



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS

La prevención y la climatología de tornados en el Estado de
Chiapas durante el periodo de 1957 – 2017

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADO EN GEOGRAFÍA

P R E S E N T A:

Joshua André Ríos Maya

Directora de tesis:

Dra. María Asunción Avendaño García



Ciudad de México, Ciudad Universitaria, octubre 2022.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Dedicatoria

A mis abuelos. Teresa y Jorge.

Gracias por darme cobijo en su casa todos estos años desde la preparatoria, por todo lo que han hecho por mí, por su amor y el apoyo incondicional que me han brindado hasta el día de hoy, por las ricas comidas de mi abuela que me dan fuerza todos los días y a mi abuelo por estar siempre pendiente de mí y lo que me hace falta. Gracias por cuidarme cuando me enfermo, por escucharme siempre y por todos consejos que me han dado.

A mis tíos. Tere, Ray, Jorge y Mara.

Gracias por todo el amor, apoyo, herramientas y conocimientos que cada uno de ustedes me ha brindado a su propia manera durante todos estos años. He aprendido muchas cosas de ustedes, no solamente como mis tíos y mi familia, también como lo profesionales y expertos que son con sus trabajos y proyectos, son una inspiración para mí como persona y como geógrafo.

A mis padres. Ana y Alejandro.

A ustedes les debo la vida misma, gracias por el amor y apoyo incondicional que me han dado en todo desde siempre, por infundir en mí los valores más sinceros y las enseñanzas más importantes, gracias por guiarme siempre, por sus consejos y consuelos cuando más los necesito. Sobre todo, gracias por apoyarme en mi decisión de vivir lejos para poder estudiar algo que me gusta y cumplir una meta más en mi vida.

A mi novia. Abigail.

Gracias por ser un pilar en mi vida, por tu apoyo en todos los momentos que lo he necesitado y por tu amor infinito. Gracias por siempre motivarme a seguir adelante, por tus palabras de amor y comprensión y por escucharme cuando no sabía cómo continuar. Eres mi mayor inspiración y un gran ejemplo para mí, gracias por todo, amor mío.

A mi asesora. Dra. Asunción Avendaño.

Gracias por confiar en mí para esta investigación, por el tiempo, interés y apoyo durante el desarrollo de mi tesis y mi servicio social. Gracias a usted y sus grandiosas clases por inspirarme a estudiar y comprender mejor los tornados y la geografía, admiro el empeño y dedicación que le dedica a su trabajo y le agradezco por su enorme paciencia para guiarme y cumplir esta meta de mi vida.

A mis amigos de la universidad. Especialmente a Carlos, Mauricio, Arturo, Elisa, Ulises.

Gracias por todos los momentos que compartimos juntos, por su apoyo en las clases, proyectos y prácticas de campo. Mi estancia en la universidad no habría sido la misma sin ustedes, y sepan que siempre podrán contar conmigo como su amigo y como su colega.

Una página no es suficiente para agradecerles con palabras a cada uno de ustedes, por eso les dedico esta tesis y los logros que he conseguido durante mis estudios. Los amo a todos.

INDICE

INTRODUCCIÓN.....	2
CAPÍTULO 1: MITIGACIÓN – PREVENCIÓN, UNA FASE DEL DESASTRE Y CLIMATOLOGÍA DE TORNADOS.....	5
1.1 Mitigación – Prevención, una fase del desastre	5
1.1.1 El desastre.....	5
1.1.2 Fases del desastre.....	8
1.1.3 Mitigación – Prevención de desastres.....	9
1.1.3.1 Planificación	16
1.2 Climatología de tornados.....	19
1.2.1 Clima	19
1.2.2 Diferencias entre tiempo y clima	20
1.2.3 Definición de climatología	20
1.2.4 Tornados	22
1.2.4.1 Definición.....	23
1.2.4.2 Características meteorológicas en la formación de tornados	25
1.2.4.3 Tornados mesociclónicos-supercelda y no mesociclónicos- no-supercelda.....	25
1.2.4.4 Escalas de estimación de tornados.....	26
1.2.5 Climatología de tornados	31
CAPÍTULO 2: TORNADOS EN CHIAPAS.....	39
2.1 Estudios de Tornados en México	39
2.1.1 Climatología de tornados en México	43
2.2 Ubicación y descripción geográfica de Chiapas	48
2.3 Características climatológicas de Chiapas	56
2.4 Antecedentes de estudios de tornados en Chiapas	60
2.4.1 Desastres por tornados en Chiapas.....	63
CAPÍTULO 3: CLIMATOLOGÍA DE TORNADOS EN CHIAPAS Y LA PREVENCIÓN ..	68
3.1 El estudio de la Climatología de tornados en Chiapas.....	68
3.1.1 Metodología.....	68
3.1.2 Tornados por año	75
3.1.3 Tornados por meses	78
3.1.4 Tornados por hora del día y día de la semana	80
3.1.5 Tornados, daños y lesionados	82
3.2 Prevención	85
3.2.1 Protección Civil.....	85
3.4 Un acercamiento a la prevención de desastres por tornados en Chiapas.....	90
CONCLUSIONES.....	94
BIBLIOGRAFÍA	98
ANEXO A	104
ANEXO B	105

Introducción

Mi primer acercamiento a los tornados fue en un seminario de Geografía Física impartido en la carrera de Geografía por la Maestra María Asunción Avendaño García, éste estaba centrado en los tornados y el cambio climático. En primera instancia me llamaron muchísimo la atención los tornados como fenómenos naturales, sus características y la forma en que se desarrollan, pero después noté que en realidad nunca había escuchado de la ocurrencia de un tornado en México sino hasta que tomé este seminario.

La ocurrencia de tornados en México era algo desconocido hasta hace algunos años, en ocasiones hasta se negaba su existencia en el territorio del país, sin embargo, el conocimiento de los tornados en México se ha ido construyendo poco a poco gracias al esfuerzo conjunto de distintas instituciones e investigadores. Así fue como decidí acercarme más al estudio de tornados y realicé mi servicio social en el Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social (CIESAS) en el *Programa de Investigación de Tornados y Tormentas Severas en México* coordinado por el Dr. Jesús Manuel Macías Medrano y a partir del cual surgió la idea de realizar mi tesis sobre este tema.

Esta tesis tiene como objetivo resaltar la importancia de la investigación de tornados a través de la recopilación de datos sobre su ocurrencia en el estado de Chiapas en el periodo de 1957 al 2017 para su posterior análisis y conocer su relación con la prevención de desastres por estos fenómenos en el estado de Chiapas.

Este estudio se divide en tres capítulos para su desarrollo, el primero de ellos llamado *Mitigación – Prevención, una fase del desastre y Climatología de Tornados*, abarca los puntos base de la investigación, en él se explican los conceptos principales de la prevención de desastres, las fases mismas del desastre así como diferentes concepciones que se tienen de éste; también se da una breve explicación de la climatología, el clima y se desarrolla el tema de los tornados, las definiciones que se tienen de éstos, así como sus características de formación, su clasificación y las escalas de medición de intensidad que se usan, finalizando con el tema de la

climatología de tornados, tomando algunos ejemplos de distintos artículos e investigaciones para entender mejor el tema.

El segundo capítulo, *Tornados en Chiapas*, se centra en los antecedentes de estudios sobre tornados que se han realizado en nuestro país, mencionando las dificultades que se tenían hace algunos años para estudiar estos fenómenos y habla sobre algunos trabajos de investigación por parte de los investigadores Jesús Manuel Macías y María Asunción Avendaño García, quienes han ido dando las bases para el conocimiento de tornados a través de distintos casos de estudio. Uno de los temas centrales de este capítulo, y más importantes de la tesis, es el del artículo de *Climatología de tornados en México* (Macías y Avendaño, 2014) el cuál se tomó como base para el desarrollo de esta investigación, se hace un pequeño análisis de su contenido y de la importancia que tiene en el conocimiento de tornados. Por último, se mencionan también los diferentes estudios de tornados que se han realizado en Chiapas, específicamente los de San Cristóbal de las Casas, así como los diferentes desastres que se han presentado a causa de estos fenómenos naturales. Al final de este capítulo se realiza una breve pero importante descripción del estado de Chiapas y sus características geográficas y climatológicas principales.

Por último, pero no menos importante, se desarrolla el tercer capítulo, *Climatología de Tornados en Chiapas y la Prevención* en el cual se centra la mayor parte de investigación y recolección de datos. En este capítulo se realiza una explicación de los datos obtenidos de la investigación documental en artículos de investigación, libros, bases de datos del CIESAS, entre otros y una investigación hemerográfica realizada en diversos periódicos nacionales y locales, así como en páginas digitales oficiales de periódicos. Se hace un análisis de los datos y se habla sobre la importancia de la prevención y su desarrollo frente a estos fenómenos naturales.

El estudio cuenta con un total de 86 registros de tornados para el periodo de 1957 a 2017, en 29 de los 118 municipios del estado de Chiapas, analizando las fechas de ocurrencia, tanto por años como por meses, la hora del día en que ocurrieron, comparando con los daños materiales y humanos ocasionados. Así como un

acercamiento a la prevención de desastres por parte de Protección Civil de San Cristóbal de las Casas y su relación con los tornados.

Es importante resaltar que, aunque esta investigación presenta diversos datos en cuanto a la ocurrencia de tornados en el estado de Chiapas, los resultados obtenidos son un acercamiento aproximado a lo que puede ser la realidad, ya que este tipo de investigación necesita de una búsqueda de datos más minuciosa.

Sin embargo, este trabajo de tesis busca contribuir y ampliar el conocimiento de los tornados y los diferentes estudios que se pueden realizar, a partir de una explicación sobre su formación y clasificación, además de contribuir al mejor entendimiento de los desastres y la prevención junto con los conceptos relacionados con estos. Además, servirá como apoyo para futuros investigadores, alumnos, colegas de otras instituciones y disciplinas y demás interesados en el tema sobre la ocurrencia de tornados en México, y específicamente en el estado de Chiapas, no sólo sobre la ocurrencia de estos fenómenos naturales sino también de la importancia que tiene su estudio para la prevención de desastres.

Se espera que los diversos puntos de esta investigación, como la recopilación de datos y registros de la ocurrencia de tornados, así como del análisis estadístico de estos en cuanto a temporalidad y lugar donde se presentan, los daños provocados y el acercamiento a la prevención por parte de las autoridades de Protección Civil del Estado de Chiapas sirvan como apoyo, guía o base para las distintas investigaciones con las que pueda relacionarse.

CAPÍTULO 1: MITIGACIÓN – PREVENCIÓN, UNA FASE DEL DESASTRE Y CLIMATOLOGÍA DE TORNADOS

1.1 Mitigación – Prevención, una fase del desastre

La prevención de desastres es un tema muy importante en la sociedad desde tiempos muy remotos, ya que, a partir de ella se pueden evitar o disminuir los daños causados por fenómenos naturales o humanos. Sin embargo, hoy en día aún hay un fuerte debate sobre si los desastres no son “naturales” o bien, tienen una fuerte implicación de las actividades y relaciones humanas.

Es por eso que en éste primer apartado se explicarán los diferentes conceptos relacionados a los desastres y la mitigación – prevención.

1.1.1 El desastre

Los desastres se han presentado a lo largo de la vida humana y se les ha dado una connotación y significados distintos dependiendo de las características sociales de cada época. Algunas civilizaciones antiguas asociaban los desastres a entes sobrenaturales, principalmente a los dioses de sus culturas, como un “castigo” de la naturaleza, algo que en algunas culturas se mantiene hasta hoy en día; otras definiciones de desastre lo asocian a lo “natural”, donde se dice que el desastre es producido por las fuerzas naturales que actúan contra el ser humano, es decir los fenómenos naturales que ocurren en tierra son responsables de los daños del desastre. (Macías, 1993)

Otras definiciones se refieren a las consecuencias de los fenómenos naturales en la sociedad y a la capacidad de ésta de recuperarse de forma oportuna. La Oficina Nacional de Atención de Emergencias (ONAE) de la Presidencia de la República de Colombia define desastre como un

“evento identificable en tiempo y espacio, en el cual una comunidad ve afectado su funcionamiento normal con pérdidas de vidas y daños de magnitud en sus propiedades y servicios, que impiden el cumplimiento de las actividades esenciales y normales de la sociedad” (ONAE, 1987:25-26).

La Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres de las Naciones Unidas (UNISDR, por sus siglas en inglés), define al desastre como:

“una seria interrupción en el funcionamiento de una comunidad o sociedad que ocasiona una gran cantidad de muertes al igual que pérdidas e impactos materiales, económicos y ambientales que exceden la capacidad de la comunidad o la sociedad afectada para hacer frente a la situación mediante el uso de sus propios recursos” (UNISDR, 2009: 13-14).

Estas dos definiciones, tanto de la ONAE como de la UNISDR, me parecen importantes ya que mencionan dos cosas en común, la primera es la pérdida de vidas humanas y la segunda la pérdida y daños en cosas materiales, donde ambas situaciones impiden el normal funcionamiento de las actividades sociales. Otro punto a destacar es que ninguna dice que el desastre sea provocado por un fenómeno natural, sino que dejan abierta la posibilidad del desastre ocasionado por cualquier evento de cualquier índole.

Para Piers Blaikie y otros:

“un desastre ocurre cuando un considerable número de personas experimenta una catástrofe y sufre daño serio y/o perturbación de su sistema de subsistencia, de tal manera que la recuperación es improbable sin ayuda externa” (Blaikie y otros 1996: 27).

Esta definición de Blaikie hace mención también de que la recuperación de las personas afectadas necesita de la ayuda de alguna entidad externa a ellos, lo cual se puede interpretar como la ayuda que se recibe por parte de instituciones gubernamentales, ayuda de brigadistas y voluntarios, así como ayuda internacional.

Por otro lado, para Gustavo Wilches-Chaux:

“el desastre se presenta cuando por múltiples razones, la comunidad es incapaz de transformar sus estructuras, adecuar sus ritmos y redefinir la dirección de sus procesos como respuesta ágil, flexible y oportuna a los cambios del medio ambiente; cuando los diseños sociales (los qué y los cómo de una comunidad) no responden adecuadamente a la realidad del momento que les exige una respuesta” (Wilches-Chaux, 1993: 16).

Así mismo, Wilches-Chaux, junto con otros autores, han aportado una fórmula para explicar al desastre:

$$\text{Desastre} = \text{Riesgo} \times \text{Vulnerabilidad}$$

En la cual, para Wilches-Chaux el desastre

“es el producto de la convergencia, en un momento y lugar determinados, de dos factores, riesgo y vulnerabilidad. Por riesgo se entiende cualquier fenómeno de origen natural o humano que signifique un cambio en el medio ambiente que ocupa una comunidad determinada, que sea vulnerable a ese fenómeno. Y por vulnerabilidad se va a denotar la incapacidad de una comunidad para ‘absorber’, mediante el autoajuste, los efectos de un determinado cambio en el medio ambiente, o sea su inflexibilidad o incapacidad para adaptarse a ese cambio, que para la comunidad constituye un riesgo. La vulnerabilidad determina la intensidad de los daños que produzca la ocurrencia efectiva del riesgo sobre la comunidad. Como amenaza (para una comunidad) vamos a considerar la probabilidad de que ocurra un riesgo frente al cual esa comunidad particular es vulnerable” (Wilches-Chaux, 1993: 16-17).

De esta manera se entiende que un fenómeno natural o de origen humano sólo será considerado como riesgo cuando su ocurrencia se dé en un espacio donde se encuentre una comunidad que sea vulnerable a dicho fenómeno.

Algo que considero importante en las definiciones de Blaikie y Wilches-Chaux es que mencionan dos acciones relacionadas a las fases del desastre, por un lado, Blaikie habla de la recuperación, momento que ocurre después de un desastre, mientras que Wilches-Chaux habla de una respuesta, es decir, el momento en que se presenta una emergencia.

Para entender mejor las *fases del desastre*, se explicarán a continuación.

1.1.2 Fases del desastre

Con lo mencionado anteriormente se puede entender que los desastres se producen por factores naturales, como son los fenómenos meteorológicos, geológicos, etc., pero también pueden tener factores de origen humano, es decir la ubicación de una ciudad o comunidad, las características socioeconómicas de la sociedad, la infraestructura, entre otras.

De esta manera, diferentes autores e investigadores han aportado ideas sobre que el desastre es un proceso social en el que aspectos como la economía, tecnología, infraestructura, educación, entre otros, son importantes a la hora de presentarse un fenómeno natural o humano en una sociedad.

De acuerdo con Jesús Manuel Macías:

“El desastre, visto como un proceso social, tiene dos aspectos medulares; el primero hace referencia a que la naturaleza de ese proceso está determinada por las condiciones sociales, aunque se encuentre involucrado un fenómeno natural. El otro aspecto, es el concerniente a la definición de proceso como una sucesión (cambio, transformación) de fenómenos. Esto quiere decir que el desastre no es un evento sino una sucesión de fenómenos en fases, una de las cuales corresponde a la del impacto de un fenómeno destructor, y otras fases corresponden a otros momentos que son previos y posteriores al impacto que suele tomar como referencia pero que no necesariamente es la referencia más adecuada.” (Macías, 2009: 50).

Estas fases del desastre a las que se refiere Macías, son definidas por David McLoughlin (1985), como ‘componentes’ del manejo del desastre en apego a la adopción formal del gobierno norteamericano (NGA, 1979):

- **Mitigación:** Las actividades relacionadas con la reducción del grado de riesgo a largo plazo para la vida humana y las propiedades respecto a amenazas naturales y hechas por el hombre, por ejemplo, códigos de construcción, seguros contra desastres, manejo y regulación del uso del suelo, cartografía del riesgo, códigos de seguridad e incentivo o desincentivos de impuestos.

- **Preparativos:** Son las actividades que desarrollan capacidades operativas para responder a una emergencia, por ejemplo, planes operativos de emergencia, sistemas de alerta, centros de operaciones de emergencias, comunicaciones de emergencia, información al público, acuerdo de ayuda mutua, planes de administración de recursos, capacitación y ejercicios.
- **Respuesta:** Son actividades que se realizan inmediatamente antes, durante o inmediatamente después de una emergencia para salvar vidas, minimizar el daño a la población o mejorar la recuperación. Por ejemplo, la activación de planes de emergencia, activación de sistemas de emergencia, capacitación de emergencia para el público, asistencia médica de emergencia, conducción de centro de operaciones, cuidados y recepción, albergues, evacuación, así como búsqueda y rescate.
- **Recuperación:** Esta fase comprende a las actividades de corto plazo que se realizan para restaurar, al nivel mínimo necesario de estándares de operación, los sistemas vitales de apoyo y también son actividades de largo plazo para retornar a la vida normal. Ejemplos: limpieza de escombros, control de contaminación, ayuda para desempleados por desastres, vivienda temporal, reconstrucción, reubicación y facilidades de restauración.

Uno de los temas de esta tesis se encuentra en la fase de *Mitigación* ya que la investigación realizada se utilizará para dar a conocer la temporalidad y los lugares donde se presentan más tornados en Chiapas durante el año, así como una cartografía relacionada a estos fenómenos, lo cual podrá ser utilizado para futuros planes de prevención, de desarrollo o lo que sea necesario.

1.1.3 Mitigación – Prevención de desastres

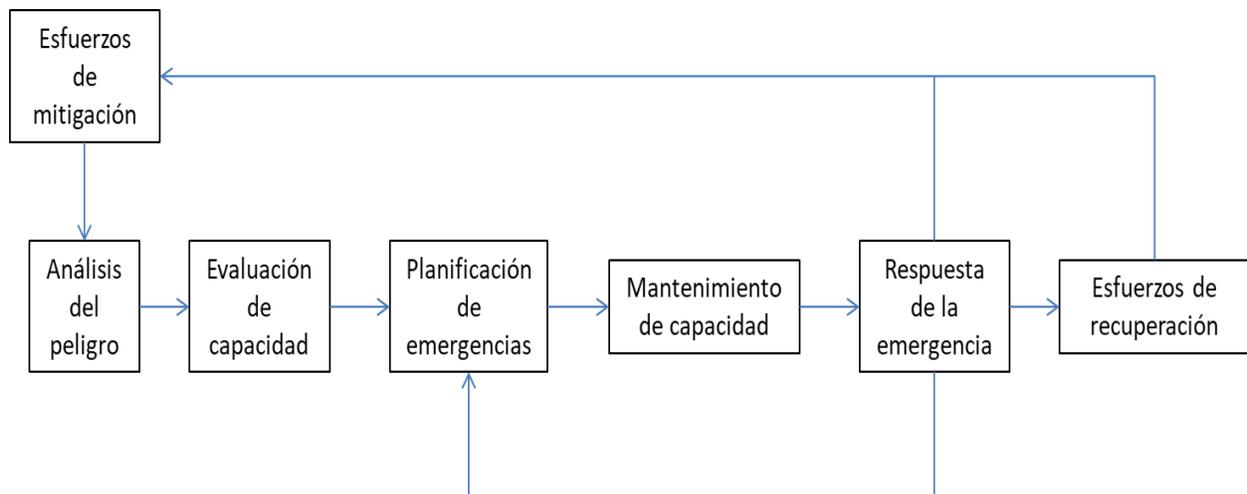
Es importante entender que el primer paso para reducir desastres es la *mitigación* y *prevención* de estos, sin embargo, es una tarea más difícil de lo que parece. Por un lado, los fenómenos naturales son tan antiguos como la Tierra misma, impedir que estos sucedan es imposible. Sin embargo, lo que sí se puede hacer es prevenir y/o mitigar sus efectos para evitar que se conviertan en desastre, mientras que, con los fenómenos antropogénicos se tienen más opciones para impedir que sucedan, ya que de alguna forma, se pueden conocer desde un inicio.

McLoughlin también menciona que:

“la mitigación no solo debe estar dirigida hacia el siguiente desastre, sino a todos los futuros desastres. No se trata solo de responder a un desastre pasado, sino en la búsqueda activa de maneras para prevenir o reducir impactos de los que siguen.”
(McLoughlin, 1985: 171).

Y en este sentido McLoughlin tiene mucha razón, la *mitigación* y la *prevención* deben ir dirigidas a cada posible desastre que se pueda presentar, en cualquier ámbito y en cualquier dirección, no sólo en el momento en que se va a presentar algún fenómeno que sea potencialmente desastroso.

Para entender mejor la *mitigación* me guiaré en el siguiente esquema de McLoughlin que habla de los esfuerzos de mitigación:



Esquema 1.1: *Esfuerzos de mitigación* (McLoughlin, 1985).

Dónde:

Análisis del peligro: Está compuesto de dos partes, la primera involucra conocimiento de los tipos de peligros que pueden amenazar a la comunidad. Este conocimiento incluye la probabilidad de que el evento ocurra en diferentes niveles de intensidad y en diferentes ubicaciones a lo largo de la comunidad. La determinación de la probabilidad, intensidad y ubicación se pueden realizar sobre la base de evidencia histórica, investigación empírica y la percepción de la comunidad. La segunda parte del análisis del peligro es el conocimiento de la comunidad. Esto incluye el número de personas y el valor de las propiedades que pueden ser

afectadas, así como las comunicaciones, el transporte, suministro de alimentos u otros sistemas expuestos a ser interrumpidos.

Evaluación de capacidad: Cuando se haya completado el análisis de peligros, la comunidad puede evaluar sus capacidades actuales, es decir, los recursos disponibles para una emergencia real.

Planificación de emergencias: La realización de operaciones coordinadas durante emergencias es la ejecución de planes de operaciones de emergencia. La recompensa de los planes de operaciones de emergencia es que se salvan vidas y se preserva la propiedad. Este resultado se da gracias a los elementos que tienen misiones de emergencia haciendo "lo correcto en el momento adecuado", al tiempo que hacen un uso máximo y efectivo de los recursos y sus capacidades existentes. Los planes de emergencia también son valiosos para la capacitación y para familiarizar a los nuevos ejecutivos con sus deberes de emergencia.

Mantenimiento de capacidades: Una vez desarrollada, la capacidad de tomar medidas apropiadas y efectivas contra cualquier peligro debe mantenerse continuamente o disminuirá significativamente con el tiempo. Los planes deben ser actualizados, el equipamiento debe ser revisado y probado, el personal debe ser capacitado y los procedimientos y sistemas deben ser practicados.

Respuesta de la emergencia: Si bien el potencial de vidas perdidas y el daño a la propiedad están siempre disminuyendo a tener en cuenta, los desastres son realidades. Cuando los desastres ocurren, el gobierno debe responder. La experiencia muestra que los gobiernos preparados son mejores que los que no lo están. Si bien muchas acciones se modificarán según lo dicten las situaciones, la familiaridad con el concepto general de las operaciones obtenidas durante el proceso de planificación puede ser el truco para que las acciones de cada elemento operativo se junten en un todo sistema coordinado.

Esfuerzos de recuperación: Una vez que la emergencia ha sido estabilizada y las acciones inmediatas para salvar vidas y proteger las propiedades han sido completadas, la atención debe enfocarse en regresar las funciones de la comunidad y las áreas dañadas a condiciones preemergencia. El enfoque a corto plazo debería ser el retorno de los sistemas de soporte vital a los estándares operativos mínimos. Las actividades a largo plazo que pueden requerir varios años deben enfocarse en restaurar la vida comunitaria a la normalidad. Durante la recuperación, muchas oportunidades de planeación de la comunidad para reducir los impactos de futuras emergencias estarán constantemente disponibles.

Todo este proceso en conjunto son los *esfuerzos de mitigación*, y de la misma manera, McLoughlin explica que:

“la mitigación consiste en esfuerzos planificados y ordenados para prevenir los peligros que se pueden prevenir y disminuir el impacto de aquellos que no. Las actividades de mitigación pueden realizarse de tres maneras para prevenir o reducir los efectos de los peligros potenciales. Primero, pueden actuar en el peligro para eliminarlo o para reducir la frecuencia e intensidad de su ocurrencia. Segundo, se pueden cambiar las maneras en que un peligro interactúa con las personas y sus sistemas de soporte. Tercero, se pueden alterar los modos de vida de las personas y de los sistemas que crean.” (McLoughlin, 1985: 170)

Esto implica que la mitigación debe desarrollarse en los distintos niveles gubernamentales, local, estatal y federal, para asegurar la eficiencia de estos esfuerzos de mitigación.

Pero también es necesario que la mitigación se desarrolle en los distintos ámbitos sociales, así como los distintos niveles de organización social, desde un nivel individual/familiar, pasando por un nivel local y como sociedad, más allá de las instituciones y organizaciones gubernamentales. En este sentido, Andrew Maskrey dice que:

“la mitigación [...] no debería considerarse como un programa o proyecto específico con sus objetivos limitados al riesgo presentado por algunos elementos vulnerables a una amenaza dada en un tiempo determinado. Más bien debería definirse como un proceso de transformación de las condiciones de vida y las relaciones de producción (económicas, territoriales, ecológicas, sociales, culturales y políticas) que determinan tales condiciones.” (Maskrey, 1993: 117)

Sin embargo, al hablar de *mitigación - prevención de desastres*, otro de los términos más importantes que está asociado a ellos es la *vulnerabilidad*. Susan L. Cutter dice que la vulnerabilidad es:

“la probabilidad que un individuo o grupo esté adversamente expuesto a y adversamente afectado por un riesgo. Es la interacción de los riesgos de un lugar (riesgo y mitigación) con el perfil social de las comunidades”. (Cutter, 1993)

Los riesgos pueden presentarse de distintas formas, tales como los fenómenos naturales (sismos, huracanes, tornados, etc.) o como actividades humanas, como por ejemplo, el uso de energía nuclear.

En la mayoría de los estudios de desastres, se reconoce que la vulnerabilidad es un reflejo de las condiciones socioeconómicas de la población, pero los métodos de estudio son muy diversos. Uno de los más importantes es el de Blaikie *et. al* (1996) donde presentan dos modelos: *el de presión y liberación* en donde se incluyen tres niveles para explicar la progresión de la vulnerabilidad, estas son las causas de fondo (o causas subyacentes) que incluyen los procesos extensos dentro de una sociedad y a escala mundial, las cuales son una función de la estructura económica, definiciones legales de derechos, relaciones de género, etcétera, las cuales reflejan la distribución del poder en la sociedad.

Las presiones dinámicas son procesos y actividades que ‘traducen’ los efectos de las causas de fondo en condiciones inseguras; incluyen reducido acceso a los recursos como resultado de cómo las presiones regionales o globales se manifiestan en lo local, entre ellas se encuentran el crecimiento rápido de la población, enfermedades epidémicas, urbanización rápida, guerra, deuda externa y ajuste estructural, promoción de la exportación, minería, desarrollo hidro energético y deforestación. Por último, las condiciones inseguras son las formas específicas en las cuales la vulnerabilidad de una población se expresa en tiempo y espacio; entre las que consideran están las localizaciones peligrosas, edificios e infraestructura sin protección, subsistencias en riesgo, bajos niveles de ingresos, grupos especiales en riesgo, falta de instituciones locales, falta de preparación para el desastre. (Blaikie, 1996)

En el siguiente esquema, se presenta de manera más precisa el modelo de Blaikie *et. al*:

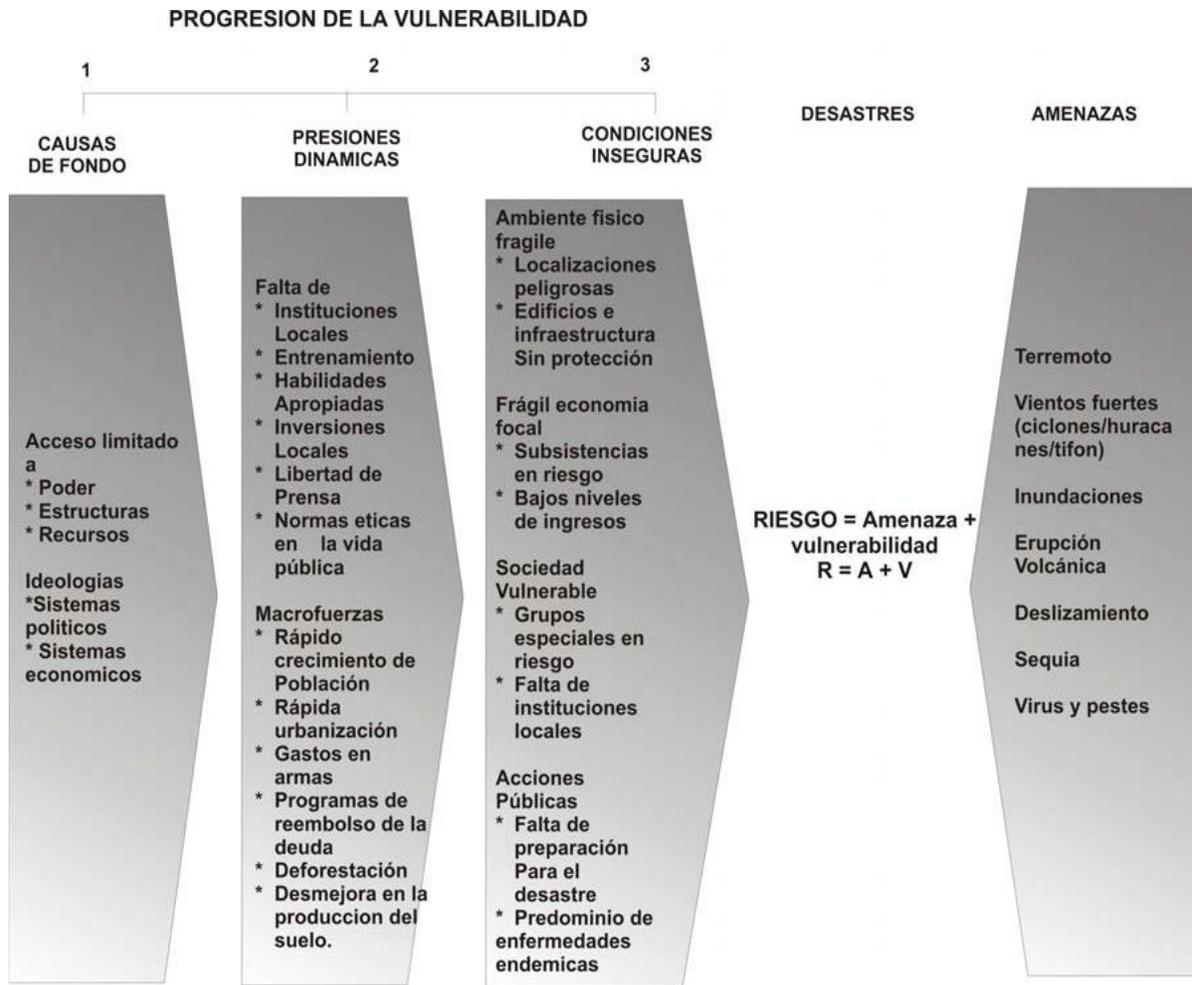


Fig. 1.1: "Presiones" que resultan en desastres: la evolución de vulnerabilidad. (Blaikie *et. al* 1996; 29).

