Los tornados en México

Base de Datos de tornados México. Reporte electrónico de la Comisión Interinstitucional para el Análisis de Tornados y Tormentas Severas

Jesús Manuel Macías M.
Asunción Avendaño García

Los tornados en México

Base de Datos de tornados México

Reporte electrónico de la Comisión Interinstitucional para el Análisis de Tornados y Tormentas Severas (CIATTS)

Enero - Junio

2013

Jesús Manuel Macías M.
Asunción Avendaño García

Los tornados en México. *Base de Datos de tornados México*

Reporte electrónico de la Comisión Interinstitucional para el Análisis de Tornados y Tormentas Severas (CIATTS)

Jesús Manuel Macías M. y Asunción Avendaño García

Esta publicación electrónica presenta, en su número inicial, un panorama global de los tornados en México. Está dividida en tres partes. En la primera se presenta una introducción a las características de la base de datos de tornados México, donde se muestran los criterios sustantivos de su construcción, así como los elementos de su estructura. En la segunda parte, se ofrece un análisis de las características de los tornados en México, con base en los datos reunidos del periodo del año 2000 al de 2012, discurriendo sobre sus expresiones espaciales y temporales (históricas, estacionales y horarias), para resaltar 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. La tercera parte está conformada por el análisis de los tornados en el Estado de México, como una muestra de análisis de nivel de entidad federativa, que en este periodo de corte en la base de datos, ocupa el primer lugar en ocurrencia de estos fenómenos.

Colaboradores Base de Datos

Registros

Giovanni Velázquez
María del Rayo Campos
Gerardo Espinoza Jiménez
José Francisco León
Ana Gabriela Arreola
Enrique Salazar
Julieta López
Karen Rivero
Lorena Rodríguez
Marisol Barrios
Magdalena Hernández
Alejandro X. Jara
Ivonne Hernández
Arturo Valdés-Manzanilla
Rubén Galicia
Beatriz Méndez
José Antonio Guerrero
Julio Guerrero
Marcos Osnaya
Khiabet Casas
Virginia Hernández
Andrés Tejada

Elizabeth Campos
Alejandro Guzmán
Omar Castillo
Ángel Avendaño
Joel González Díaz
Dulce Estrada
Roberto Avendaño
Christian Santillanes
Isabel Aquino
Daribel Hernández
Sanzón Carro
Eduardo Morales
Agustín Camacho
Emma de la Rosa Ortega
Lilia Reveles
Alfonso Salas
Nancy Reveles
Vladimir Luna
Karina Jiménez
Raúl Abaonza
Moisés Avendaño
Ernesto Briones

Administración de la base de datos

Asunción Avendaño

Contenido

Página

Introducción 6

Primera parte

La Base de Datos de ocurrencia de tornados México 8

Criterios Generales 10
Criterios de inclusión de registros 13
Criterios definicionales 15
Los campos de la Base de Datos Tornados México 16

Segunda parte 18

Los tornados en México

Tornados, cuantificación y lugares de ocurrencia en México 21
Tornados por meses y estaciones del año 27
Ocurrencia de tornados por Estados de la República Mexicana 28
Registro de tornados por hora del día 31
Tornados, decesos y lesionados 33
Tornados y daños 37
Pérdidas económicas 42
Daños a viviendas 44
Daños en otros rubros 46
Damnificados en la Base de Datos Tornados México 48
Conclusiones 51

Tercera parte

Los tornados en el Estado de México 53

Introducción general a los tornados en el Estado de México 54
La frecuencia de ocurrencia de tornados en el Estado de México 55
Tornados por año 57
Tornados por Municipio 58
Tornados por Mes 60
Ocurrencia de tornados por hora del Día 61
Tornados dañinos y no dañinos 63
Tornados, decesos y lesionados 64
Pérdidas económicas 65
Tornados y rango de afectación a viviendas 65
Tornados y rubros de daños 67
Damnificados por tornados 68

Bibliografía 69

Anexo 74

Introducción

En el año 2000, iniciamos una investigación sobre tornados en México a partir del caso del tornado de Tzintzuntzan, Michoacán en el año 2000 (Macías, 2001). Luego seguimos las investigaciones con otros sucesos tornádicos, como el del tornado de Malayerba, Apan, Hidalgo, en 2002 y continuamos con varios casos en los estados de Tlaxcala, Hidalgo, Estado de México, Coahuila, Distrito Federal, etc.

Dada la inmensa tarea de investigación que estábamos enfrentando, consideramos necesario empezar a construir una base de datos que nos permitiera ir conformando el panorama global de la existencia de tornados en el país, al mismo tiempo en que avanzábamos en los estudios de caso.

Uno de los primeros retos que enfrentamos fue la definición del periodo de tiempo para empezar los registros de la misma. Habíamos encontrado referencias sobre eventos desastrosos, muy probablemente tornádicos, que se remontaban a la ápoca prehispánica, en dos obras históricas importantes sobre "desastres agrícolas" en México (García, Pérez y Molina, 2003; Escobar, 2004), y ello nos abría el abanico temporal de manera que podría ser inabarcable por nosotros. No obstante, después de efectuar otros ensayos para ponderar contenido de registros, consideramos que la base de

datos debería de reunir diversos criterios y campos, que eran más fáciles de satisfacer si nos proponíamos empezar a partir del año 2000. Esta decisión, estamos convencidos, no impediría la continuación de nuestra base de datos hacía periodos más antiguos. Hoy presentamos un somero análisis de estos datos hasta el año 2012.

PRIMERA PARTE

La Base de Datos de Ocurrencia de Tornados México

La Base de Datos de ocurrencia de tornados México

La construcción de la base de datos aludida ha estado precedida por la búsqueda de un tipo de estructura lo suficientemente adecuada para permitir elaborar análisis diversos de tipo cuantitativo y cualitativo. En todas las consideraciones sobre la construcción de estos esfuerzos han estado presentes diversos problemas que atañen al estudio y comprensión de la existencia de tornados en México, que son verdaderas dificultades que encontramos en las condiciones de baja respuesta institucional[1], el subconocimiento científico, la diferencialidad de formas en las que se asumen tanto a los tornados, como a las condiciones de su aparición, tanto de los habitantes rurales como urbanos del país.

Para la construcción de la base de datos, consideramos, de entrada, que debieran existir unos criterios generales que esclarecieran la forma en como registramos un tornado, justipreciando la adopción o no de la "oficialidad" de las definiciones[2]. De la misma manera, fue necesario establecer otros criterios de registro más específicos, como veremos, que resolvieran anticipadamente algunas dificultades de consignación, como lo concerniente con la tornadogénesis y la validación de reportes.

[1] Nos referimos tanto a las instituciones relacionadas con la seguridad de la población de todos los niveles de gobierno, como a las instituciones científicas y gremiales que tienen que ver con los temas meteorológicos.
[2] Cualquier etnología del trabajo institucional, burocrático o no, puede explicar que la "oficialidad" de ciertas definiciones no necesariamente es correlativa con las mejores capacidades para establecerlas. Individuos, grupos u organizaciones que "oficializan" definiciones, lo hacen no por sus capacidades sino por la función que desempeñan.

Criterios generales

Una de las tareas que enfrentamos de inicio para definir criterios de construcción de la base de datos fue ejercer una suerte de discusión sobre la noción de tornado. Más que aproximarse a este tema adoptando una definición oficial reconocida, enfrentamos el problema con la discusión conceptual y terminológica que ofrece Doswell (2011). Revisamos las definiciones de glosario de Huschke (1959): "Una columna de aire de rotación violenta, que pende de una nube cumulonimbus, y siempre observable cercanamente como 'nube embudo' o 'tuba'". También la de Glickman (2000): "Una columna de aire de rotación violenta, en contacto con la superficie de la tierra, ya sea pendiente de una nube cumuliforme o por debajo de una nube cumuliforme, y a menudo (pero no siempre) visible como una 'nube embudo'".

Por otro lado, consideramos la definición oficial de Servicio Meteorológico de Estados Unidos (NWS, 2007): "Una columna rotatoria de aire, que se extiende de o hacia una nube cumuliforme o debajo de una nube cumuliforme, hacia la tierra, y que es frecuentemente (pero no siempre) visible como un embudo de condensación. Literalmente, para que un vórtice sea clasificado como un tornado, debe estar en contacto con la tierra y extenderse hacia/desde la base de una nube y debe haber algún rastro de efecto visual del terreno tal como marcas de remolinos de polvo, o daño estructural o de la vegetación" (p-75).

Doswell (Op cit., 2011) propone: "Un vórtice que se extiende hacia arriba desde la superficie hasta, al menos, la base de una nube (con esa base de nube asociada a convección de gran humedad). Que es suficientemente

intensa en la superficie para producir daños en uno o más puntos a lo largo de su trayecto".

Otro problema asociado a definiciones de tornado, en términos reales, está vinculado a una profunda discusión entre profesionales de la meteorología no tanto por el proceso mismo de la formación de estos fenómenos sino por su morfología o la expresión de su formal visual. Por lo anterior se explican términos como "landspout", "waterspout" (tromba) que son denominaciones de tornados no mesociclónicos pero ocurriendo, los primeros sobre tierra y los segundos sobre superficies de agua, que inciden en la definición del tornado para efectos del registro. Por ejemplo, Doswell (Supra cit.) ha afirmado que durante mucho tiempo se ha creído que los tornados son diferentes de las waterspout (trombas), pero que en realidad éstas son verdaderos tornados desde el punto de vista de su meteorología. Tal asunto ha tenido incidencia en la forma en la que la ocurrencia de este fenómeno es reportada y referenciada en el levantamiento de datos oficiales en los Estados Unidos, como veremos más adelante.

Es importante señalar que en la propuesta definicional de Doswell, el autor advierte que no considera los siguientes aspectos: superficie subyacente, existencia o no de una nube de condensación a partir de una nube base hacia la superficie, la profundidad de la nube convectiva húmeda, la presencia o no de hielo en la parte superior de la nube convectiva, ocurrencia o no de rayos o descargas eléctricas dentro de la nube convectiva o, incluso, la intensidad del fenómeno más allá de algún umbral bajo, por ejemplo el límite inferior de las escalas Fujita y Fujita Mejorada. Todo lo anterior, según el mismo autor, trata de ignorar lo que él considera que son "aspectos incidentales" de la ocurrencia de un tornado porque, a su juicio, el proceso físico determinado que genera un vórtice intenso no está asociado con ninguno de ellos, de manera que su designación no debiera depender o

referirse a dichos “aspectos incidentales”. Señala también que su propuesta definicional excluye cualquier elemento que no esté asociado con la convección muy húmeda, tal como los “remolinos del diablo” o de polvo, y evita hacer “una distinción artificial y científicamente no justificada entre ‘spouts’ y tornados” (P-6)

Criterios de inclusión de registro

Para efectos de registro de tornados en nuestra base de datos, hemos adoptado criterios que evidentemente tienen más que ver con las posibilidades de visualización u observación de los fenómenos, que con otros rasgos meteorológicos difícilmente identificables a través de recursos visuales remotos como las fotografías o videos, como el contenido de humedad, por ejemplo.

De la misma manera excluimos, como requisitos de registro, aquellos rasgos que impliquen observación sobre el terreno para efectos de verificación como: rastro terrestre, dimensiones de ancho y largo del trayecto, evidencia de vórtices de succión, disposición de proyectiles, etc. Estos aspectos son consignados en los campos de la base de datos para el caso en que existiera información al respecto, pero su ausencia no obsta para realizar el registro.

Un criterio fundamental para incluir un registro se refiere a la ponderación de las fuentes. El tema de la credibilidad de éstas es fundamental, pero la consideración de "fuente creíble" se otorga tanto por el análisis de los contenidos que emiten, como por las fuentes de la fuente. De esta manera, tenemos las siguientes fuentes:

-Literatura científica: libros, artículos, etc. Que reportan alguna ocurrencia de tornado.
-Diarios (hemerografía)
-Noticias radiales o de televisoras
-Páginas electrónicas
-Videos obtenidos directamente de los productores o de Internet
-Fotografías obtenidas directamente de los productores

-Testimonios directos de personas que atestiguaron la ocurrencia de un tornado

Criterios definicionales

1) Registramos tornados indiferentemente de su tornadogénesis: supercelda, no supercelda (o no mesociclónico); asociados a huracanes.

