

III ANÁLISIS DEL PELIGRO Y VULNERABILIDAD POR BAJAS TEMPERATURAS Y NEVADAS

Martín Jiménez Espinosa, Lucía Guadalupe Matías Ramírez, Fermín García Jiménez, María Teresa Vázquez Conde, David Ricardo Mendoza Estrada y Stefanie Renner

RESUMEN

En este documento se analiza el tema de las bajas temperaturas y nevadas, las cuales se presentan en varias regiones del país y que año con año producen daños a la población y a sus viviendas. También se propone un método para evaluar primeramente, el peligro y la vulnerabilidad a estos fenómenos y, después, se sugiere una manera de estimar el riesgo por daños a la salud o a las viviendas, en el caso de las nevadas. Un obstáculo para realizar lo anterior es la falta de registros de temperaturas horarias y de espesores de nevadas, por lo que en este capítulo se enfatiza la necesidad de reforzar más el monitoreo y las mediciones de estas variables para establecer en el futuro umbrales de peligro con menos incertidumbre, que puedan permitir realizar una estimación más confiable del riesgo. Un papel muy importante será el de las unidades estatales y municipales de Protección Civil de toda la República Mexicana, que coadyuvarán precisamente al impulso del monitoreo de estos fenómenos en aquellas localidades con problemas recurrentes derivados de la época invernal, utilizando los conceptos básicos de este capítulo y los recursos disponibles de Prevención en sus áreas de trabajo, y en el caso que se requiera, con la asesoría del Cenapred.

3.1 INTRODUCCIÓN

En algunos países el fenómeno de las bajas temperaturas, o frío, como se le conoce comúnmente, es tan frecuente que la gente está acostumbrada a vivir con él; en cambio, en otros, sobre todo aquellos de latitudes tropicales, ocurren ocasionalmente, por lo que toma desprevenida a la población. Aunque, si existen zonas montañosas, es posible que aun en estos países haya poblaciones sujetas a bajas temperaturas gran parte del año, incluso con presencia de nevadas.

Las bajas temperaturas y los fenómenos relacionados con ellas pueden causar varios problemas en los países afectados, principalmente en la salud de la población, así como para sus animales domésticos y cultivos; también, pueden entorpecer el funcionamiento de la infraestructura, como los caminos, que se hacen inseguros por el hielo o la nieve acumulada en el pavimento y pueden ocasionar accidentes.

La República Mexicana se caracteriza por una diversidad de condiciones de temperatura y humedad. Por su ubicación geográfica se encuentra entre dos regiones climáticas, la templada al norte del trópico de Cáncer y la tropical, al sur de éste. Debido a la forma del relieve, la altitud, extensión territorial y su localización entre dos océanos se producen diversos fenómenos atmosféricos, según la época del año; por ejemplo, en el invierno que es frío y seco, el país se encuentra bajo los efectos de las masas polares y frentes fríos, que ocasionan bruscos descensos de temperatura, acompañados generalmente de problemas en la salud de la población.

En México, los descensos de temperatura son más evidentes en las zonas de la sierra, principalmente en la de San Pedro Mártir, en Baja California, así como en los estados de Chihuahua y Durango; sin embargo, también ocurren en la región centro en los alrededores del volcán Nevado

de Toluca, el Ajusco y la Sierra Nevada, y en algunas porciones de la Sierra Madre Oriental, como en la sierra de los Tuxtlas, en las cercanías de los volcanes Pico de Orizaba y Perote.

De acuerdo con estadísticas se pueden ubicar regiones donde es más común la incidencia de las bajas temperaturas expresadas como el fenómeno de las heladas (figura 3.1). Se observa que existe estrecha relación de las zonas más frías respecto de los sistemas orográficos (figura 3.2).

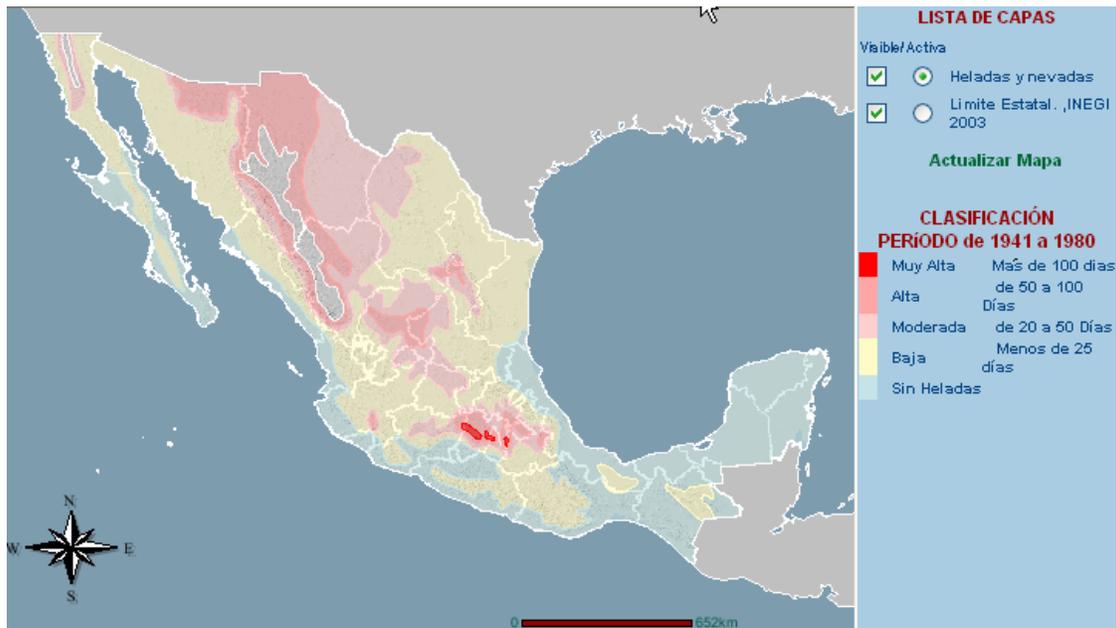


Figura 3.1 Zonificación de heladas en México
(<http://atl.cenapred.unam.mx/website/RiesgosHidrometeorologicos/Heladas/viewer.htm>)

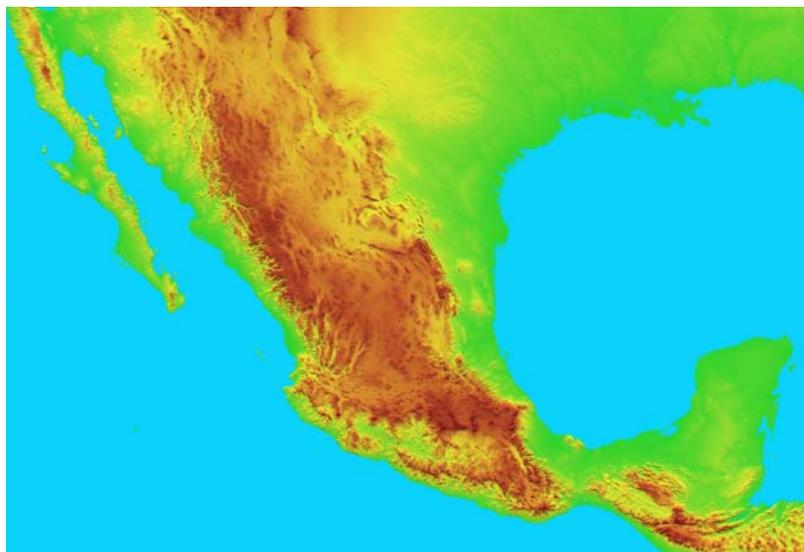


Figura 3.2 Relieve de la República Mexicana (INEGI, 2000)

Por otro lado, las nevadas son una de las manifestaciones en que puede ocurrir una precipitación (figura 3.3). Éstas se presentan cuando la temperatura en la atmósfera, al nivel superficial, es igual o menor de los 0° centígrados, además de otros factores, como es el viento, principalmente su componente vertical, y la humedad, entre otras. Su estructura consiste en cristales de hielo que se unen para formar los copos de nieve, los cuales sufren transformaciones desde su precipitación hasta su fusión, por lo que las características tanto físicas como químicas de la nieve varían con respecto al tiempo.



Figura 3.3 Nevada en San Pedro Mártir, Baja California
(Fuente: Hayde Bustamante)

Debido a la situación geográfica de nuestro país son pocas las regiones que padecen de nevadas, siendo más acentuado este fenómeno en regiones altas, como montañas o sierras, principalmente, durante el invierno. Un caso extraordinario ocurrió en el invierno de 1967, donde aproximadamente el 50% del territorio nacional resultó afectado por una nevada, incluso en el valle de México.

Históricamente las zonas donde su ocurrencia es más frecuente son los volcanes del Pico de Orizaba, Popocatepetl, Iztaccíhuatl, Nevado de Toluca, así como en las sierras de Chihuahua, Durango, Sonora, Coahuila, Baja California y Nuevo León, y en menor frecuencia en la zona del Bajío (Zacatecas, Aguascalientes, San Luis Potosí, Guanajuato y Jalisco), así como en las faldas del Nevado de Toluca y las partes altas del valle de México, como es el Ajusco.

Los efectos negativos de las nevadas en la población son, por un lado, las bajas temperaturas que se asocian a ellas, que pueden provocar enfermedades en las vías respiratorias, o en el peor de los casos, muerte por hipotermia, así como el colapso de los techos en las casas endeble debido al sobrepeso de la nieve, el cierre de caminos y aeropuertos, la consecuente incomunicación de estas poblaciones, la suspensión de actividades y el congelamiento de tuberías de abastecimiento, además de los daños a los campos de cultivo.

Para la elaboración de mapas de riesgo por bajas temperaturas y nevadas es imprescindible estimar la vulnerabilidad de las poblaciones expuestas a estos fenómenos. La estimación de la vulnerabilidad sólo será posible con el conocimiento de la población afectable y sus características socioeconómicas, mientras que el peligro por bajas temperaturas requerirá de la zonificación de éstas, así como de un tratamiento probabilístico en el que destaque su intensidad, es decir, su valor y duración bajo un umbral determinado.

En el caso de regiones susceptibles a la ocurrencia de nevadas, también será importante la vulnerabilidad de la vivienda de la población.

La presente metodología contempla lo siguiente: definición de conceptos básicos, tales como peligro, vulnerabilidad y riesgo; aspectos geográficos tales como escalas recomendadas, proyecciones, integración de la información y fuentes de información. Adicionalmente se analizará la manera de identificar el peligro, el criterio de evaluación de la vulnerabilidad y la estimación del riesgo.

3.1.1 Características de los parámetros de las bajas temperaturas y nevadas

Radiación y capacidad térmica del suelo

El término “albedo” (*del latín albēdo, blancura*) se utiliza para medir la capacidad de reflexión de la luz de una superficie, y puede tomar valores entre cero (no hay reflexión) y uno (todo se refleja); depende de muchos factores como el ángulo de la radiación o la temperatura y humedad del material. El albedo también es un factor importante en lo que se refiere al tema de las nubes.

El agua tiene un albedo muy pequeño, es decir, su capacidad para reflejar la luz es baja, por eso absorbe una gran cantidad de la radiación solar que la toca, por lo que su capacidad térmica es alta. Es por ello que la superficie del mar tarda mucho tiempo en calentarse, en comparación con la superficie de la tierra. Por consiguiente, la pérdida de calor del mar en invierno tarda más que la de la tierra. Esto se debe a la alta capacidad de conducción calórica del agua, así el calor llega hacia capas más profundas.

Por lo anterior se puede decir que el mar funciona como un gran almacén de calor. Absorbe mucha radiación en verano y la conduce hacia capas más profundas. De esta manera el mar está más frío que la tierra durante el verano. Pero el calor no se pierde tan rápidamente, así que el agua permanece más caliente durante el invierno que la tierra.

Otro ejemplo es la arena. Tiene un albedo medio, así que una parte de la radiación solar está absorbida. Pero la capacidad de conducción calórica o térmica es muy baja en la arena, así como su capacidad térmica, por lo que el calor absorbido se queda en la capa superficial y la arena se puede calentar muy rápidamente. Este fenómeno se siente en verano en la playa donde casi no es posible caminar sin sandalias por el calor de la arena. Pero si se cava sólo hasta una profundidad de unos centímetros la arena ya está mucho más fría. En la noche se muestra la situación contraria: como el calor está almacenado sólo en las capas muy cerca de la superficie, la pérdida de calor también ocurre en forma muy rápida. Por eso las noches en el desierto son frías, en comparación con las temperaturas altas del día.

La nieve también es un material con características térmicas muy interesantes. Su albedo es muy alto, es decir, gran parte de la radiación solar es reflejada. Además, por su capacidad de conducción calórica relativamente alta, la radiación solar que absorbe la nieve está repartida en una capa gruesa, por esta razón la superficie de la nieve está muy fría. Si la temperatura en la atmósfera se incrementa hasta más de 0° centígrados, la superficie de la nieve permanece a 0° C hasta que toda la nieve se derrite.

Existe una correlación entre la presencia de nieve y las bajas temperaturas en una región: antes de una nevada las temperaturas bajan. Por el albedo alto de la nieve se refleja gran parte de la radiación solar, lo que provoca que las temperaturas desciendan más, favoreciendo la caída de más nieve. Cuando la temperatura aumenta, la nieve se funde. Entonces baja el albedo del suelo, así que una mayor parte de la radiación solar es absorbida, lo que conduce a un incremento de la temperatura.

En la tabla 3.1 se muestra el rango de valores del albedo para diferentes superficies.

Tabla 3.1 Varios tipos de suelo con valores de albedo y capacidad térmica

Superficie	Albedo	Capacidad térmica [J / kg K]
Bosque	0.05 – 0.18	
Hierba	0.05 – 0.30	
Granito	0.30 – 0.35	710
Arena	0.20 – 0.40	920
Nieve	0.80 – 0.90	2090
Agua	0.03 – 0.22 (agua del mar: 0.35)	4180

Radiación solar

La radiación solar sobre la superficie de la tierra está en función de la latitud. En los trópicos, donde el Sol está en el cenit, la Tierra recibe más radiación que en las regiones situadas hacia los polos. Sobre todo, la intensidad de la radiación es más alta hacia los trópicos.

La cantidad de horas con sol es casi igual en los trópicos aunque cambia hacia los polos. En la zona polar existe el día y la noche polares, es decir el Sol no se pone durante varios meses en verano y no aparece durante varios meses en invierno; sin embargo, las temperaturas siempre son muy bajas y sólo cambia la intensidad del frío.

Para determinar la temperatura es más importante la intensidad de la radiación. Por eso, las regiones cercanas a los trópicos reciben más calor que otras partes del mundo. Sin la influencia del mar (descrita arriba) la distribución de las temperaturas sería paralela con las líneas de la misma latitud, las temperaturas altas hacia los trópicos y las temperaturas bajas hacia los polos. Pero con los dos factores (mar y tierra) juntos se forma un esquema más complejo.

En invierno ocurren las temperaturas más altas en el suroeste de los continentes y las más bajas en el noreste. En la zona de los vientos del Oeste, por ejemplo, las líneas de misma temperatura son diagonales, inclinadas del noroeste al sureste en invierno y del suroeste al noreste en verano. En una zona de vientos del Este sería al revés. Estas condiciones cambiarían si hubiera hielo en el mar, ya que al estar el agua aislada de la tierra (por la capa de hielo) dejaría de calentar el agua a la tierra. Podría concluirse que la temperatura está en función de la latitud y de la distancia al mar, aunque existen otros factores que también tienen una influencia importante.

Altura sobre el nivel del mar

La altura sobre el nivel del mar es un factor importante, ya que al disminuir la densidad del aire con la altura provoca la disminución de la temperatura (aproximadamente 5° centígrados por un kilómetro de altura). A medida que aumenta la elevación sobre el nivel del mar, al aire le cuesta más trabajo expandirse por lo que se va enfriando al perder energía en forma de calor. Por este efecto hay nieve en las montañas más altas, incluso dentro de la zona tropical (figura 3.4).



Figura 3.4 Nieve en la sierra de San Pedro Mártir, Baja California
(Fuente: Hayde Bustamante)

La tabla 3.2 muestra la altura sobre el nivel del mar, latitud y temperatura promedio de algunos lugares de México.

Tabla 3.2 Comparación de temperaturas promedio en algunas ciudades en México

Ciudad	Altura [m]	Latitud [° N]	Temperatura [° C]
Oaxaca	1,563	17.1	+20.5
Puebla	2,150	19.0	+16.3
Veracruz	13	19.2	+25.3
Ciudad de México	2,308	19.2	+16.5
Guadalajara	1,589	20.7	+19.5
Monterrey	534	25.7	+22.0

En la tabla anterior se puede observar que existe una relación entre la altura y la latitud que define la temperatura para una cierta región. Por ejemplo, en Veracruz hace más calor que en Puebla, aunque esta última está situada un poco más al sur, esto se debe a la altura sobre el nivel del mar.

Topografía

La topografía del terreno ejerce una influencia importante. En los valles y las hondonadas hace más frío en la noche que en lo alto de los cerros, porque en la noche desciende el aire frío producido por la pérdida radiativa de la tierra, y se acumula en los valles y las hondonadas. Durante el día están protegidos contra el viento, así que la temperatura se incrementa en comparación con la de las montañas. A medida que avanza el día, la amplitud de la oscilación de temperatura es más alta en los valles que arriba de los cerros. A veces, en invierno la radiación solar es tan baja o la tierra nevada absorbe tan pequeña cantidad de ella que, incluso, durante el día las temperaturas en los valles son más bajas.

En las zonas templadas y polares es importante la diferencia entre una inclinación hacia el sur y una inclinación hacia el norte de los rayos solares. Como el sol nunca está en el cenit siempre su radiación viene de la dirección del sur en el hemisferio del norte, es decir, inclinaciones hacia el sur son más cálidas que inclinaciones hacia el norte, por eso en la cara norte de las montañas permanece más tiempo la nieve.

La topografía tiene gran influencia sobre la dirección del viento. Las grandes montañas, e incluso pequeños cerros, forman barreras para el viento. Por otra parte, en valles y hondonadas la fuerza del viento aumenta como en una tobera.

Viento y advección

El viento ayuda a impedir que se formen temperaturas extremas en capas bajas de la atmósfera, las corrientes verticales mezclan el aire frío, cerca de la superficie, con aire más caliente, en capas superiores. Además, la turbulencia del viento también mezcla el aire continuamente. Si no hay viento es más probable que desciendan las temperaturas cerca de la superficie hasta un valor extremo. El viento relacionado con bajas temperaturas provoca que el frío sea más peligroso para la gente, esta relación se llama “wind chill” y afecta únicamente a los humanos, con objetos inanimados el efecto es diferente.

Otro aspecto importante es la advección, o sea el desplazamiento horizontal de una masa de aire hacia una zona en que las propiedades térmicas o de humedad son distintas. Si la temperatura del aire transportado por el viento es más alta que la de su alrededor se llama advección de aire caliente, en caso contrario es advección de aire frío.

Un ejemplo donde este efecto desempeña un papel muy importante es Europa. Está situada en la región de los vientos del Oeste, vientos que vienen del mar y de la Corriente del Golfo, donde absorben mucho calor. Esta advección de aire caliente es responsable del clima templado de Europa. En cambio, el norte de América (en regiones de la misma latitud) hace mucho más frío que en Europa porque los vientos traen aire frío del noroeste.

Nubosidad

Por último, la nubosidad ejerce una influencia grande sobre las temperaturas. El efecto de las nubes sobre el balance radiativo del suelo es complejo ya que depende, entre otras cosas, de la forma y altura de las nubes, si éstas están formadas por gotas de agua o cristales de hielo, por el tamaño y número de gotas de agua dentro de ellas, así como por la cantidad de radiación solar en comparación con la radiación terrestre.

Las nubes sirven para retener gran parte del calor que, de otro modo, se perdería para la tierra en forma de radiación. Además de intervenir en la transmisión de radiación, las nubes actúan como reservorios térmicos temporales, debido a que absorben cierta proporción de la energía que interceptan.

Las nubes altas normalmente tienen un efecto de calentamiento que se llama efecto invernadero, porque dejan pasar la radiación solar pero absorben la radiación terrestre, enviando parte de ésta hacia el suelo. En cambio, las nubes bajas y, sobre todo, nubes con gran espesor (figura 3.5), tienen el efecto de enfriar, porque reflejan o absorben la radiación solar. Por ejemplo, cuando el cielo está despejado durante la noche, el suelo pierde energía muy rápidamente por la irradiación hacia el espacio, lo que precisamente pasa en los desiertos, donde no hay una humedad atmosférica suficientemente alta para que puedan formarse nubes, provocando que las noches en los desiertos sean frías y los días muy calurosos.

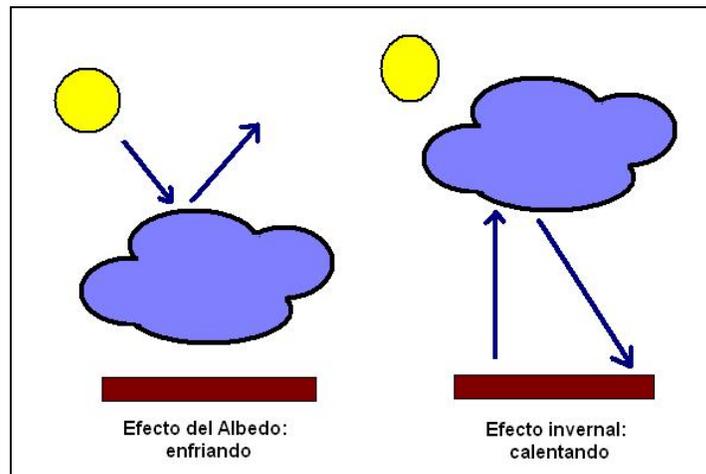


Figura 3.5 Efecto del albedo (izquierda) e invernadero (derecha)

El albedo de las nubes bajas con gran espesor está entre 0.6 y 0.8, mientras que el de nubes altas sólo es de aproximadamente 0.2.

3.1.2 Instrumentación para medir variables meteorológicas

Medición de la temperatura

Para medir la temperatura se usan tres principios de la física: la modificación de la longitud o del volumen de un cuerpo con la temperatura, el cambio de la diferencia de voltaje en un lugar de contacto entre dos metales con la temperatura y la dependencia de la resistencia eléctrica de un metal con la temperatura.

Los instrumentos de medición tienen que estar protegidos contra la radiación solar, ya que puede modificar la medición de la temperatura. Por eso, normalmente se protege a los instrumentos de medición dentro de una caja de madera en color blanco y con aberturas para que pueda entrar el viento.

La herramienta más común y conocida es el termómetro de mercurio (figura 3.6), y se basa en el primer principio mencionado anteriormente. Cuando la temperatura del aire se incrementa, el mercurio se expande y cuando la temperatura desciende el mercurio se contrae. Después de calibrar el termómetro se puede usar para medir la temperatura. El termómetro de mercurio provee buenos resultados hasta una temperatura de aproximadamente 35° C bajo cero, porque con temperaturas más bajas el mercurio se congela.

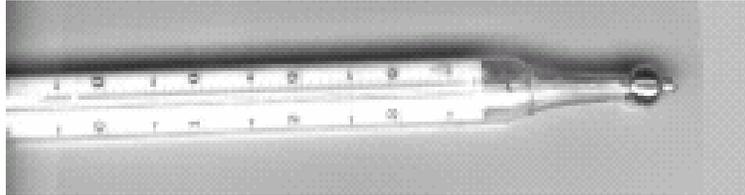


Figura 3.6 Termómetro de mercurio

En México se tienen temperaturas medias que oscilan entre 5 y 35° C. En la figura 3.7 se observa que el lugar donde ocurren las temperaturas menos confortables o frías es en el estado de Chihuahua. En la versión electrónica la temperatura media está en tonos azules a rojos, los primeros corresponden a los ambientes fríos y los rojos a los cálidos. Mientras que, la temperatura mínima aparece en colores azules a amarillos, en esta figura la gama azul está relacionada con las bajas temperaturas.

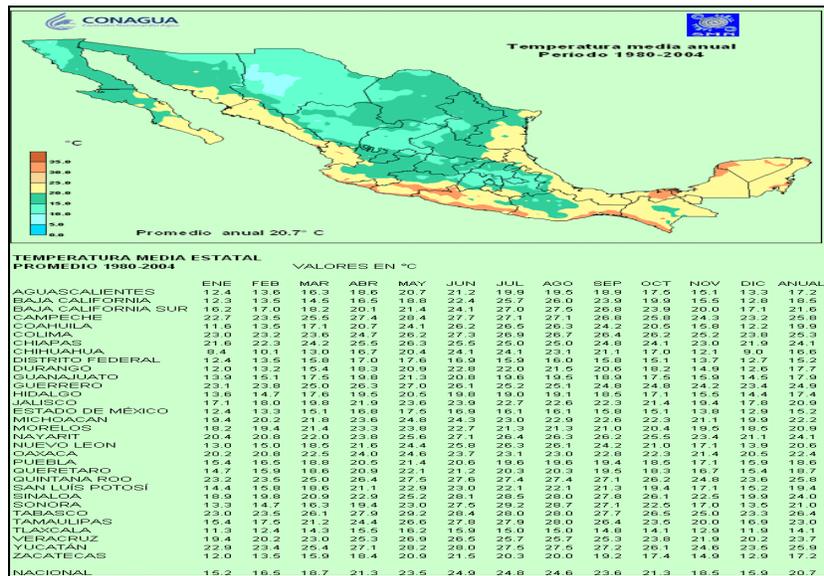


Figura 3.7 Temperatura media anual en la República Mexicana para el periodo 1980-2004 (<http://smn.cna.gob.mx/productos/map-lluv/tem-med.gif>)

Medición de la radiación solar

El principio físico que se utiliza consiste en calentar una superficie negra expuesta a la radiación solar, el grado del calentamiento por absorción será entonces la medida de la radiación (en unidades de Watt/m^2).

El siguiente instrumento permite medir la radiación total que proviene de un ángulo sólido pequeño y que incide en una superficie plana normal al eje de este ángulo. Se utiliza para medir la radiación solar directa y se llama Pirheliómetro (figura 3.8).

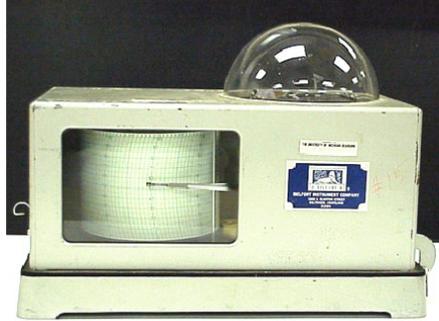


Figura 3.8 Pirheliómetro, aparato para medir la radiación solar

Medición del viento

El viento debe ser registrado a una altura de diez metros sobre la superficie para que no sea perturbado por obstáculos como son árboles o edificios, esto es una regla oficial para que las mediciones puedan ser comparadas en todas las regiones del mundo. Para conocer su velocidad y dirección, se utilizan los anemómetros (figura 3.9).

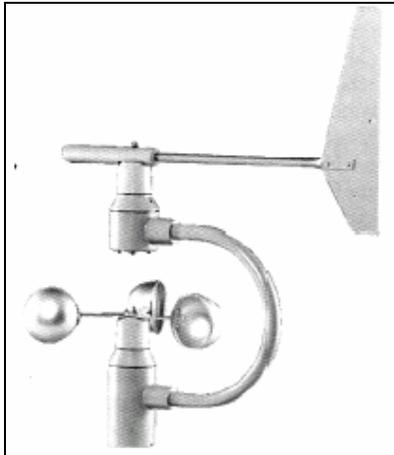


Figura 3.9 Anemómetro

La dirección del viento se mide con la veleta y la velocidad con el movimiento rotacional al girar las cazoletas con respecto a un eje al ser tocadas por el viento.

Medición de la nubosidad

La nubosidad es la variable meteorológica más difícil de medir. En algunos casos se usa el sentido común de las personas, donde se anota la altura a la que se encuentran, el tipo de nube (figura 3.10), la velocidad con la que se mueven en el cielo, así como la duración de la presencia de las nubes (cantidad de horas con cielo nublado); sin embargo, los observadores se apoyan en el atlas internacional de nubes de la Organización Meteorológica Mundial (OMM, 1993).



Figura 3.10 Grupo de nubes bajas: cumulus, stratus, stratocumulus y cumulonimbus (OMM, 1993)

Recientemente, el instrumento que más se usa para medir las nubes es el satélite. Existen dos tipos diferentes de satélites: los geoestacionarios, que hacen círculos alrededor del globo terráqueo encima del ecuador, con la misma velocidad con la que gira la Tierra, por lo que siempre están situados encima del mismo lugar, y los polares, con órbitas de giro alrededor de la Tierra, con dirección casi paralela a los meridianos, es decir, recorren el planeta de polo a polo y su altura aproximada es de 850 Km; éstos cambian su ruta con el paso del tiempo de manera que, durante un día, observan todos los lugares del globo (figuras 3.11 y 3.12).

El satélite GOES-E provee imágenes en cinco canales; tres en el infrarrojo, uno en el visible y otro más en vapor de agua. Para la identificación de nubes, los canales más útiles son el infrarrojo y el visible. En la parte visible se mide el albedo de las nubes, que depende del tipo de éstas, así como de diferentes características de las cámaras de los satélites. Este tipo de imágenes son prácticas durante el día, además poseen una resolución de un kilómetro. En la noche se utilizan las imágenes infrarrojas, que miden la temperatura de las nubes, sin embargo, en invierno es difícil distinguir entre nubes y suelo con nieve, porque tienen el mismo color y temperatura.

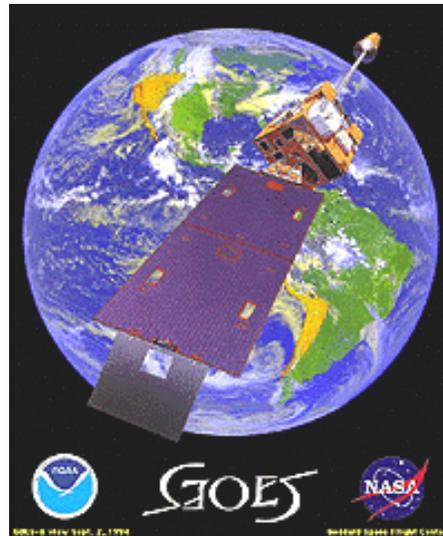


Figura 3.11 Satélite meteorológico geoestacionario “GOES-E:75°W”

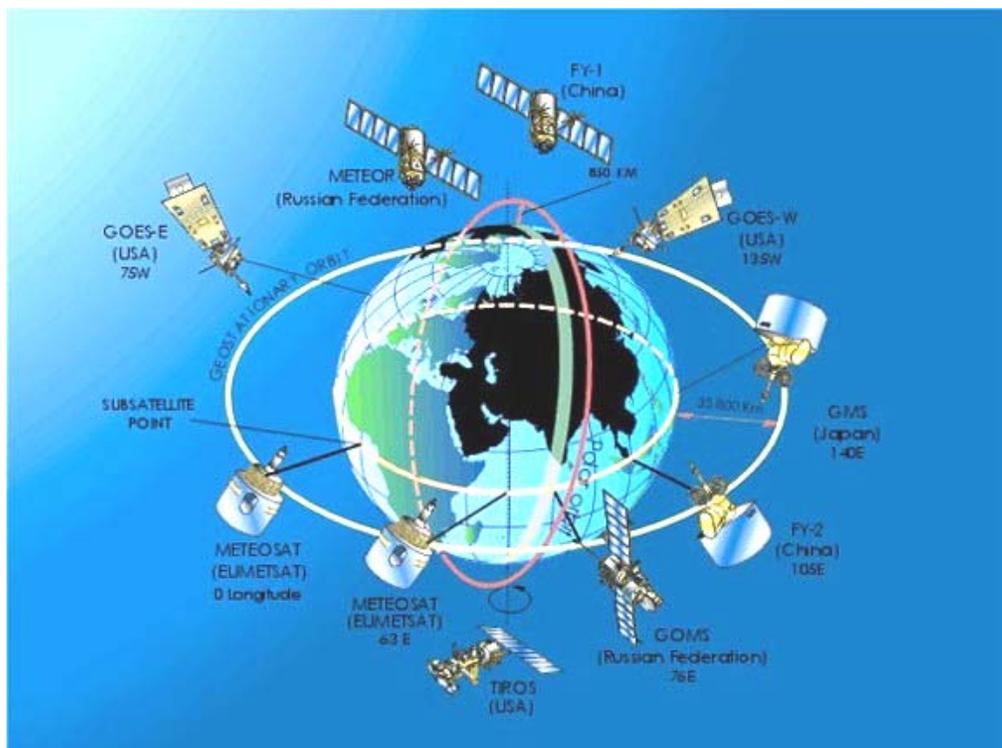


Figura 3.12 Sistema de satélites geoestacionarios y de órbita polar del mundo

El satélite Meteosat provee imágenes en tres partes del espectro de la luz, dos de ellas son importantes para la medición de las nubes, la parte visible y la infrarroja. En la parte visible se mide el albedo de las nubes, la que depende del tipo de éstas, así como de diferentes características de las cámaras de los satélites. Estas imágenes sólo pueden ser utilizadas durante el día. En la noche se usan las imágenes infrarrojas, en ellas se mide la temperatura de las nubes; sin embargo, en invierno es difícil distinguir entre nubes y suelo nevado, ya que tienen el mismo color y calor.

Otra forma de medir la nubosidad es por medio de radares, los cuales lanzan ondas con una longitud entre uno y tres centímetros hacia las nubes, con la finalidad de medir su densidad (figura 3.13).



Figura 3.13 Radar meteorológico tipo Doppler

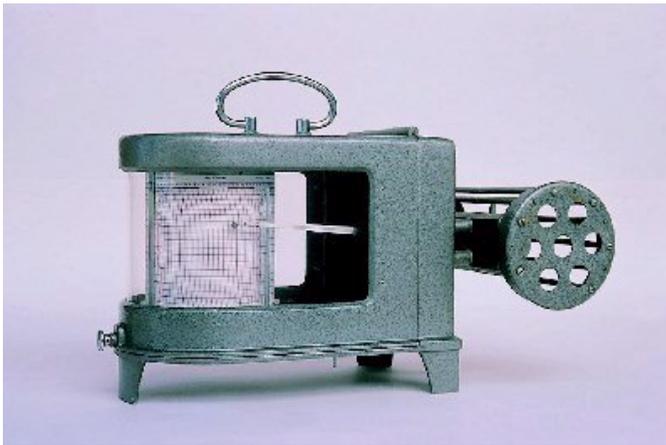
Medición de la humedad atmosférica

Una posibilidad para medir la humedad atmosférica es la utilización de dos termómetros de mercurio. Uno de los termómetros (figura 3.14) debe estar envuelto en un trapo húmedo. La temperatura que mide este termómetro es más baja que la que mide el otro, porque el aire dentro del termómetro húmedo pierde calor por la evaporación de agua en el trapo. Se evapora más agua cuando el aire está más seco, por eso la diferencia entre las temperaturas de los dos termómetros es una medida de la humedad atmosférica. La relación entre la diferencia de temperaturas y la humedad también depende de la temperatura absoluta que mide el termómetro seco. Con estos dos valores de medición se pueden consultar unas tablas llamadas psicrométricas, que ayudan de manera directa a obtener la humedad, y de esa manera deducir la humedad atmosférica. Para que funcione este principio se tienen que ventilar los termómetros continuamente con una velocidad de viento de tres o cuatro metros por segundo como mínimo.

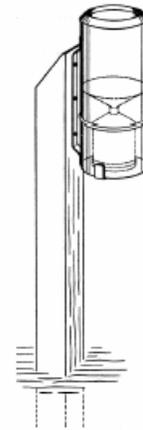
Otra forma de medir la humedad en la atmósfera se basa en el cambio de tamaño de algunos materiales expuestos a la humedad, como puede ser el cabello. En la superficie de éste existen pequeños cristales que absorben el vapor del agua contenido en el aire. Por eso la longitud del cabello cambia cuando la humedad relativa en la atmósfera es diferente. Esta relación no es lineal, pero mediante una calibración del instrumento, llamado higrógrafo (figura 3.15), se puede usar para medir la humedad. Normalmente el instrumento se une a un aparato para escribir el cambio de la longitud del cabello en forma automática. En la meteorología se usa principalmente el cabello humano, aunque también suele ser usado el pelo de caballos y ovejas.



Figura 3.14 *El psicrómetro es el aparato que permite medir la humedad relativa del aire*



a)



b)

Figura 3.15 *a) Higrógrafo de cabello para medir la humedad relativa y b) Pluviómetro, que permite medir la precipitación de lluvia y nieve*

Medición de la precipitación

La precipitación se mide con un recipiente que recoge las gotas de lluvia y los copos de nieve (figura 3.15 b) generalmente en intervalos de 24 horas, con un aparato llamado pluviómetro, o de manera continua, con un pluviógrafo. El recipiente debe estar protegido contra el viento y la evaporación, a una distancia mínima de obstáculos como árboles o edificios, que es dos veces la altura del obstáculo. La precipitación se mide en milímetros. Si se trata de nieve o granizo se tiene que fundir primero.

Otra forma para medir la precipitación es la utilización del radar (figura 3.13). A través de una antena se envía una señal en forma de corriente eléctrica mediante impulsos cortos y se capta la respuesta (la señal reflejada) en las pausas entre dos impulsos. Con el tiempo obtenido entre el impulso enviado y la respuesta se puede calcular la distancia de los objetos reflejados. Para medir la precipitación se utiliza corriente eléctrica con una longitud de onda entre tres y diez centímetros. Así, es posible medir no sólo la distancia del radar a la lluvia sino también su intensidad, el tamaño de las gotas y el tipo de la precipitación, lluvia, granizo, etc.

Actualmente se puede medir por medio de una estación automática, variables atmosféricas como temperatura, humedad, presión, radiación solar, viento y lluvia; este equipo de adquisición de datos cuenta con sensores e instrumentos que registran, almacenan y transmiten las observaciones de forma automática, sin la necesidad de personal en el lugar. Las ventajas de la estación automática es que son más consistentes en sus registros, los cuales, son recolectados con mayor frecuencia y en el tiempo deseado; además, se pueden instalar en zonas aisladas (figura 3.16).

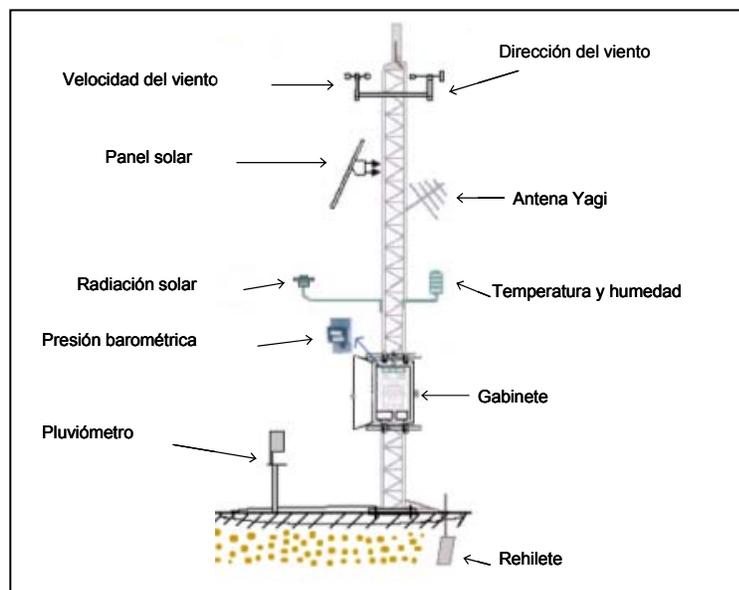


Figura 3.16 Estación automática tipo torre triangular

3.1.3 Formación de las nevadas

Las bajas temperaturas, heladas o nevadas pueden presentarse de formas muy diferentes en todo el mundo. En la región ártica, por ejemplo, existen lugares donde la humedad atmosférica es tan baja que no cae nieve; se trata de los “desiertos árticos”. En cambio, en otros lugares la nieve es abundante, formando paisajes blancos de diferentes tonalidades.

Si la humedad en los niveles cercanos a la superficie es muy alta y hay un descenso de la temperatura, entonces se puede presentar niebla cerca del suelo. Ésta se forma con mucha frecuencia en los valles cuando las temperaturas descienden por radiación durante la noche y no existen vientos suficientemente fuertes para mezclar este aire frío con aire más caliente de niveles superiores. La niebla normalmente se disuelve con la radiación solar del día siguiente o cuando cae nieve; así, las pequeñas gotitas de agua de la niebla se congelan por encima de los copos de nieve

hasta que desaparecen completamente. Cuando la humedad atmosférica es menor, se forma escarcha o la helada blanca, donde el vapor de agua se congela sobre una superficie fría. Si no hay escarcha ni nieve se llama helada negra, la cual resulta peligrosa para los cultivos.

Uno de los fenómenos meteorológicos de mayor riesgo que va asociado con las bajas temperaturas es la nevada, la cual ocurre cuando las condiciones atmosféricas son propicias, como una humedad atmosférica suficientemente alta, temperaturas por debajo de los cero grados centígrados, corrientes de viento ascendentes y una alta concentración de partículas fijas en la atmósfera que servirán como fondo de cristal de hielo.

Para que se origine una nevada es necesario que se enfríe el aire húmedo, lo que normalmente ocurre al presentarse una corriente ascendente, logrando una sobresaturación del aire con vapor de agua (es decir, que la humedad relativa esté por arriba del 100%), pero varios estudios han mostrado que no puede condensarse el agua pura hasta que la humedad relativa alcance valores de aproximadamente 800%, cantidad que no se puede dar en la naturaleza. Entonces, es necesario que existan partículas fijas en el aire apropiadas para que se pueda congelar el agua en las capas altas de la atmósfera. El valor de la humedad relativa necesario para la condensación y formación de gotitas de agua depende de la existencia, la forma y el número de estas partículas. Normalmente existen suficientes partículas (figura 3.17) para que el vapor de agua condense alrededor de una humedad relativa de 100%.

Para que ocurra la precipitación, en forma líquida o como nieve, existen dos teorías que lo pueden explicar, pero sólo una de ellas es aplicable en el caso de la caída de nieve o aguanieve, ésta se llama proceso de Wegener, Findeisen y Bergeron. Considera una nube (cirrocumulus, altostratus o cumulonimbus) en la cual hay gotitas de agua líquida y cristales de hielo a la vez. Normalmente los cristales de hielo están situados en la parte alta de la nube, dónde las temperaturas son más bajas, las gotitas de agua están situadas en la parte baja de la nube. En medio de la nube existen cristales de hielo, además de existir inestabilidad.

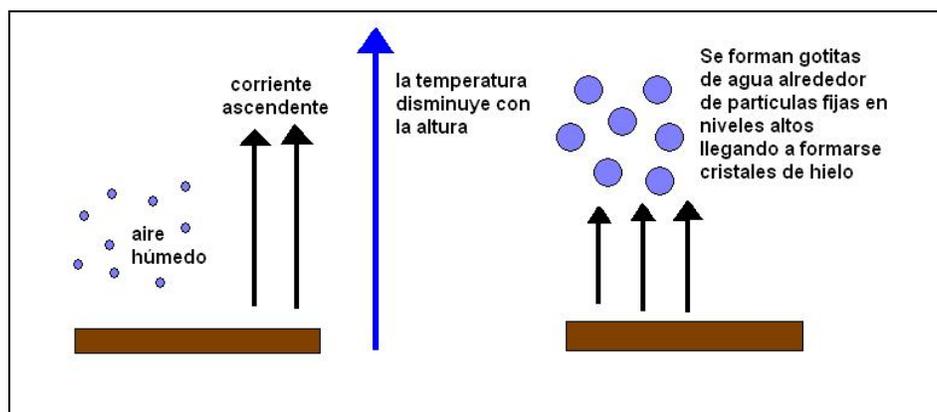


Figura 3.17 Proceso de formación de cristales de hielo

Cuando los cristales son de hielo y gotitas de agua a la vez, las temperaturas son bajas, y no hay suficientes partículas fijas para desarrollarse más cristales de hielo; además, las corrientes ascendentes que forman la nube ya no pueden mantenerlos flotando y comienzan a caer. Al ir descendiendo atrapan muchas gotitas de agua que se congelan por encima de los cristales, así que éstos crecen mucho más. Ese proceso se llama coagulación. Si al caer pasan por una capa de aire en donde las corrientes ascendentes son más fuertes, entonces van a subir otra vez y el proceso se repite. De esta manera pueden crecer los cristales de hielo hasta alcanzar un tamaño

considerablemente grande. Cuando las corrientes ascendentes de aire no pueden mantener flotando los cristales de hielo, entonces se produce la precipitación en forma de nieve.

Los copos de nieve

Los copos de nieve tienen diferentes formas y tamaño, ello depende de la temperatura y humedad de la atmósfera, aunque todos presentan estructuras hexagonales (figura 3.18) debido a la manera en como se agrupan las moléculas de oxígeno e hidrógeno al congelarse el agua.

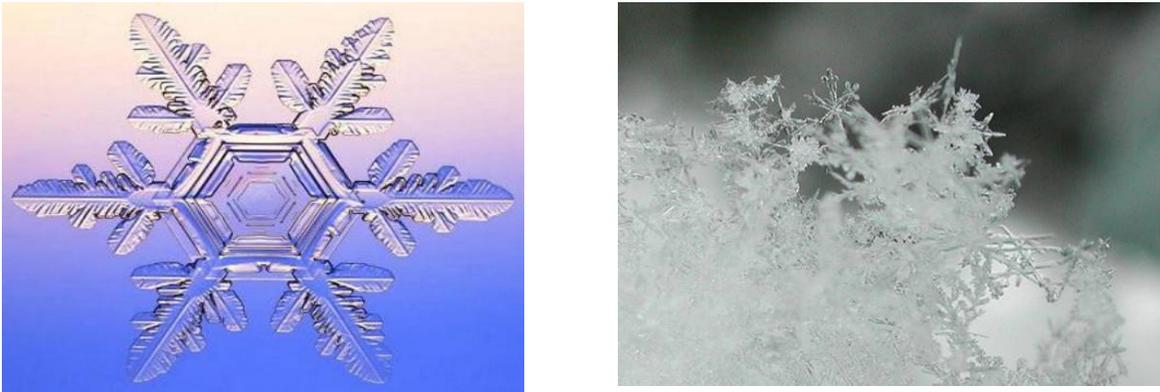


Figura 3.18 Ejemplos de forma de los copos de nieve

Cuando el agua se congela, las fuerzas de cohesión entre las moléculas de agua (H_2O) son mayores a las térmicas y forman un conjunto rígido con simetría hexagonal, ya que es el estado natural más estable (de menor energía). El crecimiento comienza normalmente con una partícula de polvo la cual absorbe algunas moléculas de agua que forman el núcleo del cristal de hielo. Por lo general, éstos necesitan de una superficie para su formación. El cristal recién formado crece a partir de un diminuto prisma hexagonal. Mientras el cristal se desarrolla, en las esquinas surgen pequeños brazos delgados que, al contacto con el aire, aumentan un poco más. Debido a que las condiciones atmosféricas que rodean al cristal son idénticas a él mismo, entonces los seis brazos llegan aproximadamente al mismo tamaño.

Los pequeños cristales de hielo son transportados a grandes distancias dentro de la nube y su crecimiento y desarrollo dependerán de la temperatura en el ambiente. Al ir encontrando diferencias de temperatura, humedad y viento, los pequeños brazos del cristal empiezan a crecer y a desarrollar pequeñas dendritas. Mientras el copo de nieve es arrastrado por el viento se va encontrando con distintas condiciones de crecimiento y, por ende, va creciendo en una intrincada estructura; esto explica por qué hay tal diversidad de copos de nieve en la naturaleza, lo que justifica la frase “no hay dos copos iguales”.