Por otro lado, Maskrey y Romero (1993) dicen que la vulnerabilidad de las comunidades se da:

"1) Cuando la gente ha ido poblando terrenos que no son buenos para vivienda, por el tipo de suelo, por su ubicación inconveniente con respecto a avalanchas, deslizamientos, inundaciones, etc.

2) Cuando ha construido casas muy precarias, sin buenas bases o cimientos, de material inapropiado para la zona, que no tienen la resistencia adecuada, etc.

3) Cuando no existen condiciones económicas que permitan satisfacer las necesidades humanas (dentro de las cuales debe contemplarse la creación de un hábitat adecuado)". (Maskrey, Romero, 1993: 4)

Macías habla de la vulnerabilidad como una condición que se modifica en cuanto a otra condición de daño y que ésta vulnerabilidad es generada por diferentes relaciones sociales, desde las condiciones económicas como la pobreza, hasta la falta de conocimientos científicos o técnicos respecto a los peligros y de los medios de prevención y mitigación, es decir, la vulnerabilidad no sólo se crea a partir de la exposición de la sociedad ante un fenómeno, sino también a partir de las formas en que la sociedad se va desarrollando. (Ver Macías, 1992: 5-9)

Todos estos conceptos ayudan a entender que la mitigación es un proceso muy amplio, que al igual que el desastre, consta de fases para su desarrollo y que, si se consigue realizar de manera adecuada, la vulnerabilidad de la sociedad ante un desastre va a disminuir de manera muy importante.

Por tanto, la mejor manera de reducir la ocurrencia de desastres, es reducir la vulnerabilidad. Sin embargo, ¿cómo reducimos la vulnerabilidad de una sociedad? La respuesta está en la *prevención de desastres*, pero ¿qué es la prevención de desastres?

La Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres de las Naciones Unidas (UNISDR, por sus siglas en inglés), define a la prevención de desastres como

“el concepto y la intención de evitar por completo los posibles impactos adversos mediante diversas acciones que se toman con anticipación, es decir, la evasión absoluta de los impactos adversos de las amenazas.” (UNISDR, 2009: 25)

Sin embargo, al hablar de prevención se requiere tomar en cuenta las características físicas del lugar, los fenómenos naturales que se presentan y también las características socioeconómicas de la población, así como sus formas culturales e ideológicas, lo cual muchas veces presenta problemas al momento de tomar acciones preventivas contra los desastres.

De acuerdo con Macías (1993):

“las instituciones sociales correspondientes al aparato científico y la autoridad han tenido un papel preponderante al momento de la prevención; unas veces con deficiencias derivadas del alejamiento existente entre estas dos instituciones, otras

porque según el desarrollo socioeconómico de la sociedad particular, los avances científicos y tecnológicos son atrasados, o porque el tipo de autoridad está en contradicción con las exigencias y/o necesidades de la misma sociedad.

Pero también la prevención tiene mucho que ver con las diversas formas culturales e ideológicas de la sociedad, pues éstas pueden determinar ciertas concepciones de los riesgos que tienen enfrente". (Macías, 1993: 97)

De esta manera, se entiende que muchas de las sociedades antiguas, e incluso en algunas comunidades contemporáneas, tengan la idea de que los desastres que ocurren a su alrededor o en alguna parte del mundo se explican a través de la religión y de "actos divinos" como castigos a malas acciones y de igual manera, que las medidas adoptadas por las comunidades para mitigar un desastre estén siguiendo la misma lógica. (Macías, 1993: 97)

Pero también se presentan la capacidad y acciones que los distintos gobiernos implementan a través planes e instituciones como las de protección civil, que muchas veces están enfocadas solamente al momento de la emergencia, donde los fenómenos ya tienen una repercusión en la sociedad, en vez de medidas o acciones preventivas y sumado a esto, la mayoría de los planes tienen un enfoque militar, que va más allá del conocimiento de las necesidades de las comunidades.

Es por eso que la mitigación y la prevención juegan un papel muy importante, ya que, a partir de ellas, se podrán desarrollar planes y acciones que reduzcan, y en ocasiones eliminen, los efectos de los riesgos frente a la vulnerabilidad social.

1.1.3.1 Planificación

Como ya lo he mencionado anteriormente, uno de los elementos clave para la prevención de desastres es la *planificación*. Russell Dynes (1994), en su libro *La planificación de emergencias en comunidades: falsos supuestos y analogías inapropiadas* nos explica la idea de la planificación de emergencias desde dos puntos de vista diferentes. Por un lado, se encuentra el modelo dominante, o modelo "militar", donde los aspectos fundamentales de éste se pueden entender en términos de la triple "C": La primera "C" apunta hacia el supuesto de que una emergencia es

caracterizada por el *caos*, y las otras dos “C” sugieren que el caos puede ser eliminado sólo mediante el *comando* y el *control*. Es decir, durante el periodo de una emergencia se manifiesta un caos social, donde la conducta social es considerada irracional y es aquí donde instituciones de protección civil entran en acción a partir de planes con enfoques militares, y sólo cuando el comando y control son establecidos a través de estos planes, se considera que la sociedad regresa a la normalidad (Dynes, 1994).

Sin embargo, Russell explica que el modelo militar tiene las siguientes consecuencias:

- “1) Se asume el caos social y una dramática ruptura durante la emergencia.
 - 2) Se asume que la estructura social y los individuos tienen una capacidad muy limitada para enfrentarse con las emergencias.
 - 3) Se crean estructuras sociales artificiales para reemplazar esas capacidades limitadas.
 - 4) Se expresa una profunda desconfianza en los individuos y en las estructuras para tomar decisiones inteligentes durante las emergencias.
 - 5) Se deja la responsabilidad de una estructura vertical de autoridad para tomar decisiones correctas y comunicarlas mediante información oficial para asegurar la acción.
 - 6) Se crea un sistema cerrado con la intención de sobreponerse a la debilidad inherente de la sociedad civil para enfrentarse con emergencias importantes.
- “(Dynes, 1994:16).

El segundo modelo, denominado por Dynes (1994) como modelo de “resolución de problemas” plantea una planificación a partir de las fortalezas sociales para resolver problemas durante las emergencias. En este modelo, en lugar de *caos*, el énfasis debe estar dado en la *continuidad*; en lugar del *comando*, el énfasis debe estar dado en la *coordinación*. En lugar del *control*, el énfasis debe darse en la *cooperación*. Así, la *continuidad* se refiere a que la mejor predicción del comportamiento social frente a una emergencia se encuentra en el comportamiento antes de la emergencia, es

decir, en la medida que la gente se conduce a través de ciertas rutinas antes de la emergencia, esas rutinas deben ser utilizadas en la planificación. La *coordinación* debe estar dirigida hacia las técnicas, mecanismos e instalaciones que promueven la coordinación interorganizacional y la toma de decisiones comunes. Y por último, la cooperación se refiere al uso adecuado de los recursos materiales y humanos antes y durante las emergencias.

Si bien el modelo militar está enfocado a los planes y acciones durante una emergencia, el modelo de resolución de problemas se enfoca un poco más al antes de una emergencia, es de decir los preparativos en caso de emergencia. Gary Kreps (1990) señala que:

“el manejo de la emergencia necesita incluir tanto la improvisación como actividades de preparativos. [...] Los preparativos significan la organización de una respuesta previa a un evento, y la improvisación significa la organización de una respuesta durante el evento” (Kreps, 1990).

Es decir, la planeación de la prevención de los desastres debe ir enfocada al pre-impacto, impacto y post-impacto de éste y si bien, hay circunstancias en las que los planes no se pueden seguir al pie de la letra, es importante saber tomar decisiones y hasta improvisar en el momento más oportuno para evitar así el mayor número de pérdidas y/o daños.

Con estos conceptos se puede tener una mejor visión sobre lo que es la prevención de desastres, de los procesos que conlleva y que consiste en un conjunto de planes y de acciones políticas, económicas y sociales que se implementan en las sociedades con el fin de prevenir desastres y reducir los daños materiales y humanos.

1.2 Climatología de tornados

1.2.1 Clima

En México diversas instituciones e investigadores se encargan del estudio del clima y lo definen de las siguientes maneras:

La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) define al clima como:

“el producto de la constante y compleja interacción entre la atmósfera, los océanos, las capas de hielo y nieve, los continentes y, muy importante, la vida en el planeta (animales y plantas en los bosques y selvas, en océanos y en la atmósfera)” (SEMARNAT, 2011: 9).

Una definición más compleja, es la del Servicio Meteorológico Nacional Mexicano que define al clima como:

“El estado más frecuente de la atmósfera en un lugar determinado, comprende los extremos y todas las variaciones, analizados en un periodo largo de tiempo. Está determinado por elementos y factores”¹.

Los elementos se dividen en geodinámicos (temperatura, presión atmosférica, viento) y acuosos (humedad, nubosidad y precipitación) y los factores modificadores del clima que son relieve, latitud, altitud, corrientes marinas y distribución de tierras y mares.

La definición de clima del SMN me parece más adecuada, ya que habla de una temporalidad larga en la que la atmósfera se mantiene en un estado frecuente y que dependiendo de los diferentes elementos y/o factores mencionados, se determinará el clima que prevalezca en cada región del mundo.

¹ Glosario del Servicio Meteorológico Nacional (<http://smn.cna.gob.mx/es/smn/glosario>)

1.2.2 Diferencias entre tiempo y clima

En México y en algunos otros países de habla hispana, se confunden en ocasiones los términos de tiempo y clima. Juan Inzunza (2007) explica las diferencias de la siguiente manera:

“El tiempo se define como el estado de la atmósfera en un determinado momento. Se toman en cuenta la humedad, la temperatura, la presión, precipitación, vientos, etc. en un determinado lugar y momento. El comportamiento del tiempo atmosférico cambia con el paso de las horas y los días, pero tienden a repetirse tipos de tiempo atmosférico similares en ciclos anuales y en las mismas fechas aproximadamente. A esa repetición anual de tipos de tiempo es a lo que llamamos clima. El clima es, pues, la sucesión de tipos de tiempo que tienden a repetirse con regularidad en ciclos anuales” (Inzunza, 2007: 37).

Me parece importante la definición de Inzunza, ya que en algunas ocasiones aún se tiene confusión en cuanto a usar los términos de *clima* y *tiempo*. De la misma manera, tiene semejanza a la definición del SMN y de nuevo hace hincapié en la temporalidad que se necesita para establecer el clima y por tanto la climatología.

1.2.3 Definición de climatología

El Servicio Meteorológico Nacional Mexicano define a la climatología de dos maneras, la primera la define como:

“La rama de las Ciencias de la Tierra que se ocupa del estudio del clima y sus variaciones a lo largo del tiempo cronológico. Aunque utiliza los mismos parámetros que la meteorología (ciencia que estudia el tiempo atmosférico), su objetivo es distinto, ya que no pretende hacer previsiones inmediatas, sino estudiar las características climáticas a largo plazo.”

Y la segunda:

“la ciencia que estudia los climas (causas, variaciones, distribuciones, tipos, etc.). Para poder establecer climas de un lugar determinado se necesitan registros de por lo menos 30 años de ese lugar específicamente”².

Considero que estas dos definiciones toman en cuenta puntos muy importantes; la primera hace la diferenciación entre *clima* y *tiempo*, dos conceptos que se llegan a confundir muy a menudo y aunque pueden contener elementos similares, su significado es muy distinto. Por otro lado, la segunda definición menciona una temporalidad para realizar el estudio de los climas, es decir, para establecer una climatología, es necesario tener un periodo largo para que el estudio sea más preciso.

Por otro lado, la American Meteorological Society define a la climatología como:

“La descripción y el estudio científico del clima.

La climatología descriptiva se ocupa de la distribución geográfica o temporal de las observaciones meteorológicas durante un período de tiempo específico. La climatología científica aborda la naturaleza y los controles del clima de la tierra y las causas de la variabilidad y el cambio climático en todas las escalas de tiempo. El tratamiento moderno de la naturaleza y la teoría del clima, en oposición a una descripción puramente descriptiva, debe tratar con la dinámica de todo el sistema climático de la atmósfera, el océano y la superficie terrestre, en términos de sus interacciones internas y su respuesta a factores externos, por ejemplo, la radiación solar entrante. La climatología aplicada aborda los factores climáticos involucrados en una amplia gama de problemas relacionados con la planificación, el diseño, las operaciones y otras actividades de toma de decisiones de los sectores sensibles al clima de la sociedad moderna.”

Tradicionalmente se han considerado tres métodos fundamentales en la ciencia climatológica (Albentosa, 1976):

-La climatología analítica basado en el análisis estadístico de las características climáticas que se consideran más significativas. Se trata básicamente de establecer

² Glosario del Servicio Meteorológico Nacional (<http://smn.cna.gob.mx/es/smn/glosario>)

los valores medios de los elementos atmosféricos y establecer la probabilidad de que se alcancen determinados valores extremos.

-La climatología dinámica, que trata de proporcionar una visión dinámica y de conjunto de las manifestaciones cambiantes que se registran en la atmósfera como una unidad física. Se propone una explicación matemática de la atmósfera mediante las leyes de la mecánica de fluidos y de la termodinámica.

-La climatología sinóptica, se basa en el análisis de la configuración de los elementos atmosféricos en un espacio tridimensional y a unas horas concretas y de su evolución. A partir de este análisis, se pretenden descubrir leyes empíricas e incrementar el conocimiento acerca de la atmósfera (Ver Albentosa, 1976: 140-142).

De la misma manera Laura Elena Maderey (1979) divide a la Climatología en dos grandes ramas:

- La *Climatología Física* es en sí la Climatología pura. Consiste en el análisis de leyes y teorías físicas, así como de información meteorológica para determinar y explicar los climas tal como se presentan en la Tierra.
- La *climatología aplicada* consiste en la utilización, aplicación (como su nombre lo indica) de los conocimientos de Climatología física para explicar otros hechos y fenómenos que ocurren en la superficie terrestre, especialmente los referentes a la vida con objeto de adoptar las medidas más adecuadas en materia de planeación.

Las definiciones de Climatología Aplicada de la American Meteorological Society y de Maderey, junto los artículos sobre Climatología de Tornados expuestos en el capítulo 2, son parte fundamental para el tema central de esta investigación.

1.2.4 Tornados

Uno de los principales retos al momento de hablar de tornados en México es el difícil acceso a la información que hay sobre ellos, debido a que el estudio de tornados en el país es relativamente reciente (aproximadamente del año 2000 en adelante); y además, la mayor cantidad de información y de estudios que se toman como referencia son estudios realizados en Estados Unidos, por tanto, se encuentran

escritos en inglés, y al momento de ser traducidos es posible que se pierda contexto o incluso se puedan confundir algunos términos.

1.2.4.1 Definición

Por lo anterior, se mencionarán algunas definiciones obtenidas de diversos investigadores e instituciones que se dedican al estudio de tornados, con el fin de generar un mejor entendimiento sobre lo que son estos fenómenos naturales.

De acuerdo al Servicio Meteorológico Nacional de Estados Unidos (National Weather Service, 2017) un tornado es:

“Una columna de aire que gira violentamente, generalmente colgada a una nube cumulonimbo, con circulación que llega al suelo. Casi siempre comienza como una nube de embudo y puede ir acompañada de un fuerte rugido. A escala local, es el más destructivo de todos los fenómenos atmosféricos.”³ (National Weather Service, 2017).

Para la Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA, por sus siglas en inglés, 2017) del Departamento de Seguridad Nacional de los Estados Unidos, define al tornado como:

“Un vendaval muy violento caracterizado por una nube giratoria en forma de embudo. Se genera por tormentas eléctricas [...] y se produce cuando el aire frío se extiende sobre una capa de aire caliente, obligando así al aire caliente a elevarse rápidamente. Los daños provocados por un tornado son el resultado de la alta velocidad del viento y de los escombros arrastrados por el viento”⁴ (Federal Emergency Management Agency, 2017).

Como lo mencioné anteriormente, estas dos definiciones son tomadas de instituciones de Estados Unidos, sin embargo, se puede notar que son un tanto diferentes en cuanto a los términos y palabras que utilizan, pero al mismo tiempo se puede notar ciertas similitudes entre ellas. Por un lado, en ambas se menciona una

³ <https://w1.weather.gov/glossary/index.php?letter=t>

⁴ <https://www.cdc.gov/disasters/tornadoes/index.html>

nube “embudo” y por otro, las altas velocidades de los vientos, las cuales son características de los tornados.

Otra definición dice que el tornado es:

“una columna de aire que rota aceleradamente y se extiende de la base de una gruesa nube cumulonimbus o cúmulus hacia la superficie de la tierra o agua; es la tormenta más violenta que puede ocurrir en un punto” (Ludlum *et al.*, 1995: 126).

Esta definición de David Ludlum vuelve a mencionar que el tornado se forma en la base de una nube cumulonimbus, así como que es un fenómeno violento, como lo dice la definición del NWS.

Otros autores dicen que los tornados representan el fenómeno más violento y lo definen como:

“un vórtice (remolino) de alta velocidad o un embudo formado por fuertes corrientes dentro de una nube de tormenta. Cuando la base del vórtice toca el suelo se produce una senda de destrucción concentrada sin igual en la naturaleza” (Eden y Twist, 1995: 102).

Esta definición cambia las palabras de *columna de aire* y *vendaval* por *vórtice* que a mi parecer es más adecuado para describir la forma de un tornado. De igual manera, menciona que este fenómeno produce una destrucción importante a su paso.

Algo que he notado durante el tiempo que tengo estudiando tornados y durante la realización de esta investigación, es que en México aún se tiene cierto conflicto al definir un tornado, no se tiene una definición de uso general o una que se use como referencia al momento de hablar de éstos, por lo que la mayoría de las veces se recurre a definiciones establecidas por investigadores e instituciones de Estados Unidos, variando en ocasiones.

Sin embargo, una de las definiciones más consultadas y usadas por los investigadores del CIESAS es la de Theodore S. Glickman (2000), que dice que un tornado es:

“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’”. (Glickman, 2000)

Esta última definición junto con la de Ludlum *et. al* (1995) son las que considero más utilizadas por los investigadores de tornados en México, en parte porque describen el fenómeno de manera general y simple, sin malinterpretar traducciones que se encuentran en otros idiomas o sin extenderse con términos más técnicos de los tornados.

1.2.4.2 Características meteorológicas en la formación de tornados

Macías (2001) explica que los tornados poco a poco van tomando forma de vórtice delgado, donde van adquiriendo fuerza y crecen; cuando alcanzan su etapa de madurez, se amplían hasta desaparecer.

De forma más detallada, la formación de un tornado se puede explicar de la siguiente manera:

“La *nube embudo* es un tornado incipiente que no ha tocado tierra. La mayoría de los tornados al principio de su formación inician con una *nube embudo* y también así terminan, es decir, el remolino o vórtice una vez que ha tocado tierra o agua y entra en una etapa de madurez, y cuando se debilita, vuelve a su estado de nube embudo.

Ahora bien, no siempre las nubes embudo terminan siendo tornados. La espiral (vórtice) giratoria y estrecha del tornado generalmente se hace visible gracias a la condensación de vapor de agua o por la presencia de polvo o partículas arrastradas por el viento desde el suelo. Los vientos en la superficie de la columna generalmente toman la forma de espiral que se eleva y pueden alcanzar velocidades de hasta 400 kilómetros por hora en pequeñas áreas” (Macías, 2001: 70).

1.2.4.3 Tornados mesociclónicos-supercelda y no mesociclónicos- no-supercelda

Aunque los tornados se forman bajo circunstancias de tormenta, esto no quiere decir que todos presenten las mismas características. De forma general, los tornados son clasificados en dos grupos. Los más grandes se forman en condiciones

denominadas *mesociclones* o *supercelda* de tormentas eléctricas. Y se forman cuando:

“una columna de nube *cumulonimbus*, o parte de ella, rota desde la base hacia la parte de arriba. Las condiciones meteorológicas para que se formen estos fenómenos se refieren a: humedad, aire caliente en los niveles bajos, aire seco en niveles superiores, inestabilidad atmosférica, una corriente a chorro (*jet stream*), vientos bajos del sur y vientos occidentales en niveles altos también. Las fuertes corrientes ascendentes dentro de la supercelda atraen las corrientes de aire del entorno de manera que se genera una lenta rotación que se va concentrando e incrementando a medida que las corrientes ascendentes crecen en fuerza y extensión. La rotación incrementa su velocidad y las corrientes ascendentes se convierten en una columna estrecha y giratoria, formando así los tornados supercelda” (Macías, 2003: 236⁵).

Los tornados más pequeños, son denominados no mesociclónicos y se forman cuando:

“una nube *Cumulonimbus* en rápida formación atrae el aire que circula lentamente y de manera giratoria en los niveles inferiores. La rotación lenta preexistente del aire en los niveles bajos puede ser causada por las corrientes formadas por las montañas de los alrededores, o por la convergencia de brisas marinas o frentes de rachas de aire. La rotación de muchos tornados no supercelda comienza cerca de la superficie de la tierra y crece hacia las partes superiores” (NAS⁶, 1978, en Macías, 2003: 237).

1.2.4.4 Escalas de estimación de tornados

La estimación de la intensidad de los tornados se ha realizado como una necesidad de identificar la fuerza de éstos, en términos individuales, y para poder diferenciar los niveles de peligro que portan (USDC, 2003).

⁵ En *Espacio geográfico, epistemología y diversidad*, de Patricia Olivera.

⁶ National Academy of Sciences. *Clouds and Storms*.

La medición de la estimación de intensidad de un tornado puede medirse con dos escalas, generalmente la más usada es la Escala Fujita-Pearson, sin embargo, en 2004 se modificaron algunos atributos de ésta y se creó la Escala Fujita Mejorada.

La Escala Fujita considera la importancia de la velocidad de los vientos en los tornados y los efectos negativos que tienen. Se compone de siete niveles de intensidad o categorías, con un código para diferenciar cada categoría que va desde F0 a F6, una denominación cualitativa, de leve a inconcebible que incluye el rango de velocidad de viento para cada categoría y una breve descripción de daños correspondientes, como se muestra en la Tabla 1.1:

Tabla 1.1. Escala Fujita-Pearson

Categoría	F-Escala Número	Denominación de intensidad	Velocidad del viento	Tipo de daño
Débil	F0	Tornado leve	64-116 Km/h	Algún daño a las chimeneas de las casas; ruptura de ramas de árboles; arranca árboles de raíces poco profundas; Daño a letreros o anuncios comerciales (“espectaculares”).
Débil	F1	Tornado moderado	117-180 Km/h	El límite inferior es el inicio de la velocidad de los vientos de los huracanes; desprende las techumbres; las casas móviles son empujadas fuera de sus basamentos o volteadas; los autos que circulan son empujados fuera de los caminos; los garajes o estacionamientos anexos a casas pueden ser destruidos.
Fuerte	F2	Tornado significativo	181-252 Km/h	Daño considerable. Los techos son completamente arrancados de las estructuras de las casas; las casas móviles son demolidas; los tráileres o tractocamiones con caja son sacados de la carretera; árboles grandes son arrancados de raíz o quebrados; se generan proyectiles de objetos ligeros. Los autos son levantados del piso.
Fuerte	F3	Tornado severo	253-331 Km/h	Techo y algunas paredes son arrancadas de casas bien construidas; se voltean ferrocarriles; la mayoría de los árboles son arrancados de raíz.
Violento	F4	Tornado devastador	332-418 Km/h	Son eliminadas las casas bien construidas; son arrojadas a cierta distancia las estructuras con cimientos débiles; los automóviles son lanzados al vacío convertidos en grandes proyectiles.
Violento	F5	Tornado increíble	419-508 Km/h	Las casas con estructuras fuertes son arrancadas de sus cimientos y arrojadas a grandes distancias hasta su desintegración; los automóviles son proyectiles en el aire que vuelan más de 100 metros; los árboles son completamente devastados; las estructuras de acero reforzado son considerablemente dañadas.

Inconcebible	F6	Tornado inconcebible	> 508 Km/h	Si llegara a alcanzarse este nivel, la evidencia de los daños solo podría encontrarse en el patrón de huella de los remolinos del tornado en el suelo.
--------------	----	----------------------	------------	--

Fuente: *Escala Fujita-Pearson, tomada de la NOAA, 2017 en el NWS.*

La escala Fujita se ha utilizado por casi 30 años, pero fue definida para estimar las velocidades de los vientos de los tornados a partir de los daños que dejan, algo que no permite hacer una medición de la velocidad de sus vientos con precisión. Además, otro de los factores negativos de la Escala Fujita-Pearson es que basa los daños según las construcciones de Estados Unidos, sin tomar en cuenta que los materiales pueden variar de una construcción a otra e incluso de un lugar a otro.

Con respecto a lo anterior, Macías explica que:

“es difícil definir las velocidades de los vientos en los tornados, ya que en ellos se presentan diferentes velocidades tanto en altura como en el ancho del vórtice. Además que la escala Fujita no considera las diferentes estructuras y construcciones, que dependiendo de los materiales o las normas de construcción van a presentar mayor o menor resistencia a los vientos de tornados, por lo que en 2004, James McDonal y Kishor Mehta, del Centro de Ingeniería y Ciencia del Viento de la Universidad Tecnológica de Texas (TTU por sus siglas en inglés) propusieron en 2004 la Escala Fujita Mejorada (Enhanced Fujita, en inglés) modificando la velocidad de los vientos y se incluyen en ella Indicadores de Daño para las distintas construcciones que deben ser observados en la zona afectada después del evento de tornado” (Macías, 2016:).

A continuación, se muestran las tablas de velocidades de viento e Indicadores de Daño para la Escala Fujita Mejorada:

Tabla 1.2. Escala Operacional Fujita Mejorada

Categorías escala Fujita Mejorada	Rangos de velocidad de viento	Efectos
EF0	104.61 - 136.79 km/h	Daños leves. Algunas tejas caídas y otras pequeñas piezas de los tejados arrancadas, algunos daños en canaletas, ramas de árboles rotas y algunos árboles poco profundos arrancados. Los tornados que no causan daños visibles (por ejemplo, aquellos que se producen en campos abiertos) se valoran siempre como EF0.

EF1	138.40 - 177.03 km/h	Daños moderados. Tejados seriamente despedazados, caravanas y casetas volcadas o seriamente dañadas, pérdida de puertas exteriores y ventanas y otros cristales rotos.
EF2	178.64 - 217.26 km/h	Daños considerables. Tejados de casas sólidas arrancados, los cimientos de las casas se pueden mover, caravanas completamente destruidas, árboles grandes partidos o arrancados, pequeños objetos convertidos en proyectiles, coches arrancados del suelo.
EF3	218.87 - 265.54 km/h	Daños graves. Pisos enteros de casas bien construidas destruidos, daños graves a los edificios grandes (tales como centros comerciales), trenes volcados, árboles descortezados, vehículos pesados levantados del suelo y arrojados a distancia, estructuras con cimientos débiles lanzados a cierta distancia.
EF4	267.15 - 321.87 km/h	Daños devastadores. Tanto las casas de hormigón y ladrillos como las de madera pueden quedar completamente destruidas, los coches pueden ser proyectados como misiles.
EF5	>321.87 km/h	Daños increíbles. Las casas fuertes pueden quedar arrasadas hasta los cimientos, las estructuras de hormigón armado dañadas críticamente, los edificios altos sufren graves deformaciones estructurales. Devastaciones increíbles.

Fuente: Escala *Fujita Mejorada*, tomada de la NOAA, 2017 en el NWS.

Tabla 1.2.1. Indicadores de Daño para la Escala Fujita Mejorada

Número	Indicadores de Daño
1	Pequeños graneros o edificios externos de granja (SBO, siglas en inglés)
2	Residencias de una o dos familias (un nivel) (FR12, siglas en inglés)
3	Casa Manufacturada (Casa Móvil) ancho sencillo (MHSW, siglas en inglés)
4	Casa Manufacturada (Casa Móvil) ancho doble (MHDW, siglas en inglés)
5	Departamentos, Condominios, Vivienda de dos o tres plantas en conjunto (Townhouses) (ACTS, siglas en inglés)
6	Motel (M, siglas en inglés)
7	Departamento o Motel de mampostería (MAM, siglas en inglés)
8	Edificios pequeños de negocio (tipo Burger King, Oxxo) (SRB, siglas en inglés)
9	Edificio profesional pequeño (SPB, siglas en inglés)
10	Centro Comercial pequeño (Strip Mall) (SM, siglas en inglés)

11	Centro comercial grande (LSM, siglas en inglés)
12	Edificio de negocios grande aislado (tipo Coctco) (LIRB, siglas en inglés)
13	Agencia de exposición de autos (ASR, siglas en inglés)
14	Edificio agencia de servicio para autos (ASB, siglas en inglés)
15	Edificio de Escuela Pre-Primaria (ES, siglas en inglés)
16	Edificio de Escuela Preparatoria (JHSH, siglas en inglés)
17	Edificio bajo de 1-4 niveles (LRB, siglas en inglés)
18	Edificio medio de 5-20 niveles (MRB, siglas en inglés)
19	Edificio alto de más de 20 niveles (HRB, siglas en inglés)
20	Edificio Institucional (IB, siglas en inglés)
21	Edificio de sistema (estructura) de metal (tipo el negocio de maderas) (MBS, siglas en inglés)
22	Gasolineras con Techo (SSC, siglas en inglés)
23	Edificio de almacén o bodega (WHB, siglas en inglés)
24	Líneas de transmisión eléctricas (ETL, siglas en inglés)
25	Torres altas aisladas (FST, siglas en inglés)
26	Postes de luz, Asta bandera (FSP, siglas en inglés)
27	Árboles de madera dura (TH, siglas en inglés)
28	Árboles de madera blanda (TS, siglas en inglés)

Fuente: Indicadores de Daño para la Escala *Fujita Mejorada*, tomada de la NOAA, 2017 en el NWS.

A diferencia de la Escala Fujita-Pearson, la Escala Fujita Mejorada toma en cuenta condiciones “estándar” para las construcciones, así como un mínimo y máximo en las velocidades de los vientos. Otra ventaja notable, son los Indicadores de daño, que toman en cuenta distintas estructuras, materiales e incluso vegetación para que la estimación sea un poco más sencilla.

Sin embargo, esto no quiere decir que la Escala Fujita Mejorada sea la mejor, es importante mencionar que ambas escalas siguen siendo utilizadas hasta ahora ya que dependiendo la situación y de los autores o investigadores es que se puede utilizar la escala Fujita-Pearson o la escala Fujita Mejorada. Es muy importante que también los encargados de realizar el levantamiento de campo conozcan las ventajas y desventajas de cada una de las Escalas y así poder usar la que más convenga.