2) Registramos tornados indiferentemente de si tocan o no la tierra, como los fenómenos denominados nube embudo (funnel cloud, en inglés), que asumimos como un expresión morfológica que no indica si el vórtice está o no en contacto con la tierra.

2) Registramos tornados asumiendo que son tales las trombas (waterspouts),[3] aunque respetamos el término tromba como sinónimo de tornado.

3) Los rasgos visuales de los tornados abarcan las siguientes expresiones: remolino, asociación con una nube cumuliforme (un vórtice en ausencia de esa asociación es considerado como un "vórtice no tornádico" que queda excluido del registro).

4) Los rasgos visuales de los tornados considerando las siguientes asociaciones terminológicas: tromba, víbora o culebra (de agua, de aire, de granizo), manga de agua, remolino, torbellino, ventarrón,

[3] La directiva 10-1605 del NWS (2007), establece criterios diferenciales para registrar tornados o "waterspouts": si define un trayecto sobre agua, será registrado como "waterspout", si lo hace sobre tierra, será un tornado (p-76).

Los campos de la base de datos Tornados México

Para la definición de los campos de la base de datos (Véase Anexo 1), tomamos como punto de partida la base de datos del Centro de Predicción de Tormentas de los Estados Unidos (SPC, 2010), considerando que ésta (que identificaremos en adelante por sus siglas en inglés como SPC) 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 revisamos la propuesta para Japón, de Niino (et al. 1997), de la que adoptamos otros campos que a nuestro juicio complementaban mejor las posibilidades de registro de tornados para desprender análisis más específicos de sus características[4].

A) Identificación unitaria: SPC 1- Número de tornado.
La base de datos SPC, define que este campo deberá adjudicar un número consecutivo al registro de tornado, dependiendo del tiempo de llegada a esa base de datos. En nuestra base de datos decidimos adjudicar un número consecutivo, ajustado a las fechas de ocurrencia y no al tiempo de introducción a la base de datos.

B) Ubicación temporal: SPC 2- Año; SPC 3- Mes; SPC 4- Día; SPC 5- Fecha (En el siguiente formato: dd/mm/aaaa); SPC 6- Hora de ocurrencia (hora local). La definición de la hora local, puede ser equiparada con otros sistemas horarios en caso de ser necesario.

[4] Para efectos de mostrar con claridad los campos que fueron seleccionados de las dos bases de datos mencionadas, en la descripción que sigue, anotamos las siglas de la base de datos antes del número de campo, de manera que, por ejemplo, SPC 1-, significa que el campo número uno fue seleccionado de esa base de datos. Por otro lado, N1997, se refiere a la sigla asignada a la base de datos de Niino (et al., 1997). Es importante aclarar que esta disposición es solo válida para la presente descripción de la base de datos y no aparece como tal en la misma.

C) Ubicación espacial o geográfica: SPC 7- Estado; SPC 8- Municipio; SPC 9- Localidad; SPC y N1997 10- Latitud de inicio; SPC y N1997 11- Longitud de inicio; SPC y N1997 12- Latitud de término; SPC y N1997 13- Longitud de término.

D) Trayecto del tornado: N 1997 14- Largo en Km; N1997 15- Ancho; N1997 16- Dirección.

E) Duración del tornado: N1997 17- Duración.

F) Otros rasgos meteorológicos: 18- Velocidad del viento instrumental; SPC y N1997 19- Rango Escala Fujita; N1997 20- Condición sinóptica; 21- Condición de mesoescala.

G) Daños producidos por el tornado: SPC y N1997 22- Muertes; SPC y N1997 23- Lesionados; SPC 24- Cultivos en especie; SPC 25- Cultivos en dinero.

G.1) N1997 Edificaciones residenciales: N1997 26- Destrucción completa; N1997 27- Daño severo; N1997 28- Daño parcial.

G.2) N1997 Edificaciones no residenciales: N1997 29- destrucción completa; N1997 30- Daño severo; N1997 31- daño parcial, N1997 32- Otros daños.

H) N1997 33- *Otros rasgos*.

I) *Fuente*: 34- Fuente; 34.1- Fecha; 35- Otras referencias

J) *Referencia cartográfica*: 36- Número de registro en el Mapa.

K) *Otras observaciones*. 37. Otras observaciones.

SEGUNDA PARTE

Los Tornados en México

Los 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 ha 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 presentaremos algunas de las características de la ocurrencia de tornados en México, que derivan del análisis de nuestra base de datos. 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[5]: como la descripción de la

[5] "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, Doswell y Kay, 2003)

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…".

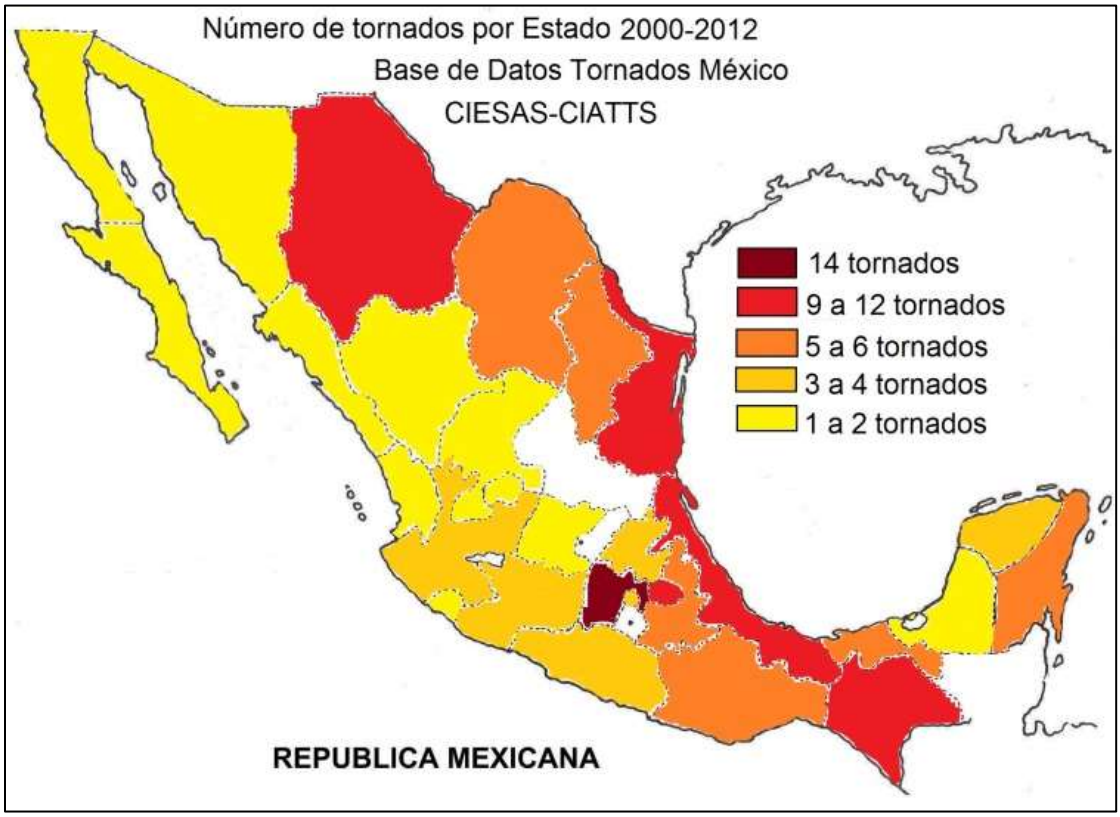
Tornados, cuantificación y lugares de ocurrencia en México

Antes de incursionar en el análisis de nuestros 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 el mapa 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".

Mapa 1. Riesgos de tornados. Tomado de la revista National Geographic (1998).

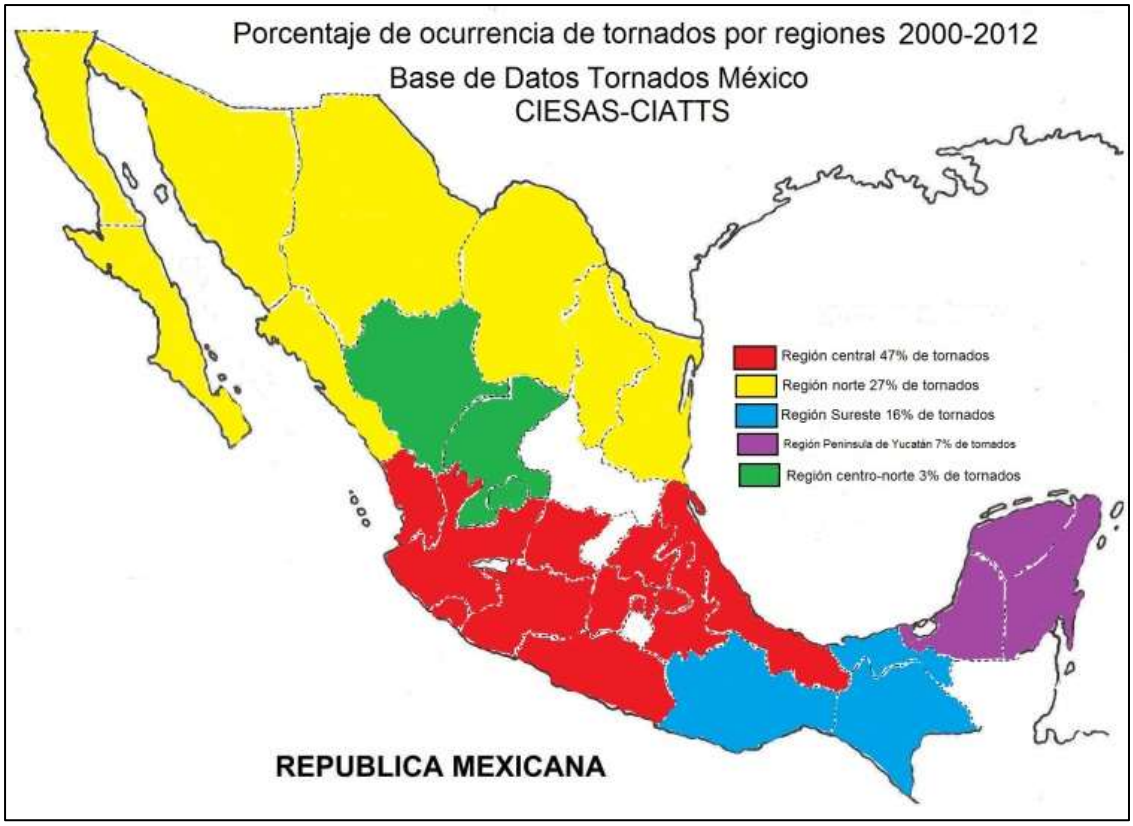
Los registros de ocurrencia de tornados que hemos acopiado para el período de 2000 a 2012, definen otro panorama, como veremos enseguida. El total de tornados registrados para este periodo es de 126 (N = 126), lo que nos arroja un promedio anual de casi 10 tornados por año (9.7). La base de

datos registra ocurrencias de tornados en 29 de los 32 estados, solo se exceptúan San Luis Potosí, Querétaro y Morelos (Véase Mapa 2).



Mapa 2. Número de tornados por estados.