3.2 PELIGRO POR BAJAS TEMPERATURAS

El ser humano es vulnerable a ciertas temperaturas, tanto por arriba de un umbral, como por debajo de otro. Este documento se ocupa de aquellas temperaturas que están por debajo de un cierto umbral. Por otro lado, es de interés analizar aquellos eventos extremos, es decir, poco frecuentes, que pueden perjudicar, de manera excepcional a la población, y no el evento normal que se presenta

todas las mañanas cuando está a punto de amanecer. Adicionalmente, es un hecho que junto con la presencia de bajas temperaturas debe analizarse su duración, ya que no es lo mismo que se presenten temperaturas por debajo de los cero grados un par de horas al día, que durante varios días de manera continua. Enseguida se describirá el cálculo de peligro por bajas temperaturas, indicando en primer lugar cómo se obtiene la función de peligro y, finalmente, la probabilidad de pasar de una temperatura menor, dado que se conoce la temperatura actual, lo cual será de utilidad si se quisiera elaborar escenarios de ondas de frío para una condición inicial dada.

3.2.1 Temperatura

La variable temperatura se interpretará como aquella de tipo discreto tomada cada hora, por lo que sólo se podrá obtener de observatorios sinópticos o de estaciones automáticas. Se definirá como t_i , donde i es el número de horas en un lapso cualquiera. Un registro típico se observa en la figura 3.19.

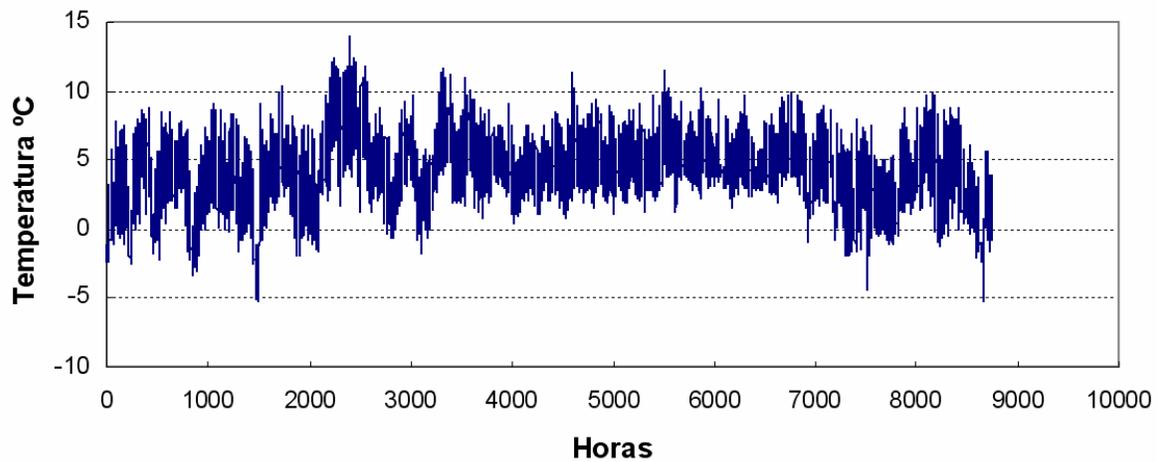


Figura 3.19 Temperatura horaria en el Nevado de Toluca durante el año 2001

3.2.2 Umbral

Un umbral es una magnitud fijada a partir de la cual se produce un efecto determinado. En el caso de bajas temperaturas se puede pensar que existen umbrales de temperatura para los cuales pueden producirse problemas en la salud de las personas; sin embargo, debido a condiciones históricas, o incluso genéticas, ciertos grupos poblacionales son más resistentes a bajas temperaturas que otros. Es por ello que se establecerá un umbral móvil que iniciará desde una temperatura determinada en grados centígrados, ° C, hacia abajo, y se denominará U_j , donde j va de cero a $m-1$, siendo m el número total de umbrales a analizar. Se puede escoger un paso de descenso o intervalo de, por ejemplo, 5° C, de modo que el umbral móvil vaya de 10, 5, 0, -5, -10, etc. (° C). Con base en lo anterior, podemos definir el evento Y , tal, que cumpla con lo siguiente:

$$Y = \{ \text{Cambio del umbral } U_j \text{ al umbral } U_{j+1} \}$$

Asimismo, se definirá como h_j , el número de horas en un periodo cualquiera donde la temperatura fue menor o igual a un umbral j determinado, donde j va de cero a $m-1$ umbrales. Con base en esto, se podrá calcular la probabilidad del evento Y mediante la división de h_{j+1} entre h_j . De

esta forma se puede determinar la probabilidad de que se inicie un evento de baja temperatura en cierto umbral. La forma en que se expresa esta probabilidad es:

$$P(Y) = P_{u=j+1} = \frac{h_{j+1}}{h_j}$$

3.2.3 Duración de un evento de baja temperatura

Se definirá dt_i como la duración, en horas, de un evento en que $t_j \leq U_i$, continuamente, es decir, la temperatura está por debajo de un cierto umbral. En la figura 3.20 se observa un evento en el que, si el umbral es igual a 0°C , entonces de la hora 1446 a la 1547 la temperatura está por debajo de ese umbral, con una duración continua de 101 horas, es decir, ¡un poco más de 4 días! Se observan otros eventos en que la temperatura está por debajo de los 0°C , aunque con duraciones continuas diferentes.

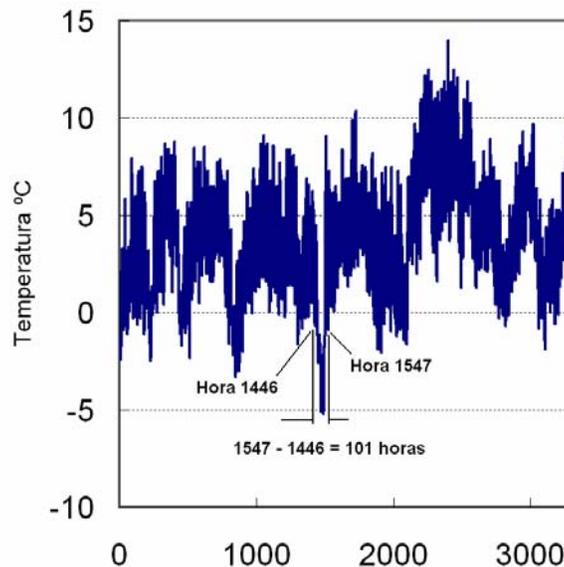


Figura 3.20 Duración de un evento de baja temperatura

3.2.4 Función de peligro por bajas temperaturas

Como se comentó anteriormente, la función de peligro por bajas temperaturas, o más específicamente de una onda de frío, dependerá de dos cosas: la temperatura, descrita por medio del concepto de umbral U_j , y de la duración de la onda dt_i . Entonces, se define un evento X , tal que cumpla con lo siguiente:

$$X = \{\text{ocurrencia de una onda de frío con duración } dt_i\}$$

De esta manera se podrá representar dicha probabilidad como se muestra en la figura 3.21, en donde se observa que la frecuencia de las ondas de frío bajo cierto umbral de temperatura y cierta duración es una superficie cuyo altura, o valor, disminuye a medida que el umbral disminuye, así como si su duración aumenta, es decir, las ondas de frío extremas y de larga duración son más raras que las de temperaturas menos extremas y de menor duración.

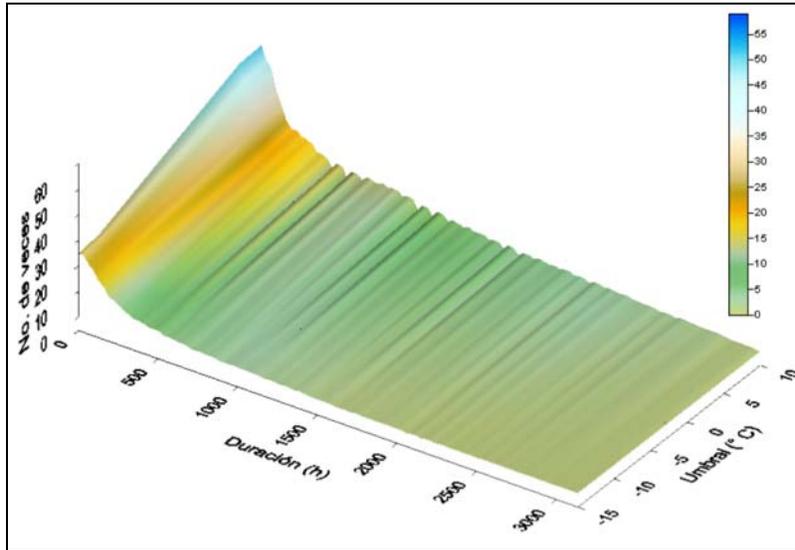


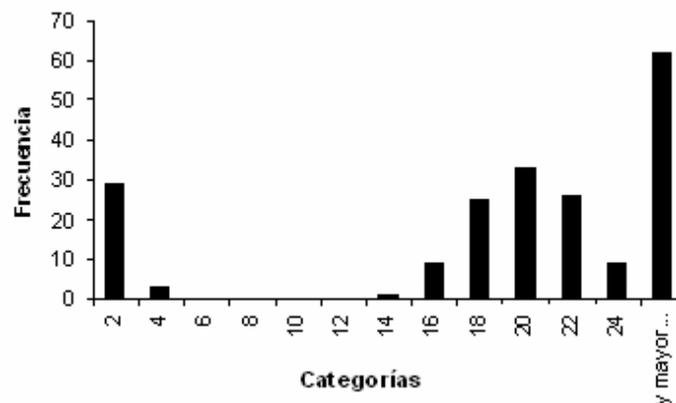
Figura 3.21 Posible función de probabilidad de ondas de frío

Por lo anterior, en este documento se propondrá una manera de obtener esta función de probabilidad para poder estimar entonces el riesgo por bajas temperaturas. Para un caso práctico en el que se tenga información de una estación meteorológica automática, que registre la temperatura a intervalos de una hora, o menores, se propone construir un histograma que registre las frecuencias de ondas de frío para los umbrales seleccionados y con diferentes duraciones. Hay que recordar que un histograma es una representación gráfica de las frecuencias, o veces, que se repite un valor de una cierta variable, para varios intervalos, o categorías, en las que se divide el rango de estos valores, para lo cual es necesario saber las magnitudes mínima y máxima que pueden tomar.

Para este caso la obtención del histograma consiste en contar el número total de ondas de frío para un umbral específico, por categorías de dos horas, es decir, contar cuantas ondas de frío duraron máximo dos, cuatro horas, seis y 24 horas, y una última categoría que tiene todas las ondas de frío de mayor duración a 24, dando un total de 15 categorías. Lo anterior significa mucho trabajo dada la cantidad de información que se puede obtener de una sola estación, por lo que se sugiere automatizar este proceso mediante un programa de cómputo, por ejemplo, una macro de Excel. Un ejemplo de este conteo se ilustra en la tabla 3.2 y en la figura 3.22 para un umbral de 10° C.

Tabla 3.3 Ejemplo de conteo de ondas de frío con umbral 10° C

Categorías (horas)	Frecuencia
2	29
4	3
6	0
8	0
10	0
12	0
14	1
16	9
18	25
20	33
22	26
24	9
y mayor...	62
Total	197

**Figura 3.22 Ejemplo de histograma**

Con base en el conteo de eventos X , es decir, ondas de frío con duración dti , se obtuvo la probabilidad de que al momento de iniciarse el registro de un cambio de temperatura a un umbral establecido, este evento tenga una duración específica.

Por ejemplo, la probabilidad de que una onda de frío menor o igual a 10° C tenga una duración máxima de dos horas, es el resultado de dividir el total de ondas menores o iguales a 10° C con duración máxima de dos horas, entre el número total de ondas de frío con este umbral para cualquier duración. Este proceso se aplica a los demás umbrales.

Por lo anterior, y de la tabla 3.3, se tiene que:

$$P(X=\{\text{onda de frío con umbral de } 10^{\circ} \text{ C y duración máxima de } 2 \text{ h}\}) = 29/197 = 0.147$$

Probabilidad de cambio de un umbral a otro en el Nevado de Toluca

Para finalizar el análisis de peligro, y poder realizar posteriormente el de riesgo, es necesario obtener la función de probabilidad de los cambios entre umbrales de temperatura, es decir, que una onda de frío cambie a otra de frío más intenso. En la tabla 3.4 se observa el número total de horas de ondas de frío donde se registró una temperatura para el umbral j , nuevamente se sugiere automatizar el proceso mediante un programa de cómputo. La probabilidad de que la temperatura baje al umbral 1 dado que estamos en el umbral 0 es $50388/52589 = 0.9581$; la probabilidad de pasar del umbral 1 al umbral 2, es decir, que la temperatura baje mínimo a 5°C , dado que se encontraba entre 10 y 5°C es de $34437/50388 = 0.6834$, y así sucesivamente. En el caso de exceder la intensidad 5 a una mayor, notamos que la probabilidad es cero, por el hecho de que no ha ocurrido un evento con una intensidad mayor. Asimismo, y para el cálculo de riesgo, se obtiene la función de peligro por umbral de temperatura, dividiendo para cada umbral la diferencia de horas entre el número total de horas; por ejemplo, para un umbral de 10°C se divide $52589-50388 = 2201$ entre 52589 , lo que da como resultado 0.0419 y, para un umbral de 5°C se divide $50388 - 34437 = 15951$ entre 52589 , y resulta 0.3033 .

Tabla 3.4 Probabilidad de cambio de umbral y función de peligro por umbral de temperatura

Umbral j	Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	Hrs. Totales h_j	Probabilidad de cambio de umbral $P(Y)$	Función de peligro por umbral de temperatura
0	Todas	52589	0.9581	
1	10°	50388	0.6834	0.0419
2	5°	34437	0.0934	0.3033
3	0°	3216	0.0177	0.5937
4	-5°	57	0.0702	0.0601
5	-10°	4	0.0000	0.0010
				1

3.2.5 Mapeo de las zonas de peligro por bajas temperaturas

En las figuras 3.1 y 3.2 se observa una relación muy estrecha entre la elevación del terreno y la presencia de bajas temperaturas. De esta manera, se puede suponer que una estación meteorológica que esté a una altura determinada puede proporcionar información útil para valorar el peligro por bajas temperaturas en cierto entorno. Como se observa en el ejemplo siguiente se tiene una zona donde existe una elevación en el terreno y tres estaciones que miden temperatura ubicadas a diferentes elevaciones. Con base en los datos obtenidos por dichas estaciones es factible suponer que hay “franjas de influencia” que rodean a la montaña.

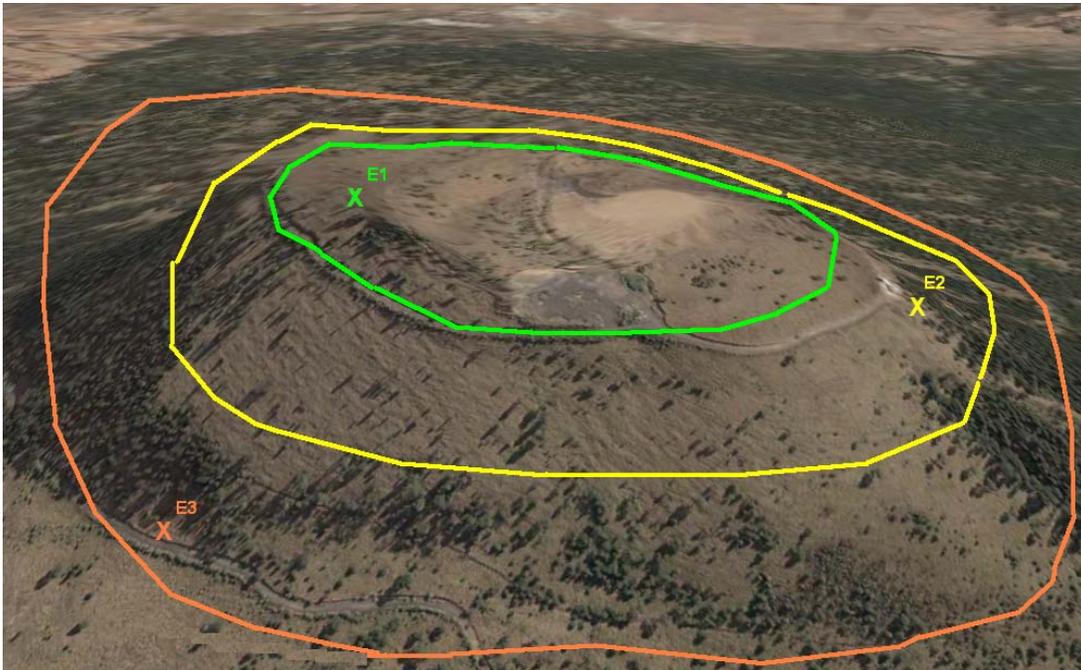


Figura 3.23 Mapeo de zonas de peligro

3.2.6 Función de peligro por la presencia de nevadas

Una función de peligro permite conocer la probabilidad de presentación de nevadas en una zona dada, donde la precisión de los resultados dependerá de la calidad y la cantidad de datos que se tengan para el área de estudio. Así mismo, se recomienda contar con un sistema de información geográfica (SIG) para facilitar la visualización y el manejo de los datos tanto geográficos, como los que se refieren a las estaciones que registraron nevadas.

Para definir la función de peligro es deseable contar con información de espesores de nieve, pero a falta de dicha información se analizarán las nevadas con base en el único parámetro que se maneja en el país: el número de días con nevada.

Planteamiento general de la metodología

La metodología se puede resumir en los siguientes pasos:

- a. Selección de la zona de estudio
- b. Recolección de datos de nevadas
- c. Revisión y análisis de los datos
- d. Análisis estadístico

Selección de la zona de estudio

Las nevadas ocurren en elevaciones aproximadamente por arriba de los 2,000 msnm, por lo que se entiende que la metodología se aplicará en regiones montañosas o en sus faldas; de tal

manera que para delimitar la zona de estudio es indispensable contar con un mapa topográfico, cuando menos a escala 1:50,000 y de manera ideal, contar con el modelo digital de elevaciones. En el mapa se ubicarán las poblaciones de interés que son susceptibles a nevadas y algunos puntos altos de montañas o volcanes cercanos a dichas poblaciones. A partir del punto central del cráter del volcán o pico de la montaña, se trazarán radios de influencia de tal manera que se incluyan las poblaciones de interés. Con ello se tendrá una primera aproximación de la delimitación de la zona de estudio. Ésta se definirá mejor cuando se cuente con la ubicación de las estaciones que registraron datos de nevadas.

Recopilación de datos

El siguiente paso consiste en buscar las estaciones climatológicas que se encuentren en el lugar de interés y que hayan medido el parámetro “número de días con nevadas al año”. Dicha información, así como la referente a la climatología del país, como lluvia, presión atmosférica, velocidad de los vientos, temperaturas, etc., la proporciona el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA).

Para ello, se debe revisar la página de Internet del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), con dirección <http://smn.cna.gob.mx>, en la ruta: Productos → Normales → Por estaciones. Ahí se desplegará una ventana con el título “Normales Climatológicas Estándar y Provisionales 1961-1990”, con una lista de los estados de la República donde se podrá entrar en cualquiera de ellos (figura 3.24). Ahí se podrán consultar las estaciones climatológicas del sistema CLICOM del estado seleccionado (figura 3.25).



Figura 3.24 Ventana de las Normales Climatológicas

COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA
SUBDIRECCIÓN GENERAL TÉCNICA
UNIDAD DEL SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL
ESTACIONES CLIMATOLÓGICAS DEL SISTEMA CLICOM

ESTADO: MÉXICO

NÚMERO	NOMBRE	LATITUD	LONGITUD	ALTURA msnm	FECHAS		AÑOS DATOS
					INICIO	FIN	
15001	ACAMBAY, ACAMBAY	19 58	099 51	2,252	1957-05	1992-09	35.4 91.1
15002	ACUILCO, ACUILCO (SMN)	20 06	099 50	2,459	1961-01	1998-12	38.0 81.9
15003	ALMOLOYA DE JUAREZ, (SMN)	19 22	099 46	2,595	1961-01	1988-12	28.0 98.8
15004	ALMOLOYA DEL RIO, (DGE)	19 09	099 29	2,670	1961-02	1990-05	29.3 97.2
15005	AMANALCO DE BECERRA, A.	19 15	100 02	2,511	1962-03	1992-10	30.7 92.2
15006	AMATEPEC, AMATEPEC	18 38	100 10	1,820	1964-08	1992-01	27.5 60.0
15007	AMECAMECA DE JUAREZ,	19 08	098 46	2,479	1969-03	1988-11	19.7 93.6
15008	ATEMCO, TEXCOCO (DGE)	19 33	098 55	2,300	1961-01	1985-12	25.0 96.8
15009	ATLACOMULCO, ATLACOMULCO	19 48	099 53	2,526	1961-01	1976-06	15.5 98.5
15010	ATOTONILCO, A. DE JUAREZ	19 28	099 46	2,560	1961-01	1999-04	38.3 92.2
15011	ATARASQUILLO, LERMA	19 19	099 28	2,500	1961-01	1989-12	29.0 97.1
15012	BEJUCOS, TEJUPILCO (CFE)	18 47	100 25		1961-01	1989-10	28.8 97.2
15013	CALACOAYA, TLALNEPANTLA	19 23	099 14		1961-01	1988-12	28.0 99.5
15014	CHAPULHUAC, OTZOLOTEPEC	19 27	099 29		1969-01	1997-08	28.7 90.6
15016	COATEPEC HARINAS, C. H.	18 55	099 44	2,265	1961-01	1998-12	38.0 90.3
15017	COATEPEC DE LOS OLIVOS,	19 23	098 51	2,410	1961-01	1988-12	28.0 99.8
15018	COL. AVILA CANCHO,	19 19	098 46	2,900	1961-01	1988-12	28.0 99.1
15019	COL. VICENTE GUERRERO,	19 36	099 20	2,900	1971-01	1988-02	17.2 100.0
15020	CHALCO, CHALCO	19 16	098 54	2,280	1961-01	1988-12	28.0 98.9
15022	CHICONAUTLA, ECATEPEC	19 39	099 00	2,245	1963-03	1988-07	25.4 98.6
15023	CHIMALHUACAN,	19 25	098 56	2,230	1969-06	1988-12	19.6 98.1
15024	PPESA DANHO, JILOTEPEC	19 53	099 12	2,435	1951-01	1998-12	48.0 98.7
15025	EJIDO LLANO GRANDE,	19 32	099 40	2,538	1963-06	1999-02	35.8 97.3
15026	ENTREPE, IXTLARIJUA	19 34	099 51	2,548	1961-01	1998-12	38.0 95.7
15027	EL SALITRE (SAN BARTOLO)	19 30	099 18	2,558	1961-01	1988-10	27.8 98.6
15028	EL TAJO, TEQUISQUIAC.	19 55	099 08	2,558	1961-01	1988-12	28.0 96.8
15029	EL TEJOCOTE (ATLACOMULCO)	19 27	098 54	2,449	1969-01	1999-02	30.2 84.6
15030	HACIENDA DE LA Y.	19 25	099 36	2,580	1961-01	1999-04	38.3 86.8

Figura 3.25 Ventana con las estaciones climatológicas del sistema CLICOM una vez seleccionado el estado

Como se puede observar en la figura 3.25, la información que aparece en la ventana son datos generales de las estaciones climatológicas, tales como el número de estación, coordenadas, altitud y periodo de registro. Dichas estaciones se deben ubicar en el mapa topográfico y elegir aquellas que se encuentren dentro o cerca de la zona de estudio.

Otra opción para conocer la ubicación de las estaciones climatológicas, en lugar de entrar a Internet, es hacer una petición formal a la Gerencia Regional de la CONAGUA en el estado donde se quiere realizar el trabajo o directamente al SMN, para que se les proporcione información digital de las estaciones cercanas a su localidad.

En segundo lugar, se procede a revisar la información de cada estación que se eligió por estar dentro de la zona de estudio. Las estaciones climatológicas que se encuentran en el sistema CLICOM tienen información de varios parámetros, tales como temperatura mínima, máxima, media, precipitación mensual, número de días con tormenta eléctrica, días con granizo, días con nevadas, etc.

Sin embargo, existe el inconveniente de que el parámetro del número de días con nevada no ha sido incorporado a los archivos digitales de cada estación del país, por tal motivo, se deberá hacer una petición formal al SMN para obtener dicha información en la forma número 212-50 (figura 3.49), que lleva el título de “Registro de observaciones climatológicas hechas a las 8 horas”

para cada estación. A partir de esta forma, se debe llenar un formato para cada estación, en el que se incluyan los siguientes campos:

- a) Nombre de la estación
- b) Municipio al que pertenece
- c) Número de estación
- d) Altitud
- e) Ubicación (coordenadas: latitud y longitud en grados y minutos)
- f) Periodo de registro
- g) Registro del número de días con nevadas de cada estación por año, mes y anualmente

En la tabla 3.5 se despliega un ejemplo del formato para una estación climatológica específica en el Estado de México.

Tabla 3.5 Formato con el número de días con nevada para la estación climatológica Loma Alta, estado de México

Estación	Loma Alta												
Municipio	Zinacantepec												
No. estación	15229												
Altitud	3432												
Latitud°	19 10												
Longitud	99 49												
Periodo de registro	1981-1987												
Número de días con nevada													
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1981	7	2											9
1982													0
1983		4											4
1984													0
1985													0
1986													0
1987													0

Revisión y análisis de datos

Como paso previo al análisis estadístico, es importante revisar los datos obtenidos en el formato de la tabla 3.4 para cada estación de interés, porque pueden existir detalles en la información que producirían resultados equivocados.

En algunos casos, existen errores involuntarios que provienen de la fuente donde se extrajeron los datos, como los de ubicación y altitud de las estaciones. Para despejar las dudas, se debe comparar con otras fuentes y en algunos casos, se deberá recurrir al SMN o a las oficinas regionales de CONAGUA.

También se debe tener especial atención en no confundir la estación, dado que hay varias con el mismo nombre, pero manejadas por la antigua Secretaría de Recursos Hidráulicos (DGE), por el SMN o por la Comisión Federal de Electricidad (CFE), y que se ubican en diferentes coordenadas.

Se debe escoger un periodo de años de registro de tal manera que se incluya el mayor número de estaciones posibles con el mayor número de años de registro.

En esta etapa habrá estaciones climatológicas que tal vez se eliminen del análisis por no cubrir el periodo de registro establecido (con las condiciones que se mencionaron en el párrafo anterior) o por no tener datos. Aunque también puede ocurrir lo contrario, es decir, que se añadan otras estaciones.

Análisis estadístico

Para realizar el análisis estadístico de los datos, del número de días con nevada de las estaciones seleccionadas, es indispensable contar con una persona que tenga conocimientos de probabilidad y estadística, de preferencia aplicada a la hidrología y en aspectos meteorológicos, para lo cual es recomendable apoyarse en estudiantes que deseen hacer su servicio social de las carreras de ingeniería civil, hidrología, meteorología, o actuaría.

Dado que en pocas regiones del país nieva sistemáticamente todos los años (como en la Sierra de Chihuahua y en la cima de algunos volcanes), es de esperarse que los registros de nieve sean escasos en la mayor parte de la república, siendo éste el caso de las localidades relativamente cercanas a algún volcán. A esta situación se le agrega el hecho de que en ocasiones no se registran todas las nevadas que ocurrieron en el lugar de medición.

Por lo anterior, se propone:

1. Utilizar la distribución discreta de probabilidad de Poisson, la cual se expresa con la ecuación:

$$p(x; \lambda) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^x}{x!} \quad (\text{para } x = 0, 1, 2, \dots \text{ y } \lambda > 0)$$

donde:

- p es la probabilidad de que no nieve,
- q es la probabilidad de que nieve (se debe cumplir que $p + q = 1$),
- λ es el parámetro de la distribución de Poisson que representa el número promedio de ocurrencias del evento aleatorio por unidad de tiempo.
- x es el número de eventos que ocurren sobre el tiempo o el espacio.

2. Formar grupos con las estaciones climatológicas, según la altitud en la que se encuentren, para procurar tener un mayor número de datos de días con nevada. Por ejemplo, si se tienen estaciones con altitudes que varían entre los 2000 y los 3500 msnm, entonces se pueden agrupar aquellas que queden en la cota 2000-2500 msnm, en la de 2501-3000 msnm y en la de 3001-3500 msnm. Así, se obtendrá un promedio de la información de nevadas de cada grupo.

Cabe recordar que las estaciones climatológicas que se propone agrupar, corresponden a aquellas elegidas según se explicó en el punto “Revisión y análisis de datos”, donde todas ellas tienen un mismo número de años de periodo de registro.

Una vez definidas las estaciones que conformarán cada grupo, según su altitud, se deben incorporar los datos de cada estación, los cuales corresponden a la suma de los valores registrados durante la temporada de invierno en cada año de registro por estación. En la tabla 3.4 se muestra un ejemplo de la clasificación de los datos por grupo (para un caso ficticio con 10 años de periodo de registro), el cual está formado por cinco estaciones y donde los valores de cada estación se distribuyeron en las columnas B a la F, respectivamente. En la columna G, cada celda tiene la suma de los valores de todas las estaciones por cada año y en la columna H se muestra el promedio por cada año del número de días con nevada, es decir, se dividió para cada año el valor de la columna G entre el total de las estaciones, que en este caso es cinco.

Finalmente, siguiendo con el ejemplo (tabla 3.6) se debe obtener el promedio, (*prom*), del número de días con nevada para cualquier año y estación comprendida entre la franja de altitud establecida, que en este caso es entre los 2500 y los 3000 msnm, el cual se calculó dividiendo la sumatoria total de la columna H (valor de 3.20) entre el total del número de años de registro (10 años para el ejemplo). Por lo tanto, $prom = 3.20 / 10 = 0.32$, siendo la cifra que será utilizada como el parámetro λ en la aplicación de la distribución de Poisson.

Tabla 3.6 Ejemplo del acomodo de datos por estación para un grupo en particular y cálculo de valores a partir de ellos

Grupo de datos Altitud de 2500-3000 msnm Nov. Mar Periodo de 10 años de registro							
A	B	C	D	E	F	G	H
Año	Altitud, msnm					Suma	Promedio
	3511	3623	3740	3900	2976		
	Estación Salsipuedes	Estación Maclovía	Estación La Flaca	Estación Rinconcito	Estación Solovino		
1973						0	0.00
1974	2		2	1	2	7	1.40
1975						0	0.00
1976		1				1	0.20
1977						0	0.00
1978				4		4	0.80
1979						0	0.00
1980						0	0.00
1981				3	1	4	0.80
1982						0	0.00
Suma total	2	1	2	8	3	16	3.20

Este valor significa que cae nieve, en promedio, 0.32 días por año en la franja comprendida entre los 2500 a los 3000 msnm dentro de la temporada invernal, es decir, esporádicamente, ya que el promedio no llega a ser siquiera un día por año.

Para conocer cual es la probabilidad de que haya cero días con nevada al año ($x = 0$) para el grupo de datos de la tabla 3.4, se utiliza $\lambda = 0.32$ en la ecuación de la distribución de Poisson.

$$p(x = 0; \lambda = 0.32) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^x}{x!} = \frac{e^{-0.32} 0.32^0}{0!} = 0.7261$$

Este valor significa que existe una probabilidad de 0.7261 de que ningún día caiga nieve en un año particular, dentro de la franja de los 2500 a 3000 msnm en la temporada de invierno, es decir, que existe una alta probabilidad de que no caiga nieve.

Calculando q se tiene que:

$$q = 1 - p = 1 - 0.7261 = 0.2739$$

Lo cual quiere decir que existe un 0.2739 de probabilidad que caiga nieve en algún día en cualquier año, dentro de la misma franja de elevación y en temporada de invierno. Dicha probabilidad es relativamente baja.

Una vez calculados los valores de p y q es posible obtener la función de peligro, la cual es la representación gráfica de dichos valores (figura 3.26).

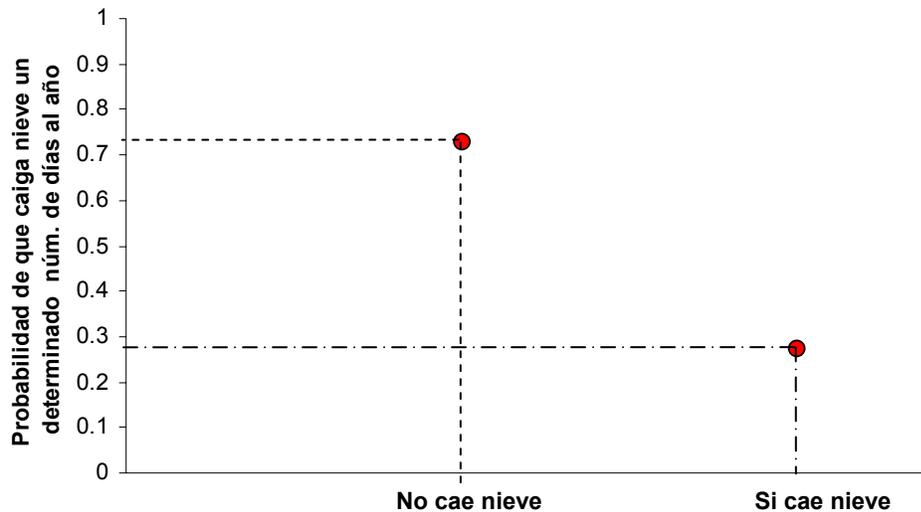


Figura 3.2 Función de peligro para el grupo de estaciones climatológicas del ejemplo de la tabla 3.6, ubicadas entre altitudes de 2500 a 3000 msnm

La probabilidad de que caiga nieve al año, obtenida de la función de peligro de la figura 3.26, se utilizará para el cálculo del riesgo por nevadas.

3.3 VULNERABILIDAD

3.3.1 Impacto de las bajas temperaturas en la salud de la población

El frío intenso causa severa morbilidad y mortalidad de importancia en la salud pública. Por ejemplo, durante el invierno 2002 a 2003 se registraron 1,380 defunciones en algunos países del mundo (figura 3.27), atribuidas a condiciones invernales; de éstas 630 ocurrieron en Asia, 614 en Europa y el resto en América, donde en México se presentaron 121 decesos. A pesar de la crudeza de las bajas temperaturas, las diferencias en cuanto a la distribución de la población, la septentrionalidad, la continentalidad, la altitud, la latitud, horas de radiación solar, entre otras características físicas, así como las de carácter socioeconómico y cultural, son determinantes para la ocurrencia de afectaciones por bajas temperaturas o muertes (Trujillo, *et. al.*, 2004).

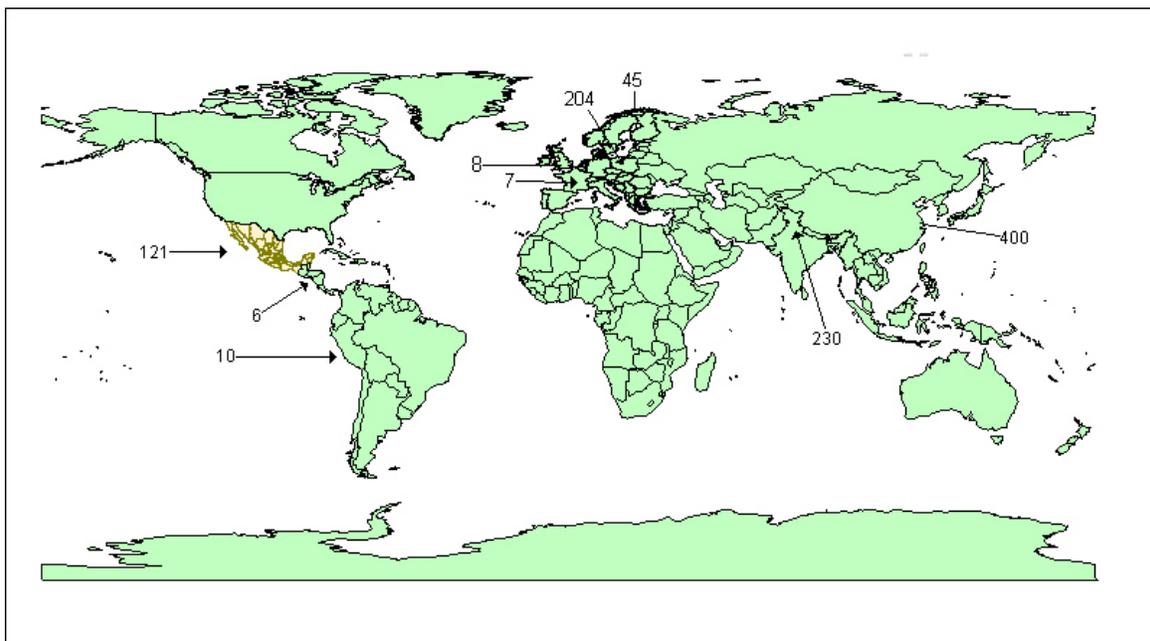


Figura 3.27 Número de defunciones en algunos países debido a las bajas temperaturas durante el invierno 2002-2003

Para ello, es conveniente identificar cuáles son aquellas enfermedades que de forma directa son las causantes de los decesos durante el invierno. Entre ellas se encuentran la hipotermia, la congelación, el dolor de cabeza, los padecimientos de las vías respiratorias, la urticaria del frío, los ataques cardíacos, la intoxicación de monóxido de carbono y las quemaduras.

A continuación se describe cada una de las enfermedades más frecuentes cuando ocurre un descenso de temperatura.

Hipotermia

La hipotermia es la disminución de la temperatura corporal, por debajo de los 35° C y consiste en la exposición prolongada al frío. La enfermedad se identifica por la piel del individuo que es pálida, fría y seca, además el hombre manifiesta escalofríos, disminución de la respiración superficial y del estado de conciencia.

La hipotermia accidental resulta de la exposición prolongada a temperaturas ambientales frías que son un problema grave en salud pública, porque es la única enfermedad crónica conocida y relacionada con el frío, además en ocasiones provoca la muerte de las personas (tabla 3.7).

Tabla 3.7 Tipos y características térmicas de la hipotermia

Hipotermia	Tipo	Características de temperatura °C
	Moderada	Entre 32 y 35
	Severa	Entre 25 y 32
	Extrema	Menor a 25

Los síntomas de la hipotermia dependen de su grado de afectación. Por ejemplo, con la de tipo moderada se presentan escalofríos, una respiración agitada y pulso más rápido que el normal. Si ésta es grave ocurren estados de confusión, el enfermo habla de manera incoherente, la respiración y el pulso son lentos; además, el paciente manifiesta cansancio físico hasta que, finalmente, se desmaya. La hipotermia severa es cuando la temperatura corporal es menor de 25° C, las personas pierden la conciencia, la respiración es imperceptible y el pulso no es palpable. A temperaturas tan bajas el miocardio se torna irritable y es común la fibrilación ventricular, es decir, la persona muestra todos los síntomas clínicos de muerte.

Congelamiento

El congelamiento se presenta cuando una persona está helada por excesiva exposición al frío y presenta entumecimiento, somnolencia, pérdida de la visión, tambaleo, aturdimiento o semiinconsciencia y hormigueos. Además, es posible que exista dolor y, en ocasiones, aparecen ampollas. Las zonas del cuerpo más propensas son las orejas, nariz y dedos, pero también puede existir un congelamiento generalizado (figura 3.28).



Figura 3.28 Identificación de las partes del cuerpo humano más susceptibles al congelamiento

Fuente: <http://www.meine-gesundheit.de/320.0.html>

Se distinguen tres grados de congelamiento que muestran diferentes síntomas:

- a. De primer grado: Las partes del cuerpo afectadas enrojecen y pierden sensibilidad, después de calentarlas se siente dolor y comezón.
- b. De segundo grado: Su característica principal es la formación de ampollas graves (figura 3.28).
- c. De tercer grado: La piel muere, se pone blanca y luego negra o se generan ampollas llenas de sangre y úlceras. Con este grado de congelamiento siempre se forman cicatrices permanentes.

Además de los tipos de congelamientos mencionados, ocurre hinchazón cuando el frío no es muy intenso pero se está expuesto por mucho tiempo. La hinchazón tiene un color rojo o azul y también presenta ardor.

El peligro de sufrir congelamiento es alto para personas que sufren enfermedades relacionadas con la circulación de los vasos sanguíneos, tales como la diabetes o el tabaquismo; este último provoca que los vasos sanguíneos se estrechen y de esta manera la situación se complica. Mientras que, el consumo de alcohol tiene el efecto contrario, porque los vasos sanguíneos se dilatan, así el cuerpo pierde calor rápidamente. Si éstos se acompañan de un cansancio físico, un consumo de drogas y una mala alimentación, la enfermedad es más crítica.



Figura 3.29 Congelamiento en las manos, debido a la exposición del frío intenso

Es importante mencionar que, en ocasiones, el congelamiento y la hipotermia ocurren al mismo tiempo, lo cual es una situación muy peligrosa. Por ello, se tiene que cuidar siempre la temperatura del herido y verificar si existe congelamiento o padece hipotermia.

Las partes del cuerpo que sufren congelamiento suelen presentar dolor o causar serios problemas tiempo después.

Dolor de cabeza

El frío provoca dolor de cabeza porque los músculos se contraen. Esto ocurre principalmente, cuando hay viento. El dolor se presenta al reír, al toser, al estornudar, al levantar objetos pesados o por realizar grandes esfuerzos, y puede ser corto e intenso.

Enfermedad de las vías respiratorias

En general, el mayor número de casos se registra durante las semanas de más bajas temperaturas. Los cambios bruscos de temperatura influyen mucho. Por ello, a partir de los primeros fríos, recrudecen otras infecciones de las vías respiratorias que no son virales, como el asma.

La tos, el catarro, la gripe, la bronquitis, la neumonía, la bronquiolitis, la rinitis, entre otras, forman parte de este tipo de dolencias que afectan alguna parte del sistema respiratorio. Así, el aire frío que se respira en invierno es peligroso para los pulmones, los bronquios y la garganta. Además, si éste es seco provoca que las mucosas pierdan humedad. Por esta razón es conveniente fortalecer el sistema inmune durante el invierno.

Urticaria del frío

Hay enfermedades relacionadas con el frío que sólo sufren ciertas personas; una de éstas es la urticaria del frío, un padecimiento sobre todo de algunas mujeres jóvenes. Los síntomas son erupciones en la piel (figura 3.30) provocados por el frío e, incluso, es posible sufrir un shock que puede causar la muerte.



Figura 3.30 Algunas manifestaciones de la urticaria del frío
Fuente: <http://www.aerztezeitung.de/docs/2001/12/17/228a0102.asp?cat=/news>

Riesgo de ataques cardíacos

El frío ataca al corazón, principalmente a las personas con problemas cardíacos, por lo que deben permanecer dentro de un ambiente cálido, en la medida de lo posible. Pero aunque el riesgo

es grande para estas personas, tiene que cuidarse toda la población. Si a una persona le duele el corazón o siente una presión anormal en el tórax tiene que acudir inmediatamente al médico.

Intoxicación por inhalación de monóxido de carbono

En México cada año se producen decesos por intoxicación accidental con monóxido de carbono, el cual es un gas inodoro e incoloro que, si se respira puede causar enfermedad y muerte repentina; éste se encuentra en los gases de combustión, como los que se producen al usar motores pequeños de gasolina, hornos, generadores, linternas y estufas de gas, o mediante la quema de carbón vegetal y madera. El monóxido de carbono que estas fuentes emiten puede acumularse en espacios cerrados o con poca ventilación.

Por lo anterior, se recomienda utilizar adecuadamente estos aparatos que proporcionan calor al cuerpo humano.

Quemaduras por incendios

Las quemaduras son generadas porque las personas suelen dormir cerca de una fuente de calor y en un momento dado, el fuego puede extenderse y llegar a la ropa de las personas, provocando quemaduras. Lo mismo sucede con los incendios; por ejemplo, la pobreza extrema que sufren ciertas regiones de México, el tipo de material de la vivienda y los calentadores que permanecen encendidos toda la noche en una habitación sin ventilación, pueden provocar incendios.

Asfixia

Otro tipo de accidente que sucede de manera indirecta y causa decesos es la asfixia, principalmente en los bebés, debido al sobrepeso de las cobijas y al exceso de ropa, que los padres, de forma inconsciente e ignorando el peligro, pueden provocar tratando de mantenerlos en un ambiente cálido.

Radiación ultravioleta

Otro peligro relacionado con la ocurrencia de nevadas es la elevación de la radiación ultravioleta por la reflexión de la nieve. Esto produce un peligro para la piel, así como para los ojos.

Para todos estos padecimientos es muy difícil fijar umbrales de la temperatura con los que exista el problema de sufrir afectaciones, las cuales, no sólo dependen de la temperatura y el tiempo de exposición, sino también de otras variables meteorológicas y de la constitución del cuerpo de cada persona, su edad, sexo y otros aspectos fisiológicos. Sin embargo, existen métodos para tratar de evaluar el peligro ocasionado los descensos de temperatura en la salud de la población.

Efectos de las bajas temperaturas en algunos países del mundo

En los Estados Unidos de Norteamérica la mortandad se incrementa a mitad del invierno y alcanza su punto más bajo en el verano tardío. Decenas de muertes ocurren en enero más que en agosto. El número de decesos en el invierno sobrepasa a las certificadas cada año durante la época

de calor. En la figura 3.31 se muestra el número de decesos por hipotermia en ese país, donde la media anual es de 689 (MMWR, 2005).

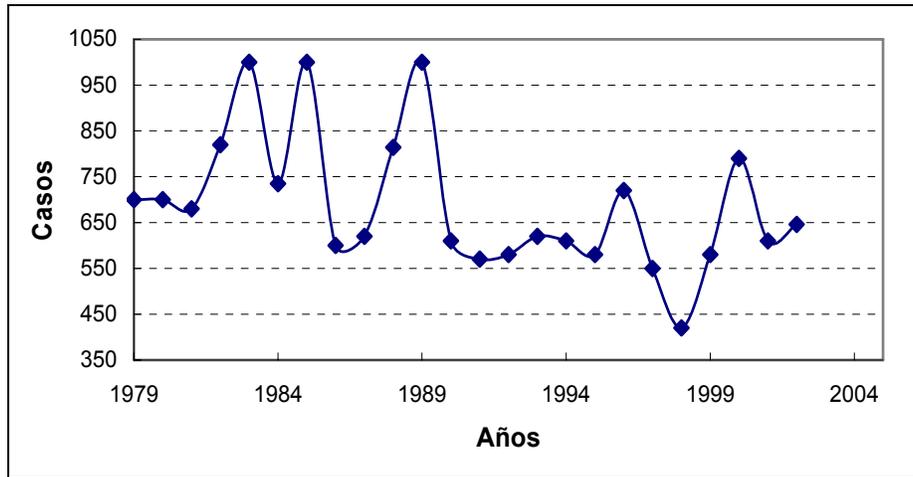


Figura 3.31 Número de decesos anuales por hipotermia en Estados Unidos por hipotermia

En cambio en México, debido a la escasa información disponible sobre la hipotermia, se tiene sólo el registro de 227 decesos en 30 años (figura 3.32), de los cuales durante el 2000 ocurrieron 67 muertes (La Red, 2003).

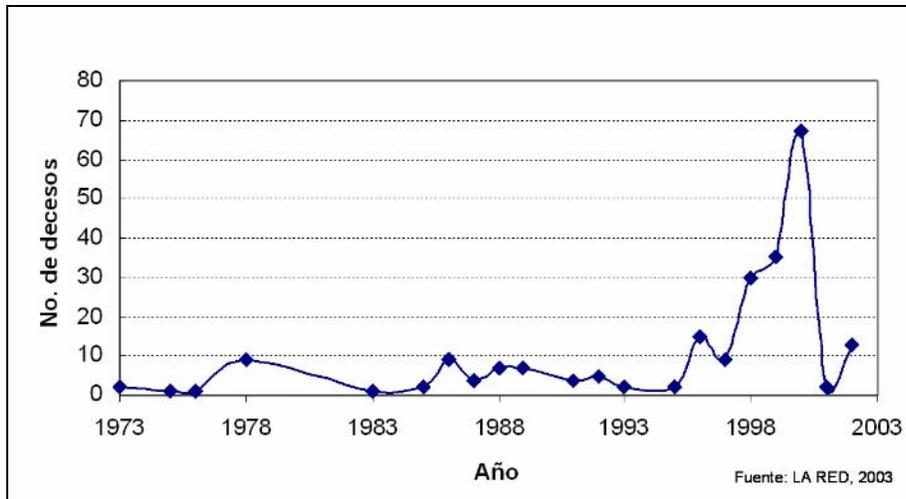


Figura 3.32 Número de decesos anuales por hipotermia en México

Hay otros países que sufren los estragos de este fenómeno: en el año 2005, las ciudades de Barcelona y Madrid, en España, sufrieron una nevada (figura 3.33a), causando retrasos en los aeropuertos y las temperaturas llegaron hasta -22.5°C en la región de Cataluña. Ese mismo año en Francia, el termómetro llegó a -5°C en su capital y hasta -17°C en la región central de La Creuse, provocando la muerte de dos personas y registrándose nevadas, que desde 1971 no ocurrían en la isla de Córcega, provocando bloqueos en puertos y carreteras. Mientras que, en la República Checa, las heladas del mes de febrero causaron graves problemas, al descender la temperatura hasta -30°C ; en la ciudad de Praga, el fuerte frío causó la ruptura de los conductos de agua potable en algunos

barrios, dejando a sus habitantes sin agua (figura 3.33b). En Ostrava (tabla 3.5), el frío afectó el transporte ferroviario, partiendo rieles en algunas de las vías férreas, las puertas de los autobuses de transporte urbano se congelaron; así, en un semana se diagnosticaron 1,700 personas con problemas en las vías respiratorias. En la tabla 3.8 se muestran otros casos.