1.2.5 Climatología de tornados

La climatología de tornados es un tema que se ha abordado en distintos países donde ocurren estos fenómenos naturales, y principalmente abordan características de los tornados, la temporalidad y espacialidad en la que ocurren, así como los daños que provocan.

En Estados Unidos se han escrito varios artículos sobre climatología de tornados por distintos investigadores, y en ellos se analizan distintas bases de datos de registros de tornados, los métodos que se utilizaron para el análisis, así como los problemas a los que se enfrentaron al realizar la investigación.

Uno de los más relevantes es el artículo de Charles A. Doswell III y Donald W. Burgess (1998) *On some issues of United States tornado climatology*, donde se habla diferentes problemas al momento de manejar información climatológica sobre tornados, siendo uno de los temas principales, el uso de la Escala Fujita. Con respecto a esto, los autores mencionan:

“Dado que la clasificación en la escala Fujita está determinada por el daño máximo observado en cualquier punto dentro de la trayectoria total del tornado, una sola ocurrencia de un nivel de daño particular caracteriza la trayectoria completa [...] Quizás lo más inquietante es el reconocimiento de que los tornados que ocurren en campo abierto no dañan nada por lo que se pueda hacer una estimación en la escala Fujita.” (Doswell y Burgess, 1998: 495 – 496)

También se habla de la diferencia entre *daño e intensidad* en la escala Fujita, específicamente entre la diferencia entre el daño que provoca un tornado y las velocidades de los vientos que este alcanzó en su trayectoria. Entre estas diferencias, los autores dicen que:

“Si una estructura es severamente dañada, no será posible determinar su integridad estructural con la precisión suficiente para evaluar la velocidad del viento mínima necesaria para causar el daño observado. [...] Las estructuras golpeadas por escombros se comportan diferente comparadas con las que son sometidas solo a las fuerzas de los vientos.” (Doswell y Burgess, 1998: 496)

Además de esto, se mencionan otras diferencias como la calidad de construcción de las estructuras ubicadas en zonas rurales, en comparación con la calidad de las grandes ciudades. Con esto, los autores abren las posibilidades para que el uso de la Escala Fujita sea más preciso y adecuado a las situaciones que se presentan.

Otro ejemplo es el artículo de Peggy R. Concannon, Harold E. Brooks y Charles A. Doswell III, *Climatological risk of strong and violent tornadoes in the United States* (2000), en donde los autores buscaron estimar la probabilidad climatológica diaria de ocurrencia de un tornado F2 o uno más dañino cerca de cualquier localidad de los Estados Unidos, los datos que los autores consideraron para su estudio fueron de tornados ocurridos entre 1921 a 1995. La base de datos principal que se usó en esta investigación fue la de Thomas Grazulis (1993) específicamente en los años de 1921 – 1995 en donde los autores encontraron más de 10,000 tornados listados por fecha, clasificación de daños y el punto de contacto con el suelo por condado. Para el análisis de datos, los autores convirtieron las ubicaciones enumeradas por condados a la de latitud y longitud del centroide del condado y mapearon los datos en una proyección cónica conforme de Lambert con un espaciado de cuadrícula nominal de 80 km (verdadero a 30 ° y 60 ° N). De esta manera, tomaron en cuenta si un tornado tocó tierra o no en un día en particular en el conjunto de datos. Y si se produjo más de un tornado en una casilla de cuadrícula particular, solo se asignó el más dañino.

Sin embargo, los autores mencionan distintas limitaciones en su investigación, por un lado, mencionan que:

“Existen problemas intrínsecos en la clasificación de la Escala Fujita. Esta escala se basa en el daño provocado, análisis de velocidad de vientos y donde la intensidad de un tornado es posible sólo si el tornado causa daños. Otros problemas relacionados al sistema basado en daño son la calidad de construcción de los edificios y del material que se usó.” (Concannon et al., 2000: 2)

Además, los autores señalan de forma sencilla otros errores referentes al momento de realizar reportes y/o malinterpretaciones de los datos. Por todo esto, los autores decidieron considerar sólo la fecha cuando el tornado tocó tierra y la localidad más

próxima de cada tornado en vez de la longitud de su trayectoria, ya que les parecieron aspectos más confiables y temporalmente consistentes de los reportes.

En el artículo *Evolution of the U.S. tornado database: 1954-2003* (Stephanie M. Verbout, Harold E. Brooks, Lance M. Leslie y David M. Schultz, 2005) se estudia una base de datos de tornados entre 1957 y 2003, haciendo énfasis en la importancia de la manera en que se registran los eventos de tornados a través del tiempo. Los autores mencionan un aumento de los registros de tornados de casi al doble desde 1950 al 2000, esto en parte por distintas causas (radares Doppler, alertas públicas y la vigilancia del National Weather Service). Y uno de los puntos más interesantes del texto es la mención de los “big tornado day” (gran día de tornados), que hace referencia a la ocurrencia de varios tornados durante el mismo día, y que hay variaciones en estos registros mientras son más actuales, aumentando cada vez más el número de registros de ocurrencia de tornados en un solo día.

Dentro del artículo también se menciona la importancia de los textos de Doswell y Burgess (1988) y de Grazulis (1993), que hablan sobre la exactitud y de la consistencia temporal de los reportes de tornados tenían limitaciones:

“Estas limitaciones incluían errores básicos en el reporte y/o en el tiempo y localización, variaciones espacio-temporales en la recolección de datos para la emisión de alertas, cambios en los procedimientos de inspección de datos, incremento en la población y migración y la creación de la red de observadores de tormentas (con el incremento del uso de cámaras de video portátiles).” (Verbout, *et al.*, 2005: 87)

Además de esto, los autores también mencionan errores introducidos en la base de datos cuando se usa la Escala Fujita para medir los daños de un tornado. Y retomando a Doswell y Burgess, los autores recalcan que:

“La escala Fujita es una escala de daño, más no una escala de intensidad o velocidad del viento, ya que determinar rangos de velocidad del viento sin tomar en cuenta la calidad de la construcción, la densidad de población y localización no es posible.” (Verbout, *et al.*, 2005: 87)

En el artículo de Sara L. Bruening, Michael P. Kay y Harold E. Brooks (2002) *A new perspective on the climatology of tornadoes in the United States*, los autores examinaron una base de datos de reportes de tornados en los Estados Unidos en el periodo de 1955 -1999, principalmente para poder determinar si este conjunto de datos era adecuado para su uso en predicciones de ocurrencia de tornado. Para esto, se dieron a la tarea de examinar el número de tornados que ocurrieron anualmente, encontrando un incremento en los tornados observados durante el periodo en estudio. Aplicando algunos métodos estadísticos, los autores pudieron determinar la cantidad promedio de tornados esperados durante un año y asimismo pudieron desarrollar técnicas para medir que tan adelantada o tardía se encuentra una temporada de tornados.

Lo importante de este artículo es la forma en que los autores manejan su base de datos para determinar la probabilidad de ocurrencia de uno o más tornados durante un día y al mismo tiempo determinar las distintas temporadas de ocurrencia, su variabilidad y la cantidad de reportes que van aumentando.

Otro ejemplo sobre Climatología de Tornados se presenta en el artículo *Some aspects of the international climatology of tornadoes by damage classification* (Brooks y Doswell, 2001). Aquí los autores analizan distintas bases de datos de registros de tornados en Estados Unidos en comparación con otras bases de datos de países como Francia, Alemania, Italia, Reino Unido, Sudáfrica, Argentina, Australia y Canadá, comparando principalmente, la clasificación de los tornados que se han registrado en cada una de ellas, encontrando algunas similitudes. Al mismo tiempo, se hace mención de distintos errores al momento de la recolección de datos y de la clasificación de tornados por la escala de daño. Brooks y Doswell enumeran estos errores de la siguiente manera:

“Primero que nada, hay ocasiones en las que ningún o solo algunos reportes (de ocurrencia de un tornado) son recolectados. [...] En segundo, los tornados con clasificación baja en la Escala Fujita son más probables a perderse en los reportes porque normalmente tienen cortos periodos de vida y trayectos más cortos. Tercero, dado que la asignación de la clasificación de la escala Fujita depende de la presencia de estructuras adecuadas para ser dañadas es probable que el número

de tornados clasificados más alto en la Escala Fujita sea subestimado. Finalmente, puede haber errores aleatorios en la asignación de la Escala Fujita. La interpretación de la causa exacta y la extensión de los daños es una tarea extremadamente difícil y las incertidumbres de en la construcción de un edificio o de los escombros que golpearon a un edificio dejan preguntas sobre la asignación que a menudo son difíciles de responder” (Brooks y Doswell, 2001: 193-194).

Estos pequeños errores, no son exclusivos de las investigaciones que se han realizado en Estados Unidos, distintos países europeos también se han dado a la tarea de estudiar los tornados que ocurren en sus territorios y de la misma manera han intentado construir una base de datos y por consecuencia una climatología de estos fenómenos.

En Portugal, Paula Leitão escribió el artículo *Tornados en Portugal* (2002) donde hace mención de algo importante:

“Se creía que los tornados no ocurrían o eran muy raros en Portugal. Sin embargo, la verdad es que no existe una base de datos de tornados en Portugal” (Leitão, 2002: 1).

Esto debido a la creencia pública e incluso científica de la no existencia de tornados en este país (tal como ha sucedido en Finlandia, Turquía, Cuba e incluso México hace algunos años), y que a su vez puede ser causada por la falta de instrumentación adecuada para la observación de estos fenómenos.

La investigación de Leitão abarca desde 1936 al 2002 y donde los datos de tornados se obtuvieron de fotografías, datos de colecciones privadas de meteorólogos, reportes meteorológicos, periódicos locales e información de las autoridades y del público en general de las localidades que se visitaron para la investigación. Y otra cosa importante que menciona Leitão en el artículo es que:

“un tornado es un fenómeno muy severo y si alguien es testigo de algún tornado, aunque sea uno muy pequeño, ¡nunca olvidarán esa experiencia! Aún después de muchos años es posible obtener una buena descripción de un testigo. Hablar con la gente acerca del tiempo severo y de los fuertes vientos a menudo revela otras pistas en nuevos eventos” (Leitão, 2002: 2).

Y esto es importante ya que, en ocasiones, ante la falta de información científica/meteorológica u oficial sobre los tornados, es posible obtener datos e información sobre estos fenómenos a partir de los testimonios de algunas personas e incluso puede servir para corroborar algunos datos que estén incompletos o sean confusos.

Por otro lado, en Finlandia no existía una climatología de tornados, sino hasta 2012 con la publicación de Jenni Rauhala, Harold E. Brooks y David M. Schultz (2012) del artículo *Climatología de tornados de Finlandia* con datos que abarcan desde 1796 al 2007 y donde los autores construyeron la climatología en dos partes, en la primera recolectaron reportes históricos de tornados de fuentes de archivo como periódicos y la segunda parte fue recolectar eventos en tiempo real a través del Instituto Meteorológico Finlandés (FMI, por sus siglas en inglés). Además, es uno de los pocos artículos que hablan de la climatología de tornados que usa una definición para describir estos fenómenos:

“Un tornado es un vórtex entre una nube y el suelo o la superficie del agua, en donde la conexión entre la nube y la superficie es visible, o el vórtex es lo suficientemente fuerte para causar al menos un daño F0” (Rauhala, et al., 2012: 1447).

Además, retoma un poco la discusión de la incertidumbre en la estimación de intensidad de los tornados usando la Escala Fujita que se menciona en el artículo de Brooks y Doswell del 2001, entre otros.

Un caso más reciente es el de *Climatología de tornados de Turquía* (Abdullah Kahraman y Paul M. Markowski, 2014) que abarca una climatología desde los años 1818 al 2013 y donde los autores mencionan que:

“La falta de documentación de los tornados turcos se debe en parte a que se los considera eventos climáticos excepcionales y extremadamente raros.” (Kahraman y Markowski, 2014: 2345).

Para la construcción de la climatología de tornados en Turquía, los autores se vieron obligados a realizar una investigación más compleja y a su vez complicada,

ya que principalmente, no existía una base de datos de tornados oficial como en Estados Unidos, y como ellos mismos mencionan:

“Es probable que la climatología sufra una falta de reportaje potencialmente significativa dada la baja densidad de población en muchas partes de Turquía (especialmente en el este de Turquía), la ausencia (hasta hace muy poco) de una red de radares operacional y la falta de localización de tormentas (y mucho menos de persecución) activas” (Kahraman y Markowski, 2014).

Ante la falta de una base de datos de tornados oficial, los autores buscaron datos en el Servicio Meteorológico del Estado de Turquía (TSMS, por sus siglas en inglés), archivos históricos en periódicos y reportes adicionales de Gilbert (1823) y los Archivos Otomanos. Los resultados dieron una Climatología de Tornados de Turquía que consistía de 385 casos confirmados desde 1818 al 2013, donde más de la mitad (225 para ser específicos) resultaron de los últimos cinco años del periodo de investigación, esto debido a los recientes avances tecnológicos en comunicación (por ejemplo, el internet y los teléfonos inteligentes), así como los esfuerzos de los autores en documentar tornados.

Muchos de estos artículos presentan una base metodológica parecida los de Estados Unidos, ya que como lo mencionan Brooks y Doswell (2001):

“El largo y extenso registro de tornados clasificados por daños en los Estados Unidos, proveen de una base para los reportes de tornados en otras partes del mundo. [...] La existencia de un esfuerzo oficial de recopilación de informes de clima severo es crítica por muchas razones. [...] Además, la recolección de datos es el primer paso para identificar peligros por grupos de personas como los de planeación pública y los intereses de seguros” (Brooks y Doswell, 2001: 198-199).

Estos artículos demuestran, por un lado, que la investigación sobre la Climatología de Tornados es bastante complicada, en parte debido los distintos retos y problemas que se pueden presentar, como la falta de información que se tiene en cada país y las distintas dificultades que puede haber al momento de realizar la investigación, aunque eso no quiere decir que sea imposible, sino que obtener los datos requiere de una tarea un cuanto más compleja. Además, los ejemplos de estos artículos nos demuestran que la ocurrencia de tornados no es algo que se dé

solamente en los Estados Unidos o en lugares concretos del mundo. Por otro lado, demuestran la importancia del estudio de estos fenómenos, los lugares y tiempos en que se presentan, así como su adecuada clasificación, ya que estos datos pueden ser usados en un futuro para realizar otro tipo de investigación o continuar las que ya se tienen hasta ese momento.

Para esta investigación la climatología será aplicada al análisis estadístico del registro de tornados, es decir, la variabilidad de su ocurrencia tanto en temporalidad como en espacialidad. Y se tomarán como base los artículos antes mencionados, así como el artículo de *Climatología de tornados en México* de Macías y Avendaño (2014) que se explica en el capítulo 2.

La importancia de la Climatología en este estudio, recae en los registros de eventos de tornados que se han presentado en Chiapas durante 60 años, y que a partir de ellos se podrán establecer las condiciones espaciales y temporales en las que se han presentado y más adelante una climatología de tornados en Chiapas.

CAPÍTULO 2: TORNADOS EN CHIAPAS

2.1 Estudios de Tornados en México

Los tornados son fenómenos naturales que se presentan en nuestro país pero que durante mucho tiempo no se dieron a conocer debido a distintos factores. Por un lado, el conocimiento científico y meteorológico de los tornados había sido ignorado, y en ocasiones incluso su existencia se ha negado. Por otra parte, los registros de tornados se han encubierto de manera local como anécdotas de los pobladores, dando nombres con alguna influencia religiosa o asociados a entes sobrenaturales o nombrándolos como “víbora”, “culebra de agua”, “huracán”, etc. (Macías, 2001, Avendaño, 2011).

Sumado a lo anterior, el estudio de tornados en México es un tema relativamente reciente que durante varios años se ha visto obstaculizado en una parte por la falta de información y registros de estos fenómenos, ya sea en el ámbito científico o de forma empírica por las personas afectadas, y también por la forma en que los medios de comunicación reducen el impacto del fenómeno al llamarlo de otras formas como “torbellino”, “corrientes de aire”, entre otras.

Sin embargo, existen algunos estudios elaborados fuera de nuestras fronteras que refieren a la ocurrencia de tornados en México. Uno de estos estudios fue en 1998, donde la revista *National Geographic* representaba la condición de los tornados para Norteamérica en un mapa (Figura 2.1), y parte México la marcaban como zona de riesgo medio de ocurrencia de tornados.



Fig. 2.1. Riesgo de tornados en México. Tomado de la revista National Geographic (1998).

Como se puede apreciar en la figura 2.1, casi todo el territorio nacional estaba definido como de “riesgo bajo”, y solo porciones estrechas de las costas de Tamaulipas, Veracruz, Campeche, Yucatán y Quintana Roo, se consideraban de “riesgo mediano”.

Durante los últimos años, la Comisión Interinstitucional para el Análisis de Tornados y Tormentas Severas (CIATTS) ha logrado superar los obstáculos antes mencionados y sus investigadores han realizado numerosos estudios sobre los tornados en México, su ocurrencia, su intensidad y recuento de los daños que provocan, siendo uno de los estudios más importantes el de Macías (2001) llamado “Descubriendo tornados en México. El caso de Tzintzuntzan”, en el que el autor reconoce que el país presenta las condiciones meteorológicas necesarias para que se dé la formación de tornados superceldas y no-superceldas.

De igual manera Macías (2003) escribió un capítulo para el libro *Espacio Geográfico: Epistemología y Diversidad*, llamado “Los tornados en México. Su existencia y la respuesta social a su ocurrencia” donde de nuevo retoma la importancia de reconocer la ocurrencia de tornados en México y al mismo tiempo explicar su formación y su extensión en el territorio mexicano. En este texto, el autor también explica un poco sobre la meteorología de los tornados, su formación, clasificación, la escala de medición de intensidad Fujita-Pearson y una descripción sobre las acciones culturales-religiosas ante su ocurrencia, tomando como ejemplo el fenómeno meteorológico del 26 de agosto del 2000 en Tzintzuntzán.

En el 2006, María Asunción Avendaño escribió una nota periodística para *La Jornada de Oriente* en Tlaxcala, llamada “El corredor de las Víboras” donde toma como ejemplo un tornado que ocurrió en Tlaxcala el 7 de mayo del 2004 y que pasó sobre la Universidad Tecnológica de Tlaxcala (UTT). A través de encuestas y entrevistas da a conocer la frecuencia de ocurrencia de tornados, así como las diferentes interpretaciones de la gente, los distintos nombres con que les llaman y también las distintas prácticas religiosas y culturales para enfrentar este tipo de fenómenos. Una de sus aportaciones más importantes es la identificación de una zona de ocurrencia de tornados que abarca municipios del estado de Hidalgo, Tlaxcala, parte del Estado de México, así como Puebla y Veracruz, a la que llamó “El corredor de los tornados landspouts” o “El corredor de las víboras” por el nombre local que se les da a estos fenómenos.

En el 2011 se publicó el libro *La importancia de la hidrometeorología en el entorno económico-social* por la Comisión Estatal del Agua de Querétaro y la UNAM, para el cuál Avendaño escribió el artículo “La importancia del conocimiento de los tornados en México” donde explica de manera más detallada la meteorología de los tornados, las escalas Fujita-Pearson y Fujita Mejorada y la importancia que tiene el conocimiento de los tornados en México, esto a un nivel de impacto económico en los casos que ha habido daños en las ciudades o pueblos.

Desde principios de la década de los 2000, algunos investigadores reconocieron la necesidad de organizar la información sobre la ocurrencia de los tornados en México, los lugares y fechas en que ocurren y demostrarlos con evidencias. Esto dio pie a la investigación más grande e importante sobre la ocurrencia de tornados de manera general en el país; es la *Base de Datos de tornados en México. Reporte electrónico de la Comisión Interinstitucional para el Análisis de Tornados y Tormentas Severas* (Macías y Avendaño, 2013) donde los autores se dieron a la tarea, en primera instancia, de establecer conceptos más concretos en relación a los tornados, principalmente en cuanto a la definición de éstos (mismas que se han retomado en el primer capítulo de esta investigación). También establecen la construcción de la base de datos a partir de registros de eventos tornádicos en el

periodo de 2000 a 2012, tomando como fuentes textos de literatura científica, libros, diarios, noticias de radio y de televisoras, páginas electrónicas, videos y fotografías obtenidos directamente de Internet, así como testimonios de personas que atestiguaron la ocurrencia de un tornado.

En la primera parte de la investigación se realiza una delimitación en cuanto a los criterios para la inclusión del registro de tornados, en la segunda parte se habla de los tornados en México, los antecedentes de estudios sobre éstos fenómenos y se da un panorama de los datos registrados (algunos de los cuáles se explican en el apartado 2.1.1). Además de los datos registrados, los autores se dan a la tarea de analizar los daños provocados por los tornados, los decesos y lesionados que han dejado a su paso, pérdidas económicas, daños a viviendas, 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. De igual manera en la tercera parte de la investigación se realiza un análisis casi idéntico pero enfocado solamente a los tornados que han ocurrido en el Estado de México del 2000 al 2012, debido a que es el estado que más registros de tornados tiene en la investigación, y tomado como ejemplo para analizar la ocurrencia y consecuencias de los tornados de manera más local. Todo lo anterior da como resultado un análisis estadístico importante que demuestra el daño potencial de los tornados en nuestro país.

En 2017 se publicó el libro llamado *El Tornado del Zócalo de la Ciudad de México*, por parte del CIESAS, en el cual se habla de la ocurrencia de un evento tornádico el 1 de junio del 2012 en la Ciudad de México y el área metropolitana. En este libro se abordan antecedentes de tornados en la Ciudad de México, la ocurrencia del evento tornádico central del que habla el libro, la metodología que se utilizó para la estimación de la intensidad de este tornado, los daños provocados, así como las consecuencias sociales y económicas a partir de este fenómeno meteorológico,

además de algunos comentarios sobre la utilización de las escalas Fujita Mejorada y Fujita-Pearson.

También es importante mencionar que durante los últimos años se han realizado distintas investigaciones y estudios de tornados por parte de los estudiantes titulados de la carrera de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México, como es el caso de Irvin Ulises Herrera Cruz y su tesis para grado de licenciatura “*Análisis comparativo de las trombas y sus consecuencias en la zona de Ciudad del Carmen, Campeche, 19 de abril 2016, y Cancún, Quintana Roo, 24 de julio 2016*”, la investigación de Eduardo Vázquez Zecua con su tesis de licenciatura “*La emergencia y las condiciones meteorológicas del 16 de abril en el estado de Tlaxcala. ¿Un sistema de tornados?*” y Daniela Magali Cruz Zamudio con su tesis “*El proceso de la emergencia ante un tornado: el caso de la comunidad La Peñuela, Municipio de Acatlán, Hidalgo (14 de abril de 2015)*”, las cuales son aportaciones muy importantes al conocimiento de tornados en México y a su vez, del conocimiento de desastres.

Todos estos artículos, libros e investigaciones han sido de gran importancia para el estudio de tornados en México, no sólo por el hecho de dar a conocer su existencia dentro del territorio nacional, sino porque poco a poco han ido construyendo las bases de este conocimiento a partir de establecer definiciones y características de los tornados en México más adecuadas, así como dar importancia a los daños tanto materiales y humanos que pueden provocar para que la sociedad y entidades de protección civil puedan tomar mejores decisiones preventivas al momento de presentarse estos fenómenos.

2.1.1 Climatología de tornados en México

A partir de algunas de las investigaciones y datos obtenidos en los estudios mencionados anteriormente, en 2014 se publicó un artículo llamado *Climatología de tornados en México* (Macías y Avendaño) el cual es el primer trabajo de investigación que presenta la idea de climatología de tornados. En él, los autores presentan una pequeña introducción a las características de la *Base de Datos de*

tornados en México, mostrando elementos para su construcción y su estructura, así como un análisis de las características de los tornados, con base en los datos reunidos en el periodo del 2000 al 2012, desde un punto de vista en que estos fenómenos representan una amenaza para la población del país debido a su capacidad de destrucción.

Este artículo remarca la importancia de la construcción de la base de datos de México realizando un análisis de tal manera que se pueda comprender mejor la extensión de la ocurrencia de tornados en el país en sus dimensiones temporal y espacial. De esta manera, por un lado, muestra evidencia de la existencia de tornados en México, corrigiendo la idea de que estos fenómenos no existían en el territorio y, por otro lado, sirve como un factor clave para tomar medidas preventivas para enfrentar las amenazas que los tornados representan.

Los registros de tornados recopilados en el periodo de 2000 – 2012 muestran un panorama distinto al de 1998 por el estudio de la revista National Geographic, ya que se registraron un total de 126 tornados, con ocurrencias en 29 de los 32 estados de la República Mexicana, a excepción de San Luis Potosí, Querétaro y Morelos (Figura 2.2).

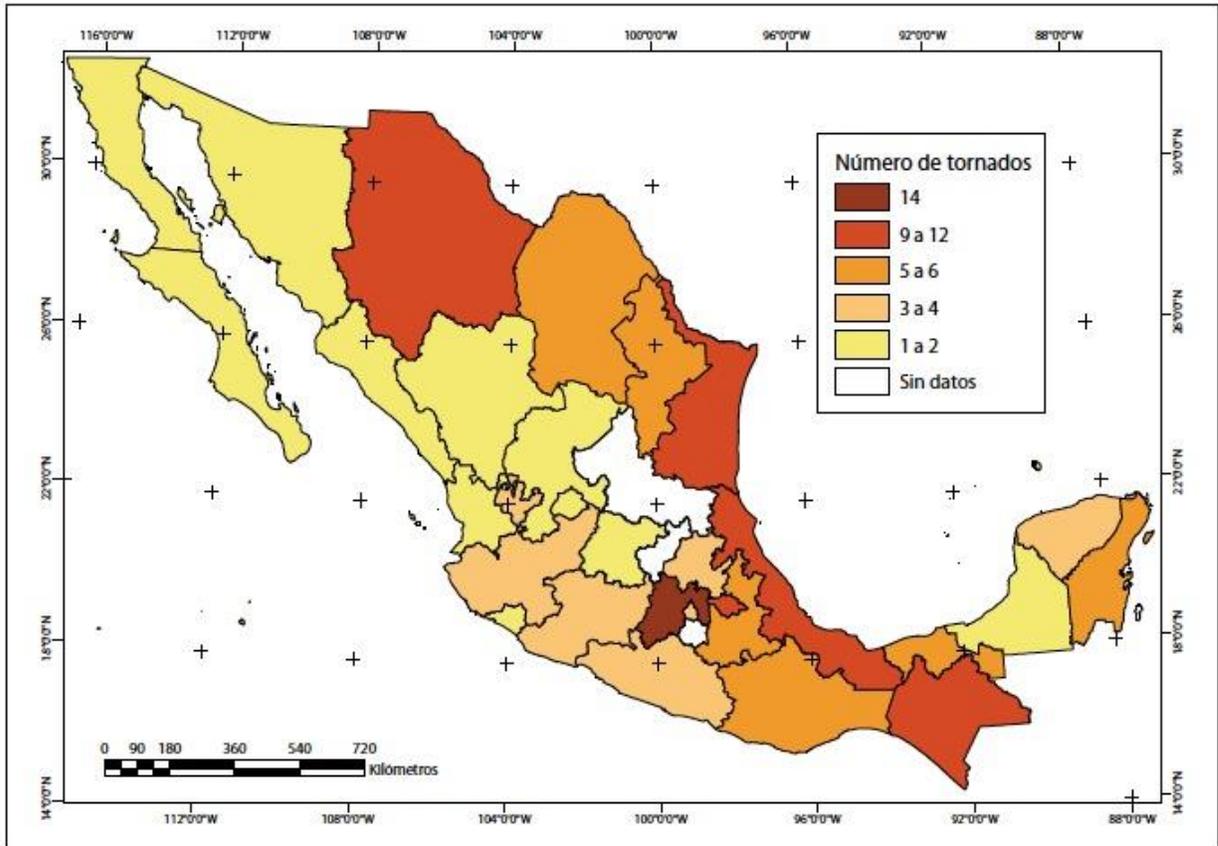


Fig. 2.2. Número de tornados por estados 2000 – 2012.

Fuente: Base de datos de tornados México, CIESAS-CIATTS en: Macías y Avendaño, 2014.

En la figura 2.3, se puede observar de manera más detallada los registros de tornados obtenidos en el periodo del 2000 al 2012 en cada estado, con ocurrencia en el Estado de México con 14 tornados, de Veracruz con 12 y Tlaxcala y Chiapas con 11 cada uno. Sumados, estos cuatro estados tienen un total de 48 tornados, aproximadamente el 38% del total de registros en el país.

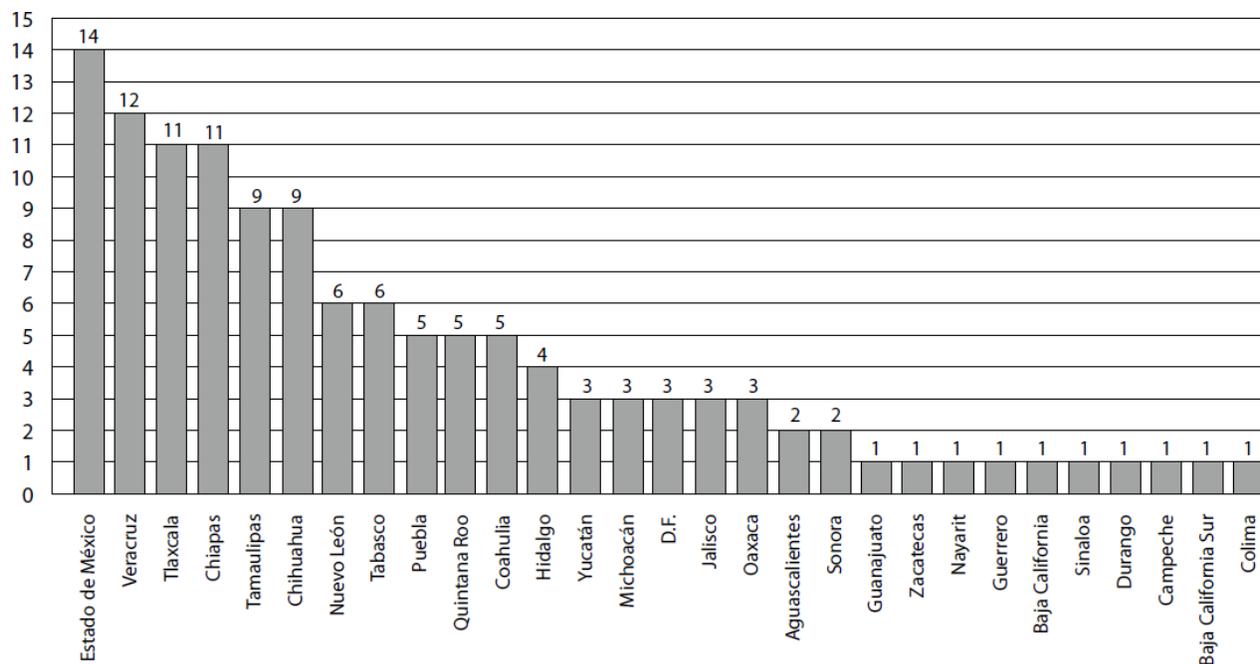


Fig. 2.3. TORNADOS por estados 2000 – 2012.

Fuente: Base de datos de tornados México, CIESAS-CIATTS en: Macías y Avendaño, 2014.

También fue posible identificar el número de tornados que se presentaron por año durante el mismo periodo de 2000 – 2012 (figura 2.4), donde se hace notar la tendencia en el incremento de los registros durante los últimos años.

