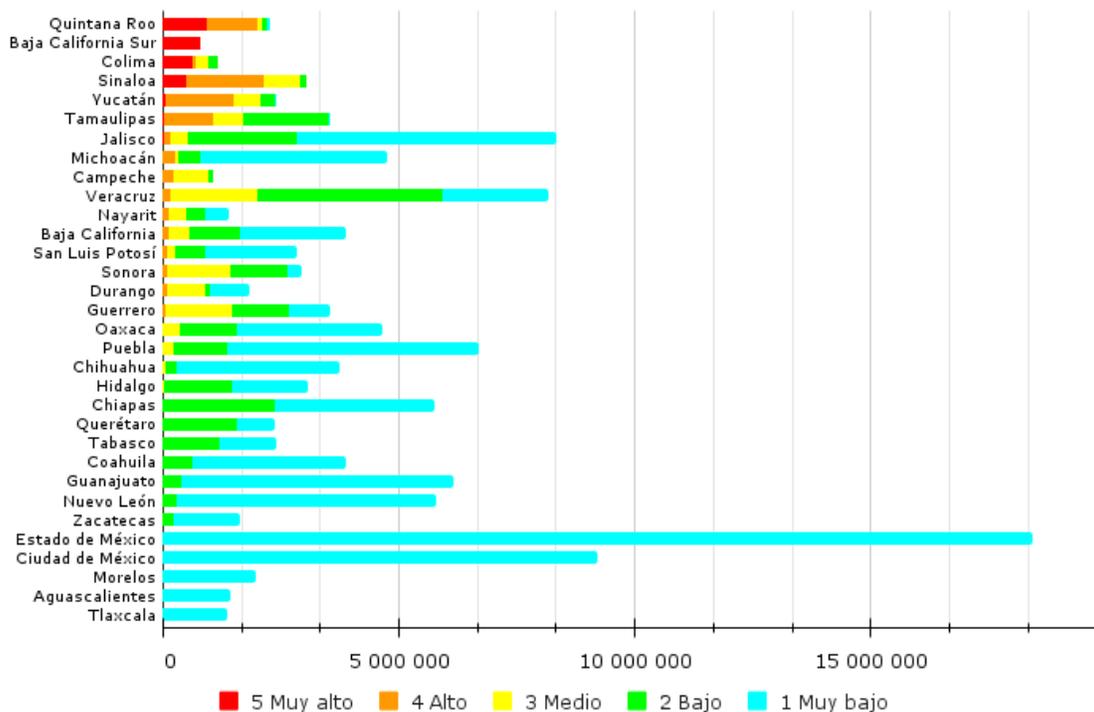


Figura 64 Población expuesta de acuerdo con el GPCT

Considerando a la población por estado, se puede decir que Quintana Roo es el que presenta una mayor población clasificada con *Muy Alto*, seguido por Baja California Sur y Colima (figura 64).

Considerando el área que puede ser afectada por la presencia de ciclones tropicales, se observa que Baja California Sur tiene más del 90% del territorio con grado *Muy Alto*, además de Quintana Roo y Colima (figura 65).