Figura 3.33 (a) Carretera bloqueada por la intensa nevada del 28 de febrero de 2005 en la ciudad de Granada, España y (b) ruptura de los conductos de agua en una calle de Praga, República Checa, debido a las bajas temperaturas del día 7 de febrero de 2005

Tabla 3.8 Algunas afectaciones en el mundo asociadas a las bajas temperaturas
(Fuente: Diario de Navarra, España, Reforma, El Universal)

País	Temperatura (°C)	Decesos	Causa	Observaciones	Fecha
Bulgaria		4	Congelamiento y suicidio	Falta de combustible para la calefacción, 469 personas se quedaron sin corriente eléctrica y agua, debido a la rotura de cables y tuberías. Una mujer se suicidó al tirarse por la ventana.	29-Dic-1996
Sudáfrica		20	Asfixia	Fogatas encendidas dentro de sus viviendas con ventilación inadecuada, en la ciudad de Durban	09-Jul-1996
El Salvador		5	Hipotermia y quemaduras	Interrupción del servicio de agua potable y de energía eléctrica debido al paso del frente frío.	20/Nov-2002
Rusia	-30	2	Congelamiento	Las temperaturas extremas presentadas en la capital generaron que 18 personas fueran hospitalizadas con síntomas de hipotermia y congelamiento.	17-Ene-2006
Rusia	-32	7	Congelamiento	Las personas murieron congeladas en las calles de Moscú y otras 69 fueron hospitalizadas con síntomas de hipotermia.	19-Ene-2006

Efectos de las bajas temperaturas en México

En México, principalmente en la región norte y centro, se reportan cada año decesos e incremento en el número de personas afectadas por las bajas temperaturas. Según reportes de la Secretaría de Salud los más propensos son la población indígena, adultos mayores, niños menores de cinco años y los niños de la calle, por ejemplo, durante el invierno 1998-99 el número de muertos a consecuencia del frío rebasó los 200. De estos últimos 39 fueron por hipotermia, 36 por intoxicaciones de monóxido de carbono, 16 por quemaduras y 150 asociadas a infecciones respiratorias agudas; donde el 27% de las víctimas fueron personas mayores de 65 años y 35% niños menores de un año (UAM,1999).

Debido al número de pérdidas humanas durante la temporada invernal 2001, el CENAPRED realizó un estudio del comportamiento de las temperaturas mínimas para el estado de Chihuahua durante el invierno 2000-01, que es uno de los lugares del país con mayor afectación por este fenómeno, según reportes de la Secretaría de Salud.

El trabajo consistió en determinar la distribución espacial y temporal de los fallecimientos y sus causas. Además se analizaron las temperaturas mínimas del mes de diciembre, y se compararon con el registro histórico de varias estaciones, por medio de las anomalías de temperatura mínima y de sus valores extremos (figura 3.34).

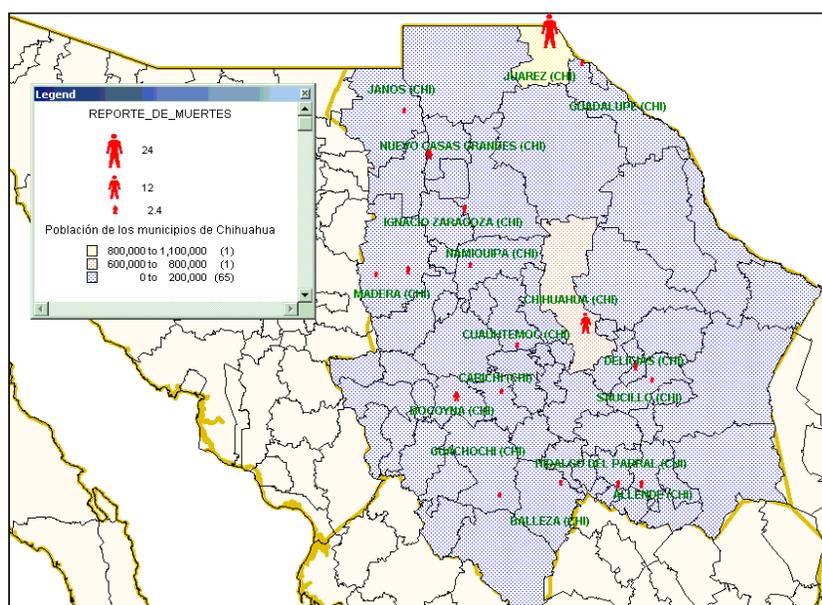


Figura 3.34 Distribución de los decesos en el estado de Chihuahua debido a las bajas temperaturas

La información de decesos, proporcionada por la Unidad Estatal de Protección Civil de Chihuahua, muestra que se debieron en gran medida a la situación socio-económica de cada municipio. Las principales causas de muerte fueron intoxicación por monóxido de carbono y por gas butano, hipotermia y quemaduras. Mientras que la ocurrencia mayor de decesos se dio en el mes de noviembre.

La muerte por inhalación de gas butano sucedió por tener una ventilación escasa y dificultar la eliminación de los gases de combustión de los calentadores. Se registraron nueve decesos, principalmente en personas mayores de 35 años y del sexo masculino.

En quemaduras sólo se presentaron cuatro casos, todos ellos en varones: dos infantes y dos adultos. La distribución de los decesos se concentró esencialmente en el municipio de Juárez y en menor medida en Chihuahua, lugares con mayor número de habitantes, donde el frío es intenso y la pobreza es alta. Para este caso, los más afectados fueron los niños, adultos y personas de la tercera edad.

La hipotermia afectó de igual forma al género masculino y en mayor medida a los indigentes, debido a que se encontraban en la vía pública y en los lugares donde el frío fue extremo. Además, la población más susceptible fueron los adultos entre 40 y 50 años (figura 3.35).

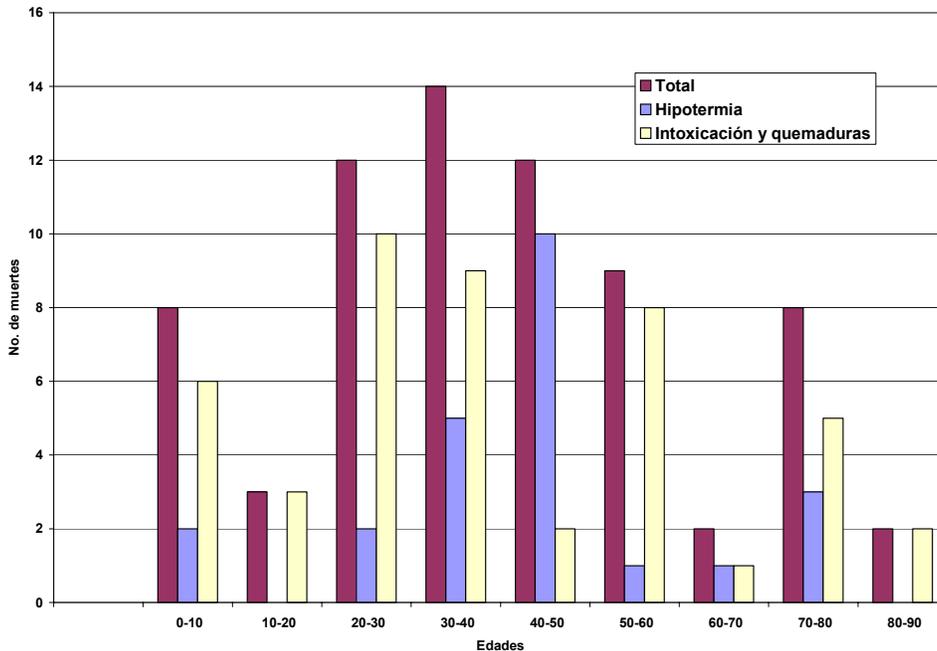


Figura 3.35 Número de decesos según grupo de edad

El impacto del frío intenso no sólo depende del fenómeno natural, sino de la vulnerabilidad de la población expuesta. Por ejemplo, una parte de la población del municipio de Juárez es de las más vulnerables, debido a que tienen que salir a trabajar en la zona fronteriza con Estados Unidos o habitan en hogares con un gran número de personas, llegando algunas veces al hacinamiento, o bien, sus viviendas son de material precario como el cartón y con poca o nula ventilación. Otros municipios vulnerables fueron Chihuahua y Bocoyna, y los menos afectados Janos, Buenaventura, Allende, Valle de Zaragoza, Parral, Balleza, Guachochi, Delicias, Namiquipa y Saucillo.

Asimismo, se realizó una búsqueda de otros estados que han presentado afectaciones por las bajas temperaturas en México, los cuales se concentran en la tabla 3.9.

Tabla 3.9 Algunas afectaciones en México asociadas a las bajas temperaturas
(Fuente: Base de datos de la Subdirección de riesgos hidrometeorológicos)

Fecha	Estado	Municipio	Temp. °c	Decesos	Causa	Observaciones
02/01/1979	Tamaulipas	Nuevo Laredo	-5	3	Intoxicación	Los decesos fueron por intoxicación de gas y una gran parte de la población resultó con enfermedades respiratorias debido a las bajas temperaturas.
12/01/1993	Nuevo León	Apodaca	5	1	Enfermedad respiratoria	Una niña de dos meses de edad murió por el descenso de temperatura, debido a una complicación de las vías respiratorias.
16/02/1993	Chihuahua	Guerrero		1	Congelamiento	Un indígena no identificado de aproximadamente 15 años murió por congelamiento.
03/11/1993	Nuevo León	Monterrey	2	1	Enfermedad respiratoria	Un indigente se quedó dormido a la intemperie bajo los efectos del alcohol y pereció a consecuencia de enfermedades respiratorias.
30/11/1993	Tamaulipas	Reynosa		1	Enfermedad respiratoria	Un menor muere por pulmonía, provocada por el descenso de temperatura.
01/01/1997	Zacatecas	Fresnillo		1	Intoxicación	Anciano de 90 años murió por intoxicación.
14/01/1997	Chihuahua	Ciudad Juárez	-18	4	Incendio	12 viviendas construidas de cartón y madera se incendiaron cuando sus habitantes trataban de mitigar el frío.
15/01/1997	Michoacán	Morelia	1	2	Congelamiento	Mueren indigentes por congelamiento.
17/01/1997	Durango	Durango		1	Enfermedad respiratoria	Un pequeño de 9 meses murió por bronco aspiración ocasionada por enfriamiento.
21/01/1997	Coahuila	Sabinas		3	Intoxicación	Las personas murieron al inhalar gas, cuando el calentador se apagó.
11/12/1997	Sonora	San Luis Río Colorado		3	Enfermedad respiratoria	Los decesos reportados corresponden a menores de edad, quienes fallecieron por infecciones respiratorias.
06/01/1999	Chihuahua	Ciudad Juárez	-4	1	Congelamiento	Un anciano muere congelado en el interior de su vivienda, construida de cartón y madera
22/01/1999	Nayarit	Tuxpan		1	Hipotermia	Un anciano falleció por bajas temperaturas, debido a la hipotermia.
01/01/2001	Sonora	Naco		2	Intoxicación	Dos adultos murieron al inhalar monóxido de carbono.
28/12/2001	Chihuahua	Ciudad Juárez	-8.0	1	Hipotermia	Un indigente murió por hipotermia, quien se quedó dormido en una vivienda abandonada cubierto con un pedazo de cartón.
09/01/2002	Veracruz	Xalapa		1	Hipotermia	Una indigente de 60 años murió por el frío
26/11/2002	Puebla	Zacatlán	0.0	1	Hipotermia	Una persona del sexo masculino murió por hipotermia y neumonía.
28/12/2003	Coahuila	Torreón		1	Hipotermia	Un indigente de aproximadamente 65 años de edad falleció en la vía pública a consecuencia de las bajas temperaturas.

Continúa

Tabla 3.9 Algunas afectaciones en México asociadas a las bajas temperaturas
(Fuente: Base de datos de la Subdirección de riesgos hidrometeorológicos)

Fecha	Estado	Municipio	Temp. °c	Decesos	Causa	Observaciones
12/01/2004	Distrito Federal	Milpa Alta		1	Hipotermia	Un hombre de 60 años murió por hipotermia
07/12/2005	Chihuahua	Ciudad Juárez	-5.0	1	Congelamiento	Una persona murió congelada y otras cinco se intoxicaron con monóxido de carbono, debido al mal uso de aparatos de calefacción

3.3.2 Métodos para evaluar el posible grado de afectación a la salud de las personas debido a las bajas temperaturas y determinadas condiciones meteorológicas

Aunque las temperaturas sean las mismas en dos días o dos lugares diferentes, sus efectos pueden ser diferentes. Esto depende del viento, la humedad atmosférica y la radiación solar. Si hay viento y la humedad es alta ocurre el congelamiento. Por otra parte, el clima puede ser agradable con temperaturas de 0° C, siempre y cuando no exista viento y la radiación solar sea alta.

Normalmente un ser humano produce una capa de aire más cálida cerca de su cuerpo. Cuando el viento elimina esta capa, el cuerpo tiene que calentarse nuevamente. En este proceso aumenta el consumo de energía, por lo que la temperatura del cuerpo desciende.

Otro efecto del viento es que provoca mayor evaporación en el cuerpo. Adicionalmente éste pierde energía cuando hay sudor. Por eso se siente un enfriamiento más rápido cuando el cuerpo está mojado. Por lo anterior, se dice que las temperaturas bajas son peligrosas cuando la humedad atmosférica es alta.

Las radiaciones solar y atmosférica ayudan al ser humano a mantener una temperatura agradable. Con la misma temperatura del aire se siente menos frío cuando hay sol, entonces el cuerpo puede absorber una parte de la radiación y calentarse de esta manera.

Aunque es un problema muy complejo y difícil, existen varios métodos para tratar de describir y evaluar el peligro que forman ciertas condiciones meteorológicas, relacionadas con las bajas temperaturas y la salud de las personas.

Temperatura percibida o “sentida”

Para tener una mejor medida de la función fisiológica, es decir, la influencia de las condiciones meteorológicas en el humano, se desarrolló el término de “temperatura sentida”, ella toma en cuenta la temperatura y los factores del clima: viento, humedad y radiación.

La “temperatura sentida” compara las condiciones meteorológicas reales con la temperatura existente bajo condiciones “estándar”, para que un humano sienta la misma sensación térmica. La condición estándar significa un lugar sombreado con viento moderado de 2 m/s., con una persona vestida de manera adecuada y que presenta un movimiento lento.

La “temperatura sentida” puede calcularse con un modelo (“Klima-Michel-Model” del servicio meteorológico alemán), el cual necesita una observación meteorológica completa con todas las variables utilizadas, así como la hora y la posición geográfica.

Como la sensación térmica depende de la constitución del cuerpo, la edad, el sexo y muchos otros factores, es natural que los resultados presentados de esta manera sean un promedio. Por ejemplo, en el modelo se supone que un hombre de 35 años de edad, de 1.75 m de altura y de 75 kg, presenta diferente sensación térmica que un niño o un anciano e incluso una mujer de la misma edad.

Se usa la temperatura percibida obtenida con este modelo para informar a la población sobre los riesgos que se presentan con un cierto clima, así como para realizar mapas climáticos del mundo que tomen en cuenta la sensación térmica promedio en otros lugares. También se realizan mapas de ciertas ciudades para que los arquitectos y planeadores de la ciudad tomen medidas preventivas.

La temperatura sentida no sólo se usa para evaluar el peligro relacionado con bajas temperaturas en invierno, sino también el peligro relacionado con altas temperaturas en verano.

Cuando la sensación térmica y el proceso fisiológico difieren del confort térmico¹ esto puede provocar un peligro para el corazón, la circulación y los vasos periféricos.

Tabla 3.10 Temperatura percibida y sensación térmica

Temperatura percibida	Sensación térmica	Proceso fisiológico
≤ -39° centígrados	muy frío	estrés de frío extremo
-26° hasta -39° centígrados	frío	estrés de frío fuerte
-13° hasta -26° centígrados	fresco	estrés de frío moderado
0° hasta -13° centígrados	un poco fresco	estrés de frío débil
0° hasta +20° centígrados	agradable	Confort estable
+20° hasta +26° centígrados	un poco cálido	estrés de calor débil
+26° hasta +32° centígrados	más cálido	estrés de calor moderado
+32° hasta +38° centígrados	muy cálido	estrés de calor fuerte
≥ +38° centígrados	extremadamente cálido	estrés de calor extremo

Fuente: <http://www.dwd.de/de/wir/Geschaeftsfelder/Medizin/Leistungen/gtinfo.pdf>

Viento de congelamiento o helado (wind chill)

En países donde hace mucho frío, como en el norte de los Estados Unidos o en Canadá, existe otro término que evalúa el peligro de las bajas temperaturas junto con vientos fuertes y que ocasiona efectos en la salud de la gente, se le conoce como viento de congelamiento o helado o “wind chill”.

El viento helado compara las condiciones meteorológicas reales (temperatura y viento) con la temperatura que debería existir bajo condiciones “estándar” (es decir un viento moderado) para que un humano tenga la misma sensación térmica y, en consecuencia, el mismo riesgo de sufrir congelamiento o hipotermia.

Un estudio mostró que gran parte de la población en Canadá usa esta información para decidir como vestirse o cuánto tiempo puede permanecer fuera de casa. Las autoridades de los Estados Unidos y Canadá tienen un sistema de alerta para los valores muy altos del viento helado; éste varía por las diferentes regiones del país; en el sur, la gente no está acostumbrada a temperaturas extremadamente bajas, y se alerta a partir de un valor de viento helado de -35° C; en el

¹ Confort térmico: es la condición de la mente la cual expresa satisfacción con el acondicionamiento térmico ambiental

norte, y en la mayor parte del país, el umbral es de -45°C ; sin embargo, en las regiones árticas no se alerta a las personas antes de que el viento helado sea por lo menos de -55°C .

Como el viento helado sólo depende de los valores de temperatura y viento es mucho más fácil mostrarlo en forma de tablas, que con la temperatura sentida (tabla 3.11).

Tabla 3.11 Valores de viento helado relacionados con una cierta temperatura y viento

viento helado		Temperatura en ° centígrados										
		5	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30	-35	-40	-45
Viento en m / s	5	4	-2	-7	-13	-19	-24	-30	-36	-41	-47	-53
	10	3	-3	-9	-15	-21	-27	-33	-39	-45	-51	-57
	15	2	-4	-11	-17	-23	-29	-35	-41	-48	-54	-60
	20	1	-5	-12	-18	-24	-30	-37	-43	-49	-56	-62
	25	1	-6	-12	-19	-25	-32	-38	-44	-51	-57	-64
	30	0	-6	-13	-20	-26	-33	-39	-46	-52	-59	-65
	35	0	-7	-14	-20	-27	-33	-40	-47	-53	-60	-66
	40	-1	-7	-14	-21	-27	-34	-41	-48	-54	-61	-68
	45	-1	-8	-15	-21	-28	-35	-42	-48	-55	-62	-69
	50	-1	-8	-15	-22	-29	-35	-42	-49	-56	-63	-69
	55	-2	-8	-15	-22	-29	-36	-43	-50	-57	-63	-70
	60	-2	-9	-16	-23	-30	-36	-43	-50	-57	-64	-71
	65	-2	-9	-16	-23	-30	-37	-44	-51	-58	-65	-72
	70	-2	-9	-16	-23	-30	-37	-44	-51	-58	-65	-72
	75	-3	-10	-17	-24	-31	-38	-45	-52	-59	-66	-73

Fuente: http://www.msc.ec.gc.ca/education/windchill/windchill_chart_e.cfm

Por ejemplo, con 10°C bajo cero y un viento de 20 m/s, el viento de congelamiento o helado sería de -18°C . Con 25° centígrados bajo cero y un viento de 20 m/s, el viento helado es de -37°C .

Existen tablas que describen el peligro relacionado con ciertos valores de viento helado, pero sólo son válidos para adultos sanos. Las temperaturas bajas y el viento son más peligrosos para niños, ancianos o personas de mala salud. Las tablas que contienen el peligro de ciertos valores de viento helado, así como las acciones para evitar el congelamiento, se pueden consultar en la página-Web de la referencia de la tabla anterior.

Según estas tablas, el riesgo de sufrir congelamiento se considera leve hasta valores del viento helado de -27°C . Sin embargo, a partir de -10°C existe el peligro de sufrir hipotermia cuando una persona está expuesta al frío por mucho tiempo. Entre valores de -28° y -39°C puede sufrir congelamiento después de 10 minutos a 30 minutos de exposición al frío. A partir de valores de -40°C , el riesgo se considera alto y ocurren congelamientos después de 5 a 10 minutos; finalmente, los congelamientos por viento helado de -55°C se presentan en 2 minutos.

Para tener otra medida del peligro relacionado con ciertos valores de viento helado, también se calcula el tiempo que una persona puede estar fuera de casa sin que sufra un probable congelamiento.

Tabla 3.12 Tiempo estimado que una persona puede exponerse sin sufrir congelamiento

Minutos para llegar al congelamiento	Temperatura en ° centígrados								
	-15	-20	-25	-30	-35	-40	-45	-50	
Viento en m / s	10	*	*	22	15	10	8	7	2
	20	*	30	14	10	5	4	3	2
	30	*	18	11	8	5	2	2	1
	40	42	14	9	5	5	2	2	1
	50	27	12	8	5	2	2	2	1
	60	22	10	7	5	2	2	2	1
	70	18	9	5	4	2	2	2	1
	80	16	8	5	4	2	2	2	1

Fuente: http://www.msc.ec.gc.ca/education/windchill/minutes_freeze_table_e.cfm

3.3.3. Vulnerabilidad por bajas temperaturas en México

En el Libro 1 sobre “Aspectos fundamentales sobre Riesgo y Cartografía” del CENAPRED se describe a la vulnerabilidad como la susceptibilidad o propensión de los sistemas expuestos a ser afectados o dañados por el efecto de un fenómeno perturbador; es decir, el grado de pérdidas esperadas.

La salud humana es vulnerable a los cambios del clima, particularmente si se carece de los servicios adecuados y en aquellas áreas en que pudiera aumentar la exposición a las enfermedades contagiosas. Por lo anterior, es necesario identificar las variables socioeconómicas de la comunidad para medir su nivel de vulnerabilidad.

Identificación de los indicadores de la vulnerabilidad social en la población

La medición de la vulnerabilidad por bajas temperaturas, que a continuación se describe, está relacionada con las características de la vivienda que hacen posible tener una temperatura agradable en su interior. De igual manera la vulnerabilidad a las bajas temperaturas se relaciona con el estado de salud de los habitantes y del nivel de conocimiento para el uso de los sistemas de calefacción que pueden utilizar en su hogar, en caso de una contingencia.

Para evaluar la vulnerabilidad se pueden utilizar enfoques cualitativos, estadísticos o indicadores que analicen varios escenarios, e incluir los elementos de calidad de vida, características de los asentamientos e infraestructura, los cuales, para los fines de este trabajo, fueron identificados como los de mayor importancia.

Calidad de vida de la población

Para este elemento se toma en cuenta el acceso de la población a los servicios de salud (tabla 3.13). En caso de no tenerlo, y de producirse alguna enfermedad, los ingresos de la población disminuirán.

Tabla 3.13 Valoración del indicador: Acceso a instituciones de salud

Nivel	Componente (categoría)	Condición de vulnerabilidad
100	No posee seguridad social	Muy alto
75	Difícil acceso a servicios médicos	Alto
50	Seguro social limitado, porque debe ser concluido por el sector privado.	Medio
25	Servicios de salud con medicamentos	Bajo
0	Seguro social completo y servicios de primera	Muy bajo

De la misma forma, se deberá incorporar el número de médicos que se localizan por cada mil habitantes, con ello se podrá conocer de manera general el radio de influencia de este parámetro y su relación con la densidad de la comunidad, localidad o municipio (tabla 3.14).

Tabla 3.14 Valoración del indicador: Personal médico

Nivel	Número de médicos por cada 1000 habitantes	Condición de vulnerabilidad
100	0.75 a 1.06	Muy alto
75	1.07 a 1.32	Alto
50	1.33 a 1.61	Medio
25	1.62 a 2.28	Bajo
0	2.29 a 3.41	Muy bajo

Por otro lado, las condiciones sanitarias de una población a otra son distintas; por ejemplo, la gente que habita en las barrancas o zonas de invasión de las grandes ciudades, o los habitantes de las zonas áridas y regiones húmedas. Este indicador es válido para toda comunidad, aunque existan diferencias de personas, debido al grado de higiene (tabla 3.15).

Tabla 3.15 Valoración del indicador: Condición sanitaria

Nivel	Componente (categoría)	Condición de vulnerabilidad
100	Personas que siempre están enfermas	Muy alto
75	Personas con mala salud	Alto
50	Personas con salud regular	Medio
25	Personas sanas	Bajo
0	Personas en óptimas condiciones	Muy bajo

Elementos de asentamientos humanos

Dentro de los indicadores que forman este grupo se encuentra el de la distribución de la población y su tamaño. En México, como en todo el mundo, la distribución de los habitantes es desigual, existen regiones donde hay mayor concentración y otras donde la población es escasa. Así, las ciudades están más densamente pobladas que las comunidades rurales (tabla 3.16).

Tabla 3.16 Valoración del indicador: Densidad de población

Nivel	Número de habitantes por km ²	Condición de vulnerabilidad
100	Mayor de 5000	Muy alto
75	1000 a 4999	Alto
50	500 a 999	Medio
25	100 a 499	Bajo
0	Menor a 99	Muy bajo

De la misma forma, es conveniente conocer cómo está distribuida la población de acuerdo a su edad (tabla 3.17).

Tabla 3.17 Valoración de la estructura de la población: Grupos de edad

Nivel	Grupos de edad	Condición vulnerabilidad
100	Menores de 5 años (niños)	Alto
50	Entre 6 y 17 años (adolescentes)	Medio
0	Entre 18 y 35 años (jóvenes adultos)	Bajo
50	Entre 36 y 60 años (adultos)	Medio
100	Mayores de 60 años (personas de la tercera edad)	Alto

Otro factor es el conocimiento con que cuenta la población para el manejo de los sistemas de calefacción en su vivienda, para ello es importante verificar si la gente sabe leer y con ello entender las indicaciones de los aparatos, y si las especificaciones se encuentran en español o bien son traducidos a una lengua indígena, debido a que todavía en el país hay una concentración de indígenas importante (tabla 3.18). Tal razón lleva a la preocupación por conocer el nivel de capacidad para la utilización de los sistemas de calefacción instalados en su vivienda.

Tabla 3.18 Valoración del indicador: conocimiento y manejo de los sistemas de calefacción

Nivel	Componente (categoría)	Condición vulnerabilidad
100	Personas analfabetas e indígenas que no hablan español	Alto
50	Personas que saben leer y escribir	Medio
0	Personas que conocen el manejo y funcionamiento de los sistemas de calefacción.	Bajo

Vivienda

En el caso de la vivienda, debe indicarse el tipo de ésta, si posee los servicios de agua potable, drenaje y energía eléctrica, para que las familias puedan recibir los mensajes de alerta en caso de ocurrir una emergencia por el descenso de la temperatura (tabla 3.19).

Tabla 3.19 Valoración del indicador: vivienda

Nivel	Componente
30	Vivienda ocupada por una familia
20	Vivienda ocupada por cuarto que contenga a dos habitantes
20	Estado de la vivienda en condiciones adecuadas
10	Vivienda con agua entubada
10	Vivienda con drenaje
10	Vivienda con energía eléctrica

Si la vivienda cumple con todos los componentes anteriores, la condición de vulnerabilidad es muy baja; si le falta uno de los servicios es baja, si no posee ningún servicio es media, si los cuartos son ocupados por más de tres personas es alta y si vive más de una familia es muy alta.

De acuerdo con el tipo de construcción de la vivienda propuesta por Reyes, et al., (2004), se forma la siguiente clasificación (tabla 3.20).

Tabla 3.20 Clasificación de la vivienda según tipo y características

Tipo de vivienda	Características de la vivienda
I	Presenta muros de mampostería con techos rígidos. Normalmente cuenta con cimentación, construida con una zapata corrida de concreto o de mampostería.
II	Comprende muros de mampostería con techos flexibles. Igual que el tipo 1, su cimentación, es construida con una zapata corrida de concreto o de mampostería.
III	Tiene muros de adobe con techo rígidos. Su cimentación, cuando existe, es de mampostería.
IV	Muestra muros de adobe con techos flexibles. Su cimentación, cuando existe, es de mampostería.
V	Construida con muros de materiales débiles con techos flexibles. Generalmente no cuentan con cimentación.

Índice de vulnerabilidad por bajas temperaturas

De acuerdo con lo anterior, se elaboró la tabla 3.21, en la que se muestra la clasificación de cada uno de los elementos incluidos en la evaluación de la vulnerabilidad.

Tabla 3.21 Calificación de cada uno de los elementos de la vulnerabilidad

Indicador	Ponderación (%)
Acceso a instituciones de salud	25
Personal médico	10
Condición sanitaria	15
Densidad de población	10
Grupos de edad	10
Conocimiento y manejo de los sistemas de calefacción.	10
Clase de vivienda	20
Total	100

Finalmente, el índice de vulnerabilidad IDV, está dado según la ponderación de los tres elementos descritos anteriormente que son; salud de la población (EI), asentamientos humanos (EII) y vivienda (EIII); dicho índice se compone de la siguiente manera:

$$\text{IDV \%} = \text{EI} + \text{EII} + \text{EIII}$$

La ponderación será distribuida de la forma siguiente:

$$\text{IDV (100\%)} = \text{EI (50\%)} + \text{EII (30\%)} + \text{EIII (20\%)}$$

Así, la condición de vulnerabilidad se traduce como se muestra en la tabla 3.22.

Tabla 3.22 Condición de vulnerabilidad

Nivel	Vulnerabilidad
0-20	Muy bajo
21-40	Bajo
41-60	Medio
61-80	Alto
81-100	Muy alto

Los rangos establecidos presentan las siguientes características:

1. *Vulnerabilidad muy baja*: Manifiesta excelentes condiciones en la estructura social y económica de la población, que permiten resistir a las bajas temperaturas.
2. *Vulnerabilidad baja*: Tiene condiciones favorables en su estructura social, principalmente en la vivienda y servicios básicos, que permiten afrontar las consecuencias ocasionadas por bajas temperaturas.
3. *Vulnerabilidad media*: Expone valores intermedios en la estructura social de la población, que resulta en algunas dificultades como su organización para asimilar los estragos de las bajas temperaturas.
4. *Vulnerabilidad alta*: Muestra las carencias existentes en la estructura social y económica de la población, para afrontar bajas temperaturas. Además, requiere de ayuda y de periodos largos para solucionar sus necesidades básicas.
5. *Vulnerabilidad muy alta*: Presenta a la población con sus niveles más bajos en el sector educación, salud, vivienda e ingresos. Por ello, demanda de ayuda externa para recuperarse del desastre, así como de varios años para recobrar la estabilidad en la comunidad. Además, quedan secuelas de largo plazo. Esto implica la tarea de trabajar arduamente en programas de prevención y desarrollo social.

Funciones de vulnerabilidad por bajas temperaturas

La estimación de la vulnerabilidad utilizada en este documento está relacionada específicamente con el umbral de temperatura de cinco a cero grados centígrados, debido a que se considera que a partir de este rango ocurren problemas en la salud de la población. Sin embargo, las gráficas de vulnerabilidad están exentas de cualquier cuadro médico.

En las figuras 3.36 a la 3.40 se muestra la relación existente entre los grupos de población según su edad y la duración de temperatura; se recuerda que los primeros se identificaron en la tabla 3.17.

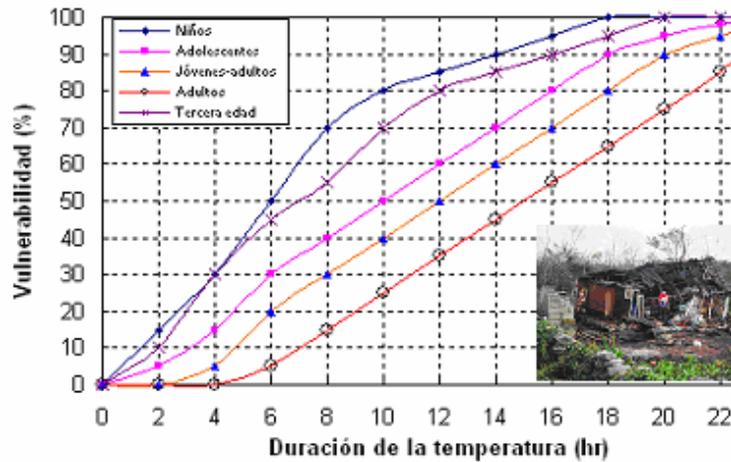


Figura 3.36 Función de vulnerabilidad muy alta

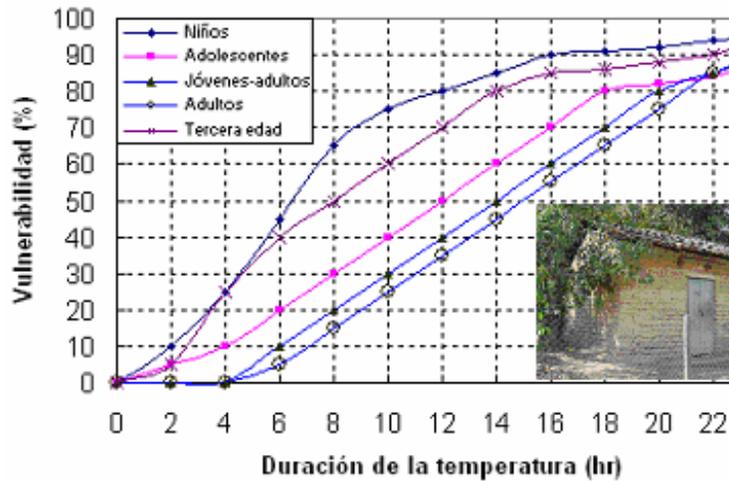


Figura 3.37 Función de vulnerabilidad alta

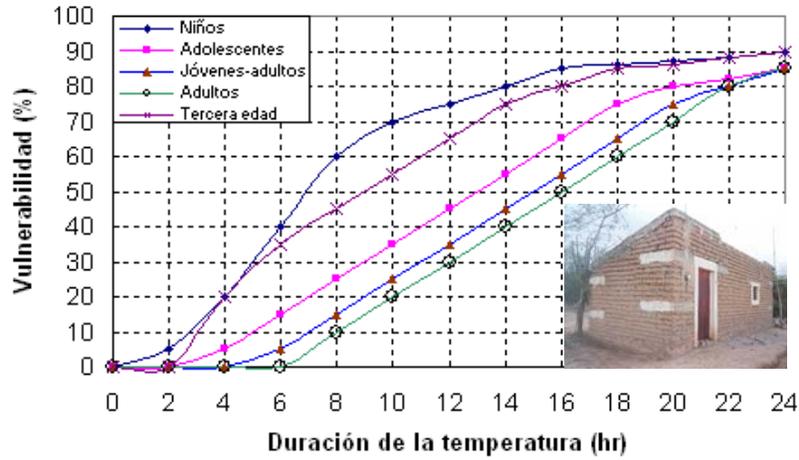


Figura 3.38 Función de vulnerabilidad media

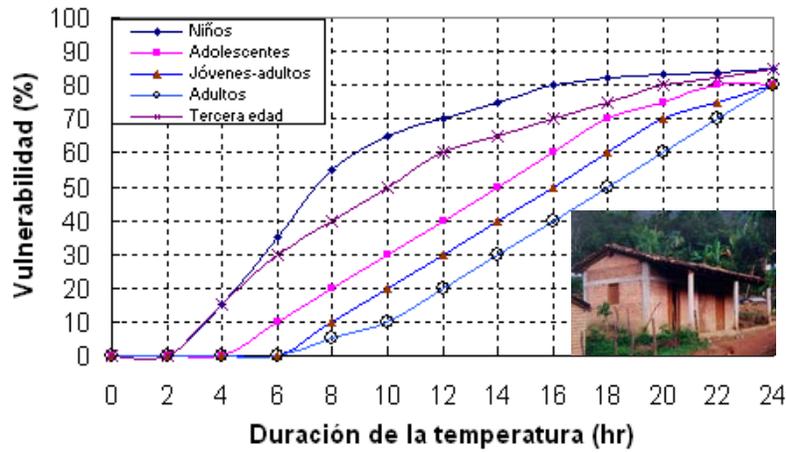


Figura 3.39 Función de vulnerabilidad baja

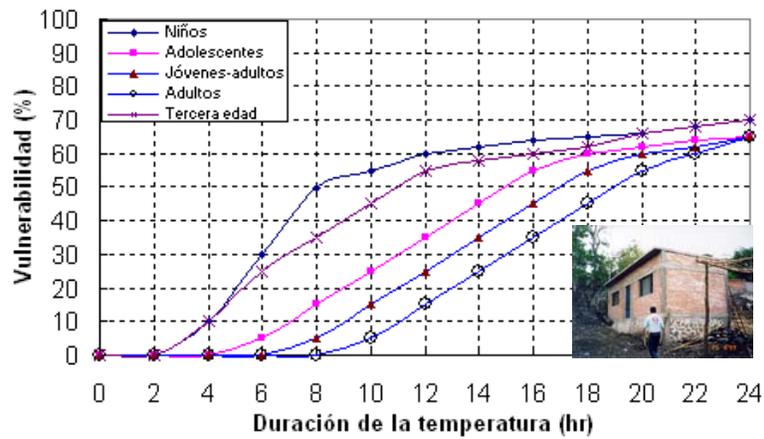


Figura 3.40 Función de vulnerabilidad muy baja

Para conocer todos los requerimientos necesarios para el análisis de la vulnerabilidad, es conveniente realizar encuestas donde se utilicen los criterios anteriores en cada vivienda y a sus habitantes. Para ello se sugiere aplicar el siguiente cuestionario como parte de la conversación con cada familia.

Identificación de la vulnerabilidad por bajas temperaturas	Conocimiento de la población	Material de construcción de la vivienda ² :
Estado: _____	Los habitantes reciben capacitación sobre los riesgos a la salud: SI _____ NO _____	Techo: Concreto _____ Lámina-Cartón _____ Lámina-Asbesto _____ Teja _____ Otros _____
Municipio: _____	Las personas están concientes que vivir en una vivienda sin ventanas provoca que se respire aire contaminado: SI _____ NO _____	Inclinación del techo (grados) 0 _____ 30 _____ 10 _____ 40 _____ 20 _____ 50 _____ >50 _____
Localidad: _____	La población conoce que ocupar más de tres personas un cuarto, es un riesgo a la salud: SI _____ NO _____	Estado del material del techo: Bueno _____ Regular _____ Malo _____
Manzana o lote: _____	La familia tiene acceso a los centros de salud: SI _____ NO _____ De qué tipo? IMSS _____ SEGURO POPULAR _____ ISSSTE _____ PEMEX _____ DEFENSA _____ MARINA _____ SEGURO EN INSTITUCIONES PRIVADAS _____	Muros: Madera _____ Adobe _____ Tabique _____ Otros _____
No. de habitantes en la vivienda ¹ : _____	Número de visitas realizadas al centro de salud o al médico durante la época invernal _____	Sección de la viga de soporte: Rectangular _____ Circular _____
Nombre y edad del jefe de familia: _____	Principales enfermedades registradas durante el invierno: _____	Tipo de material de la viga de soporte _____ Grado de deterioro de la viga _____
Nombres y edades de los integrantes de la familia: _____	Número de personas enfermas durante el invierno: _____	Pisos: Concreto _____ Tierra _____ Otros _____
Edad y sexo de las personas enfermas (con mayor frecuencia) _____	Orientación de la vivienda: Norte _____ Sur _____ Este _____ Oeste _____	Orientación de la vivienda: Norte _____ Sur _____ Este _____ Oeste _____
La vivienda cuenta con luz eléctrica? SI _____ NO _____	Iluminación: Sin ventanas _____ 1 Ventana _____ 2 a 3 ventanas _____ más de 4 ventanas _____	Iluminación: Sin ventanas _____ 1 Ventana _____ 2 a 3 ventanas _____ más de 4 ventanas _____
Croquis de localización	En la vivienda hay: Televisor _____ Radio _____ Teléfono _____	Ventanas: Vidrio _____ Plástico _____ Lámina _____
Esta vivienda tiene drenaje? SI _____ NO _____ Está conectado a : La red pública _____	Número de cuartos³: 1 cuarto _____ 2 a 3 cuartos _____ más de 4 cuartos _____	Número de cuartos³: 1 cuarto _____ 2 a 3 cuartos _____ más de 4 cuartos _____

Continúa

Identificación de la vulnerabilidad por bajas temperaturas	Conocimiento de la población	Material de construcción de la vivienda ² :
	Los habitantes reciben capacitación sobre los riesgos a la salud: SI _____ NO _____	Techo: Concreto _____ Lámina-Cartón _____ Lámina-Asbesto _____ Teja _____ Otros _____
	Fosa séptica _____	
	La población habla alguna lengua indígena? SI _____ NO _____ Qué lengua indígena o dialecto habla? _____	Posee cuarto de cocina: SI _____ No _____ Estufa SI _____ NO _____ Horno rudimentario (fogón) SI _____ NO _____ Otro _____
	La población habla también español? SI _____ NO _____	Para cocinar se utiliza leña SI _____ NO _____ Se utiliza carbón SI _____ NO _____
Cuántas personas saben leer y escribir? Leer _____ Escribir _____	⁴ Para mantener cálida la vivienda Utiliza horno SI _____ NO _____ Utiliza calentón SI _____ NO _____ Otro _____ -	

NOTAS:

¹ ¿Cuántas personas viven normalmente (incluir niños y ancianos)?² ¿De qué material es el techo, muros y pisos?³ ¿Cuántos cuartos se utilizan para dormir, sin incluir la cocina?⁴ ¿Sabe cómo proteger su vivienda en época de frío, lluvias, vientos y otros fenómenos?

Si no es posible elaborar las encuestas se deberá utilizar la siguiente estimación de vulnerabilidad, que se basa en la comparación de los índices de Marginación (IM) elaborado por el Consejo Nacional de Población (CONAPO), Regiones Socioeconómicas de México (RSM) (anteriormente Niveles de Bienestar de México) obtenidas por el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) y el Índice de Desarrollo Humano (IDH) formado por el Consejo Nacional de Población (CONAPO), este último retoma la metodología propuesta por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). Todos ellos utilizan las variables de vivienda, ingresos, educación y distribución de la población, los cuales son indicadores que forman parte del cuestionario anterior.

Se asignó un valor para cada municipio del país y con ello, se formó el mapa de vulnerabilidad que se presenta en la figura 3.43. Asimismo, en el anexo A se puede buscar la categoría de vulnerabilidad para todos los municipios de México.

Es importante mencionar que la condición de vulnerabilidad de algunos municipios es ambigua, debido a que el criterio incluye a todo el municipio, sin tomar en cuenta aquellas localidades que tienen características diferentes, por ejemplo, Tijuana (BC), Juárez (Chih), Valle de Chalco (Méx), entre otros, que son municipios con una vulnerabilidad media a baja, y sin embargo, en ellos se encuentran localidades muy vulnerables; por tal motivo, se recomienda en la mayoría de los casos utilizar las encuestas, para destacar las particularidades de cada comunidad. No obstante, el presente estudio es una primera aproximación al conocimiento de la vulnerabilidad del municipio.

3.3.4 Función de vulnerabilidad por nevadas

Los fenómenos meteorológicos que provocan las nevadas son los que ocurren generalmente durante el invierno, como son las masas de aire polar y los frentes fríos, que en algunas ocasiones llegan a interactuar con corrientes en chorro, líneas de vaguadas, y entrada de humedad de los océanos hacia tierra adentro. Estos fenómenos provocan tormentas invernales que pueden ser en forma de lluvia, aguanieve o nieve (figuras 3.41 y 3.42).



Figura 3.41 Lluvia de invierno en la ciudad de México



Figura 3.42 Nevada ocurrida en el volcán Popocatépetl

Las nevadas pueden ocasionar graves problemas a la población como son muerte por hipotermia, aumento de enfermedades en vías respiratorias, acumulación de nieve en los techos de las casas y su colapso, bloqueo de caminos, congelamiento de la red de agua potable, suspensión de las actividades aéreas, suspensión de labores y clases en las escuelas, aumento de enfermedades respiratorias, presencia de avalanchas, pérdidas en la producción de cultivos, el ganado que está a la intemperie puede morir congelado, etc.

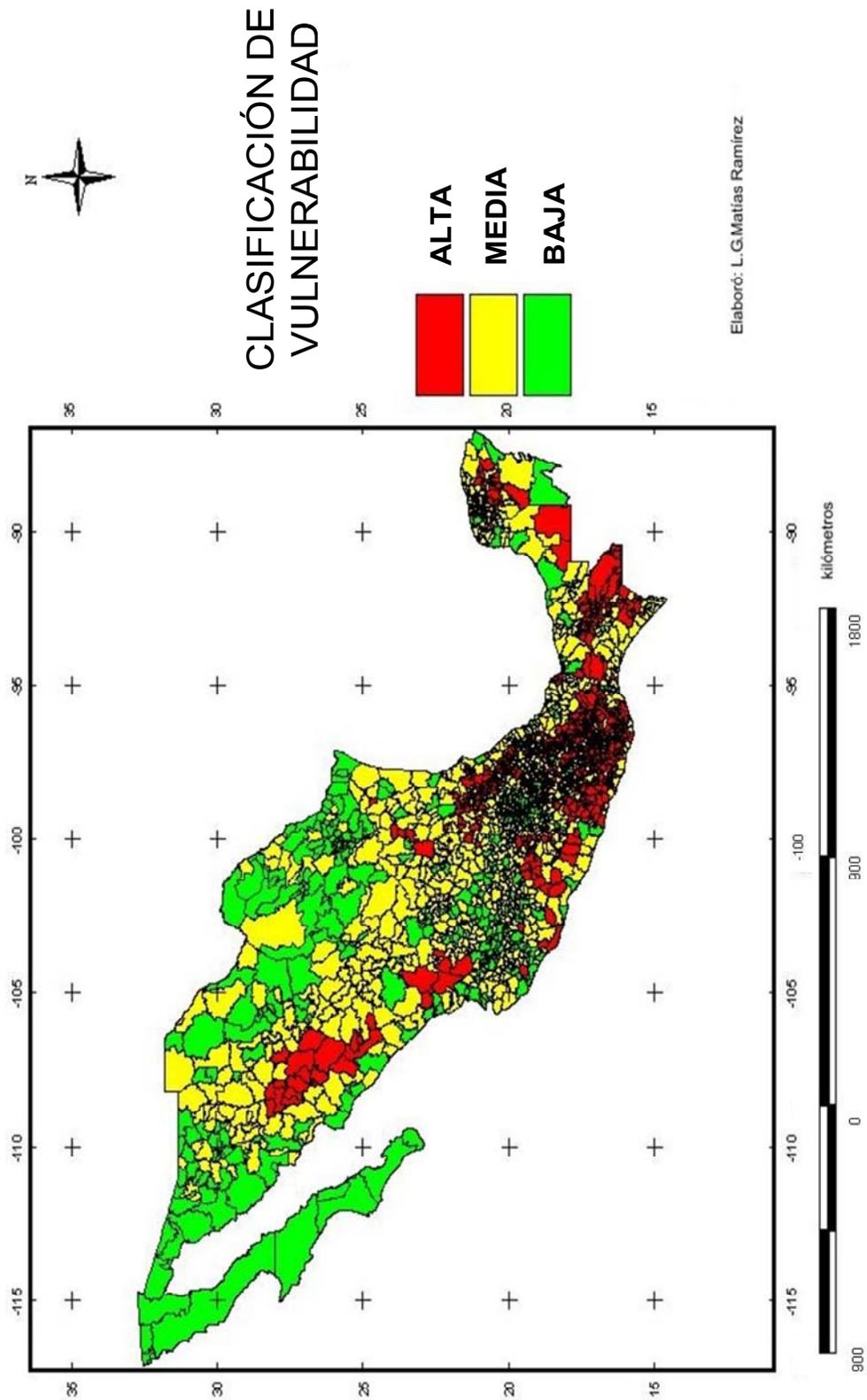


Figura 3.43 Distribución de la vulnerabilidad en México según el tipo de calidad de vida

Reseña histórica sobre nevadas en México

En la tabla 3.23 se presenta un resumen de algunos acontecimientos históricos de nevadas ocurridas en México, así como los daños ocasionados por este fenómeno. Esta información fue obtenida de medios periodísticos.