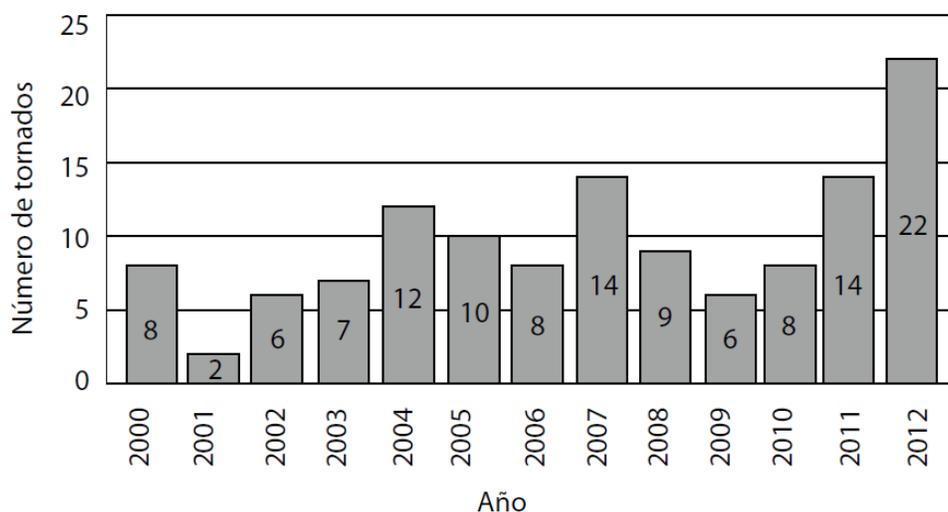


Fig. 2.4. TORNADOS por año.

Fuente: Base de datos de tornados México, CIESAS-CIATTS en: Macías y Avendaño, 2014.

Esta variación de los registros se puede explicar, en un principio por la mayor difusión y el incremento en el medio de registro tanto de la población como de los

medios de comunicación, debido a los avances tecnológicos como celulares y cámaras de vigilancia en las ciudades, y, por otra parte, gracias a las investigaciones que se han realizado desde principios de los años 2000, ya que han dado paso, poco a poco, a que el conocimiento de la ocurrencia de estos fenómenos sea más amplio.

De igual manera, se presenta la variación de ocurrencia de tornados por mes, como se muestra en la figura 2.5. El 81% de los eventos registrados suceden en los meses que van desde la transición del invierno a la primavera, todo el verano hasta la transición del otoño, en especial el mes de mayo, que registra el 21% del total de eventos tornádicos en el periodo del 2000 al 2012.

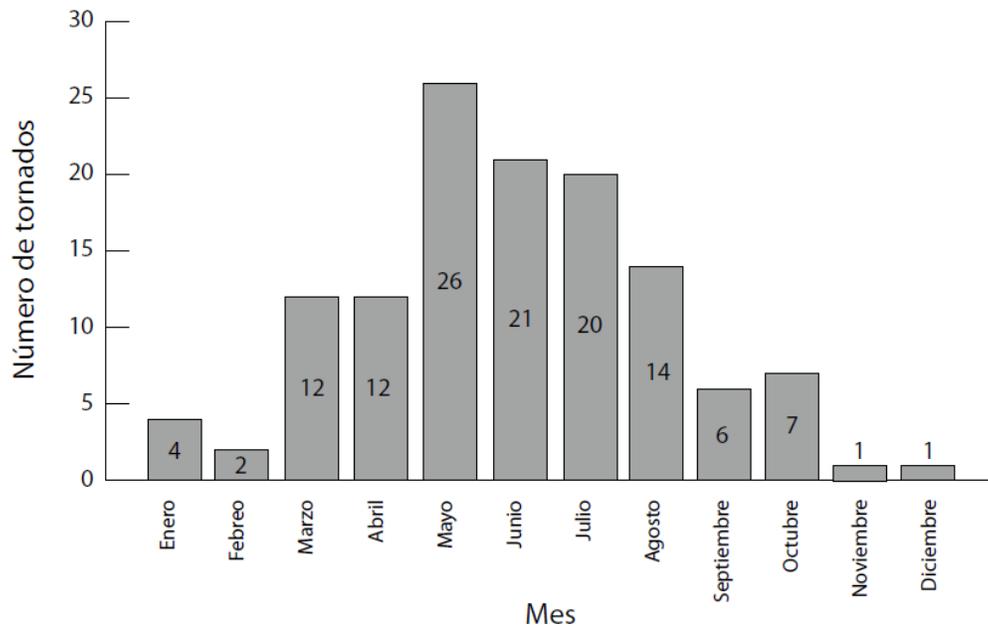


Fig. 2.5. Tornados por mes.

Fuente: Base de datos de tornados México, CIESAS-CIATTS en: Macías y Avendaño, 2014.

Uno de los puntos importantes que se mencionan en este trabajo es sobre los problemas en la detección de tornados, especialmente los más débiles (como lo menciona Aguirre en su estudio *Population and detection of weak tornadoes*, 1994), ya que este tipo de tornados presentan dificultades de detección y registro por su muy corta duración y paso o huella de trayecto casi imperceptible.

En este artículo, la climatología se aplica al análisis estadístico del registro de tornados, como la descripción de la variabilidad de las condiciones de tiempo prevaeciente en un lugar determinado sobre un tiempo específico. Asimismo, se demuestra la importancia de los estudios climatológicos, donde Concannon et al. (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.”

2.2 Ubicación y descripción geográfica de Chiapas

Chiapas es una de las treinta y dos entidades federativas que integran los Estados Unidos Mexicanos. Su capital y ciudad más poblada es Tuxtla Gutiérrez. Se inscribe entre las siguientes coordenadas extremas: al norte 17°59'07", al sur 14°31'56" de latitud norte; al este 90°22'13", al oeste 94°08'21" de longitud oeste, ubicado en la región suroeste del país, limitando al norte con el estado de Tabasco, al este con la República de Guatemala, al sur con el Océano Pacífico y la República de Guatemala, al oeste con el Océano Pacífico, con el estado Oaxaca y con el estado de Veracruz (figura 2.6). (INEGI, 2017)

Tiene una superficie de 74,415 km² siendo el octavo estado más grande de la República Mexicana. Este estado representa el 3.8% de la superficie del país.

Es el sexto estado más poblado, con 5 217 908 de habitantes (INEGI, 2015).

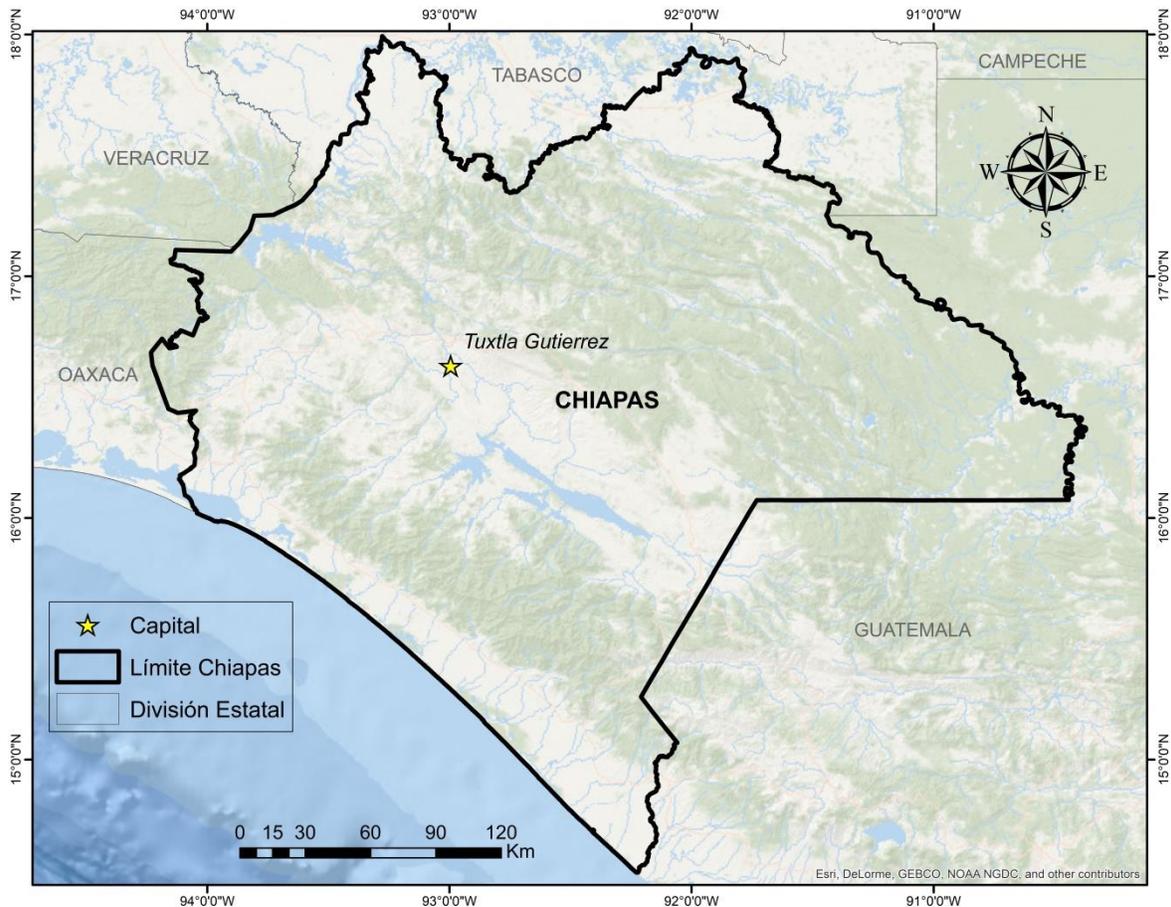


Fig. 2.6. Ubicación del Estado de Chiapas.

Fuente: Elaboración propia con base en el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) INEGI, 2017.

Se divide en 118 municipios hasta 2015 (INEGI) (figura 2.7), mismos que se distribuyen en 15 regiones: Región I. Metropolitana, Región II. Valles Zoque, Región III. Mezcalapa, Región IV. De los Llanos, Región V. Altos Tsotsil-Tzeltal, Región VI. Frailesca, Región VII. De Los Bosques, Región VIII. Norte, Región IX. Istmo-Costa, Región X. Soconusco, Región XI. Sierra Mariscal, Región XII. Selva Lacandona, Región XIII. Maya, Región XIV. Tulijá Tzeltal Chol y Región XV. Meseta Comiteca Tropical (Figura 2.8). (INEGI, 2017).

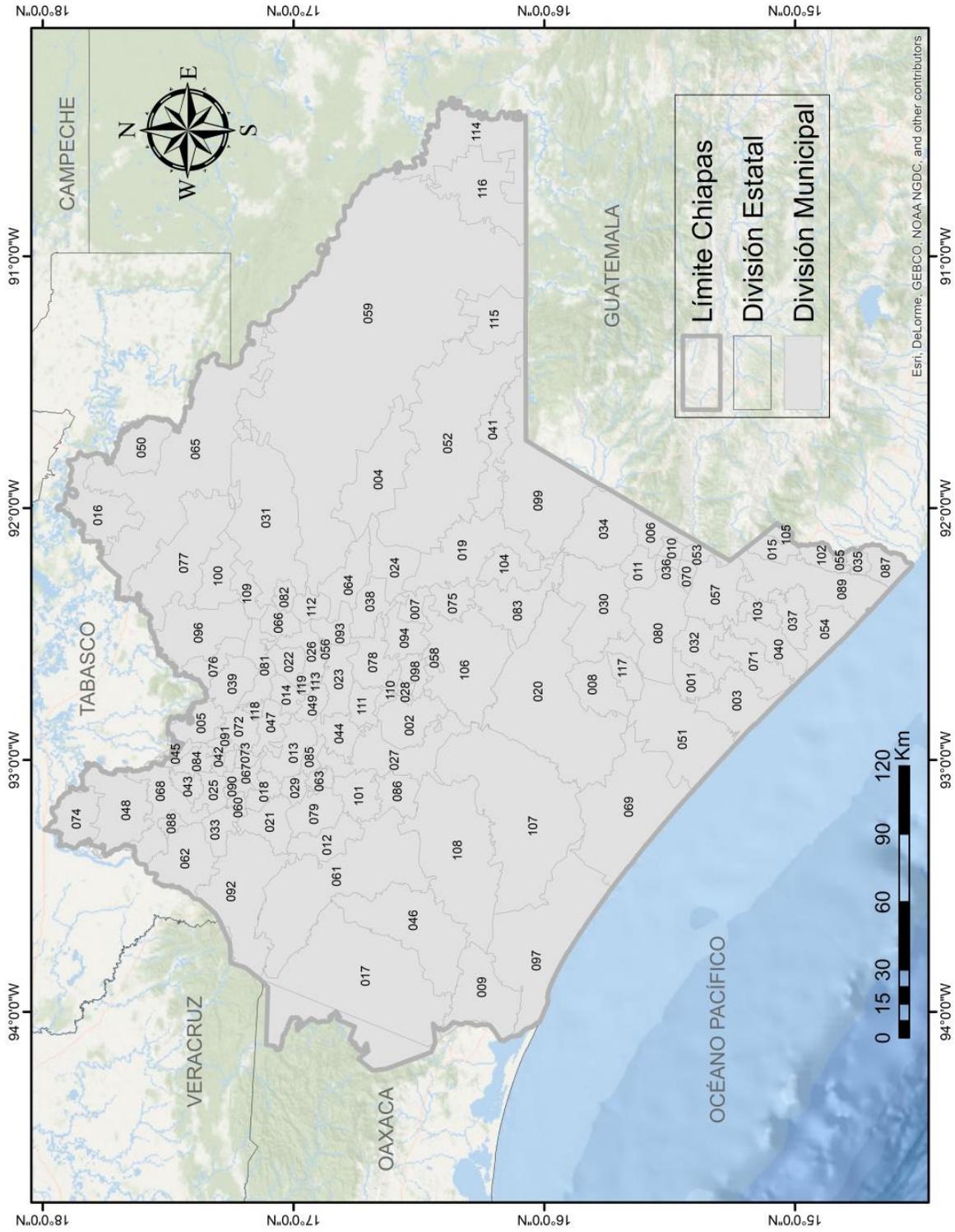


Fig. 2.7. Municipios del Estado de Chiapas. Ver anexo 1.
 Fuente: Elaboración propia con base en el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) INEGI, 2017. (Ver tabla A1 en Anexo.)

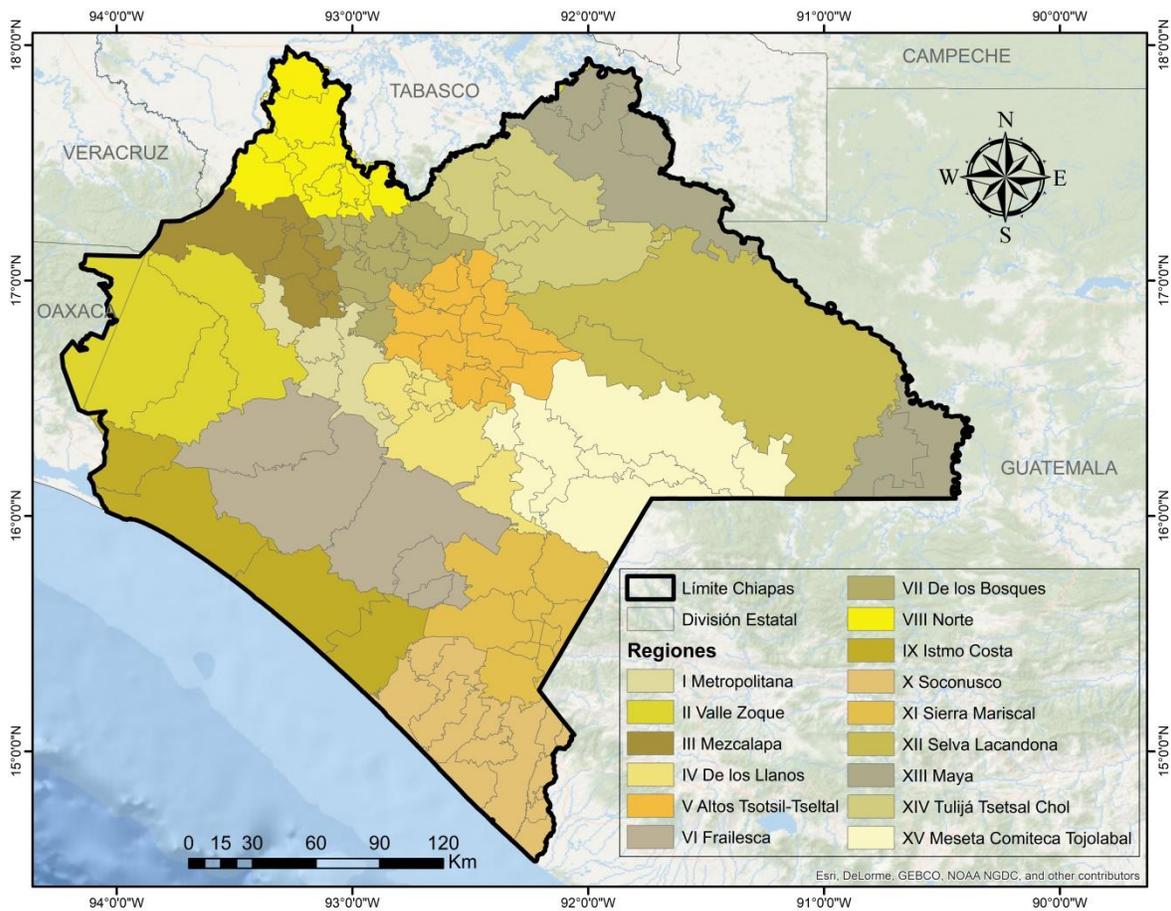


Fig. 2.8. Regiones del Estado de Chiapas.

Fuente: Elaboración propia con base en el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) INEGI, 2017.

El estado de Chiapas se asienta en tres provincias fisiográficas (figura 2.9):

La primera es la Cordillera Centroamericana, ubicada en su mayor parte en América Central, esta provincia se distingue por tener rocas ígneas intrusivas y depósitos aluviales en la llanura costera.

La segunda es la Llanura costera del Golfo Sur, esta comprende las regiones costeras del sur de Veracruz y abarca prácticamente todo el Estado de Tabasco; cubriendo algunas zonas del norte de Oaxaca, Chiapas y sureste de Campeche.

La tercera se denomina como Sierras de Chiapas y Guatemala, situada en su mayor parte dentro del estado de Chiapas y una pequeña porción en el

estado de Oaxaca, se extiende al límite de la Sierra Madre del Sur en Oaxaca, hasta la frontera con Guatemala, ocupa la parte sur del estado y se extiende en las proximidades del Océano Pacífico, constituyendo una divisoria de Aguas Continentales que deja al Sur sobre la vertiente del Pacífico y al norte los Valles Centrales de Chiapas (INEGI, 2008 y 2017).

Las cimas más sobresalientes son: Cerro de la Cruz de Piedra con 2, 500 msnm, Cerro de San Miguel con 2, 800 msnm, Pico de Niquivil con 2, 700 msnm y el Volcán de Tacaná con 4, 093 msnm. La cima de este último es vértice del límite Internacional con Guatemala, esta provincia tiene rocas predominantemente de origen sedimentario, en especial rocas calizas, semejantes a las de la Sierra Madre Oriental. (INEGI, 2008 y 2017)

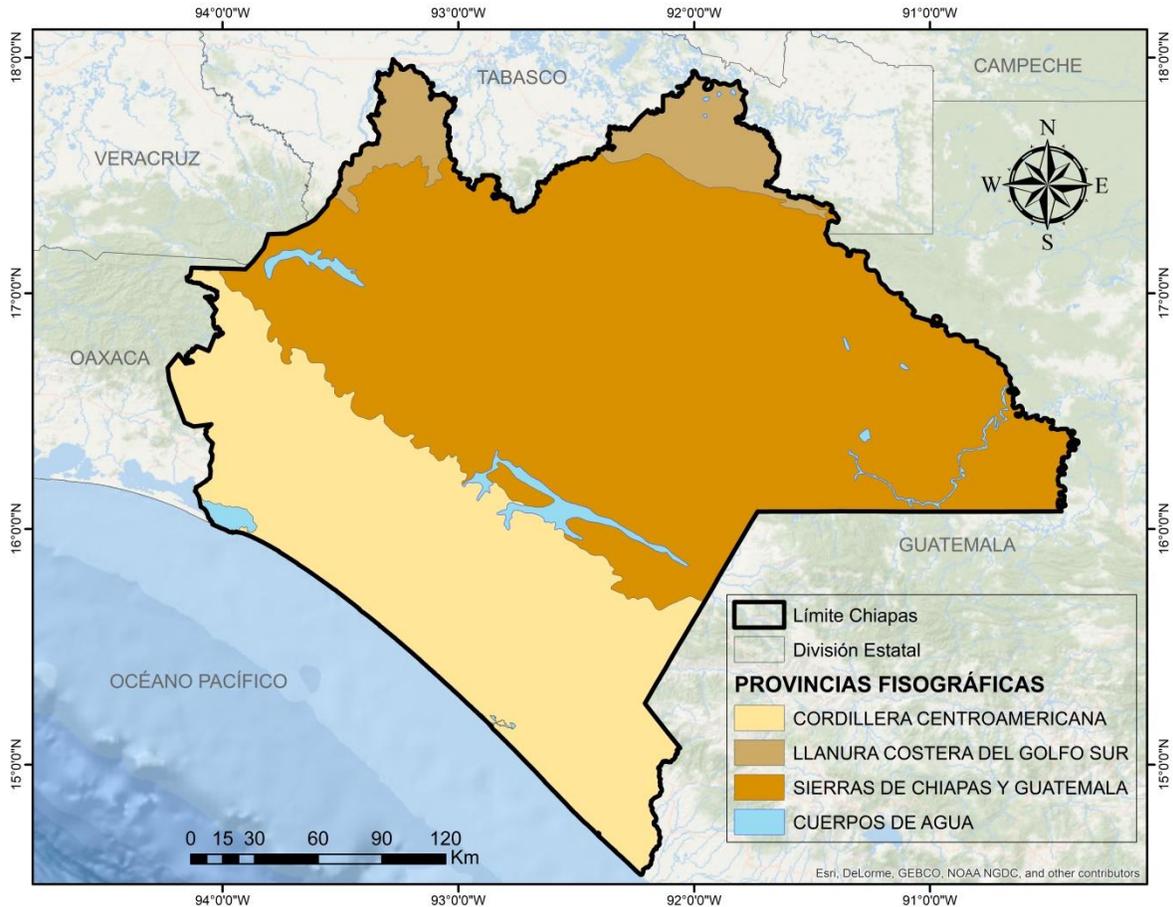


Fig. 2.9. Provincias fisiográficas del Estado de Chiapas.

Fuente: Elaboración propia con base en el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) INEGI, 2017.

A su vez, las tres provincias fisiográficas se dividen en diez Subprovincias fisiográficas (ver figura 2.10) (CONABIO, 2013). Estas son: los Altos de Chiapas, la Depresión central de Chiapas, la Llanura costera de Chiapas y Guatemala, la Llanura del Istmo, las Llanuras y pantanos Tabasqueños, la Sierra Lacandona, las Sierras bajas del Petén, las Sierras del Norte de Chiapas, las Sierras del Sur de Chiapas y Volcanes de Centroamérica.

Estas provincias y subprovincias son importantes ya que marcan los tipos de relieve que se presentan en el Estado de Chiapas, desde las sierras, hasta las llanuras y la costa, siendo importante para poder detectar en qué zonas se desarrollan los tornados.

1. Altos de Chiapas: su relieve es montañoso. Las rocas predominantes son calizas, como las grutas y dolinas, y es posible encontrar rocas de origen volcánico de manera aislada. Los volcanes Tzontehuitz (2, 618 msnm), en el municipio de San Juan Chamula, y Huitepec (2, 761 msnm), en San Cristóbal de las Casas, son las mayores elevaciones del Altiplano chiapaneco. Los suelos son delgados y pedregosos y, en la mayoría de los casos, presentan pendientes fuertes a abruptas. No existe una red hidrológica superficial importante, sino que se ha desarrollado de manera subterránea. La vegetación se encuentra muy perturbada y está constituida por bosques de encino y pino, predominando un género sobre otro de acuerdo a la altitud.

2. Depresión central de Chiapas: zona semiplana y extensa con valles intercalados, formada por rocas sedimentarias y depósitos aluviales. Los suelos son profundos y de origen aluvial, y en las zonas de lomeríos los suelos son delgados y pedregosos. La vegetación original se clasifica como selvas bajas caducifolias y en los lomeríos se encuentran selvas medianas, específicamente en altitudes superiores a los 800 msnm y bosques de encinos por arriba de los 1, 500 msnm.

3. Llanura costera de Chiapas y Guatemala: es una franja dispuesta en forma paralela al océano; tiene una longitud de 267 km y una amplitud de 16 km aproximadamente; está constituida por material de depósitos

provenientes de la sierra y se caracteriza por ser una llanura de escasa pendiente. El clima es cálido con lluvias en verano y los suelos son profundos y salitrosos debido a la cercanía con el mar. La vegetación original está constituida por selva mediana caducifolia, aunque actualmente ha sido sustituida, casi en su totalidad, por pastizales y extensos campos agrícolas. En los alrededores de los esteros se encuentra una importante franja de manglares.

4. Llanura del Istmo: es una zona de lomeríos y cerros aislados cuyas pendientes disminuyen paulatinamente hasta formar una franja costera de origen lacustre y de inundación, de amplitud considerable, cuya anchura es de 20 km aproximadamente, donde se presentan complejos lagunares conocidos como Superior e Inferior y Mar Muerto en cuyos márgenes se presentan marismas; aquí, los suelos son profundos, pero susceptibles a la erosión por los ríos que bajan desde la Sierra de Chiapas.

5. Llanuras y pantanos Tabasqueños: a Chiapas solo le corresponden las dos salientes que se prolongan al extremo norte (figura 2.6). El terreno es plano y presenta hondonadas en las que se acumula agua durante la temporada lluviosa. Está formada por materiales recientes que han sido acumulados por la acción de los ríos y no presenta rasgos sobresalientes en el terreno. La vegetación original es de selva mediana caducifolia, sin embargo, ésta ha sido sustituida casi en su totalidad por pastizales inducidos y cultivos de temporal.

6. Sierra Lacandona: el relieve se distingue por varias serranías paralelas, constituidas principalmente por rocas calizas y areniscas. La altitud es variada y fluctúa entre los 500 y 1,500 msnm. Los suelos son en general delgados y no aptos para las actividades agropecuarias. No obstante, son innumerables los campos de cultivo que se encuentran diseminados en los valles y aún en las laderas de las montañas, de los cuales se obtienen muy bajos rendimientos. Por su orientación, permiten que los vientos húmedos del Golfo lleguen a penetrar considerablemente y benefician a una extensa zona, propiciando el desarrollo de selvas altas y medianas perennifolias y subperennifolias.

7. Sierras bajas del Petén: es una zona que abarca una pequeña porción de territorio al noreste del estado, la cual se distingue por un paisaje de llanuras aluviales, que han sido formadas por los sedimentos de los ríos que nacen en la sierra de Chamá, en Guatemala.

8. Sierras del Norte de Chiapas: su terreno montañoso lo limita la Planicie Costera del Golfo al norte y la Depresión Central de Chiapas al sur. Las rocas predominantes son las calizas. La disposición de las montañas permite que capten gran parte de la humedad que traen consigo los vientos provenientes del Golfo de México, lo que propicia un clima cálido-húmedo con lluvias todo el año. En algunos sitios, la altitud modifica las condiciones térmicas, por lo que resulta ligeramente más fresco sobre los 1, 800 msnm. Hay que resaltar la importancia que revisten los nortes en la época invernal debido a los cuales llegan a registrarse precipitaciones superiores a los 5, 000 mm anuales. Debido a la naturaleza montañoso del terreno, los suelos son delgados pero en los pequeños valles logran desarrollarse suelos profundos. La vegetación original es la selva alta perennifolia, pero es posible encontrar bosques de pinos en altitudes superiores a los 2, 000 msnm.

9. Sierras del Sur de Chiapas: corre paralela a la Llanura Costera del Pacífico. En ella se registran las mayores altitudes del estado, como el volcán Tacaná, considerada la mayor elevación con 4, 093 msnm, constituida en su mayoría por rocas de origen volcánico. Los suelos son delgados y escasos, debido a lo abrupto del relieve y pendientes escarpadas que predominan, presentan una diversidad de microclimas y altitudes; existe una gran diversidad de comunidades vegetales como la selva mediana y alta perennifolia y subperennifolia, bosque de encinos, bosque mesófilo de montaña y bosque de pinos.

10. Volcanes de Centroamérica: es una cadena montañoso con elevaciones que van de 900 a 4 000 msnm, altura que se alcanza en las inmediaciones del volcán Tacaná (4 093 msnm), el cual está formado por rocas intrusivas y volcánicas. La porción de la planicie costera de Chiapas está recubierta por aluviones recientes y es posible encontrar afloramientos

aislados de gneis, mármol y esquistos. Los suelos son poco profundos y predominan los Acrisoles. Las comunidades vegetales, principalmente el bosque mesófilo y las selvas alta y mediana subperennifolia, y las laderas con pendientes suaves presentan cultivos perennes y procesos de cambio de uso de suelo a pastizales y cultivos de temporal (CONABIO, 2013).

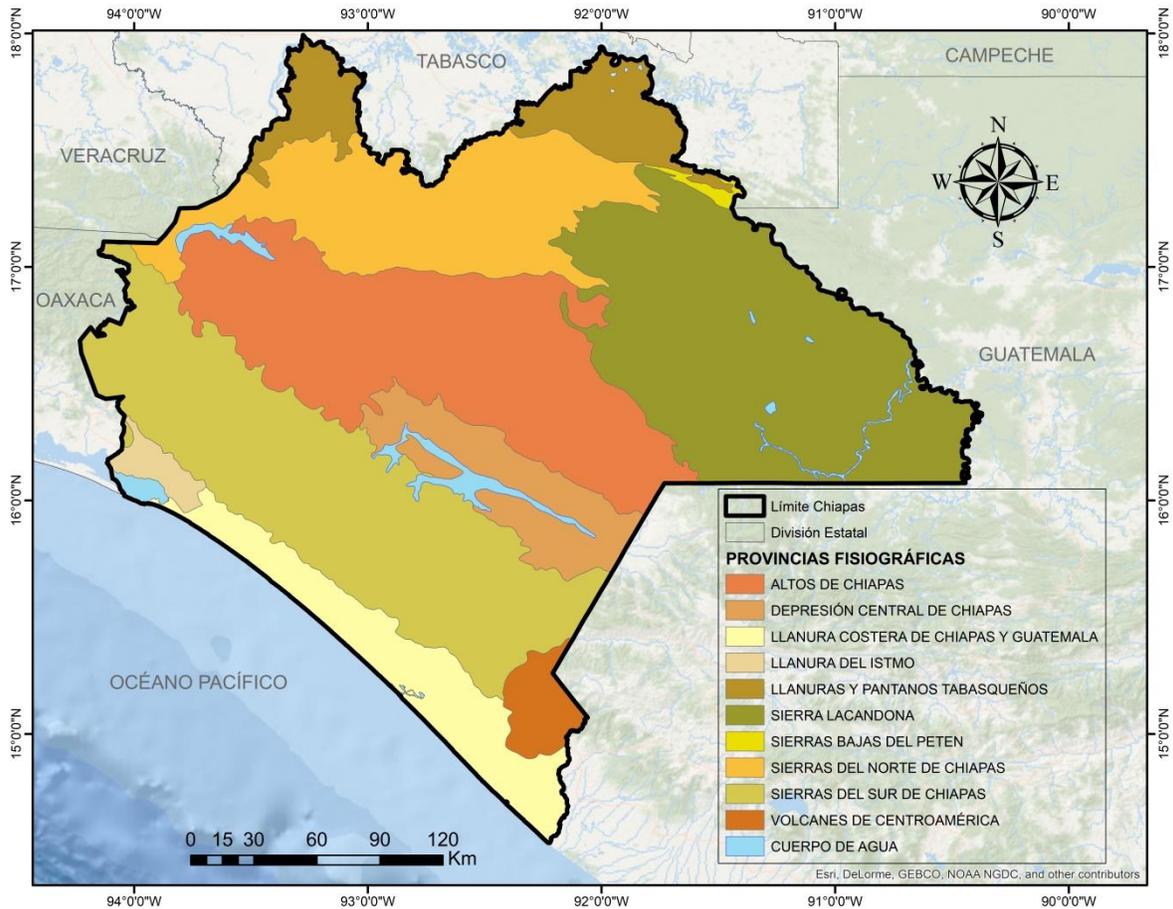


Fig. 2.10. Subprovincias fisiográficas del Estado de Chiapas.