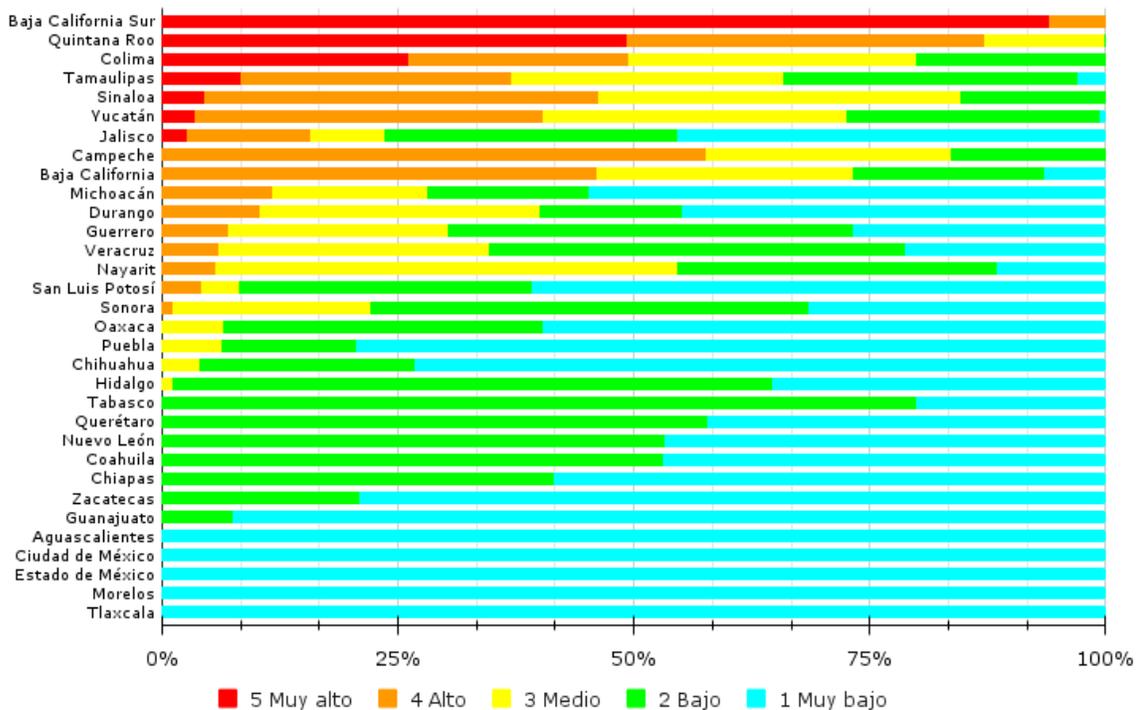


Figura 65 Área que pudiera estar expuesta de acuerdo con GPCT

Determinación del Índice de Vulnerabilidad Social (IVS)

Se determinó el IVS (CENAPRED, 2006) con información del censo de 2020 proporcionada por el INEGI. La única variable que no se consideró fue la de *Médicos por cada 1,000 habitantes* del indicador de Salud, ya que no se encontró el número de médicos a nivel municipal.

