

Climatología de tornados en México

Recibido: 6 de febrero de 2013. Aceptado en versión final: 4 de abril de 2013.

Jesús Manuel Macías Medrano*
Asunción Avendaño García**

Resumen. Se presenta una introducción a las características de la base de datos de tornados México, mostrando los criterios sustantivos de su construcción, así como los elementos de su estructura. Se ofrece un análisis de las características de los tornados, con base en los datos reunidos del periodo del 2000 al 2012, discuriendo sobre sus expresiones espaciales y temporales (históricas, estacionales y horarias), para

mostrar la importancia de sus capacidades de destrucción y al mismo tiempo de la vulnerabilidad a la que están sujetos los habitantes del país frente a esos fenómenos.

Palabras clave: Tornados, desastres, riesgo.

Mexico tornado climatology

Abstract. A brief introduction on some features of tornado database in Mexico is exposed showing its substantive criteria. We resent a brief analysis about main Mexican tornadoes' characteristics, based on data collected between 2000 to 2010, talking about spatial and temporal expressions (historical, seasonal and horary) in order to show the importance of it destruction capacity and also the people's vulnerability in Mexico.

Key words: Tornadoes, disasters, risk.

* Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social (CIESAS), Juárez No. 87, Col. Tlalpan, 14000, Tlalpan, México, D. F. E-mail: macserr@att.net.mx

** Comisión Interinstitucional para el Análisis de Tornados y Tormentas Severas (CIATTS), Juárez No. 87, Col. Tlalpan, 14000, Tlalpan, México, D. F.

Cómo citar:

Macías Medrano, J. M. y A. Avendaño García (2014), "Climatología de tornados en México", *Investigaciones Geográficas, Boletín*, núm. 83, Instituto de Geografía, UNAM, México, pp. 74-87, dx.doi.org/10.14350/rig.35726.

INTRODUCCIÓN

En el 2000 iniciamos un proyecto para investigar la ocurrencia de tornados en el país bajo la perspectiva de que estos fenómenos representan una amenaza para la población. Se consideró necesario empezar a construir una base de datos que permitiera ir conformando el panorama global de su existencia, sus características meteorológicas y condiciones de aparición, para ilustrar ese potencial de amenaza y sus condiciones que han sido ignoradas durante muchos años. En esta contribución se presentan los principales rasgos de la ocurrencia de esos fenómenos haciendo énfasis en los factores que los definen como potencialmente desastrosos.

LA CLIMATOLOGÍA DE TORNADOS EN MÉXICO

Como han advertido Brooks y Doswell (2000):

los tornados han sido observados en todos los continentes excepto en la Antártica. Antes del siglo XX, los reportes de tornados eran de naturaleza anecdótica y la evaluación sistemática de los datos fue muy rara.

En México, los registros de tornados han conformado una condición muy interesante debido a que, por un lado, la esfera formal de conocimiento meteorológico (científica y operativa) ha ignorado durante muchos años su existencia, y, por otra parte, la ocurrencia de tornados ha sido registrada a través del tiempo, como asuntos más que anecdóticos, con asunciones de cierta influencia religiosa, relacionados con entidades sobrenaturales y encubiertos con nombres diversos (Macías, 2001; Avendaño, 2011) como culebra, víbora, manga de agua, huracán, etc. La suma de todas estas condiciones dio por resultado que durante todo ese tiempo existiera la idea generalizada de que en México no existían los tornados.

En adelante se presentarán algunas de las características de la ocurrencia de tornados en México, que derivan del análisis de nuestra base de

datos.¹ Es importante advertir que la denominación de “climatología” es aplicada al análisis estadístico del registro de tornados, adoptando su significado tal como lo usan los meteorólogos norteamericanos:² como la descripción de la variabilidad de las condiciones del tiempo prevaleciente en un lugar determinado sobre un periodo de tiempo específico.

En este mismo sentido, Concannon y otros (2000) señalan que

el conocimiento de la climatología de tornados es muy valioso para diversas organizaciones, especialmente para meteorólogos pronosticadores, funcionarios de manejo de emergencias y para el público en general. Es crucial para esas personas entender la amenaza que representan...

¹ Para la definición de los campos de la base de datos, se tomó como punto de partida la del Centro de Predicción de Tormentas de los Estados Unidos (SPC, 2010), considerando que ésta tiene una definición estrictamente estadística para salida de análisis del software “Statistical Package for Social Sciences” (SPSS) o similares y con posibilidades de comparación a futuro. También se consideró la propuesta para Japón, de Niino *et al.* (1997), de la que se adoptaron otros campos. Se agregaron otras entradas de tipo cualitativo, para efecto de traducir las descripciones de eventos, por ejemplo, en daños. Las fuentes de la base de datos: literatura científica: libros, artículos, etc., que reportan alguna ocurrencia de tornado; periódicos o diarios (hemerografía); noticias radiales o de televisoras; páginas electrónicas; videos obtenidos directamente de los productores o de Internet; fotografías obtenidas directamente de los productores, y testimonios directos de personas que atestiguaron la ocurrencia de un tornado. Es importante advertir que la mayoría de los registros no cubren todas las entradas, dado que se basan de la información periodística y ello limita los análisis cualitativos, sobre todo en el tema de las horas de ocurrencia de los tornados.

² “La descripción climatológica o ‘climatologías’ de la frecuencia y variación de amenazas atmosféricas peligrosas son importantes para muchos grupos sociales. Saber qué peligros son amenazas en diferentes tiempos del año y en qué lugares del país puede ayudar a muchas organizaciones a estar mejor preparados...” (Brooks *et al.*, 2003).

TORNADOS, CUANTIFICACIÓN Y LUGARES DE OCURRENCIA EN MÉXICO

Antes de incursionar en el análisis de los datos, conviene recordar como en 1998 la revista *National Geographic* representaba la condición de los tornados para Norteamérica y de manera específica para México. Como se puede apreciar en la Figura 1, casi toda la extensión del territorio nacional estaba definida como de “riesgo bajo”, y solo porciones estrechas de las costas de Tamaulipas, Veracruz, Campeche, Yucatán y Quintana Roo, se consideraban de “riesgo mediano”.

Los registros de ocurrencia de tornados que se han acopiado para el periodo de 2000 a 2012, definen otro panorama, como se verá enseguida. El total de tornados registrados para este periodo es de 126 ($N = 126$), lo que arroja un promedio anual de casi diez tornados por año (9.7). La base de datos registra ocurrencias de tornados en 29 de los 32 estados, solo se exceptúan San Luis Potosí, Querétaro y Morelos (Figura 2).

Como se aprecia en la Figura 2, la mayor parte del territorio nacional está sujeto a la ocurrencia de tornados y si se agrupan por regiones, casi el 50% de los registrados han tenido lugar en los estados del

centro; sin embargo, las regiones de los estados del norte del país, así como del sureste, tienen porcentajes importantes, 27 y 16%, respectivamente, lo que sumado da un porcentaje de 43%. Es muy probable que las ocurrencias reales de tornados pudieran modificar el mapa respectivo, dado que en muchas de las entidades del norte y del centro norte tienen bajas densidades demográficas, lo que sugiere que más que un bajo nivel de ocurrencia de tornados, hay un bajo nivel de registro de los mismos.