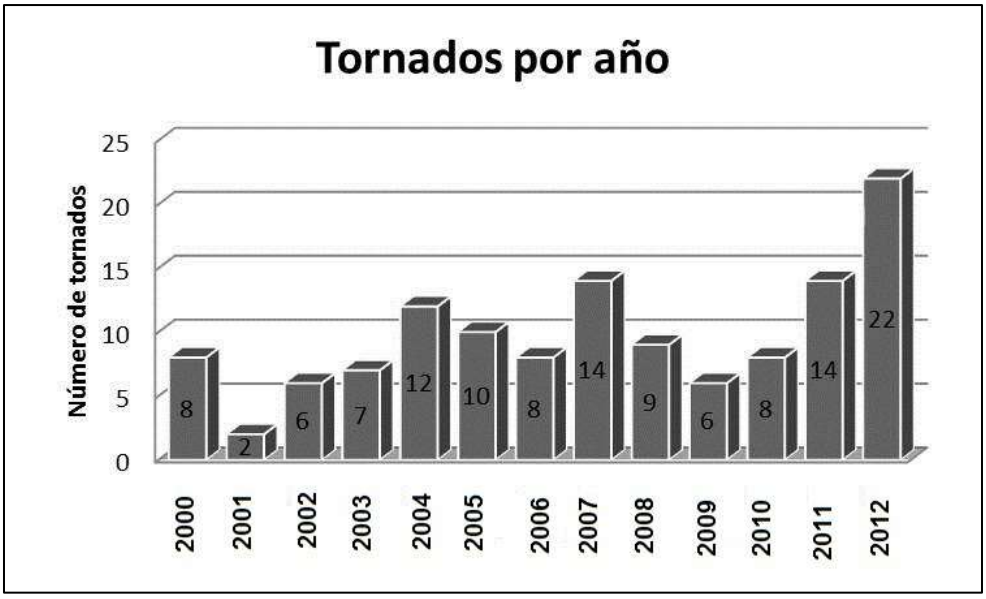
Como se aprecia en el Mapa 2, la mayor parte del territorio nacional está sujeto a la ocurrencia de tornados y si se agrupan por regiones, como se ilustra en el Mapa 3, se puede observar que casi el 50% de los tornados registrados han tenido lugar en los estados del centro. Sin embargo, las regiones de los estados del norte del país, así como del sureste, tiene porcentajes importantes, 27% y 16%, respectivamente, lo que sumados da un porcentaje de 43%.



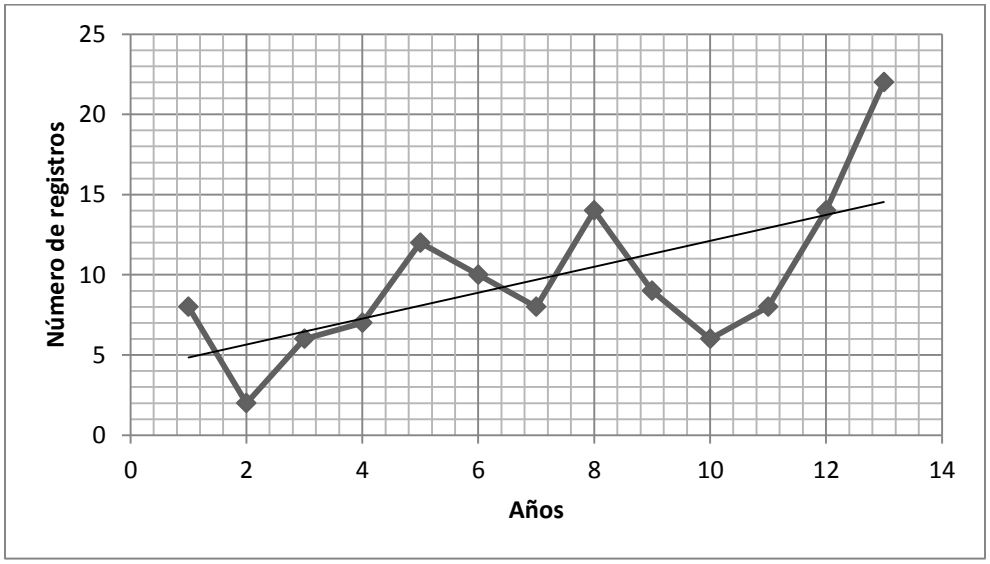
Mapa 3. Porcentaje de registros de ocurrencia de tornados por regiones

Como ya se anticipó, es muy probable que las ocurrencias reales de tornados pudieran modificar los mapas que se presentan, 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 Gráfica 1, que muestra el número de tornados por año de la base de datos, también sugiere una tendencia en el incremento de los registros, como se muestra en la Gráfica 2.



Gráfica 1. Tornados por año.



Gráfica 2. Tendencia de los registros de tornados en Base de Datos México

El comportamiento del número de registros, no necesariamente, como advertimos, es correspondiente con la ocurrencia real de los tornados, nos sirve solo como indicativo. Pero llama la atención ésta 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. 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 (1995) 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.

Tenemos que diferenciar dos problemas: uno, que la ocurrencia de tornados es independiente de la ocupación humana que los "detecta" y luego "registra". El segundo problema se refiere a que, como hemos documentado (Macías, op cit. 2001, Avendaño, 2007 y 2008) que un tornado es un fenómenos 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

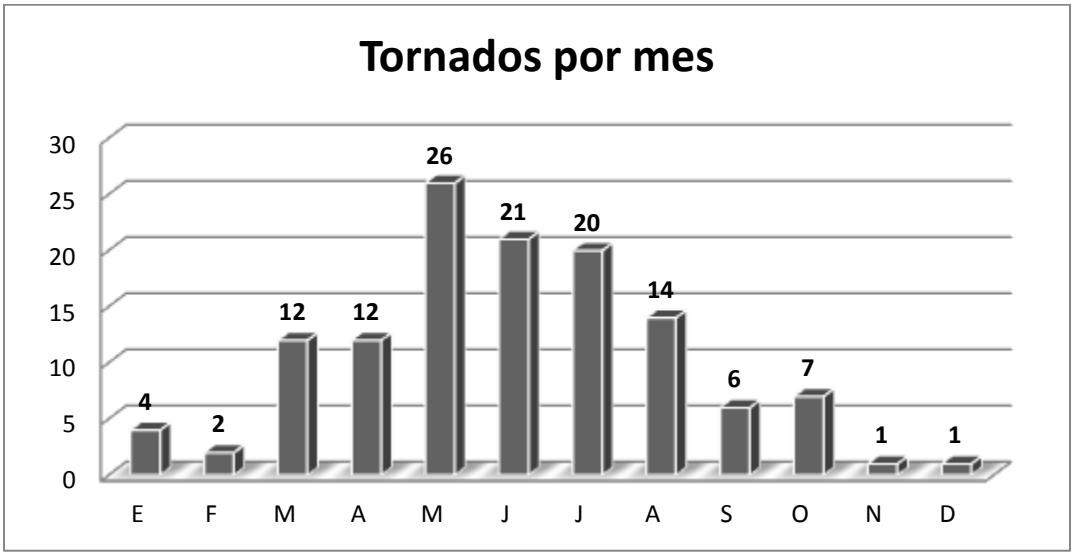
pueden ser explicadas científicamente y cuyo conocimiento es importante para anticiparse a los daños que pueden infligir.

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 describimos antes. 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

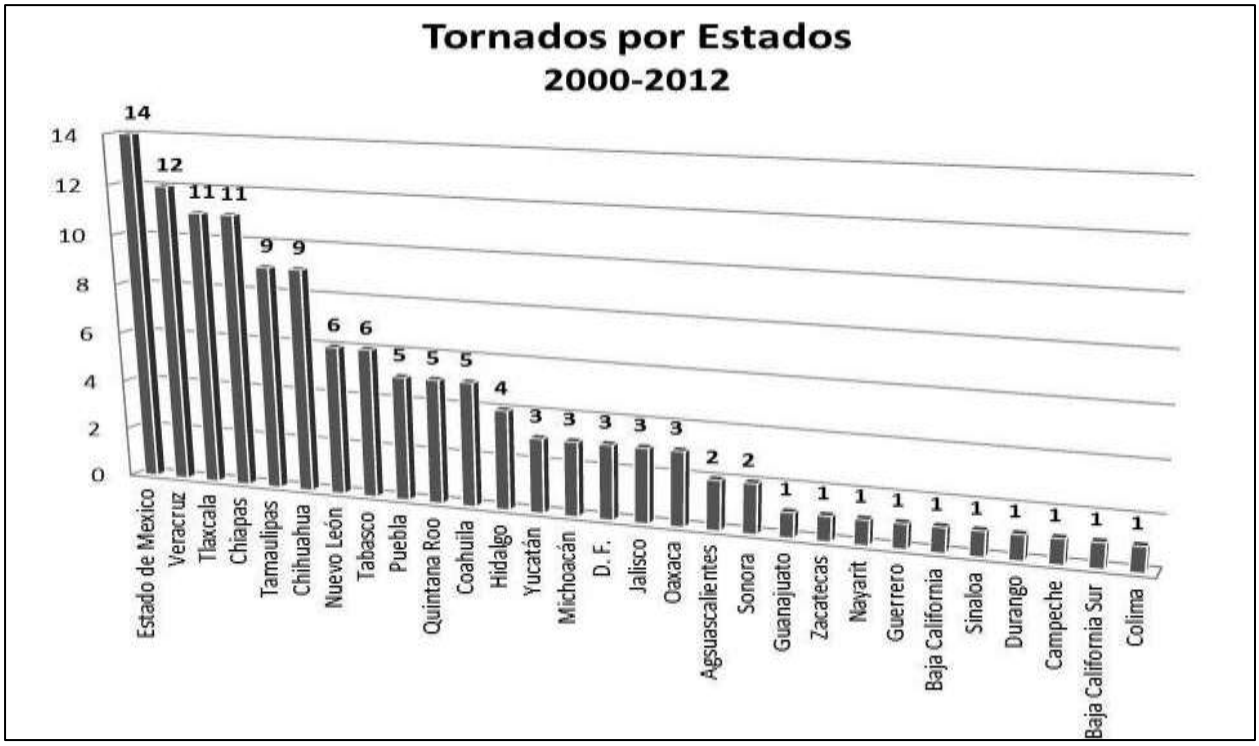
La variación de ocurrencia de tornados por mes, arroja información interesante. La mayor ocurrencia de tornados, el 81%, sucede desde la transición del invierno a la primavera, todo el verano hasta la transición con el otoño. La menor ocurrencia, el 19%, sucede en la época de invierno, desde la transición 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, 1 respectivamente.



Gráfica 3. Número de tornados por mes.

Ocurrencia de tornados por estado de la República Mexicana

Líneas arriba observamos los mapas donde aparecen los números de registro de tornados en su expresión espacial. La gráfica 4 muestra el orden de mayor a menor a las entidades y sus registros de tornados.



Gráfica 4. Número de tornados por entidad federativa.

En el Mapa 3 se presentan los porcentajes de registros de ocurrencia de tornados por regiones, la Gráfica 4 muestra los números absolutos. 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 12 tornados. Al respecto debemos 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 11 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.

Los estados norteños de Chihuahua (9 registros), Nuevo León (6 registros), y Coahuila (5 registros) han sufrido tornados diversos en términos de su tornadogénesis, pero en Coahuila es donde ocurrió un tornado particularmente devastador en 2007, probadamente supercelda (Macías, et al. 2007), que ha sido, en la historia de nuestros registros, el más desastroso, como veremos después.

El estado de Tabasco, con 6 registros, ocupa un tercer lugar y vale 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 5 registros, es el que ha presentado mayor frecuencia de tornados. Yucatán, con 3 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" (Davies-Jones, et al. 2001), pero lamentablemente no

tenemos en la base de datos la condición diferenciada. Tenemos evidencia fotográfica de algunos tornados yucatecos que guardan características de tornados no mesociclónicos.

Tornado afectando Xalpatlahuaya, Huamantla, Tlaxcala. 30 de marzo de 2007. Cortesía Gerardo Espinoza.

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 aquellos tornados 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 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 aquellos 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

Gráfica 5. Ocurrencia de tornados en México por hora del día.

Como se puede observar en la Gráfica 5, la mayoría de los tornados mexicanos registrados (69%) han tenido ocurrencia en horas de la tarde y una proporción similar han tenido materialización en horas de la mañana (15%) y en la noche (16%).

Según lo señalado antes en la investigación de Ashley (Supra cit. P-796), la proporción de los tornados nocturnos en México es comparativamente menor que en Estados Unidos, 16% contra 27%. Los meteorólogos norteamericanos advierten que la razón de que en ese país suceda una proporción importante de tornados nocturnos es porque la mayoría de ellos sucede en la estación fría y en su periodo de transición, cuando la duración del día es menor.