Tabla 3.23 Impacto de algunas nevadas en México

Fecha	Estados afectados	Muertos	Daños causados
Marzo de 1940	Distrito Federal, Estado de México e Hidalgo	9 (congelamiento)	El tráfico aéreo fue suspendido
Febrero de 1960	Coahuila, Durango, Sonora, Chihuahua, Distrito Federal y Tamaulipas	No hubo	Fueron cerradas las carreteras principales y los aeropuertos de Saltillo, Nogales, Monterrey y Matamoros. Hubo tres accidentes automovilísticos debido al congelamiento del pavimento.
Enero de 1967	El 50 % del territorio Mexicano fue afectado desde la ciudad de México hasta el norte del país y lugares por encima de los 200 msnm.	31 (congelamiento), la mayoría fue en la ciudad de México	200 personas quedaron atrapadas en las carreteras nevadas entre Monterrey y Saltillo. El tráfico aéreo y terrestre fue suspendido en Durango. Nevó en la ciudad de México, algo excepcional. Varios autos quedaron atrapados en las principales carreteras que unen a la ciudad de México con otras ciudades.
Marzo de 1987	Distrito Federal, Estado de México y Puebla	6 (congelamiento), en la ciudad de México	Las tuberías de agua sufrieron daños. Pérdidas económicas grandes debido a accidentes automovilísticos en las principales carreteras que unen a la ciudad de México con Puebla, Pachuca, Toluca y Cuernavaca.
Diciembre de 1989	Nuevo León	8 (congelamiento)	Fue cerrada la carretera México – Piedras Negras, además nevó en la ciudad de Monterrey por espacio de 2 horas.
Enero de 1992	Nuevo León, San Luis Potosí, Coahuila, Zacatecas, Durango, Guanajuato, Aguascalientes, Jalisco, Chihuahua, Tamaulipas y Estado de México	77 en total de los cuales 22 murieron en la sierra Tarahumara	En la sierra Santa Rosa la nieve alcanzó un espesor de 50 cm. La mayoría de las sierras de estos estados sufrieron nevadas.
Enero de 1995	Distrito Federal y sur del Estado de México (zona montañosa del nevado de Toluca y faldas del Popocatepetl)	3 desaparecidos en el Popocatepetl	La nieve alcanzó 30 cm en las faldas del nevado de Toluca y Popocatepetl.
Abril de 1995	Baja California (sierra de la Rumorosa)	15 por accidentes de tráfico	La tormenta de nieve fue causada por una tormenta proveniente del Golfo de Alaska.
Enero de 1997	Sonora (Nogales), Chihuahua (Ciudad Juárez y sierra de los Tarahumaras), Baja California (sierra de la Rumorosa), Durango	2 en Sonora y 7 en Chihuahua	La nieve alcanzó 10 cm de espesor en Nogales, las escuelas y fábricas pararon sus actividades en sonora y el tráfico aéreo y terrestre dejó de funcionar en Chihuahua.
Enero de 1998	Sonora (sierra)	No se reportaron	La nieve alcanza un espesor de 1.2 m, existen 8 poblados incomunicados.
Febrero de 1998	Hidalgo y Tlaxcala	No se reportan	En Hidalgo la nevada provocó el corte de energía eléctrica en gran parte del estado, en Tlaxcala, en el municipio de Tlaxco, la nieve alcanzó 50 cm de espesor.

Uno de los lugares donde ocurren con frecuencia las nevadas y donde se tiene mayor información sobre la ocurrencia de éstas, es en las faldas del Nevado de Toluca. En la tabla 3.24 se muestra un resumen de acontecimientos sobre nevadas en esta región.

Tabla 3.24 Eventos de nevadas en el valle de Toluca

Fecha	Municipios Afectados	Techos Caídos	Espesor de nieve (cm)	Comentarios	Temp. Registrada
11, ene, 1967	Toluca, Temascaltepec, Sultepec, Ocoyoacac		8 a 20 (14 prom)	23 casas se vieron afectadas por un derrumbe, sus techos eran de lámina de cartón. Entre las poblaciones afectadas están: Mesón Viejo, Tequisquiapan, Mina de Agua, Albarranes, San Francisco Oxtotipan, Buenavista, Casa Vieja, La Puerta, Atlapulco, Guadalupe Victoria, y Raíces.	2 y 5° C bajo cero
27, ene, 1980	Toluca, Zinacantepec		100	En las cercanías del Nevado de Toluca, las poblaciones de Zinacantepec, Raíces y 17 rancherías fueron declaradas zonas de emergencia. 5 poblados comunicados. En algunas regiones del Valle de México la nieve alcanza más de un metro de altura.	
13, mar, 1983	Toluca		10	50 personas atrapadas por la nieve a bordo de sus vehículos.	
30, ene, 1992	Zinacantepec		40	La nieve alcanzó 40 cm de espesor en las regiones medias, en tanto que en la zona alta del volcán el espesor de nieve llegó a 1 m. En la carretera Toluca-Sultepec y Naucalpan-Jiquipilco la nieve alcanzó 30 cm de altura. las poblaciones más afectadas fueron Raíces, Loma Alta, El Capulín y La Peñuela.	10°C bajo cero
19, dic, 1996	Zinacantepec		30	La nieve cubrió a la comunidad de Raíces, otras comunidades afectadas fueron Loma Alta, La Puerta, La Joya, La Siervita y Peñuela.	
02, ene, 1997	Zinacantepec		19 a 30 (25 prom)	En el nevado la nieve alcanza desde 19 a 30 cm de espesor en diversos lugares.	3°C bajo cero
13, feb, 1999	Toluca		2	Nevada de hasta 2 cm de espesor afectó la población La Loma, Buenaventura, El Capulín y Loma Alta.	
10, nov, 1999	Toluca		100		

Continúa

Tabla 3.24 Eventos de nevadas en el valle de Toluca

Fecha	Municipios Afectados	Techos Caídos	Espesor de nieve (cm)	Comentarios	Temp. Registrada
27,ene,2001	Toluca, Zinacantepec		10	Los poblados más afectados por el meteoro fueron: Raíces, La Puerta, y Peñuelas.	2°C bajo cero
03,mar,2001	Toluca		5	Se vieron afectadas las comunidades de La Ciervita y La Joya.	
04,mar,2001	Toluca		40	18 comunidades afectadas por la nevada.	
14,ene,2002	Zinacantepec	20	40	20 familias quedaron sin techo en la comunidad de Raíces, Durante la noche la nieve alcanzó los 17 cm en la parte más baja del volcán, y en la más alta rebasó los 23 cm.	
12,feb,2002	Toluca		20	Las comunidades afectadas por la nieve fueron: Raíces, Loma Alta, La Peñuela, La Guacamaya, El Capulín y La Ciervita	
13,feb,2002	Toluca		20	Las carreteras cerradas son Toluca-Tejupilco, Toluca Valle de Bravo, ante la caída de nieve en el Nevado de Toluca.	
17,ene,2004	Toluca, Zinacantepec		10	Se realizaron cortes carreteros en los municipios de Sultepec, Zinacantepec, Amecameca y La Marqueza.	
17,ene,2004	Zinacantepec		8	Se reportó un fallecimiento por hipotermia, ya que el termómetro marcó 8 grados bajo cero.	8°C bajo cero
17,ene,2004	Zinacantepec		50	El cierre de carreteras se debió a la caída de nieve.	
16,ene,2004	Zinacantepec	36	7 a 10 (prom. 8)	PC estatal distribuyó pacas de láminas de asbesto a las 36 familias afectadas para reponer los techos que destruyó la nieve.	

Para establecer una función de vulnerabilidad por nevadas es importante definir que características de la nevada se van a considerar y que ocasione daños a la población expuesta. Como se puede observar en la tabla anterior, uno de los daños que causan las nevadas a la vivienda es el colapso de los techos endebles (lámina) debido al sobrepeso de la nieve (figura 3.44). Por lo que se propone establecer una función de vulnerabilidad que relacione el espesor de nieve con la afectación a la vivienda.

**Figura 3.44 Nieve sobre un techo endeble**

Sin embargo, el Servicio Meteorológico Nacional sólo reporta en sus boletines de estaciones climatológicas normales los días con nevada por mes y año, por lo que no se tiene una cuantificación del espesor de nieve que lleve a cabo una institución especialista. Debido a esto se propondrán dos métodos para obtener funciones de vulnerabilidad por nevadas

1^{er} método: sólo se tiene reportado si cae nieve o no en cierta región

El criterio de análisis que se plantea es combinar las áreas donde han ocurrido nevadas históricamente en México (figura 3.45) con el mapa de índice de marginación que publica la CONAPO en su página de Internet: <http://www.conapo.gob.mx> (figura 3.46). Este mapa está dado hasta un nivel estatal (figura 3.47), por lo que tendrá sus limitantes cuando se quiera trabajar a nivel de localidad y, aún más, a nivel de casa por casa.

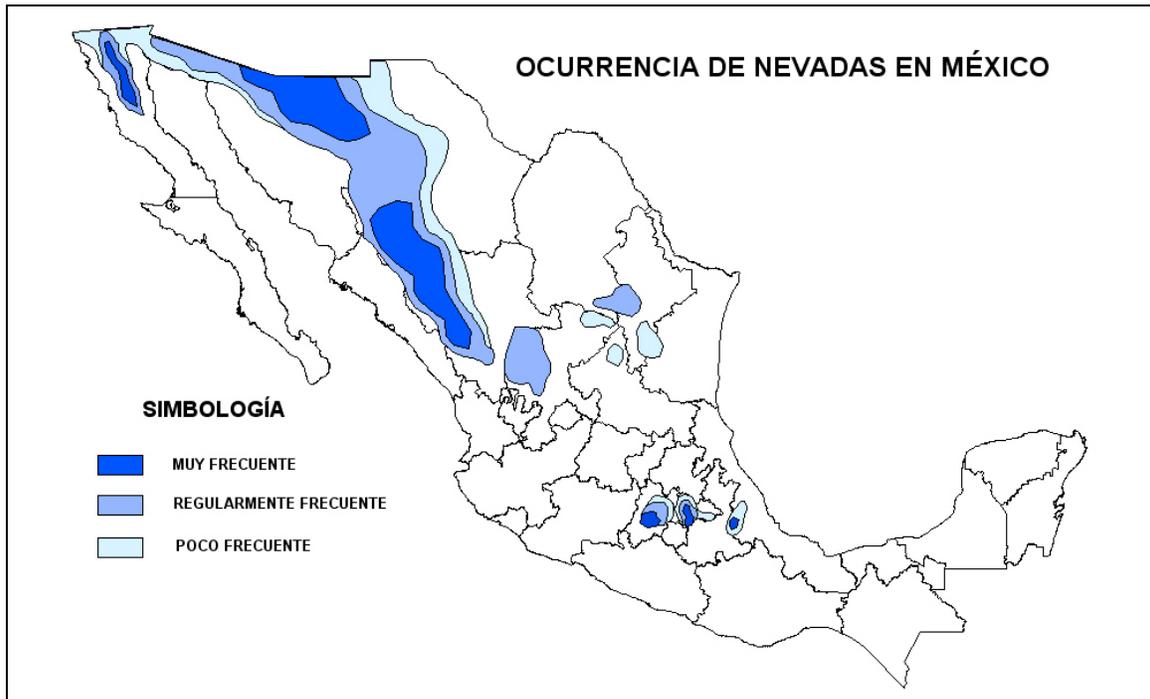


Figura 3.45 Mapa de ocurrencia de nevadas en México (elaborado en el área de Riesgos Hidrometeorológicos del CENAPRED y combina elevaciones por arriba de los 2000 msnm y noticias de periódicos)

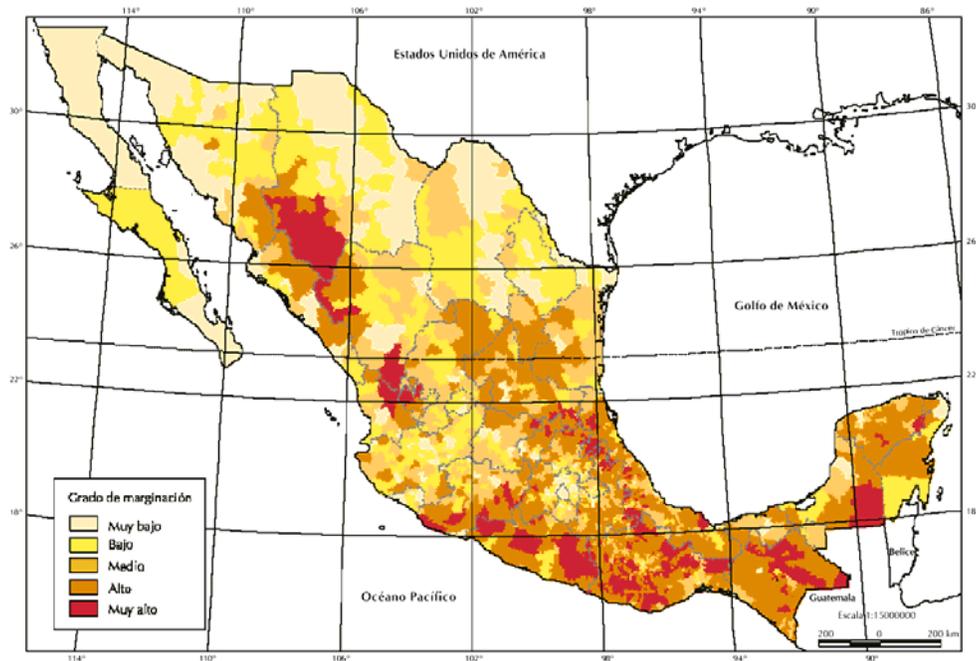


Figura 3.46 Índice de marginación en el país por municipio (Fuente: Conapo 2000)

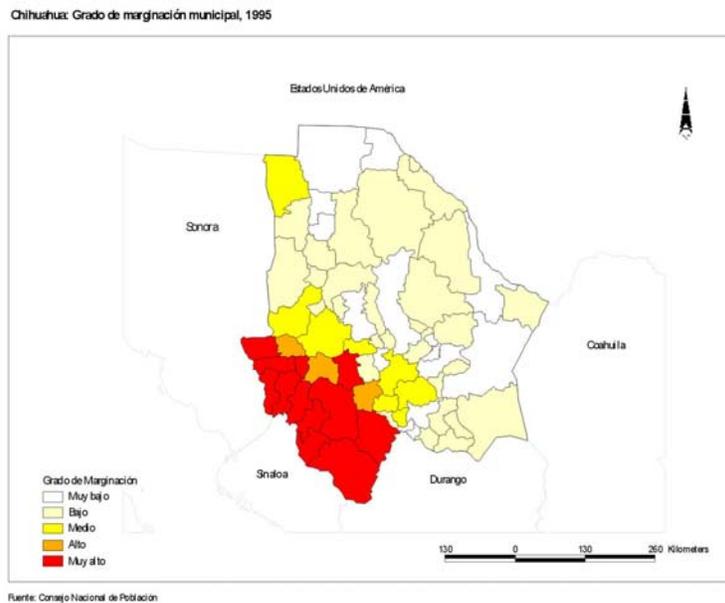


Figura 3.47 Índice de marginación de Chihuahua a nivel estatal (Fuente: Conapo 2000)

La CONAPO establece cinco índices de marginación en función de la calidad de vida de los pobladores, del nivel de estudios, tipos de bienes en su vivienda, el número de habitaciones de la casa y los acabados, y no habla del tipo de techo, entonces, para aplicar lo propuesto aquí se hará la siguiente equivalencia entre índice de marginación y tipo de techo, tabla 3.25.

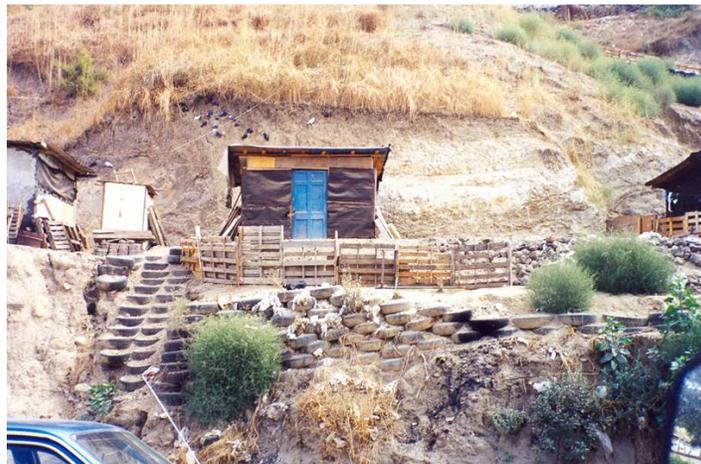
Tabla 3.25 Equivalencia entre índice de marginación y tipo de techo

Índice de marginación y color asignado	tipo de techo
Muy bajo (blanco)	De losa de concreto bien construido con buen diseño estructural
Bajo (crema)	De losa de concreto con diseño estructural regular
Medio (amarillo)	De losa de concreto ó techos resistentes
Alto (naranja)	De techo de lámina con soportes y muros de mampostería resistentes
Muy Alto (rojo)	De techo de lámina con muros endebles sin refuerzo estructural

Como se puede ver en la tabla anterior, habrá dos tipos genéricos de casas: las que no tienen problemas de caída de sus techos (índice de marginación de muy bajo a mediano (figura 3.48) y las que sí tienen problemas de caída de sus techos (índice de marginación de alto a muy alto (figura 3.49).



**Figura 3.48 Casas sin problema de colapso de sus techos
Índice de marginación de muy bajo a mediano**



**Figura 3.49 Casas con problema de colapso de sus techos
Índice de marginación de alto a muy alto**

Al sobreponer el mapa de ocurrencia de nevadas con el índice de marginación (figuras de la 3.50 a la 3.57) se obtiene una lista de los estados con sus municipios que estarán en riesgo del colapso de sus techos (tabla 3.26).

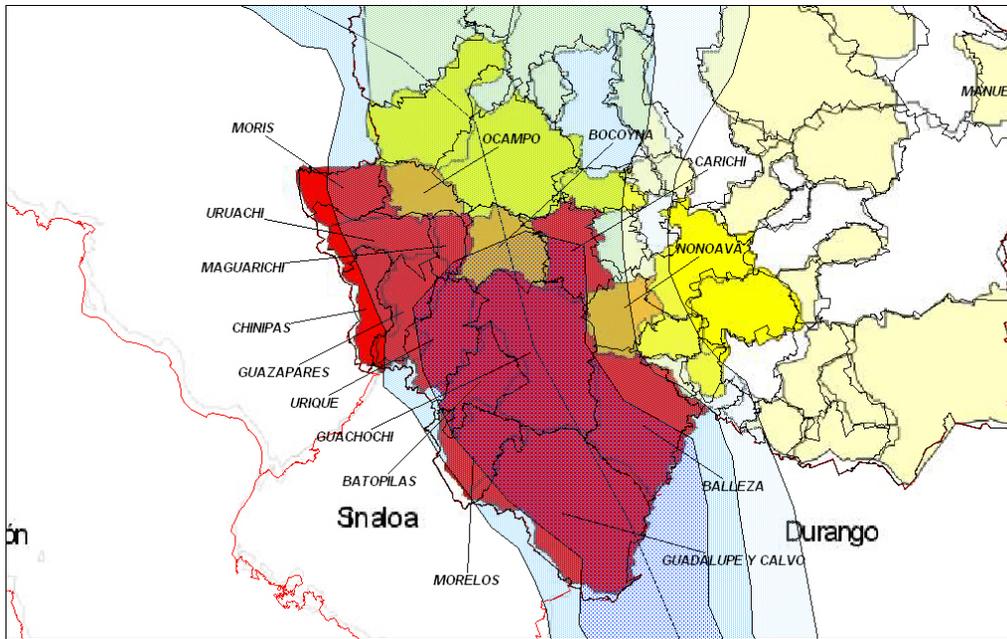


Figura 3.50 Municipios en peligro por colapso de sus techos en Chihuahua

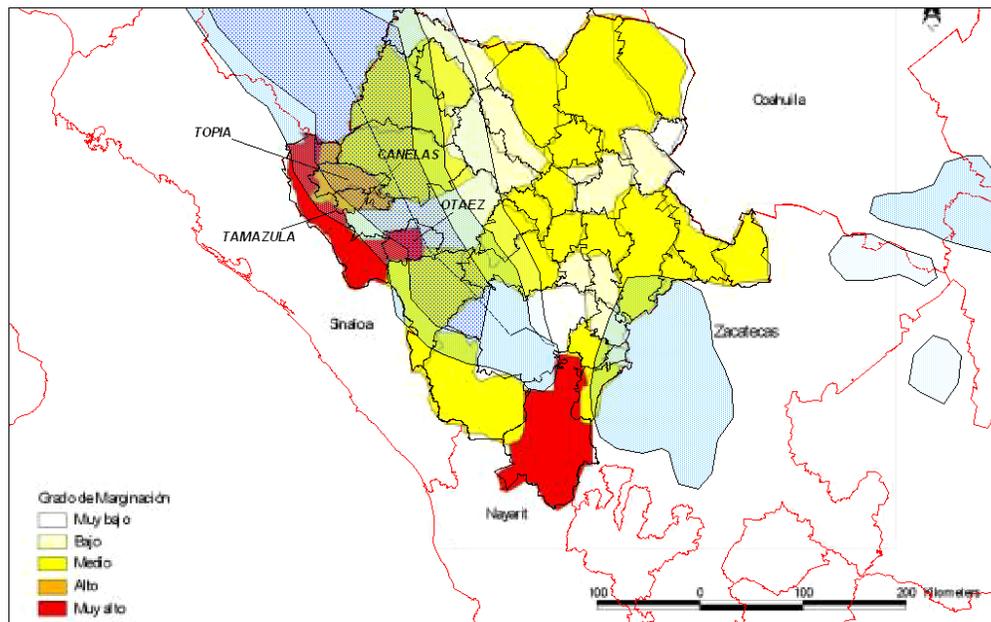


Figura 3.51 Municipios en peligro por colapso de sus techos en Durango

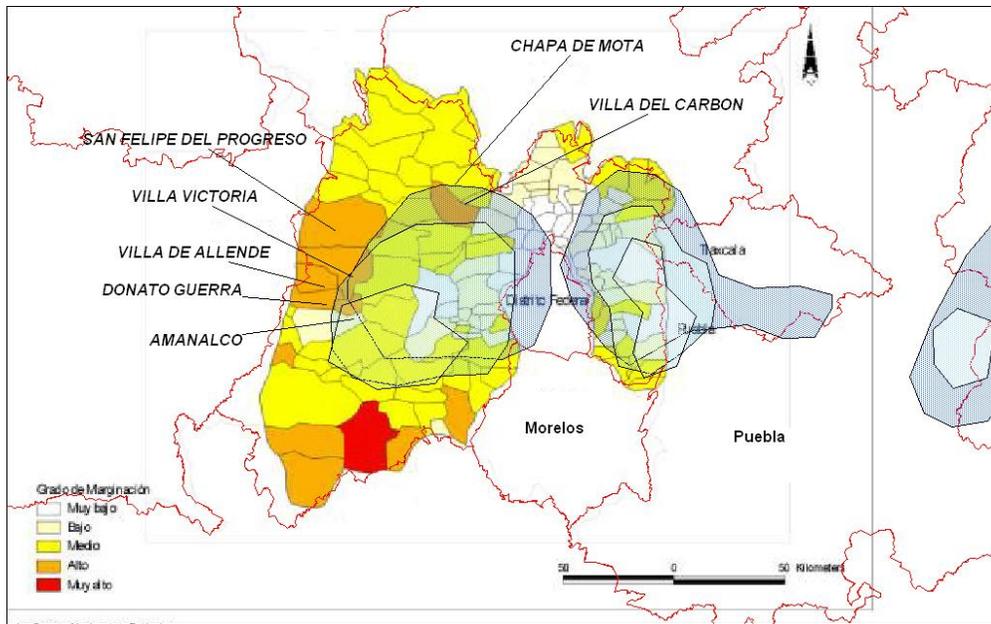


Figura 3.52 Municipios en peligro por colapso de sus techos en el Estado de México

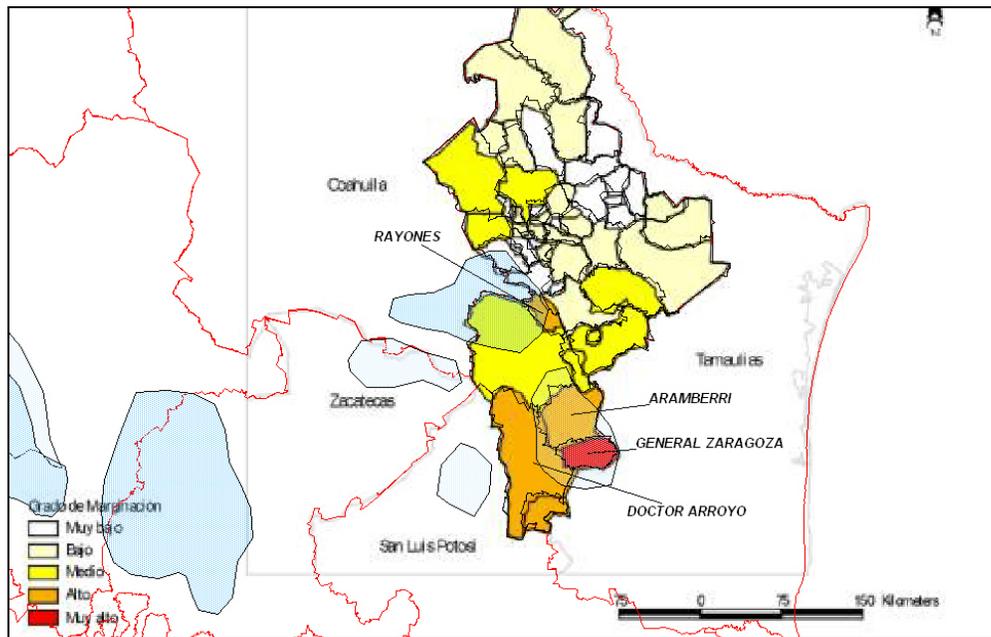


Figura 3.53 Municipios en peligro por colapso de sus techos en Nuevo León

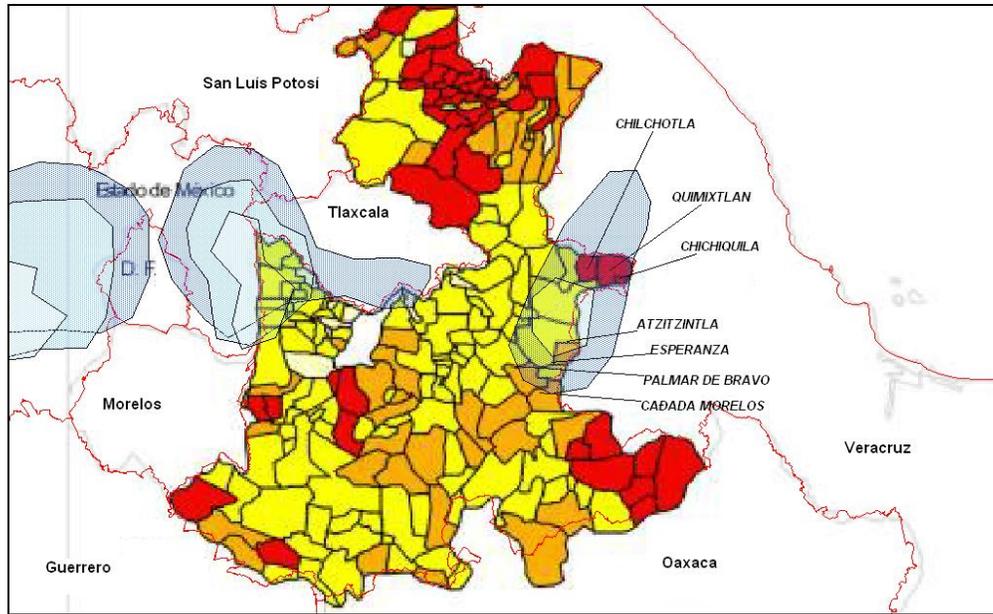


Figura 3.54 Municipios en peligro por colapso de sus techos en Puebla

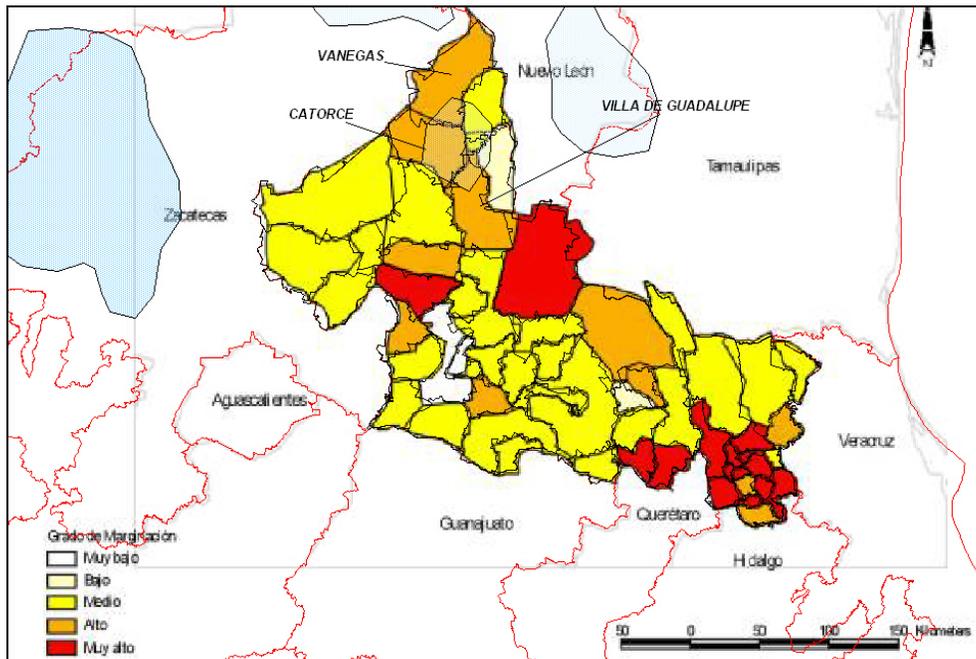


Figura 3.55 Municipios en peligro por colapso de sus techos en San Luis Potosí

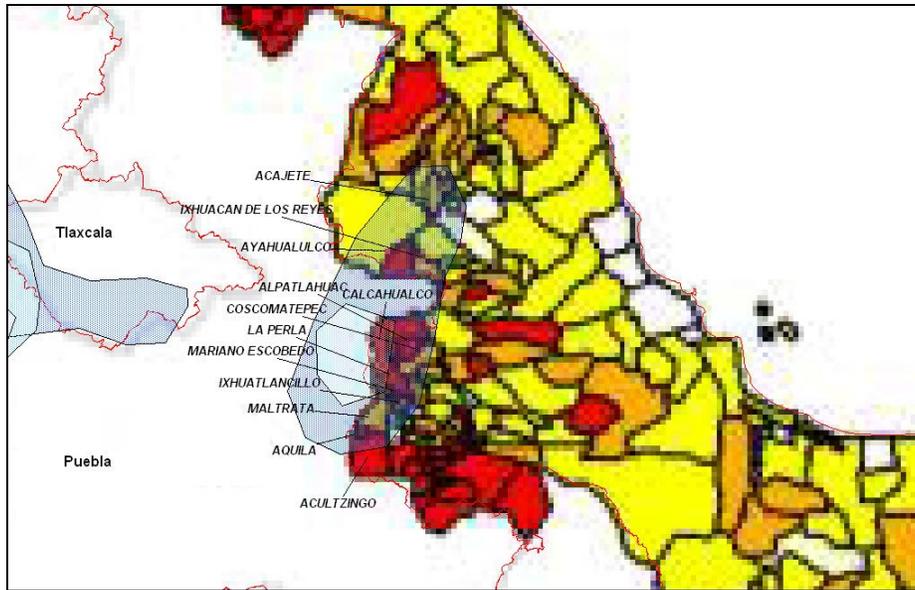


Figura 3.56 Municipios en peligro por colapso de sus techos en Veracruz

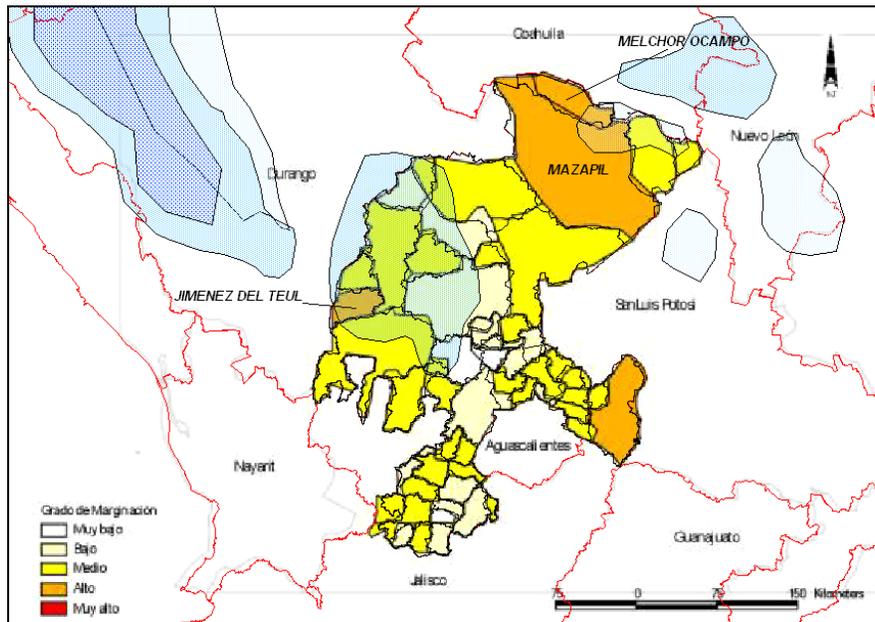


Figura 3.57 Municipios en peligro por colapso de sus techos en Zacatecas

Tabla 3.26 Lista de municipios con peligro de colapso de los techos

Baja California	Coahuila	Distrito Federal
NO HAY	NO HAY	NO HAY
Sonora	Nuevo León	Puebla
NO HAY	Aramberri Doctor Arroyo General Zaragoza Rayones	Atzitzintla Cañada Morelos Chichiquila Chilchotla Esperanza Quimixtlan Palmar del Bravo
Chihuahua	Zacatecas	Tlaxcala
Balleza Batopilas Bocoyna Carichi Chinipas Guachochi Guadalupe y Calvo Guazapares Maguarichi Morelos Moris Nonoava Ocampo Urique Uruachi	Jiménez del Teul Mazapil Melchor Ocampo	NO HAY
Durango	San Luis Potosí	Veracruz
Canelas Otaez Tamazula Topia	Catorce Villa de Guadalupe Venegas Morelos San Felipe del Progreso Villa de Allende Villa del Carbón Villa Victoria	Acajete Acultzingo Alpatlahuac Aquila Ayahualco Calchahualco Coscomatepec Ixhuacan de los Reyes Ixhuatlancillo La Perla Maltrata Mariano Escobedo
Estado de México		

Es muy importante resaltar que esta lista está elaborada a nivel municipal y que puede haber comunidades con un índice de marginación de muy alto a alto, y que no está considerado su municipio en esta lista, por lo que se recomienda llevar a cabo la encuesta casa por casa planteada en el tema de bajas temperaturas.

Obtención de la función de vulnerabilidad por nevadas

Tomando en cuenta lo anterior, la función de vulnerabilidad por nevadas que resulta tendrá dos tipos; primero si en el lugar de estudio ocurre o no ocurre una nevada y, además, si los techos de las casas están o no en peligro por colapso de sus techos, dependiendo del material con el que estén contruidos (figura 3.58).

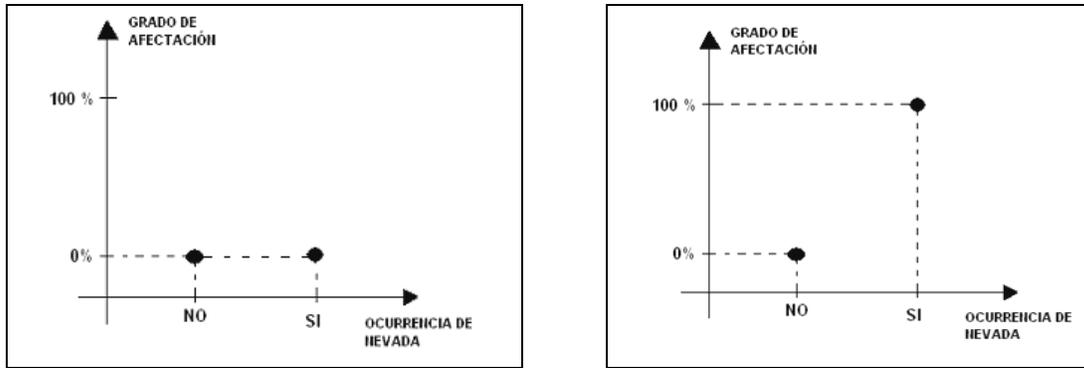


Figura 3.58 Función de vulnerabilidad para casas con índice de marginación de muy baja a mediana (techos de losa de concreto, izquierda) y casas con índice de marginación de alta a muy alta (techos de lámina, derecha)

En la literatura se menciona que el ángulo de reposo de la nieve tiene un rango de valores entre 25° a 50° , dependiendo de los cambios que vaya sufriendo la nieve en el transcurso del tiempo (metamorfosis). Si se toma el valor más desfavorable de 50° , a medida que aumente la inclinación del techo se tendrá menos riesgo de que se colapse. Si se conoce el ángulo de inclinación de las casas se tendría la siguiente función de vulnerabilidad (figura 3.59).

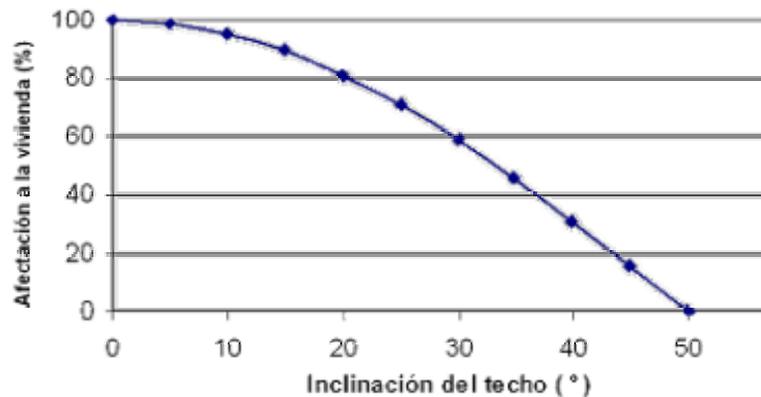


Figura 3.59 Función de vulnerabilidad por nevadas tomando en cuenta la inclinación de los techos endebles

Para los techos de losa de concreto, independientemente de la inclinación, la afectación es del 0%

2° método: se cuenta con espesores de nieve

Para este caso será necesario tomar en cuenta las características físicas de la nieve como es su densidad y peso específico, según su estado de metamorfosis (esto se presenta en el anexo B) y por otro lado hacer un análisis estructural del techo con la capa de nieve sobre él; para ello se contó con el apoyo técnico de la Subdirección de Ingeniería Estructural del CENAPRED. Así se podrá definir el espesor máximo de nieve que puede soportar un techo endeble antes de colapsarse, según su ángulo de inclinación (el desarrollo estructural está en el anexo A).

Obtención de la función de vulnerabilidad por nevadas

Como se menciona en el anexo B, se consideran las viviendas con techos endebles (lámina de cartón, asbesto o teja) para la obtención de la función de vulnerabilidad. La inclinación de estos techos puede variar, pero se ha visto que cuando menos tienen una pequeña inclinación (aproximadamente 5°) para que escurra el agua de lluvia. Si el ángulo de reposo de la nieve está entre 25° y 50° (David Mc Clung, et al., 2003), según las condiciones metamórficas de la nieve, entonces y considerando el valor más desfavorable que es el de 50° se puede decir que aquellos techos con inclinaciones mayores a este valor no tendrán problemas de colapso de techos, ya que toda la nieve que cae sobre ellos se deslizará hacia el suelo. Así, entonces, se hará un análisis estructural de la capa de nieve sobre techos endebles para un rango de valores de inclinación de los techos entre 0° y 50° (figura 3.60), considerando que 5° de inclinación prácticamente es horizontal.

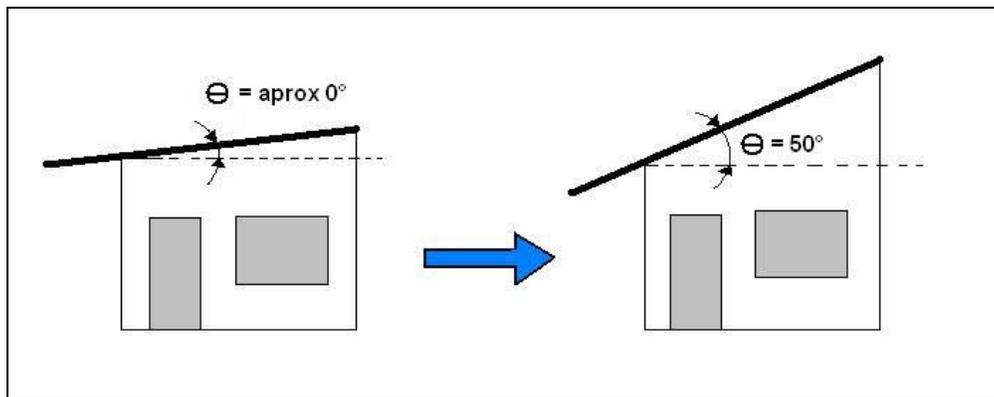


Figura 3.60 Rango de inclinaciones de los techos que se pueden colapsar

Tomando en cuenta lo anteriormente expuesto, se podrá definir una función que relacione el ángulo de inclinación de los techos, el tipo de material con que están fabricados, el espesor de nieve y el porcentaje de afectación a la vivienda.

De la encuesta aplicada a la población, (ver el tema de función de vulnerabilidad por bajas temperaturas), se agregaron algunas preguntas que el encuestador debe llenar, como es el tipo de techo de la vivienda, que en caso de ser de lámina se debe poner el estado de deterioro que presenta, el ángulo de inclinación aproximado (se sugiere contar el número de ladrillos en hilera de la pared paralela a las vigas y el número de filas de ladrillos en el desnivel del techo) y el material de la viga que soporta las láminas.

De los cálculos realizados en el anexo B, se presenta la tabla 3.27 con los diferentes espesores de nieve que pueden soportar los techos endebles con viga de madera de sección rectangular, o circular, así como vigas de acero de sección rectangular.

Tabla 3.27 Umbral de espesores de nieve (h) para diferentes ángulos de inclinación de los techos, tipo de material de las vigas y secciones de estas

θ	w	M_{MAX}	Material de madera		Material de acero, secc. rectangular h (mm)
			Secc. rectangular h (mm)	Secc. circular h (mm)	
0°	3000 h	6000 h	43.5	28.3	211.3
10°	2954 h	5908 h	44.3	28.7	214.6
20°	2819 h	5638 h	46.3	30.1	224.8
30°	2598 h	5196 h	50.3	32.7	243.9
40°	2298 h	4596 h	55.1	36.4	276.0
50°	1928 h	3857 h	61.6	41.1	328.7

En la figura 3.61 se presenta la función de vulnerabilidad para techos de losa de concreto.



Figura 3.61 Función de vulnerabilidad para casas con techos de losa de concreto

Para la obtención de la función de vulnerabilidad en casas con techos endebles con diferentes inclinaciones se dará una explicación del proceso de cómo se llegó a esta.

Al ir depositándose la nieve en el techo se empiezan a humedecer los muros y las láminas, las cuales van perdiendo resistencia y sufren pequeños daños estructurales, hasta llegar al límite de resistencia, produciéndose su falla. Ya colapsado el techo, y al seguir cayendo nieve, los enseres se humedecen, por lo que la afectación en el techo de la vivienda y su menaje es prácticamente del 100%.

En las figuras 3.62, 3.63 y 3.64 se presentan las funciones de vulnerabilidad para techos de lámina con vigas de madera de sección rectangular y circular, así como techos de lámina con vigas de acero de sección rectangular.

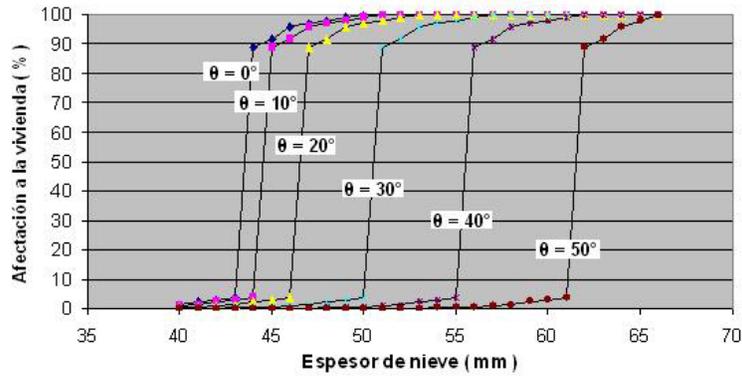


Figura 2.62 *Función de vulnerabilidad para casas con techos de lámina y vigas de madera de sección rectangular para diferentes ángulos de inclinación*

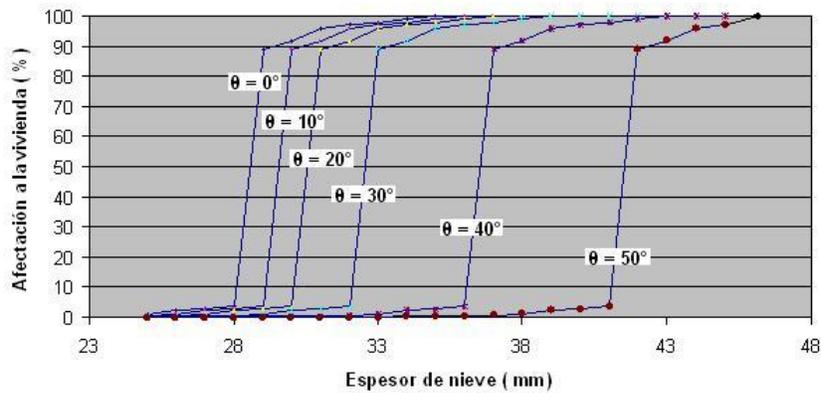


Figura 2.63 *Función de vulnerabilidad para casas con techos de lámina y vigas de madera de sección circular para diferentes ángulos de inclinación*

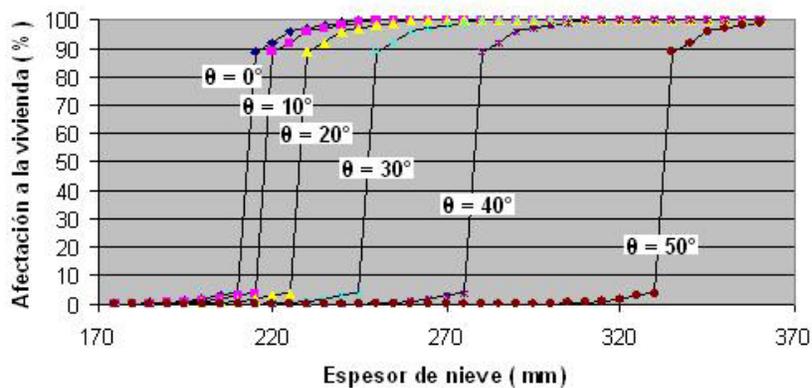


Figura 2.64 *Función de vulnerabilidad para casas con techos de lámina y vigas de acero de sección rectangular para diferentes ángulos de inclinación*

En el anexo B se presenta un ejemplo de aplicación de las funciones de peligro y vulnerabilidad por nevadas para una población ficticia para obtener la función de riesgo.