La Figura 3, que muestra el número de tornados por año de la base de datos, también sugiere una tendencia en el incremento de los registros.

El comportamiento del número de registros, no necesariamente, como se advirtió, es correspondiente con la ocurrencia real de los tornados, solo sirve como indicativo. Pero llama la atención esta variación de los registros que puede ser explicada, adicionalmente, por la mayor difusión y el incremento de medios de registro tanto de la población en general (principalmente teléfonos celulares) como de los medios de comunicación, que se ha tenido en los últimos años.

El problema del registro de tornados ha sido atendido generosamente en las discusiones de meteorólogos y científicos sociales norteamericanos.

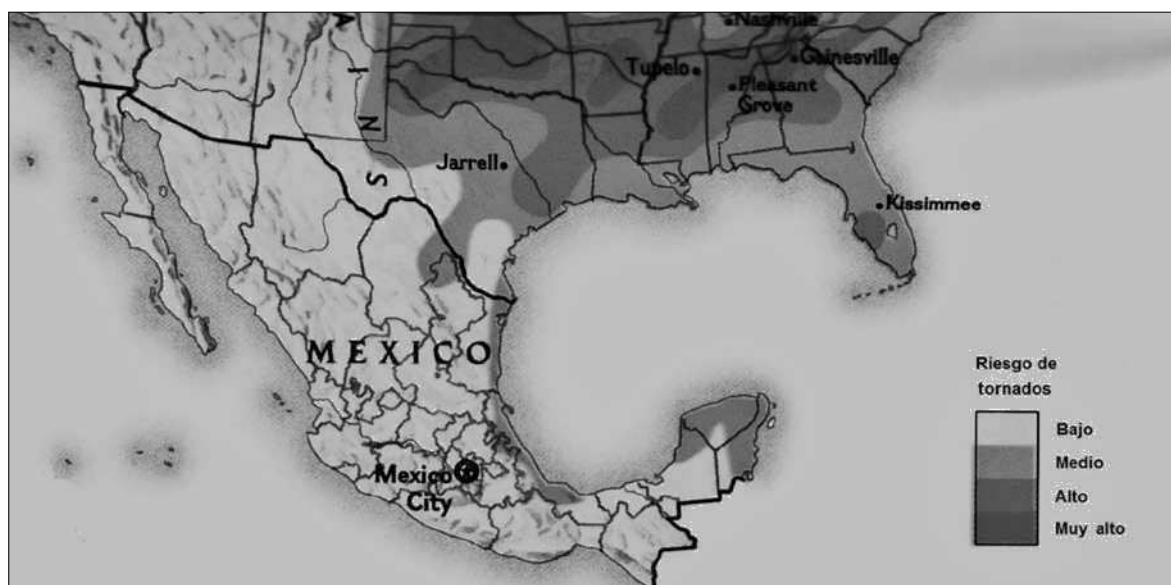
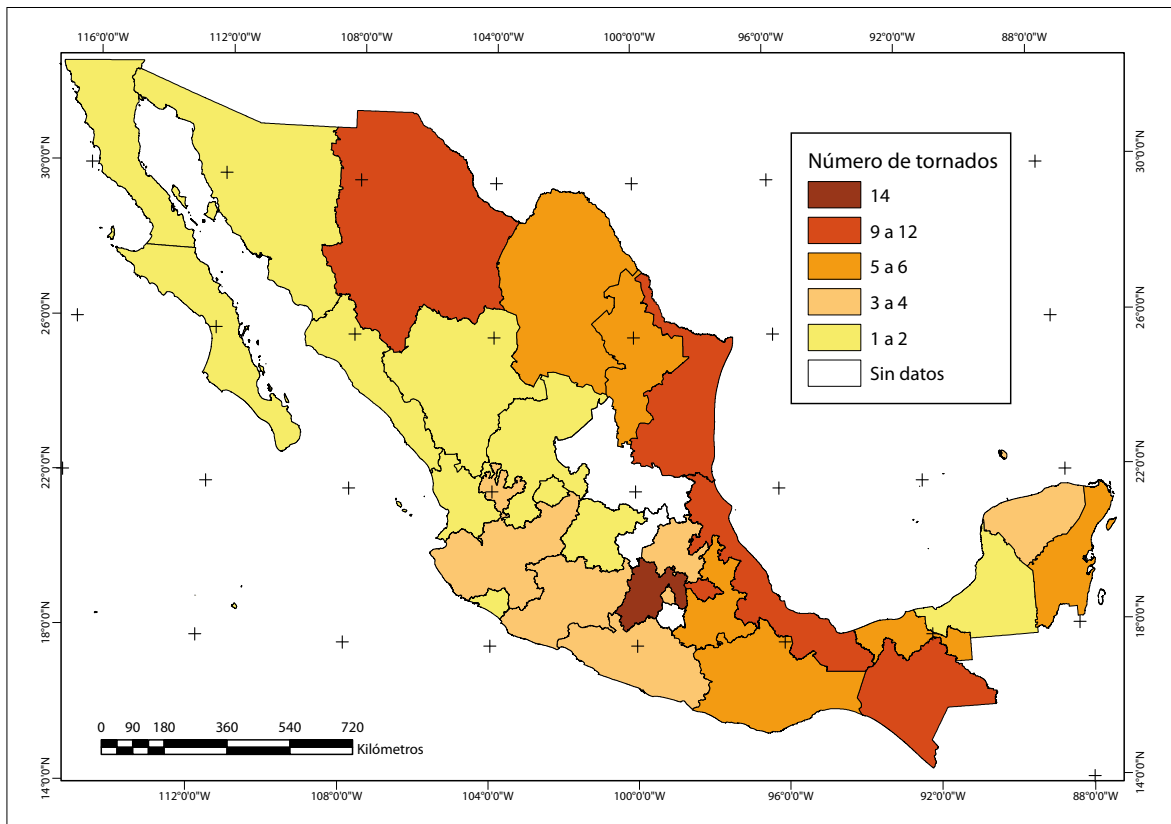


Figura 1. Riesgos de tornados (tomado de *National Geographic* (1998)).



Fuente: base de datos tornados México, CIESAS-CIATTS.

Figura 2. Número de tornados por estados 2000-2012.

Aguirre (1994) realizó un estudio acerca del problema de la detección de tornados débiles, ya que se ha considerado que este tipo de tornados presentan dificultades de detección y registro por ser de muy corta duración y de paso o huella de trayecto casi imperceptible. Relacionó la variable demográfica para buscar una relación entre la densidad de ocupación humana de los territorios y la detección de tornados. Encontró que, estadísticamente, no puede afirmarse que exista dicha relación debido a la evidencia de falta de registros de tornados en áreas muy pobladas como las grandes ciudades norteamericanas y la baja ocurrencia de tornados en la mayoría de ellas. Por otro lado, Grazulis (1991) analizó el caso de la detección de tornados en Wisconsin concluyendo que la densidad de población no está relacionada con su detección.

Por lo anterior, es de vital importancia señalar que el problema de registro de tornados tiene que ver, desde luego, con el tema de la “detección”, pero representa un proceso más complejo.