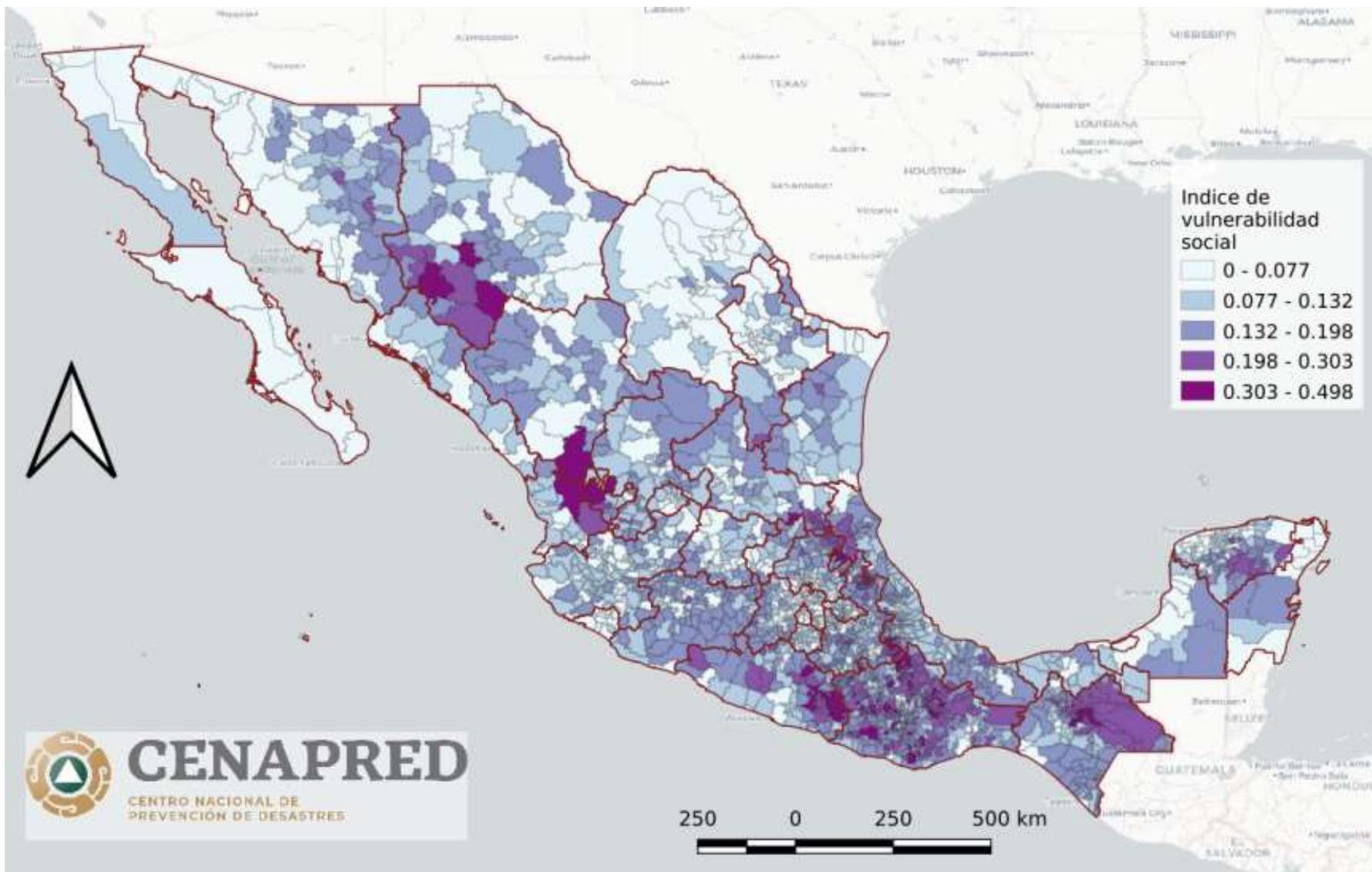


Figura 66 IVS con datos del CENSO 2020 del INEGI

Determinación del Índice de Riesgo por Presencia de Ciclones Tropicales (IRCT)

Para la determinación del IRCT, se utilizó la metodología del trabajo de índices hidrometeorológicos de (Jiménez Espinosa, Baeza Ramírez, Matías Ramírez, & Eslava Morales, 2012) y en (Jiménez Espinosa, Matías Ramírez, & Eslava Morales, Mapas de riesgo a escala municipal por inundaciones y bajas temperaturas, 2009) se propone una forma cualitativa para estimar el riesgo a escala municipal:

$$IR = (\ln[D] + 3) \times IVS \times Ip$$

2

Dónde:

IR: Índice de riesgo

Ln: Logaritmo natural

D: Densidad de población municipal

IVS: Índice de Vulnerabilidad Social

IPCT: Índice de peligro por presencia del ciclón tropical



SEGURIDAD

SECRETARÍA DE SEGURIDAD
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



CENAPRED

CENTRO NACIONAL DE
PREVENCIÓN DE DESASTRES

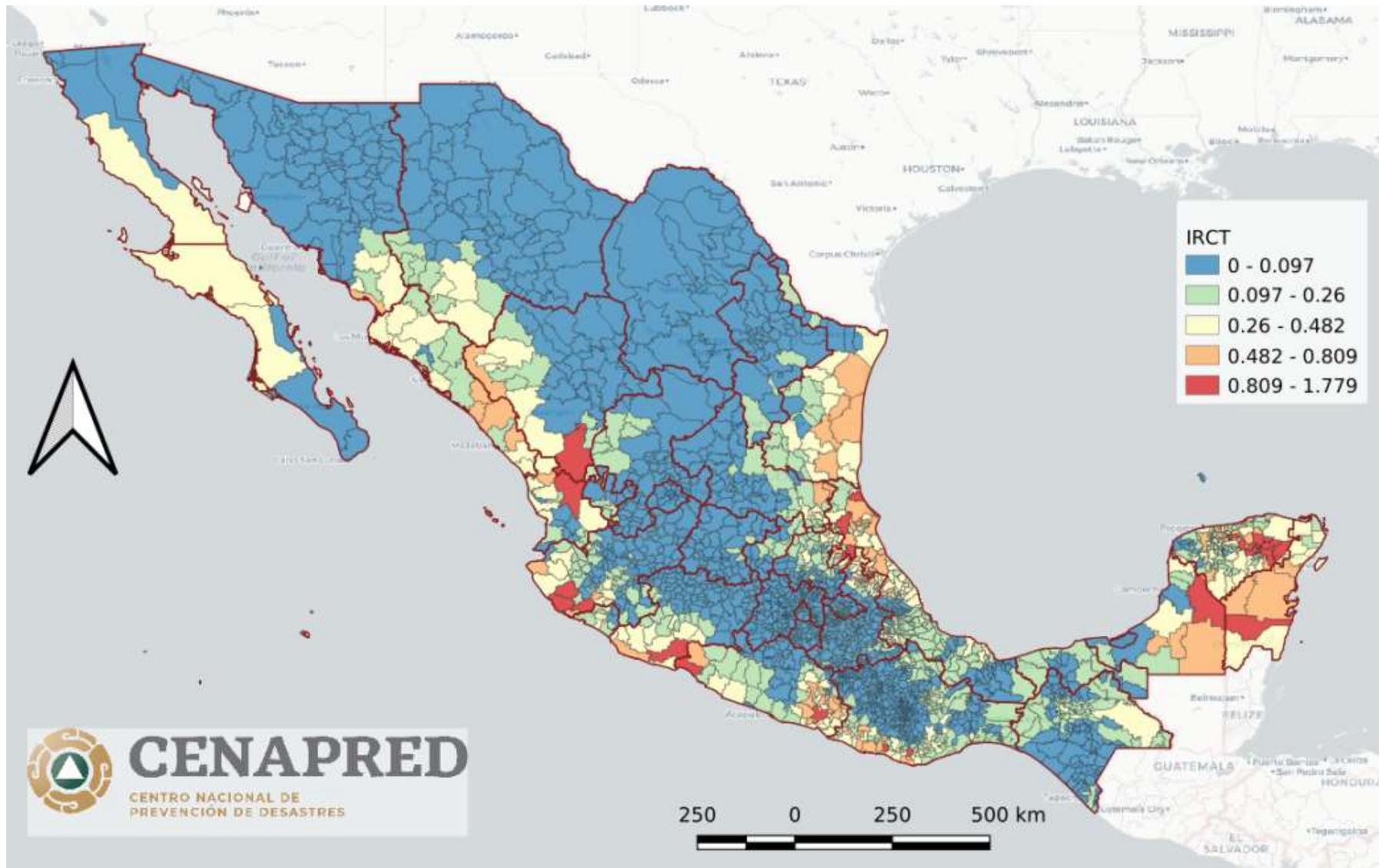


Figura 67 IRCT con una cercanía a 20 km

Determinación del Grado de Riesgo por Presencia de Ciclones Tropicales (GRCT)

Finalmente, haciendo la clasificación en cinco categorías desde Muy bajo, Bajo, Medio, Alto y Muy alto, considerando el método de *Rupturas naturales (Jenks)* de Qgis® se obtiene el mapa de la figura 68.