3.4 RIESGO POR BAJAS TEMPERATURAS: APLICACIÓN AL NEVADO DE TOLUCA

3.4.1 Peligro por bajas temperaturas

Para la evaluación del peligro por bajas temperaturas en el Nevado de Toluca se utilizaron los datos de una estación climatológica automática proporcionados por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN, 2006). Se analizaron los datos correspondientes al periodo entre las 20:00 horas del 29 de febrero de 2000 hasta las 23:00 horas del 28 de febrero de 2006, dando un total de 52,589 datos tomándose las temperaturas registradas cada hora. Además, se realizó un redondeo de los valores de temperatura para expresarlos como enteros.

Se puede observar en la tabla 3.28 que el total de horas con temperatura menor o igual a los 10° C durante el periodo analizado es 50,388, que representa el 95.8% de temperaturas horarias de las 52,589 horas totales, por lo que el peligro es bastante significativo para este umbral. De la misma forma, observamos que la duración promedio en horas de un evento en este umbral es de 256, aproximadamente 10 días.

Tabla 3.28 Resultados generales obtenidos

Umbral j	Temperatura (° C)	Número de eventos totales (dt_j)	Horas totales (h_j)	Promedio de duración en horas por evento	Días de duración promedio
0	Todas	1	52589	52589	2191
1	10°	197	50388	256	10.7
2	5°	2588	34437	13	0.55
3	0°	596	3216	5	0.23
4	-5°	11	57	5	0.22
5	-10°	1	4	4	0.17

Si a la muestra total de 52,589 lecturas horarias de temperatura se calcula su histograma, el resultado es el que se muestra en la figura 3.65, donde se puede constatar que la mayoría de las temperaturas registradas son menores o iguales a 10° C, mientras que las mayores se representan con un color más oscuro.

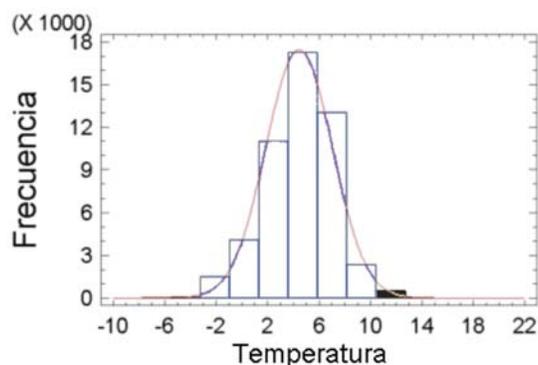


Figura 3.65 Histograma de temperaturas horarias en la estación Nevado de Toluca

En la tabla 3.29 el periodo más frío analizado se ubica en el 31 de enero de 2004, pero su duración fue de apenas 4 horas. Además, para los dos últimos umbrales no se alcanzó a cubrir un día completo.

Tabla 3.29 Ondas de frío de mayor duración por umbral

Umbral j	Temperatura (grados Celsius)	Máximas horas continuas	Fecha de inicio	Días de duración aproximada
0	Todas	52589	29/02/2000	2191
1	10°	4607	03/01/2000	192
2	5°	308	20/12/2000	13
3	0°	60	30/12/2000	2.5
3	0°	60	12/1/2002	2.5
4	-5°	19	31/1/2004	0.8
5	-10°	4	31/1/2004	0.2

3.4.2 Probabilidad de un evento de baja temperatura con una duración específica en el Nevado de Toluca

Con base en el conteo de eventos dt_i , definido en la sección 3.2.4, se obtuvo la probabilidad de que ocurra una onda de frío con duración dt_i , es decir, el evento X. Además, se seleccionó un intervalo de 2 horas para el cálculo de probabilidades, ya que de esta manera están definidas las funciones de vulnerabilidad por bajas temperaturas.

En la figuras 3.66a a la 3.66d se muestran las funciones de distribución de probabilidad acumuladas para los umbrales seleccionados. No aparece la probabilidad de un evento que se ha iniciado en temperatura de -10° C porque únicamente hubo una onda de frío en este umbral. En el caso de que un evento tenga una duración igual a un intervalo de horas en el cual no se tiene registro, la probabilidad se considera cero, ya que nunca ha excedido una duración mayor. Por ejemplo, la probabilidad de que se tenga un evento con umbral -10° y con duración de 6 horas es cero.

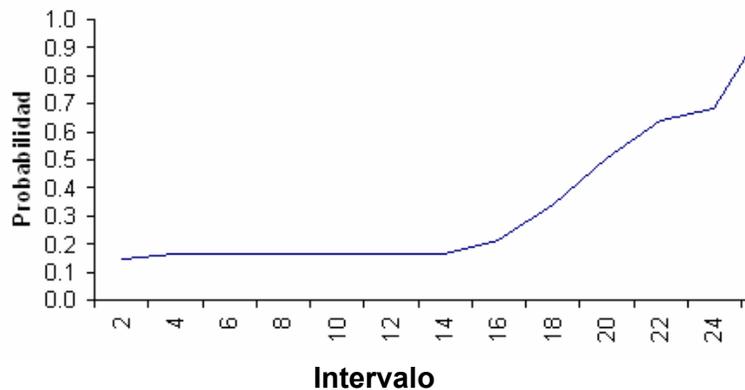


Figura 3.66^a Probabilidades acumuladas de la duración de un evento de baja temperatura con umbral de 10° C

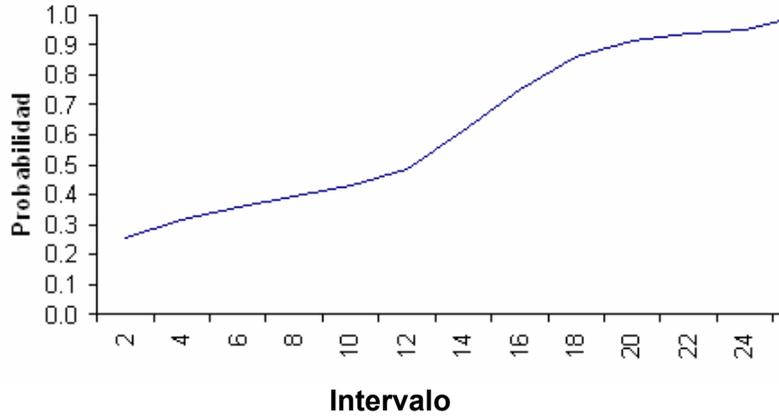


Figura 3.66b Probabilidades acumuladas de la duración de un evento de baja temperatura con umbral de 5° C

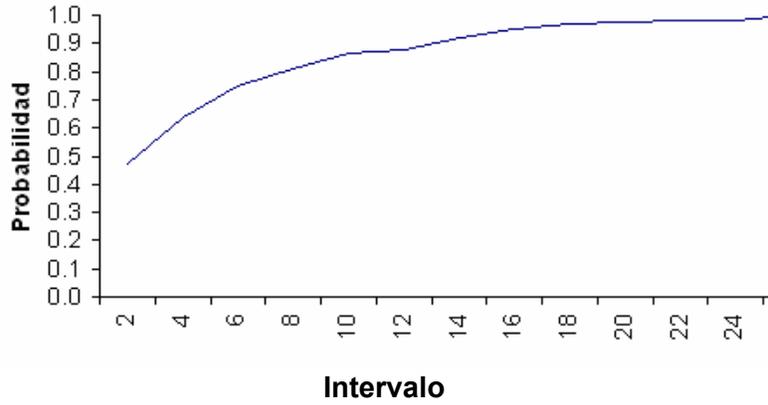


Figura 3.66c Probabilidades acumuladas de la duración de un evento de baja temperatura con umbral de 0° C

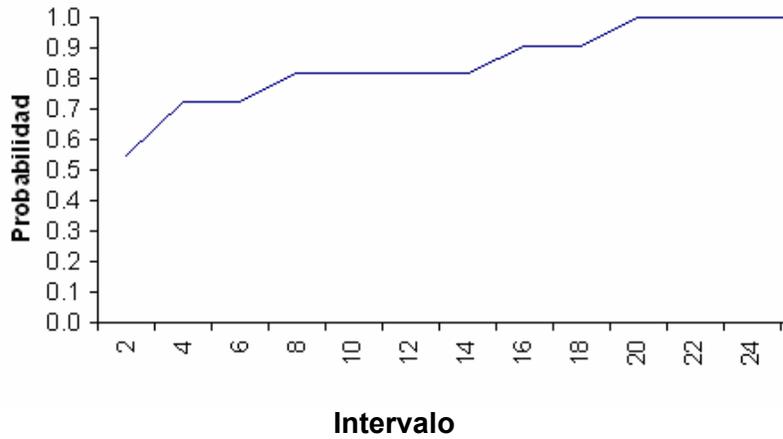


Figura 3.66d Probabilidades acumuladas de la duración de un evento de baja temperatura con umbral de -5° C

En las siguientes figuras se muestran las probabilidades de que cierto evento ocurra con cierta duración, expresada en intervalos de 2 horas y en la tabla 3.30 su representación tabular.

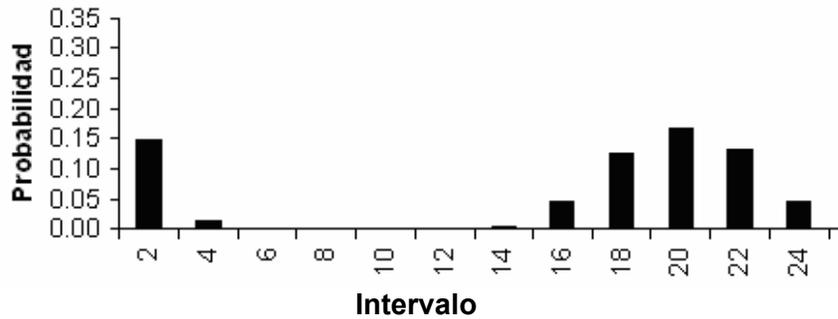


Figura 3.67a Probabilidad de la duración de un evento de baja temperatura para umbral de 10° C

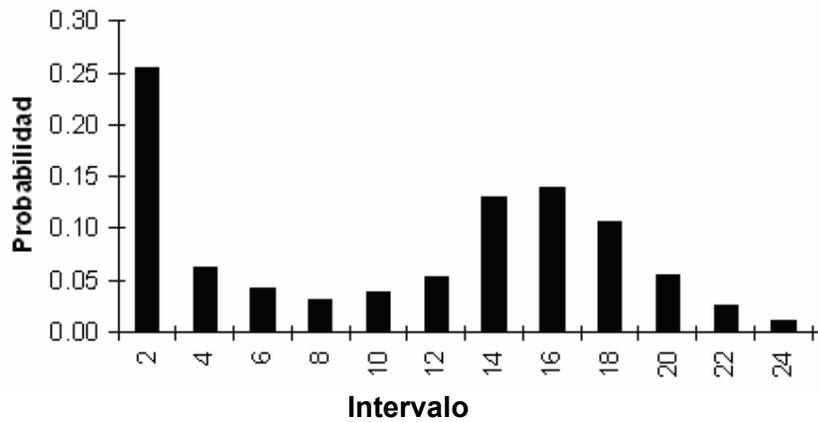


Figura 3.67b Probabilidad de la duración de un evento de baja temperatura para umbral de 5° C

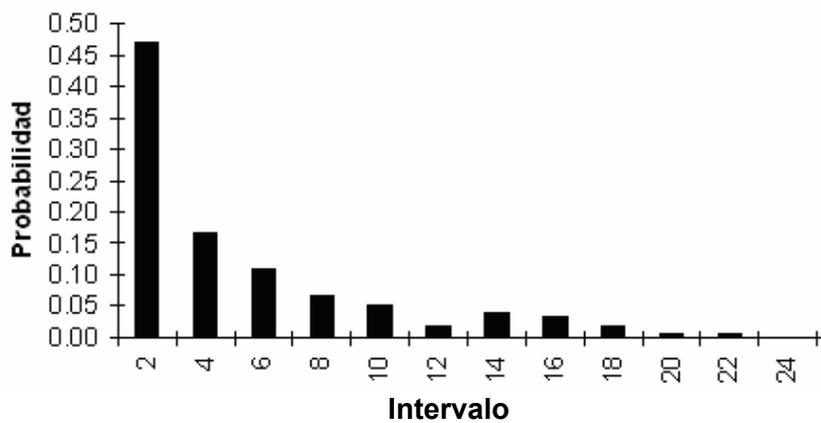


Figura 3.67c Probabilidad de la duración de un evento de baja temperatura para umbral de 0° C

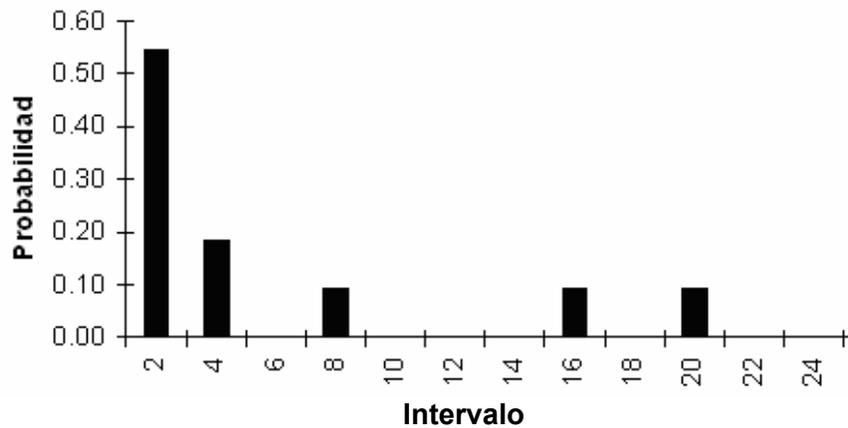


Figura 3.67d Probabilidad de la duración de un evento de baja temperatura para umbral de -5°C

Tabla 3.30 Funciones de probabilidad para cambio de umbral de una onda de frío

Clase (Hrs.)	Peligro P(X)			
	Umbral			
	10°	5°	0°	-5°
2	0.1472	0.2550	0.4698	0.5455
4	0.0152	0.0618	0.1678	0.1818
6	0	0.0429	0.1091	0
8	0	0.0309	0.0654	0.0909
10	0	0.0383	0.0503	0
12	0	0.0529	0.0168	0
14	0.0051	0.1306	0.0403	0
16	0.0457	0.1395	0.0319	0.0909
18	0.1269	0.1063	0.0185	0
20	0.1675	0.0549	0.0067	0.0909
22	0.1320	0.0255	0.0067	0
24	0.0457	0.0112	0	0
y mayor...	0.3147	0.0502	0.0168	0
Total	1	1	1	1

Las probabilidades mostradas en las figuras 3.67a a 3.67d permiten asociar eventos en un cierto intervalo. Por ejemplo, la probabilidad de que ocurra un evento con duración mayor a 2 horas, y menor a 4, con una temperatura de 10°C es 0.015.

3.4.3 Determinación del riesgo para la salud por bajas temperaturas en el Nevado de Toluca

El riesgo es la combinación de tres factores: valor de los bienes expuestos a un evento, multiplicado por su nivel de vulnerabilidad o daño ante el evento en acción, por la probabilidad de que el evento ocurra. De lo anterior podemos expresar al riesgo como:

$$R=CPV$$

donde C = Valor de los bienes expuestos, P = Peligro, y V = Vulnerabilidad.

Para el caso de bajas temperaturas, el valor C representa el nivel de salud de una persona ante el frío.

Para ejemplificar la obtención del riesgo, se analiza el caso en que la temperatura se encuentra entre 5 y 0° C, para ello se requieren los valores de peligro y vulnerabilidad correspondientes.

El peligro nos indica la probabilidad de que la duración de una onda de frío de 5° C tenga una duración específica. En la figura 3.68 se muestra la función de peligro analizado para la temperatura de 5 a 0° C, obtenida en la sección 3.2.

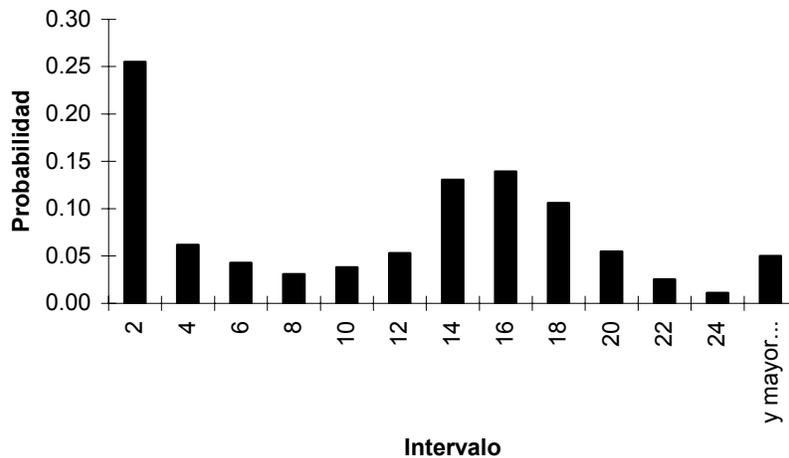


Figura 3.68 Peligro por las temperaturas entre 5 y 0° C

En la siguiente tabla se muestra la función de peligro asociada a una onda de 5° C con diferentes duraciones. En la primera columna se tiene la intensidad de duración i , a continuación se presentan las horas continuas, que son los intervalos del gráfico de peligro anterior; enseguida la frecuencia con la que se dieron los eventos por intervalo y, por último, la probabilidad. Por ejemplo, la probabilidad de que se dé un evento de intensidad 1, que corresponde a 2 horas continuas, es de 0.255.

Tabla 3.31 Función de peligro asociado a una onda de frío de 5° C

Intensidad de duración i	Horas continuas	Frecuencia	Probabilidad
1	2	660	0.2550
2	4	160	0.0618
3	6	111	0.0429
4	8	80	0.0309
5	10	99	0.0383
6	12	137	0.0529
7	14	338	0.1306
8	16	361	0.1395
9	18	275	0.1063
10	20	142	0.0549
11	22	66	0.0255
12	24	29	0.0112
13	y mayor...	130	0.0502
	Total	2588	1

A continuación se muestra la tabla con los valores de vulnerabilidad en una onda de 5° C, en el caso de una persona de la tercera edad, y que vive en una casa habitación con vulnerabilidad muy alta (ver figura 3.35).

Tabla 3.32 Vulnerabilidad muy alta y personas de la tercera edad

Horas continuas	Porcentaje de daño (%)
2	10
4	30
6	45
8	55
10	70
12	80
14	85
16	90
18	95
20	100
22	100
24	100

En la tabla 3.33 se muestra tanto la función de peligro como la de vulnerabilidad para el ejemplo que se está discutiendo. Se observa que, a partir de la intensidad 10, la vulnerabilidad es del 100%.

Tabla 3.33 Peligro y vulnerabilidad

Intensidad de duración i	Horas continuas	Vulnerabilidad, % de daño	Peligro P(i), Umbral de 5°
1	2	10	0.2550
2	4	30	0.0618
3	6	45	0.0429
4	8	55	0.0309
5	10	70	0.0383
6	12	80	0.0529
7	14	85	0.1306
8	16	90	0.1395
9	18	95	0.1063
10	20	100	0.0549
11	22	100	0.0255
12	24	100	0.0112
13	Mayor	100	0.0502

Por lo tanto, el riesgo marginal R_p , es decir, únicamente ante la próxima onda de frío menor a 5° C, será la esperanza del daño que se obtiene de sumar la multiplicación del peligro por la vulnerabilidad, para cada duración de horas continuas, suponiendo que el valor de los bienes expuestos es de \$1.

$$R_p = \sum_{i=1}^{13} P(i) \cdot V(i)$$

En la tabla 3.34 se muestra el proceso de la obtención del riesgo marginal.

Tabla 3.34 Cálculo del riesgo

Intensidad de duración i	Horas continuas	Vulnerabilidad, % de daño	Peligro, Umbral de 5°	Riesgo por hora continua P(i)*V(i)
1	2	0.1	0.2550	0.02550
2	4	0.3	0.0618	0.01855
3	6	0.45	0.0429	0.01930
4	8	0.55	0.0309	0.01700
5	10	0.7	0.0383	0.02678
6	12	0.8	0.0529	0.04235
7	14	0.85	0.1306	0.11101
8	16	0.9	0.1395	0.12554
9	18	0.95	0.1063	0.10095
10	20	1	0.0549	0.05487
11	22	1	0.0255	0.02550
12	24	1	0.0112	0.01121
13	Mayor	1	0.0502	0.05023
			Riesgo	0.62879

De donde tenemos que

$$R_p = 0.6288$$

Esto quiere decir que el promedio de daño en la salud de una persona de la tercera edad que vive en una casa habitación de vulnerabilidad muy alta, para una onda de frío de 5° C es del 62.88 %.

Ahora se calculará el riesgo ante cualquier onda de frío, para lo cual se necesitará las funciones de probabilidad de sus duraciones (tabla 3.30) y de los umbrales de temperatura (tabla 3.4). Para ello supondremos las siguientes funciones de vulnerabilidad para el mismo tipo vivienda y de persona analizada, únicamente para fines ilustrativos (figura 3.69 y tabla 3.35). Estas funciones deberán obtenerse mediante estudios más rigurosos y con la opinión de médicos.

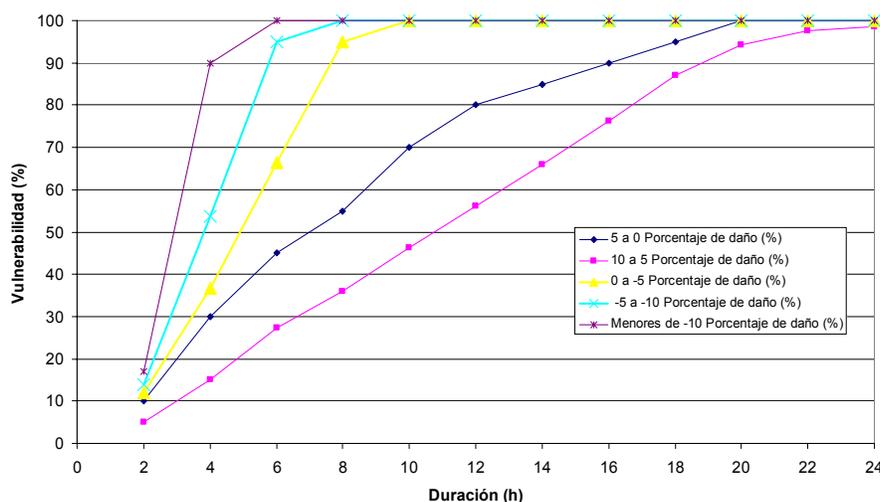


Figura 3.69 Funciones de vulnerabilidad para diferentes umbrales de temperatura, para viviendas de muy alta vulnerabilidad y para personas de la tercera edad

Tabla 3.35 Funciones de vulnerabilidad para diferentes umbrales de temperatura, para viviendas de muy alta vulnerabilidad y para personas de la tercera edad

Porcentaje de daño (%)	Umbrales de temperatura (° C)					
	Horas continuas	10 a 5	5 a 0	0 a -5	-5 a -10	Menor de -10
2		5	10	12	14	17
4		15	30	36.7	53.7	90
6		27.3	45	66.4	95	100
8		36	55	95	100	100
10		46.3	70	100	100	100
12		56	80	100	100	100
14		66	85	100	100	100
16		76.3	90	100	100	100
18		87.1	95	100	100	100
20		94.2	100	100	100	100
22		97.6	100	100	100	100
24		98.6	100	100	100	100

Se repite el paso anterior del cálculo de riesgos marginales pero para todos los umbrales. El resultado se multiplicará por la función de peligro de los umbrales de temperatura (tabla 3.36).

Tabla 3.36 Cálculo del riesgo ante cualquier onda de frío para vivienda de muy alta vulnerabilidad y para personas de la tercera edad

Umbral j	Temperatura (° C)	Función de peligro por umbral de temperatura	Riesgos marginales (R_p)	$P \times R_p$
1	10°	0.0419	0.8048	0.0337
2	5°	0.3033	0.6288	0.1907
3	0°	0.5937	0.4405	0.2615
4	-5°	0.0601	0.4467	0.0268
5	-10°	0.0010	0.9000	0.0009
		1		0.5137

Se observa que el promedio de daño en la salud de una persona de la tercera edad que vive en una casa habitación de vulnerabilidad muy alta, para cualquier onda de frío es del 51.37 %. El resultado final es el producto de este resultado por el valor de los bienes expuestos, por ejemplo, gastos médicos por distintos tipos de enfermedad.

Para obtener el riesgo R_c de una casa habitación de vulnerabilidad muy alta, entonces se debe obtener la suma de los riesgos de las personas que viven en la casa conforme a su edad.

$$R_c = \sum_{j=1}^m R p_j$$

donde m es el número total de habitantes y j es el subíndice del riesgo por persona ante una onda de frío de temperatura específica R_p de cada uno de los habitantes de la casa.

Para obtener el riesgo R_t de una población total se debe obtener la suma de los riesgos R_c de las casas que se encuentren en dicha población, conforme al tipo de casa habitación y después dividirlo entre el número total de casas.

$$R_t = \sum_{j=1}^m R c_j$$

que para este caso, m es el número total de casas y j es el subíndice de riesgo R_c de cada una de las casas de la población.

3.4.4 Peligro por nevadas: aplicación al Nevado de Toluca

El sitio que se eligió para aplicar la metodología fue la región del Nevado de Toluca, donde hay poblaciones como la de Raíces, situada a 3628 msnm, que recurrentemente presenta problemas por nevadas, como daños por la caída de techos en casas endebles por el peso de la nieve e incomunicación de vías terrestres, o como la ciudad de Toluca, donde los problemas por nevadas se relacionan más con decesos, según se muestra en el resumen de las noticias por nevadas recabadas para la zona (tabla 3.37). Se decidió que la ciudad de Toluca fuera el punto más bajo de análisis de nevadas (con una altitud de 2,667 msnm, y que el radio de influencia del volcán abarcaría hasta esta población (20 km aproximadamente, figura 3.70). La idea es tener puntos de información entre el Nevado de Toluca y Toluca para saber cómo es el comportamiento de las nevadas en la región a diferentes alturas topográficas. Esta sería una primera aproximación de la selección del área de estudio.

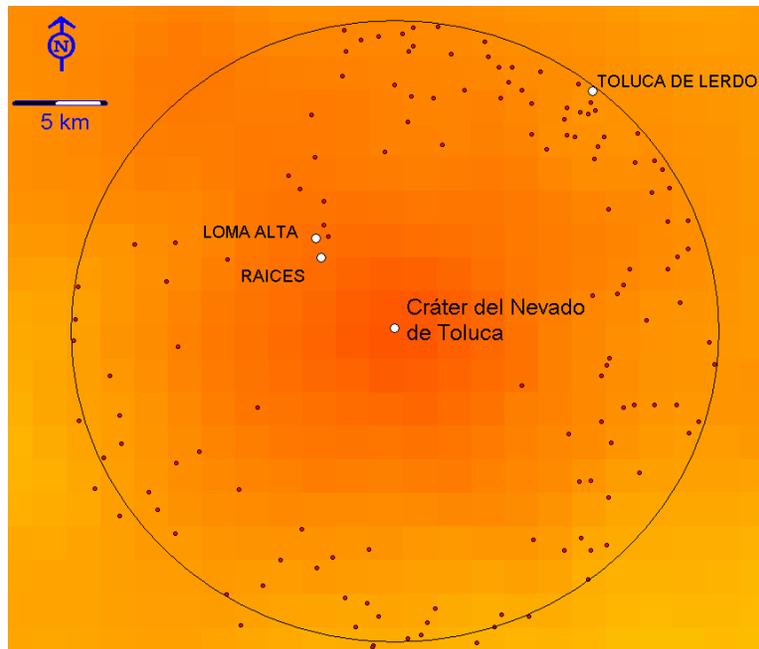


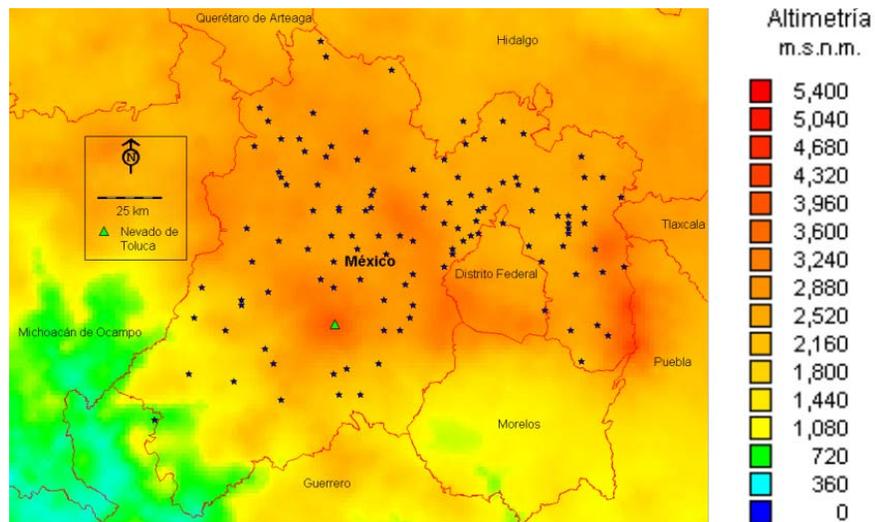
Figura 3.70 Ubicación preliminar de la zona de interés, Nevado de Toluca, estado de México

Tabla 3.37 Poblaciones que recurrentemente son mencionadas en las noticias periodísticas por la presencia de nevadas y número de veces en que aparecen con diversas afectaciones provocadas por dicho fenómeno

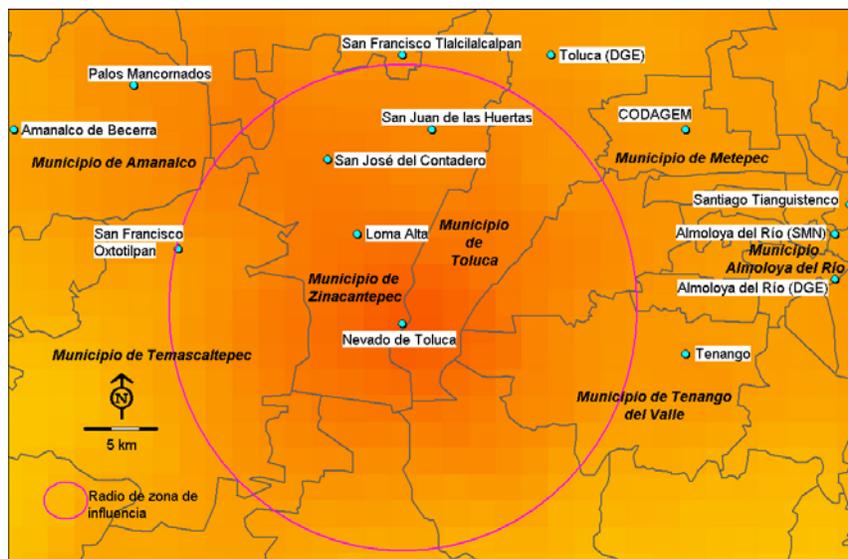
Comunidad Afectada	Municipio	Lat_Dec	Long_Dec	Techos Caídos	Incomunicado	Accidentes Automovilísticos	Decesos	Pérdida en Cultivos	Declarado en Emergencia	Espesor de Nieve (cm)
Raíces	Zinacantepec	19.1603	-99.8039	3	7	3	1	2	1	9
San Pedro Atlapulco	Ocoyoacac	19.2419	-99.3939	0	1	0	1	1	0	1
Guadalupe Victoria	Tenancingo	19.0108	-99.5014	0	1	0	1	1	0	1
Mesón Viejo	Temascaltepec	19.1683	-99.8803	0	1	0	1	1	0	1
San Antonio Albarranes	Temascaltepec	19.1169	-99.9333	0	1	0	1	1	0	1
San Francisco Oxtotilpan	Temascaltepec	19.1675	-99.9014	0	1	0	1	1	0	1
Tequesquipan	Temascaltepec	19.0564	-99.9447	0	1	0	1	1	0	1
Casas Viejas	Valle de Bravo	19.1503	-100.1070	0	1	0	1	1	0	1
Mina de Agua	San Simón de Guerrero	19.0222	-100.0300	0	1	0	1	1	0	1
Buenavista	Zinacantepec	19.2033	-99.8211	0	2	0	1	1	0	2
La Puerta	Almoloya del Río	19.1556	-99.4786	0	3	1	1	1	0	3
El Capulín	Amanalco	19.3011	-99.9567	1	3	1	0	1	0	3
Loma Alta	Zinacantepec	19.1708	-99.8064	0	4	2	0	1	0	4
La Peñuela	Zinacantepec	19.1594	-99.8528	0	3	2	0	1	0	4
La Joya	Zinacantepec	19.2781	-99.7611	0	2	1	0	0	0	2
La Ciercita	Zinacantepec	19.1778	-99.8022	0	3	1	0	0	0	3
La Loma	Toluca	19.2239	-99.6556	0	0	0	0	0	0	1
La Guacamaya	Temascaltepec	19.0375	-99.8939	0	0	0	0	0	0	1
Toluca	Toluca	19.2481	-99.6619	0	2	0	2	1	0	1
Cerro Gordo	Valle de Bravo	19.1350	-100.1440	0	0	0	0	0	0	0

Recolección de datos de nevadas

Para el caso de aplicación del Nevado de Toluca, se obtuvo la relación de las estaciones del estado de México entrando a la página de Internet del SMN en la ruta: Productos Normales Por estaciones y seleccionando México, como se explicó anteriormente. En la figura 3.71a se muestra la ubicación de las estaciones que se extrajeron de CLICOM, para el estado de México y en la figura 3.71b, la selección de las estaciones cercanas al Nevado de Toluca.



a) **Ubicación de estaciones obtenidas de CLICOM en el estado de México**



b) **Estaciones seleccionadas cercanas al Nevado de Toluca**

Figura 3.71 Estaciones extraídas del sistema CLICOM en el estado de México y selección de aquellas cercanas al Nevado de Toluca

Las estaciones cercanas al Nevado de Toluca fueron las siguientes:

Tabla 3.38 Estaciones seleccionadas con CLICOM en la región del Nevado de Toluca

N°	Estación	Municipio	Altitud msnm
1	San Francisco Tlalcalcalpan	Almoloya de Juárez	2000
2	Almoloya del Río (SMN)	Almoloya del Río	2530
3	Almoloya del Río (DGE)	Almoloya del Río	2670
4	Palos Mancornados	Amanalco	2920
5	Amanalco de Becerra	Amanalco	2511
6	San Francisco Oxtotilpan	Temascaltepec	2635
7	Tenango del Valle	Tenango	2660
8	CODAGEM, Metepec	Tenango	2240
9	Santiago Tianguistenco	Tianguistenco	2336
10	Toluca Oficinas (DGE)	Toluca	2640
11	Loma Alta	Zinacantepec	3200
12	San Juan de las Huertas	Zinacantepec	2840
13	Nevado de Toluca	Zinacantepec	4120
14	San José del Contadero	Zinacantepec	3045

Una vez seleccionadas las estaciones, se procedió a revisar los datos de cada una. El proceso de obtener la información del número de días con nevada para cada estación puede tomar mucho tiempo, dado que se extrae manualmente de los registros de la forma 212-15 proporcionada por el SMN, que corresponde a los parámetros climatológicos que cada operador llena físicamente en el papel, por día, mes y año en la estación que le corresponde. En la figura 3.72a se muestra un ejemplo de la forma 212-15 para el mes de enero de 1981 para la estación climatológica Loma Alta, también se muestra el reverso de la hoja de registro (figura 3.72b), donde aparece el significado de la simbología que indica los diferentes fenómenos y parámetros que se registran en ella; en ella se ha encerrado en un rectángulo la simbología correspondiente a nieve (de color rojo en la versión electrónica de este documento), con lo que es posible identificar en la figura 3.72a los días correspondientes a las nevadas ocurridas en dicha estación, que para este caso se registraron 7 (se encuentra encerrado en un rectángulo), las cuales se encuentran contabilizadas, junto con otros parámetros en donde dice “NUMERO DE DIAS:”, en la esquina inferior derecha de la forma.

En la tabla C.1 del anexo C, se muestra el formato llenado para las 14 estaciones seleccionadas con información de la forma 212-50.

Revisión y análisis de los datos

Se revisaron los datos de 14 estaciones climatológicas que se eligieron en el área de influencia del Nevado de Toluca, encontrando los siguientes aspectos:

Para el caso de las coordenadas y altitudes de cada estación, se contó con dos fuentes, el catálogo de estaciones climatológicas de CLICOM y la forma 212-50. Se consideró que la fuente principal fuera CLICOM, es decir, que los datos de ubicación y altitud de las estaciones corresponderían a CLICOM; sin embargo, si se compara con los datos que aparecen en la forma 212-50, pueden haber discrepancias, como en la estación de San Francisco Tlalcalcalpan donde tiene una altitud de 2000 msnm con CLICOM y 2795 msnm con la forma 212-50. Al ubicar la estación en el mapa de la zona de influencia del Nevado, resultó que ésta se encontraba a una altitud mayor a la de los 2700 msnm, por lo tanto, se dio por correcto el de la forma 212-50 y no el de

CLICOM. Este detalle es importante debido al análisis que posteriormente se realizará con todas las estaciones.

SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRÁULICOS
SUBDIRECCIÓN DE HIDROLOGÍA · DEPARTAMENTO DE HIDROMETRÍA
OBSERVACIONES CLIMATOLÓGICAS HECHAS A LAS 8 HORAS

ESTADO DEL TIEMPO: **ENERO** AÑO: **1981**
MUNICIPIO: **ZIMACÁN, PUE.** ESTACIÓN: **LOMA ALTA**

LONGITUD: **99° 49'** ALTITUD: **3 632 M.** MES: **ENERO**

LATITUD: **19° 40'** DIVISIÓN: **DEL CENTRO** MUNICIPIO: **ZIMACÁN, PUE.** ESTADO: **MEXICO**

DÍAS	TERMOMETRO AL ABRIGO		PLUVIO: LECTURAS EN MM.	MICROMETRO LECTURAS EN MM.	VIENTO VIBRIDOR	A LA HORA DE LA OBSERVACION FENOMENOS VARIOS	EN LAS 24 HS. ANTERIO- RES A LA OBSERVACION	RESUMEN MENSUAL			
	AMBIENTE	MINIMA						TEMPERATURAS EN GRADOS CENTIGRADOS	Máxima en el mes	Mínimo en el mes	Medio en el mes
1	6.0	2.0	0.0	1.1	SI	0	Frio	7.0	13.0	0.0	13.0
2	5.0	0.0	0.0	3.0	SI	0	Frio	8.0	13.0	0.0	13.0
3	5.0	0.0	0.0	3.0	SI	0	Frio	8.0	13.0	0.0	13.0
4	5.0	0.0	0.0	3.0	SI	0	Frio	8.0	13.0	0.0	13.0
5	5.0	0.0	0.0	3.0	SI	0	Frio	8.0	13.0	0.0	13.0
6	5.0	0.0	0.0	3.0	SI	0	Frio	8.0	13.0	0.0	13.0
7	5.0	0.0	0.0	3.0	SI	0	Frio	8.0	13.0	0.0	13.0
8	5.0	0.0	0.0	3.0	SI	0	Frio	8.0	13.0	0.0	13.0
9	5.0	0.0	0.0	3.0	SI	0	Frio	8.0	13.0	0.0	13.0
10	5.0	0.0	0.0	3.0	SI	0	Frio	8.0	13.0	0.0	13.0
11	5.0	0.0	0.0	3.0	SI	0	Frio	8.0	13.0	0.0	13.0
12	5.0	0.0	0.0	3.0	SI	0	Frio	8.0	13.0	0.0	13.0
13	5.0	0.0	0.0	3.0	SI	0	Frio	8.0	13.0	0.0	13.0
14	5.0	0.0	0.0	3.0	SI	0	Frio	8.0	13.0	0.0	13.0
15	5.0	0.0	0.0	3.0	SI	0	Frio	8.0	13.0	0.0	13.0
16	5.0	0.0	0.0	3.0	SI	0	Frio	8.0	13.0	0.0	13.0
17	5.0	0.0	0.0	3.0	SI	0	Frio	8.0	13.0	0.0	13.0
18	5.0	0.0	0.0	3.0	SI	0	Frio	8.0	13.0	0.0	13.0
19	5.0	0.0	0.0	3.0	SI	0	Frio	8.0	13.0	0.0	13.0
20	5.0	0.0	0.0	3.0	SI	0	Frio	8.0	13.0	0.0	13.0
21	5.0	0.0	0.0	3.0	SI	0	Frio	8.0	13.0	0.0	13.0
22	5.0	0.0	0.0	3.0	SI	0	Frio	8.0	13.0	0.0	13.0
23	5.0	0.0	0.0	3.0	SI	0	Frio	8.0	13.0	0.0	13.0
24	5.0	0.0	0.0	3.0	SI	0	Frio	8.0	13.0	0.0	13.0
25	5.0	0.0	0.0	3.0	SI	0	Frio	8.0	13.0	0.0	13.0
26	5.0	0.0	0.0	3.0	SI	0	Frio	8.0	13.0	0.0	13.0
27	5.0	0.0	0.0	3.0	SI	0	Frio	8.0	13.0	0.0	13.0
28	5.0	0.0	0.0	3.0	SI	0	Frio	8.0	13.0	0.0	13.0
29	5.0	0.0	0.0	3.0	SI	0	Frio	8.0	13.0	0.0	13.0
30	5.0	0.0	0.0	3.0	SI	0	Frio	8.0	13.0	0.0	13.0
31	5.0	0.0	0.0	3.0	SI	0	Frio	8.0	13.0	0.0	13.0
TOTAL	150.0	0.0	0.0	95.0	SI	0	Frio	8.0	13.0	0.0	13.0
MEG	2.9	0.0	0.0	3.0	SI	0	Frio	8.0	13.0	0.0	13.0
MEG	2.9	0.0	0.0	3.0	SI	0	Frio	8.0	13.0	0.0	13.0

OFICINA DE CALCULO CLIMATOLÓGICO
 REVISO: **Nov 42 1981**
 FECHA: **Nov 42 1981**
 FECHA DE ENTREGA AL CALCULISTA: **Nov 42 1981**

T.G.R.

Ubicación del dato que se busca

Figura 3.72a Forma 212-50 con el registro de enero de 1981 de la estación Loma Alta (frente hoja)

NOTAS

INFORME AGRICOLA

ESTACION PROPIEDAD DE: _____ CONTROLADA POR: _____

Loma Alta, Méx. A 31 DE Enero DE 19 81 EL ENCARGADO: Juan Arias Santana

REVISOR: Javier Rodríguez Hinojosa

INSTRUCCIONES

8. Para la anotación del "Estado del Tiempo" para indicar que una anotación es igual a la anterior, sino que se repetirá la anotación completa. En las casillas utilizadas por líneas cruzadas, se anotará la cantidad de agua recogida en el pluviómetro sea menor de un décimo de milímetro, así como cuando sólo chispee o calzan las gotas de agua, se anotará "0.0" en el registro. No tenga evaporómetro, se dejarán en blanco las columnas correspondientes. Si se tiene evaporómetro, se anotará, al lado de los signos que se indican en el párrafo anterior, los fenómenos visibles a dicha hora, tales como: Niebla; Calina; (CO); Llovizna; Frio; Lluvia; etc. Para la anotación del "Estado del Tiempo" en las 24 horas anteriores a la observación, se guiará el observador por la impresión que le haya dejado el tiempo en dicho periodo, calificándolo desde el punto de vista del frío, con los signos indicados en el párrafo 8, desde el punto de vista de la temperatura (Caluroso, templado, fresco o frío), y desde el punto de vista del viento: (Viento o calma), etc. Este último según que la mayor parte del tiempo haya soplado viento o haya habido calma. Ejemplo: Calma. Calma. Llovizna. Frio.

9. Este informe se llenará por triplicado, remitiendo el original a la Dirección de Hidrología, Servicio Hidrométrico, una copia al C. Jefe del Servicio Meteorológico, Dirección de Geografía y Meteorología, Tacubaya, D. F., y otra copia para el Archivo de la División.

Simbología relativa a nevadas

TABLA DE SIGNOS O SIMBOLOS CONVENCIONALES PARA EL SERVICIO CLIMATOLOGICO

VISIBILIDAD	LLUVIA	CONDENSACION	FENOMENOS VARIOS
Cielo despejado	Lluvia a la hora de la observación	Rocío	Halo solar
Cielo medio nublado	Lluvia anterior a la hora de la observación	Escarcho	Corona solar
Cielo nublado	NIEVE	Calma	Halo lunar
Niebla	Nieve	Viento débil	Corona lunar
Calina	Suelo cubierto de nieve	Viento moderado	Arco iris
TORRENTA	BAJA TEM.	Viento algo fuerte	Luz zodiacal
Relámpago sin truenos	Granizo	Viento fuerte	Aurora boreal
Truenos lejanos	Agua de hielo	Viento violento (temporal)	
Tempestad con relámpagos y truenos	Helado	Viento tempestuoso (tempestad o huracán)	
	Helado liso	Remolino o tromba de polvo	
		Manga de agua (tromba o culabro)	

Figura 3.72b Forma 212-50 con el registro de enero de 1981 de la estación Loma Alta (reverso hoja)

Al revisar la información de nevadas de la estación climatológica Nevado de Toluca, resultó que ésta es la estación con el mayor número de nevadas registradas en todo el periodo de años; sin embargo, aparentemente hay más días con nevadas en los meses de mayo y julio que durante la temporada de invierno. La explicación que dio el SMN es que probablemente durante estos meses se hayan presentado granizadas que se contabilizaron erróneamente como nevadas. La solución a tal incertidumbre fue tomar en cuenta únicamente los meses de la temporada de invierno (de noviembre a marzo) para el análisis estadístico de todas las estaciones.

Hay estaciones climatológicas que no registraron nevadas en todo el número de años de investigación, como las estaciones San Francisco Oxtotilpan, CODAGEM (Metepec) y San José del Contadero. Por tal motivo, se eliminaron las tres estaciones junto con la de Santiago Tianguistenco (por estar en una altitud menor a la ciudad de Toluca), para quedar 10 estaciones (tabla 3.39), las cuales se ubican como se observa en la figura 3.73 donde se resalta la cota de nivel de los 2700 msnm.

Tabla 3.39 Diez estaciones climatológicas en la zona del Nevado de Toluca

Estación	Municipio	Pertenece a	Periodo de registros con nevadas	Número de años de registro
Almoloya del río (DGE)	Almoloya del Río	CNA-DGE	1961-1990	30
Amanalco de Becerra	Amanalco de Becerra	CNA-DGE	1962-1990	29
Nevado de Toluca	Zinacantepec	CNA-DGE	1964-1990	27
San Francisco Tlalcilalcalpan	Almoloya de Juárez	CNA-SMN	1939-1990	52
Tenango	Tenango del Valle	CNA-DGE	1959-1989	31
Toluca (DGE)	Toluca	CNA-DGE	1960-1990	31
Palos Mancornados	Amanalco de Becerra	CNA-DGE	1964-1986	23
Almoloya del Río (SMN)	Almoloya del Río	CNA-SMN	1938-1969	32
Loma Alta	Zinacantepec	CNA-DGE	1981-1987	7
San Juan de las Huertas	Zinacantepec	CNA-DGE	1978-1990	13

Para llevar a cabo el análisis estadístico es necesario contar con el mayor número de años de registro y abarcar todas las estaciones posibles. En la tabla 3.39 se aprecia que San Francisco Tlalcilalcalpan tiene 52 años de registro, siendo la estación con el mayor número de años de registro de las 10 estaciones, y la del menor número de años es Loma Alta con 7 años. Entonces la pregunta es ¿cual es el periodo de años de registro que se debe seleccionar?