Hay que diferenciar dos problemas: uno, que la ocurrencia de tornados es independiente de la ocupación humana que los “detecta” y luego “registra”. El segundo se refiere a que, como se ha documentado (Macías, 2001; Avendaño, 2007 y 2008) que un tornado es un fenómeno que ha tenido muchas interpretaciones en las personas que los han presenciado y sufrido. Se han visto muchas veces como fenómenos sobrenaturales que no se relacionan con entidades meteorológicas que pueden ser explicadas científicamente y cuyo conocimiento es importante para anticiparse a los daños que pueden infligir.

Por ello, se puede afirmar que, en efecto, la relación de la variable demográfica con la detección de tornados no puede funcionar directa y automáticamente. El caso más sorprendente, por ejemplo, es el de la Ciudad de México, un centro urbano de los más poblados en el planeta, donde se tienen antecedentes remotos de ocurrencia de tornados y hasta hace apenas algunos años se ha hecho conciencia de su ocurrencia. Luego entonces, la detección de tornados, como los conocemos, no depende de sus observadores, sino de la manera en que éstos los entienden, los explican y se enfrentan con ellos. El registro de los tornados “detectados” se hace a través de otro proceso, como el que ya se describió anteriormente. Lo importante es tener claro que se trata de un asunto también complejo.

Coleman y otros (2011) han llamado la atención al hecho de que después de 1950, los norteamericanos desarrollaron dos actividades fundamentales que les sirvieron para fortalecer sus registros de tornados y lo que se desprende de esto, en términos de pronóstico y preparación: el desarrollo de redes de observadores, profesionales y voluntarios, y la incorporación de la nueva tecnología del radar (antes de uso exclusivamente militar) para identificar tornados.

Tornados por meses y estaciones del año

La variación de ocurrencia de tornados por mes, arroja información interesante (Figura 4). La mayor ocurrencia de tornados (81%) sucede desde la transición del invierno a la primavera, todo el verano hasta la transición con el otoño. La menor

ocurrencia (19%) sucede en la época de invierno, desde la transición otoño-invierno hasta la transición invierno-primavera. Mayo es el mes con más registros de tornados, 26 (21%); noviembre y diciembre son los meses con menor registro de tornados, uno respectivamente.

Ocurrencia de tornados por estado de la República Mexicana

Líneas arriba se observa (Figura 2) donde aparecen los números de registro de tornados en su expresión espacial. La Figura 5 muestra el orden de mayor a menor a las entidades y sus registros de tornados.

Conviene señalar que la entidad que ostenta el mayor número de registros es el Estado de México y no sobra mencionar que muchos de ellos se han observado en las cercanías de la Ciudad de México. El segundo lugar corresponde al estado de Veracruz con doce tornados. Al respecto, cabe señalar que esta entidad conforma una disposición que abarca buena parte de la costa mexicana del Golfo de México y los tornados se han apreciado tanto en la región norte, la central y sur de esa entidad.

Los estados de Tlaxcala y Chiapas ocupan el tercer lugar en los registros respectivos con once tornados. Evidentemente su ubicación y las morfologías territoriales son diversas. Tlaxcala tiene un territorio básicamente plano donde se han localizado la mayoría de tornados, aunque se han registrado también en porciones montañosas. En Chiapas, los tornados también se han observado en la región costera pero igualmente han ocurrido en el área de Los Altos, en zona montañosa.

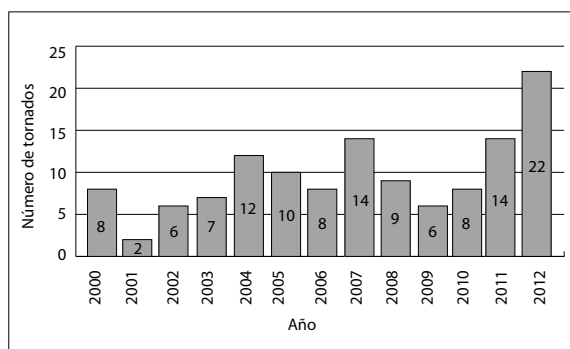


Figura 3. Tornados por año.

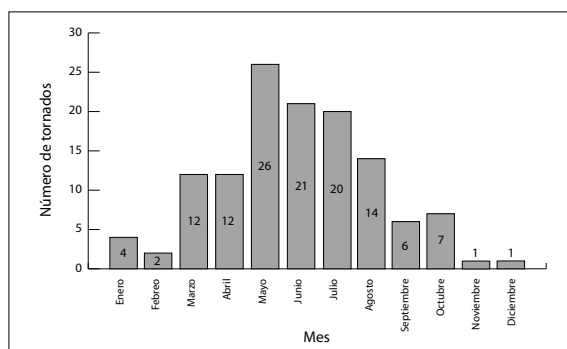


Figura 4. Número de tornados por mes.

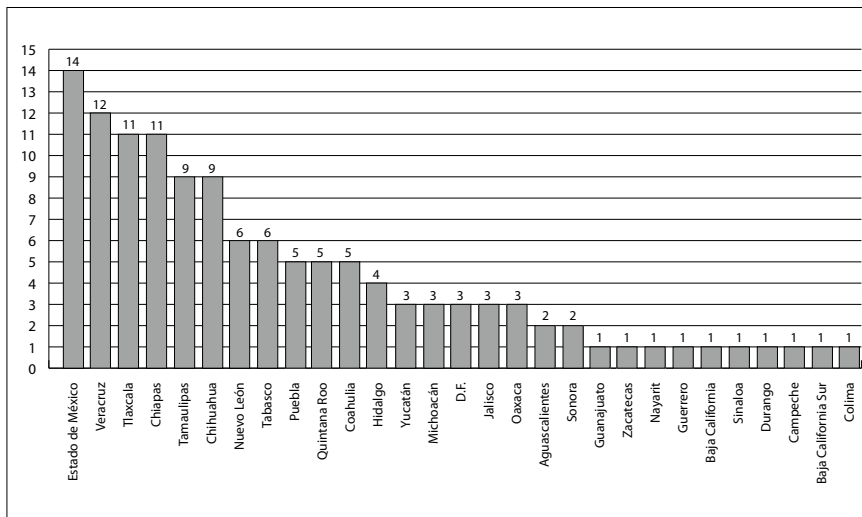


Figura 5. Número de tornados por entidad federativa.

Los estados norteros de Chihuahua (nueve registros), Nuevo León (seis registros), y Coahuila (cinco registros) han sufrido tornados diversos en términos de su tornadogénesis, pero en Coahuila, en 2007, es donde ocurrió un tornado particularmente devastador, probablemente supercelda (Macías *et al.*, 2007), que ha sido, en la historia de nuestros registros, el más desastroso, como se verá después.

El estado de Tabasco, con seis registros, ocupa un tercer lugar y cabe mencionar que varios de los tornados registrados ahí han sido trombas que han incursionado en tierra ocasionando daños sensibles. Los estados de la península de Yucatán muestran diferencias importantes. Quintana Roo, con cinco registros, es el que ha presentado mayor frecuencia de tornados. Yucatán, con tres registros y el de menor frecuentación es Campeche, con solo un registro. El área de estos tres estados, principalmente los dos primeros, es muy propensa a la entrada de huracanes. Como se sabe, los huracanes son sistemas meteorológicos que suelen “sembrar” tornados identificados como “mini supercelda”, pero lamentablemente no se tiene en la base de datos la condición diferenciada.³ Hay evidencia

fotográfica de algunos tornados yucatecos que guardan características de tornados no mesociclónicos.