Fuente: Elaboración propia con base en el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) INEGI, 2017.

2.3 Características climatológicas de Chiapas

En Chiapas se presentan climas cálidos, semicálidos y templados (figura 2.11). Los climas cálidos se distribuyen en terrenos cuya altitud va del nivel del mar a los 1000 m, abarca cerca de 74 % de la superficie de la entidad; la temperatura media anual es mayor a 18°C y se dividen en cálido-subhúmedo con lluvias en verano, cálido-húmedo con abundantes lluvias en verano, y cálido-húmedo con lluvias todo el año.

El clima semicálido abarca cerca del 20 % de la superficie del estado, se manifiesta en terrenos cuya altitud varía entre 1000 y 2000 m; presentan temperaturas medias anuales entre 18° y 22°C, se encuentran tres subtipos: semicálido-húmedo con abundantes lluvias en verano, semicálido-subhúmedo con lluvias en verano y subtipo semicálido-húmedo con lluvias todo el año. El clima templado se caracteriza por temperaturas medias anuales entre 12° y 18°C, abarca los terrenos por arriba de los 2000 m, los cuales representan aproximadamente 6 % de la entidad. Existen dos subtipos en el estado: templado húmedo con lluvias en verano y subtipo templado subhúmedo con lluvias en verano (CONABIO, 2013).

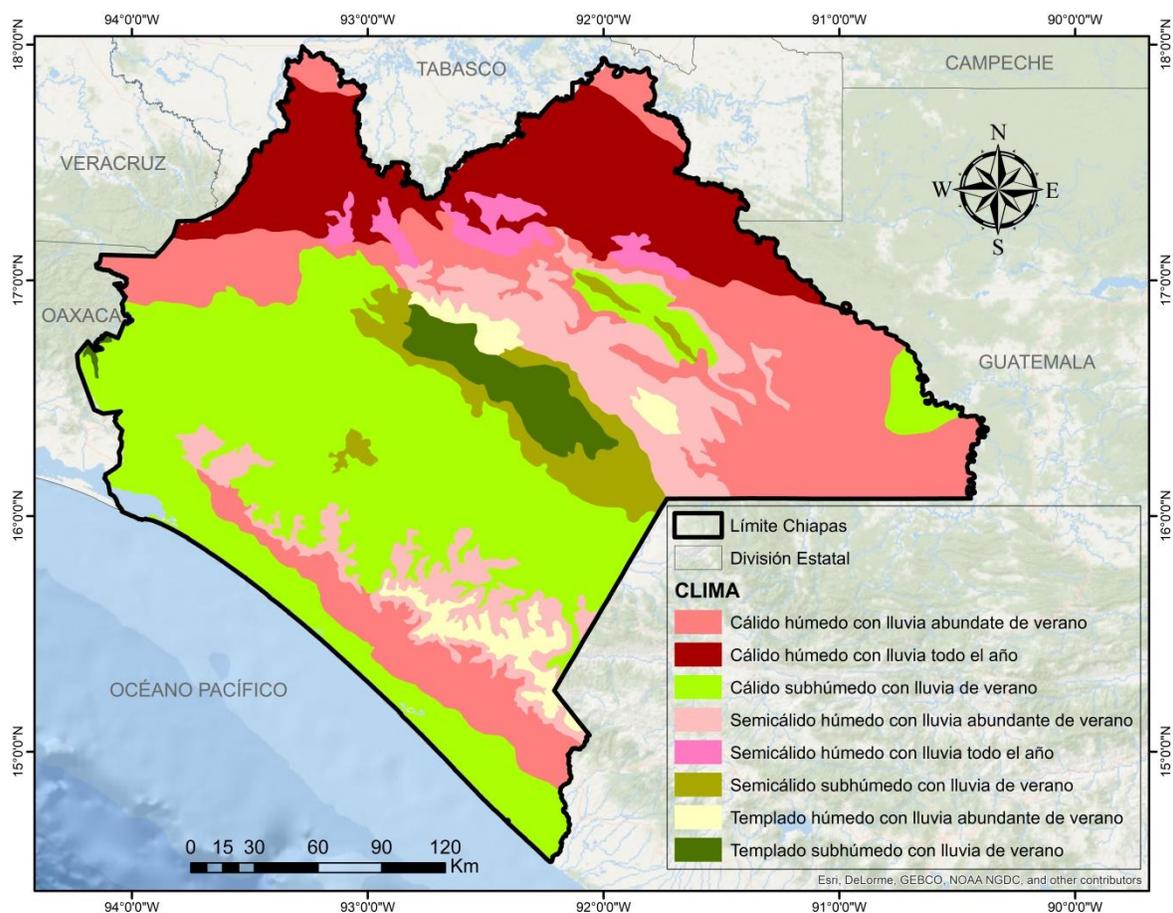


Fig. 2.11: Tipos de clima en el Estado de Chiapas.
 Fuente: Elaboración propia con base en la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), CONABIO 2013.

Como se puede observar en la figura 2.11, los climas que se presentan en el estado de Chiapas nos indican que en la mayor parte del territorio se presentan lluvias principalmente en el verano, aunque en algunas zonas, las lluvias son todo el año.

La temporada y distribución de lluvia está bien definida entre los meses de mayo a octubre, principalmente, en el sur y norte del estado donde los niveles de humedad del Pacífico y del Golfo de México se hacen más evidentes, como la zona del Soconusco, así como en la planicie tabasqueña, donde se llegan a registrar más de 4 000 mm al año. Por otra parte, las regiones con los niveles de precipitación más bajos se registran en la depresión central de Chiapas, donde las láminas de lluvia media anual oscilan entre 800 y 1 200 mm. (ver figura 2.12).

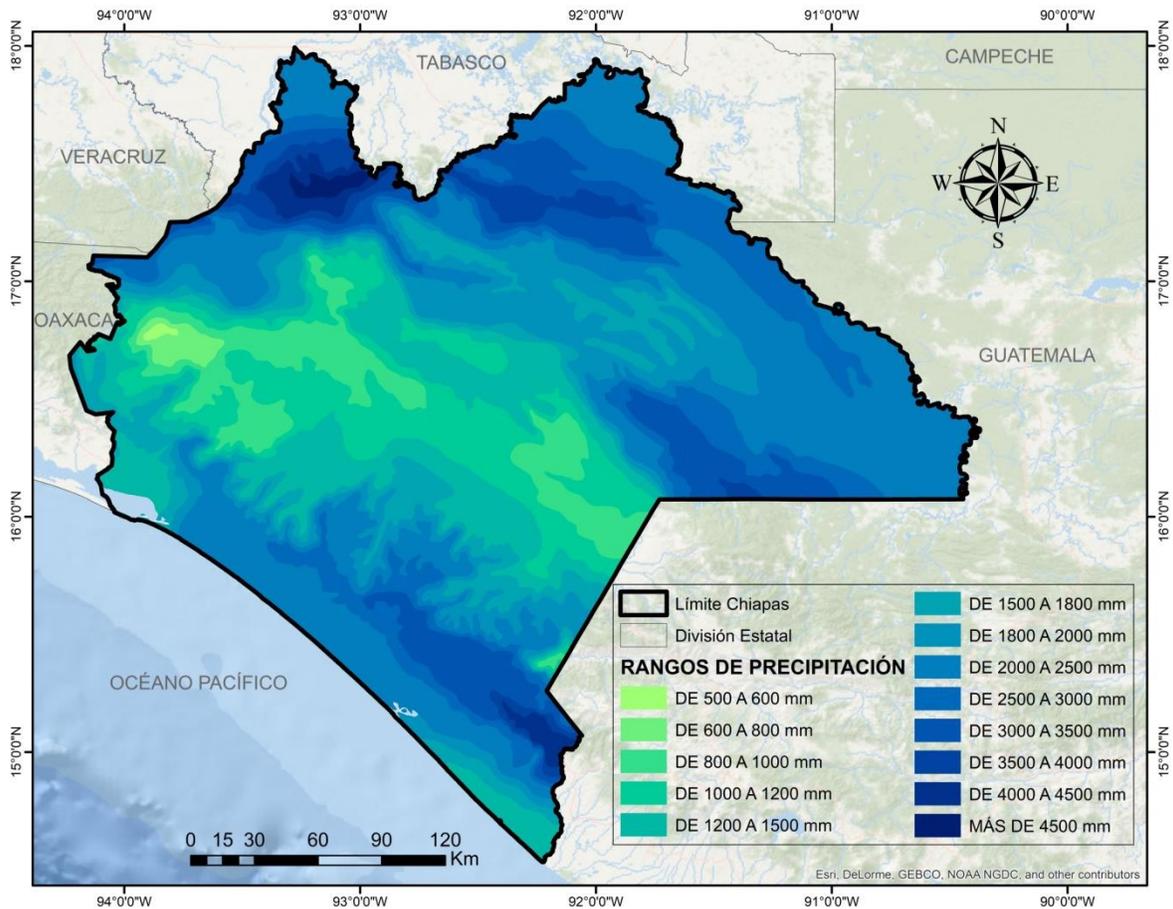


Fig. 2.12: Rangos de precipitación anual en el Estado de Chiapas.

Fuente: Elaboración propia con base en la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), CONABIO 2013.

En tanto que la temperatura media es máxima en el mes de mayo, los valores más altos de temperatura se registran sobre el litoral costero, la planicie tabasqueña y parte de la depresión central con rangos entre 18° C a 28°C, en tanto que las zonas más frías se ubican en los altos de Chiapas y desciende ligeramente durante la

temporada de lluvia, entre 10°C a 16°C, siendo diciembre y enero los meses más fríos (ver figura 2.13) (CONABIO, 2013).

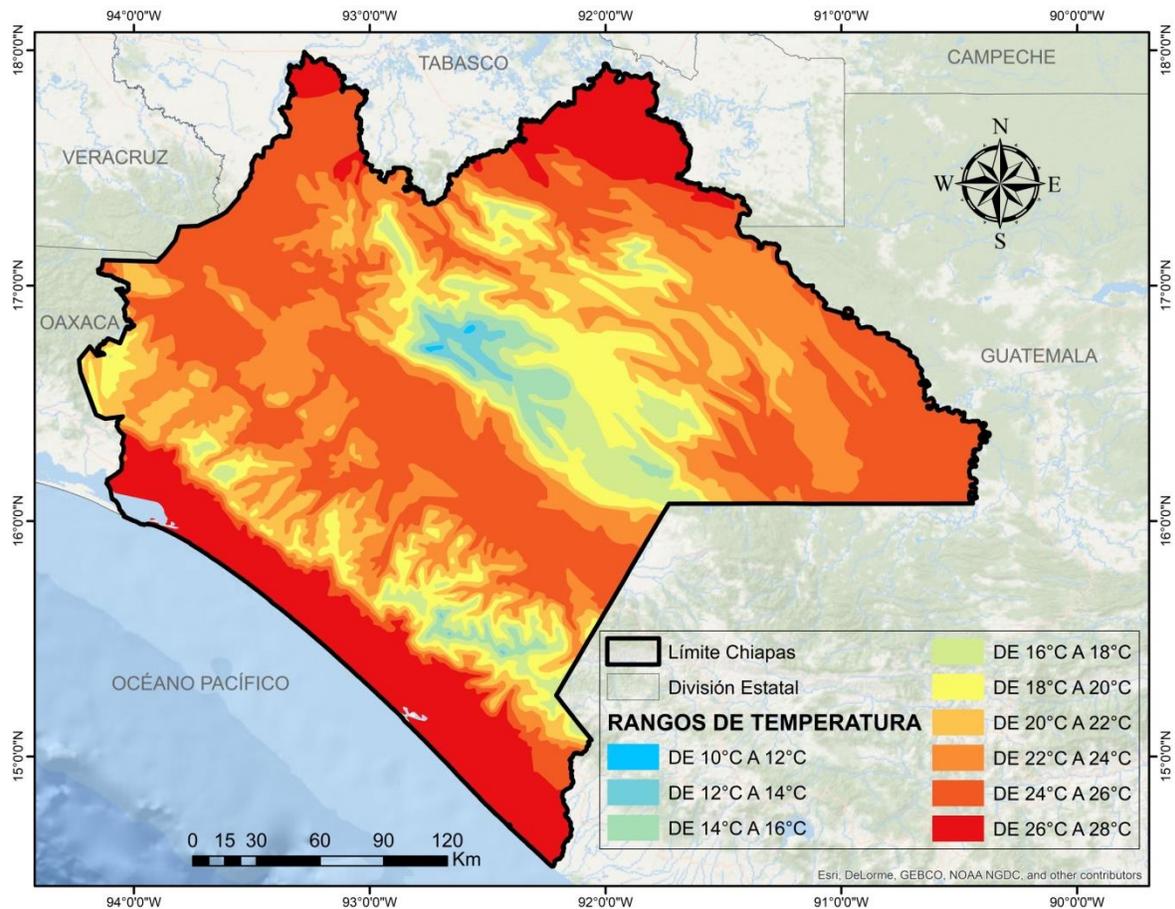


Fig. 2.13: Rangos de temperatura anual en el Estado de Chiapas.

Fuente: Elaboración propia con base en la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), CONABIO 2013.

Es importante comprender el panorama que nos presentan los rangos de temperatura y de precipitación. Por un lado, Chiapas es un estado que presenta una gran cantidad de lluvias al año en su territorio y lo que significa altos niveles de agua precipitada. Mientras que las temperaturas se mantienen entre los 22° y 28°C en casi todo el estado, donde solo unas pequeñas zonas ubicadas en las regiones montañosas presentan temperaturas más bajas.

2.4 Antecedentes de estudios de tornados en Chiapas

En la *Base de Datos de tornados en México. Reporte electrónico de la Comisión Interinstitucional para el Análisis de Tornados y Tormentas Severas* (Macías y Avendaño, 2013) y el artículo *Climatología de tornados en México* (Macías y Avendaño, 2014) se puede observar que Chiapas es uno de los 4 estados con mayor ocurrencia de tornados en el país (ver figura 2.2 y figura 2.3).

Como antecedente de estudios en Chiapas, se encuentra la ocurrencia de tornados en San Cristóbal de las Casas, estudiados por Aubry (2008) y Velasco (2012).

Aubry (2008) es uno de los primeros autores en indicar la presencia de tornados en este municipio y en el estado de Chiapas. Hace mención del primer evento ocurrido el 15 de septiembre de 1868 y lo describe como “Huracán (tornado seco) en el centro de la ciudad”, el segundo, ocurrido el 16 de septiembre de 1869, lo describe como “Culebra de agua (tornado con lluvia)”.⁷

Años después, Velasco (2012) en su artículo “*Tornados en SCDLC, Chiapas*”, realizó una investigación tomando como referencias para los registros, videos subidos a internet en la plataforma YouTube mx, que muestran la ocurrencia de estos fenómenos en los años 2007, 2010, 2011 y 2012 en el que se muestra su desarrollo y el peligro de los fuertes vientos que llevan consigo. En todos y cada uno de ellos se puede observar la morfología de la nube de color gris, las tormentas, lluvias y otros elementos asociados a los tornados (figura 2.14).

⁷ Estos datos son mencionados por distintos autores con una ocurrencia en los años de 1968 y 1969, lo cual es incorrecto.



Fig. 2.14: Imagen del estudio de tornado.
Fuente: Velasco, 2012 (Fotografía tomada de un video de YouTube).

En el mismo trabajo, Velasco se da la tarea de clasificar los tornados de acuerdo a la Escala Fujita, para ello se apoya de fotografías, entrevistas y diarios locales donde se mostraron los daños producidos por cada uno de estos fenómenos. De forma resumida, su análisis se expone en el cuadro 2.1:

Cuadro 2.1 Tornados en San Cristóbal de Las Casas				
Fecha	Caracterización	Horario	Trayectoria	Daños ocasionados
2012				
30 de septiembre *	EF0	3.50 p.m.	11 Cuartos (Barrio de San Ramón)	Techumbres de viviendas afectadas
11 de julio	EF0	2.30 p.m.	Calle avenida la Alborada-Templo San José (Col 5 de marzo)	Techumbre de cinco viviendas afectadas.
10 de abril	EF1	3.40 p.m.	Callejón del CECyTECH8 Calle Bermúdez Lagos de María Eugenia (Barrio de María Auxiliadora).	Corte de energía eléctrica, la ruptura de ramas de aboles, viviendas y comercios afectados. Un total de 43 viviendas afectadas (Protección Civil Municipal, Estatal).
2011				
25 de enero	EF0	4.38 pm	Plaza Catedral	Sin daño alguno.
2009				

07 de junio	EFO	3:00 p.m.	Ave Oxchuc calle Chenalhó y Zinacatán (Col. Erasto Urbina).	Techumbres de viviendas afectadas, cortes de energía eléctrica.
10 de octubre (P)	EFO	2.30 pm	Colonia Molino Utrilla	Siete casas afectadas en sus techos de láminas, caída de poste de luz, vivienda sin energía, personas con crisis nerviosas (Protección Civil Municipal, Estatal).
2007				
27 de agosto	EF1	2:30 pm	Calle Honduras y Colombia, Calle Lázaro Cárdenas (Barrio de Mexicanos).	Personas en crisis nerviosa, ruptura de ramas, árboles caídos, 12 viviendas afectadas con techos de láminas, asbestos y tejas; ruptura de cables de energía eléctrica, y estructura metálica.

Fuente: Elaboración de Velasco (2012) con base en observación visual de campo, noticieros de radio y periódicos.

(P) Periódico en <http://www.oem.com.mx/elmexicano/notas/n1357461.htm>

(*) Funcionario de Protección Civil Regional y Municipal (2012).

De igual manera que en algunos estudios antes mencionados, Velasco realiza un análisis de las creencias y respuesta social de la gente durante la ocurrencia de tornados, así como de las acciones que toma Protección Civil en estos casos, haciendo una pequeña crítica a que éstos se enfocan más a dar respuesta a la emergencia que surge después de los eventos meteorológicos. Algo muy importante, ya que a pesar de que las autoridades son conscientes del daño que los tornados pueden generar, no se tienen medidas preventivas adecuadas a éstos.

Otro estudio es el *Reporte de investigación. Los tornados en San Cristóbal de las Casas, Chiapas, de 2014.*, (Macías, et. al.: 2014) que se enfoca más al estudio de la vulnerabilidad en la población de San Cristóbal de las Casas, haciendo un breve resumen de antecedentes de cómo se fue construyendo esta ciudad, el crecimiento de la población, así como los diferentes fenómenos naturales que se presentan en este territorio, desde sismos hasta inundaciones y por supuesto, los tornados.

En este reporte se analizan 4 eventos de tornados entre junio y agosto de ese año. Resaltando de ellos el tornado ocurrido el 6 de agosto del 2014 donde ocurrieron muchos daños y donde le Gobierno del Estado hizo una declaración de emergencia para que hubiera una mejor atención a las necesidades de la población tras las afectaciones por el fenómeno.

Asimismo, en el reporte de investigación se realiza un análisis sobre el comportamiento de las personas durante la ocurrencia de tornados en San Cristóbal de las Casas Chiapas en conjunto con la reacción por parte del gobierno y las instituciones de Protección Civil, los factores de riesgo y protección en ésta localidad, así como los sistemas de alerta.

Al final de esta investigación se hacen unas cuantas recomendaciones para el conocimiento científico de tornados y tormentas severas, como es el desarrollo de la investigación de meteorología de mesoescala, así como la construcción de un sistema de alerta temprana. Además de recomendaciones a las organizaciones de Protección Civil y gestión del riesgo en cuanto al diseño de un programa de difusión sobre tornados y prevención de desastres, organizar foros de discusión en los altos funcionarios sobre el concepto de emergencia, modificaciones en los procedimientos y materiales de ayuda en emergencias y recuperación en los casos de ocurrencia de tornados e iniciar un programa de mejoramiento de vivienda considerando el problema de la debilidad de los techos.

2.4.1 Desastres por tornados en Chiapas

Analizando los trabajos e investigaciones anteriores, se puede notar que la ocurrencia de tornados en Chiapas es frecuente, sobre todo en San Cristóbal de las Casas. Por consecuencia, esto quiere decir que la población de este municipio es propensa a la ocurrencia de desastres por efectos de estos fenómenos.

Para este apartado se realizó una clasificación de los tornados que han ocurrido en Chiapas (principalmente en San Cristóbal de las Casas) con el fin de seleccionar los que derivaron en algún desastre, ya sea por los daños causados a viviendas, estructuras y edificios públicos, por lesionados o incluso muertos. Para esto se tomó

en cuenta una de las definiciones de desastre expuestas en el Capítulo uno, que dice;

“un desastre ocurre cuando un considerable número de personas experimenta una catástrofe y sufre daño serio y/o perturbación de su sistema de subsistencia, de tal manera que la recuperación es improbable sin ayuda externa.” (Blaikie, 1996)

Entendiendo por ayuda externa cualquier apoyo por parte de las autoridades e instituciones tanto locales, municipales y/o federales, incluyendo la ayuda y donaciones extranjeras, por mínima que esta sea.

A partir de esto y de los registros obtenidos en los trabajos de Velasco (2012) y el CIESAS (2014), se elaboró el cuadro 2.2 donde se muestran los tornados que fueron causa de desastres, el lugar donde ocurrieron y los daños que provocaron:

Cuadro 2.2 Desastres por tornados en Chiapas 1785 - 2014			
Fecha	Lugar	Daños provocados	Fuente
30 Agosto 1785*	San Cristóbal de las Casas	Se desató un viento huracanado del norte que destruyó edificios, arrancó árboles y acabó (sic) las siembras de los alrededores a la ciudad. Se desató un fuerte viento con lluvias torrenciales. Destruyó edificios y arrancó árboles y terminó con las siembras, 341 casas derrumbadas. Los barrios muy afectados. La Merced y Mexicanos. El Alcalde Mayor Ignacio de Coronado convocó juntas en El Cerillo para planear la mitigación de los sufrimientos de la población. 30 de agosto -3 de septiembre de 1785 “Casi toda la ciudad fue destruida. Luego cayó la lluvia profusamente y la inundación llegó hasta lo que es hoy la torre de El Carmen (a tres cuerdas del parque central). Fue una cosa sumamente grave y causó muchos muertos, sobre todo ahogados. Fue verdaderamente devastador. Entró por la zona nororiente, por lo que es hoy el barrio de Guadalupe”.	Trens, 1957b:237-38. En: DAMCH-TI Diario Cuarto Poder, entrevista a Manuel Burguete Estrada, Cronista de SCDLC. 10 de agosto de 2014
18 Agosto 1955*	San Cristóbal de las Casas	Afectó a los barrios de El Cerrillo, Cuxtitali y el más dañado fue Mexicanos. Arrancó árboles, unos sabinos que había en lo que es hoy el Parque de los Periodistas. Hubo destrucción como de 55 casas totalmente. La tromba lanzó al aire animales muertos, caballos, borregos y perros, causó graves daños al entonces mercado Miguel Alemán Valdez que estaba en la plazuela de La Merced, pues le arrancó todas las láminas del techo”... lo curioso de ese tornado de 1955 es que chupó el agua del	Fuente: Diario Cuarto Poder, entrevista a Manuel Burguete Estrada, Cronista de SCDLC. 10 de agosto de 2014

		río Amarillo desde Cuxtitali hasta la Isla; subió el agua total del cauce del río. ¿Te imaginas los millones de litros de agua que elevó a una altura de más o menos mil metros? El viento la subió, quedó por un tiempo en el aire; elevó toda la corriente que traía el río que entonces era bastante porque estaba lloviendo.	
22 Octubre 2004*	San Cristóbal de las Casas	Un niño indígena falleció y cinco casas dañadas tras el paso de un torbellino en la colonia Primero de Enero, en la parte Norte de San Cristóbal de las Casas. Habitantes de ese lugar explicaron que alrededor de las 15:00 horas un fuerte viento azotó la zona y levantó los techos de por lo menos 5 viviendas.	BD-Tornados México. La Jornada 23/10/2004
27 Agosto 2007*	San Cristóbal de las Casas	Personas en crisis nerviosa, ruptura de ramas, árboles caídos, 12 viviendas afectadas con techo de láminas, asbesto y tejas; ruptura de cable de energía eléctrica, y estructura metálica. Levantó techos de lámina y varias tejas de varias casas. Derribó cables de energía eléctrica y algunos árboles. Y levantó estructuras metálicas. Derribó una barda.	Velasco, Juan Carlos. 2012. Tornados en SCDLC, Chiapas. CIATTS. BD-Tornados México. La Jornada, 28/08/2007
7 Junio 2009*	San Cristóbal de las Casas	Techumbres de viviendas afectadas, cortes de energía eléctrica.	Velasco, Juan Carlos. 2012. Tornados en SCDLC, Chiapas. CIATTS.
9 Octubre 2009*	San Cristóbal de las Casas	Arrasó con el techo de 7 viviendas. Caída de un poste. Fuertes ráfagas de viento levantaron por los aires cerca de 25 láminas. Algunas personas tuvieron crisis nerviosa.	BD-Tornados México. El Heraldo de Chiapas. 10/10/2009 Velasco, Juan Carlos. 2012. Tornados en SCDLC, Chiapas. CIATTS.
10 Abril 2012°	San Cristóbal de las Casas	“En La Colonia 5 de Marzo, el viento ocasionó daños en 43 viviendas, y esto es en la techumbre; en algunas de manera parcial y en otras hasta en un 80%”. Además “Dos personas resultaron con crisis nerviosa, fueron atendida en el lugar por el personal de Cruz Roja y Protección Civil, y una fue trasladada al Hospital de Las Culturas. Yesenia Moreno Flores de 14 años con crisis nerviosa, con domicilio en la calle San José 63 de la Colonia 5 de Marzo y Diana Guadalupe Sánchez Bermúdez de 11 años, con dirección en avenida San José 5 de Marzo; requirió su traslado al Hospital de Las Culturas, debido a que presentó taquicardia, disnea y nauseas”. (Noticiero XEWM AM, Municipio San Cristóbal de Las Casas, 11-04-2012)	BD-Tornados México y Velasco, Juan Carlos. 2012. Tornados en SCDLC, Chiapas. CIATTS. Periódico Expreso Chiapas y El Imparcial. 11/04/2012 Tornado en San Cristóbal de las Casas* Subido por Pablo Evenou, el 21/04/2011
		Los daños registrados en las notas periodísticas, que a su vez dieron cuenta de informaciones de autoridades de la ciudad, básicamente refieren que hubo “al menos 24	BD-Tornados México. Por Mirena Mollinedo

22 Junio 2014*	San Cristóbal de las Casas	viviendas dañadas (tres de ellas reportadas con afectaciones por los árboles que cayeron), cuatro locales comerciales afectados, y seis árboles tirados”, así como “el derribó ramas de la plazuela El Cerrillo y de la Sacristía del mismo lugar”. (Macías, <i>et. al.</i> , 2014)	www.asich.com 24/06/2014
6 Agosto 2014*	San Cristóbal de las Casas	Los daños fueron cuantiosos, registrando afectación en 13 colonias destacando el desprendimiento de techos de láminas de zinc. Las consecuencias del paso de este tornado merecieron una solicitud de declaratoria de emergencia de parte del gobernador de la entidad, misma que fue aceptada por la Secretaría de Gobernación para destinar recursos a la atención de la emergencia. Entre los daños principales se destacan la afectación diferencial a viviendas particulares, a negocios pequeños, edificios públicos, caída de árboles y afectación a vehículos y a la infraestructura de distribución de electricidad. Hubo diversas personas que tuvieron lesiones, que no fueron reportadas como graves. (Macías, <i>et. al.</i> , 2014)	BD-Tornados México Por Óscar Gutiérrez y Fredy Martín Pérez. El Universal y www.icosochiapas.gob.mx 06/08/2014, 08/08/2014, 09/08/014
8 Agosto 2014*	San Cristóbal de las Casas	Basados en los reportes periodísticos solamente, porque no accedimos a información oficial, registramos que los daños de este tornado no fueron comparables con el anterior porque afectó parcialmente 14 casas en el barrio de “Cuxtitali”. Algunas de esas viviendas sufrieron desprendimiento total de los techos, y son las que se ubican en las calles mencionadas en el párrafo anterior. (Macías, <i>et. al.</i> , 2014)	BD-Tornados México www.conexiontotal.mx y www.zocalo.com.mx 09/08/2014
<p>Siglas: SCDLC = San Cristóbal de las Casas DAMCH-TI = Desastres Agrícolas en México. Catálogo Histórico. Tomo I (García, Pérez y Molina, 2003) *https://www.youtube.com/watch?v=guJT3RqYDMk</p>			

Fuentes: * Macías, Jesús Manuel, *et. al.*, 2014. *Reporte de investigación. Los tornados de San Cristóbal de las Casas, Chiapas, del 2014*, CIATTS, CIESAS, México.
° Velasco, Juan Carlos, 2012. *Tornados en SCDLC, Chiapas*, CIATTS, México.

Como se puede observar, los tornados que han ocurrido en San Cristóbal de las Casas, Chiapas causan bastantes daños a la población, ya sea desde daños a viviendas, destruyendo sus techos, dañando las infraestructuras de los servicios públicos, daños en negocios y comercios, edificios públicos, a veces daños a vehículos, personas lesionadas por proyectiles o la fuerza del viento y en algunos casos incluso han dejado muertos tras su paso. De aquí surge la importancia de

todos estos estudios pues son una forma de dar evidencia de que los tornados también son fenómenos naturales que se presentan de forma constante en México, con respecto a otros fenómenos como los sismos, dejando desastres tras su paso y a los cuales se debería dar una importancia de la misma magnitud que a los sismos o a los volcanes, por mencionar algunos ejemplos.

CAPÍTULO 3: CLIMATOLOGÍA DE TORNADOS EN CHIAPAS Y LA PREVENCIÓN

3.1 El estudio de la Climatología de tornados en Chiapas

Los tornados son fenómenos meteorológicos que se presentan en México de forma recurrente. Chiapas es uno de los estados donde más se presentan, ocupando el tercer lugar a nivel nacional junto con Tlaxcala (Macías y Avendaño, 2014).

Como se mostró en los capítulos anteriores, los estudios de tornados en México han ido creciendo tanto en información como en importancia, algunos de ellos abarcado grandes cantidades de datos y registros.

En este capítulo se abarca el estudio de la climatología de tornados en el estado de Chiapas durante el periodo de 1957 a 2017, se explica la metodología aplicada para la realización de esta investigación y también se explican los resultados que se obtuvieron, generando una climatología de tornados para el estado de Chiapas.

3.1.1 Metodología

Antes de poder establecer una climatología de tornados es necesario saber cuántos se han presentado en el Estado Chiapas, su temporalidad y en qué lugares exactamente. Para esto, la investigación para la obtención de datos se dividió en dos fases:

La primera consistió en una investigación documental basada en artículos científicos, libros y revistas relacionados con la ocurrencia de tornados en México, donde principalmente se tomaron los datos presentados en la *Base de Datos de tornados en México. Reporte electrónico de la Comisión Interinstitucional para el Análisis de Tornados y Tormentas Severas* (Macías y Avendaño, 2013) y también en el *Reporte de investigación. Los tornados en San Cristóbal de las Casas, Chiapas, de 2014.*, (Macías, et. al.: 2014).