Suponiendo que se eligiera el periodo de 52 años (de 1939 a 1990) para cubrir el mayor número de años de registro, las estaciones que se podrían considerar serían solamente 2, San Francisco Tlalcilalcalpan y Almoloya del Río (en este último caso, uniendo los datos de las dos estaciones que llevan el mismo nombre, porque la estación DGE es la continuación de registros de SMN). En cambio, si se eligiera abarcar el mayor número de estaciones, entonces serían 9 estaciones (todas menos Almoloya del Río (SMN) y Palos Mancornados), para un periodo de 7 años (1981-1987).

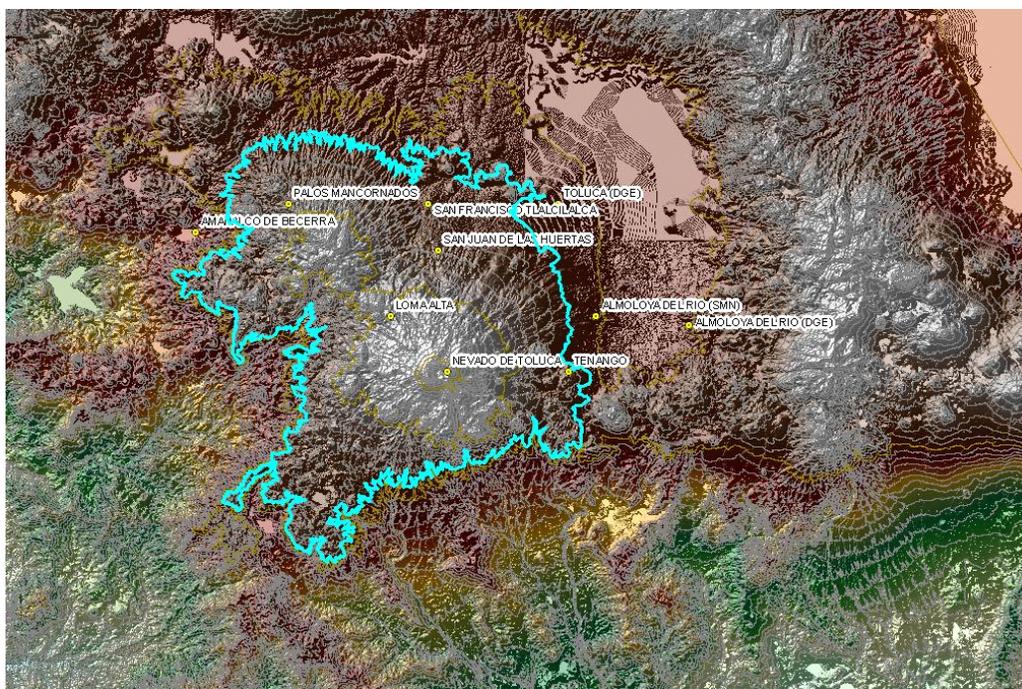


Figura 3.73 Ubicación de las 10 estaciones para su análisis por nevadas en la región del Nevado Toluca (en azul se destaca la cota 2700 msnm)

Haciendo un balance de número de estaciones y de años de registro, se decidió la opción de 7 estaciones en un periodo de 23 años (1964-1986). En la tabla 3.40 se despliegan algunas características de las estaciones climatológicas que se utilizarán para analizar estadísticamente sus datos del número de días con nevada; así mismo, en la tabla C.2 del anexo C, aparecen los archivos de cada estación para el periodo de 23 años.

Tabla 3.40 Estaciones climatológicas elegidas para el análisis estadístico de sus datos

Estación	Municipio	Cuenca	Subcuenca	Latitud (°grados)	Longitud (grados)	Altitud (msnm)	Pertenece a
Almolya del Río (DGE)	Almolya del Río	Río Lerma – Toluca	Río Lerma	19.16	-99.49	2670	CNA-DGE
Amanalco de Becerra	Amanalco de Becerra	Río Cutzamala	Río Valle de Bravo	19.26	-100.2	2511	CNA-DGE
Nevado de Toluca	Zinacantepec	Río Lerma – Toluca	P. Ignacio Ramírez	19.11	-99.75	4120	CNA-DGE
San Fco. Tlalcilcalpan	Almolya de Juárez	Río Lerma – Toluca	P. Ignacio Ramírez	19.29	-99.77	2795	CNA-DGE
Tenango	Tenango del Valle	Río Lerma – Toluca	L. de Zempoala	19.11	-99.62	2660	CNA-DGE
Toluca (DGE)	Toluca	Río Lerma – Toluca	Río Lerma	19.29	-99.63	2640	CNA-DGE
Palos Mancornados	Amanalco de Becerra	Río Cutzamala	Río Valle de Bravo	19.29	-99.92	2920	CNA-DGE

Análisis estadístico

Una vez establecidas las 7 estaciones climatológicas con las que se trabajará en la zona de influencia del volcán, se hizo el análisis estadístico. Se revisaron las altitudes de cada una de las estaciones de la tabla 3.40 para formar grupos con altitudes similares. De acuerdo con ello, se establecieron los tres grupos siguientes.

Tabla 3.41 Formación de grupos según la altitud de las estaciones climatológicas elegidas

Grupo	Estación	Altitud (msnm)
Primer grupo (altitud mayor a 3000 msnm)	1.Nevado de Toluca	4120
Segundo grupo (altitud entre 2751 y 3000 msnm)	1.San Francisco Tlalcalcalpan	2795
	2.Palos Mancornados	2920
Tercer grupo (altitud entre 2500 y 2750 msnm)	1.Amanalco de Becerra	2511
	2.Toluca Oficinas	2640
	3.Tenango del Valle	2660
	4.Almoleya del Río	2670

Los datos de cada grupo se manejaron como se muestra en la tabla 3.42, los cuales representan la suma de los valores registrados durante la temporada de invierno en cada año de registro.

El paso siguiente fue calcular el promedio de días con nevada para cada año en las estaciones que forman cada grupo. En este ejemplo, el único grupo en que no se calculó el promedio fue en el primero (tabla 3.42a), por estar formado por una sola estación. Para calcularlo en los otros dos grupos (tabla 3.42b y 3.42c, respectivamente), se hizo la suma por cada renglón (año, penúltima columna) y se dividió ésta entre el número de estaciones que conforma cada grupo (2 estaciones para el segundo grupo, y 4 estaciones para el tercer grupo), y así obtener el promedio por cada renglón (última columna con etiqueta de promedio). Después se sumaron todas las cifras de esta última columna para obtener el total del número de días con nevada, en todo el periodo de años de registro, el cual fue igual a 7 para el segundo grupo y 2.5 para el tercer grupo. Ambos valores se pueden ver en las tablas 3.42b y 3.42c, respectivamente, como el valor al final de la última columna, con etiqueta de suma total.

Tabla 3.42 Grupos de datos del número de días con nevada, en que se agruparon las 7 estaciones

a) Primer grupo de datos		c) Segundo grupo de datos					d) Tercer grupo de datos																				
Primer grupo de datos		Segundo grupo de datos					Tercer grupo de datos																				
Altitud mayor a los 3000 ms		Altitud de 2750-3000 msnm					Altitud de 2500-2750 msnm																				
Nov.-Mar.		Nov.-Mar.					Nov.-Mar.																				
Período de 23 años		Período de 23 años					Período de 23 años																				
		Altitud, msnm					Altitud, msnm																				
		2795		2920			2511		2670		2660		2640														
Año		Nevado de Toluca		San Francisco Tlalcalcalpan		Palos Mancomados		Amanalco de Becerra		Almoloya del Río		Tenango del Valle		Toluca oficinas		Suma		Promedio									
1964		4														0.00		0.00									
1965		8														0.00		0.00									
1966		15														0.50		0.50									
1967		2						2								6		1.50									
1968		13														1		0.25									
1969		2								1						1		0.25									
1970		3																0.00									
1971		20																0.00									
1972		12																0.00									
1973		7																0.00									
1974		16																0.00									
1975		2																0.00									
1976		25						4								4		2.00									
1977		10																0.00									
1978		16																0.00									
1979		10																0.00									
1980		5																0.00									
1981		11																0.00									
1982		16																0.00									
1983		10																0.00									
1984		5																0.00									
1985		14																0.00									
1986		3																0.00									
Suma total		229						10		4		14		7.00		3		3		3		1		10		2.50	

Una vez que se obtuvo el respectivo valor de “suma total” para cada grupo, se procedió a aplicar la distribución de Poisson en cada uno de ellos.

- Primer grupo. Estación Nevado de Toluca. Altitudes mayores a los 3000 msnm

A partir del dato de la “suma total” que aparece en la tabla 3.42a, se calculó el promedio del número de días con nevada, $prom_{\frac{días}{año}}$, para cualquier año en la estación, el cual es igual a:

$$prom_{\frac{días}{año}} = \frac{suma\ total}{total\ de\ años} = \frac{229}{23} = 9.96 \frac{días}{año} \approx 10 \frac{días}{año}$$

Esto significa que en promedio nieva 10 días al año, aproximadamente, en cualquier estación ubicada dentro de la franja por arriba de los 3000 msnm, y en la temporada de invierno.

De la misma manera se calculó el promedio del número de años con nevada, $prom_{año}$, para todo el periodo de registro del primer grupo, el cual es igual a:

$$prom_{año} = \frac{total\ años\ con\ nevada}{total\ de\ años} = \frac{23}{23} = 1\ año$$

Lo anterior significa que en promedio nieva todos años dentro de los 23 años de periodo de registro, para cualquier estación ubicada dentro de la franja por arriba de los 3000 msnm, y en la temporada de invierno.

Para aplicar la distribución de Poisson en el primer grupo, se consideró (como se dijo anteriormente en el punto sobre “Análisis probabilístico”), que el valor de λ , sería igual al valor del promedio, $prom$. Por lo tanto, si se quiere conocer la probabilidad de que haya cero días con nevada al año ($x = 0$) utilizando $\lambda = 9.96$, se obtiene,

$$p(x = 0; \lambda = 10) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^x}{x!} = \frac{e^{-10} 9.96^0}{0!} = 0.000047$$

Dicho valor significa que existe una probabilidad de 0.000047 de que ningún día nieve en cualquier año en particular, dentro de la franja por arriba de los 3000 msnm, en la temporada de invierno, es decir, que la probabilidad es extremadamente baja.

Al calcular q se tiene:

$$q = 1 - p = 1 - 0.000047 = 0.999953$$

Lo cual quiere decir que existe un 0.999 de probabilidad que nieve en algún día en cualquier año, dentro de la misma franja de elevación, en temporada de invierno.

- Segundo grupo. Dos estaciones. Altitudes entre los 2751 a los 3000 msnm

A partir del valor 7, obtenido como la suma total de los valores que se muestran en la tabla 3.42b (cifra desplegada al final de la última columna), se obtuvo el promedio de días con nevada, $prom \frac{\text{días}}{\text{año}}$, para cualquier año y estación del segundo grupo, el cual es igual a:

$$prom \frac{\text{días}}{\text{año}} = \frac{\text{suma total}}{\text{total de años}} = \frac{7}{23} = 0.3043 \frac{\text{días}}{\text{año}}$$

Lo que significa que en promedio cae nieve 0.3043 días al año en cualquier estación ubicada dentro de la franja de los 2751 a 3000 msnm, en la temporada de invierno.

De la misma manera se puede calcular el promedio del número de años con nevada, $prom \frac{\text{años}}{\text{año}}$, para todo el periodo de registro del segundo grupo, el cual es igual a:

$$prom \frac{\text{años}}{\text{año}} = \frac{\text{total años con nevada}}{\text{total de años}} = \frac{6}{23} = 0.2609 \text{ años}$$

Lo anterior significa que en promedio nieva 0.2609 años dentro de los 23 años de periodo de registro, para cualquier estación ubicada dentro de la franja de los 2751 a 3000 msnm, y en la temporada de invierno.

Se aplicó la distribución de Poisson en el segundo grupo, considerando que:

$$\lambda = \text{prom}_{\frac{\text{días}}{\text{año}}} = 0.3043$$

Por lo tanto, la probabilidad de que haya cero días con nevada al año ($x = 0$), se obtiene como:

$$p(x = 0; \lambda = 0.3043) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^x}{x!} = \frac{e^{-0.3043} 0.3043^0}{0!} = 0.7376$$

Dicho valor significa que existe una probabilidad de 0.7376 de que ningún día caiga nieve en un año particular, dentro de la franja de los 2751 a 3000 msnm, en la temporada de invierno, es decir, que existe una alta probabilidad de que no caiga nieve.

Calculando q se tiene:

$$q = 1 - p = 1 - 0.7376 = 0.2624$$

Lo cual quiere decir que existe un 0.2624 de probabilidad que nieve en algún día en cualquier año, dentro de la misma franja de elevación y en temporada de invierno.

- Tercer grupo. Cuatro estaciones. Altitudes entre los 2500 a los 2750 msnm

A partir del valor 4, obtenido como la “suma total” de los valores que se muestran en la tabla 3.42c (cifra desplegada al final de la última columna), se obtuvo el promedio del número de días con nevada, $\text{prom}_{\frac{\text{días}}{\text{año}}}$, para cualquier año y estación del tercer grupo, el cual es igual a:

$$\text{prom}_{\frac{\text{días}}{\text{año}}} = \frac{\text{suma total}}{\text{total de años}} = \frac{2.5}{23} = 0.1087 \frac{\text{días}}{\text{año}}$$

Lo que significa que en promedio cae nieve 0.1087 días al año en cualquier estación ubicada dentro de la franja de los 2500 a 2750 msnm, en la temporada de invierno.

De la misma manera se puede calcular el promedio del número de años con nevada, $\text{prom}_{\text{año}}$, para todo el periodo de registro del tercer grupo, el cual es igual a:

$$\text{prom}_{\text{año}} = \frac{\text{total años con nevada}}{\text{total de años}} = \frac{4}{23} = 0.1739 \text{ años}$$

Lo anterior significa que en promedio cae nieve 0.1730 años dentro de los 23 años de periodo de registro, para cualquier estación ubicada dentro de la franja de los 2500 msnm y 2750 msnm, y en la temporada de invierno.

Al aplicar la distribución de Poisson en el tercer grupo, se consideró que:

$$\lambda = \text{prom} \frac{\text{días}}{\text{año}} = 0.1087$$

Entonces, la probabilidad de que haya cero días con nevada al año ($x = 0$), se obtiene como:

$$p(x = 0; \lambda = 0.1087) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^x}{x!} = \frac{e^{-0.1087} 0.1087^0}{0!} = 0.8970$$

Dicho valor significa que existe una probabilidad de 0.8970 de que ningún día caiga nieve en un año particular, dentro de la franja de los 2500 a 2750 msnm, en la temporada de invierno, es decir, que existe una alta probabilidad de que no nieve.

Calculando q se tiene:

$$q = 1 - p = 1 - 0.8970 = 0.1030$$

Lo cual quiere decir que existe un 0.1030 de probabilidad que caiga nieve en algún día en cualquier año, dentro de la misma franja de elevación y en temporada de invierno.

En la tabla 3.43 se despliegan los resultados de las probabilidades calculados para los dos grupos, donde se incluye el cálculo de la probabilidad de que neve un determinado número de años dentro del periodo de registro, utilizando los valores respectivos de $\text{prom}_{\text{año}}$, para el cálculo de la distribución de Poisson.

Tabla 3.43 Resultados de probabilidad de los tres grupos para un determinado número de días y un determinado número de años, respectivamente

Primer grupo (> 3000 msnm)		Segundo grupo (entre 2751 msnm y 3000 msnm)		Tercer grupo (entre 2500 msnm y 2750 msnm)	
$p_{\text{días}} =$	0.000047	$p_{\text{días}} =$	0.7376	$p_{\text{días}} =$	0.8970
$q_{\text{días}} =$	0.999953	$q_{\text{días}} =$	0.2624	$q_{\text{días}} =$	0.1030
$p_{\text{año}} =$	0.3679	$p_{\text{año}} =$	0.7704	$p_{\text{año}} =$	0.8404
$q_{\text{año}} =$	0.6321	$q_{\text{año}} =$	0.2296	$q_{\text{año}} =$	0.1596
Prob. de que no caiga nieve ($p_{\text{días}}$) y caiga nieve ($q_{\text{días}}$), respectivamente, un determinado número de días en cualquier año					
Probabilidad de que no caiga nieve ($p_{\text{año}}$) y caiga nieve ($q_{\text{año}}$), respectivamente, dentro del periodo de años de registro					

Como se puede observar, el primer grupo (el cual lo conforma una sola estación con un número importante de registros del número de días con nevada), tiene mayor probabilidad de que caiga nieve a que no caiga. En cambio, en el segundo y tercer grupos (donde hay pocas estaciones con escaso número de registros con nevadas), la situación que ocurre es a la inversa, es decir, la probabilidad de que no caiga nieve es mayor de que nieve.

En la tabla 3.44 se resume los resultados del cálculo de probabilidades de que se presenten, o no se presenten, nevadas un determinado número de días al año, en tres franjas de altitudes del Nevado de Toluca, en época de invierno. Asimismo, en las figuras 3.74, 3.75 y 3.76 se despliega la interpretación gráfica de los mismos valores de la tabla anterior.

Tabla 3.44 Probabilidad de que no caiga o caiga nieve un determinado número de días al año, en tres grupos de altitudes, en época de invierno

Grupo de altitudes	Prob. de que no caiga nieve	Prob. de que si caiga nieve
Primer (>3000 msnm)	0.000047	0.999953
Segundo (entre 2751 y 3000 msnm)	0.737604	0.262396
Tercero (entre 2500 y 2750 msnm)	0.897003	0.102997

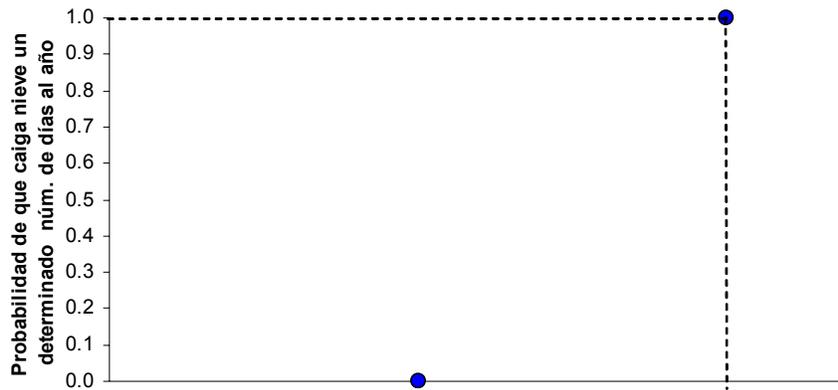


Figura 3.74 Función de peligro para el primer grupo, altitud > 3000 msnm

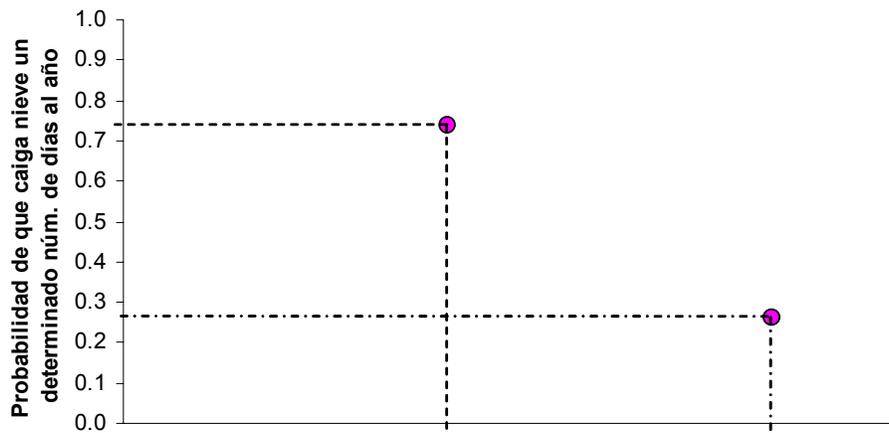


Figura 3.75 Función de peligro para el segundo grupo, altitud entre 2751 y 3000 msnm

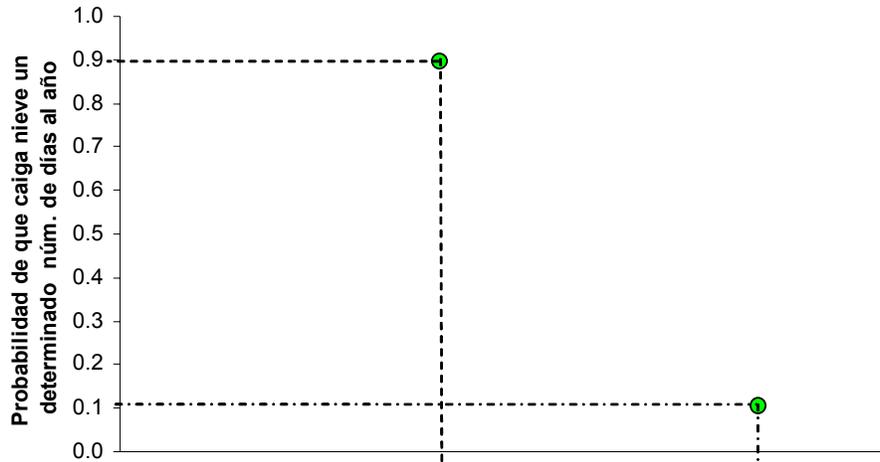


Figura 3.76 Función de peligro para el tercer grupo, altitud entre 2500 y 2750 msnm

Esta información representa la función de peligro por nevadas, que es una de las variables necesarias para el cálculo del riesgo por este fenómeno. Al utilizar la tabla 3.44, o bien, una de las tres figuras anteriores (partiendo de la altitud de la población que se esté analizando para saber a que grupo de altitudes pertenece), es posible conocer la probabilidad de que nieve, correspondiente a dicha población.

3.5 MEDIDAS DE MITIGACIÓN POR BAJAS TEMPERATURAS

3.5.1 Caso Alemania

Alemania es un país situado en una zona templada, se encuentra entre los 47° y 55° de latitud norte. La zona sur del país es la más elevada al estar cerca de las montañas de los Alpes. En el norte, la zona más baja limita con el mar Báltico y el mar del Norte. El clima en Alemania está sujeto a la cercanía al mar, en el norte, y a la altura de los Alpes, en el sur. Por eso los inviernos son más fríos en el sureste del país y menos fríos en el norte y el oeste.

El mes más frío en Alemania es enero. Las temperaturas mínimas diarias en promedio, durante este mes son de, aproximadamente, un grado centígrado en el norte, y en el sur de seis grados centígrados bajo cero, aunque en algunas ocasiones se han presentado temperaturas de hasta 30 grados bajo cero.

Debido a que Alemania es un país que padece mucho de bajas temperaturas y nevadas se han establecido diferentes medidas de mitigación contra este fenómeno. A continuación se mencionan algunas de éstas.

Ayuda económica

El frío representa un riesgo para la vida y la salud de la población. Por eso el gobierno de Alemania ayuda a las personas más pobres dándoles una cantidad de dinero, regularmente todo el año, con el que también se pueden comprar ropa de abrigo, material para calentar, comida caliente y nutritiva. Además, las personas que no tienen hogar reciben una cantidad mínima de dinero por parte del gobierno regional.

Existen varias organizaciones privadas o de la iglesia que ayudan a las personas indigentes dándoles comida caliente por día y un lugar techado para dormir durante el invierno. Los trabajadores que hacen sus labores a la intemperie, durante el invierno, interrumpen su trabajo y siguen recibiendo parte de su sueldo, y aquellos que no pueden ser interrumpidos, se continúan, pero en etapas cortas, con descansos pausados en lugares calientes con comida y bebidas calientes.

Tipo de construcción

Los muros de los edificios en Alemania son más gruesos que en otros países de climas más cálidos. Las ventanas tienen doble vidrio y, tanto las puertas como las ventanas, deben estar bien selladas para evitar que por pequeñas ranuras se filtre el frío. Todas las casas tienen calefacción y su instalación debe regirse por varios reglamentos para evitar que sea peligrosa para sus habitantes. También existe una ley sobre los tipos de aislamiento que se deben usar en las paredes (nueva ley desde el año 2002) con el objetivo de ahorrar energía, ya que un mejor aislamiento requiere calentar menos. La calefacción central de las casas funciona con gas natural, gasolina o electricidad y consiste en una red de tuberías de agua caliente que recorre todas las habitaciones de la casa; el agua proviene de una caldera que normalmente está en el sótano.

El funcionamiento de la calefacción consiste, en primer lugar, en almacenar combustible en un tanque, después, por medio de una tubería, se conduce hacia el quemador. El quemador calienta el agua en la caldera y por medio de tuberías (las cuales deben estar aisladas) se conduce el agua caliente hacia el radiador, el cual está construido de una manera tal, que debe tener la mayor superficie posible para que el calor del agua se pueda transmitir al aire en el cuarto. Después, el agua enfriada se conduce por medio de una tubería hacia la caldera, para ser calentada de nuevo. El termostato regula la temperatura del cuarto automáticamente. Con el termómetro y los indicadores de nivel de agua y combustible se puede observar el estado de la calefacción.

Mantenerse informados

Algo muy importante para combatir al frío es mantener informada a la población. En los medios de comunicación, como la radio, periódicos y televisión, se informa sobre temporadas frías y las temperaturas mínimas esperadas. En las escuelas los niños aprenden cómo protegerse contra el frío, por ejemplo, como vestirse con ropa abrigada, tomar comida y bebidas calientes, no pasar demasiado tiempo fuera de las casas y siempre mantenerse seco.

Vías de comunicación y tránsito

El problema más grave relacionado con el frío y las heladas es el estado resbaladizo de los caminos. Cada año hay accidentes mortales por causa del hielo o nieve sobre los caminos al perder el conductor el control sobre su vehículo. Para disminuir los riesgos existen varias leyes que regulan el tráfico en Alemania durante el invierno. La velocidad máxima en carreteras, en estado

resbaladizo, se reduce considerablemente. La policía incorpora señales adicionales y aquellos que no las obedezcan tienen que pagar una multa o, incluso, pueden perder su licencia de conducir. Para reducir el estado resbaladizo de las calles y carreteras el gobierno tiene un sistema de servicio invernal que consiste en echar arena o sal en la carpeta asfáltica para derretir el hielo. Últimamente el uso de la sal para derretir la nieve se ha convertido en un tema de discusión ya que, aunque funciona mejor que la arena, puede perjudicar al medio ambiente.

Además, existen grandes vehículos llamados quitanieve (figura 3.77) que las autoridades usan para remover la nieve de los caminos, así como una ley que obliga a toda la gente a quitar la nieve frente a sus casas y mantener las vías peatonales libre de hielo y nieve todo el día.



Figura 3.77 Vehículo quitanieve

Equipamiento de automóviles

Los autos deben estar bien equipados para que sean seguros en invierno. Existen neumáticos invernales o, incluso, les ponen cadenas antideslizantes a las llantas (figura 3.78). En calles o carreteras muy escarpadas, sobre todo en las montañas, se cierran al tránsito cuando hay nieve o hielo. Los neumáticos invernales tienen ranuras profundas para que sean más estables en curvas y con nieve.



Figura 3.78 Neumáticos especiales para la temporada invernal

Riesgos por el peso de la nieve

En Alemania, la mayoría de las casas tiene tejados inclinados y muy estables, por lo que no pueden acumular tanta nieve. También existen estrictos reglamentos de construcción. El peso de la nieve también puede causar que se caigan ramas de los árboles o el hielo que cuelga (carámbano) al congelarse el agua debajo de los balcones o tejados de los edificios (figura 3.79). Cuando las autoridades se dan cuenta de un lugar donde existe un gran riesgo se ponen barreras para evitar que se acerque la gente.



Figura 3.79 Peligro por carámbanos que pueden caer de un tejado

Alimentación

En invierno el organismo humano necesita más energía para mantener el cuerpo caliente, por eso se tiene que comer más y, de ser posible, comida caliente. Como el organismo necesita muchas vitaminas para poder luchar contra las enfermedades, los médicos recomiendan comer por lo menos una fruta cada día durante el invierno, así como tomar bebidas calientes, lo que ayuda a mantenerse sin frío. Para asegurar una provisión suficiente de agua y alimento es necesario almacenar comida por parte de las familias, o bien, por parte de los mercados para que todos puedan comprar lo que necesiten. En Alemania las tuberías de agua están a una profundidad de aproximadamente un metro para asegurarse que nunca se congelen en invierno y esté disponible el líquido para su consumo.

Ropa

Se recomienda vestirse con varias capas de ropa, de preferencia de lana o de algodón, para conducir el sudor del cuerpo hacia afuera y ayudarse a mantenerse seco. Para los abrigos de invierno se usan materiales calientes como es la lana o el algodón. Otros accesorios que se recomienda usar son los guantes, bufanda y un gorro de lana, de tal manera que quede bien cubierto el cuello y las orejas. La humedad con el frío es muy dañina para la salud, por eso se recomienda mantener el cuerpo seco y se aconseja llevar consigo otro juego de calcetines u otra puesta de ropa cuando se está fuera de casa. En la noche se usan edredones nórdicos y si es necesario se colocan más cobijas en la cama y también se puede utilizar la calefacción.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

En este documento se ha propuesto una metodología para estimar el peligro y la vulnerabilidad por bajas temperaturas y nevadas, con base en la información disponible y en la que se genera con tecnología reciente, como las estaciones meteorológicas automáticas. Se reconoce que el problema no se ha estudiado a profundidad para su aplicación en análisis de riesgo, por lo que la metodología es susceptible de ser mejorada en el futuro.

Asimismo, es posible que al llevar a cabo esta metodología se presenten dificultades para el manejo y tratamiento de la información, por que en ocasiones, como es el caso de las bajas temperaturas, la cantidad de datos es grande y requiere de una manipulación especializada a través de programas de cómputo que, a su vez, demandará de personal con capacidades técnicas adecuadas, como es el manejo de hojas de cálculo, de paquetes estadísticos o de programación de algún lenguaje. Por supuesto que se puede contar con la asesoría del Cenapred para este fin.

De igual manera se subraya el hecho de que, algunas veces, la información disponible no ayuda a sustentar el análisis de riesgo, como es el caso de las nevadas, en donde una variable importante, el espesor de nieve, no se reporta en absoluto, por lo que se recurre a información hemerográfica. Sería importante que en el futuro se deba medir o estimar sistemáticamente los espesores de nieve que ocurren en nuestro país y que afecten a la población o a sus bienes.

Este trabajo contribuye al conocimiento del peligro por nevadas en el país, al proponer una metodología para obtener la probabilidad del número de días con nevada en cualquier año para una zona en particular, así como establecer el área de influencia de la zona donde se calculará dicha probabilidad.

La confiabilidad de los resultados obtenidos en la metodología dependerá, principalmente, de la calidad y cantidad de los datos que se analicen. Por lo general, se tendrán pocos datos, dado que son escasas las zonas en el país donde ocurren nevadas severas. Además, existe cierto grado de incertidumbre en el registro de datos; sin embargo, la probabilidad obtenida es una estimación de la frecuencia de nevadas en un lugar determinado. La escasez de datos en el país sobre el fenómeno de nevadas dificulta su análisis porque éstos no se encuentran en formato digital y su recolección es ardua.

También en el caso de las nevadas, se recomienda validar la información recabada del sistema CLICOM, ya que en ocasiones existen discrepancias entre los datos de ubicación y altitud.

En México se tiene escasa cultura sobre acciones preventivas ante la ocurrencia de las nevadas, y es justificable ya que, geográficamente, es un país donde ocurren nevadas en una área menor y, principalmente, en época invernal, como es el caso de la sierra Tarahumara, el norte de Sonora y el valle de Toluca, donde además viven comunidades indígenas. Las medidas de protección contra las bajas temperaturas y nevadas en estas zonas se han transmitido de generación en generación (como tener anafres en las habitaciones), que año tras año ocasionan fallecimientos.

En México existe una vulnerabilidad social generada por diversos factores, entre ellos, el desconocimiento de la población sobre los fenómenos naturales y sus medidas preventivas, además de una insuficiente educación y capacitación que se traducen en escasa organización, por lo que se hace necesario insistir en el tema de la difusión de estos fenómenos, para lo cual el Cenapred está preparando la elaboración de un fascículo sobre fenómenos extremos, entre ellos las nevadas, que puedan utilizar las Unidades Estatales y Municipales de Protección Civil para la divulgación de estos temas entre la población.

Recomendaciones

A continuación se describen algunas recomendaciones para la aplicación de la metodología propuesta y para la mitigación del riesgo por bajas temperaturas y nevadas.

- Construir una bitácora de los fenómenos de bajas temperaturas y nevadas que ocurran en las comunidades, así como de su impacto, con la finalidad de documentar todos los fenómenos; esta información será de utilidad en el momento de realizar una actualización o mejora a la metodología.
- Con la metodología propuesta sería posible analizar la ubicación de centros de salud para que la población pueda acceder a los servicios médicos durante las épocas invernales.
- Para disminuir la vulnerabilidad social se deberá implementar campañas educativas y de concientización sobre el uso correcto de calentadores, así como sus posibles repercusiones en la salud de la gente.
- Contar con una norma de medición de espesores de nieve. Esto ayudaría a que en el futuro se cuente con información confiable para desarrollar trabajos de investigación referentes al tema de las nevadas.
- Aprovechar recursos humanos disponibles en escuelas técnicas o universidades para llevar a cabo la metodología propuesta.
- Contar con cartografía de la zona de estudio y facilidades para llevar a cabo los levantamientos de asentamientos y la aplicación de encuestas.
- Establecer técnicas de diseños estructurales para la construcción de techos con un bajo costo y que tengan la capacidad de soportar capas de nieve mayor a los umbrales propuestos.
- De igual manera se recomienda evitar el consumo excesivo de bebidas alcohólicas durante el invierno, porque éstas pueden provocar daños e, incluso, la muerte, al no estar conscientes las personas.
- Evitar exponerse al frío intenso durante largo tiempo.
- Mantener seco al cuerpo humano y a una temperatura agradable, por ello deberá protegerse en la época invernal con suficiente ropa de abrigo.
- Verificar el acceso a las zonas donde se presenten descensos bruscos de temperatura, ya que se puede formar nevadas y éstas pueden provocar bloqueos en las carreteras, y con ello la gente puede quedar aislada e incluso generar accidentes por que el pavimento puede estar resbaladizo o cubierto de hielo, si es que ocurre una helada.

- Evitar caminar sobre el piso congelado, ya que es cuando se presenta un gran número de caídas que llegan a ser peligrosas.
- Atender de inmediato cualquier enfermedad, porque éstas pueden llegar a complicarse y causar la muerte.
- Tener hábitos de higiene como lavarse las manos siempre, porque en la temporada invernal se incrementan las enfermedades gastrointestinales, debido a que el agua se encuentra muy fría.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al M. I. Marco Antonio Salas Salinas la elaboración de figuras mediante modelos digitales de elevación y al Dr. Óscar López Bátiz (investigador del área de Estructuras del CENAPRED) por su valiosa asesoría para el análisis estructural del peso de la nieve sobre los techos de las casas endebles.

Asimismo, se agradece a los Ing. Othón Cervantes, Ing. Jesús Landeros e Ing. Javier Espinosa del SMN por la ayuda en la obtención de los datos de nevadas y bajas temperaturas, así como el apoyo en la extracción de los datos y las noticias periodísticas, su recopilación y análisis, por parte de las pasantes en Geografía Rosa Paredes y Hayde Bustamante.

REFERENCIAS

- CONAPO (2000). Índices de marginación municipal, disponible en www.conapo.gob.mx.
- INEGI (2004). Información Geoespacial Referencia de México, IRIS.
- Mc Clung, D. y Schaerer, P. (2003). “Avalanchas”, Editorial Desnivel, España.
- OMM.1993: Atlas internacional de nubes, Vol. 1. Manual de observación de nubes y otros meteoros.
- SMN, (2006): DVD con información de estaciones automáticas en la República Mexicana editado por el Servicio Meteorológico Nacional.
- Trujillo, Ma, M. Betancourt y J. Cruz (2004). Salud y bajas temperaturas. En Epidemiología, Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica, Vol. 21, Semana 21, Enero, del 23 al 29 de mayo, pp. 1-3.

BIBLIOGRAFÍA

- Barry, Roger G., Chorley, Richard J., “Atmósfera, tiempo y clima”, editorial Robinson, 1999.
- Beer and Johnson, “Mecánica de Materiales”, editorial Limusa, México 2000.
- Bermudez, M. (1994). Vulnerabilidad social y organización ante los desastres naturales en Costa Rica, en *Viviendo en Riesgo*, pp. 6-18.
- Canavos, George C., (1994), “Probabilidad y Estadística. Aplicaciones y métodos”, McGraw Hill, México, mayo.
- Cardona, O. (2001). La necesidad de repensar de manera holística los conceptos de vulnerabilidad y riesgo. *Internacional Work-Conference on Vulnerability in Disaster, Theory and Practice*, 29 y 30 de junio. Disasters Studies of Wageningen, University and Research Center, Wageningen, Holanda.
- CENAVE (2005). Situación actual y acciones para la temporada invernal 2004-2005. Subsecretaría de Prevención y Promoción de la Salud. Centro Nacional de Vigilancia Epidemiológica y Control de Enfermedades.
- Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas, “Los pueblos indígenas en México”, México 2004.
- CRED (2004) The OFDA/CRED International Disaster Database- www.em-dat.net- Université Catholique de Louvain-Brussels-Belgium.
- Fuentes-Aguilar, L., (1990). Climatología médica. La Ecología y su Salud. EDAMEX, México, pp.189.
- García-Acosta, V. (2005): El riesgo como construcción social y la construcción social de riesgos. *DESACATOS*, Vulnerabilidad social, riesgo y desastres, pp. 11-24.
- García-Arróliga, N., R. Marín y K. Méndez, (2004) Identificación de la vulnerabilidad social, en *Guía básica para la elaboración de atlas estatales y municipales de peligros y riesgos*, CENAPRED, diciembre, pp.339-383.
- Gobierno del Distrito Federal, “Normas Técnicas Complementarias para diseño y construcción de estructuras de concreto”, México 2004.
- Kilbourne. E. 2000. Ambientes fríos, en *Impacto de los desastres en la salud pública*. Organización Panamericana de la Salud. Bogota, Colombia. pp. 270-285.
- La RED (2005), Base de datos DesInventar-México (en construcción) www.desenredando.org.
- Lavell, A., (2002). Desastres y desarrollo: hacia un entendimiento de las formas de construcción social de un desastre:
- Macías, J.M., (1992). El significado de la vulnerabilidad social frente a los desastres, en *Revista Mexicana de Sociología*, UNAM, México, No. 4.

Matías, L., O. Fuentes y F. García (2001). Fascículo de Heladas. Secretaría de Gobernación, Centro Nacional de Prevención de Desastres, pp.35.

Morbidity and Mortality Weekly Reports (MMWR). 2005. Hypothermia-Related Deaths-United States 2003-2004, Centers of Disease Control and Prevention, February 25, 54(7); pp.173-175.

National Research Council (2001). Under the weather, climate, ecosystems and infections. Disease. National Academy Press, USA, PP. 146.

Ochoa, H., H. Sánchez y L. Martínez (1996). Uso de un índice de bienestar social para la planificación de la salud a nivel municipal. Salud Pública México, No. 38, pp, 257-267.

PEMEX, (2000) Sistema Municipal de Protección Civil para la población de Toluca en donde se asienta la Terminal de Almacenamiento y Distribución de PEMEX refinera. Estado de México, 350 pp.

Ruiz-Guadalajara, Juan Carlos (2005). De la construcción social del riesgo a la manifestación del desastre. Reflexiones en torno al imperio de la vulnerabilidad. DESACATOS, Vulnerabilidad social, riesgo y desastres, pp. 99-110.

Sánchez, D. (s/a). Hipotermia, Oficina de Recursos Educativos- FEPAFEM, {citado el 7-abril-2005}, disponible en www.aibarra.org.

Serie Schaum, “Mecánica de Materiales”, editorial Mc Graw – Hill, 1998.

UAM (1999). Boletín de información periodística de salud, No. 165, enero, pp.5.

UAM (2005). Boletín de información periodística de salud, Vol. 20, No. 1, enero, pp.3.

Vera, G. (2005). Vulnerabilidad social y expresiones del desastre en el distrito de Pochutla, Oaxaca, en La construcción social de riesgos y el huracán Paulina, pp. 35-144.

Viers, Georges, “Climatología”, Editorial Robinson, 1987.

Wetterhal, S. and E. Novi (1995). Vigilancia y epidemiología, en Impacto de los desastres en la salud pública. Organización Panamericana de la Salud. Bogota, Colombia. pp.38-51.

Wilches-Chaux, G. (1993). La vulnerabilidad global, en los Desastres no son naturales, La Red, pp. 27-34.

Wilks, D. (1995). Statistical Methods in the Atmospheric Science. Academia Press, New York, USA, pp. 64-113.

Wind Chill Hazards (2002). Wind Chill Program, citado {21 de abril, 2005}, disponible en www.msc.ec.gc.ca/education/windchill/.