Registro de tornados por hora del día

El tema horario de la ocurrencia de tornados es de gran importancia para su consideración tanto en términos de su potencial de daño, como por las condiciones diferenciales de su observación.

Una investigación sobre problemas de ocurrencia horaria de tornados en Estados Unidos, realizado por Ashley *et al.* (2008), mostró que en ese país, del total de tornados analizados para el periodo de 1950 a 2005, el 27% ocurrieron durante la noche ocasionando el 39% de las fatalidades totales. Concluyeron que los tornados nocturnos tienen 2.5 veces más probabilidades de ocasionar la muerte de personas que aquéllos que ocurren durante horas del día.

Simmons y Sutter (2005 y 2008) realizaron un análisis estadístico de las pérdidas por tornados, utilizando análisis de regresión, encontraron que

“los poderosos tornados “supercelda” o mesociclónicos y los tornados “no supercelda”, también denominados “no mesociclónicos” (en inglés tienen el desafortunado término de *landspout* por oposición a los tornados marinos o *waterspout*, es decir, las trombas). Los tornados que se producen en el área influida por los huracanes, son también “supercelda”, aunque de dimensiones menores identificados como “mini superceldas” por Davies-Jones *et al.* (2001).

³ Es importante advertir que nos referimos a la tornadogénesis o condiciones meteorológicas de formación de tornados. Hasta donde los actuales avances de la meteorología mundial permite comprender, solo hay dos tipos de “tornadogéne-

los daños esperados son significativamente más bajos para tornados que ocurren durante el día (entre las 6 de la mañana y las 5:59 de la tarde) o en la tarde-noche (entre las 6 y las 11:59 pm) de tiempo local, que para aquéllos que ocurren en la noche (de las 12 a las 6 am). Sus resultados sugieren que las fatalidades esperadas, y lesiones, son de 64 y 43%, respectivamente, más bajas durante el día que en la tarde-noche.

Como se puede observar en la Figura 6, la mayoría de los tornados mexicanos registrados (69%) han tenido ocurrencia en horas de la tarde y una proporción similar ha tenido materialización en horas de la mañana (15%) y en la noche (16%).

Según lo señalado antes en la investigación de Ashley (*Supra cit.*:796), la proporción de los tornados nocturnos en México es comparativamente menor que en Estados Unidos, 16 contra 27%. Los meteorólogos estadounidenses advierten que

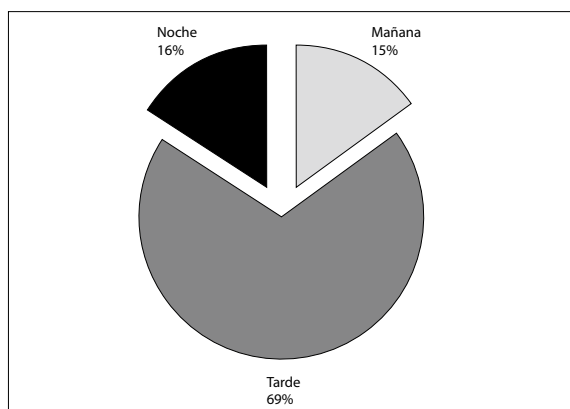


Figura 6. Ocurrencia de tornados en México por hora del día.

la razón de que en ese país suceda una proporción importante de tornados nocturnos es porque la mayoría sucede en la estación fría y en su periodo de transición, cuando la duración del día es menor. En el siguiente rubro de este análisis se podrán relacionar los registros de tornados fatales y su ocurrencia horaria.

Tornados, decesos y lesionados

Los datos que se han reunido sobre la relación entre ocurrencia de tornados y su afectación para ocasionar la muerte y lesiones de personas, están desagregados en tres rubros: total de lesionados y decesos (Figura 7), total de lesionados y decesos por año (Figura 8) y lesionados y decesos por localidad (Figura 9).

El total de los registros de ocurrencia de tornados en el país muestra cifras que pueden ser interpretadas de diferente manera. Por un lado, pueden aparecer como poco significativas en términos de los totales: 126 tornados produjeron 409 lesionados y solo once muertes. Esto quiere decir que la

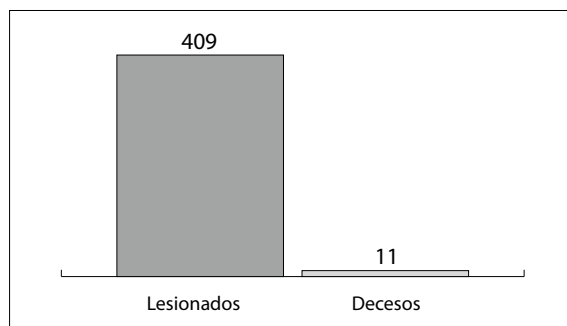


Figura 7. Total de lesionados y decesos (2000-2012).

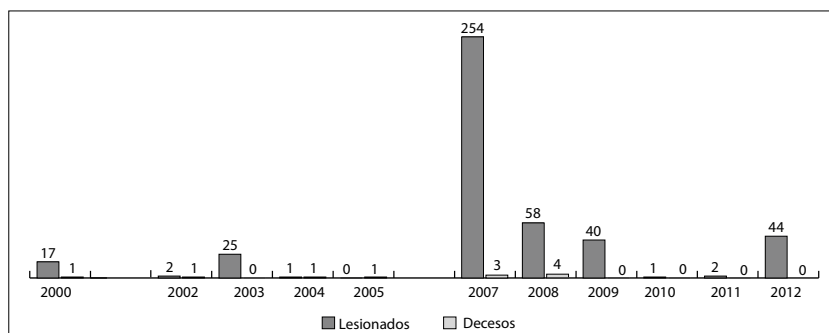


Figura 8. Total de lesionados y decesos por año.