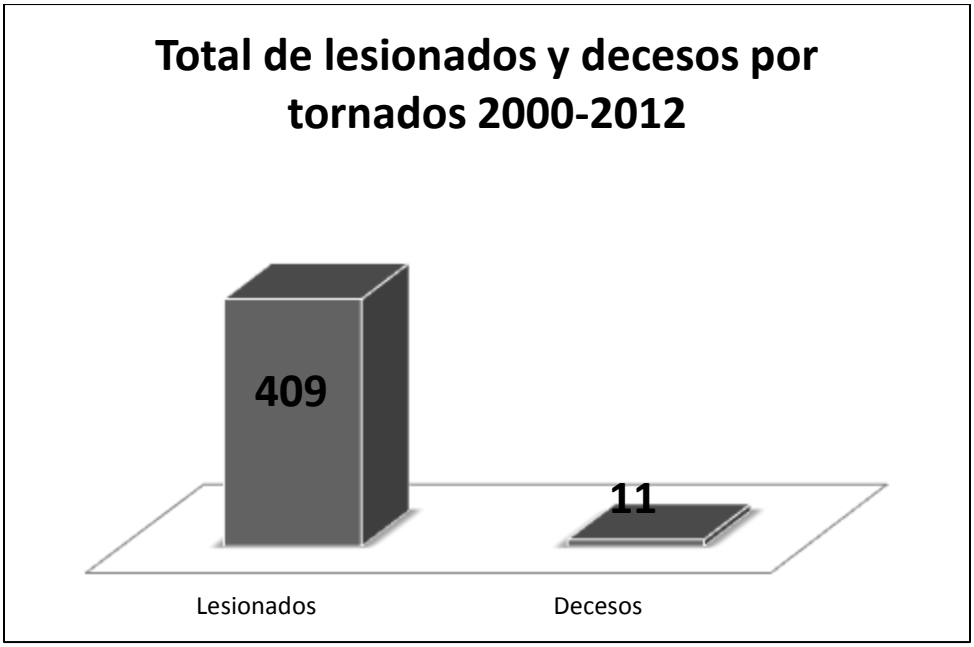
En el siguiente rubro de este análisis, podremos relacionar los registros de tornados fatales y su ocurrencia horaria.

Tornados, decesos y lesionados

Los datos que hemos 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 (Gráfica 6), total de lesionados y decesos por año (Gráfica 7) y lesionados y decesos por localidad (Gráfica 8).

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 11 muertes. Esto quiere decir que la 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 12 tornados producen un deceso, la ocurrencia de un solo tornado tiene el potencial de herir a 3 personas. Desde luego que la realidad es más complicada que esas relaciones.



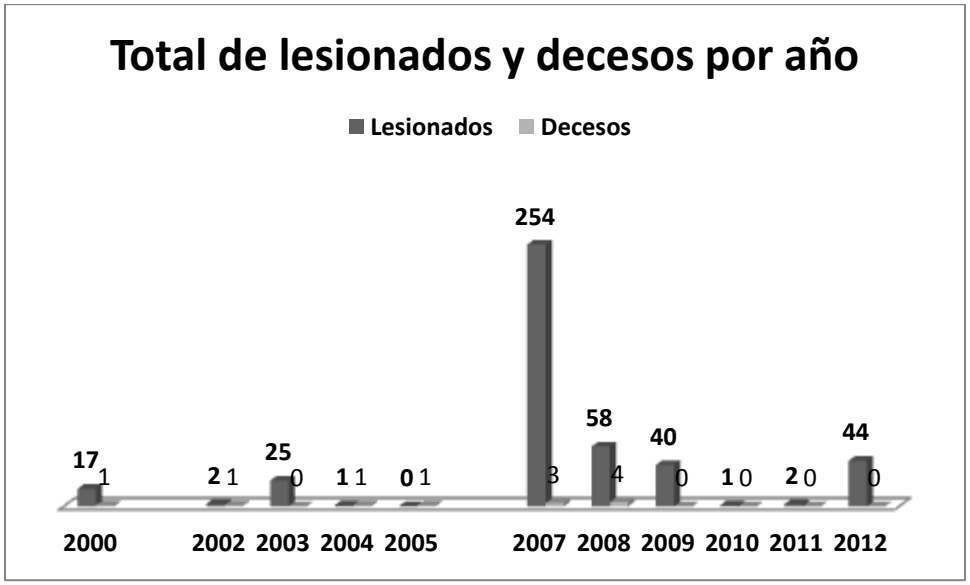
Gráfica 6. Total de lesionados y decesos

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. Véase la Gráfica 7.

El tornado de Piedras Negras fue de tornadogénesis supercelda, como señalamos, 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 México 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 hemos

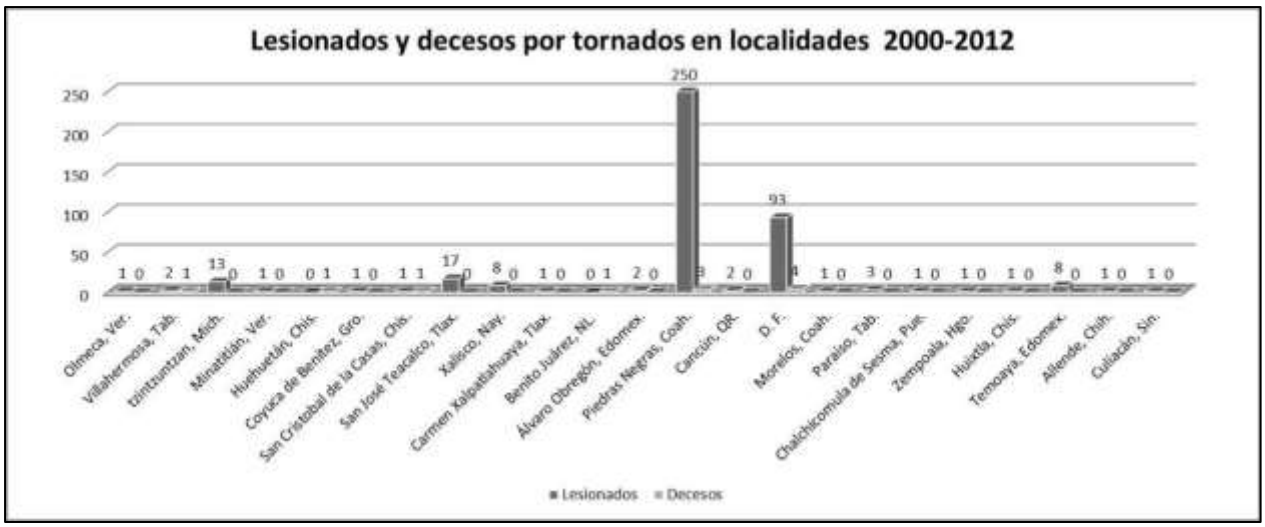
señalados para los lesionados y fallecidos, se han analizado detenidamente en diversas investigaciones sobre factores de riesgo por tornados que se han producido en Estados Unidos (Daley, et al. 2005; Brenner y Nojii, 1993) y en México (Macías, et al., 2012a; Macías et al., 2012).



Gráfica 7. Total de lesionados y decesos por año

En la Gráfica 8, 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 casos[6] de localidad donde se ha registrado dos veces la aparición dañina de tornados, para el periodo que analizamos. Esto no quiere decir que sea caso único debido a que, como hemos insistido, la falta de registros o su escasez, no puede ser, de ninguna manera, concluyente. Pero los datos disponibles si son muy ilustrativos de la vulnerabilidad de los habitantes capitalinos al paso recurrente de tornados.

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



Gráfica 8. Lesionados y decesos por localidad

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 éste tema, correspondería al Servicio Meteorológico Nacional, sin embargo no se han logrado avances sensibles.

Fotografía aérea de los daños causados por el tornado de Piedras Negras, Coahuila, del 24 de abril de 2007 en Villa de Fuente. Cortesía Unidad Municipal de Protección Civil de Piedras Negras.

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.

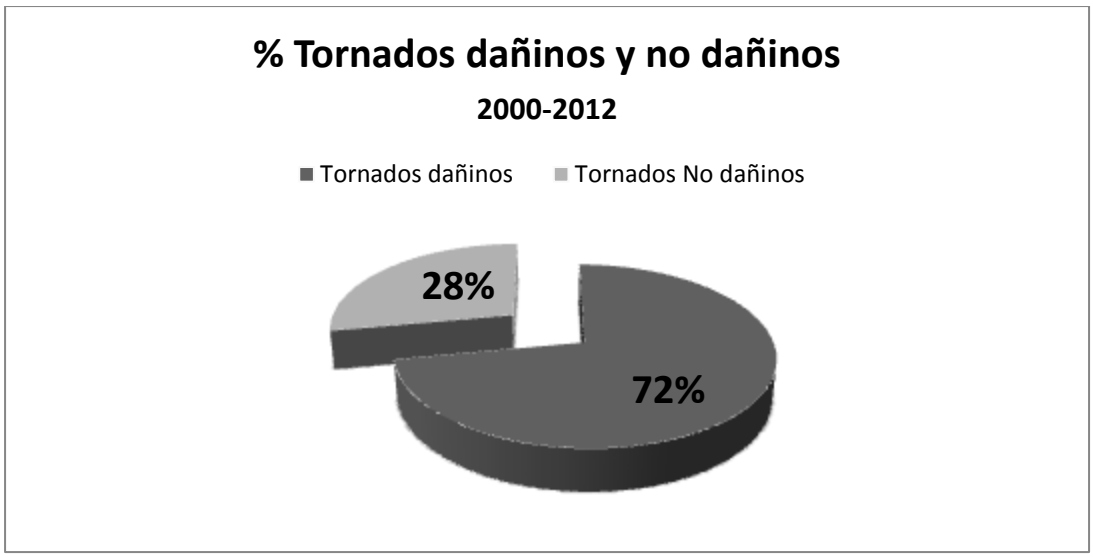
Antes de comentarlos, conviene hacer algunas referencias al significado de su capacidad para dañar a los objetos y a las personas que encuentran a su paso, y que ha sido la que más ha motivado el interés científico por entender esas características dañinas. Por esta razón, se definió una escala de categorización 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.

Nuestra base de datos, como se mencionó, 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, debemos 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.

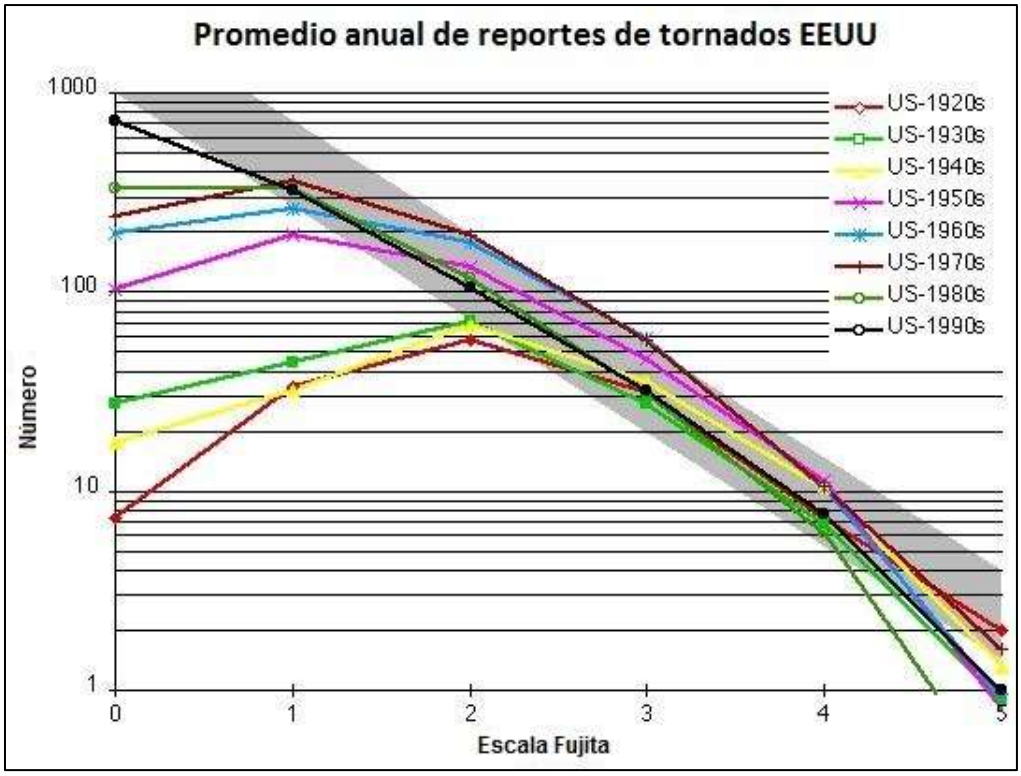
De los 126 registros totales de tornados (N=126), solo dos han tenido categorización formal, el primero es el ocurrido en Piedras Negras, Coahuila, en 2007, que recibió una calificación de EF3 (escala Fujita Mejorada) por parte de los meteorólogos norteamericanos que revisaron los daños en su territorio.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

Como puede verse en la Gráfica 9, del total de registros en nuestra base de datos, el 72 % indica algún tipo de daño dejado por el tornado, es decir, 90 de los 126 tornados registrados, han producido daños de diferente magnitud.