De igual manera se hizo una investigación hemerográfica sobre noticias de periódicos tanto nacional como de periódicos locales del estado de Chiapas que abarcaran las fechas de 1957 a 2017. La mayor parte de esta fase de investigación

se realizó en la Hemeroteca Nacional, ubicada en Ciudad Universitaria. A su vez, se revisaron páginas de internet, principalmente hemerotecas digitales de periódicos nacionales y del Estado de Chiapas más conocidos, con el fin de buscar noticias sobre ocurrencias de tornados que abarcaran las mismas fechas del estudio. Para facilitar la búsqueda de noticias, primero se eligieron ciertas palabras clave relacionadas a los distintos nombres que se le dan a los tornados, estas son: tornado, remolino, torbellino, tromba, tromba marina, tolvana, culebra, culebra de agua, ráfaga de viento, fuertes vientos (Macías, 2001, Avendaño, 2011), cada noticia que se encontró con alguno de estos términos se leyó completa para asegurar que se trataba de la mención de un evento tornádico. Si la noticia no contaba con la información necesaria, se comparaba con otras noticias principalmente de la misma fecha para corroborar datos.

La segunda fase consistió en trabajo de campo en algunos municipios de Chiapas los cuales fueron Tuxtla Gutiérrez, Chiapa de Corzo, San Cristóbal de las Casas, Comitán de Domínguez y Ocosingo⁸, con el objetivo de visitar bibliotecas municipales y hemerotecas públicas y de periódicos locales, ya que muchos de estos, sobre todo los periódicos más antiguos, sólo cuentan con ejemplares físicos en estos lugares. Además, también se buscó información en fuentes como la biblioteca de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas, los archivos históricos en cada municipio, el archivo histórico diocesano de San Cristóbal de las Casas y algunos museos de historia de Chiapas. También se acudió al El Colegio de la Frontera Sur en busca del apoyo del investigador Juan Carlos Velasco, autor del artículo *Tornados en SCDLC, Chiapas* y coautor en el artículo *Reporte de investigación. Los tornados en San Cristóbal de las Casas, Chiapas, de 2014.*, (Macías, et. al.) y con el cual se pudieron comparar algunos registros y obtener información adicional de dónde acceder a una mayor cantidad de datos.

⁸ Estos municipios se escogieron por dos razones; en primera instancia por la cercanía que tienen cada uno de ellos con San Cristóbal de las Casas, el municipio con mayor número de tornados registrados en Chiapas. Y por otro lado por el acceso tanto de transporte como económico a cada uno de ellos.

Además, como otra parte importante en esta investigación es lo relacionado a la prevención de desastres, se visitaron las instalaciones de Protección Civil y se realizaron entrevistas a los directores de distintas áreas con el objetivo de conocer los conceptos que esta institución maneja, así como saber los distintos planes y acciones que se toman al momento de presentarse un fenómeno natural como los tornados (mismos que se analizan en el subcapítulo 3.4).

Los datos que se obtuvieron de cada noticia se almacenaron en tablas de Excel. En la primera tabla se acomodaron los tornados ocurridos con los datos generales de cada uno, es decir: 1) lugar de ocurrencia, 2) nombre con el que se registró el tornado, 3) el año, 4) el mes, 5) el día, 6) el día de la semana, 7) la hora completa, 8) la descripción de los daños causados, 9) la fuente o fuentes de dónde se obtuvo la información y 10) un anexo para imágenes, links de páginas de internet, o notas.

Se realizó una segunda tabla donde correspondiera el municipio con el año en que ocurrió el tornado (ver figura 3.1 como ejemplo), de esta manera se obtuvo el total de tornados por año que ocurrían en cada uno de los municipios y un total de tornados ocurridos en cada uno durante los 60 años que abarca la investigación.

Año/ Municipio	San Cristóbal	Cacahoatán	Huehuetán
1957			
1958			1
1959		1	1
[...]			
2017	4		
TOTAL	26	3	2

Fig. 3.1: Ejemplo de acomodo de datos para el registro de tornados por municipio y año. De azul el nombre de los municipios, de amarillo los años en que ocurrieron, y en rojo el total de tornados que se registraron en cada municipio entre 1957-2017. (Ver tabla B1 en Anexo).

Fuente: Elaboración propia.

De la misma manera, los datos se vaciaron en una tercera tabla donde correspondiera el mes en que ocurrieron tornados durante cada año que abarca la investigación, obteniendo también un total de tornados ocurridos por cada año (ver figura 3.2 como ejemplo).

Año/Meses	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Sin datos	TOTALaño
1957															0
1958															0
1959					1										1
1960										1					1
[...]							1								1
2013															0
2014						1	2	2						1	6
2015					1	2	3	2							8
2016	1	1		1	2		1	1	1	1	2				11
2017	1	2	1	2	1	1	1	2	1	2	1	0	1		16
TOTALmes	2	3	1	3	5	4	7	8	2	4	3	0	1	1	

Fig. 3.2: Ejemplo de acomodo de datos para el registro de tornados por mes y año. De azul se muestran los meses del año, de gris son los registros que no cuentan con un mes de ocurrencia señalado, pero sí el año, de amarillo el año en que ocurrieron los tornados, de rojo el total de tornados que se presentaron en cada mes entre 1977 y 2017 y de verde el total de tornados que se presentaron cada año desde 1957 al 2017. (Ver tabla B2 en Anexo).

Fuente: elaboración propia.

Como los ejemplos anteriores, se realizó una cuarta tabla que contiene los registros de tornados por hora del día y dividido en las 24 horas, tres categorías distintas para los datos que no tenían una hora específica y que en cambio solo mencionaban la ocurrencia del tornado durante un momento del día (mañana, tarde y noche) pero que no cuentan con una hora de ocurrencia específica y una categoría de los registros que no tenían dato alguno sobre la hora de ocurrencia, obteniendo el total de tornados que ocurrieron en distintas horas y momentos del día (ver figura 3.3 como ejemplo).

HORA DEL DÍA	FRECUENCIA
00:00	
01:00	
02:00	
03:00	
04:00	
05:00	
06:00	
07:00	
08:00	
09:00	
10:00	
11:00	
12:00	
13:00	4
14:00	9
15:00	2
16:00	6
17:00	7
18:00	1
19:00	2
20:00	1
21:00	
22:00	
23:00	
MAÑANA	3
TARDE	13
NOCHE	6
SIN DATOS	32

Fig. 3.3: Ejemplo de acomodo de datos para el registro de tornados por hora y momento del día. El color amarillo separa los tornados que tienen una hora específica en su registro durante las 24 horas del día, en verde están los tornados que no tienen una hora específica pero que en su registro sí se menciona el momento del día en que ocurrieron (mañana, tarde y noche) y en café son los tornados que no tienen una hora de ocurrencia especificada en su registro. (Ver tabla B3 en Anexo).

Fuente: Elaboración propia.

La quinta tabla realizada para analizar datos contiene los registros a partir de los días de la semana, es decir, con los datos de cada noticia, la fecha exacta se buscó en calendarios para establecer el día de la semana y cada registro de tornado se acomodó en el día correspondiente (ver tabla B4 en Anexo). Y, por último, se realizó una tabla en la que se acomodaron los tornados uno por uno y se separaron los daños que cada uno de ellos ocasionó, dividiéndola en ocho categorías: 1) daños a viviendas, 2) daños a servicios públicos, 3) daños en medio ambiente (es decir en árboles, animales, etc.) 4) daños a edificios e infraestructura pública, 5) número de lesionados, 6) número de muertos, 7) los registros que no tuvieron daño y 8) los registros que no tienen mención de daños. Se obtiene el total de tornados que causaron daño por cada categoría. (Ver tabla B5 en Anexo).

De esta manera, se puede tener un mejor análisis de los datos recopilados y con los cuáles se realizaron las tablas y gráficas que se presentan en los subcapítulos siguientes.

Además, como parte de la metodología se realizaron entrevistas a Víctor Amezcua Vázquez, delegado Regional del Sistema Integral de Protección Civil del Estado de Chiapas y a Inti Contreras Escamilla, bombero, paramédico y equipo de Logística de Protección Civil de San Cristóbal de las Casas, Chiapas, con el objetivo de conocer más sobre la información de tornados, así como los procedimientos que siguen cuando se presentan estos fenómenos naturales.

Es importante recordar que para esta investigación la climatología es aplicada al análisis estadístico del registro de tornados, es decir, la variabilidad de su ocurrencia tanto en temporalidad como en espacialidad. Como se mencionó anteriormente, para la realización de esta investigación se tomó como base el artículo *Climatología de tornados en México* (Macías y Avendaño, 2014) y se han consultado distintas fuentes informativas, principalmente notas periodísticas de correspondientes al Estado de Chiapas encontradas tanto en periódicos de nivel nacional como periódicos a nivel estatal y municipal, revistas científicas, artículos e investigaciones científicas, páginas de internet, de periódicos de Chiapas y páginas oficiales del Estado de Chiapas, donde la información abarcara el periodo de 1957 a 2017.

En esta investigación se obtuvieron un total de 86 registros de tornados para el periodo de 1957 a 2017, en 29 de los 118 municipios del estado de Chiapas.

Como se puede observar en la figura 3.4, la mayoría de los municipios donde han ocurrido tornados (22 de los 29) cuentan con el registro de uno o dos eventos, mientras que en 6 de los 29 registran entre 4 y 8 tornados, destacando de entre todos un solo municipio con un registro de 28 tornados.

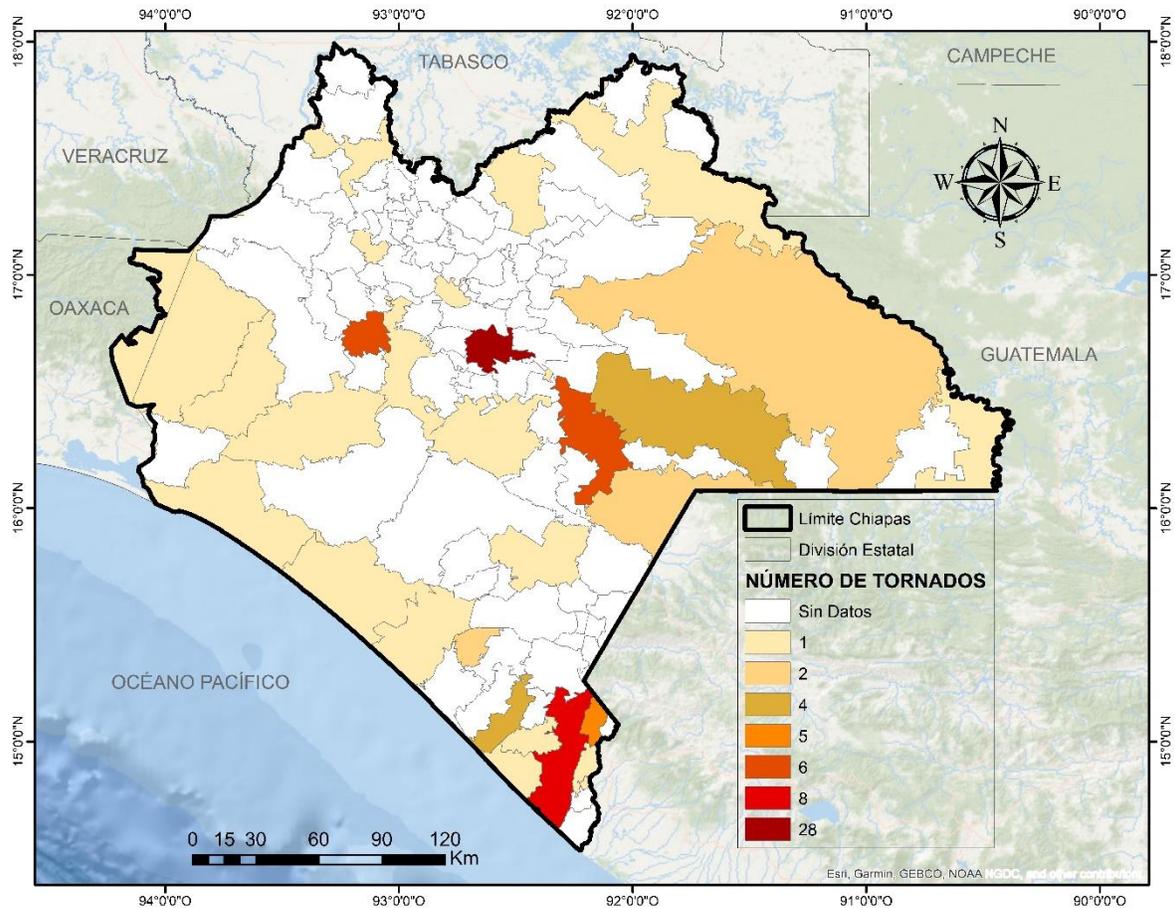


Fig. 3.4: Número de tornados por municipio en el Estado de Chiapas en el periodo de 1957 a 2017. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos recabados durante esta investigación y con base en Macías y Avendaño, 2014.

Para entender un poco mejor el panorama, la figura 3.5 nos muestra todos los municipios con sus respectivos registros de tornados entre 1957 a 2017. Los municipios de Benemérito, Chiapa de Corzo, Chicomosuelo, Cintalapa, Coapilla, Huehuetán, Jiquipilas, Larráinzar, Mapastepec, Mazatán, Metapa, Palenque, Pichucalco, Pijijiapan, Tila, Tonalá, Tuxtla Chico, Venustiano Carranza y Villaflores cuentan con un registro de tornado (19 de los 86, que representan el 22.09%); los municipios de Acacoyagua, La Trinitaria y Ocosingo, cuentan con dos registros de tornados cada uno (6 de los 86, que representan el 6.97 %); Huixtla y Las Margaritas tienen cada uno 4 registros de tornados (8 de los 86, que representan el 9.3%), Cacahoatán tiene 5 registros de tornados (que representan el 5.81%), Comitán de Domínguez y Tuxtla Gutiérrez cuentan con 6 registros cada uno (12 de los 86, que

representan el 13.95%), Tapachula cuenta con 8 registros (que representan el 9.3%) y el municipio de San Cristóbal de las Casas destaca de entre todos con un total de 28 registros de tornado (que representan el 32.55%) (ver fig. 3.5).

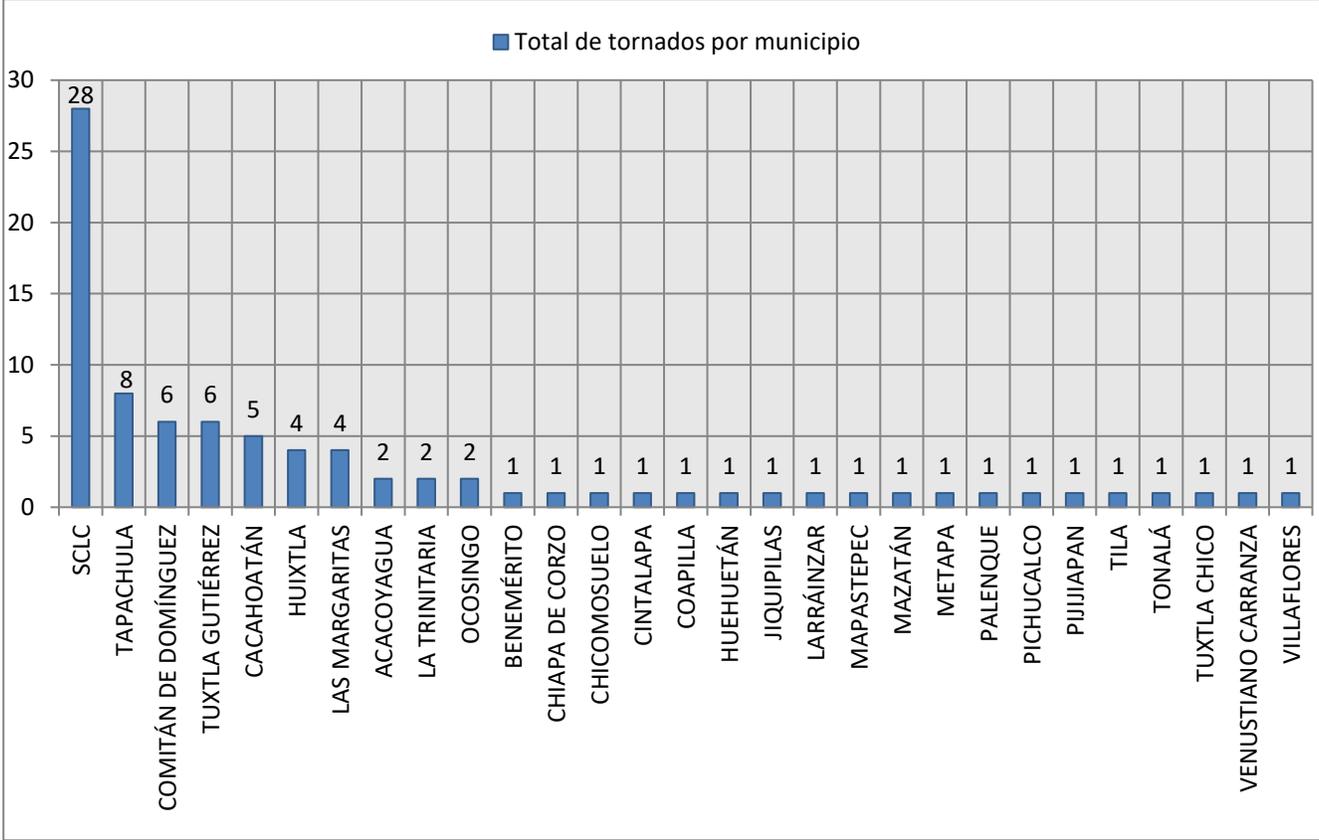


Fig. 3.5: Número de tornados por municipio en el Estado de Chiapas, en el periodo de 1957 a 2017.

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos recabados durante esta investigación. Con base en Macías y Avendaño (2014).

3.1.2 Tornados por año

La figura 3.6, nos muestra el número de tornados por año con los registros en la base de datos. Se pueden observar dos características importantes en esta gráfica, la primera es que hay una concentración de registros entre los años 2001 al 2017, y donde los años anteriores al 2000 presentan muy pocos registros de tornados, (7 registros desde 1957 al 2000). La segunda es que hay una tendencia en el incremento de los registros de tornados, sobre todo en los últimos cuatro años (de 2014 a 2017).

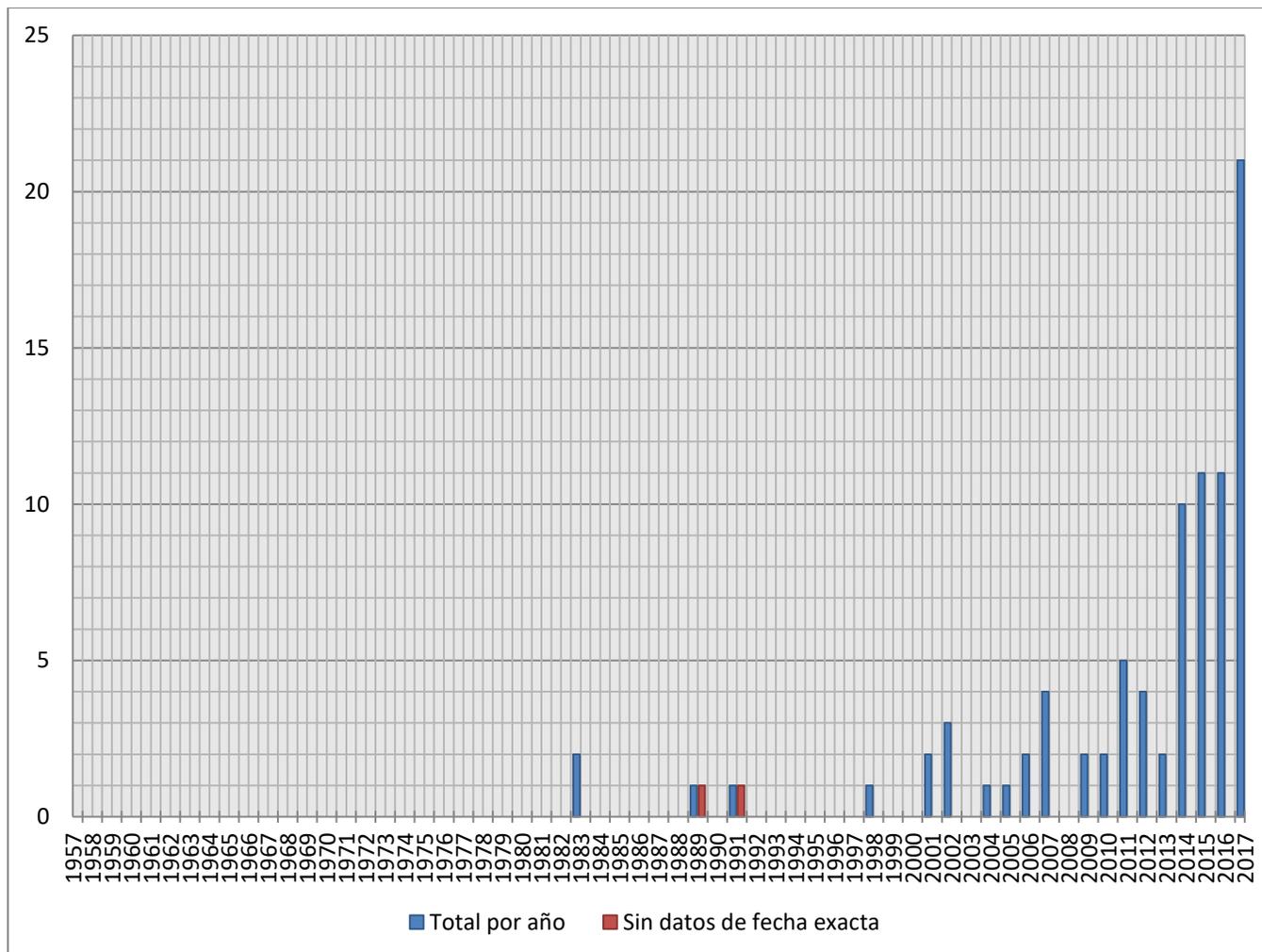


Fig. 3.6: Número de tornados por año en el Estado de Chiapas en el periodo de 1957 a 2017. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos recabados durante esta investigación. Con base en Macías y Avendaño (2014).

Es necesario mencionar que durante la investigación se encontró un error de registro en dos eventos de tornados ocurridos en el Municipio de San Cristóbal de las Casas. En los documentos de Velasco (2012) y Macías et al. (2014) se mencionan dos eventos ocurridos en septiembre de 1968 y otro en septiembre de 1969, pero en la fuente oficial (Aubry, 2008) estos están registrados en los años 1868 y 1869, respectivamente.

Este incremento en los registros de tornados puede ser explicado en parte por el aumento en la difusión de noticias en diversos medios, principalmente los que están relacionados a internet, ya que gracias a la tecnología actual, muchos

acontecimientos se pueden dar a conocer en el momento en que están sucediendo, es el caso de algunos de los registros que obtuvimos para la base de datos que fueron obtenidos directamente de videos en la plataforma de YouTube y que a su vez ayudaron a corroborar datos e incluso a completar la información de otros registros. De igual manera, la participación de los medios de comunicación ha sido muy importante para la difusión de noticias relacionadas con tornados.

Por otro lado, la ausencia de registros de tornados en años previos al 2000⁹ se debe en parte a que la investigación de estos fenómenos no era algo que se tuviera en cuenta en el país, además, había una negación por parte de los medios de comunicación a la ocurrencia de tornados en México, por lo que la ocurrencia de estos fenómenos era algo que pasaba desapercibida. Además, por falta de recursos y de los cortos tiempos de acceso a las distintas bibliotecas, hemerotecas y archivos históricos, se tuvo un tiempo limitado para realizar las investigaciones correspondientes en cada lugar durante el trabajo de campo.

En el caso de esta investigación la mayor parte de los registros de tornados que se obtuvieron fueron gracias a las páginas de internet con las que cuentan los distintos periódicos de Chiapas, desde los que abarcan un municipio, los periódicos estatales y algunos periódicos nacionales, donde la mayoría cuenta con una pequeña base de datos o hemeroteca digital en la que se pueden revisar noticias de los últimos años. Cabe destacar que, en la mayoría de los casos, la información de estas páginas solo abarcaba desde el año 2016 aproximadamente hasta la fecha actual, y en algunos casos la base de datos se extendía hasta principios del 2000.

Otro factor importante a la hora de obtención de registros es el difícil acceso que se tiene a los archivos físicos como son los periódicos antiguos. En el caso de la Hemeroteca Nacional, aunque hay una gran variedad de periódicos tanto nacionales y del Estado de Chiapas, no todos cuentan con las fechas necesarias para esta investigación, ya sea porque solo se cuenta ejemplares de algunos años

⁹ Esto con referencia a la investigación realizada para esta tesis. Ya que el CIESAS sí tiene registros de tornados en distintas partes de la República Mexicana que abarcan años, décadas e incluso siglos de antigüedad, pero que aún siguen bajo investigación.

o solo de algunas ediciones. En el caso de las hemerotecas visitadas en Chiapas, principalmente en San Cristóbal de las Casas y en Comitán de Domínguez, se encontraron bastantes ejemplares de periódicos del estado y varios municipales, sin embargo, muchos de éstos se encontraban en mal estado dado que las instalaciones no eran aptas para la conservación del papel, pero los registros que se obtuvieron fueron satisfactorios y muchos sirvieron para rectificar algunos datos en la Base de Datos del CIESAS. Por otro lado, la hemeroteca ubicada en Tuxtla Gutiérrez no contaba con ejemplares suficientes para la investigación.

Sumado a estos factores, Macías y Avendaño (2013) mencionan otros problemas en cuanto a los registros de tornados. Principalmente se encuentra el hecho de las distintas interpretaciones y nombres que le han dado las personas a los tornados (Macías, 2001, Avendaño, 2007 y 2008) y que se han visto como fenómenos naturales asociados a creencias religiosas y culturales de cada región.

Y, por otro lado, Macías y Avendaño (2013) también mencionan la importancia de los registros de tornados con relación a la población y a la detección de estos:

“[...] 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.” (Macías y Avendaño, 2013: 27)

Es decir, la detección de los tornados está relacionada estrechamente con la forma en que la población se ha ido adaptando a ellos, desde la forma en que los llaman, la forma en que interactúan con ellos desde su perspectiva religiosa y/o cultural e incluso la forma en que son registrados o no por la comunidad.

Lo anterior puede explicar también la falta de registros de tornados en los años anteriores al 2000.

3.1.3 Tornados por meses

Retomando los registros de la base de datos, se puede analizar la ocurrencia de tornados en cada mes en el periodo de 1957 al 2017. Esto da como resultado lo que se observa en la figura 3.7, donde el 90.6% de los registros abarcan los meses de marzo a octubre, mientras que los meses de diciembre, enero y febrero abarcan solo el 6.9%. Algo interesante es que el mes de noviembre no cuenta con ningún registro de tornado en todo el periodo de 1957 al 2017, además que solo dos de los registros no tenía información suficiente por lo que se pusieron aparte en la gráfica.

Esto coincide con los datos climatológicos del Estado de Chiapas y la formación de tornados. Por un lado (y como se describió en el subcapítulo 2.3) la mayor parte del territorio del Estado de Chiapas presentan climas que desarrollan lluvias principalmente en verano, además que las temporadas de lluvias están entre los meses de mayo a octubre. Y, por otro lado, recordando las características en la formación de los tornados, éstos se forman en su mayor parte durante condiciones de tormenta.

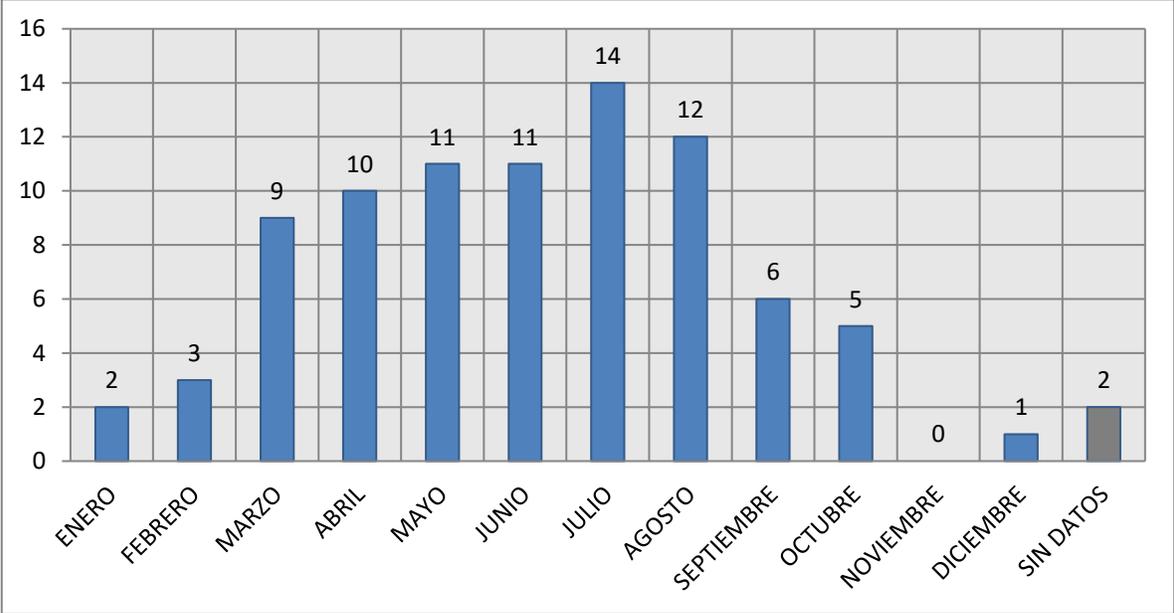


Fig. 3.7: Número de tornados por mes en el Estado de Chiapas en el periodo de 1957 a 2017. Fuente: Elaboración propia a partir de los datos recabados durante esta investigación. Con base en Macías y Avendaño (2014).

3.1.4 Tornados por hora del día y día de la semana

Los horarios de ocurrencia de los tornados, así como el día de la semana en que ocurren son datos que deben considerarse importantes en tanto a los términos de daño que pueden ocasionar. Para este apartado es necesario mencionar que no todos los registros de la base de datos cuentan con una hora específica por lo que se van a dividir en dos apartados: uno donde se muestren los registros de tornados con una hora específica de ocurrencia dividido en 24 horas y otro donde se muestren los registros que mencionan momentos del día como mañana, tarde y noche.

De este modo, en la figura 3.8 nos muestra el número de tornados por hora específica que ocurrieron en el Estado de Chiapas en el periodo de 1957 a 2017. Se puede observar que los tornados ocurren entre las 13:00 horas y las 20:00 con un total de 32 tornados, siendo las 14:00 horas donde más tornados ocurren contando con 9 registros, seguido de las 17:00 horas con 7 registros y las 16:00 horas con 6 registros.