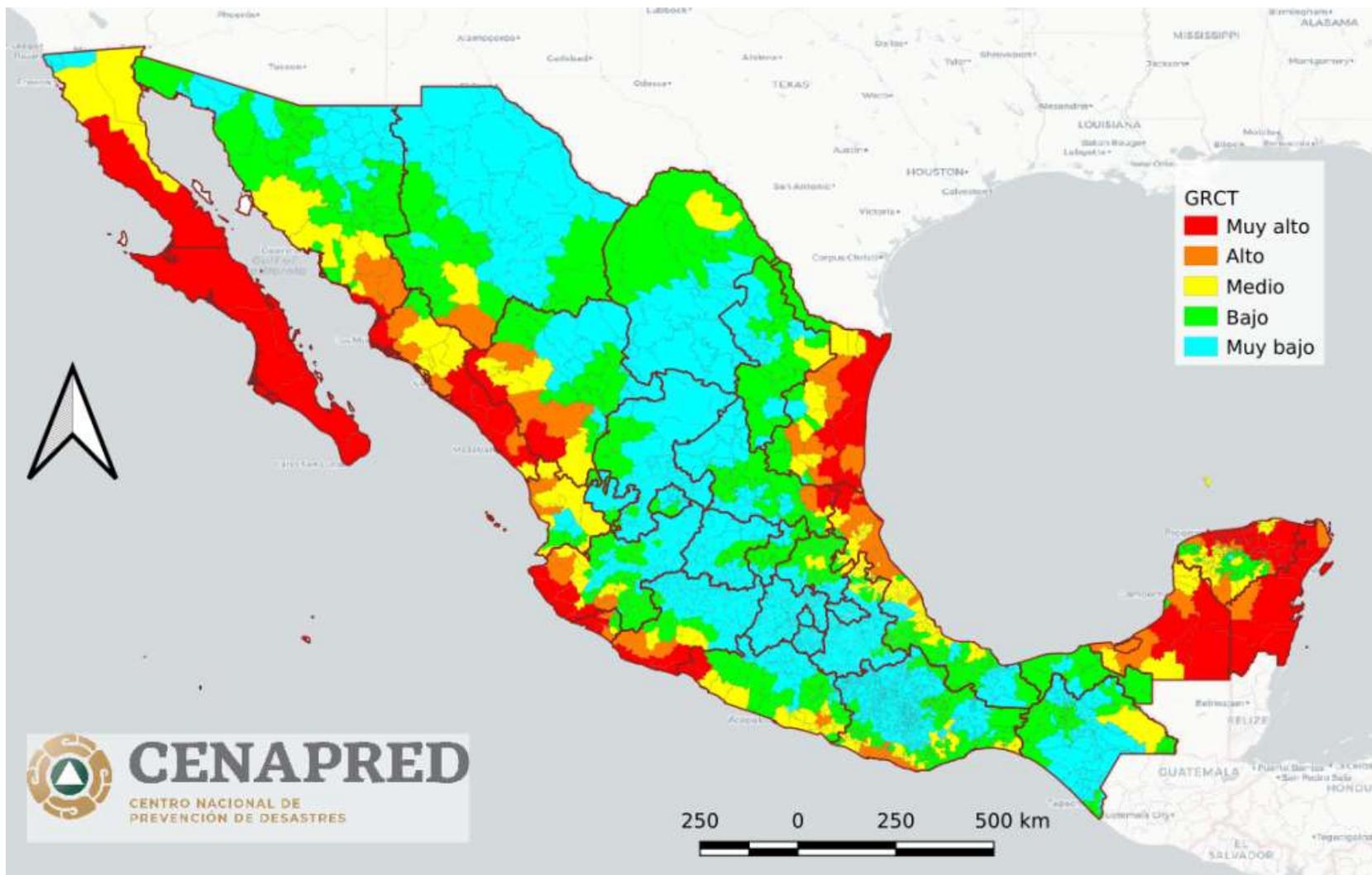


Figura 68 GRCT con una cercanía a 20 km

La mayor exposición de la población que puede ser afectada con un grado de riesgo por presencia de ciclones tropicales *Muy alto* está en Sinaloa, Yucatán, Quintana Roo y Tamaulipas (figura 69).

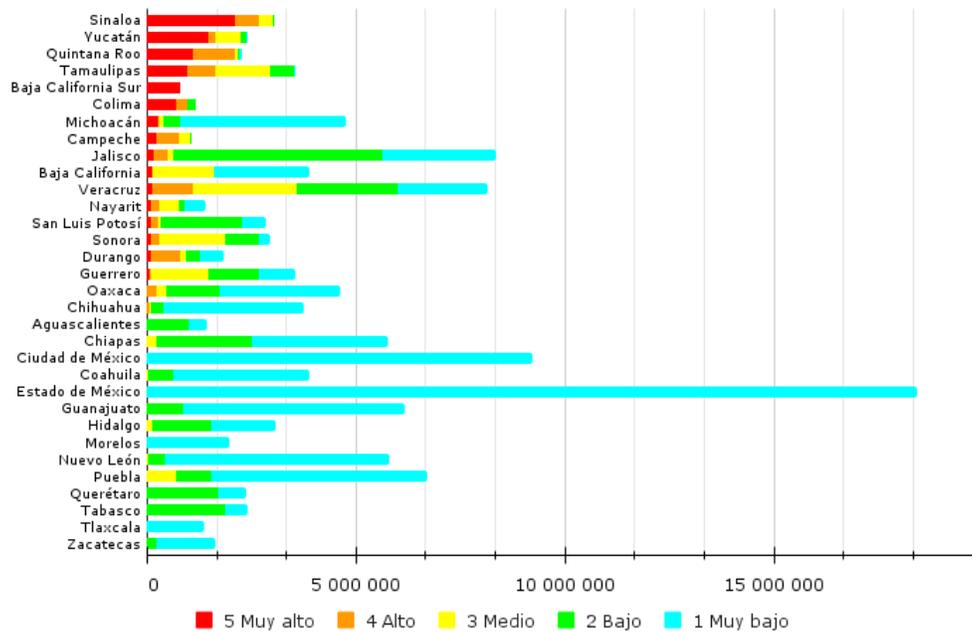


Figura 69 Población que pudiera estar expuesta de acuerdo con GRCT

El área que puede ser afectada por la presencia de ciclones tropicales como grado de riesgo *Muy alto*, se puede observar en la figura 70, de tal forma que el 100% del territorio de Baja California Sur se encuentra en esta condición, seguido de Quintana Roo, Campeche, Colima, Baja California, Sinaloa, Yucatán y Tamaulipas.



Figura 70 Área que puede estar expuesta de acuerdo con GRCT

Diferencias entre el IPCT de 2014 y 2021

Se determinó la diferencia entre el IPCT del 2014 con un búfer de 10 km y el realizado en 2021 con el búfer de 20 km, ya que la distancia no es tan significativa con respecto a las dimensiones del ojo del huracán. En general, en todo el país no se tiene cambios importantes (amarillo y naranja claro), los más significativos se mostraron en las zonas donde se presentan las mayores frecuencias de impactos de ciclones tropicales: sur de la península de Baja California, Colima y Jalisco, noreste de la península de Yucatán y en la zona limítrofe de Tamaulipas y Veracruz.

Cabe destacar que Ensenada, Baja California, presenta el cambio con valor negativo más alto, debido a que dicho municipio, el más grande del territorio nacional, se dividió en dos, por lo que el valor de 2021 difiere con el resultado del informe del 2015.



Figura 71 Diferencia del IPCT entre el 2014 y el 2021

Índice por presencia de tornados

En 2021 se realizó la actualización de la capa de *Presencia por tornados 2000-2008 y 2015-2018*, agregando el periodo de 2019 a 2021.