Gráfica 9. Porcentaje de tornados dañinos y no dañinos

Tenemos que 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 (Ver Gráfica 10), lo que quiere decir que sus capacidades destructivas no son de las más altas.



Gráfica 10. Promedio de reportes de tornados en EEUU (Brooks y Doswell, 2000)

Sin embargo, a pesar de lo dicho, el panorama no es optimista porque, no obstante que registramos tornados en su mayoría considerados como "débiles", al mismo tiempo tenemos 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 tenemos tres registros que consignan una cifra concreta de pérdidas económicas, pero no es claro que esas tres incluyan las pérdidas totales. Veamos 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 del tornado 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, infraestructura 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 la 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 1500 millones de pesos en pérdidas, pero no hay ni desglose ni aclaración del tipo de pérdidas a los que se refiere.

Si tomamos como ejemplo la suma de las tres cifras disponibles, que asciende a más de 1 679 millones de pesos[7], es claro que la capacidad destructiva de estos fenómenos no se puede despreciar y podemos 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.

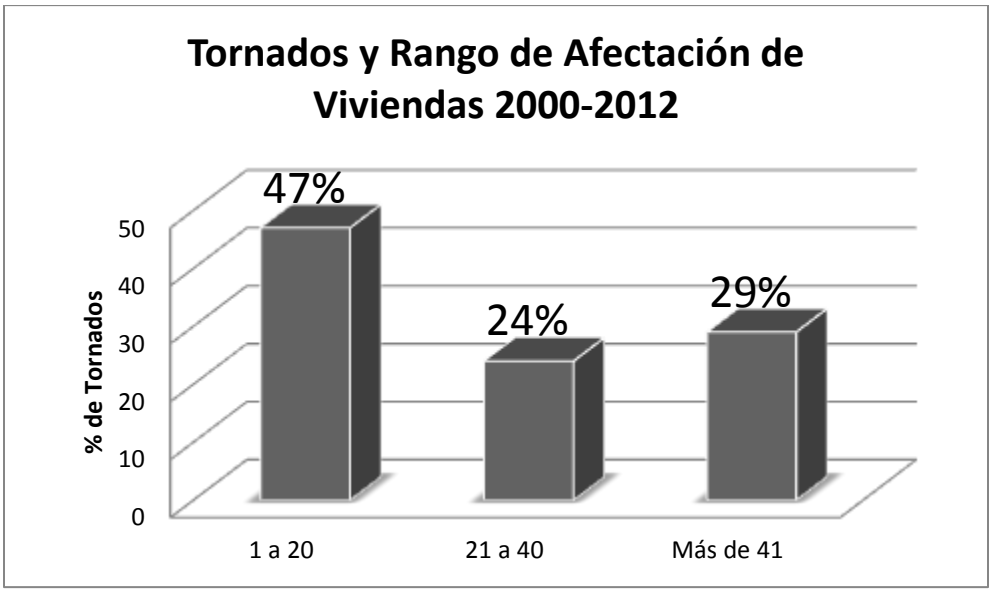
[7] El panorama, lejos de mostrarse como una especulación que exagere las pérdidas, se muestra más bien como una señal minimizada de su real dimensión, por la falta de datos en este rubro.

Daños a viviendas

De los 90 registros de tornados dañinos, solo 51 de ellos (56%) tiene 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 debemos 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 12 años. Si excluimos el tornado de Piedras Negras, ese promedio es de 39 viviendas, lo que resulta en un promedio anual de 3 viviendas afectadas por tornado.

Fotografía del interior de una vivienda afectada por el tornado de Santiago Casandejé, Jocotitlán, Estado de México, el 16 de julio de 2011. El tornado se observa en la parte superior, en fase de extinción. Cortesía de la Unidad Municipal de Protección Civil de Jocotitlán.

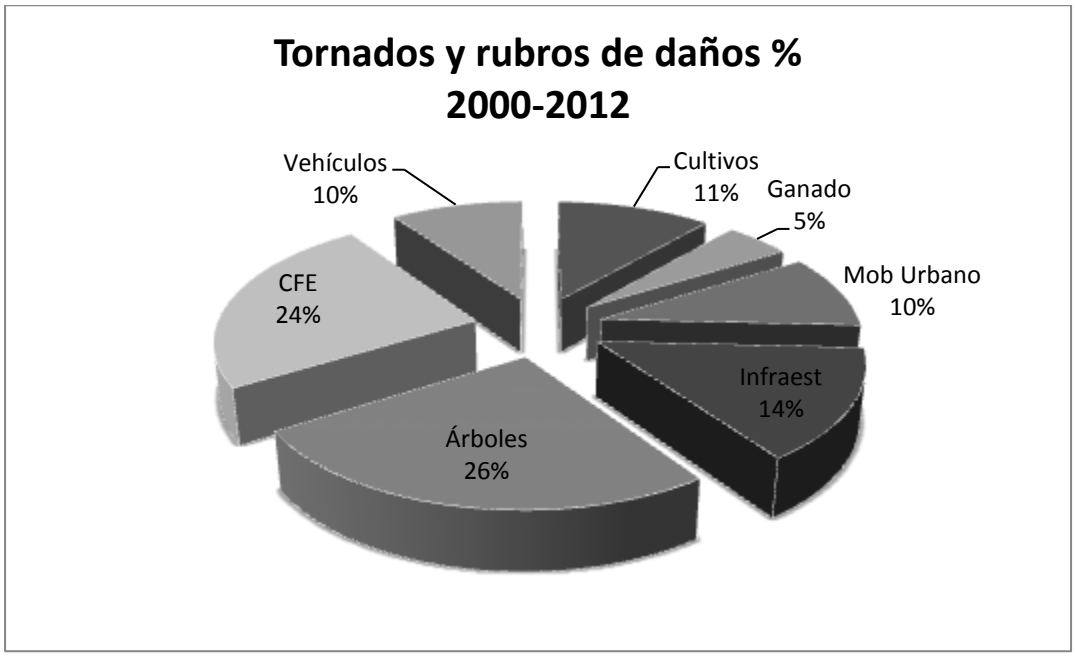
La agrupación por rangos de viviendas afectadas (de 1 a 20; 21 a 40 y más de 41), según el número de tornados correspondiente, nos indica que el 47%, es decir, casi la mitad de los tornados con registro de número de viviendas afectadas, corresponde al menor rango de afectación de 1 a 20 viviendas, mientras que el 24% inflige daños de 21 a 40 viviendas. 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.



Gráfica 11. Tornados y rangos de afectación de viviendas en el periodo

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. Desglosamos 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.



Gráfica 12. Tornados y rubros de daños

Como se puede observar en la Gráfica 12, 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 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 en la base de datos tornados México

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, tenemos 26 registros que mencionan algún dato sobre damnificados. De éstos, solo 6 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 haremos en esta ocasión.
Para tener mayor claridad en este concepto, es decir, en el de damnificados, debemos 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, hemos 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 mencionemos el caso del evento tornádico de la Ciudad de México del 23 de enero de 2008, con una estimación de pérdidas de 1500 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: Atzcapotzalco y Benito Juárez, reúnen una población que supera los 700 mil habitantes[8] en 2010.

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

De los 26 registros con datos sobre damnificados, como se señaló, 6 de ellos, que aluden a un número específico de damnificados suman 4 301 personas. Los 18 registros que reportan número de familias damnificadas, en suma, representan 5 352 familias. Si multiplicamos esta cifra por el factor 5, tenemos 26 760 personas. El total de damnificados por los registros

[8] 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 100 circuitos de alta tensión están dañados, lo que afecta a 200 mil habitantes.

respectivos asciende a 31 061 afectados y no contamos los damnificados producidos en los eventos del Distrito Federal de 2008 y 2012[9]. 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.

[9] En el caso del tonado 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 que fueron directamente golpeadas por el fenómeno.

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 unas 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 presentamos nos alerta sobre el problema de los tornados como fenómenos naturales potencialmente desastrosos: el 72% son dañinos, tienen un promedio anual de 3 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.

TERCERA PARTE

Tornados en el Estado de México

Tornados en el Estado de México

Introducción general a los tornados en el Estado de México

De acuerdo con nuestra base de datos, en el Estado de México, hay un promedio de 1.07 tornados por año y la mayoría de ellos ocurren en áreas relacionadas con municipios del centro del estado y áreas de la conurbación con el Distrito Federal. No hay registros de su aparición en el periodo invernal, casi 60% de ellos se han presentado en el periodo de transición primavera-verano y el restante en verano.

En el tema de la peligrosidad, el 92% de los tornados mexiquenses son diurnos; el 64% de ellos son tornados dañinos y, de estos, cada tornado ha producido 323 damnificados y afectado, en diferente grado, a 58 casas.

La frecuencia de ocurrencia de tornados en el Estado de México

El Estado de México tiene el primer lugar de registros de ocurrencia de tornados en nuestra base de datos, con 14 (N = 14), para el periodo 2000-2012. La frecuencia y espacialidad con la que los tornados ocurren en la entidad no es reflejada, en términos reales, en los registros que estaremos comentando. Hay diversos referentes que nos indican un subregistro. Como ejemplo que sustenta esta aseveración, se encuentra la monografía municipal de Xalatlaco (Vargas, 1998), municipio que no guarda registro alguno de ocurrencia de tornados en la base de datos y que sin embargo mantiene un reconocimiento al fenómeno tornádico como amenaza permanente en su territorio. Les denominan "tornados" y "colas de agua": "Los tornados o remolinos tienen lugar en febrero y marzo. Las colas de agua, en julio y agosto. El período de lluvias, del 15 de mayo al 15 de septiembre y el de heladas, de noviembre a febrero".

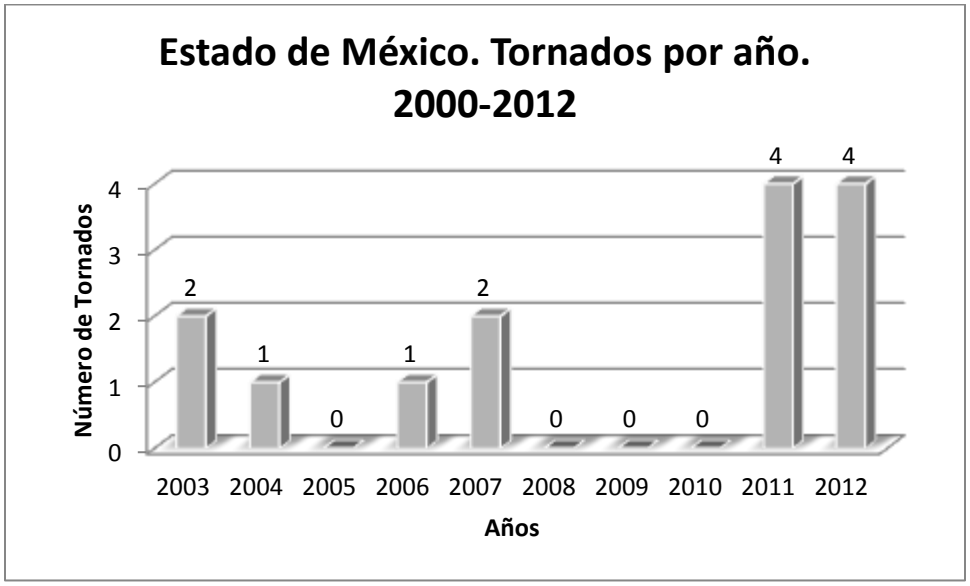
Por otra parte, en la mayoría de los existentes "Atlas de riesgos municipales" de la entidad, los tornados aparecen en su inventario de amenazas naturales "hidrometeorológicas" como "trombas" y no como tornados (Ver: GEM, 2008; GEM, 2001), aunque recientemente ya han anunciado que se incorporará la denominación "tornado" a dichos Atlas municipales (González, 2013).