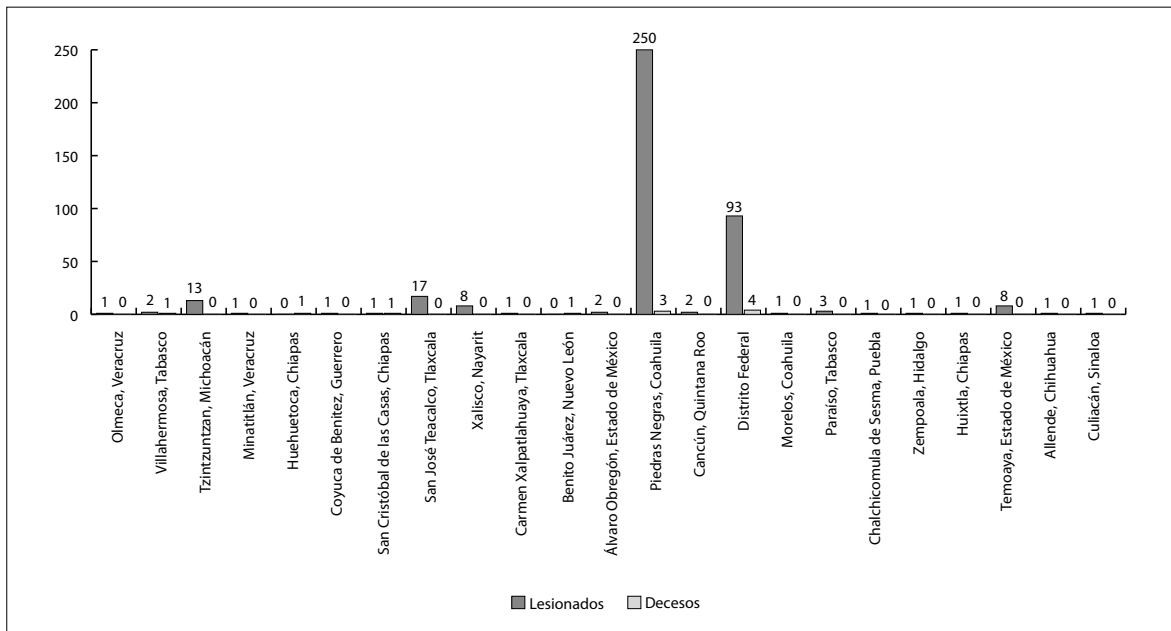


Figura 9. Lesionados y decesos por localidad (2000-2012).

relación entre esas cifras ofrece un promedio de lesionado por tornado de 3.2, y de muertes de 0.1.

En otros términos, y en el estricto análisis estadístico, es posible decir que mientras cada doce tornados producen un deceso, la ocurrencia de un solo tornado tiene el potencial de herir a tres personas. Desde luego que la realidad es más complicada que esas relaciones.

Es evidente que la uniformidad que producen las estadísticas debe ser enfrentada con otros análisis. Dos eventos tornádicos, el de Piedras Negras en 2007 y el de la Ciudad de México en 2008, produjeron, sumados, el 76% de los lesionados totales y el 63% de todos los fallecimientos.

En el primer caso, es decir el de Piedras Negras, ese solo evento representó el 62% de los lesionados (254). Mientras que el de la Ciudad de México de 2008 representó el 36% (4) de las muertes totales (Figura 7).

El tornado de Piedras Negras fue de tornado-génesis supercelda, como se señaló, categorizado en el rango de la escala Fujita Mejorada de EF3 y los fallecimientos se debieron a que las personas afectadas estaban en el exterior de sus casas, en un área abierta. Los fallecidos en la Ciudad de Méxi-

co en 2008, se encontraban igualmente en áreas exteriores y estuvieron sujetos a proyectiles, caída de ramas de árboles y a eventos indirectos como atropellamiento por vehículo automotor. El evento de la Ciudad de México fue nocturno y estuvo asociado a una tormenta multicelda con la aparición de al menos cuatro tornados no mesociclónicos. Las ubicaciones que se han señalado para los lesionados y fallecidos, se han analizado detenidamente en diversas investigaciones sobre factores de riesgo por tornados que se han producido en Estados Unidos (Daley *et al.*, 2005; Brenner y Nojii, 1993) y en México (Macías *et al.*, 2007).

En la Figura 9 se pueden apreciar otras características interesantes en la relación de los tornados con su incidencia en muertes y lesiones. Salta a la vista el caso de la Ciudad de México y sus dos registros de eventos tornádicos que produjeron muchos lesionados en 2008 y 2012. Es uno de los dos únicos casos⁴ de localidad donde se ha registrado dos veces la aparición dañina de tornados, para el periodo analizado. Esto no quiere decir que sea caso

⁴ El otro caso, como se observa en la Figura 11, es el de San Cristóbal de las Casas, Chiapas.

único debido a que, como se ha insistido, la falta de registros o su escasez, no puede ser, de ninguna manera, concluyente. Pero los datos disponibles sí son muy ilustrativos de la vulnerabilidad de los habitantes capitalinos al paso recurrente de tornados.

TORNADOS Y DAÑOS

Los datos acerca de los daños que han producido los tornados en México son muy diversos y son, en muchos sentidos, muy importantes. El conocimiento de los daños, tanto en el sentido cualitativo como cuantitativo, da la imagen de la importancia de desarrollar mecanismos de anticipación para reducir sus efectos dañinos. La responsabilidad inicial del seguimiento en este tema, correspondería al Servicio Meteorológico Nacional (SMN), sin embargo, no se han logrado avances sensibles. Los datos de daños relacionados con las ocurrencias de tornados mexicanos, que se reflejan en nuestra base de datos, son una suerte de rompecabezas incompleto, de manera que, hasta el momento, no permiten tener el panorama preciso y global de su impacto. No obstante, como se verá, los datos que se pueden mostrar, se sugieren como una aproximación a la dimensión real del impacto de esos fenómenos.

Antes de comentarlos, conviene hacer algunas referencias al significado de su capacidad para dañar a los objetos y a las personas que encuentran a su paso, y que ha sido la que más ha motivado el interés científico por entender esas características dañinas. Por esta razón, se definió una escala de categorización que estima esas capacidades destructivas y que permite establecer diferencias, en ese mismo sentido, entre los tornados que se registran (USDC, 2003). A inicios de los años setenta, en Estados Unidos se diseñó la escala Fujita que combinó estimaciones de velocidades de vientos con sus efectos en los daños que se producen a estructuras construidas por las personas y otros elementos de la naturaleza como los árboles. La escala Fujita fue definida con tres componentes esenciales: primero, la categoría del tornado por la relación velocidad de viento-efectos de daño; tiene seis niveles, de F0 a F5, de tornados débiles

a tornados fuertes. El segundo, es que cada una de esas categorías tiene un correspondiente rango de velocidad de vientos, y el tercero corresponde a un conjunto de descriptores de daños (incluidas fotografías de daño típico a estructuras).

Desde su adopción oficial en 1973, los datos formales sobre tornados en ese país, han incluido una categorización en la escala Fujita. No obstante, en febrero de 2007, el gobierno de Estados Unidos realizó un cambio en la adopción de la escala oficial para categorizar tornados, denominada escala Fujita Mejorada cuyas características, sin embargo, tienen correspondencia con la escala previa para efectos de comparación de las intensidades de los tornados registrados en su base de datos oficial.

Como se mencionó, la base de datos mantiene un campo para establecer la categoría de intensidad del tornado ya sea en la escala Fujita o en la escala Fujita Mejorada, pero esa es una tarea que se está realizando con mucho cuidado debido a que la mayoría de nuestros registros no reúnen elementos suficientes para hacerlo, lo que supone una revisión más amplia en las fuentes o extender otros recursos de investigación. Adicionalmente a lo anterior, se debe subrayar el hecho de que enfrentamos una ausencia metodológica en el registro de daños. A pesar de los múltiples esfuerzos desarrollados por el CENAPRED para tratar de cubrir estos aspectos, ha resultado clara la necesidad de establecer una coordinación con las dependencias y entidades de las administraciones públicas de los tres niveles de gobierno, para sistematizar y estandarizar este rubro.