ANEXOS

ANEXO A

VULNERABILIDAD DE LA POBLACIÓN

Tabla A.1 Niveles de vulnerabilidad en los municipios de México según su calidad de vida

Municipio	Estado	Vulnerabilidad	Municipio	Estado	Vulnerabilidad
Aguascalientes	AGS	Baja	Ramos Arizpe	COAH	Baja
Asientos	AGS	Media	Sabinas	COAH	Baja
Calvillo	AGS	Media	Sacramento	COAH	Baja
Cosío	AGS	Baja	Saltillo	COAH	Baja
Jesús María	AGS	Baja	San Bajaventura	COAH	Baja
Pabellón de Arteaga	AGS	Baja	San Juan de Sabinas	COAH	Baja
Rincón de Romos	AGS	Baja	San Pedro	COAH	Baja
San José de Gracia	AGS	Media	Sierra Mojada	COAH	Baja
Tepezala	AGS	Media	Torreón	COAH	Baja
El Llano	AGS	Media	Viesca	COAH	Media
San Francisco de los Romos	AGS	Baja	Villa Unión	COAH	Media
Ensenada	BC	Baja	Zaragoza	COAH	Baja
Mexicali	BC	Baja	Armería	COL	Media
Tecate	BC	Baja	Colima	COL	Baja
Tijuana	BC	Baja	Comalita	COL	Media
Playas de Rosarito	BC	Baja	Coquimatlán	COL	Baja
Comondu	BCS	Baja	Cuauhtemoc	COL	Baja
Mulege	BCS	Baja	Ixtlahuacán	COL	Media
La Paz	BCS	Baja	Manzanillo	COL	Baja
Los Cabos	BCS	Baja	Minatitlán	COL	Media
Loreto	BCS	Baja	Tecomán	COL	Baja
Calkini	CAMP	Baja	Villa de Álvarez	COL	Baja
Campeche	CAMP	Baja	Acacoyagua	CHIS	Alta
Carmen	CAMP	Baja	Acala	CHIS	Media
Champotón	CAMP	Media	Acapetahua	CHIS	Media
Hecelchakan	CAMP	Media	Altamirano	CHIS	Alta
Hopelchen	CAMP	Media	Amatan	CHIS	Alta
Palizada	CAMP	Media	Amatenango de la Frontera	CHIS	Alta
Tenabo	CAMP	Media	Amatenango del Valle	CHIS	Alta
Escarcega	CAMP	Media	Ángel Albino Corzo	CHIS	Alta
Calakmul	CAMP	Alta	Arriaga	CHIS	Media
Candelaria	CAMP	Alta	Bejucal de Ocampo	CHIS	Alta
Abasolo	COAH	Baja	Bella Vista	CHIS	Alta
Acuña	COAH	Baja	Berriozabal	CHIS	Media
Allende	COAH	Baja	Bochil	CHIS	Alta
Arteaga	COAH	Media	El Bosque	CHIS	Alta
Candela	COAH	Media	Cacahoatán	CHIS	Media

Municipio	Estado	Vulnerabilidad	Municipio	Estado	Vulnerabilidad
Castaños	COAH	Baja	Catazaja	CHIS	Media
Cuatrociénegas	COAH	Baja	Cintalapa	CHIS	Media
Escobedo	COAH	Media	Coapilla	CHIS	Alta
Francisco I. Madero	COAH	Baja	Comitán de Domínguez	CHIS	Media
Frontera	COAH	Baja	La Concordia	CHIS	Alta
General Cepeda	COAH	Media	Copainala	CHIS	Alta
Guerrero	COAH	Media	Chalchihuitan	CHIS	Alta
Hidalgo	COAH	Media	Chamula	CHIS	Alta
Jiménez	COAH	Media	Chanal	CHIS	Alta
Juárez	COAH	Media	Chapultenango	CHIS	Alta
Lamadrid	COAH	Baja	Chenalhó	CHIS	Alta
Matamoros	COAH	Media	Chiapa de Corzo	CHIS	Media
Monclova	COAH	Baja	Chiapilla	CHIS	Alta
Morelos	COAH	Baja	Chicoasen	CHIS	Media
Muzquiz	COAH	Baja	Chicomuselo	CHIS	Alta
Nadadores	COAH	Baja	Chilon	CHIS	Alta
Nava	COAH	Baja	Escuintla	CHIS	Media
Ocampo	COAH	Media	Francisco León	CHIS	Alta
Parras	COAH	Baja	Frontera Coahuila	CHIS	Media
Piedras negras	COAH	Baja	Frontera Hidalgo	CHIS	Media
Progreso	COAH	Media	La Grandeza	CHIS	Media
Huehuetan	CHIS	Media	Tonalá	CHIS	Media
Huixtan	CHIS	Alta	Totolapa	CHIS	Alta
Huitiupan	CHIS	Alta	La Trinitaria	CHIS	Alta
Huixtla	CHIS	Media	Tumbalá	CHIS	Alta
La Independencia	CHIS	Alta	Tuxtla Gutiérrez	CHIS	Baja
Ixhuatan	CHIS	Alta	Tuxtla Chico	CHIS	Media
Ixtacomitan	CHIS	Media	Tuzantán	CHIS	Media
Ixtapa	CHIS	Alta	Tzimol	CHIS	Alta
Ixtapangajoya	CHIS	Alta	Unión Juárez	CHIS	Media
Jiquipilas	CHIS	Media	Venustiano Carranza	CHIS	Media
Jitotol	CHIS	Alta	Villa Corzo	CHIS	Media
Juárez	CHIS	Media	Villaflores	CHIS	Media
Larrainzar	CHIS	Alta	Yajalón	CHIS	Media
La Libertad	CHIS	Media	San Lucas	CHIS	Alta
Mapastepec	CHIS	Media	Zinacantán	CHIS	Alta
Las Margaritas	CHIS	Alta	San Juan Cancuc	CHIS	Alta
Mazapa de Madero	CHIS	Alta	Aldama	CHIS	Alta
Mazatan	CHIS	Media	Benemérito de las Américas	CHIS	Alta
Metapa	CHIS	Media	Maravilla Tenejapa	CHIS	Alta
Mitontic	CHIS	Alta	Márques de Comillas	CHIS	Alta
Motzintla	CHIS	Media	Montecristo de Guerrero	CHIS	Alta

Municipio	Estado	Vulnerabilidad	Municipio	Estado	Vulnerabilidad
Nicolás Ruíz	CHIS	SC	San Andrés Duraznal	CHIS	Alta
Ocosingo	CHIS	Alta	Santiago el Pinar	CHIS	Alta
Ocotepec	CHIS	Alta	Ahumada	CHIH	Baja
Ocozocoautla de Espinosa	CHIS	Media	Aldama	CHIH	Baja
Ostuacan	CHIS	Alta	Allende	CHIH	Baja
Osumacinta	CHIS	Media	Aquiles Serdan	CHIH	Baja
Oxchuc	CHIS	Alta	Ascensión	CHIH	Media
Palenque	CHIS	Media	Bachíniva	CHIH	Media
Pantelhó	CHIS	Alta	Balleza	CHIH	Alta
Pantepec	CHIS	Alta	Batopilas	CHIH	Alta
Pichucalco	CHIS	Media	Bocoyna	CHIH	Media
Pijijiapan	CHIS	Media	Bajaventura	CHIH	Media
El Porvenir	CHIS	Alta	Camargo	CHIH	Baja
Villa Comaltitlán	CHIS	Media	Carichi	CHIH	Alta
Pueblo Nuevo Solistahuacán	CHIS	Alta	Casas Grandes	CHIH	Media
Rayón	CHIS	Alta	Coronado	CHIH	Media
Reforma	CHIS	Media	Coyame del Sotol	CHIH	Media
Las Rosas	CHIS	Alta	La Cruz	CHIH	Media
Sabanilla	CHIS	Alta	Cuauhtemoc	CHIH	Baja
Salto de agua	CHIS	Alta	Cusihuirachi	CHIH	Media
San Cristóbal de las Casas	CHIS	Media	Chihuahua	CHIH	Baja
San Fernando	CHIS	Media	Chinipas	CHIH	Alta
Siltepec	CHIS	Alta	Delicias	CHIH	Baja
Simojovel	CHIS	Alta	Dr. Belisario Domínguez	CHIH	Media
Sitala	CHIS	Alta	Galeana	CHIH	Baja
Socoltenango	CHIS	Alta	Santa Isabel	CHIH	Media
Solosuchiapa	CHIS	Alta	Gómez Farias	CHIH	Baja
Soyalo	CHIS	Alta	Gran Morelos	CHIH	Media
Suchiapa	CHIS	Media	Guachochi	CHIH	Alta
Suchiate	CHIS	Media	Guadalupe	CHIH	Media
Sunuapa	CHIS	Alta	Guadalupe y Calvo	CHIH	Alta
Tapachula	CHIS	Media	Guazapares	CHIH	Alta
Tapalapa	CHIS	Alta	Guerrero	CHIH	Media
Tapilula	CHIS	Media	Hidalgo del Parral	CHIH	Baja
Tecpatan	CHIS	Alta	Huejotitan	CHIH	Media
Tenejapa	CHIS	Alta	Ignacio Zaragoza	CHIH	Media
Teopisca	CHIS	Alta	Janos	CHIH	Media
Tila	CHIS	Alta	Jiménez	CHIH	Baja
Juárez	CHIH	Baja	Mapimí	DGO	Media
Julimes	CHIH	Media	Mezquital	DGO	Alta
López	CHIH	Media	Nazas	DGO	Media
Madera	CHIH	Media	Nombre de Dios	DGO	Media
Maguarichi	CHIH	Alta	Ocampo	DGO	Media

Municipio	Estado	Vulnerabilidad	Municipio	Estado	Vulnerabilidad
Manuel Benavides	CHIH	Media	El Oro	DGO	Media
Matachi	CHIH	Media	Otaez	DGO	Alta
Matamoros	CHIH	Media	Pánuco de Coronado	DGO	Media
Meoqui	CHIH	Baja	Peñón Blanco	DGO	Media
Morelos	CHIH	Alta	Poanas	DGO	Media
Moris	CHIH	Alta	Pueblo Nuevo	DGO	Media
Namiquipa	CHIH	Media	Rodeo	DGO	Media
Nonoava	CHIH	Media	San Bernardo	DGO	Media
Nuevo Casas Grandes	CHIH	Baja	San Dimas	DGO	Media
Ocampo	CHIH	Alta	San Juan de Guadalupe	DGO	Media
Ojinaga	CHIH	Baja	San Juan del Río	DGO	Media
Praxedis G. Guerrero	CHIH	Media	San Luis del Cordero	DGO	Media
Riva Palacio	CHIH	Media	San Pedro del Gallo	DGO	Media
Rosales	CHIH	Baja	Santa Clara	DGO	Media
Rosario	CHIH	Media	Santiago Papasquiario	DGO	Media
San Francisco de Borja	CHIH	Media	Suchil	DGO	Media
San Francisco de Conchos	CHIH	Media	Tamazula	DGO	Alta
San Francisco del Oro	CHIH	Baja	Tepehuanes	DGO	Media
Santa Bárbara	CHIH	Baja	Tlahualilo	DGO	Media
Satevo	CHIH	Media	Topia	DGO	Alta
Saucillo	CHIH	Baja	Vicente Guerrero	DGO	Baja
Temósachi	CHIH	Media	Nuevo Ideal	DGO	Media
El Tule	CHIH	Media	Abasolo	GTO	Media
Urique	CHIH	Alta	Acámbaro	GTO	Baja
Uruachi	CHIH	Alta	Allende	GTO	Media
Valle de Zaragoza	CHIH	Media	Apaseo el Alto	GTO	Media
Azcapotzalco	DF	Baja	Apaseo el Grande	GTO	Media
Coyoacán	DF	Baja	Atarjea	GTO	Alta
Cuajimalpa de Morelos	DF	Baja	Celaya	GTO	Baja
Gustavo A. Madero	DF	Baja	Manuel Doblado	GTO	Media
Iztacalco	DF	Baja	Comonfort	GTO	Media
Iztapalapa	DF	Baja	Coroneo	GTO	Media
Magdalena Contreras	DF	Baja	Cortazar	GTO	Baja
Milpa Alta	DF	Baja	Cuerámaro	GTO	Media
Alvaro Obregón	DF	Baja	Doctor Mora	GTO	Media
Tlahuac	DF	Baja	Dolores Hidalgo	GTO	Media
Tlalpan	DF	Baja	Guanajuato	GTO	Baja
Xochimilco	DF	Baja	Huanímaro	GTO	Media
Benito Juárez	DF	Baja	Irapuato	GTO	Baja
Cuauhtémoc	DF	Baja	Jaral del Progreso	GTO	Media
Miguel Hidalgo	DF	Baja	Jerecuaro	GTO	Media
Venustiano Carranza	DF	Baja	León	GTO	Baja

Municipio	Estado	Vulnerabilidad	Municipio	Estado	Vulnerabilidad
Canatlán	DGO	Media	Moroleón	GTO	Baja
Canelas	DGO	Alta	Ocampo	GTO	Media
Coneto de Comonfort	DGO	Media	Pénjamo	GTO	Media
Cuéncame	DGO	Media	Pueblo Nuevo	GTO	Media
Durango	DGO	Baja	Purísima del Rincón	GTO	Baja
General Simón Bolívar	DGO	Media	Romita	GTO	Media
Gómez Palacio	DGO	Baja	Salamanca	GTO	Baja
Guadalupe Victoria	DGO	Media	Salvatierra	GTO	Media
Guanaceví	DGO	Media	San Diego de la Unión	GTO	Media
Hidalgo	DGO	Media	San Felipe	GTO	Media
Inde	DGO	Media	San Francisco del Rincón	GTO	Baja
Lerdo	DGO	Baja	San Jose Iturbide	GTO	Media
San Luis de la Paz	GTO	Media	Marquelia	GRO	Alta
Santa Catarina	GTO	Media	Mártir de Cuilapa	GRO	Alta
Santa Cruz de Juventino Rosas	GTO	Media	Metlatonoc	GRO	Alta
Santiago Maravatio	GTO	Media	Mochitlán	GRO	Alta
Silao	GTO	Media	Olinala	GRO	Alta
Tarandacuao	GTO	Media	Ometepec	GRO	Alta
Tarímoro	GTO	Media	Pedro Ascencio Alquisiras	GRO	Alta
Tierra Blanca	GTO	Alta	Petatlán	GRO	Media
Uriangato	GTO	Baja	Pilcaya	GRO	Media
Valle de Santiago	GTO	Media	Pungarabato	GRO	Media
Victoria	GTO	Media	Quechultenango	GRO	Alta
Villagrán	GTO	Baja	San Luis Acatlán	GRO	Alta
Xichu	GTO	Alta	San Marcos	GRO	Alta
Yuriria	GTO	Media	San Miguel Totola	GRO	Alta
Acapulco de Juárez	GRO	Baja	Taxco de Alarcón	GRO	Media
Ahuacuotzingo	GRO	Alta	Tecoanapa	GRO	Alta
Ajuchitlan del Progreso	GRO	Alta	Tecpan de Galeana	GRO	Media
Alcozauca de Guerrero	GRO	Alta	Teloloapan	GRO	Media
Alpoyeca	GRO	Media	Tepecoacuilco de Trujano	GRO	Media
Apaxtla	GRO	Media	Tetipac	GRO	Alta
Arcelia	GRO	Media	Tixtla de Guerrero	GRO	Media
Atenango del Río	GRO	Media	Tlacoachistlahuac	GRO	Alta
Atlamajalcingo del Monte	GRO	Alta	Tlacoapa	GRO	Alta
Atlixac	GRO	Alta	Tlalchapa	GRO	Media
Atoyac de Alvarez	GRO	Media	Tlalixtaquilla de Maldonado	GRO	Alta
Ayutla de los Libres	GRO	Alta	Tlapa de Comonfort	GRO	Media
Azoyu	GRO	Alta	Tlapehuala	GRO	Media
Benito Juárez	GRO	Media	La Unión de Isidoro Montes de Oca	GRO	Media
Bajavista de Cuellar	GRO	Media	Xalpatlahuac	GRO	Alta

Municipio	Estado	Vulnerabilidad	Municipio	Estado	Vulnerabilidad
Coahuayutla de José María Izazaga	GRO	Alta	Xochihuehuetlán	GRO	Media
Cochoapa el Grande	GRO	Alta	Xochistlahuaca	GRO	Alta
Cocula	GRO	Media	Zapotitlán Tablas	GRO	Alta
Copala	GRO	Media	Zirandaro	GRO	Alta
Copalillo	GRO	Alta	Zitlala	GRO	Alta
Copanotoyac	GRO	Alta	Eduardo Neri	GRO	Media
Coyuca de Benitez	GRO	Media	Acatepec	GRO	Alta
Coyuca de Catalán	GRO	Media	Acatlán	HGO	Media
Cuajinicuilapa	GRO	Media	Acaxochitlán	HGO	Alta
Cualac	GRO	Alta	Actopan	HGO	Baja
Cuautepec	GRO	Alta	Agua Blanca de Iturbide	HGO	Media
Cuetzala del Progreso	GRO	Alta	Ajacuba	HGO	Media
CutzaAlta de Pinzón	GRO	Media	Alfajayucan	HGO	Media
Chilapa de Alvarez	GRO	Alta	Almoloya	HGO	Media
Chilpancingo de los Bravos	GRO	Baja	Apan	HGO	Baja
Florencio Villarreal	GRO	Media	El Arenal	HGO	Media
General Canuto A. Neri	GRO	Alta	Atitalaquia	HGO	Baja
General Heliodoro Castillo	GRO	Alta	Atlapexco	HGO	Alta
Huamuxtítán	GRO	Media	Atotonilco el Grande	HGO	Media
Huitzuc de los Figueroa	GRO	Media	Atotonilco de Tula	HGO	Baja
Iguala de la Independencia	GRO	Baja	Calnali	HGO	Alta
Igualapa	GRO	Alta	Cardonal	HGO	Media
Iliatenco	GRO	Alta	Cuautepec de Hinojosa	HGO	Media
Ixcateopan de Cuahitémoc	GRO	Media	Chapantongo	HGO	Media
José Azueta	GRO	Baja	Chapulhuacan	HGO	Media
José Joaquín Herrera	GRO	Alta	Chilcuautla	HGO	Media
Juan R. Escudero	GRO	Media	Eloxochitlan	HGO	Media
Juchitán	GRO	Alta	Emiliano Zapata	HGO	Baja
Leonardo Bravo	GRO	Alta	Epazoyucan	HGO	Media
Malinaltepec	GRO	Alta	Francisco I. Madero	HGO	Baja
Huasca de Ocampo	HGO	Media	Zempoala	HGO	Baja
Huautla	HGO	Alta	Zimapán	HGO	Media
Huazalingo	HGO	Alta	Acatic	JAL	Baja
Huehuetla	HGO	Alta	Acatlan de Juárez	JAL	Baja
Huejutla de Reyes	HGO	Media	Ahualulco de Mercado	JAL	Baja
Huichapan	HGO	Media	Amacueca	JAL	Media
Ixmiquilpan	HGO	Media	Amatitán	JAL	Baja
Jacala de Ledezma	HGO	Media	Ameca	JAL	Baja
Jaltocan	HGO	Alta	San Juanito de Escobedo	JAL	Baja
Juárez Hidalgo	HGO	Media	Arandas	JAL	Baja
Lolotla	HGO	Alta	Arenal	JAL	Baja
Metepec	HGO	Media	Atemajac de	JAL	Media

Municipio	Estado	Vulnerabilidad	Municipio	Estado	Vulnerabilidad
			Brizuela		
San Agustín Metzquitlán	HGO	Media	Atengo	JAL	Media
Metztitlán	HGO	Media	Atenguillo	JAL	Media
Mineral del Chico	HGO	Media	Atotonilco el Alto	JAL	Baja
Mineral del Monte	HGO	Baja	Atoyac	JAL	Media
La Misión	HGO	Alta	Autlán de Navarro	JAL	Baja
Mixquiahuala de Juárez	HGO	Baja	Ayotlán	JAL	Media
Molango de Escamilla	HGO	Media	Ayutla	JAL	Media
Nicolás Flores	HGO	Alta	La Barca	JAL	Baja
Nopala de Villagrán	HGO	Media	Bolaños	JAL	Media
Omitlán de Juárez	HGO	Media	Cabo Corrientes	JAL	Media
San Felipe Orizatlán	HGO	Alta	Casimiro Castillo	JAL	Baja
Pacula	HGO	Alta	Cihuatlán	JAL	Baja
Pachuca de Soto	HGO	Baja	Zapotlán el Grande	JAL	Baja
Pisaflores	HGO	Alta	Cocula	JAL	Baja
Progreso de Obregón	HGO	Baja	Colotlán	JAL	Baja
Mineral de la Reforma	HGO	Baja	Concepción de Buenos Aires	JAL	Media
San Agustín Tlaxiaca	HGO	Media	Cuautitlán de García Barragán	JAL	Alta
San Bartolo Tututepec	HGO	Alta	Cuautla	JAL	Media
San Salvador	HGO	Media	Cuquio	JAL	Media
Santiago de Anaya	HGO	Media	Chapala	JAL	Baja
Santiago Tulantepec de Lugo Guerrero	HGO	Baja	Chimaltitán	JAL	Media
Singuilucan	HGO	Media	Chiquilistlán	JAL	Media
Tasquillo	HGO	Media	Degollado	JAL	Media
Tecoautla	HGO	Media	Ejutla	JAL	Media
Tenango de Doria	HGO	Media	Encarnación de Díaz	JAL	Media
Tepeapulco	HGO	Baja	Ezatlán	JAL	Baja
Tepehuacan de Guerrero	HGO	Alta	El Grullo	JAL	Baja
Tepeji del Rio de Ocampo	HGO	Baja	Guachinango	JAL	Media
Tepetitlan	HGO	Media	Guadalajara	JAL	Baja
Tetepango	HGO	Baja	Hostotipaquillo	JAL	Media
Villa de Tezontepec	HGO	Media	Huejucar	JAL	Media
Tezontepec de Aldama	HGO	Media	Huejuquilla el Alto	JAL	Media
Tiangüstengo	HGO	Alta	La Huerta	JAL	Baja
Tizayuca	HGO	Baja	Ixtlahuacán de los Membrillos	JAL	Baja
Tlahuelilpan	HGO	Baja	Ixtlahuacán del Río	JAL	Media
Tlahuiltepa	HGO	Alta	Jalostotitlán	JAL	Baja
Tlanalapa	HGO	Baja	Jamay	JAL	Baja
Tlanchinol	HGO	Alta	Jesús María	JAL	Media
Tlaxcoapan	HGO	Baja	Jilotlán de los Dolores	JAL	Media
Tolcayuca	HGO	Baja	Jocotepec	JAL	Baja

Municipio	Estado	Vulnerabilidad	Municipio	Estado	Vulnerabilidad
Tula de Allende	HGO	Baja	Juanacatlán	JAL	Baja
Tulancingo de Bravo	HGO	Baja	Juchitlán	JAL	Media
Xochiatipan	HGO	Baja	Lagos de Moreno	JAL	Baja
Xochicoatlán	HGO	Media	El Limón	JAL	Baja
Yahualica	HGO	Alta	Magdalena	JAL	Baja
Zacualtipán de Angeles	HGO	Media	Santa María del Oro	JAL	Alta
Zapotlán de Juárez	HGO	Baja	La Manzanilla de la Paz	JAL	Media
Mascota	JAL	Media	Cañadas Obregón de	JAL	Media
Mazamitla	JAL	Media	Yahualica de González Gallo	JAL	Media
Mexicacán	JAL	Media	Zacoalco de Torres	JAL	Baja
Mezquitic	JAL	Alta	Zapopan	JAL	Baja
Mixtlán	JAL	Media	Zapotiltic	JAL	Baja
Ocotlán	JAL	Baja	Zapotitlán de Vadillo	JAL	Media
Ojuelos de Jalisco	JAL	Media	Zapotlán del Rey	JAL	Media
Pihuamo	JAL	Media	Zapotlanejo	JAL	Baja
Poncitlán	JAL	Baja	Acambay	MEX	Media
Puerto Vallarta	JAL	Baja	Acolmán	MEX	Baja
Villa Purificación	JAL	Media	Aculco	MEX	Media
Quitupan	JAL	Media	Almoleya de Alquisiras	MEX	Media
El Salto	JAL	Baja	Almoleya de Juárez	MEX	Media
San Cristóbal de la Barranca	JAL	Media	Almoleya del Río	MEX	Baja
San Diego de Alejandría	JAL	Media	Amanalco	MEX	Alta
San Juan de los Lagos	JAL	Baja	Amatepec	MEX	Media
San Julián	JAL	Baja	Amecameca	MEX	Baja
San Marcos	JAL	Baja	Apaxco	MEX	Baja
San Martín de Bolaños	JAL	Media	Atenco	MEX	Baja
San Martín Hidalgo	JAL	Baja	Atizapán	MEX	Baja
San Miguel el Alto	JAL	Baja	Atizapán de Zaragoza	MEX	Baja
Gómez Farías	JAL	Media	Atzacmulco	MEX	Media
San Sebastián del Oeste	JAL	Media	Atlautla	MEX	Media
Santa María de los Ángeles	JAL	Media	Axapusco	MEX	Media
Sayula	JAL	Baja	Ayapango	MEX	Media
Tala	JAL	Baja	Calimaya	MEX	Baja
Talpa de Allende	JAL	Media	Capulhuac	MEX	Baja
Tamazula de Gordiano	JAL	Baja	Coacalco de Berriozabal	MEX	Baja
Tapalpa	JAL	Media	Coatepec Harinas	MEX	Media
Tecalitlán	JAL	Media	Cocotitlán	MEX	Baja
Tecolotlán	JAL	Media	Coyotepec	MEX	Baja
Techaluta de Montenegro	JAL	Media	Cuautitlán	MEX	Baja
Tenamaxtlán	JAL	Media	Chalco	MEX	Baja
Teocaltiche	JAL	Media	Chapa de Mota	MEX	Media

Municipio	Estado	Vulnerabilidad	Municipio	Estado	Vulnerabilidad
Teocuitatlán de Coronado	JAL	Media	Chapultepec	MEX	Baja
Tepatitlán de Morelos	JAL	Baja	Chiautla	MEX	Baja
Tequila	JAL	Baja	Chicoloapan	MEX	Baja
Teuchitlán	JAL	Baja	Chiconcuac	MEX	Baja
Tizapan el Alto	JAL	Media	Chimalhuacán	MEX	Baja
Tlajomulco de Zuñiga	JAL	Baja	Donato Guerra	MEX	Alta
Tlaquepaque	JAL	Baja	Ecatepec de Morelos	MEX	Baja
Tolimán	JAL	Media	Ecatzingo	MEX	Media
Tomatlán	JAL	Media	Huehuetoca	MEX	Baja
Tonalá	JAL	Baja	Hueyoxtla	MEX	Media
Tonaya	JAL	Media	Huixquilucán	MEX	Baja
Tonila	JAL	Baja	Isidro Fabela	MEX	Media
Totatiche	JAL	Media	Ixtapaluca	MEX	Baja
Tototlán	JAL	Media	Ixtapan de la Sal	MEX	Media
Tuxcacuesco	JAL	Media	Ixtapan del Oro	MEX	Alta
Tuxcueca	JAL	Media	Ixtlahuaca	MEX	Media
Tuxpan	JAL	Baja	Jalatlaco	MEX	Media
Unión de San Antonio	JAL	Media	Jaltenco	MEX	Baja
Unión de Tula	JAL	Baja	Jilotepec	MEX	Media
Valle de Guadalupe	JAL	Baja	Jilotzingo	MEX	Media
Valle de Juárez	JAL	Media	Jiquipilco	MEX	Media
San Gabriel	JAL	Media	Jocotitlán	MEX	Media
Villa Corona	JAL	Baja	Joquicingo	MEX	Media
Villa Guerrero	JAL	Media	Juchitepec	MEX	Media
Villa Hidalgo	JAL	Media	Lerma	MEX	Baja
Luvianos	MEX	Media	Tultepec	MEX	Baja
Malinalco	MEX	Media	Tultitlán	MEX	Baja
Melchor Ocampo	MEX	Baja	Valle de Bravo	MEX	Media
Metepec	MEX	Baja	Villa de Allende	MEX	Alta
Mexicalcingo	MEX	Baja	Villa del Carbón	MEX	Media
Morelos	MEX	Media	Villa Guerrero	MEX	Media
Naucalpan de Juárez	MEX	Baja	Villa Victoria	MEX	Alta
Nezahualcóyotl	MEX	Baja	Xonacatlán	MEX	Media
Nextlalpan	MEX	Baja	Zacazonapan	MEX	Media
Nicolás Romero	MEX	Baja	Zacualpan	MEX	Media
Nopaltepec	MEX	Media	Zinacantepec	MEX	Media
Ocoyoacac	MEX	Baja	Zumpahuacán	MEX	Media
Ocuilán	MEX	Media	Zumpango	MEX	Baja
El Oro	MEX	Media	Cuautitlán Izcalli	MEX	Baja
Otumba	MEX	Media	Valle de Chalco Solidaridad	MEX	Baja
Otzoloapan	MEX	Alta	Acuitzio	MICH	Media
Otzolotepec	MEX	Media	Aguililla	MICH	Media
Ozumba	MEX	Media	Álvaro Obregón	MICH	Media

Municipio	Estado	Vulnerabilidad	Municipio	Estado	Vulnerabilidad
Papalotla	MEX	Baja	Angamacutiro	MICH	Media
La Paz	MEX	Baja	Angangueo	MICH	Media
Polotitlán	MEX	Baja	Apatzingán	MICH	Baja
Rayón	MEX	Baja	Aporo	MICH	Media
San Antonio la Isla	MEX	Baja	Aquila	MICH	Alta
San Felipe del Progreso	MEX	Alta	Ario	MICH	Media
San José del Rincón	MEX	Alta	Arteaga	MICH	Media
San Martín de las Pirámides	MEX	Baja	Briseñas	MICH	Media
San Mateo Atenco	MEX	Baja	Bajavista	MICH	Media
San Simón de Guerrero	MEX	Media	Carácuaro	MICH	Alta
Santo Tomás	MEX	Media	Coahuayana	MICH	Media
Soyaniquilpan de Juárez	MEX	Media	Coalcomán de Vázquez Pallares	MICH	Media
Sultepec	MEX	Alta	Coeneo	MICH	Media
Tecámac	MEX	Baja	Contepec	MICH	Media
Tejupilco	MEX	Media	Copándaro	MICH	Media
Temamatla	MEX	Baja	Cotija	MICH	Media
Temascalapa	MEX	Media	Cuitzeo	MICH	Media
Temascalcingo	MEX	Media	Charapán	MICH	Alta
Temascaltepec	MEX	Alta	Charo	MICH	Media
Temoaya	MEX	Media	Chavinda	MICH	Media
Tenancingo	MEX	Media	Cherán	MICH	Media
Tenango del Aire	MEX	Baja	Chilchota	MICH	Media
Tenango del Valle	MEX	Media	Chinicuilá	MICH	Alta
Teoloyucan	MEX	Baja	Chucándiro	MICH	Media
Teotihuacan	MEX	Baja	Churintzio	MICH	Media
Tepetlaoxtoc	MEX	Baja	Churumuco	MICH	Alta
Tepetlixpa	MEX	Media	Ecuandureo	MICH	Media
Tepotzotlán	MEX	Baja	Epitacio Huerta	MICH	Media
Tequixquiac	MEX	Baja	Erongarícuaro	MICH	Media
Texcaltitlán	MEX	Media	Gabriel Zamora	MICH	Media
Texcalyacac	MEX	Baja	Hidalgo	MICH	Media
Texcoco	MEX	Baja	La Huacana	MICH	Media
Tezoyuca	MEX	Baja	Huandacareo	MICH	Media
Tianguistenco	MEX	Media	Huaniqueo	MICH	Media
Timilpan	MEX	Media	Huetamo	MICH	Media
Tlalmanalco	MEX	Baja	Huiramba	MICH	Media
Tlalnepantla de Baz	MEX	Baja	Indaparapeo	MICH	Media
Tlatlaya	MEX	Media	Irimbo	MICH	Media
Toluca	MEX	Baja	Ixtlán	MICH	Media
Tonanitla	MEX	Baja	Jacona	MICH	Baja
Tonatico	MEX	Media	Jiménez	MICH	Media
Jiquilpán	MICH	Baja	Villamar	MICH	Media
Juárez	MICH	Media	Vista Hermosa	MICH	Media
Jungapeo	MICH	Media	Yurécuaro	MICH	Media

Municipio	Estado	Vulnerabilidad	Municipio	Estado	Vulnerabilidad
Lagunillas	MICH	Media	Zacapu	MICH	Baja
Madero	MICH	Alta	Zamora	MICH	Baja
Maravatio	MICH	Media	Zinaparo	MICH	Media
Marcos Castellanos	MICH	Baja	Zinapécuaro	MICH	Media
Lázaro Cárdenas	MICH	Baja	Ziracuaretiro	MICH	Media
Morelia	MICH	Baja	Zitácuaro	MICH	Media
Morelos	MICH	Media	José Sixto Verduzco	MICH	Media
Múgica	MICH	Media	Amacuzac	MOR	Media
Nahuatzen	MICH	Alta	Atlatlahucan	MOR	Baja
Nocupetaro	MICH	Alta	Axochiapan	MOR	Media
Nuevo Parangaricutiro	MICH	Media	Ayala	MOR	Media
Nuevo Urecho	MICH	Media	Coatlán del Rio	MOR	Media
Numarán	MICH	Media	Cuautla	MOR	Baja
Ocampo	MICH	Alta	Cuernavaca	MOR	Baja
Pajacuarán	MICH	Media	Emiliano Zapata	MOR	Baja
Panindícuaro	MICH	Media	Huitzilac	MOR	Media
Parácuaro	MICH	Media	Jantetelco	MOR	Media
Paracho	MICH	Media	Jiutepec	MOR	Baja
Pátzcuaro	MICH	Media	Jojutla	MOR	Baja
Penjamillo	MICH	Media	Joncatepec	MOR	Media
Peribán	MICH	Baja	Mazatepec	MOR	Media
La Piedad	MICH	Baja	Miacatlán	MOR	Media
Purépero	MICH	Media	Ocuituco	MOR	Media
Puruándiro	MICH	Media	Puente de Ixtla	MOR	Media
Queréndaro	MICH	Media	Temixco	MOR	Baja
Quiroga	MICH	Media	Tepalcingo	MOR	Media
Cojumatlán de Regules	MICH	Media	Tepoztlán	MOR	Baja
Los Reyes	MICH	Baja	Tetecala	MOR	Media
Azuayo	MICH	Baja	Tetela del Volcán	MOR	Media
San Lucas	MICH	Media	Tlalnepantla	MOR	Media
Santa Ana Maya	MICH	Media	Tlaltizapan	MOR	Baja
Salvador Escalante	MICH	Media	Tlaquitenango	MOR	Media
Senguio	MICH	Media	Tlayacapan	MOR	Media
Susupuato	MICH	Alta	Totolapan	MOR	Media
Tacámbaro	MICH	Media	Xochitepec	MOR	Media
Tancítaro	MICH	Media	Yautepec	MOR	Baja
Tangamandapio	MICH	Media	Yecapixtla	MOR	Media
Tangancícuaro	MICH	Media	Zacatepec de Hidalgo	MOR	Baja
Tanhuato	MICH	Media	Zacualpan de Amilpas	MOR	Media
Taretan	MICH	Media	Temoac	MOR	Media
Tarímbaro	MICH	Media	Acaponeta	NAY	Baja
Tepalcatepec	MICH	Media	Ahuacatlán	NAY	Baja
Tingambato	MICH	Media	Amatlan de Cañas	NAY	Media

Municipio	Estado	Vulnerabilidad	Municipio	Estado	Vulnerabilidad
Tingüindín	MICH	Media	Compostela	NAY	Baja
Tiquicheo de Nicolás Romero	MICH	Alta	Huajicorí	NAY	Alta
Tlalpujahua	MICH	Media	Ixtlán del Río	NAY	Baja
Tlazazalca	MICH	Media	Jala	NAY	Media
Tocumbo	MICH	Baja	Jalisco	NAY	Baja
Tumbiscatio	MICH	Alta	Del Nayar	NAY	Alta
Turicato	MICH	Alta	Rosamorada	NAY	Media
Tuxpan	MICH	Media	Ruíz	NAY	Media
Tuzantla	MICH	Alta	San Blas	NAY	Media
Tzintzuntzan	MICH	Media	San Pedro Lagunillas	NAY	Media
Tzitzio	MICH	Alta	Santa María del Oro	NAY	Media
Uruapán	MICH	Baja	Santiago Ixcuintla	NAY	Media
Venustiano Carranza	MICH	Media	Tecuala	NAY	Baja
Tepic	NAY	Baja	Asunción Italtepec	OAX	Media
Tuxpan	NAY	Baja	Asunción Nochixtlán	OAX	Media
La Yesca	NAY	Alta	Asunción Ocotlán	OAX	Alta
Bahía de Banderas	NAY	Baja	Asunción Tlacolulita	OAX	Alta
Abasolo	NL	Baja	Ayotzintepec	OAX	Alta
Agualeguas	NL	Baja	El Barrio de la Soledad	OAX	Baja
Los Aldamas	NL	Media	Calihuala	OAX	Alta
Allende	NL	Baja	Candelaria Loxicha	OAX	Alta
Anáhuac	NL	Baja	Ciénega de Zimatlán	OAX	Media
Apodaca	NL	Baja	Ciudad Ixtepec	OAX	Baja
Aramberri	NL	Media	Coatecas Altas	OAX	Alta
Bustamante	NL	Baja	Coicoyan de las Flores	OAX	Alta
Cadereyta Jiménez	NL	Baja	La Compañía	OAX	Alta
Carmen	NL	Baja	Concepción Bajavista	OAX	Alta
Cerralvo	NL	Baja	Concepción Papalo	OAX	Alta
Ciénega de Flores	NL	Baja	Constancia del Rosario	OAX	Alta
China	NL	Baja	Cosolapa	OAX	Media
Doctor Arroyo	NL	Media	Cosoltepec	OAX	Media
Doctor Coss	NL	Media	Cuilapam de Guerrero	OAX	Media
Doctor González	NL	Baja	Cuyamecalco Villa de Zaragoza	OAX	Alta
Galeana	NL	Media	Acuites	OAX	Media
García	NL	Baja	Chalcatongo de Hidalgo	OAX	Alta
San Pedro Garza García	NL	Baja	Chiquihuitlán de Benito Juárez	OAX	Alta
General Bravo	NL	Baja	Heróica ciudad de Ejutla de Crespo	OAX	Alta
General Escobedo	NL	Baja	Eloxochitlán de Flores Magón	OAX	Alta

Municipio	Estado	Vulnerabilidad	Municipio	Estado	Vulnerabilidad
General Terán	NL	Baja	El Espinal	OAX	Baja
General Trevino	NL	Baja	Tamazulapam del Espíritu Santo	OAX	Alta
General Zaragoza	NL	Alta	Fresnillo de Trujano	OAX	Alta
General Zuazua	NL	Baja	Guadalupe Etla	OAX	Baja
Guadalupe	NL	Baja	Guadalupe Ramírez	OAX	Media
Los Herreras	NL	Baja	Guelatao de Juárez	OAX	Baja
Higueras	NL	Baja	Guevea de Humboldt	OAX	Alta
Hualahuises	NL	Baja	Mesones Hidalgo	OAX	Alta
Iturbide	NL	Media	Villa Hidalgo	OAX	Alta
Juárez	NL	Baja	Heróica Ciudad de Huajuapán de León	OAX	Baja
Lampazos de Naranjo	NL	Baja	Huautepéc	OAX	Alta
Linares	NL	Baja	Huautla de Jiménez	OAX	Alta
Marín	NL	Baja	Ixtlán de Juárez	OAX	Alta
Melchor Ocampo	NL	Baja	Juchitán de Zaragoza	OAX	Media
Mier y Noriega	NL	Baja	Loma Bonita	OAX	Media
Mina	NL	Media	Magdalena Apasco	OAX	Media
Montemorelos	NL	Baja	Magdalena Jaltepec	OAX	Alta
Monterrey	NL	Baja	Santa Magdalena Jicotlán	OAX	Media
Parás	NL	Baja	Magdalena Mixtepec	OAX	Alta
Pesquería	NL	Baja	Magdalena Ocotlán	OAX	Alta
Los Ramones	NL	Media	Magdalena Peñasco	OAX	Alta
Rayones	NL	Media	Magdalena Teitipac	OAX	Alta
Sabinas Hidalgo	NL	Baja	Magdalena Tequisistlán	OAX	Media
Salinas Victoria	NL	Baja	Magdalena Tlacotepec	OAX	Media
San Nicolás de los Garza	NL	Baja	Magdalena Zahuatlán	OAX	Alta
Hidalgo	NL	Baja	Mariscala de Juárez	OAX	Media
Santa Catarina	NL	Baja	Martirés de Tacubaya	OAX	Alta
Santiago	NL	Baja	Matias Romero	OAX	Media
Vallecillo	NL	Media	Mazatlán Villa de Flores	OAX	Alta
Villaldama	NL	Baja	Miahuatlán de Porfirio Díaz	OAX	Media
Abejones	OAX	Alta	Mixistlán de la Reforma	OAX	Alta
Acatlán de Pérez Figueroa	OAX	Media	Monjas	OAX	Alta
Asunción Cacalotepec	OAX	Alta	Natividad	OAX	Media
Asunción Cuyotepeji	OAX	Media	Nazareno Etla	OAX	Baja
Nejapa de Madero	OAX	Alta	San Bartolo Yautepec	OAX	Media
Nejapa de Madero	OAX	Alta	San Bernardo Mixtepec	OAX	Alta

Municipio	Estado	Vulnerabilidad	Municipio	Estado	Vulnerabilidad
Ixpantepec Nieves	OAX	Media	San Blas Atempa	OAX	Media
Santiago Niltepec	OAX	Media	San Carlos Yautepec	OAX	Alta
Oaxaca de Juárez	OAX	Baja	San Cristóbal Amatlán	OAX	Alta
Ocotlán de Morelos	OAX	Media	San Cristóbal Amoltepec	OAX	Alta
La Pe	OAX	Alta	San Cristóbal Lachirioag	OAX	Alta
Pinotepa de Don Luis	OAX	Alta	San Cristóbal Suchixtlahuaca	OAX	Media
Pluma Hidalgo	OAX	Alta	San Dionisio del Mar	OAX	Alta
San Jose del Progreso	OAX	Alta	San Dionisio Ocoatepec	OAX	Alta
Putla Villa de Guerrero	OAX	Media	San Dionisio Ocotlán	OAX	Media
Santa Catarina Quijoquitani	OAX	Alta	San Esteban Atatlahuca	OAX	Alta
Reforma de Pineda	OAX	Media	San Felipe Jalapa de Díaz	OAX	Alta
La Reforma	OAX	Media	San Felipe Tejalapam	OAX	Alta
Reyes Etna	OAX	Media	San Felipe Usila	OAX	Alta
Rojas de Cuauhtémoc	OAX	Media	San Francisco Cahuacua	OAX	Alta
Salina Cruz	OAX	Baja	San Francisco Cajonos	OAX	Alta
San Agustín Amatenango	OAX	Alta	San Francisco Chapulapa	OAX	Alta
San Agustín Atenango	OAX	Media	San Francisco Chindua	OAX	Alta
San Agustín Chayuco	OAX	Alta	San Francisco del Mar	OAX	Media
San Agustín de las Juntas	OAX	Media	San Francisco Huehuetlán	OAX	Alta
San Agustín Etna	OAX	Baja	San Francisco Ixhuatán	OAX	Media
San Agustín Loxicha	OAX	Alta	San Francisco Jaltepetongo	OAX	Alta
San Agustín Tlacotepec	OAX	Alta	San Francisco Lachigolo	OAX	Media
San Agustín Yatareni	OAX	Media	San Francisco Logueche	OAX	Alta
San Andrés Cabecera Nueva	OAX	Alta	San Francisco Nuxaño	OAX	Alta
San Andrés Dinicuiti	OAX	Media	San Francisco Ozolotepec	OAX	Alta
San Andrés Huaxpaltepec	OAX	Alta	San Francisco Sola	OAX	Alta
San Andrés Huayapam	OAX	Baja	San Francisco Telixtlahuaca	OAX	Media
San Andrés Ixtlahuaca	OAX	Media	San Francisco Teopan	OAX	Alta
San Andrés Laguna	OAX	Media	San Francisco Tlapancingo	OAX	Alta
San Andrés Nuxiño	OAX	Alta	San Gabriel Mixtepec	OAX	Alta
San Andrés Paxtlán	OAX	Alta	San Ildefonso	OAX	Alta

Municipio	Estado	Vulnerabilidad	Municipio	Estado	Vulnerabilidad
			Amatlán		
San Andrés Sinaxtla	OAX	Media	San Ildefonso Sola	OAX	Alta
San Andrés Solaga	OAX	Alta	San Ildefonso Villa Alta	OAX	Media
San Andrés Teotilalpam	OAX	Alta	San Jacinto Amilpas	OAX	Baja
San Andrés Tepetlapa	OAX	Alta	San Jacinto Tlacotepec	OAX	Alta
San Andrés Yaa	OAX	Alta	San Jerónimo Coatlán	OAX	Alta
San Andrés Zabache	OAX	Alta	San Jerónimo Silacayoapilla	OAX	Media
San Andrés Zautla	OAX	Media	San Jerónimo Sosola	OAX	Alta
San Antonino Castillo Velasco	OAX	Media	San Jerónimo Taviche	OAX	Alta
San Antonino el Alto	OAX	Alta	San Jerónimo Tecuati	OAX	Alta
San Antonino Monte Verde	OAX	Alta	San Jorge Nuchita	OAX	Alta
San Antonio Acutla	OAX	Alta	San José Ayuquila	OAX	Media
San Antonio de la Cal	OAX	Media	San José Chiltepec	OAX	Media
San Antonio Huitepec	OAX	Alta	San José del Penasco	OAX	Alta
San Antonio Nanahuatipam	OAX	Media	San José Estancia Grande	OAX	Alta
San Antonio Sinicahua	OAX	Alta	San José Independencia	OAX	Alta
San Antonio Tepetlapa	OAX	Alta	San José Lachiguiri	OAX	Alta
San Baltazar Chichicapam	OAX	Alta	San José Tenango	OAX	Alta
San Baltazar Loxicha	OAX	Alta	San Juan Achiutla	OAX	Media
San Baltazar Yatzachi el Bajo	OAX	Alta	San Juan Atepec	OAX	Alta
San Bartolo Coyotepec	OAX	Media	Animas Trujano	OAX	Baja
San Bartolomé Ayautla	OAX	Alta	San Juan Bautista Atlatluca	OAX	Alta
San Bartolomé Loxicha	OAX	Alta	San Juan Bautista Coixtlahuaca	OAX	Alta
San Bartolomé Quialana	OAX	Alta	San Juan Bautista Cuicatlan	OAX	Media
San Bartolomé Yucuañe	OAX	Alta	San Juan Bautista Guelache	OAX	Media
San Bartolomé Zoogocho	OAX	Media	San Juan Bautista Jayacatlan	OAX	Alta
San Bartolo Soyaltepec	OAX	Alta	San Juan Bautista lo de Soto	OAX	Alta
San Juan Bautista Suchitepec	OAX	Alta	San Martín Huamelúlpam	OAX	Media
San Juan Bautista Tlacoatzintepec	OAX	Alta	San Martín Itunyoso	OAX	Alta
San Juan Bautista Tlachichilco	OAX	Alta	San Martín Lachilá	OAX	Alta
San Juan Bautista Tuxtepec	OAX	Media	San Martín Peras	OAX	Alta
San Juan Cacahuatpec	OAX	Media	San Martín Tilcajete	OAX	Media
San Juan Cieneguilla	OAX	Media	San Martín Toxpalan	OAX	Alta
San Juan Coatzóspam	OAX	Alta	San Martín	OAX	Media

Municipio	Estado	Vulnerabilidad	Municipio	Estado	Vulnerabilidad
			Zacatepec		
San Juan Colorado	OAX	Alta	San Mateo Cajonos	OAX	Alta
San Juan Comaltepec	OAX	Alta	Capulalpam de Méndez	OAX	Media
San Juan Cotzocon	OAX	Alta	San Mateo del Mar	OAX	Alta
San Juan Chicomezúchil	OAX	Alta	San Mateo Yolochochitlán	OAX	Alta
San Juan Chilateca	OAX	Media	San Mateo Etlatongo	OAX	Alta
San Juan del Estado	OAX	Media	San Mateo Nejápam	OAX	Alta
San Juan del Río	OAX	Media	San Mateo Peñasco	OAX	Alta
San Juan Diuxi	OAX	Alta	San Mateo Piñas	OAX	Alta
San Juan Evangelista Analco	OAX	Media	San Mateo Río Hondo	OAX	Alta
San Juan Guelavia	OAX	Media	San Mateo Sindihui	OAX	Alta
San Juan Guichicovi	OAX	Alta	San Mateo Tlapiltepec	OAX	Alta
San Juan Ihualtepec	OAX	Alta	San Melchor Betaza	OAX	Alta
San Juan Juquila Mixes	OAX	Alta	San Miguel Achiutla	OAX	Alta
San Juan Juquila Vijanos	OAX	Alta	San Miguel Ahuehuetitlán	OAX	Alta
San Juan Lachao	OAX	Alta	San Miguel Aloapam	OAX	Alta
San Juan Lachigalla	OAX	Alta	San Miguel Amatitlán	OAX	Alta
San Juan Lajarcia	OAX	Alta	San Miguel Amatlán	OAX	Media
San Juan Lalana	OAX	Alta	San Miguel Coatlán	OAX	Alta
San Juan de los Cués	OAX	Alta	San Miguel Chicahua	OAX	Alta
San Juan Mazatlán	OAX	Alta	San Miguel ChiAltapa	OAX	Alta
San Juan Mixtepec - distr. 08 -	OAX	Alta	San Miguel del Puerto	OAX	Alta
San Juan Mixtepec - distr. 26 -	OAX	Alta	San Miguel del Río	OAX	Media
San Juan Ñumí	OAX	Alta	San Miguel Ejutla	OAX	Alta
San Juan Ozolotepec	OAX	Alta	San Miguel el Grande	OAX	Alta
San Juan Petlapa	OAX	Alta	San Miguel Huautla	OAX	Alta
San Juan Quiahije	OAX	Alta	San Miguel Mixtepec	OAX	Alta
San Juan Quiotepec	OAX	Alta	San Miguel Panixtlahuaca	OAX	Alta
San Juan Sayultepec	OAX	Media	San Miguel Peras	OAX	Alta
San Juan Tabaá	OAX	Alta	San Miguel Piedras	OAX	Alta
San Juan Tamazola	OAX	Alta	San Miguel Quetzaltepec	OAX	Alta
San Juan Teita	OAX	Alta	San Miguel Santa Flor	OAX	Alta
San Juan Teitipac	OAX	Alta	Villa Sola de Vega	OAX	Alta
San Juan Tepeuxila	OAX	Alta	San Miguel Soyaltepec	OAX	Alta
San Juan Teposcolula	OAX	Alta	San Miguel	OAX	Alta

Municipio	Estado	Vulnerabilidad	Municipio	Estado	Vulnerabilidad
			Suchixtepec		
San Juan Yaeé	OAX	Alta	Villa Talea de Castro	OAX	Media
San Juan Yatzona	OAX	Alta	San Miguel Tecmatlán	OAX	Media
San Juan Yucuita	OAX	Media	San Miguel Tenango	OAX	Alta
San Lorenzo	OAX	Alta	San Miguel Tequixtepec	OAX	Alta
San Lorenzo Albarradas	OAX	Alta	San Miguel Tilquiapam	OAX	Alta
San Lorenzo Cacaoatepec	OAX	Media	San Miguel Tlacamama	OAX	Alta
San Lorenzo Cuaunecuiltitla	OAX	Alta	San Miguel Tlacotepec	OAX	Alta
San Lorenzo Texmelucan	OAX	Alta	San Miguel Tulancingo	OAX	Alta
San Lorenzo Victoria	OAX	Alta	San Miguel Yotao	OAX	Alta
San Lucas Camotlán	OAX	Alta	San Nicolás	OAX	Alta
San Lucas Ojitlán	OAX	Alta	San Nicolás Hidalgo	OAX	Media
San Lucas Quiaviní	OAX	Alta	San Pablo Coatlán	OAX	Alta
San Lucas Zoquiapam	OAX	Alta	San Pablo Cuatro Venados	OAX	Alta
San Luis Amatlán	OAX	Alta	San Pablo Etlá	OAX	Baja
San Marcial Ozolotepec	OAX	Alta	San Pablo Huitzo	OAX	Media
San Marcos Arteaga	OAX	Media	San Pablo Huixtepec	OAX	Media
San Martín de los Cansecos	OAX	Alta	San Pablo Macuiltianguis	OAX	Alta
San Pablo Villa de Mitla	OAX	Media	San Pablo Tijaltepec	OAX	Alta
San Pablo Yaganiza	OAX	Alta	Santa Ana Tavela	OAX	Alta
San Pedro Amuzgos	OAX	Alta	Santa Ana Tlapacoyan	OAX	Alta
San Pedro Apóstol	OAX	Media	Santa Ana Yareni	OAX	Media
San Pedro Atoyac	OAX	Alta	Santa Ana Zegache	OAX	Alta
San Pedro Cajonos	OAX	Alta	Santa Catalina Quierí	OAX	Alta
San Pedro Coxcaltepec Cántaros	OAX	Alta	Santa Catarina Cuixtla	OAX	Alta
San Pedro Comitancillo	OAX	Baja	Santa Catarina Ixtepeji	OAX	Alta
San Pedro el Alto	OAX	Alta	Santa Catarina Juquila	OAX	Alta
San Pedro Huamelula	OAX	Alta	Santa Catarina Lachatao	OAX	Media
San Pedro Huilotepec	OAX	Media	Santa Catarina Loxicha	OAX	Alta
San Pedro Ixcatlán	OAX	Alta	Santa Catarina Mechoacán	OAX	Alta
San Pedro Ixtlahuaca	OAX	Media	Santa Catarina Minas	OAX	Alta
San Pedro Jaltepetongo	OAX	Alta	Santa Catarina Quiané	OAX	Media
San Pedro Jicayan	OAX	Alta	Santa Catarina Tayata	OAX	Alta