Otro ejemplo que ilustra la presencia muy frecuente de tornados en el Estado de México, lo representan las prácticas agrícolas que los consideran como amenaza para cultivos y, en general, para la seguridad de las personas. Cruz (2011:102) en el caso de estudio en una comunidad mazahua de San Felipe del Progreso, señala: "Otra creencia deriva del conocimiento entre los

mazahuas de que, cuando entre las nubes hay una ‘cola de agua o granizo’ o de aire, ésta puede causar algún destrozo en la milpa de cultivo. Las personas tienen una creencia que consiste en cortar la cola con un ‘machete’ ‘cuchillo’ o lo más común con una oz. El procedimiento implica dirigir el acto de cortar hacia la ‘cola’ a veces poniendo algunas palabras o plegarias en mazahua o en español. Otra manera de acabarla o destruirla es formar una Cruz con sal de mesa en dirección vertical donde está formada la ‘cola’. Con esto se tiene la creencia que se destruye o deshace, evitando que la maldad toque tierra y pueda dañar los cultivos de maíz. Pasa lo mismo con las palmas y cirios ‘benditos’. Estos se adquirieron en la Semana Santa, se queman y se prenden cuando se observa una formación de nubes como la que se mencionó anteriormente, para que se deshaga la formación de alguna tromba de aire y granizo.”

Tornados por año

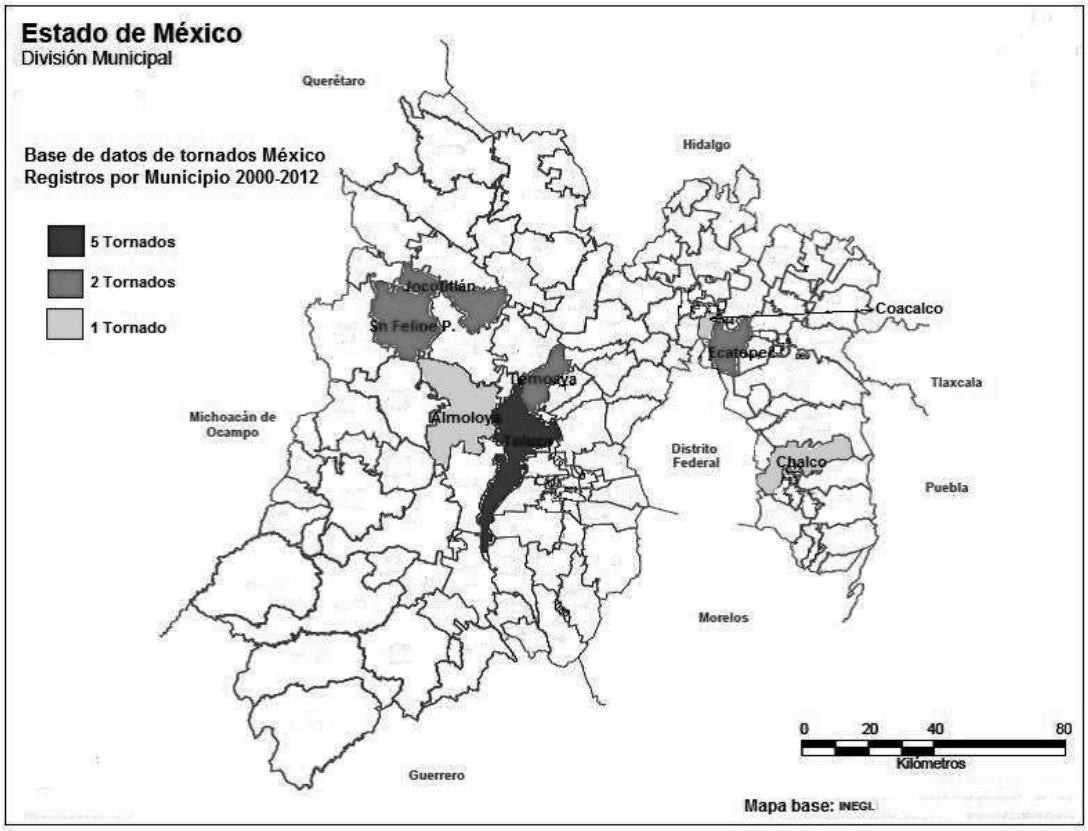
Los 14 tornados mexiquenses registrados en el periodo 2000-2012, es decir, en 12 años, ofrecen un promedio de 1.07 tornados por año, y de 1.4 para los años con registro de tornados, es decir de 2003 a 2012. Como en el registro a nivel nacional, los del Estado de México también señalan un crecimiento notable de detección y registro, como se puede ver en la Gráfica 13.



Gráfica 13 Estado de México. Tornados por año

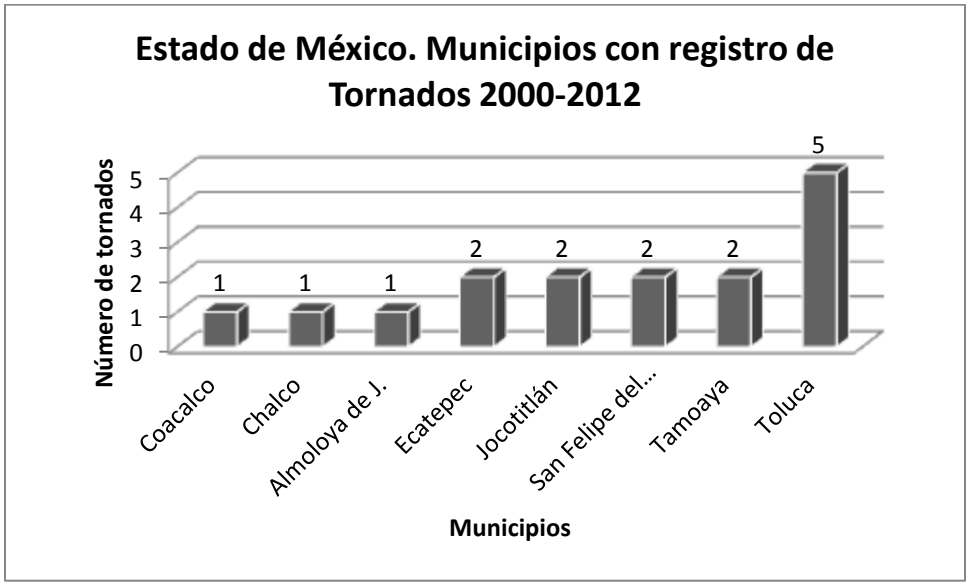
Tornados por Municipio

La revisión de los registros a nivel municipal muestra una marcada incidencia en el área del Valle de Toluca, caracterizada por ser terrenos básicamente planos aunque se han registrado tornados en áreas montañosas como en los municipios de Jocotitlán y San Felipe del Progreso.



Mapa 4. Estado de México. Municipios con registro de tornados 2000-2012

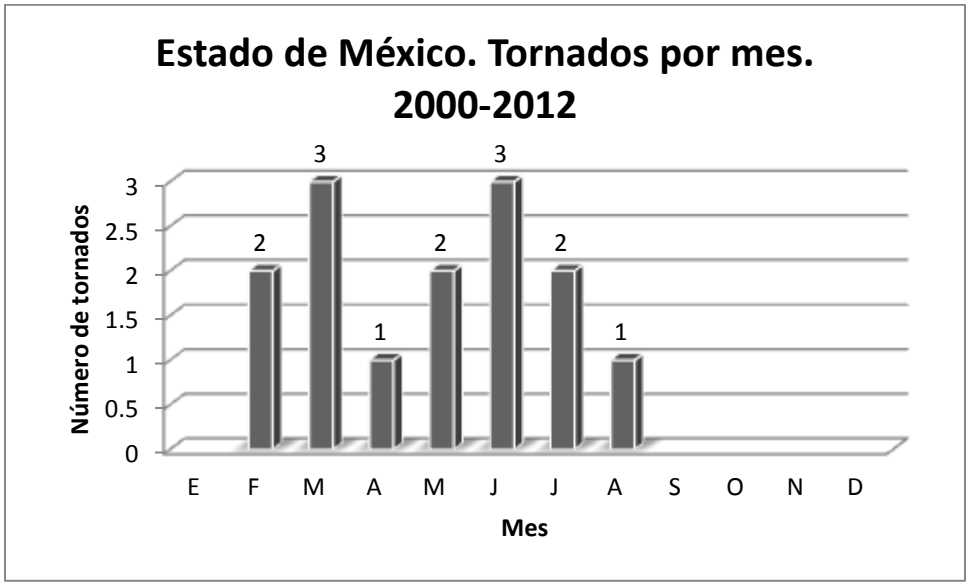
La Gráfica 14, muestra los números de registro de tornados por municipio y hacemos notar que la suma de éstos ofrece un total de 16, es decir dos más de los mencionados y esto debemos explicarlo porque se dobló un registro para los municipios de Toluca y Temoaya en razón de que el tornado del 11 de marzo de 2011, atravesó territorio de ambos municipios.



Gráfica 14. Municipios con Registro de tornados 2000-2012

Tornados por Mes

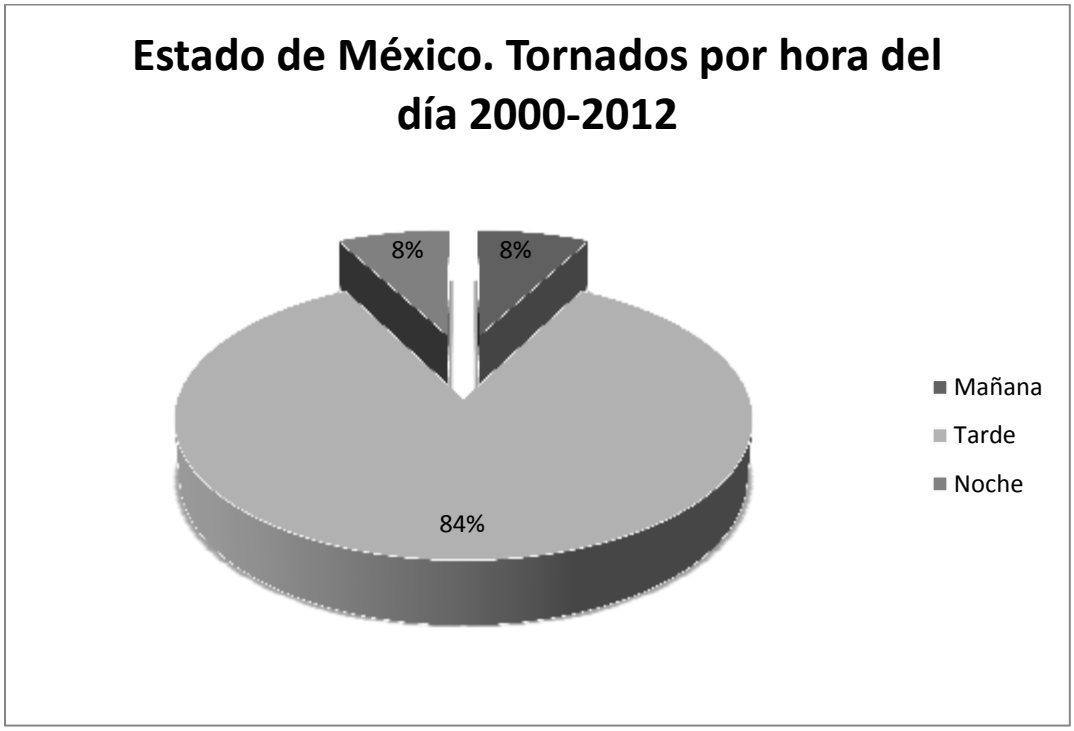
En el Estado de México, los registros de tornados abarcan 7 de los meses del año, de febrero a agosto. Los 5 meses restantes, de septiembre a enero, no tienen registro de tornados. Esto quiere decir que prácticamente hay una menor ocurrencia de tornados en el período Otoño-Invierno y son importantes al final de invierno-Primavera (43%) y en verano (57%). Como señalamos antes, en el caso de la clasificación de eventos meteorológicos en la monografía de Xalatlaco (Vázquez, 1978, supra cit.), se distingue un periodo de ocurrencia de "tornados y remolinos" en la época de "secas" (febrero y marzo), y otro periodo de "colas de agua" en julio y agosto, haciendo una distinción seguramente de la condición de mesoescala que contextualiza la tormenta que produce la vorticidad tornádica. El tornado "cola de agua", está asociado al periodo de precipitaciones en tanto que los otros ("tornado y remolino") no se ven asociados a la caída de lluvia, aunque el sistema tornádico particular genere también precipitación, como de hecho sucede, incluso la caída de granizo. La distinción terminológica está asociada a su correspondencia o no, con el periodo de las lluvias.