De los 126 registros totales de tornados (N=126), solo dos han tenido categorización formal, el primero es el ocurrido en Piedras Negras, Coahuila, en 2007, que recibió una calificación de EF3 (escala Fujita Mejorada) por parte de los meteorólogos norteamericanos que revisaron los daños en su territorio. El otro tornado que ha reunido una categorización formal, basada en la misma escala Fujita Mejorada, fue el del zócalo de la Ciudad de México, de junio de 2012, que fue categorizado por nosotros en EF2.

Como puede verse en la Figura 10, del total de registros en la base de datos, el 72 % indica algún tipo de daño dejado por el tornado, es decir, 90 de

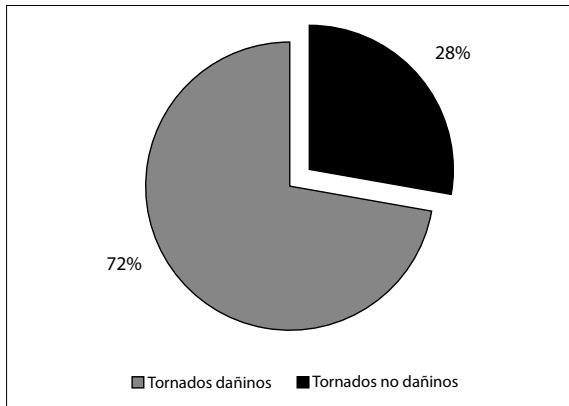


Figura 10. Porcentaje de tornados dañinos y no dañinos (2000-2012).

los 126 tornados registrados, han producido daños de diferente magnitud.

Es importante llamar la atención sobre dos aspectos que se combinan para definir la importancia del tema. Primero, el daño es un elemento que influye en resaltar la ocurrencia de un fenómeno, hace notar la aparición de un tornado en los medios de comunicación, porque es “noticia”. Segundo, la mayoría de los tornados mexicanos, pero también norteamericanos, por ejemplo, son tornados débiles, no mesociclónicos (Figura 11),

lo que quiere decir que sus capacidades destructivas no son de las más altas.

Sin embargo, a pesar de lo dicho, el panorama no es optimista porque, no obstante que se registraron tornados en su mayoría considerados como “débiles”, al mismo tiempo se tiene un alto registro de tornados dañinos, entonces su significado, como amenaza es, en verdad, contundente.

Pérdidas económicas

Nuestros registros de tornados que aluden a daños, insistimos, son heteróclitos, no hay uniformidad en la información reportada, y eso puede interpretarse como el reflejo de la ausencia de sistematización en la valoración de los daños y también de lo que fue considerado más relevante para reportar.

En la base de datos solamente hay tres registros que consignan una cifra concreta de pérdidas económicas, pero no es claro que esas tres incluyan las pérdidas totales. Véanse los casos en particular. El tornado que afectó Teapa, Tabasco, el 16 de junio de 2001, indica la cifra de 54 millones de pesos pero solo alude a las pérdidas en cultivos. El otro caso es el de Piedras Negras que consigna la cifra de más de 125 millones de pesos (125 171 000) y es reportada por el CENAPRED (2009), como cifra global que incluye daños directos e indirectos en los sectores de vivienda, educación, salud, infraes-

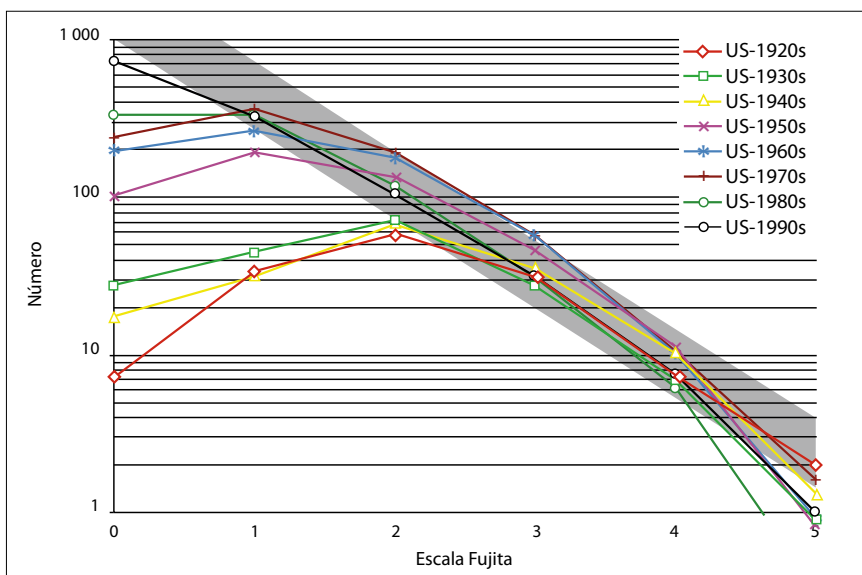


Figura 11. Promedio anual de reportes de tornados en Estados Unidos (fuente: Brooks y Doswell, 2000).

estructura eléctrica, etc. El tercer caso corresponde al evento tornádico sucedido en la Ciudad de México el 23 de enero de 2008. La cifra reportada por el diario *El Universal* (2008), en el contexto de la valoración de daños del responsable de la Secretaría de Protección Civil del Distrito Federal, fue de 1 500 millones de pesos en pérdidas, pero no hay ni desglose ni aclaración del tipo de pérdidas a los que se refiere.

Si se toma como ejemplo la suma de las tres cifras disponibles, que asciende a más de 1 679 millones de pesos,⁵ es claro que la capacidad destructiva de estos fenómenos no se puede despreciar y se puede comprender la importancia y urgencia de invertir en los aspectos necesarios, tanto del desarrollo científico y tecnológico, como de los sistemas de alerta y en general lo concerniente a los preparativos en la sociedad, para reducir los impactos de los tornados.

Daños a viviendas

De los 90 registros de tornados dañinos, solo 51 de ellos (56%) tienen dato específico de viviendas afectadas (de diferente nivel de daños, desde leve hasta daño total). El total de las viviendas afectadas, en esos 51 eventos, es de 3 357. Pero se debe aclarar que en realidad hay grandes disparidades en los datos. Por ejemplo, mientras que hay registros con solo dos casas afectadas, el solo evento del tornado de Piedras Negras de abril de 2007, arrojó la cifra de 1 380 viviendas afectadas. Si se resta esta cantidad al total de los registros, quedan 1 977 viviendas para 50 registros. El promedio de afectación por tornado es de 70 viviendas en el periodo de doce años. Si se excluye el tornado de Piedras Negras, ese promedio es de 39 viviendas, lo que resulta en un promedio anual de tres viviendas afectadas por tornado. La agrupación por rangos de viviendas afectadas (de 1 a 20; 21 a 40 y más de 41), según el número de tornados correspondiente, indica que el 47%, es decir, casi la mitad de los tornados con registro de número de viviendas afectadas,

corresponde al menor rango de afectación de 1 a 20 viviendas, mientras que el 24% inflige daños de 21 a 40 viviendas (Figura 12). El dato preocupante corresponde a los tornados más dañinos porque el 29% ha producido daños en el rango de más de 41 viviendas. Lo anterior quiere decir que la ocurrencia de dichos tornados tiene un significativo valor de afectación.