Figura 72 Capa de presencia de tornados en municipios de México, Atlas Nacional de Riesgos, del periodo de 2000 a 2008 y de 2015 a 2018

En el periodo de 2019 a 2021 los municipios que reportaron la presencia de tornados fueron los mostrados en la tabla siguiente.

Tabla 3. Presencia de tornados en municipios del país en el periodo de 2019 a 2021

Clave del municipio	Estado	Municipio	Fecha
15118	Estado de México	Zinacantepec	03/03/2019
22011	Querétaro	El Marqués	05/03/2019
13075	Hidalgo	Tolcayuca	22/03/2019
13066	Hidalgo	Villa de Tezontepec	22/03/2019
07059	Chiapas	Ocosingo	07/04/2019
29014	Tlaxcala	Hueyotlipan	16/05/2019
08001	Chihuahua	Miguel Ahumada	04/06/2019
16050	Michoacán	Maravatío	26/06/2019
32010	Zacatecas	Fresnillo	06/08/2019
018017	Nayarit	Tepic	20/08/2019
03003	Baja California Sur	La Paz	22/08/2019
03001	Baja California Sur	Comondú	07/09/2019



Clave del municipio	Estado	Municipio	Fecha
30128	Veracruz	Perote	18/09/2019
25011	Sinaloa	Guasave	18/09/2019
26030	Sonora	Hermosillo	21/09/2019
22005	Querétaro	Colón	21/10/2019
13082	Hidalgo	Zapotlán de Juárez	18/04/2020
29013	Tlaxcala	Huamantla	20/04/2020
21128	Puebla	San José Chiapa	20/04/2020
21137	Puebla	San Nicolás Buenos Aires	01/05/2020
21208	Puebla	Zacatlán	08/05/2020
19044	Nuevo León	Sabinas Hidalgo	08/05/2020
19018	Nuevo León	García	08/05/2020
19048	Nuevo León	Santa Catarina	08/05/2020
21208	Puebla	Zacatlán	09/05/2020
21045	Puebla	Chalchicomula de Sesma	10/05/2020
30128	Veracruz	Perote	15/05/2020
23008	Quintana Roo	Solidaridad	18/05/2020
28034	Tamaulipas	San Carlos	24/05/2020
07017	Chiapas	Cintalapa	28/05/2020
10035	Durango	Tepehuanes	10/06/2020
22016	Querétaro	San Juan del Río	01/07/2020
21082	Puebla	Ixcaquixtla	09/07/2020
07101	Chiapas	Tuxtla Gutiérrez	15/07/2020
20318	Oaxaca	San Pedro Mixtepec	19/08/2020
07019	Chiapas	Comitán	20/08/2020
25013	Sinaloa	Mocorito	25/09/2020
16021	Michoacán	Charapan	25/09/2020
13008	Hidalgo	Apan	06/04/2021
22014	Querétaro	Querétaro	29/06/2021
08050	Chihuahua	Nuevo Casas Grandes	30/06/2021
08031	Chihuahua	Guerrero	30/07/2021
05018	Coahuila	Monclova	02/08/2021
25006	Sinaloa	Culiacán	28/09/2021
25006	Sinaloa	Culiacán	28/09/2021
25018	Sinaloa	Navolato	28/09/2021
14030	Jalisco	Chapala	05/10/2021

Clave del municipio	Estado	Municipio	Fecha
14110	Jalisco	Unión de Tula	06/10/2021
27011	Tabasco	Jonuta	07/10/2021

Algunos de los municipios que se muestran en la tabla 3 ya habían presentado algún registro de tornados: Fresnillo, Zacatecas; Navolato, Sinaloa; Tepic, Nayarit; Apan, Hidalgo; Huamantla, Tlaxcala y Chalchicomula, Puebla.

La figura 73 muestra la nueva capa de presencia de tornados en los municipios de México, en el periodo de 2000 a 2008 y de 2015 a 2021.