Gráfica 15. Tornados por mes en el Estado de México. 2000-2012

Ocurrencia de tornados por hora del Día

La Gráfica 16, muestra muy claramente que los tornados mexiquenses, en su mayoría, ocurren durante la tarde (84%) aunque hay una proporción igual (8%) de tornados que han ocurrido en la mañana y en horas de la noche.



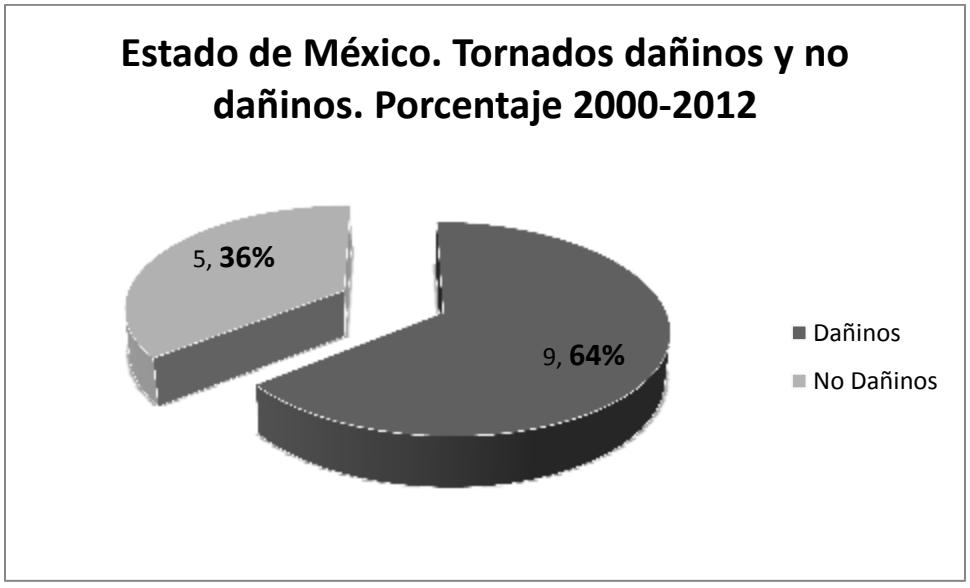
Gráfica 16. Ocurrencia de tornados por hora del día en el Estado de México

En las consideraciones que sobre este apartado hemos hecho para la base de datos a nivel nacional, señalamos aspectos importantes del significado de la ocurrencia horaria de los tornados y mencionamos que los tornados nocturnos han mostrado ser más peligrosos. Un caso de tornado nocturno en el Estado de México, lo representó el sucedido en la población de Santiago Yeché, en el municipio de Jocotitlán el 30 de mayo de 2011. Este tornado se

presentó a las 20 horas ocasionando diversos daños a más de 14 viviendas y con fuerza tal que pudo levantar y voltear tres vehículos automotores grandes (uno de ellos era una camioneta "pick up") que encontró a su paso, mostrando, con ello, velocidades de vientos superiores a los 180 kilómetros por hora, según la escala Fujita de intensidad de los tornados. También afectó instalaciones eléctricas lo que dificultó las labores de evaluación de daños, pero, en todo caso, no arrojó datos de personas lesionadas.

Tornados dañinos y no dañinos

Del total de registros de tornados mexiquenses, el 64% reporta daños de diversas magnitudes a personas y bienes. Solo 5 registros (36%) no mencionan daños sensibles a las poblaciones. El porcentaje de tornados dañinos, supera la mitad de las ocurrencias, no es, por tanto, un dato despreciable. Si comparamos el porcentaje de tornados dañinos a nivel nacional (72%), el correspondiente mexiquense resulta ser menor y sin embargo llama la atención el hecho de que estamos hablando de la entidad con el primer lugar de registros de tornados y con una población muy significativa que está expuesta al paso de los mismos. La suma poblacional para 2010 de los 8 municipios con registro, fue cercana a los 3 millones y medio de habitantes (3’484,125). Tan solo Ecatepec, para ese año, tenía más de un millón y medio de habitantes.



Gráfica 17. Estado de México. Tornados dañinos y no dañinos

Tornados, decesos y lesionados

Los tornados dañinos mexiquenses no tienen registro de fallecimientos y solo uno de ellos se reporta con 9 lesionados. El caso del tornado que dejó esta cifra de afectados fue el del 11 de marzo de 2012, mencionado líneas arriba, que afectó el poblado San Diego Alcalá, en el municipio de Temoaya. El tornado dejó a una mujer con lesiones graves y el denominado "factor de riesgo" en este particular suceso, es excepcional, porque se trató de una víctima que se colocó en el paso del vórtice y fue lanzada más de 15 metros para chocar contra una barda[10].

Los estudios de factores de riesgo por tornados señalan que, las personas lesionadas estando en exteriores, la mayoría lo son por efecto de golpes que reciben de misiles o desprendimientos producidos por la velocidad de los vientos. Pocos son por alcance directo del vórtice. Por ejemplo, en el tornado del 3 de mayo de 1999 en Oklahoma City, Estados Unidos, el 7% de las víctimas totales se encontraba en exteriores y la mayoría de ellas fue lesionada en interiores de casas, departamentos y casas móviles, pero se trató de uno de los tornados más violentos y en condiciones en las que hubo alguna señal de alertamiento que incidió en el hecho de que la gente buscara protegerse en algún tipo de refugio (Brown, et al. 2002). El caso de Temoaya se trató de una mujer que estando en el interior de su vivienda salió a la calle para buscar la casa de un familiar que le significaba más seguridad. Sin ningún aviso, alerta o conocimiento de la amenaza que representa el tornado, sin reconocer elementalmente las características más simples de su existencia.

[10]Diario Portal: http://diarioportal.com/2012/03/12/tornado-dana-un-centenar-de-casas-una-mujer-lesionada/

Pérdidas económicas

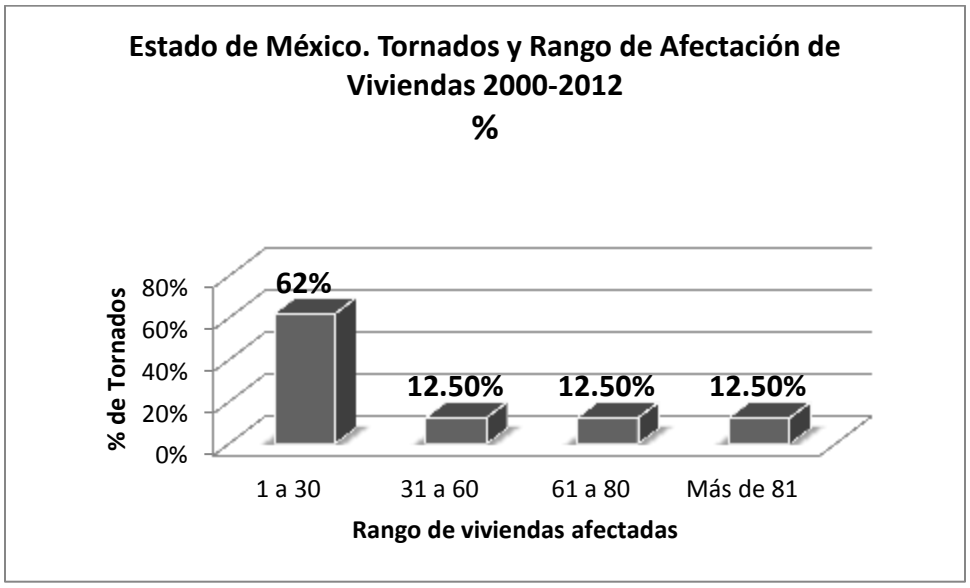
Tornados y rango de afectación a viviendas

Los registros con datos de daños a viviendas son 8, de los cuales 5 tienen datos específicos de número de casas afectadas y 3 solo tienen datos genéricos. El total de viviendas afectadas para los registros considerados ascendió a 469 que divididas entre los 8 registros resultan en una cifra de 58 viviendas afectadas por tornado. Como se puede apreciar en la Gráfica 18, el 62% de los tornados registrados tuvo un rango de afectación de 1 a 30 viviendas[11], lo que significa que poco más de la mitad de los tonados infligió daños en el rango más bajo. No obstante, el hecho de que en los otros rangos de mayor impacto se distribuyeran los porcentajes, como se ilustra, es decir 12.5% respectivamente para los rangos de afectación de 31 a 60, 61 a 80 y de más de 81 viviendas, alerta sobre el potencial de daño, pues si sumamos las proporciones tenemos que casi 38% de los tornados, en cada ocurrencia, ha dañado más de 31 viviendas.

En otros términos, 62% de los tornados fueron poco destructivos, mientras que casi el 38% de ellos han sido muy destructivos en las viviendas, de los que 12.5%, han sido extremadamente destructivos, es decir, cada uno de ellos ha afectado más de 81 casas.

Los daños que se reportan para las viviendas, básicamente, se refieren a los techos, de leves a colapsos, y vidrios.

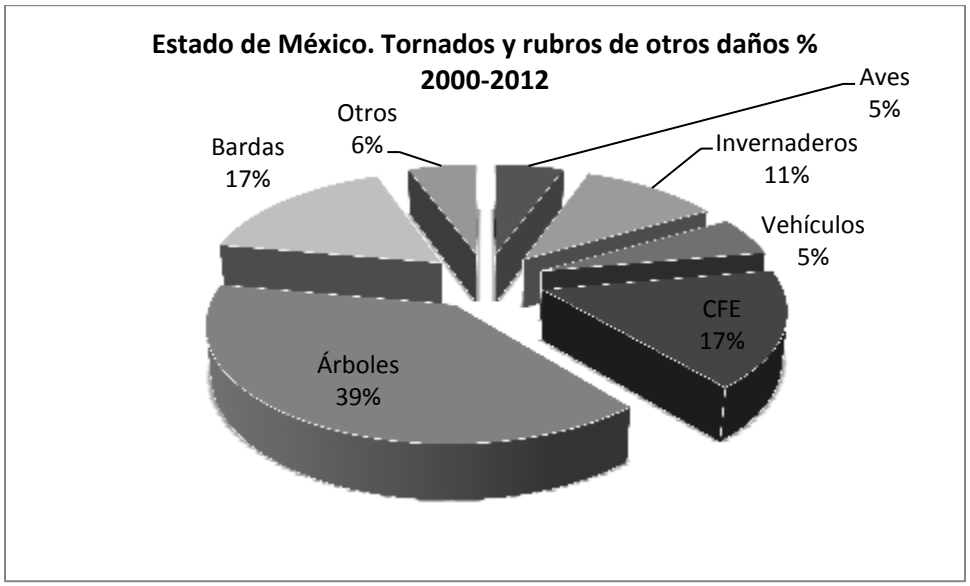
[11] En este rango se agregaron los tres registros con datos genéricos.



Gráfica 18. Tornados y rango de afectación a viviendas en el Estado de México. 2000-2012

Tornados y rubros de daños

Al igual que hicimos en el ejercicio de análisis de la base de datos a nivel nacional, para el caso del Estado de México distinguimos siete grupos de sujetos de daño, a saber: árboles, bardas, CFE (que engloba toda suerte de materiales e instalaciones de esa empresa estatal para distribuir energía eléctrica), vehículos, invernaderos, aves, y otros (Véase Gráfica 19).



Gráfica 19. Tornados y rubros de daños en porcentajes en el Estado de México

El rubro más afectado fue el de árboles, 38% de los registros lo mencionan. Los implementos de la CFE fueron el segundo rubro más afectado con 17% (junto con las bardas), lo que refleja la misma proporción de afectación a nivel nacional. Invernaderos y aves son rubros de implementos productivos agropecuarios (11 y 5% respectivamente) que si se relacionan con afectaciones a las viviendas urbanas (Vid supra), muestra que los tornados mexiquenses han aparecido en ciudad y campo ocasionando daños por igual.