Daños en otros rubros

Considerando otros rubros de daños, además de las viviendas que acabamos de analizar, los registros en la base de datos permiten apreciar otras dimensiones del daño que infligen los tornados. Se desglosaron los rubros, según las menciones en los registros, en: cultivos, ganado, mobiliario urbano (que incluye desde señalización hasta paraderos de autobuses, etc.), infraestructura (productiva, social o privada no ingenieril), árboles (sin especificar especie, ni tipo de madera), y las instalaciones o infraestructuras apropiadas para la producción y distribución de energía eléctrica correspondiente a la Comisión Federal de Electricidad, todo esto último englobado en las siglas CFE.

Como se puede observar en la Figura 13, prácticamente el 50% de los reportes consignan daños en CFE y árboles, que, evidentemente son los rubros que muestran la mayor exposición a las características de la amenaza tornádica. Otros registros que aluden a infraestructura, mobiliario urbano y vehículos, reflejan la exposición de asentamientos humanos a estos peligros. Los reportes de daños

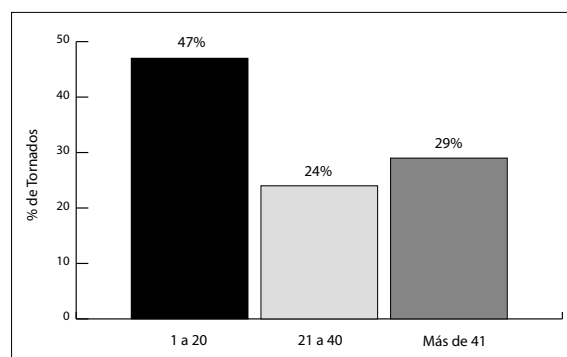


Figura 12. Tornados y rango de afectación de viviendas en el periodo.

⁵ El panorama, lejos de mostrarse como una especulación que exagere las pérdidas, se muestra más bien como una señal minimizada de su real dimensión, por la falta de datos en este rubro.

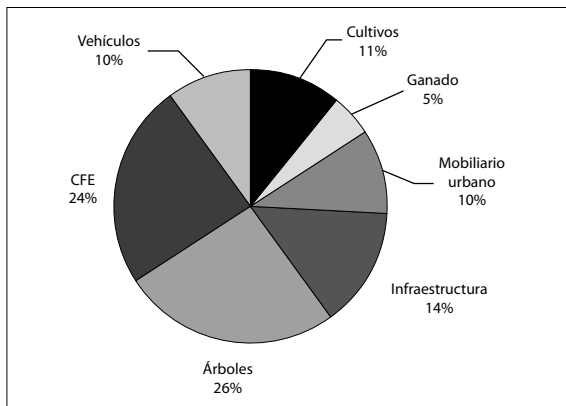


Figura 13. Tornados y rubros de daños en el periodo.

en cultivos y ganado son notables debido a que los registros dan cuenta de cultivos de alta rentabilidad. Es posible que muchas ocurrencias de tornados que afectan cultivos y animales de corral, que no son de esas características, puedan pasar desapercibidas para ser reportados debido a que se considerarían de poco impacto para las contabilidades de empresas o del mínimo nivel de organización gubernamental, como es el municipio.

Damnificados por tornados

El tema de los damnificados por el paso de tornados es también de mucha complicación y no solo por las características de los reportes de ocurrencia. Hay registros que mencionan una cifra bruta de damnificados, mientras que otros los consignan como “familias damnificadas”.

De los 90 tornados dañinos, se tienen 26 registros que mencionan algún dato sobre damnificados. De éstos, solo seis ofrecen un dato específico como “damnificados” y 18 los mencionan como “familias damnificadas”. Dos registros que corresponden a los eventos ocurridos en la Ciudad de México en 2008 y 2012, no reportan estos datos, sin embargo, son susceptibles de calcular en un ejercicio que no se hará en esta ocasión. Para tener mayor claridad en este concepto, es decir, en el de damnificados, se deben hacer antes algunas precisiones. La noción de “damnificado” en el campo de estudios de desastres, tiene varias aristas y diferentes usos terminológicos, por ejemplo, en la literatura anglosajona se les

denomina víctimas (*victims*) o sin casa (*homeless*). En México, y en general en los países de habla hispana, el uso del término “damnificado” es el más extendido tanto en la investigación científica como en los medios de comunicación.

Damnificado es un término genérico (del latín *damnum*, daño) que alude a haber sido “dañado” en alguna extensión, y su aplicación es igualmente amplia aunque se refiere a aquellas personas directamente afectadas por un agente nocivo, tanto en la persona, es decir, en la integridad física, como a los bienes de dichas personas. Suele limitarse al ámbito material, pero más recientemente se extiende también al ámbito emocional. Por ello, se ha propuesto una distinción primaria en damnificados directos e indirectos (Macías y Calderón, 1994), analogando la noción de “pérdidas” (directas e indirectas) y dando cabida a la damnificación emocional.

Hecha esa acotación, es de reconocer que los datos al respecto en nuestros registros, no ofrecen posibilidades para hacer los desgloses que se desprenderían. Para ejemplificar este problema, cabe mencionar el caso del evento tornádico de la Ciudad de México del 23 de enero de 2008, con una estimación de pérdidas de 1 500 millones (*Vid Supra*). Las afectaciones a los sistemas transmisores de electricidad que se produjeron en el evento dejaron pérdidas indirectas incontables y su relación con los afectados en ese sentido (damnificados indirectos) se elevaría también en una cifra extraordinariamente alta. Solo dos de las Delegaciones más afectadas, de las 12 del Distrito Federal: Atzacotalco y Benito Juárez, reúnen una población que supera los 700 mil habitantes⁶ en 2010.

Para el análisis de los damnificados en la base de datos nos referiremos a los damnificados en general, por la imposibilidad de hacer los desgloses que se ha advertido.

De los 26 registros con datos sobre damnificados, como se señaló, seis de ellos, que aluden a un número específico de damnificados, suman 4 301 personas. Los 18 registros que reportan número

⁶ El director de Luz y Fuerza del Centro, Jorge Gutiérrez Vera, dio a conocer por su parte, en entrevista radiofónica, que 42 de los mil cien circuitos de alta tensión están dañados, lo que afecta a 200 mil habitantes.

de familias damnificadas, en suma, representan 5 352 familias. Si se multiplica esta cifra por el factor 5, tenemos 26 760 personas. El total de damnificados por los registros respectivos asciende a 31 061 afectados y no se contaron los damnificados producidos en los eventos del Distrito Federal de 2008 y 2012.⁷ Con esas cifras, el promedio anual de damnificados por tornado es de 26. Es evidente que estos datos son apenas una aproximación al real potencial de daños de los tornados, como se puede desprender de todo lo señalado, sobre todo aludiendo al déficit de información.

CONCLUSIONES

La construcción de la base de datos de tornados México es un instrumento de análisis que ha permitido apreciar, en cierta medida, la extensión de la ocurrencia de tornados en el país en sus dimensiones temporal y espacial. Sirve como elemento que ofrece algunas luces para comprender estos fenómenos como expresiones meteorológicas potencialmente desastrosas y al mismo tiempo nos posibilita para corregir la idea errónea de que los tornados no existen en México.