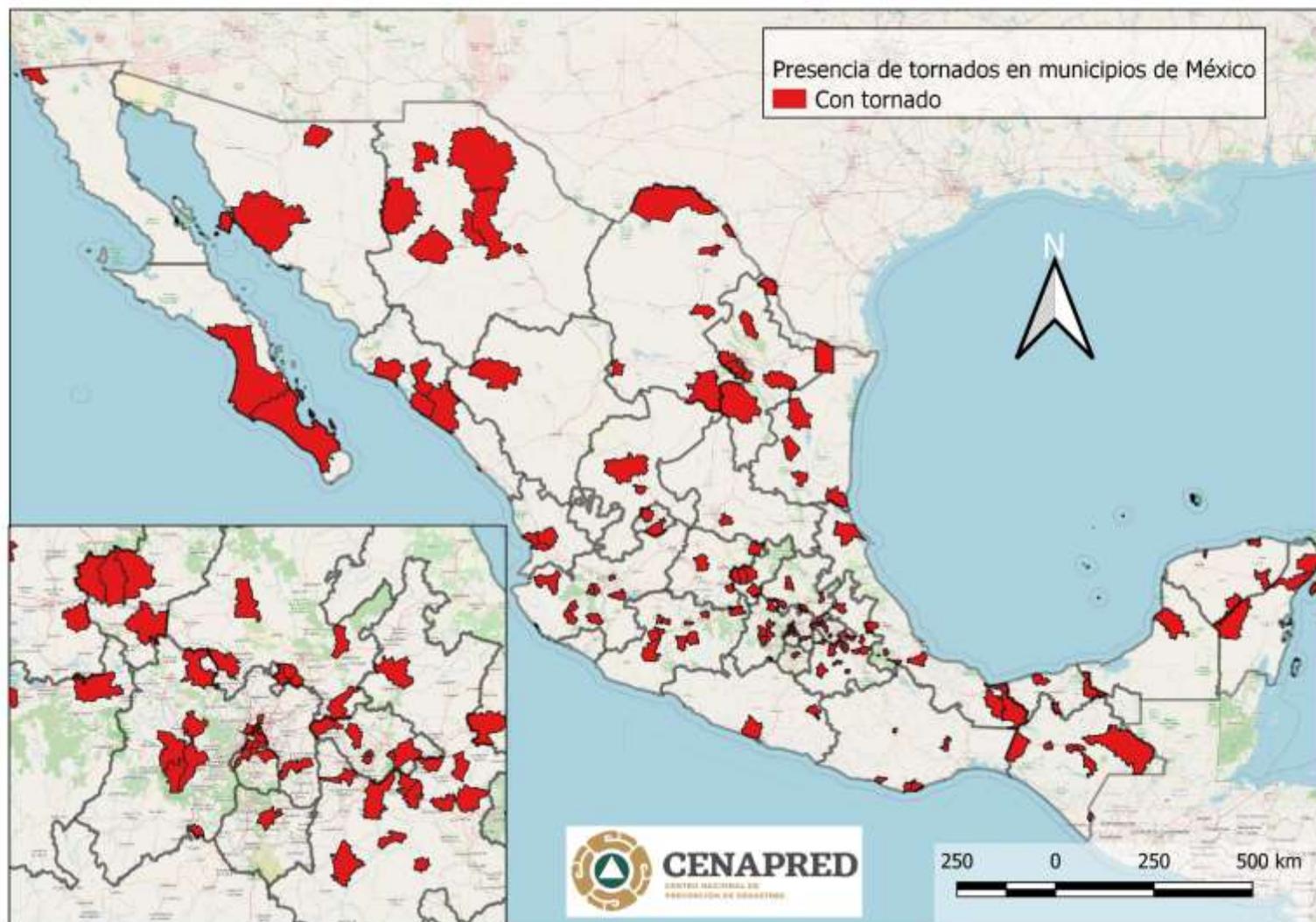


Figura 73 Capa de presencia de tornados en municipios de México, del periodo de 2000 a 2008 y de 2015 a 2021

A continuación, se muestran las entidades donde hubo presencia de tornados durante 2021 (figura 74).