Damnificados por tornados

Para el caso del Estado de México, elaboramos un cálculo de damnificados basados en los siguientes criterios. Solo un registro menciona un dato específico de personas damnificadas, en otros nueve se mencionan con la denominación genérica de “varios”. Para estos nueve casos, utilizamos los registros de daños en viviendas como indicadores de personas afectadas en diferente grado.

Para la categoría "varios", se consideró el rango bajo de viviendas afectadas, de 1 a 30, y se consideró la media de ese rango, es decir 15 unidades (vivienda-familia) que se multiplicaron por 5 (composición media de miembros de una familia) para arrojar la cifra de 75 personas que le da el valor a los registros con esa categoría.

La suma de los nueve registros con datos de viviendas afectadas, ya sean absolutos o con la estimación de “varios” y con número de damnificados, nos arrojó un total de 2 720 personas en total, que representa 302 damnificados por tornado (división entre los nueve registros). Si multiplicamos este dato con el promedio anual de tornados mexiquenses (1.07), la relación resultante es de 323 damnificados por tornado.

Bibliografía

Aguirre, Benigno. 1994. “Population and Detection of Weak Tornadoes”. En: International Journal of Mass Emergencies and Disasters. Vol.12, No. 3, pp. 261-278.

Ashley, Walker S., Andrew J. Krmenec, y Rick Schwantes. 2008. “Vulnerability due to Nocturnal Tornadoes”. En: Rev. Weather and Forecasting. American Meteorological Society. Vol. 23, pp. 795-807.

Avendaño, Asunción. 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 de 2007, 11pp.(www.udefa.edu.ve/Seminario_CIR/Seminario_II/.../avendano.pdf)

Avendaño, Ma. Asunción. 2008. “¿Cuántos tornados pasan desapercibidos en México? El caso del tornado de Huatlatlahuaca, Puebla”. En Trópico 2008. Programa científico resúmenes, Palacio de convenciones de La Habana, Cuba. 16-20 de junio de 2008, p-72.

Avendaño, Ma. Asunción. 2011. “La importancia del conocimiento de los tornados en México”. En: Marina Herrera. La importancia de la hidrometeorología en el entorno económico-social. Comisión Estatal de Aguas, Querétaro. México. pp 63-80.

Brenner, S. A. y Erick Noji. 1993. “Risk factors for death or injury in tornadoes: an epidemiological approach. En: The tornado, its structure, dynamics, prediction and hazards. Washington, D.C. American Geophysical Union. Geopgysical Monograph No. 79. Pp. 543-567.

Brooks, Harold y Charles A. Doswell III. 2000. "Some aspects of the international climatology of tornadoes by damage classification". Sometido: Atmospheric Research. En: www.nssl.noaa.gov/~brooks/internationaltorndadoclimatology (Acceso: junio de 2002)

Brooks, Harold; Charles Doswell y Michael P. Kay, 2003 "Climatological Estimates of Local Daily Tornado Probability for the United States". Weather and Forecasting . Vol. 18. American Meteorological Society. Agosto. 2003, pp. 626-640.

Brown, Sheryll, Pam Archer, Elizabeth Kruger, y Sue Mallonee. 2002. "Tornado-Related Deaths and Injuries in Oklahoma due to the 3 May 1999 Tornadoes". En: Weather an Forecasting. American Meteorological Society. Vol. 17, pp. 343-353.

CENAPRED, 2009. "Impacto socioeconómico del tornado registrado el 24 de abril de 2007 en el Municipio de Piedras Negras, Coahuila". En: Características e impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en la República Mexicana en el año 2007. México. Centro Nacional de Prevención de Desastres-Secretaría de Gobernación. Pp. 533-568.

Concannon, Peggy R., Harold E. Brooks and Charles A. Doswell III. 2000. "Climatological Risk of Strong and Violent Tornadoes in the United States". En: Second Conference on Environmental Applications. American Meteorological Society. Long Beach, California. 8-12 January 2000. Paper 9.4.
http://www.nssl.noaa.gov/users/brooks/public_html/concannon/ (Acceso marzo de 2011)

Coleman, Timothy; Kevin R. Knupp, James Spann, J. B. Elliott, y Brian E. Peters. 2011. "The history (and future) of tornado warning dissemination in the United States". En: Bulletin of American Meteorological Association. American Meteorological Society. Mayo, pp. 567-582.

Cruz, López Moisés. 2011. "Comparación del ciclo agrícola actual con el de hace unos diez años en San Juan Jalpa Municipio San Felipe del Progreso Estado de México: evidencia de adaptación al cambio climático". En: Ra Ximhai. México. Universidad Autónoma Indígena de México. Vol. 7. Número 1, enero - abril. Pp. 95-106.

Daley W. Randolph, Sheryll Brown, Pam Archer, Elizabeth Kruger, Fred Jordan, Dahna Batts, and Sue Mallonee. 2005. “Risk of Tornado-related Death and Injury in Oklahoma, May 3, 1999”. In: American Journal of Epidemiology. Johns Hopkins Bloomberg School of Public Health. 161:1144–1150

Davies-Jones Robert, Jeffrey Trapp y Howard Bluestein. 2001. “Tornadoes and Tornadic Storms” En: Charles Doswell. (Editor) Severe Convective Storms. Meteorological Monographs. Cap 5. Vol. 28. No. 50, pp 167-222.

Doswell, Charles. 2011. What is a Tornado? http://www.flame.org/~cdoswell/Tornado_essay.html (Acceso: junio de 2011)

El Universal. 2008 “Ventarrón se llevó luz y 1500 mdp en pérdidas”. Sección El Gráfico. México. 25 de enero de 2008. http://www.eluniversal.com.mx/grafico/74448.html (Acceso el 25 de enero de 2008).

Escobar, Antonio. 2004. Desastres agrícolas en México. Catálogo histórico. Tomo II. Siglo XX (1822-1900). México. Fondo de Cultura Económica/ CIESAS. 280 pp.

García, Virginia; Juan M. Pérez-Zevallos y América Molina. 2003. Desastres agrícolas en México. Catálogo histórico. Tomo I. Épocas prehispánica y colonial (958-1822). México. Fondo de Cultura Económica/ CIESAS. 506 pp.

GEM, 2001. Atlas Municipal de riesgos. San Felipe del Progreso. Cabecera Municipal. México. Gobierno del Estado de México/ H. Ayuntamiento de San Felipe del Progreso. 83 pp.

GEM, 2008. Atlas Municipal de riesgos. Almoloya de Juárez. México. Gobierno del Estado de México/ H. Ayuntamiento de Almoloya de Juárez. 228 pp.

González, Tenorio Silvia. 2013. “Incluyen tornados en el Atlas de Riesgo de Toluca”. El Sol de Toluca. México. OEM. 27 de enero. http://www.oem.com.mx/oem/notas/n2858385.htm
(Acceso 2 de febrero de 2013)

Glickman, T. S. 2000. Glossary of Meteorology. American Meteorological Society. 2 ed.

Grazulis, Thomas. 1991. Significant Tornadoes: 1880-1982. Saint Johnsbury Vermont. Environmental Films.

Huschke, R. E. 1959. Glossary of Meteorology. American Meteorological Society.

Macías, Jesús M. 2001. Descubriendo tornados en México. El caso del tornado de Tzintzuntzan, CIESAS, México.

Macías, Jesús M. y Georgina Calderón. 1994. Desastre en Guadalajara. Notas Preliminares y Testimonios. CIESAS. México.

Macías, Jesús M., Asunción Avendaño, Marisol Barrios, Magdalena Hernández y Rubén Galicia. 2007. El tornado de Piedras Negras del 24 de abril de 2007. Reporte de Investigación. México. CIESAS. En: http://www.buap.edu.mx/piztsaya/

Macías, Jesús M., Asunción Avendaño y María del Rayo Campos. 2012 Tornados en México. El Tornado de Piedras Negras de 2007. CIESAS. (En proceso)

Macías, Jesús M., Asunción Avendaño y María del Rayo Campos. 2012a. "El significado social del evento". En: El tornado del Zócalo de la Ciudad de México. La ocurrencia del evento tornádico del 1 de junio de 2012 en la Ciudad de México y Área Metropolitana. Jesús M. Macías (Coordinador) México. CIESAS/CIATTS (En proceso)

National Geographic Society. 1998. Mapa de Peligros Naturales de América del Norte. México. Editorial Televisa. S. A.

Niino, Hiroshi, Tocunosuke Fujitani, Nobuyuki Watanabe. 1997. "A Statistical Study of Tornadoes and Waterspouts in Japan from 1961 to 1993". En: Journal of Climate. American Meteorological Society. Julio. Vol. 10, pp. 1730-1752.

NWS, 2007. National Weather Service Instruction 10-1605. Storm Data Preparation. Department of Commerce/National Oceanic & Atmospheric Administration/ National Weather Service. En: http://www.nws.noaa.gov/directives/ (Acceso: noviembre de 2008).

Simmons, K. M., and D. Sutter, 2005. "WSR-88D radar, tornado warnings, and tornado casualties". En: Rev. Weather and Forecasting. Vol. 20, pp. 301–310.

Simmons, K. M., and D. Sutter. 2008: "Tornado warnings, lead times and tornado casualties: An empirical investigation". En: Rev. Weather and Forecasting. Vol. 23, pp. 246–258.

SPC. 2010. SPC Tornado, Hail, and Wind Database Format Specification (for .csv output). Storm Prediction Center. En: http://www.spc.noaa.gov/wcm/#data (Acceso: junio de 2010)

USDC, 2003. A Guide to F-Scale Damage Assessment. U.S. Department of Commerce /National Oceanic and Atmospheric Administration/ National Weather Service. 101 pp.

Vargas, Ordoñez Donaciano. 1998. Monografía del municipio de Xalatlaco. Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México. Estado de México.
http://www.e-local.gob.mx/work/templates/enciclo/EMM15mexico/municipios/15043a.html
(Acceso 8 de febrero de 2013)

Anexo 1 Estructura de la Base de Datos de Tornados México

Anexo 1. Estructura de la Base de Datos de Tornados México

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Tornado, número	Año	Mes	Dia	Fecha	Hora local	Estado	Municipio	Localidad	Latitud de inicio	Longitud de inicio	Latitud término	Longitud término
				dd/mm/aaaa	hh/mm/ss				en grados decimales	en grados decimales	en grados decimales	en grados decimales
1	2000	3	7	07/03/2000		Sonora	San Luis Rio Colorado	San Luis Rio Colorado* Buscar				
2	2000	4	10	10/04/2000	Tarde	Oaxaca	Tehuantepec	Nativitas Coatlán, Guigovelaga y Lachinguiri				
3	2000	5	8	08/05/2000		Veracruz	Omelca	Ampliación Balsa Larga e Hidalgo				

14	15	16	17	18	19	20	21
Trayecto del tornado							
Largo en m/Km	Ancho en metros	Dirección	Duración	Velocidad del viento instrumental	Escala F	Condición sinóptica	Condición Mesoescala
						Frente frio N° 43, descenso brusco de temperatura.	
"Tres comunidades"			10 min				
Franja de 10 km							

Anexo 1. Estructura de la Base de Datos de Tornados México

22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
				Edificaciones residenciales			Edificaciones no residenciales				
Lesionados	Muertes	Cultivos en especie	Cultivos en dinero	Destrucción	Daño severo	Daño parcial	Destrucción	Daño severo	Daño parcial	Otros daños	Otros rasgos
				Completa			Completa				
						Destruyó los techos de unas 100 viviendas.				Arrancó decenas de árboles	
Un menor de edad						Arrancó ladrillos de una casa					

34	34.1	35	36	37
Fuente	Fecha fuente	Otras referencias	Número en el mapa	Observaciones
El Universal	07/03/2000			
Descubriendo Tornados en México	2001			La mayoría de las viviendas son de láminas de cartón
El Informador	08/05/2000	"Sólo zumbaba el viento y a su paso arrancó todo, grandes árboles de mango y casas"		Casi una decena de señoras recibieron atención médica por crisis nerviosas