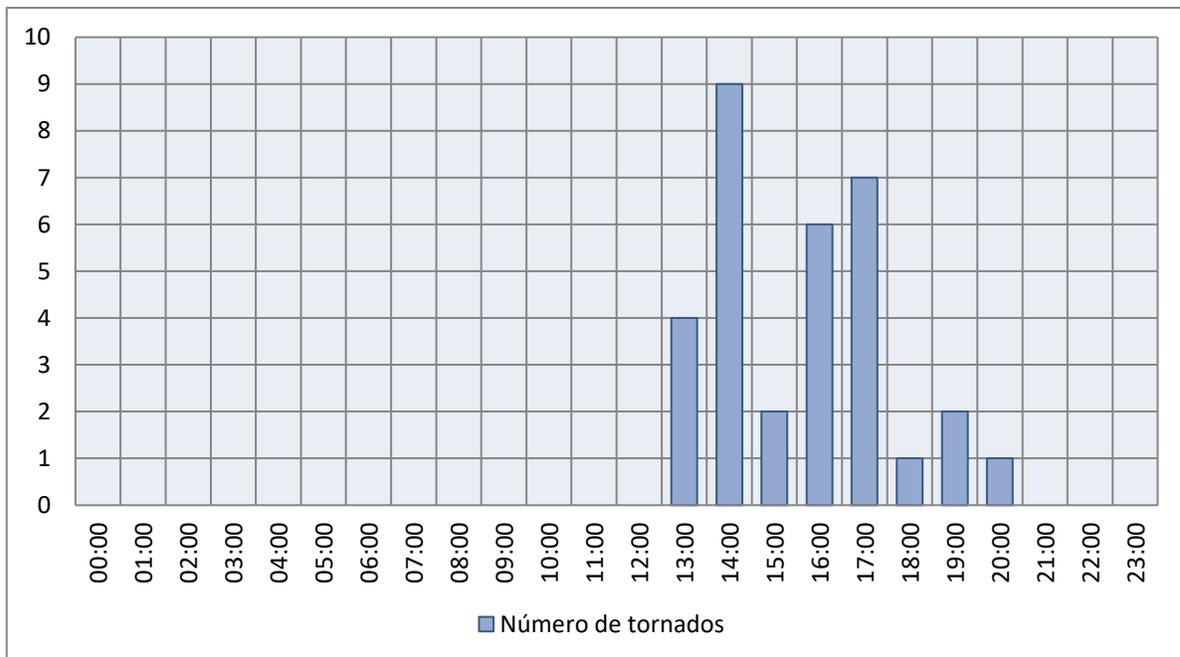


Fig. 3.8: Número de tornados por hora específica del día en el Estado de Chiapas en el periodo de 1957 a 2017.

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos recabados durante esta investigación. Con base en Macías y Avendaño (2014).

Para la figura 3.9 se muestra el número de tornados por momento del día, contando con un registro de 22 tornados en total y donde 13 de ellos ocurrieron en la tarde. Juntando la información de las dos gráficas se obtienen 54 tornados de los 86 registrados en la base de datos, los 32 registros restantes no contienen información de ningún tipo sobre la hora de ocurrencia. De estos 54 tornados, 42 de ellos, es decir el 77.7%, se presentaron durante la tarde; 9 tornados, 16.6%, se presentaron en la noche; y solo tres tornados, 5.55% se presentan en la mañana.

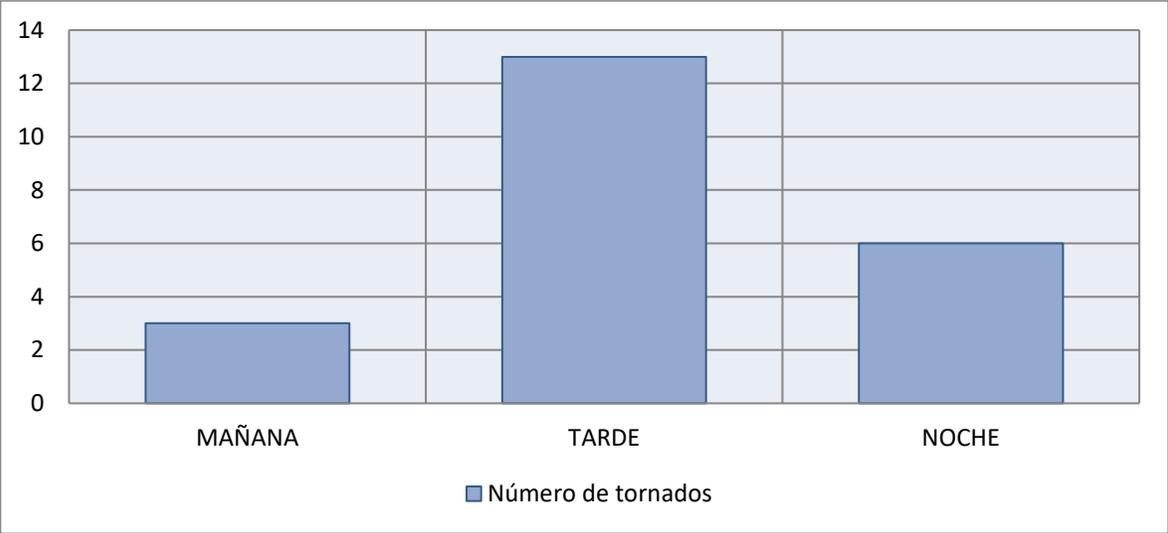


Fig. 3.9: Número de tornados por momento del día en el Estado de Chiapas en el periodo de 1957 a 2017.

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos recabados durante esta investigación. Con base en Macías y Avendaño (2014).

Por otro lado, y como complemento a la hora del día, la figura 3.10 nos muestra el número de tornados ocurridos en el Estado de Chiapas por día de la semana durante el periodo de 1957 al 2017. Prácticamente en todos los días se han presentado ocurrencias de tornados, con solo 3 registros sin información suficiente al respecto. La mayoría de estos registros, 68 de los 86, ocurrieron en los días de lunes a viernes, lo que, comparado con los datos de ocurrencias de tornados por hora y momento del día, nos puede indicar que la mayoría de ellos pudieron ser captados con mayor visibilidad, no sólo por la hora en la que se presentaron, sino

también por las actividades en las distintas comunidades durante los días entre semana.

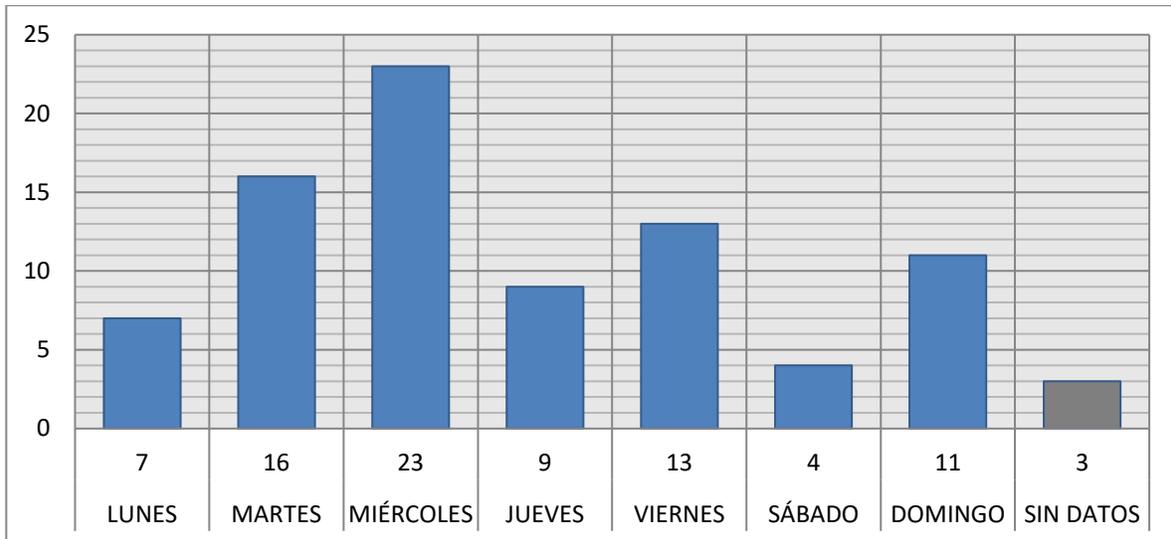


Fig. 3.10: Número de tornados por día de la semana en el Estado de Chiapas en el periodo de 1957 a 2017.

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos recabados durante esta investigación.

3.1.5 Tornados, daños y lesionados

Los datos sobre ocurrencias de tornados y los daños que causaron registraron lo siguiente:

De los 86 registros de tornados en esta investigación solo el 2.32% de los tornados ocurridos, 2 eventos, no tuvieron registros de daños. El 11.6% de los registros, 10 eventos, no cuentan con información suficiente sobre los daños, ya sea por ser datos que sólo mencionan la ocurrencia del fenómeno o porque la fuente no daba más detalles sobre estos. Es decir, el 86.04% restante de los tornados registrados ocasionaron algún tipo de daño. El 75.5% de los tornados ocurridos entre 1957 y 2017 causaron daños a viviendas, donde en la mayoría de los casos el daño se presentaba en el desprendimiento de láminas en los techos. Además, el 36.04% de los tornados causó daños a infraestructura de servicios públicos, ocasionando principalmente cortes en los servicios de energía eléctrica ya sea por postes de luz derribados o por cables arrancados, además de daños a servicios de telefonía y comunicaciones. El 50% de los tornados registrados ocasionaron daños al entorno

natural donde lo principal fueron derribos de árboles, además de daños por inundaciones por las intensas lluvias. Por otro lado el 29.06% causaron daños a mobiliario de uso público, como son algunos templos e iglesias, mercados, kioscos y escuelas, además de algunos daños televisoras y transmisoras de radio (ver figura 3.11).

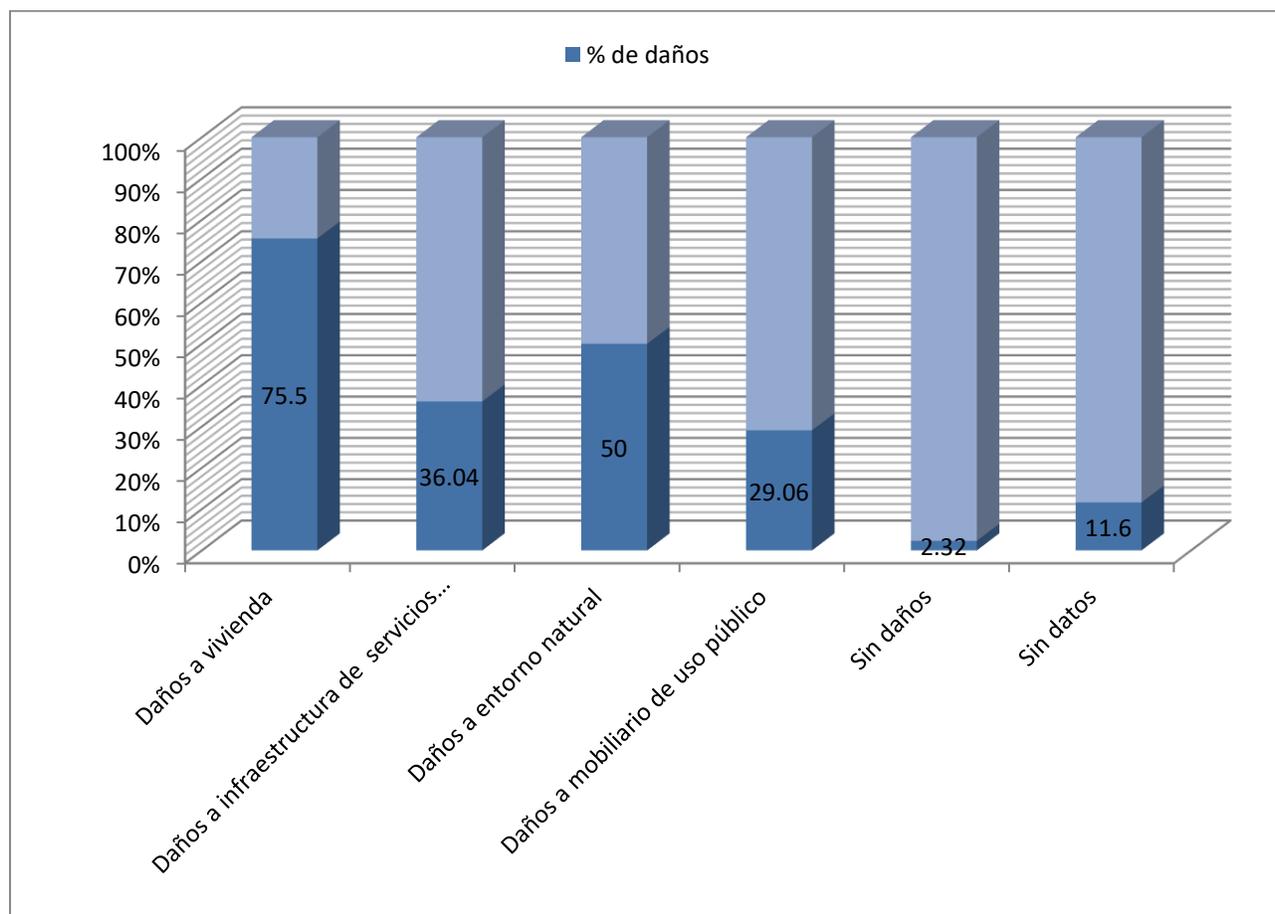


Fig. 3.11: Relación de daños por número de tornados en el Estado de Chiapas en el periodo de 1957 a 2017.

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos recabados durante esta investigación. Con base en Macías y Avendaño (2014).

De los 65 tornados registrados que causaron daños a viviendas durante el periodo de 1957 a 2017, se registraron un aproximado de 2, 332 viviendas dañadas, afectadas principalmente por el desprendimiento de techos de lámina o por caídas de árboles cercanos, de las cuales aproximadamente 639 viviendas sufrieron daños por un solo evento de tornado (6 de agosto del 2014). Mientras que solo se registraron un total de 24 casas totalmente destruidas por el paso de los tornados.

Hay que tener en cuenta que estas cifras podrían ascender ya que algunas de las fuentes no contaban con la información suficiente o si acaso se hacía mención de viviendas dañadas, no se especificaba el número exacto de éstas.

En comparación con los daños, las personas lesionadas y fallecidas muestran un número muy bajo, pero no menos importante (ver figura 3.12). Por un lado, sólo se registraron 19 personas lesionadas, un número muy bajo comparado con la cantidad de daños que provocaron los tornados en el periodo de 1957 al 2017. Por otro lado, se contabilizaron 6 decesos a causa de los tornados, donde por lo menos 2 de esas muertes fueron causadas por el impacto de un proyectil (una lámina y una rama de árbol) y otra causada por la fuerza del viento, que terminó aventando a la persona a un río y esta se ahogó. De nuevo es importante señalar que estas cifras podrían ser mayores dado que muchas fuentes no hacían mención específica de personas dañadas o decesos o en dado caso, no se contaba con información suficiente.

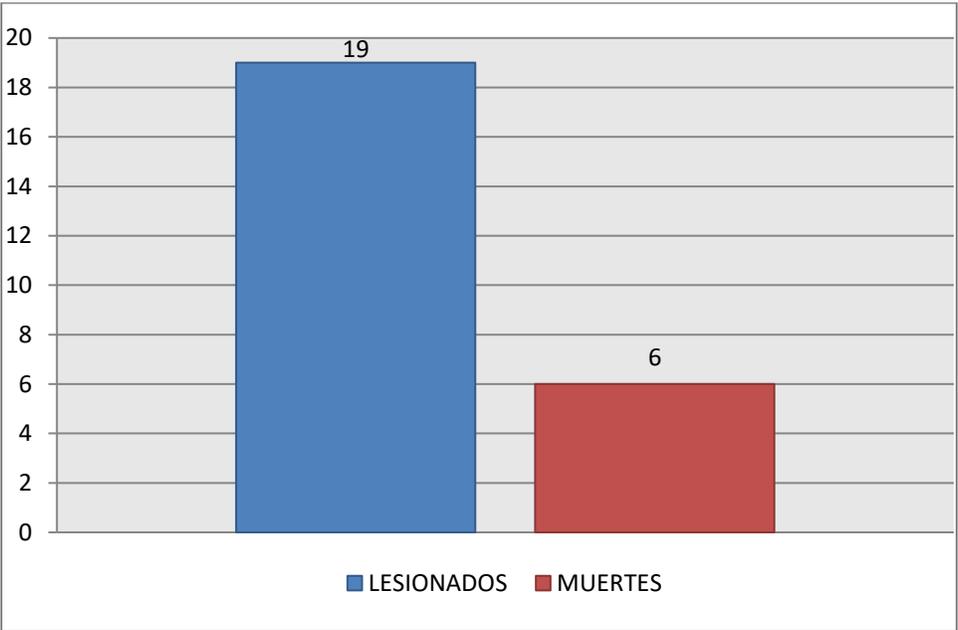


Fig. 3.12: Relación de personas lesionadas y muertes por tornados en el Estado de Chiapas en el periodo de 1957 a 2017.

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos recabados durante esta investigación. Con base en Macías y Avendaño (2014).

3.2 Prevención

Como se pudo observar, la ocurrencia de tornados trae consigo un gran número de daños de diversos tipos. Hablando específicamente del caso de Chiapas, el 97.8% de los tornados ocurridos entre 1957 y 2017 causaron algún tipo de daño a infraestructuras o personas.

Es por eso que es necesario comprender un poco más sobre la experiencia de la gente al momento de enfrentarse a estos fenómenos naturales y la forma en que las autoridades manejan estas situaciones.

3.2.1 Protección Civil

Protección Civil es una institución pública que se encarga de dar apoyo a la sociedad al momento de presentarse un fenómeno que la afecte, y se define a sí misma como:

“un conjunto orgánico y articulado de estructuras, relaciones funcionales, métodos y procedimientos que establecen las dependencias y entidades del sector público entre sí, con las organizaciones de los diversos grupos voluntarios, sociales, privados y con las autoridades de los estados, el Distrito Federal y los municipios, a fin de efectuar acciones coordinadas, destinadas a la protección contra los peligros que se presenten y a la recuperación de la población, en la eventualidad de un desastre” (Protección Civil, 2019¹⁰).

Cuyo objetivo, o misión, según su propia página de internet es:

“Integrar, coordinar y supervisar el Sistema Nacional de Protección Civil para ofrecer prevención, auxilio y recuperación ante los desastres a toda la población, sus bienes y el entorno, a través de programas y acciones” (Protección Civil, 2019¹¹).

El Estado de Chiapas cuenta con un Sistema de Protección Civil reconocido a nivel nacional. Para conocer un poco más de él, durante el trabajo de campo de esta investigación se acudió a las oficinas de Protección Civil en el municipio de San Cristóbal de las Casas por ser el municipio donde más registros de tornados se

¹⁰ Consultado el 10 de Julio del 2019 en <http://www.proteccioncivil.gob.mx/es/ProteccionCivil/Organizacion>

¹¹ Consultado el 10 de Julio del 2019 en <http://www.proteccioncivil.gob.mx/es/ProteccionCivil/Organizacion>

encontraron para la Base de Datos. Es necesario mencionar que en este municipio existen dos ramas o apartados distintos de Protección Civil, uno que es el Sistema Integral de Protección Civil del Estado de Chiapas, ubicado en oficinas del Ayuntamiento de San Cristóbal de las Casas y el otro que es el Centro Regional de Protección Civil y Bomberos.

En el caso de las oficinas de Protección Civil en el Ayuntamiento de San Cristóbal de las Casas, tuve la oportunidad de entrevistar, como se mencionó anteriormente, a Víctor Amezcua Vázquez, delegado Regional del Sistema Integral de Protección Civil del Estado de Chiapas. La entrevista estaba enfocada a la percepción de Protección Civil sobre la ocurrencia de tornados y prevención de desastres, además de conocer los procedimientos y planes de prevención con los que cuentan para este tipo de fenómenos.

En cuestión de tornados, el señor Víctor Amezcua mencionó puntos importantes a la hora de la ocurrencia de estos fenómenos naturales. En primera instancia, estos fenómenos no se pueden detectar de forma remota durante su formación por los radares meteorológicos de la CONAGUA, ya que son fenómenos que se desarrollan en cuestión de segundos, sin embargo, menciona que para su detección, tanto la población como el personal de Protección Civil ha aprendido a identificar ciertas características durante la formación de tornados, entre ellas las lluvias con algunos casos de caída de granizo y también con actividad eléctrica. Además, durante la entrevista, hizo mención de que, durante los últimos años, en la zona norte del municipio de San Cristóbal de las Casas ha incrementado considerablemente la población, causando una deforestación importante lo que también ha tenido consecuencias al momento de presentarse un evento de tornado, ya que los daños han sido cada vez más grandes. En cuanto a la documentación y registro de la ocurrencia de tornados, Amezcua menciona que Protección Civil cuenta con un sistema de bitácoras donde se registra la información de los distintos fenómenos naturales y los desastres de los que se encarga la institución, pero que esta información es de acceso restringido e incluso desconoce si hay un registro de ocurrencia de tornados.

Sobre el tema de prevención, Amezcua menciona que Protección Civil se ha encargado de trabajar desde la perspectiva de prevención y sobre la capacidad de reacción a la emergencia, trabajando en diferentes planes de acción para distintos casos como lluvias extremas, incendios forestales y ciclones. Para el caso de tornados, aunque no existe un plan de prevención como tal, Amezcua explica que la principal acción es dar atención inmediata y puntual a la población afectada, para esto se aplica un puesto de mando que despliega personal en las zonas afectadas y al mismo tiempo se abren refugios temporales para las personas que lo necesiten, además de dar atención médica y psicológica. Es necesario recalcar que esto no es prevención.

También por parte del Gobierno Estatal y Municipal, con ayuda de Protección Civil, se otorgan distintos apoyos a las familias afectadas, desde la reconstrucción de las viviendas con pérdida total, reparación de daños, se activa un fondo de empleo temporal, se otorgan kits de limpieza, material de construcción, láminas para los techos, cobijas y hasta despensas. (Amezcua, 2019)

Por otro lado, en el Centro Regional de Protección Civil y Bomberos se realizó la entrevista a Inti Contreras Escamilla, bombero, paramédico y rescatista del equipo de Logística de Protección Civil de San Cristóbal de las Casas. El primer tema sobre el que se entrevistó fue sobre los tornados y la forma en que éstos han sido presenciados en el Estado de Chiapas.

En el caso de San Cristóbal de las Casas, Contreras menciona que los tornados son fenómenos de los cuales tienen conocimiento desde hace mucho tiempo, aunque son conocidos con el nombre coloquial de culebras, los cuales se presentaban con menor frecuencia. Menciona que la mayoría se han ocurrido en la zona norte del municipio, donde la gente ha logrado identificar por las manifestaciones meteorológicas como oscurecimiento repentino del cielo, caída de granizo y la fuerza del viento. También menciona que por el momento no se cuenta con ninguna forma o sistema de documentación de ocurrencia de tornados, ya que son fenómenos que hasta hace poco tiempo se les comenzó a dar importancia. Sin embargo, con la experiencia que han obtenido al investigar sobre tornados ya puede

identificar su posible formación a través de observar la presencia de intensas lluvias repentinas, vientos fuertes, aumento y descenso de temperaturas. De igual manera mencionó que las acciones que se toman cuando ocurre un evento de tornado es la de dar atención inmediata las personas afectadas, dando también apoyos para la reconstrucción, materiales, despensas, láminas para los techos, etcétera. En torno al tema de prevención menciona que existen ciertos planes para mitigar los riesgos pero que no se han puesto en marcha aún, y que las acciones que se toman cuando ocurre un tornado van enfocadas a la reacción y la reactividad de las personas afectadas, donde principalmente se busca asistir a la gente en el momento del impacto del fenómeno. Sin embargo, hace mención del uso de la mitigación como:

“[...] la información y la difusión a la población referente al fenómeno de que es una realidad que está ocurriendo [...]” (Contreras, 2019)

De esta manera la gente se puede informar sobre qué acciones puede realizar para resguardarse, la ubicación de lugares seguros, cómo actuar cuando se presente un fenómeno de este tipo dependiendo del lugar en que se encuentre. A su vez hizo mención de que no existe una red de alerta frente a estos fenómenos y que los medios para alertar a la población son los radios o las redes móviles, donde incluso algunas de las comunidades cuentan con un propio radio con el que informan directamente a Protección Civil de la formación de algún tornado. Algo importante que también hace mención Contreras durante la entrevista es que la población considera al sistema de Protección Civil como la institución que debe brindar la solución y dar apoyo a la gente después de que se vieron afectados por algún tipo de fenómeno natural. (Comunicación Personal)

En ambos casos se hace mención de que Protección Civil ha estado trabajando en la perspectiva de la prevención de riesgos, así como la identificación oportuna de éstos. Y en este sentido, también se habla de la educación de la población, como una forma en que se puedan realizar distintas acciones y actividades en conjunto como capacitaciones sobre resiliencia, la promoción a la participación ciudadana en las actividades de Protección Civil, crear comités de seguridad, ofrecer cursos y

pláticas y crear una cultura de protección civil en los ciudadanos, todo esto siendo aplicado en escuelas, plazas públicas, por medio de la radio, de los periódicos y de las redes sociales.

El término de resiliencia es definido por la Ley General de Protección Civil como:

“la capacidad de un sistema, comunidad o sociedad potencialmente expuesta a un peligro para resistir, asimilar, adaptarse y recuperarse de sus efectos en un corto plazo y de manera eficiente, a través de la preservación y restauración de sus estructuras básicas y funcionales, logrando una mejor protección futura y mejorando las medidas de reducción de riesgos”. (Ley General de Protección Civil, 2012)

Este término de resiliencia es abordado por Macías en su artículo “*Crítica de la noción de resiliencia en el campo de estudios de desastres*” donde analiza varias definiciones y términos relacionados a este tema y de diversos autores. Y el punto más importante del artículo viene al final, donde Macías concluye que:

“La revitalización del concepto de resiliencia en los últimos años, obedece a la necesidad de justificar políticas y acciones para reducir desastres, a fin de cuentas, esa es no solo una finalidad humanitaria, noble, sino obligación de las autoridades gubernamentales. Permite a los agentes del poder mostrar que se actúa, aunque con ello se eluden las razones de fondo de los desastres, que son la pobreza, la desigualdad, la explotación del hombre por el hombre, la apropiación de recursos colectivos por intereses privados. La noción de resiliencia, para concluir, desafía la coherencia del desarrollo de las sociedades hacia un rumbo de progreso, donde los desastres serían una posibilidad muy remota.” (Macías, 2015, p., 321)

Otro punto importante a destacar de las entrevistas con Protección Civil es que, aunque se tiene conocimiento de la ocurrencia de los tornados y se ha dado apoyo¹² a comunidades afectadas por estos fenómenos en distintas ocasiones, todavía no se tiene una forma de registro oficial de su ocurrencia y que en caso de existir alguna base de datos o de información dentro de Protección Civil esta se encuentra restringida y no es abierta a todo público.

¹² Apoyo en cuanto a material para reconstrucción, víveres y atención médica.

En cuanto a la visita a otras entidades de Protección Civil en Chiapas, por cuestiones de tiempo y recursos no se pudo acudir a Protección Civil del municipio de Comitán para realizar alguna entrevista y en el caso de Protección Civil de Tuxtla Gutiérrez, la disponibilidad de horarios y citas no me permitió obtener una entrevista, debido a que solo había espacio disponible días después de que yo finalizara mi trabajo de campo.

3.4 Un acercamiento a la prevención de desastres por tornados en Chiapas

Como se mostró en el subcapítulo 3.2, la ocurrencia de tornados en el Estado de Chiapas es un tema muy importante a tomarse en consideración. Aunque los datos obtenidos no fueron como se esperaba y los datos más antiguos son escasos, se puede observar que en los últimos 17 años el registro de tornados en Chiapas ha ido aumentando drásticamente (ver figura 3.2). Además de que los daños causados por estos fenómenos naturales han afectado a miles de personas y familias de distintas maneras.

Podemos deducir que los incrementos en el registro de tornados han aumentado por diversos factores, uno de ellos es que desde hace algunos años los estudios de tornados han ido cobrando importancia en el ámbito científico y que la información generada a partir de éstos ha sido difundida no sólo por medio de las investigaciones, sino también por los distintos medios de comunicación que existen hoy en día. También, se ha generado un impacto en la sociedad por los eventos de tornado que han afectado a grandes cantidades de personas y causado un gran número de daños, como fue el tornado del 6 de agosto del 2014 en San Cristóbal de las Casas donde hubo declaratoria de emergencia de parte del gobernador de la entidad, debido al número de familias afectadas que ascendía a 639, además del número de daños causados a viviendas e infraestructura de servicios públicos.

Por otro lado, la tecnología ha contribuido a la difusión de estos fenómenos principalmente por medio de las personas que tienen acceso a un teléfono celular con cámara que les permita grabar y registrar los tornados durante el momento en que suceden y la facilidad para compartir esta información en distintas páginas,

redes sociales y plataformas para que otras personas puedan acceder a ello. Es aquí donde recae la importancia de una base de datos de calidad para poder registrar la ocurrencia de tornados y que además sea de uso público.

Sin embargo, creo que es necesario que estos puntos a favor sobre la difusión de información, estudios y fotografías y videos sean utilizados de manera adecuada y al mismo tiempo aprovechado por las instituciones tanto de educación como de Protección Civil para informar a los ciudadanos sobre la ocurrencia de tornados, las acciones que pueden y/o deben tomar cuando se presenta uno de estos fenómenos naturales, así como desarrollar planes de prevención efectivos enfocados no sólo al momento de la emergencia, sino a evitar posibles futuros daños a la población.

Sobre las entrevistas con el personal de Protección Civil, considero importante que tanto la institución como los gobiernos municipales, estatales y federal tomen en cuenta el tipo de ayuda que ofrecen a las personas afectadas. Noté que en ambas entrevistas se menciona que una de las acciones implementadas después de la ocurrencia de un tornado que afectó los techos de láminas de una o varias casas, es otorgar el mismo material de láminas para reemplazar en los techos lo cual es algo que va a generar el mismo problema las futuras ocasiones en que ocurra un tornado.

Más allá de solo cumplir con las expectativas de la gente o de cumplir las exigencias que realizan, solamente se genera una situación que se repite en cada ocasión, en vez de eso, debería optarse por buscar una medida más favorable y que funcione a largo plazo. En el caso de los techos de lámina, en vez de volver a darles este tipo de material a las personas afectadas como lo ha hecho Protección Civil en San Cristóbal de las Casas, sería reemplazarlos por techos hechos de cemento que sean más resistentes, y en caso de haber una destrucción total de la vivienda, considero que deberían buscarse tanto materiales como métodos de construcción más resistentes y duraderos para que las familias puedan estar a salvo dentro de sus hogares.

En cuanto a la falta de un sistema de alerta oportuno entiendo que es más difícil de desarrollar, en primera instancia porque los tornados son fenómenos que se forman en un corto periodo y que pueden generar mucho daño sin importar la duración que tengan. Sin embargo, el que sea difícil de desarrollar no quiere decir que no se puedan aplicar otros métodos de alertamiento para la población. Por ejemplo, un sistema de alerta manual donde la población tenga acceso a él para activarlo sería una posible opción, es decir, un sistema de altavoces activados por medio de algún botón que estén distribuidos en zonas públicas y calles principales y que la gente pueda acceder a ellos cuando se esté presentando uno de estos fenómenos naturales. Claro que para que la efectividad sea mayor antes se debe concientizar a la gente sobre el uso responsable de este tipo de alertas y su funcionamiento para así evitar el mal uso de la infraestructura.

Uno de los puntos importantes a considerar sobre la base de datos de registros de tornados en el Estado de Chiapas en el periodo de 1957 – 2017 es la relación entre los daños causados y el horario y día de la semana en que ocurren estos fenómenos naturales. Los horarios de ocurrencia que presentan las gráficas 3.4 y 3.5 muestran que la mayoría de tornados ocurren a media tarde entre las 13:00 y 17:00 horas, que en conjunto con los datos de ocurrencia por día de la semana (Figura 3.6) pueden revelar el potencial de daño de estos fenómenos. Desde mi punto de vista, los horarios entre las 13:00 y 17:00 horas son momentos en que los niños y jóvenes salen de sus clases, en que las personas salen a comer, algunos saldrán de sus turnos de trabajo y se dirigen a sus casas, por lo tanto, es un momento de gran afluencia de personas en las calles y que, si se toman en cuenta los periodos vacacionales y el número de turistas, el riesgo de que un tornado lesione o cause la muerte de una persona aumenta considerablemente.