Figura 74 Entidades con presencia de tornados durante 2021

3. CONCLUSIONES

- Se recomienda hacer una **actualización del análisis de presencia de ciclones de tropicales a nivel municipal al menos cada cinco años**, ya que de 2015 a 2020 se presentaron 283 ciclones tropicales en los océanos Pacífico y Atlántico, 149 y 134, respectivamente; 38 impactaron nuestro territorio, 24 en costas del Pacífico y 14 en el Atlántico; asimismo, ocurrieron eventos importantes como el huracán *Patricia*, del 2015, el cual rompió varios registros a nivel internacional.
- El problema de considerar búferes tan grandes (mayores a 50 km) hace que el IPCT vaya siendo influenciado por la gran cantidad de ciclones tropicales que se encuentran en el océano Pacífico y, sobre todo, que este resultado no es correcto, ya que en ocasiones los efectos percibidos en las costas son menores a la intensidad que se está presentado en el ojo del huracán.
- Se determinó que la **distancia óptima del búfer es de 20 km**, considerando la moda del diámetro del ojo de algunos huracanes históricos que han impactado a México. Aunque la distancia no es la misma utilizada en 2015, se hizo la comparación entre estos dos análisis; relativamente son los mismos resultados, salvo en las zonas donde se presentan las mayores frecuencias de impactos de ciclones tropicales: penínsulas de Baja California y Yucatán, zonas limítrofes entre Tamaulipas y Veracruz, así como Jalisco y Colima.
- La base de datos por fenómenos hidrometeorológicos sigue siendo una herramienta importante y necesaria, ya que permite almacenar los reportes de una forma estructurada, y facilita hacer una consulta rápida con las características de interés. Sirve de complemento a otros estudios, como la verificación de pronósticos de lluvias o vientos, así como para la actualización de capas de información. Tan solo en 2021 se registraron 190 eventos, que causaron algún daño. La **mayor cantidad de estos reportes fueron por vientos fuertes y tormentas de granizo**.
- De acuerdo con los fenómenos reportados, las **tormentas eléctricas causaron más decesos en el país**, ya que se registraron cinco muertes durante 2021, las cuales sucedieron en Oaxaca, Veracruz, Sonora y Michoacán.
- De los fenómenos hidrometeorológicos de 2021, **el que más resaltó fue el ciclón tropical Grace** del 13 al 21 de agosto, el cual alcanzó la categoría de huracán 3 en la escala Saffir-Simpson, y con dicha intensidad impactó el 21 de agosto cerca de Tecolutla, Veracruz. En la base de datos figuran algunos reportes de vientos fuertes por daños que dejó a su paso; sin embargo, la mayoría de las afectaciones que se reportaron fueron por inundaciones, las cuales no están incluidas en esta base. *Grace* causó varios decesos, de los cuales uno fue por vientos fuertes.
- El CENAPRED publica año con año, desde 1980, el libro de Impacto Socioeconómico de los Desastres en México; esta serie cuenta con datos de costos de los principales desastres en el país e información a mayor detalle de estos. Algunos de los eventos de la base de datos descrita en este informe se analizarán en dicha publicación, como el huracán *Grace*.
- Se realizó la actualización de la capa por presencia de tornados en México a través de registros de eventos en el periodo de 2019 a 2021. **Se agregaron 40 municipios con presencia de tornados** a la capa anterior, la cual era del periodo de 2000 a 2008 y de 2015 a 2018.

4. REFERENCIAS

- ADN 40. (02 de 2021). Recuperado el 25 de 01 de 2022, de <https://www.adn40.mx/mexico/nota/notas/2021-02-14-15-10/chihuahua-se-pinta-de-blanco-por-nevadas-proteccion-civil-emite-alerta-naranja>
- Atlas Nacional de Riesgos, CENAPRED. (2021). Recuperado el 25 de 01 de 2022, de <http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/archivo/visor-capas.html>
- Baeza Ramírez, C., & Jiménez Espinosa, M. (2015). *Actualización de los índices de peligro y riesgo por presencia de ciclones tropicales a nivel municipal para el periodo 1949-2015*. CDMX: CENAPRED.
- CENAPRED. (2006). *Guía básica para la elaboración de atlas estatales y municipales de peligros, evaluación de la vulnerabilidad física y social*. Ciudad de México: 1a edición .
- El Heraldo. (Abril de 2021). *El Heraldo*. Recuperado el 25 de 01 de 2022, de <https://heraldodemexico.com.mx/nacional/2021/4/6/registran-fuerte-tornado-en-apan-hidalgo-280620.html>
- Infobae. (2021). Recuperado el 25 de 01 de 2022, de <https://www.infobae.com/america/mexico/2021/02/12/vientos-en-cdmx-derribaron-ocho-arboles-las-rachas-se-intensificaran-el-viernes-12-por-la-tarde/>
- Infobae. (25 de 01 de 2022). Obtenido de <https://www.infobae.com/america/mexico/2021/02/14/ciudad-juarez-se-tine-de-blanco-las-impactantes-imagenes-de-la-nevada-mas-fuerte-de-los-ultimos-10-anos/>
- Jiménez Espinosa, M., Baeza Ramírez, C., Matías Ramírez, G. L., & Eslava Morales, H. (2012). *MAPAS DE ÍNDICES DE RIESGO A ESCALA MUNICIPAL POR FENÓMENOS HIDROMETEOROLÓGICOS*. México: CENAPRED.
- Jiménez Espinosa, M., Matías Ramírez, L. G., & Eslava Morales, H. (2009). *Mapas de riesgo a escala municipal por inundaciones y bajas temperaturas*. México, D. F.: CENAPRED.
- NHC, NOAA. (abril de 2021). *NHC Data Archive*. Recuperado el mayo de 2015, de <http://www.nhc.noaa.gov/data/>