Los registros de tornados han tenido un incremento sustancial, que corresponde tanto con los esfuerzos de difundir la presencia de esos fenómenos, como con la incorporación de nuevos instrumentos tecnológicos de registro de su evidencia. Los tornados, entonces, se muestran como factores que involucran un crecimiento de la vulnerabilidad social de los habitantes frente a los fenómenos atmosféricos, y por tanto se pone de manifiesto que se requiere un desarrollo más dinámico de las instituciones pertinentes, para corresponder con las necesidades de reducción de desastres.

Prácticamente todo el territorio nacional está sujeto a la aparición de esos fenómenos, aunque se observa que existen áreas que son más propensas

que otras para su ocurrencia. La distribución temporal y horaria de los tornados, por otra parte, es también un factor clave para tomar previsiones de preparativos para enfrentar esas amenazas. Las posibilidades de análisis estadístico que brinda la incipiente base de datos que aquí se presenta, nos alerta sobre el problema de los tornados como fenómenos naturales potencialmente desastrosos: el 72% son dañinos, tienen un promedio anual de tres viviendas afectadas por tornado, producen, en promedio anual, 26 damnificados por tornado y solo tres cifras, que corresponden al mismo número de ocurrencias, indican más de 1 679 millones de pesos en pérdidas económicas.

REFERENCIAS

- Aguirre, B. (1994), "Population and detection of weak tornadoes", *International Journal of Mass Emergencies and Disasters*, vol.12, no. 3, pp. 261-278.
- Ashley, W. S., A. J. Kremenec and R. Schwantes (2008), "Vulnerability due to nocturnal tornadoes", *Weather and Forecasting Journal*, American Meteorological Society, vol. 23, pp. 795-807.
- Avendaño, M. A. (2007), "Reflexión sobre una zona de riesgo. El caso del Corredor de los tornados *landspouts* en México, denominado 'Corredor de las Víboras'", *II Seminario Internacional: involucrando a la comunidad en los programas de reducción de riesgos*, Coro, Falcón, Venezuela, 17-19 de octubre [www.udefa.edu.ve/Seminario_CIR/Seminario_II/.../avendano.pdf].
- Avendaño, M. A. (2008), "¿Cuántos tornados pasan desapercibidos en México? El caso del tornado de Huatlatlahuaca, Puebla", *Trópico 2008. Programa científico Resúmenes*, Palacio de Convenciones de La Habana, Cuba, 16-20 de junio.
- Avendaño, M. A. (2011), "La importancia del conocimiento de los tornados en México", Herrera, M., *La importancia de la hidrometeorología en el entorno económico-social*, Comisión Estatal de Aguas, Querétaro, México, pp. 63-80.
- Brenner, S. A. and E. Noji (1993), "Risk factors for death or injury in tornadoes: an epidemiological approach, *The tornado, its structure, dynamics, prediction and hazards*, Geophysical Monograph No. 79, Washington, D. C., American Geophysical Union, pp. 543-567.
- Brooks, H. and C. A. Doswell III (2000), "Some aspects of the international climatology of tornadoes by damage classification", *Atmospheric Research* [www.nssl.noaa.gov/~brooks/internationaltornadoclimatology; junio de 2002].

⁷ En el caso del tornado del 1 de junio de 2012 que afectó el zócalo de la Ciudad de México, donde había un campamento de profesores de la Coordinadora Nacional de Trabajadores de la Educación, se calculó su número en 225 personas directamente golpeadas por el fenómeno.

- Brooks, H., C. Doswell and M. P. Kay (2003), "Climatological estimates of local daily tornado probability for the United States", *Weather and Forecasting*, vol. 18, American Meteorological Society, August, pp. 626-640.
- CENAPRED (2009), "Impacto socioeconómico del tornado registrado el 24 de abril de 2007 en el municipio de Piedras Negras, Coahuila", *Características e impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en la República Mexicana en el año 2007*, Centro Nacional de Prevención de Desastres/Secretaría de Gobernación, México, pp. 533-568.
- Concannon, P. R., H. E. Brooks and Ch. A. Doswell III (2000), "Climatological risk of strong and violent tornadoes in the United States". in *Second Conference on Environmental Applications*, American Meteorological Society, Long Beach, California, 8-12 January, paper 9.4 [http://www.nssl.noaa.gov/users/brooks/public_html/concannon/] (acceso marzo de 2011)].
- Coleman, T., K. R. Knupp, J. Spann, J. B. Elliott and B. E. Peters (2011), "The history (and future) of tornado warning dissemination in the United States", *Bulletin of American Meteorological Association, American Meteorological Society*, May, pp. 567-582.
- Daley, W. R., S. Brown, P. Archer, E. Kruger, F. Jordan, D. Batts and S. Mallonee (2005), "Risk of tornado-related death and injury in Oklahoma, May 3, 1999", *American Journal of Epidemiology*, Johns Hopkins Bloomberg School of Public Health. 161, pp.1144-1150.
- Davies-Jones, R., J. Trapp and H. Bluestein (2001), "Tornadoes and tornadic storms", Doswell, Ch. (ed.), *Severe Convective Storms*, Meteorological Monographs, Cap. 5, vol. 28, no. 50, pp. 167-222.
- El Universal* (2008), "Ventarrón se llevó luz y 1500 mdp en pérdidas", Sección *El Gráfico*, México, 25 de enero [<http://www.eluniversal.com.mx/grafico/74448.html>].
- Grazulis, T. (1991), *Significant Tornadoes: 1880-1982*, Saint Johnsbury Vermont, Environmental Films.
- Macías, J. M. (2001), *Descubriendo tornados en México. El caso del tornado de Tzintzuntzan*, CIESAS, México.
- Macías, J. M. y G. Calderón (1994), *Desastre en Guadalupe. Notas Preliminares y Testimonios*, CIESAS, México.
- Macías, J. M., A. Avendaño, M. Barrios, M. Hernández y R. Galicia (2007), *El tornado de Piedras Negras del 24 de abril de 2007. Reporte de Investigación*, CIESAS, México [<http://www.buap.edu.mx/piztsaya/>].
- National Geographic Society (1998), *Mapa de Peligros Naturales de América del Norte*, Editorial Televisa, México.
- Niino, H., T. Fujitani and N. Watanabe (1997), "A statistical study of tornadoes and waterspouts in Japan from 1961 to 1993", *Journal of Climate*, American Meteorological Society, July, vol. 10, pp. 1730-1752.
- Simmons, K. M. and D. Sutter (2005), "WSR-88D radar, tornado warnings, and tornado casualties", *Weather and Forecasting Journal*, vol. 20, pp. 301-310.
- Simmons, K. M. and D. Sutter (2008), "Tornado warnings, lead times and tornado casualties: an empirical investigation", *Weather and Forecasting Journal*, vol. 23, pp. 246-258.
- SPC (2010), *SPC tornado, hail, and wind database format specification (for .csv output)*, Storm Prediction Center [<http://www.spc.noaa.gov/wcm/#data>] (último acceso: junio de 2009)].
- USDC (2003), *A guide to F-scale damage assessment*, U.S. Department of Commerce /National Oceanic and Atmospheric Administration/National Weather Service.