Además de estos datos, durante la investigación se encontraron zonas donde los registros de ocurrencia de tornados tienen recurrencia. Por ejemplo, en el municipio de San Cristóbal de las Casas, se encontraron múltiples registros de tornados ocurridos en las colonias de El Cerrito, Cuxtitali y Mexicanos, además del centro de la ciudad, principalmente. Esto se logró gracias a la cantidad de registros que se

obtuvieron en este municipio y es un punto importante a considerar por parte de las autoridades y Protección Civil. Considero que a estas zonas se les deben dar prioridad en cuanto a las medidas de prevención para reducir futuros desastres.

CONCLUSIONES

Durante esta investigación se ha hecho mención de la importancia de los estudios de tornados tanto para comprender mejor su formación, características y aspectos espacios-temporales, como para entender la interacción de estos fenómenos con la sociedad, los daños que pueden causar, así como las formas en que se pueden prevenir daños y desastres.

La Climatología de tornados en Chiapas tiene como propósito contribuir a los estudios de tornados en el país, ampliando, por una parte, los registros conocidos sobre estos fenómenos, así como reforzando la idea de que son fenómenos naturales que sí se presentan en nuestro país y que los daños que provocan llegan a ser muy grandes.

En cuanto a los datos analizados durante esta investigación nos arrojan un panorama muy importante. En primer lugar, se observa que los registros de tornados han ido en aumento, como se mencionó anteriormente, debido a distintos factores, como son las evidencias proporcionadas por la población a partir de los teléfonos celulares y redes sociales, así como la mayor difusión en los medios de comunicación. De igual manera, los registros arrojan datos interesantes en cuanto a los meses e incluso los días de la semana y el horario en que ocurren estos fenómenos, siendo de gran peligro para la población debido a las actividades que se realizan durante el día.

También, es importante mencionar que, aunque se cuenta con un total de 86 registros, estos son solo un acercamiento aproximado a los datos que en realidad pudieran existir. Como se puede observar en la Figura 3.6 sobre el número de tornados por año ocurridos en el Estado de Chiapas en el periodo de 1957 a 2017, los años desde 1957 al 2000 están completamente vacíos a excepción de unos cuantos que cuentan con uno o dos registros como máximo.

Esto último, es debido a distintos factores, en primer lugar, por falta de recursos para el trabajo de campo realizado en el estado de Chiapas, ya que tuvo que ser limitado en cuanto a tiempo y forma, contando con un poco más de una semana

para visitar los lugares adecuados y realizar la investigación correspondiente en cada uno de ellos. Sumado a esto, las características de trabajo en cada lugar contaban con distintos horarios y en la mayoría estos eran muy reducidos en cuanto a tiempo de apertura y cierre, por lo que en ocasiones solo se podía realizar investigación en uno o dos lugares por día. Por lo que se requiere de un mayor tiempo y recursos económicos, incluso hasta de personal, para poder recopilar la mayor cantidad de datos posibles.

Por otro lado, más allá de los retos y responsabilidades personales a las que cualquier investigador puede enfrentarse, la realidad a la hora de buscar datos sobre registros de tornados es bastante complicada. Comenzando porque una de las principales fuentes de información a la que se debería acudir para investigar este tipo de fenómenos son las bases de datos en el Servicio Meteorológico Nacional, pero lamentablemente los datos de las estaciones meteorológicas que sí funcionan no contienen los registros completos o hay periodos incompletos, ya sea por falta de equipo adecuado, por falta de personal o falta de responsabilidad y trabajo. Puede ser que los datos de este tipo de fuentes sirvan para otro tipo de investigaciones, pero no para el estudio de tornados. Por lo tanto, es necesario recurrir a fuentes escritas que describan la ocurrencia de tornados ya sea a manera de noticia, por medio de investigaciones relacionadas al tema, archivos históricos, bases de datos, bibliotecas, hemerotecas, universidades, entre otros. El problema se presenta cuando el acceso está restringido o bien se debe pagar un precio elevado por extraer una copia de la información (como es el caso del Archivo Histórico Diocesano).

En cuanto al tema de prevención y mitigación de riesgos la situación se torna más compleja. Si bien es cierto que el Sistema de Protección Civil en Chiapas es una institución que ha brindado servicios y apoyo a la sociedad en muchas ocasiones, es importante destacar que en cuanto al tema de tornados no se cuenta con una prevención adecuada, ni con planes de prevención y/o medidas adecuadas para estos fenómenos. Además de mencionar que más allá de dar un apoyo material a

las comunidades afectadas para la reconstrucción, es obligación de Protección Civil brindar la seguridad adecuada para todos los ciudadanos.

Lo anterior se ve reflejado en ambas entrevistas realizadas al personal de Protección Civil, ya que se mencionó el hecho de que se tienen ciertos planes de prevención pero aún no se han puesto en marcha y que dado los resultados de esta investigación, la prevención y mitigación de riesgos por tornados debería ser uno de los principales problemas a tratar para esta institución. No solo por el hecho de mejorar la atención necesaria cuando se presenta algún desastre por estos, como es el hecho de brindar láminas para los techos de las casas a las personas y familias afectadas por algún tornado, ya que al ser el mismo material es seguro que las futuras ocasiones en que se presente uno de estos fenómenos ocurra exactamente lo mismo, sino también de realizar estudios socioeconómicos adecuados para conocer la situación de las distintas poblaciones que son afectadas por estos fenómenos, el crear planes de prevención adecuados a las distintas características de las zonas donde se presentan los tornados, así como buscar alternativas para crear un sistema de alerta que pueda ser útil no solo para la institución sino también para la población como tal.

El objetivo principal de esta investigación es conocer la relación entre el estudio climatológico de los tornados y la prevención de desastres a causa de éstos. Y hasta el momento, y a pesar de no contar con la cantidad de datos deseados, son bastante claros: los tornados son fenómenos recurrentes en el estado de Chiapas, se pueden presentar durante casi todo el año, y prácticamente durante cualquier hora del día, principalmente entre la tarde y la noche, donde la mayoría de estos fenómenos tienen alguna repercusión en la población, ya sea dañando solamente los techos de las casas, cortando algún servicio público, hasta dañando colonias enteras y lesionando y en ocasiones causando la muerte a las personas. La pregunta es ¿qué se puede hacer?

Primero que nada, está el hecho de que esta investigación puede servir como una base para futuras investigaciones sobre el tema, por un lado, sirviendo como guía en cuanto al marco teórico sobre los tornados, los desastres y la prevención y

mitigación de estos. Y por otro contando con la construcción de una base de datos que describe las características de cada tornado, desde la fecha y lugar en que ocurrió, los tipos de daños que ocasionó hasta las fuentes de dónde se obtuvo cada uno de ellos, ya sea para el uso como tal o para ampliarse con más datos e incluso agregar otras características para el estudio y análisis de los tornados, mejorando los aspectos que se presentan aquí, agregando información o corrigiendo los errores que pueda presentar.

Remarcando la importancia del estudio de tornados y de prevención de desastres, ya que son temas que necesitan de un mayor apoyo no sólo en cuestión de nuevos investigadores en el tema de tornados, es necesario mejorar la visión de los desastres y sobre todo en la prevención, ya que actualmente aún se piensa que las acciones importantes durante los desastres son aquellas que ocurren durante la emergencia y después de la ocurrencia de éstos.

La cuestión de la prevención ante cualquier peligro no recae solamente en las autoridades e instituciones que se encargan de prevenir a la sociedad, también debe ser parte del trabajo de los investigadores el compartir la información que se genera y al mismo tiempo es necesario que la sociedad ponga de su parte para poder crear un ambiente seguro ante cualquier amenaza.

BIBLIOGRAFÍA

- AGUIRRE, B.
1994 "Population and detection of weak tornadoes" en: *International Journal of Mass Emergencies and Disasters*, vol. 12, no. 3, pp. 261-278.
- ALBENTOSA, L.M.
1976 "Climatología dinámica, sinóptica o sintética. Origen y desarrollo" en: *Revista de Geografía*, Depto. de Geografía Univ. Barcelona X, Barcelona 1-2. pp. 140-157.
- AMERICAN METEOROLOGICAL SOCIETY
2019 "Definición de Climatología" en:
<http://glossary.ametsoc.org/wiki/Climatology>
Consultada: 15 de Diciembre del 2019.
- AMEZCUA VÁZQUEZ, VÍCTOR
2019 Entrevistado por Joshua André Ríos Maya, 14 de Mayo, 2019, San de las Casas, Chiapas, México.
- AUBRY, ANDRÉS
2008 *San Cristóbal de Las Casas. Su historia urbana, Demográfica y Monumental 1528-1990*. 2da edición Apoyo al Desarrollo de Archivos y Bibliotecas de México, A. C., México, pp. 71-84.
- AVENDAÑO, MA. ASUNCIÓN
2006 "El corredor de las Víboras" en:
<http://ciatts.ciesas.edu.mx/Documentos/articulos/jornada.pdf>
Consultada: 3 de Marzo del 2018.
- AVENDAÑO, MA. 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, (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.
- 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.
- BLAIKIE, PIERS, *et. al*

- 1996 *Vulnerabilidad. El entorno social, político y económico de los Desastres*, La RED: Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina, ITDG: Intermediate Technology Development Group, Colombia.
- BROOKS, H.E. Y DOSWELL, C.A.
2001 *Some aspects of the international climatology of tornadoes by damage classification*, Atmospheric Research 56, pp. 191-201.
- BRUENING, S.L., M. P. KAY, Y H. E. BROOKS
2002 "A new perspective on the climatology of tornadoes in the United States" Preprints en: *16th Conf. on Probability and Statistics*, Orlando, FL, Amer. Meteor. Soc., J96-J103
- CÁMARA DE DIPUTADOS DEL H. CONGRESO DE LA UNIÓN
2012 *Ley General de Protección Civil*, Cámara de Diputados, México.
- CENTRO DE CONTROL DE ENFERMEDADES (CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION)
2017 "Tornadoes" en <https://www.cdc.gov/disasters/tornadoes/index.html>
Consultada: 14 de Marzo, 2017.
- COMISIÓN NACIONAL PARA EL CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD (CONABIO).
2013 *La biodiversidad en Chiapas: Estudio de Estado*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad/Gobierno del Estado de Chiapas. México.
- CONCANNON, P., BROOKS, H.E., DOSWELL, C.A. III
2000 *Climatological risk of strong and violent tornadoes in the United States*. American Meteorological Society., 212-219.
- CONTRERAS ESCAMILLA, INTI
2019 Entrevistado por Joshua André Ríos Maya, 14 de Mayo, 2019, San de las Casas, Chiapas, México.
- CRUZ ZAMUDIO, DANIELA MAGALI
2018 *El proceso de la emergencia ante un tornado: el caso de la comunidad La Peñuela, Municipio de Acatlán, Hidalgo (14 de abril de 2015)*, tesis de licenciatura, Facultad de Filosofía y Letras, UNAM, México.
- CUTTER, S.L.
(1993) *Living with risk*, London, Edward Arnold.
- DOSWELL, CHARLES A. III, BURGESS, DONALD W.
1988 *On some issues of United States tornado climatology*. Monthly Weather Review., Vol. 116, 495-501.
- DYNES, RUSSELL

1994 "La planificación de emergencias en comunidades: falsos supuestos y analogías inapropiadas" en: *International Journal of Mass Emergencies and Disasters*. Traducción de: Jesús Manuel Macías Medrano, 1997.

EDEN, P., C. TWIST

1995 *Tiempo y clima, publicaciones CITEM*. México, Conaculta.

ESTRATEGIA INTERNACIONAL PARA LA REDUCCIÓN DE DESASTRES DE LAS NACIONES UNIDAS (UNISDR por sus siglas en Inglés)

2009 *Terminología sobre Reducción de Riesgo de Desastre*, Naciones Unidas, Ginebra, Suiza.

FEDERAL EMERGENCY MANAGEMENT AGENCY

2017 "Tornados definition" en <https://www.fema.gov/es/antecedentes-tornados#2>
Consultada: 13 de Marzo, 2017.

GILBERT

1823 Von Wasserhosen und Erdtromben und ihrer verwüstenden Kraft, neuere (On waterspouts and tornadoes and their devastating power, newer comments). *Ann. Phys. (Berlin)*, 73, pp. 95–110, doi:10.1002/andp.18230730108.

GLICKMAN, T. S.

2000 *Glossary of Meteorology*. American Meteorological Society. 2 ed.

GRAZULIS, THOMAS. P.

1993 *Significant Tornadoes. 1680- 1991*. Environmental Films.

HERRERA CRUZ, IRVIN ULISES

2018 *Análisis comparativo de las trombas y sus consecuencias en la zona Ciudad del Carmen, Campeche, 19 de abril 2016, y Cancún, Quintana Roo, 24 de julio 2016*, tesis de licenciatura, Facultad de Filosofía y Letras, UNAM, México.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA

2008 *Características edafológicas, fisiográficas, climáticas e hidrográficas de México* en: https://www.inegi.org.mx/inegi/spc/doc/internet/1-geografiademexico/manual_carac_eda_fis_vs_enero_29_2008.pdf
Consultada: 14 de Marzo, 2018.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA

2016 *Anuario Estadístico Y Geográfico De Chiapas*, México.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA

2017 *Anuario Estadístico Y Geográfico De Chiapas*, México.

INZUNZA, JUAN

2007 "Diferencias entre tiempo y clima" en: *Meteorología descriptiva. Capítulo 2 Climatología y las estaciones*. http://www2.dgeo.udec.cl/juaninzunza/docencia/metodologia_descriptiva/ca p2.pdf

- KAHRAMAN, ABDULLAH, MARKOWSKI, PAUL M.
2014 *Tornado Climatology of Turkey*, American Meteorological Society, pp. 2345-2352.
- KREPS, GARY
1990 "Organizing for Emergency Management" en: Drabek, Thomas (editor) *The principles and practices of Emergency Management*. Washington, DC: The International City Management Association pp. 86 -99.
- LEITÃO, PAULA
2002 *Tornadoes in Portugal*, Atmospheric Research, 67-68, pp. 382-390.
- LUDLUM, DAVID. *et al.*
1995 (NAS) *Clouds and Storms*, National Audubon Society, Nueva York, Alfred. Knopf Inc.
- MACÍAS M., JESÚS MANUEL
1992 "Significado de la vulnerabilidad social frente a los desastres" en: *Revista Mexicana de Sociología*, Vol. 54 No. 4, UNAM, pp. 3-10.
- MACÍAS M., JESÚS MANUEL
1993 "Perspectivas de los estudios sobre desastres en México" en: Maskrey, Andrew (comp.) *Los desastres no son naturales*, La RED, Colombia, pp. 95 - 110.
- MACÍAS M., JESÚS MANUEL
2001 *Descubriendo tornados en México. El caso del tornado de Tzintzuntzan*, Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social, México.
- MACÍAS M., JESÚS MANUEL
2003 "Los tornados en México. Su existencia y la respuesta social a su ocurrencia" en: Olivera, Patricia, *Espacio Geográfico, epistemología y diversidad*, UNAM, pp. 233 – 260.
- MACÍAS M., JESÚS MANUEL
2009 *Investigación evaluativa de reubicaciones humanas por desastres en México*, CIESAS, México.
- MACÍAS M., JESÚS MANUEL, AVENDAÑO, ASUNCIÓN
2013 *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), CIATTS, México.
- MACÍAS M., JESÚS MANUEL, AVENDAÑO, ASUNCIÓN
2014 *Climatología de tornados en México*. Investigaciones Geográficas, Boletín, núm 83, Instituto de Geografía, UNAM, México, pp. 75-88, doi: 10.14350/rig.35726.
- MACÍAS M., JESÚS MANUEL, *et. al.*

- 2014 *Reporte de investigación. Los tornados de San Cristóbal de las Casas, Chiapas, del 2014*, CIATTS, CIESAS, México.
- MACÍAS M., JESÚS MANUEL
2015 *Crítica de la noción de resiliencia en el campo de estudios de desastres*. Revista Geográfica Venezolana, Vol. 56 (2) pp. 309-325. ISSN 1012-1617.
- MACÍAS M., JESÚS MANUEL
2016 “La estimación de intensidad del tornado del Zócalo” en: Macías, Jesús Manuel (Coord.), *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*, CIESAS, México.
- MASKREY, ANDREW, ROMERO, GILBERTO
1993 “Cómo entender los fenómenos naturales” en: Maskrey, Andrew (comp.) *Los desastres no son naturales*, La RED, Colombia, pp. 1-8.
- MASKREY, ANDREW, ROMERO, GILBERTO
1993 “Vulnerabilidad y mitigación de desastres” en: Maskrey, Andrew (comp.) *Los desastres no son naturales*, La RED, Colombia, pp. 111-134.
- MCLOUGHLIN, DAVID
1985 *A framework for Integrated Emergency Management*, Public Administration Review, 45: pp. 165-172.
- NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES (NAS)
1995 *Clouds and storms*, Nueva York, National Audubon Society, Pocket Guide.
- NATIONAL GEOGRAPHIC SOCIETY
1998 *Mapa de Peligros Naturales de América del Norte*. México. Editorial Televisa. S.A.
- NATIONAL GOVERNORS ASSOCIATION (NGA)
1979 *Emergency Preparedness Project. Final Report*, Washington, DC.
- NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION
2017 “Escala Fujita-Pearson” en: <https://www.weather.gov/bmx/fujitascale>
Consultada: 26 de Noviembre, 2017.
- NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION
2017 “Escala Fujita Mejorada” en: https://www.weather.gov/tae/ef_scale
Consultada: 26 de Noviembre, 2017.
- PRESIDENCIA DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA (OFICINA NACIONAL DE EMERGENCIAS –ONAE)
1987 *Atención de Emergencias: Bases para la Elaboración de un Plan Nacional*, Bogotá.

- RAUHALA, JENNI, BROOKS, H.E., SHULTZ, DAVID
2012 *Tornado Climatology of Finland*, Monthly Weather Review, Vol. 140, pp. 1446-1456.
- SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES (SEMARNAT)
2011 “Definición de clima” en *México y el cambio climático global*. México.
- SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL MEXICANO (SMN)
2017 “Definición de climatología” en: *Servicio Meteorológico Nacional*
<https://smn.cna.gob.mx/es/climatologia> Consultada: 21 de Noviembre, 2017.
- SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL MEXICANO (SMN)
2017 “Definición de climatología” en: *Glosario del Servicio Meteorológico Nacional*
<http://smn.cna.gob.mx/es/smn/glosario> Consultada: 20 de Noviembre, 2017.
- SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL MEXICANO (SMN)
2017 “Definición de clima” en: *Glosario del Servicio Meteorológico Nacional*
<http://smn.cna.gob.mx/es/smn/glosario> Consultada: 20 de Noviembre, 2017.
- SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL DE ESTADOS UNIDOS (NWS)
2017 “Tornado definition” en: <https://w1.weather.gov/glossary/index.php?letter=t>
Consultada: 25 de Noviembre, 2017.
- USDC
2003 *A guide to F-scale damage assessment*, U.S. Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration/National Weather Service.
- VÁZQUEZ ZECUA, EDUARDO
2018 *La emergencia y las condiciones meteorológicas del 16 de abril en el estado de Tlaxcala. ¿Un sistema de tornados*, tesis de licenciatura, Facultad de Filosofía y Letras, UNAM, México.
- VERBOUT, STEPHANIE M., BROOKS, HAROLD E., LESLIE, LANCE M., SCHULTZ, DAVID M.
2005 *Evolution of the U.S. Tornado Database: 1954 – 2003*, American Meteorological Society, Weather and forecasting, vol. 21, pp. 86 – 93.
- VELASCO, JUAN CARLOS
2012 *Tornados en SCDLC, Chiapas*, CIATTS, México.
- WILCHES-CHAUX, GUSTAVO
1993 “La vulnerabilidad global” en: Maskrey, Andrew (comp.) *Los desastres no son naturales*, La RED, Colombia, pp. 9-50.

ANEXO A

Tabla A1. Tabla de nombres de municipios del estado de Chiapas.

Clave	Municipio	Clave	Municipio	Clave	Municipio
001	Acacoyagua	041	La Independencia	081	Simojovel
002	Acala	042	Ixhuitán	082	Sitalá
003	Acapetahua	043	Ixtacomitán	083	Socoltenango
004	Altamirano	044	Ixtapa	084	Solosuchiapa
005	Amatán	045	Ixtapangajoyá	085	Soyaló
006	Amatenango de la Frontera	046	Jiquipilas	086	Suchiapa
007	Amatenango del Valle	047	Jitotol	087	Suchiate
008	Angel Albino Corzo	048	Juárez	088	Sunuapa
009	Arriaga	049	Larráinzar	089	Tapachula
010	Bejucal de Ocampo	050	La Libertad	090	Tapalapa
011	Bella Vista	051	Mapastepec	091	Tapilula
012	Berriozábal	052	Las Margaritas	092	Tecpatán
013	Bochil	053	Mazapa de Madero	093	Tenejapa
014	El Bosque	054	Mazatán	094	Teopisca
015	Cacahoatán	055	Metapa	096	Tila
016	Catazajá	056	Mitontic	097	Tonalá
017	Cintalapa	057	Motozintla	098	Totolapa
018	Coapilla	058	Nicolás Ruíz	099	La Trinitaria
019	Comitán de Domínguez	059	Ocosingo	100	Tumbalá
020	La Concordia	060	Ocoatepec	101	Tuxtla Gutiérrez
021	Copainalá	061	Ocozacoautla de Espinosa	102	Tuxtla Chico
022	Chalchihuitán	062	Ostuacán	103	Tuzantán
023	Chamula	063	Osumacinta	104	Tzimol
024	Chanal	064	Oxchuc	105	Unión Juárez
025	Chapultenango	065	Palenque	106	Venustiano Carranza
026	Chenalhó	066	Pantelhó	107	Villa Corzo
027	Chiapa de Corzo	067	Pantepec	108	Villaflores
028	Chiapilla	068	Pichucalco	109	Yajalón
029	Chicoasén	069	Pijijiapan	110	San Lucas
030	Chicomuselo	070	El Porvenir	111	Zinacantán
031	Chilón	071	Villa Comaltitlán	112	San Juan Cancuc
032	Escuintla	072	Pueblo Nuevo Solistahuacán	113	Aldama
033	Francisco León	073	Rayón	114	Benemérito de las Américas
034	Frontera Comalapa	074	Reforma	115	Maravilla Tenejapa
035	Frontera Hidalgo	075	Las Rosas	116	Marqués de Comillas
036	La Grandeza	076	Sabanilla	117	Montecristo de Guerrero
037	Huehuetán	077	Salto de Agua	118	San Andrés Duraznal
038	Huixtán	078	San Cristóbal de las Casas	119	Santiago el Pinar
039	Huitiupán	079	San Fernando		
040	Huixtla	080	Siltepec		

ANEXO B

Tabla B1. Registro de tornados por municipio y año.

AÑO/MUNICIPIO	SCLC	TAPACHULA	COMITÁN DE DOMÍNGUEZ	TUXTLA GUTIÉRREZ	CACAHOATÁN	HUIXTLA	LAS MARGARITAS	ACAOYAGUA	LA TRINITARIA	OCOSINGO	BENEMÉRITO	CHIAPA DE CORZO	CHICOMOSUELO	CINTALAPA	COAPILLA	HUEHUETÁN	JIQUIPILAS	LARRÁINZAR	MAPASTEPEC	MAZATÁN	METAPA	PALENQUE	PICHUCALCO	PUJIAPAN	TILA	TONALA	TUXTLA CHICO	VENUSTIANO CARRANZA	VILLAFLORES	
1957																														
1958																														
1959																														
1960																														
1961																														
1962																														
1963																														
1964																														
1965																														
1966																														
1967																														
1968																														
1969																														
1970																														
1971																														
1972																														
1973																														
1974																														
1975																														
1976																														
1977																														
1978																														
1979																														
1980																														
1981																														
1982																														
1983	2																													
1984																														
1985																														
1986																														
1987																														
1988																														
1989	1																													
1990																														
1991			1																											
1992																														
1993																														
1994																														
1995																														
1996																														
1997																														
1998				1																										
1999																														
2000																														
2001					1																									1
2002	1				1											1														
2003																														
2004	1																													
2005	1																													
2006		1					1																							
2007	2						1	1																						
2008																														
2009	2																													
2010	2																													
2011	3	1					1																							
2012	3	1																												
2013	1		1																											
2014	4	1	1	1	1										1						1									
2015	2	1	1	1	2							1	1										1							
2016	2			3			1		1	1						1	1										1			
2017	1	3	2	3		1	3	1	1	2		1							1		1		1		1	1	1		1	
TOTAL	28	8	6	6	5	4	4	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	

Tabla B2. Registro de tornados por mes y año.

AÑO/MES	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	SIN DATOS	TOTALaño
1957														0
1958														0
1959														0
1960														0
1961														0
1962														0
1963														0
1964														0
1965														0
1966														0
1967														0
1968														0
1969														0
1970														0
1971														0
1972														0
1973														0
1974														0
1975														0
1976														0
1977														0
1978														0
1979														0
1980														0
1981														0
1982														0
1983		1	1											2
1984														0
1985														0
1986														0
1987														0
1988														0
1989													1	1
1990														0
1991													1	1
1992														0
1993														0
1994														0
1995														0
1996														0
1997														0
1998									1					1
1999														0
2000														0
2001					1				1					2
2002			1	1	1									3
2003														0
2004										1				1
2005								1						1
2006							2							2
2007						1	2	1						4
2008														0
2009						1				1				2
2010							1	1						2
2011	1			1		1		2						5
2012			1	1			1		1					4
2013	1					1								2
2014					2	3	3	2						10
2015				1	3	2	2	2				1		11
2016		1	2	2	1	2	1	1	1					11
2017		1	4	4	3	1	2	2	2	3				21
TOTALmes	2	3	9	10	11	11	14	12	6	5	0	1	2	TOTALGENERAL

Tabla B3. Registro de tornados por hora y momento del día.

HORA DEL DÍA	FRECUENCIA
00:00	
01:00	
02:00	
03:00	
04:00	
05:00	
06:00	
07:00	
08:00	
09:00	
10:00	
11:00	
12:00	
13:00	4
14:00	9
15:00	2
16:00	6
17:00	7
18:00	1
19:00	2
20:00	1
21:00	
22:00	
23:00	
MAÑANA	3
TARDE	13
NOCHE	6
SIN DATOS	32

Tabla B4. Registro de tornados por día de la semana.

DÍA DE LA SEMANA	FRECUENCIA
LUNES	7
MARTES	16
MIÉRCOLES	23
JUEVES	9
VIERNES	13
SÁBADO	4
DOMINGO	11
SIN DATOS	3

Tabla B5. Registro de daños por tornado.

LUGAR	FECHA DE OCURRENCIA	DAÑOS A VIVIENDAS	DAÑOS A SERVICIOS PÚBLICOS	DAÑOS EN MEDIO AMBIENTE	DAÑOS INSTITUCIONES E INFRAESTRUCTURA	LESIONADOS	MUERTES	SIN DATOS	SIN DAÑOS
San Cristóbal de las Casas	15-sep-68								
	16-sep-69								
	feb-83	0	1	0	1	0	0	1	1
	05-mar-83								
	1989								
	07-mar-02	1	1	1	0	1	0		
	22-oct-04	1	0	0	0	0	1		
	31-ago-05	1	0	0	0	1	0		
	18-jul-07								1
	27-ago-07	1	1	1	1	0	1	0	
	07-jun-09	1	1	0	0	0	0	0	
	09-oct-09	1	1	1	0	0	0	0	
	02-jul-10								1
	04-ago-10								1
	25-ene-11	0	0	0	0	0	0	0	1
	21-abr-11								1
	14-ago-11								
	10-abr-12	1	0	0	0	0	0	0	
	11-jul-12	1	0	0	0	0	0	0	
	30-sep-12	1	0	0	0	0	0	0	
	19-ene-13	0	0	0	0	0	6	0	
	15-jun-14	1	1	1	1	1	0	0	
	22-jun-14	1	1	1	1	1	0	0	
06-ago-14	1	1	1	1	1	0	0		
08-ago-14	1	0	0	0	0	0	0		
11-dic-15								1	
03-jul-15	1	1	1	1	0	0	0		
17-may-16	1	1	1	1	1	0	0		
08-ago-16	1	0	0	0	0	0	0		
22-may-17	1	0	0	0	0	0	0		
28-ago-17	1	1	1	1	0	0	0		
20-sep-17	1	0	0	0	0	0	0		
20-sep-17	1	0	0	1	0	0	0		
Tapachula	12-jul-06	1	0	0	1	0	0		
	27-jun-11	0	0	1	0	0	0		
	06-mar-12	1	0	0	0	0	0		
	13-jul-14	1	1	1	0	0	0		
	15-may-15	1	1	1	1	0	0		
	14-mar-17	0	1	1	0	0	0		
	16-abr-17	1	0	0	0	0	0		
	02-jul-17	1	1	1	0	0	0		
Pichucalco	27-may-17	1	0	0	0	0	0		
	1991	1	0	0	0	0	0		
	08-jun-13	0	0	0	1	3	0		
	21-may-14	1	0	1	1	1	0		
	17-may-15	1	0	0	0	0	0		
	mar-17	1	0	0	0	0	0		
	05-abr-17	1	1	1	1	0	0		
Tuxtla Gutiérrez	30-sep-98	0	0	1	1	0	1		
	22-may-14	1	0	1	1	0	0		
	12-ago-15								1
	24-feb-16	0	0	1	1	0	0		
	03-jun-16	1	1	1	1	0	0		
La Trinitaria	28-jul-16	1	1	1	0	0	0		
	16-abr-16	1	0	1	0	0	0		
	15-mar-17	1	1	0	0	0	0		
Las Margaritas	09-mar-16	1	0	0	0	0	0		
	mar-17	1	0	0	0	0	0		
	28-mar-17	1	1	1	0	1	0		
	23-may-17	1	1	1	1	1	0		
Larráinzar	09-mar-16	1	0	1	0	4	1		
	27-jul-06	1	0	0	1	0	0		
Huixtla	12-jul-07	1	1	1	1	0	0		
	02-ago-11	1	0	1	0	1	0		
	16-abr-17	1	1	1	0	0	0		
Metapa	11-oct-17	1	0	1	0	0	0		
Pijijiapan	18-oct-17	1	0	1	0	0	0		
Villaflores	10-oct-17	1	1	1	1	0	0		1
Cacahoatán	18-may-01	1	0	0	1	0	0		
	09-may-02	1	1	1	1	0	0		
	23-jul-14	1	1	1	1	0	0		
	29-jun-15	1	1	1	1	0	0		
	10-jul-15	1	1	1	1	1	0	0	
Cintalapa	21-jun-15	1	0	0	0	0	0		
Jiquipilas	27-abr-16								1
Acacoyagua	22-jun-07	1	0	1	0	0	0		
Huehuetán	25-jul-17	1	1	1	0	0	0		
Huehuetán	17-abr-02	1	0	0	0	0	1		
Cospilla	25-jun-14								1
Mazatán	02-jul-14	1	0	1	0	0	0		
Chicomosuelo	04-ago-15	1	1	1	1	0	0		
Palenque	27-abr-15	1	1	1	1	0	0		
Tila	29-ago-17	0	0	0	1	0	0		
Tonalá	02-sep-16	0	1	1	0	0	0		
Benemérito	09-jun-16	1	0	1	0	0	0		
Tuxtla Chico	13-may-15	1	1	1	0	0	0		
Chiapa de Corzo	14-abr-17	0	0	0	0	0	1		
Venustiano Carranza	25-sep-01	1	0	0	0	0	1		
Total de tornados que presentaron daños		65	31	43	25	19	6	10	2