Municipio	Estado	Vulnerabilidad	Municipio	Estado	Vulnerabilidad
San Pedro Jocotipac	OAX	Alta	Santa Catarina Ticuá	OAX	Alta
San Pedro Juchatengo	OAX	Alta	Santa Catarina Yosonotú	OAX	Alta
San Pedro Mártir	OAX	Alta	Santa Catarina Zapoquila	OAX	Alta
San Pedro Mártir Quiachapa	OAX	Alta	Santa Cruz Acatepec	OAX	Alta
San Pedro Mártir Yucuxaco	OAX	Alta	Santa Cruz Amilpas	OAX	Baja
San Pedro Mixtepec - distr. 22	OAX	Media	Santa Cruz de Bravo	OAX	Media
San Pedro Mixtepec - distr. 26	OAX	Alta	Santa Cruz Itundujia	OAX	Alta
San Pedro Molinos	OAX	Alta	Santa Cruz Mixtepec	OAX	Alta
San Pedro Nopala	OAX	Alta	Santa Cruz Nundaco	OAX	Alta
San Pedro Ocopetatillo	OAX	Alta	Santa Cruz Papalutla	OAX	Alta
San Pedro Ocotepc	OAX	Alta	Santa Cruz Tacache de Mina	OAX	Media
San Pedro Pochutla	OAX	Media	Santa Cruz Tacahu	OAX	Alta
San Pedro Quiatoni	OAX	Alta	Santa Cruz Tayata	OAX	Alta
San Pedro Sochiapam	OAX	Alta	Santa Cruz Xitla	OAX	Alta
San Pedro Tapanatepec	OAX		Santa Cruz Xoxocotlán	OAX	Baja
San Pedro Taviche	OAX	Media	Santa Cruz Zenzontepec	OAX	Alta
San Pedro Teozacoalco	OAX	Alta	Santa Gertrudis	OAX	Media
San Pedro Teutila	OAX	Alta	Santa Inés del Monte	OAX	Alta
San Pedro Tidaá	OAX	Alta	Santa Inés Yatzeche	OAX	Alta
San Pedro Topiltepec	OAX	Alta	Santa Lucía del Camino	OAX	Baja
San Pedro Totolapa	OAX	Alta	Santa Lucía Miahuatlán	OAX	Alta
Villa de Tututepec de Melchor Ocampo	OAX	Media	Santa Lucía Monteverde	OAX	Alta
San Pedro Yaneri	OAX	Media	Santa Lucía Ocotlán	OAX	Alta
San Pedro Yolox	OAX	Alta	Santa María Alotepec	OAX	Alta
San Pedro y San Pablo Ayutla	OAX	Alta	Santa María Apazco	OAX	Alta
Villa de Etla	OAX	Alta	Santa María la Asunción	OAX	Alta
San Pedro y San Pablo Teposcolula	OAX	Baja	Heróica Ciudad de Tlaxiaco	OAX	Media
San Pedro y San Pablo Tequixtepec	OAX	Media	Ayoquezco de Aldama	OAX	Media
San Pedro Yucunama	OAX	Media	Santa María Atzompa	OAX	Media
San Raymundo Jalpan	OAX	Media	Santa María Camotlán	OAX	Media
San Sebastián Abasolo	OAX	Media	Santa María Colotepec	OAX	Media
San Sebastián Coatlán	OAX	Media	Santa María Cortijo	OAX	Alta

Municipio	Estado	Vulnerabilidad	Municipio	Estado	Vulnerabilidad
San Sebastián Ixcapa	OAX	Alta	Santa María Coyotepec	OAX	Media
San Sebastián Nicananduta	OAX	Alta	Santa María Chachoápam	OAX	Media
San Sebastián Río Hondo	OAX	Alta	Villa de Chilapa de Díaz	OAX	Media
San Sebastián Tecomaxtlahuaca	OAX	Alta	Santa María Chilchotla	OAX	Alta
San Sebastián Teitipac	OAX	Alta	Santa María ChiAltapa	OAX	Alta
San Sebastián Tutla	OAX	Alta	Santa María del Rosario	OAX	Alta
San Simón Almolongas	OAX	Baja	Santa María del Tule	OAX	Baja
San Simón Zahuatlán	OAX	Alta	Santa María Ecatepec	OAX	Alta
Santa Ana	OAX	Alta	Santa María Guelacé	OAX	Media
Santa Ana Ateixtlahuaca	OAX	Alta	Santa María Guienagati	OAX	Alta
Santa Ana Cuauhtémoc	OAX	Alta	Santa María Huatulco	OAX	Media
Santa Ana del Valle	OAX	Alta	Santa María Huazolotitlán	OAX	Alta
Santa María Ixcatlán	OAX	Media	Santa María Ipalapa	OAX	Alta
Santa María Jacatepec	OAX	Alta	Santiago Matatlán	OAX	Alta
Santa María Jalapa del Marqués	OAX	Alta	Santiago Miltepec	OAX	Alta
Santa María Jaltianguis	OAX	Media	Santiago Minas	OAX	Alta
Santa María Lachixio	OAX	Media	Santiago Nacaltepec	OAX	Alta
Santa María Mixtequilla	OAX	Alta	Santiago Nejapilla	OAX	Alta
Santa María Nativitas	OAX	Media	Santiago Nundiche	OAX	Alta
Santa María Nduayaco	OAX	Alta	Santiago Nuyoó	OAX	Alta
Santa María Ozolotepec	OAX	Alta	Santiago Pinotepa Nacional	OAX	Media
Santa María Papalo	OAX	Alta	Santiago Suchilquitongo	OAX	Media
Santa María Peñoles	OAX	Alta	Santiago Tamazola	OAX	Media
Santa María Petapa	OAX	Alta	Santiago Tapextla	OAX	Alta
Santa María Quiegotlani	OAX	Media	Villa Tejúpam de la Unión	OAX	Media
Santa María Sola	OAX	Alta	Santiago Tenango	OAX	Alta
Santa María Tataltepec	OAX	Alta	Santiago Tepetlapa	OAX	Alta
Santa María Tecomavaca	OAX	Alta	Santiago Tetepec	OAX	Alta
Santa María Temascalapa	OAX	Media	Santiago Texcalcingo	OAX	Alta
Santa María Temascaltepec	OAX	Alta	Santiago Textitlán	OAX	Alta
Santa María Teopoxco	OAX	Alta	Santiago Tilantongo	OAX	Alta
Santa María Tepantlali	OAX	Alta	Santiago Tillo	OAX	Media
Santa María Texcatitlán	OAX	Alta	Santiago Tlazoyaltepec	OAX	Alta
Santa María Tlahuitoltepec	OAX	Alta	Santiago Xanica	OAX	Alta
Santa María Tlaxiactac	OAX	Alta	Santiago Xiacuí	OAX	Media

Municipio	Estado	Vulnerabilidad	Municipio	Estado	Vulnerabilidad
Santa María Tonameca	OAX	Alta	Santiago Yaitepec	OAX	Alta
Santa María Totolapilla	OAX	Alta	Santiago Yaveo	OAX	Alta
Santa María Xadani	OAX	Media	Santiago Yolomécatl	OAX	Media
Santa María Yalina	OAX	Media	Santiago Yosondúa	OAX	Alta
Santa María Yavesía	OAX	Media	Santiago Yucuyachi	OAX	Media
Santa María Yolotepec	OAX	Alta	Santiago Zacatepec	OAX	Alta
Santa María Yosoyua	OAX	Alta	Santiago Zochila	OAX	Alta
Santa María Yucuhiti	OAX	Alta	Nuevo Zoquiapam	OAX	Alta
Santa María Zacatepec	OAX	Alta	Santo Domingo Ingenio	OAX	Media
Santa María Zaniza	OAX	Alta	Santo Domingo Albarradas	OAX	Alta
Santa María Zoquitlán	OAX	Alta	Santo Domingo Armenta	OAX	Alta
Santiago Amoltepec	OAX	Alta	Santo Domingo Chihuitan	OAX	Media
Santiago Apoala	OAX	Alta	Santo Domingo de Morelos	OAX	Alta
Santiago Apóstol	OAX	Alta	Santo Domingo Ixcatlán	OAX	Alta
Santiago Astata	OAX	Alta	Santo Domingo Nuxaa	OAX	Alta
Santiago Atitlan	OAX	Alta	Santo Domingo Ozolotepec	OAX	Alta
Santiago Ayuquillilla	OAX	Alta	Santo Domingo Petapa	OAX	Alta
Santiago Cacaloxtotec	OAX	Alta	Santo Domingo Roayaga	OAX	Alta
Santiago Camotlán	OAX	Alta	Santo Domingo Tehuantepec	OAX	Media
Santiago Comaltepec	OAX	Alta	Santo Domingo Teojomulco	OAX	Alta
Santiago Chazumba	OAX	Media	Santo Domingo Tepuxtepec	OAX	Alta
Santiago Choapam	OAX	Alta	Santo Domingo Tlatayápam	OAX	Media
Santiago del Río	OAX	Alta	Santo Domingo Tomaltepec	OAX	Media
Santiago Huajolotitlán	OAX	Media	Santo Domingo Tonalá	OAX	Media
Santiago Huaucilla	OAX	Alta	Santo Domingo Tonaltepec	OAX	Alta
Santiago Ihuatlán Plumas	OAX	Alta	Santo Domingo Xagacia	OAX	Alta
Santiago Ixcuintepec	OAX	Alta	Santo Domingo Yanhuatlán	OAX	Media
Santiago Ixtayutla	OAX	Alta	Santo Domingo Yodohino	OAX	Media
Santiago Jamiltepec	OAX	Media	Santo Domingo Zanatepec	OAX	Media
Santiago Jocotepec	OAX	Alta	Santos Reyes Nopala	OAX	Alta
Santiago Juxtlahuaca	OAX	Media	Santos Reyes Pápalo	OAX	Alta
Santiago Lachiguiri	OAX	Alta	Santos Reyes Tepejillo	OAX	Media

Municipio	Estado	Vulnerabilidad	Municipio	Estado	Vulnerabilidad
Santiago Lalopa	OAX	Alta	Santos Reyes Yucuná	OAX	Alta
Santiago Laollaga	OAX	Media	Santo Tomás Jalieza	OAX	Alta
Santiago Laxopa	OAX	Alta	Santo Tomás Mazaltepec	OAX	Media
Santiago Llano Grande	OAX	Alta	Santo Tomás Ocoatepec	OAX	Alta
San Vicente Coatlán	OAX	Alta	Santo Tomás Tamazulapam	OAX	Media
San Vicente Lachixio	OAX	Alta	Atzitzintla	PUE	Alta
San Vicente Nuñú	OAX	Alta	Axutla	PUE	Media
Silacayoápam	OAX	Media	Ayotoxco de Guerrero	PUE	Alta
Sitio de Xitlapehua	OAX	Alta	Calpan	PUE	Media
Soledad Etla	OAX	Media	Caltepec	PUE	Alta
Villa de Tamazulapam del Progreso	OAX	Media	Camocuautila	PUE	Alta
Tanetze de Zaragoza	OAX	Alta	Caxhuacan	PUE	Alta
Taniche	OAX	Alta	Coatepec	PUE	Alta
Tataltepec de Valdes	OAX	Alta	Coatzingo	PUE	Media
Teococuilco de Marcos Pérez	OAX	Alta	Cohetzala	PUE	Media
Teotitlán de Flores Magón	OAX	Media	Cohuecan	PUE	Alta
Teotitlán del Valle	OAX	Media	Coronango	PUE	Media
Teotongo	OAX	Media	Coxcatlan	PUE	Media
Tepelmeme Villa de Morelos	OAX	Alta	Coyomeapan	PUE	Alta
Tezoatlán de Segura y Luna	OAX	Alta	Coyotepec	PUE	Media
San Jerónimo Tlacochahuaya	OAX	Media	Cuapixtla de Madero	PUE	Media
Tlacolula de Mata	OAX	Media	Cuautempan	PUE	Alta
Tlacotepec Plumas	OAX	Alta	Cuautinchan	PUE	Media
Tlalixtac de Cabrera	OAX	Media	Cuautlancingo	PUE	Baja
Totontepec Villa de Morelos	OAX	Alta	Cuayuca de Andrade	PUE	Alta
Trinidad Zaachila	OAX	Alta	Cuétzalan del Progreso	PUE	Alta
La Trinidad Vista Hermosa	OAX	Media	Cuyoaco	PUE	Media
Unión Hidalgo	OAX	Baja	Chalchicomula de Sesma	PUE	Media
Valerio Trujano	OAX	Alta	Chapulco	PUE	Media
San Juan Bautista Valle Nacional	OAX	Alta	Chiautla	PUE	Media
Villa Díaz Ordaz	OAX	Alta	Chiautzingo	PUE	Media
Yaxe	OAX	Alta	Chiconcuautla	PUE	Alta
Magdalena Yodocono de Porfirio Díaz	OAX	Alta	Chichiquila	PUE	Alta
Yogana	OAX	Alta	Chietla	PUE	Media
Yutanduchi de Guerrero	OAX	Alta	Chigmecatitlán	PUE	Media
Villa de Zaachila	OAX	Media	Chignahuapan	PUE	Media
Zapotitlán del Río	OAX	Alta	Chignautla	PUE	Media

Municipio	Estado	Vulnerabilidad	Municipio	Estado	Vulnerabilidad
Zapotitlán Lagunas	OAX	Alta	Chila	PUE	Media
Zapotitlán Palmas	OAX	Media	Chila de la Sal	PUE	Media
Santa Inés de Zaragoza	OAX	Alta	Honey	PUE	Alta
Zimatlán de Alvarez	OAX	Media	Chilchotla	PUE	Alta
Acajete	PUE	Media	Chinantla	PUE	Media
Acateno	PUE	Alta	Domingo Arenas	PUE	Media
Acatlán	PUE	Media	Eloxochitlán	PUE	Alta
Acatzingo	PUE	Media	Epatlán	PUE	Media
Acteopan	PUE	Alta	Esperanza	PUE	Media
Ahuacatlán	PUE	Alta	Francisco Z. Mena	PUE	Alta
Ahuatlán	PUE	Alta	General Felipe Angeles	PUE	Media
Ahuazotepec	PUE	Media	Guadalupe	PUE	Media
Ahuehuetitla	PUE	Media	Guadalupe Victoria	PUE	Media
Ajalpan	PUE	Alta	Hermenegildo Galeana	PUE	Alta
Albino Zertuche	PUE	Media	Huaquechula	PUE	Media
Aljojuca	PUE	Media	Huatlatlauca	PUE	Media
Altepeixi	PUE	Media	Huachinango	PUE	Media
Amixtlán	PUE	Alta	Huehuetla	PUE	Alta
Amozoc	PUE	Media	Huehuetlan el Chico	PUE	Media
Aquixtla	PUE	Alta	Huejotzingo	PUE	Media
Atempan	PUE	Alta	Hueyapan	PUE	Alta
Atexcal	PUE	Alta	Hueytamalco	PUE	Alta
Atlixco	PUE	Baja	Hueytlalpan	PUE	Alta
Atoyatempan	PUE	Media	Huitzilán de Serdán	PUE	Alta
Atzala	PUE	Media	Huitziltepec	PUE	Media
Atzitzihuacan	PUE	Alta	Atlequizayan	PUE	Alta
Ixcaquixtla	PUE	Media	Ixcamilpa de guerrero	PUE	Alta
Ixtacamaxtitlán	PUE	Alta	San Pedro Yeloixtlahuaca	PUE	Media
Ixtepec	PUE	Alta	San Salvador el Seco	PUE	Media
Izúcar de Matamoros	PUE	Media	San Salvador el Verde	PUE	Media
Jalpan	PUE	Alta	San Salvador Huixcolotla	PUE	Media
Jolalpan	PUE	Alta	San Sebastián Tlacotepec	PUE	Alta
Jonotla	PUE	Alta	Santa Catarina Tlaltempan	PUE	Media
Jopala	PUE	Alta	Santa Inés Ahuatempan	PUE	Alta
Juan C. Bonilla	PUE	Media	Santa Isabel Cholula	PUE	Media
Juan Galindo	PUE	Baja	Santiago Miahuatlán	PUE	Media
Juan N. Méndez	PUE	Alta	Huehuetlán el Grande	PUE	Alta
Lafragua	PUE	Media	Santo Tomás	PUE	Media

Municipio	Estado	Vulnerabilidad	Municipio	Estado	Vulnerabilidad
			Hueyotlipán		
Libres	PUE	Media	Soltepec	PUE	Media
La Magdalena Tlatlauquitepec	PUE	Media	Tecali de Herrera	PUE	Media
Mazapiltepec de Juárez	PUE	Media	Tecamachalco	PUE	Media
Mixtla	PUE	Media	Tecomatlán	PUE	Media
Molcaxac	PUE	Media	Tehuacán	PUE	Baja
Cañada Morelos	PUE	Media	Tehuizingo	PUE	Media
Naupan	PUE	Alta	Tenampulco	PUE	Alta
Nauzontla	PUE	Alta	Teopantlán	PUE	Alta
Nealtican	PUE	Media	Teotlalco	PUE	Media
Nicolás Bravo	PUE	Media	Tepanco de López	PUE	Media
Nopalucan	PUE	Media	Tepango de Rodríguez	PUE	Alta
Ocoatepec	PUE	Media	Tepatlaxco de Hidalgo	PUE	Media
Ocoyucan	PUE	Media	Tepeaca	PUE	Media
Olintla	PUE	Alta	Tepemaxalco	PUE	Alta
Oriental	PUE	Media	Tepeojuma	PUE	Media
Pahuatlán	PUE	Alta	Tepetzintla	PUE	Alta
Palmar de Bravo	PUE	Media	Tepexco	PUE	Alta
Pantepec	PUE	Alta	Tepexi de Rodríguez	PUE	Media
Petlalcingo	PUE	Media	Tepeyahualco	PUE	Media
Pixtla	PUE	Media	Tepeyahualco de Cuauhtémoc	PUE	Media
Puebla	PUE	Baja	Tetela de Ocampo	PUE	Alta
Quecholac	PUE	Media	Teteles de Ávila Castillo	PUE	Media
Quimixtlán	PUE	Alta	Teziutlán	PUE	Baja
Rafael Lara Grajales	PUE	Media	Tianguismanalco	PUE	Media
Los Reyes de Juárez	PUE	Media	Tilaza	PUE	Media
San Andrés Cholula	PUE	Baja	Tlacotepec de Benito Juárez	PUE	Media
San Antonio Cañada	PUE	Alta	Tlacuilotepec	PUE	Alta
San Diego la Mesa Tochimiltzingo	PUE	Alta	Tlachichuca	PUE	Media
San Felipe Teotlalcingo	PUE	Media	Tlahuapan	PUE	Media
San Felipe Tepatlán	PUE	Alta	Tlaltenango	PUE	Media
San Gabriel Chilac	PUE	Media	Tlanepantla	PUE	Media
San Gregorio Atzompa	PUE	Baja	Tlaola	PUE	Alta
San Jerónimo Tecuaniapan	PUE	Media	Tlapacoya	PUE	Alta
San Jerónimo Xayacatlán	PUE	Alta	Tlapanala	PUE	Media
San José Chiapa	PUE	Media	Tlatlauquitepec	PUE	Media
San José Miahuatlán	PUE	Media	Tlaxco	PUE	Alta
San Juan Atenco	PUE	Media	Tochimilco	PUE	Alta
San Juan Atzompa	PUE	Media	Tochtepec	PUE	Media
San Martín Texmelucan	PUE	Baja	Totoltepec de Guerrero	PUE	Alta

Municipio	Estado	Vulnerabilidad	Municipio	Estado	Vulnerabilidad
San Martín Totoltepec	PUE	Media	Tulcingo	PUE	Media
San Matías Tlalancaleca	PUE	Media	Tuzamapan de Galeana	PUE	Alta
San Miguel Ixitlán	PUE	Alta	Tzicatlacoyan	PUE	Alta
San Miguel Xoxtla	PUE	Baja	Venustiano Carranza	PUE	Media
San Nicolás Buenos Aires	PUE	Media	Vicente Guerrero	PUE	Alta
San Nicolás de los Ranchos	PUE	Media	Xayacatlán de Bravo	PUE	Media
San Pablo Anicano	PUE	Media	Xicotepec	PUE	Media
San Pedro Cholula	PUE	Baja	Xicotlán	PUE	Media
Xochiapulco	PUE	Alta	Xiutetelco	PUE	Media
Xochiltepec	PUE	Media	Ebano	SLP	Media
Xochitlán de Vicente Suárez	PUE	Alta	Guadalcázar	SLP	Alta
Xochitlán Todos Santos	PUE	Alta	Huehuetlán	SLP	Alta
Yaonahuac	PUE	Media	Lagunillas	SLP	Alta
Yehualtepec	PUE	Media	Matehuala	SLP	Baja
Zacapala	PUE	Media	Mexquitic de Carmona	SLP	Media
Zacapoaxtla	PUE	Media	Moctezuma	SLP	Media
Zacatlán	PUE	Media	Rayón	SLP	Media
Zapotitlán	PUE	Media	Rioverde	SLP	Media
Zapotitlán de Méndez	PUE	Alta	Salinas	SLP	Media
Zaragoza	PUE	Media	San Antonio	SLP	Alta
Zautla	PUE	Alta	San Ciro de Acosta	SLP	Media
Zihuateutla	PUE	Alta	San Luis Potosí	SLP	Baja
Zinacatepec	PUE	Media	San Martín Chalchicuautla	SLP	Alta
Zongozotla	PUE	Media	San Nicolás Tolentino	SLP	Media
Zoquiapan	PUE	Alta	Santa Catarina	SLP	Alta
Zoquitlán	PUE	Alta	Santa María del Río	SLP	Media
Amealco de Bonfil	QRO	Media	Santo Domingo	SLP	Media
Pinal de Amoles	QRO	Alta	San Vicente Tancuayalab	SLP	Alta
Arroyo Seco	QRO	Media	Soledad de Graciano Sánchez	SLP	Baja
Cadereyta de Montes	QRO	Media	Tamasopo	SLP	Media
Colón	QRO	Media	Tamazunchale	SLP	Media
Corregidora	QRO	Baja	Tampacan	SLP	Alta
Ezequiel Montes	QRO	Media	Tampamolón Corona	SLP	Alta
Huimilpan	QRO	Media	Tamuín	SLP	Media
Jalpan de Serra	QRO	Media	Tanlajás	SLP	Alta
Landa de Matamoros	QRO	Media	Tanquián de Escobedo	SLP	Media
El Marqués	QRO	Media	Tierranueva	SLP	Media
Pedro Escobedo	QRO	Media	Vanegas	SLP	Media
Peñamiller	QRO	Media	Venado	SLP	Media

Municipio	Estado	Vulnerabilidad	Municipio	Estado	Vulnerabilidad
Querétaro	QRO	Baja	Villa de Arriaga	SLP	Media
San Joaquín	QRO	Media	Villa de Guadalupe	SLP	Media
San Juan del Río	QRO	Baja	Villa de la Paz	SLP	Baja
Tequisquiapan	QRO	Baja	Villa de Ramos	SLP	Media
Tolimán	QRO	Media	Villa de Reyes	SLP	Media
Cozumel	QROO	Baja	Villa Hidalgo	SLP	Media
Felipe Carrillo	QROO	Media	Villa Juárez	SLP	Media
Isla Mujeres	QROO	Baja	Axtla de Terrazas	SLP	Alta
Othon P. Blanco	QROO	Baja	Xilitla	SLP	Alta
Benito Juárez	QROO	Baja	Zaragoza	SLP	Media
Jose María Morelos	QROO	Alta	Villa de Arista	SLP	Media
Lázaro Cárdenas	QROO	Media	Matlapa	SLP	Alta
Solidaridad	QROO	Baja	El Naranjo	SLP	Media
Ahualulco	SLP	Media	Ahome	SIN	Baja
Alaquines	SLP	Alta	Angostura	SIN	Baja
Aquismon	SLP	Alta	Badiraguato	SIN	Alta
Armadillo de los Infante	SLP	Media	Concordia	SIN	Media
Cárdenas	SLP	Media	Cosala	SIN	Media
Catorce	SLP	Media	Culiacán	SIN	Baja
Cedral	SLP	Media	Choix	SIN	Media
Cerritos	SLP	Media	Elota	SIN	Media
Cerro de San Pedro	SLP	Media	Escuinapa	SIN	Baja
Ciudad del Maíz	SLP	Media	El Fuerte	SIN	Media
Ciudad Fernández	SLP	Media	Guasave	SIN	Baja
Tancanhuitz de Santos	SLP	Alta	Mazatlán	SIN	Baja
Ciudad Valles	SLP	Baja	Mocorito	SIN	Media
Coxcatlán	SLP	Alta	Rosario	SIN	Media
Charcas	SLP	Media	Salvador Alvarado	SIN	Baja
Sinaloa	SIN	Media	San Ignacio	SIN	Media
Navolato	SIN	Media	Santa Ana	SON	Baja
Aconchi	SON	Baja	Santa Cruz	SON	Media
Agua Prieta	SON	Baja	Sáric	SON	Baja
Alamos	SON	Media	Soyopa	SON	Media
Altar	SON	Baja	Suaqui Grande	SON	Media
Arivechi	SON	Media	Tepache	SON	Media
Arizpe	SON	Media	Trincheras	SON	Baja
Atil	SON	Baja	Tubutama	SON	Media
Bacadéhuachi	SON	Media	Ures	SON	Baja
Bacanora	SON	Media	Villa Hidalgo	SON	Media
Bacerac	SON	Media	Villa Pesqueira	SON	Media
Bacoachi	SON	Media	Yécora	SON	Media
Bácum	SON	Media	General Plutarco Elías Calles	SON	Baja
Banámichi	SON	Baja	Benito Juárez	SON	Baja
Baviácora	SON	Baja	San Ignacio Río	SON	Media

Municipio	Estado	Vulnerabilidad	Municipio	Estado	Vulnerabilidad
			Muerto		
Bavispe	SON	Media	Balancán	TAB	Media
Benjamín hill	SON	Baja	Cárdenas	TAB	Media
Caborca	SON	Baja	Centra	TAB	Media
Cajeme	SON	Baja	Centro	TAB	Baja
Cananea	SON	Baja	Comalcalco	TAB	Media
Carbó	SON	Baja	Cunduacán	TAB	Media
La Colorada	SON	Media	Emiliano Zapata	TAB	Baja
Cucurpe	SON	Media	Huimanguillo	TAB	Media
Cumpas	SON	Baja	Jalapa	TAB	Media
Divisaderos	SON	Media	Jalpa de Méndez	TAB	Media
Empalme	SON	Baja	Jonuta	TAB	Media
Etchojoa	SON	Media	Macuspana	TAB	Media
Fronteras	SON	Baja	Nacajuca	TAB	Media
Granados	SON	Baja	Paraíso	TAB	Media
Guaymas	SON	Baja	Tacotalpa	TAB	Media
Hermosillo	SON	Baja	Teapa	TAB	Media
Huachinera	SON	Media	Tenosique	TAB	Media
Huasabas	SON	Baja	Abasolo	TAMPS	Baja
Huatabampo	SON	Media	Aldama	TAMPS	Media
Huépac	SON	Baja	Altamira	TAMPS	Baja
Imuris	SON	Baja	Antiguo Morelos	TAMPS	Media
Magdalena	SON	Baja	Burgos	TAMPS	Media
Mazatán	SON	Baja	Bustamante	TAMPS	Alta
Moctezuma	SON	Baja	Camargo	TAMPS	Baja
Naco	SON	Baja	Casas	TAMPS	Media
Nácori Chico	SON	Media	Ciudad Madero	TAMPS	Baja
Nacozari de García	SON	Baja	Cruillas	TAMPS	Media
Navojoa	SON	Baja	Gómez Farias	TAMPS	Media
Nogales	SON	Baja	González	TAMPS	Media
Onavas	SON	Media	Güemez	TAMPS	Media
Opodepe	SON	Media	Guerrero	TAMPS	Baja
Oquitoa	SON	Media	Gustavo Díaz Ordaz	TAMPS	Baja
Pitiquito	SON	Baja	Hidalgo	TAMPS	Media
Puerto Peñasco	SON	Baja	Jaumave	TAMPS	Media
Quiriego	SON	Media	Jiménez	TAMPS	Baja
Rayón	SON	Media	Llera	TAMPS	Media
Rosario	SON	Media	Mainero	TAMPS	Media
Sahuaripa	SON	Media	El Mante	TAMPS	Baja
San Felipe de Jesús	SON	Baja	Matamoros	TAMPS	Baja
San Javier	SON	Baja	Méndez	TAMPS	Media
San Luis Rio Colorado	SON	Baja	Mier	TAMPS	Baja
San Miguel de Horcasitas	SON	Media	Miguel Alemán	TAMPS	Baja
San Pedro de la Cueva	SON	Media	Miquihuana	TAMPS	Alta

Municipio	Estado	Vulnerabilidad	Municipio	Estado	Vulnerabilidad
Nuevo Morelos	TAMPS	Media	Nuevo Laredo	TAMPS	Baja
Ocampo	TAMPS	Media	Zacatelco	TLAX	Baja
Padilla	TAMPS	Media	Benito Juárez	TLAX	Media
Palmillas	TAMPS	Media	Emiliano Zapata	TLAX	Media
Reynosa	TAMPS	Baja	Lázaro Cárdenas	TLAX	Media
Río Bravo	TAMPS	Baja	La Magdalena Tlaltelulco	TLAX	Media
San Carlos	TAMPS	Media	San Damián Texoloc	TLAX	Baja
San Fernando	TAMPS	Media	San Francisco Tetlanohcan	TLAX	Media
San Nicolás	TAMPS	Alta	San Jerónimo Zacualpan	TLAX	Baja
Soto la Marina	TAMPS	Media	San Jose Teacalco	TLAX	Media
Tampico	TAMPS	Baja	San Juan Huactzingo	TLAX	Baja
Tula	TAMPS	Media	San Lorenzo Axocomanitla	TLAX	Baja
Valle Hermoso	TAMPS	Baja	San Lucas Tecopilco	TLAX	Media
Victoria	TAMPS	Baja	Santa Ana Nopalucan	TLAX	Media
Villagrán	TAMPS		Santa Apolonia Teacalco	TLAX	Media
Xicoténcatl	TAMPS	Media	Santa Catarina Ayometla	TLAX	Baja
Amaxac de Guerrero	TLAX	Media	Santa Cruz Quilehtla	TLAX	Media
Apetatitlán de Antonio Carvajal	TLAX	Baja	Santa Isabel Xiloxotla	TLAX	Media
Atlangatepec	TLAX	Baja	Acajete	VER	Media
Altzayanca	TLAX	Media	Acatlán	VER	Media
Apizaco	TLAX	Media	Acayucán	VER	Media
Calpulalpan	TLAX	Baja	Actopan	VER	Media
El Carmen Tequexquitla	TLAX	Baja	Acula	VER	Media
Cuapixtla	TLAX	Media	Acultzingo	VER	Alta
Cuaxomulco	TLAX	Media	Camaron de Tejeda	VER	Media
Chiautempan	TLAX	Media	Alpatlahuac	VER	Alta
Muñoz de Domingo Arenas	TLAX	Baja	Alto lucero de Gutiérrez Barrios	VER	Media
Españita	TLAX	Media	Altotonga	VER	Alta
Huamantla	TLAX	Media	Alvarado	VER	Media
Hueyotlipan	TLAX	Media	Amatitlán	VER	Media
Ixtacuixtla de Mariano Matamoros	TLAX	Media	Naranjos Amatitlán	VER	Baja
Ixtenco	TLAX	Media	Amatitlán de los Reyes	VER	Media
Mazatecochco de Jose María Morelos	TLAX	Media	Angel R. Cabada	VER	Media
Contra de Juan Cuamatzi	TLAX	Media	La Antigua	VER	Baja
Tepetitla de Lardizabal	TLAX	Media	Apazapán	VER	Media
Sanctorum de Lázaro Cárdenas	TLAX	Media	Aquila	VER	Alta

Municipio	Estado	Vulnerabilidad	Municipio	Estado	Vulnerabilidad
Nanacamilpa de Mariano Arista	TLAX	Media	Astacinga	VER	Alta
Acuamanala de Miguel Hidalgo	TLAX	Media	Atlahuilco	VER	Alta
Nativitas	TLAX	Baja	Atoyac	VER	Media
Panotla	TLAX	Media	Atzacán	VER	Media
San Pablo del Monte	TLAX	Baja	Atzalán	VER	Alta
Santa Cruz Tlaxcala	TLAX	Media	Tlaltetela	VER	Alta
Tenancingo	TLAX	Media	Ayahualulco	VER	Alta
Teolochoico	TLAX	Baja	Banderilla	VER	Baja
Tepeyanco	TLAX	Media	Benito Juárez	VER	Alta
Terrenate	TLAX	Baja	Boca del Río	VER	Baja
Tetla de la Solidaridad	TLAX	Media	Calchahuaco	VER	Alta
Tetlatlahuca	TLAX	Media	Camerino Mendoza Z.	VER	Baja
Tlaxcala	TLAX	Media	Carrillo Puerto	VER	Alta
Tlaxco	TLAX	Baja	Catemaco	VER	Media
Tocatlán	TLAX	Media	Cazones	VER	Alta
Totolac	TLAX	Media	Cerro Azul	VER	Baja
Zitlaltepec de Trinidad Sánchez Santos	TLAX	Baja	Citlaltépetl	VER	Alta
Tzompantepec	TLAX	Media	Coacoatzintla	VER	Media
Xaloztoc	TLAX	Baja	Coahuatlán	VER	Alta
Xaltocán	TLAX	Media	Coatepec	VER	Baja
Papalotla de Xicohténcatl	TLAX	Media	Coatzacoalcos	VER	Baja
Xicotzingo	TLAX	Baja	Coatzintla	VER	Media
Yauhquemehcan	TLAX	Baja	Coetzala	VER	Alta
Comapa	VER	Baja	Colipa	VER	Media
Cordoba	VER	Alta	Martínez de la Torre	VER	Media
Cosamaloapan de Carpio	VER	Baja	Mecatlán	VER	Alta
Cosautlán de Carvajal	VER	Baja	Mecayapan	VER	Alta
Coscomatepec	VER	Media	Medellín	VER	Media
Cosoleacaque	VER	Alta	Miahuatlán	VER	Media
Cotaxtla	VER	Media	Las Minas	VER	Alta
Coxquihui	VER	Media	Minatitlán	VER	Baja
Coyutla	VER	Alta	Misantla	VER	Media
Cuichapa	VER	Media	Mixtla de Altamirano	VER	Alta
Cuitlahuac	VER	Media	Moloacan	VER	Media
Chacaltianguis	VER	Media	Naolinco	VER	Media
Chalma	VER	Alta	Naranjal	VER	Alta
Chiconamel	VER	Alta	Nautla	VER	Media
Chiconquiaco	VER	Alta	Nogales	VER	Media
Chicontepepec	VER	Alta	Oluta	VER	Media
Chinameca	VER	Media	Omealca	VER	Media
Chinampa de Gorostiza	VER	Alta	Orizaba	VER	Baja
Las Choapas	VER	Media	Otatitlán	VER	Media

Municipio	Estado	Vulnerabilidad	Municipio	Estado	Vulnerabilidad
Chocamán	VER	Media	Oteapán	VER	Media
Chontla	VER	Alta	Ozuluama de Mascareñas	VER	Media
Chumatlán	VER	Alta	Pajapan	VER	Alta
Emiliano Zapata	VER	Media	Panuco	VER	Media
Espinal	VER	Alta	Papantla	VER	Media
Filomeno Mata	VER	Alta	Paso del Macho	VER	Media
Fortín	VER	Baja	Paso de Ovejas	VER	Media
Gutiérrez Zamora	VER	Media	La Perla	VER	Alta
Hidalgotitlán	VER	Alta	Perote	VER	Media
Huatusco	VER	Media	Platón Sánchez	VER	Media
Huayacocotla	VER	Alta	Playa Vicente	VER	Media
Hueyapan de ocampo	VER	Media	Poza Rica de Hidalgo	VER	Baja
Huiloapan	VER	Media	Las Vigas de Ramírez	VER	Media
Ignacio de la Llave	VER	Media	Pueblo Viejo	VER	Media
Ilamatlán	VER	Alta	Puente Nacional	VER	Media
Isla	VER	Media	Rafael Delgado	VER	Media
Ixcatepec	VER	Alta	Rafael Lucio	VER	Media
Ixhuacán de los Reyes	VER	Alta	Los Reyes	VER	Alta
Ixhuatlán del Café	VER	Alta	Rio Blanco	VER	Baja
Ixhuatlancillo	VER	Media	Saltabarranca	VER	Media
Ixhuatlán del Sureste	VER	Media	San Andrés Tenejapan	VER	Alta
Ixhuatlán de Madero	VER	Alta	San Andrés Tuxtla	VER	Media
Ixmattlahuacán	VER	Media	San Juan Evangelista	VER	Media
Ixtaczoquitlán	VER	Media	San Rafael	VER	Media
Jalacingo	VER	Alta	Santiago Tuxtla	VER	Media
Xalapa	VER	Baja	Santiago Sochiapa	VER	Media
Jalcomulco	VER	Media	Sayula de Alemán	VER	Media
Jaltipan	VER	Media	Soconusco	VER	Media
Jamapa	VER	Media	Sochiapa	VER	Alta
Jesús Carranza	VER	Media	Soledad Atzompa	VER	Alta
Xico	VER	Media	Soledad Doblado	VER	Media
Jilotepec	VER	Media	Soteapan	VER	Alta
Juan Rodríguez Clara	VER	Media	Tamalín	VER	Media
Juchique de Ferrer	VER	Media	Tamiahua	VER	Media
Landeroy y Coss	VER	Media	Tampico Alto	VER	Media
Lerdo de Tejada	VER	Baja	Tancoco	VER	Alta
Magdalena	VER	Alta	Tantima	VER	Alta
Maltrata	VER	Media	Tantoyuca	VER	Alta
Manlio Fabio Alta	VER	Media	Tatatila	VER	Alta
Mariano Escobedo	VER	Media	Castillo de Teayo	VER	Alta
Tehuipango	VER	Alta	Tecolutla	VER	Media

Municipio	Estado	Vulnerabilidad	Municipio	Estado	Vulnerabilidad
Temapache	VER	Media	Calotmul	YUC	Alta
Tempoal	VER	Media	Cansahcab	YUC	Media
Tenampa	VER	Alta	Cantamayec	YUC	Alta
Tenochtitlán	VER	Alta	Celestún	YUC	Media
Teocelo	VER	Media	Cenotillo	YUC	Media
Tepatlxco	VER	Alta	Conkal	YUC	Media
Tepetlán	VER	Media	Cuncunul	YUC	Alta
Tepetzintla	VER	Alta	Cuzama	YUC	Media
Tequila	VER	Alta	Chacsinkín	YUC	Alta
Jose Azueta	VER	Media	Chankom	YUC	Alta
Texcatepec	VER	Alta	Chapab	YUC	Alta
Texhuacán	VER	Alta	Chemax	YUC	Alta
Texistepec	VER	Media	Chicxulub Pueblo	YUC	Media
Tezonapa	VER	Alta	Chichimilá	YUC	Alta
Tierra Blanca	VER	Media	Chikindzonot	YUC	Alta
Tihuatlán	VER	Media	Chochola	YUC	Media
Tlacojalpan	VER	Media	Chumayel	YUC	Alta
Tlacolulan	VER	Alta	Dzán	YUC	Media
Tlacotalpan	VER	Media	Dzemul	YUC	Media
Tlacotepec de Mejía	VER	Alta	Dzidzantún	YUC	Media
Tlachichilco	VER	Alta	Dzilam de Bravo	YUC	Media
Tlalixcoyan	VER	Media	Dzilam González	YUC	Media
Tlalnelhuayocan	VER	Media	Dzitás	YUC	Alta
Tlapacoyan	VER	Media	Dzoncauich	YUC	Media
Tlaquilpan	VER	Alta	Espita	YUC	Alta
Tlilapan	VER	Media	Halachó	YUC	Media
Tomatlán	VER	Media	Hocabá	YUC	Media
Tonayan	VER	Alta	Hoctún	YUC	Media
Totutla	VER	Media	Homún	YUC	Media
Tuxpan	VER	Baja	Huhí	YUC	Media
Tuxtilla	VER	Media	Hunucmá	YUC	Media
Ursulo Galván	VER	Baja	Ixil	YUC	Media
Vega de Alatorre	VER	Media	Izamal	YUC	Media
Veracruz	VER	Baja	Kanasín	YUC	Media
Villa Aldama	VER	Media	Kantunil	YUC	Media
Xoxocotla	VER	Alta	Kaua	YUC	Alta
Yanga	VER	Media	Kinchil	YUC	Media
Yecuatlán	VER	Media	Kopomá	YUC	Media
Zacualpan	VER	Alta	Mama	YUC	Alta
Zaragoza	VER	Alta	Maní	YUC	Media
Zentla	VER	Media	Maxcanú	YUC	Media
Zongolica	VER	Alta	Mayapán	YUC	Alta
Zontecomatlán de López y Fuentes	VER	Alta	Mérida	YUC	Baja
Zozocolco de Hidalgo	VER	Alta	Mococha	YUC	Media

Municipio	Estado	Vulnerabilidad	Municipio	Estado	Vulnerabilidad
Agua Dulce	VER	Baja	Motul	YUC	Media
El Higo	VER	Media	Muna	YUC	Media
Nanchital de Lázaro Cárdenas del Río	VER	Baja	Muxupip	YUC	Media
Tres Valles	VER	Media	Opichén	YUC	Alta
Carlos A. Carrillo	VER	Baja	Oxkutzcab	YUC	Media
Tatahuicapan de Juárez	VER	Alta	Panabá	YUC	Media
Uxpanapa	VER	Alta	Peto	YUC	Media
Abalá	YUC	Media	Progreso	YUC	Baja
Acanceh	YUC	Media	Quintana Roo	YUC	Alta
Akil	YUC	Media	Río Lagartos	YUC	Media
Baca	YUC	Media	Sacalum	YUC	Media
Bokobá	YUC	Media	Samahil	YUC	Media
Buctzotz	YUC	Media	Sanahcat	YUC	Media
Cacalchén	YUC	Media	San Felipe	YUC	Media
Seye	YUC	Media	Santa Elena	YUC	Media
Sinanche	YUC	Media	Jerez	ZAC	Baja
Sotuta	YUC	Alta	Jiménez del Teul	ZAC	Media
Sucilá	YUC	Media	Juan Aldama	ZAC	Media
Sudzal	YUC	Alta	Juchipila	ZAC	Baja
Suma	YUC	Media	Loreto	ZAC	Media
Tahdziú	YUC	Alta	Luis Moya	ZAC	Media
Tahmek	YUC	Media	Mazapil	ZAC	Media
Teabo	YUC	Alta	Melchor Ocampo	ZAC	Media
Tecoh	YUC	Media	Mezquital del Oro	ZAC	Media
Tekal de Venegas	YUC	Media	Miguel Auza	ZAC	Media
Tekantó	YUC	Media	Momax	ZAC	Media
Tekax	YUC	Media	Monte Escobedo	ZAC	Media
Tekit	YUC	Media	Morelos	ZAC	Baja
Tekom	YUC	Alta	Moyahua de Estrada	ZAC	Media
Telchac Pueblo	YUC	Media	Nochistlan de Mejía	ZAC	Media
Telchac Puerto	YUC	Media	Noria de Angeles	ZAC	Media
Temax	YUC	Media	Ojocaliente	ZAC	Media
Temozón	YUC	Alta	Pánuco	ZAC	Media
Tepakán	YUC	Media	Pinos	ZAC	Media
Tetiz	YUC	Media	Rio Grande	ZAC	Media
Teya	YUC	Media	Sain Alto	ZAC	Media
Ticul	YUC	Media	El Salvador	ZAC	Media
Timucuy	YUC	Media	Santa María de la Paz	ZAC	Media
Tinum	YUC	Media	Sombrerete	ZAC	Media
Tixcacalcupul	YUC	Alta	Susticacán	ZAC	Media
Tixkokob	YUC	Media	Tabasco	ZAC	Media
Tixmehuac	YUC	Alta	Tepechtlán	ZAC	Media
Tixpéhual	YUC	Media	Tepetongo	ZAC	Media

Municipio	Estado	Vulnerabilidad	Municipio	Estado	Vulnerabilidad
Tizimín	YUC	Media	Teul de González Ortega	ZAC	Media
Tunkas	YUC	Media	Tlaltenango de Sánchez Román	ZAC	Baja
Tzucacab	YUC	Media	Valparaíso	ZAC	Media
Uayma	YUC	Alta	Vetagrande	ZAC	Media
Ucú	YUC	Media	Villa de Cos	ZAC	Media
Umán	YUC	Media	Villa García	ZAC	Media
Valladolid	YUC	Media	Villa González ortega	ZAC	Media
Xocchel	YUC	Media	Villa Hidalgo	ZAC	Media
Yaxcabá	YUC	Alta	Villanueva	ZAC	Media
Yaxkukul	YUC	Media	Zacatecas	ZAC	Baja
Yobaín	YUC	Media	Trancoso	ZAC	Media
Apozol	ZAC	Media			
Apulco	ZAC	Media			
Atolinga	ZAC	Media			
Benito Juárez	ZAC	Media			
Calera	ZAC	Baja			
Cañitas de Felipe Pescador	ZAC	Media			
Concepción del Oro	ZAC	Baja			
Cuauhtémoc	ZAC	Media			
Chalchihuites	ZAC	Media			
Fresnillo	ZAC	Baja			
Trinidad García de la Cadena	ZAC	Media			
Genaro Codina	ZAC	Media			
General Enrique Estrada	ZAC	Media			
General Francisco R. Murguía	ZAC	Media			
El Plateado de Joaquín Amaro	ZAC	Media			
General Pánfilo Natera	ZAC	Media			
Guadalupe	ZAC	Baja			
Huanusco	ZAC	Media			
Jalpa	ZAC	Baja			

Así de los 2456 municipios de México se encontró que un 47.8% corresponden a una vulnerabilidad intermedia, el 32.2% representa una mala calidad de vida y un 20% son aquéllos que poseen una buena condición de vulnerabilidad, sin embargo existe el municipio de Nicolás Ruiz en el estado de Chiapas, del cual se desconoce información alguna y por ello no posee calificación (tabla II.2).

Tabla A.2 Calificación de la vulnerabilidad de los municipios de México

Vulnerabilidad			Total
Baja	Media	Mala	
489	1175	Alta	2455

ANEXO B

RECOMENDACIONES PARA MEDIR LOS ESPESORES DE NIEVE

Como un apartado a este trabajo se darán algunas recomendaciones para poder llevar a cabo el aforo de los espesores de nieve, sobre todo en las regiones donde se presentan.

Primero, en forma normativa, se debe establecer que durante los meses de diciembre, enero, febrero y marzo se lleven a cabo mediciones de espesores de nieve en las estaciones climatológicas controladas por la Comisión Nacional del Agua en los estados de Chihuahua, Coahuila, Durango, Sonora, Baja California y Estado de México, se sugiere que los mismos aforadores sean las personas indicadas para estas labores. Para ello se debe registrar en un formato adicional y diariamente el valor de los espesores de nieve, así como distinguir entre nieve nueva (recién caída) y nieve vieja (depositada varios días antes).

Cuando la nieve está recién caída (nieve nueva) es muy porosa y su peso específico es muy pequeño, al enterrar la vara en la nieve para medir el espesor resulta que penetra sin ningún problema. Cuando el tiempo empieza a pasar, los huecos entre los copos de nieve se empiezan a llenar de agua producto del deshielo por lo que el peso específico aumenta y al enterrar la vara ofrece más resistencia. Esta es una de las formas de darse cuenta cuando la nieve es nueva o vieja.

En países donde las tormentas de nieve son muy comunes, como en Rusia y Alemania, una de las técnicas básicas para medir los espesores de nieve consiste en ir al campo y con una vara graduada medir directamente, enterrando la vara en la nieve, el valor del espesor. Los pluviómetros o pluviógrafos para medir la lluvia pueden en cierto momento tener problemas para medir la nieve ya que el orificio por donde pasa el agua se puede tapar con la nieve y dar valores erróneos de medición.

Características físicas de la nieve

Como se mencionó anteriormente, la nieve sufre transformaciones en sus propiedades físicas y químicas con el paso del tiempo. Ello se debe a que la nieve fresca, recién depositada, va compactándose y fusionándose, cambiando así sus propiedades mecánicas, entre ellas su peso específico, factor importante para poder comparar el volumen y peso de un cuerpo de nieve. En la tabla B.1 se presentan algunos valores del peso específico de la nieve, según el estado en que se encuentra.

Tabla B.1 Valores del peso específico de la nieve

CARACTERÍSTICAS DE LA NIEVE	Peso específico (N kg/m ³)
Nieve fresca recién caída	120
Nieve prensada o empapada	200
Nieve mezclada con granizo	400
Nieve vieja	500

La densidad de la nieve es igual al cociente del peso específico entre la gravedad (9.81 m/s²), así en la tabla B.2 se presentan los valores de la densidad de los tipos de nieve presentados en la tabla B.1.

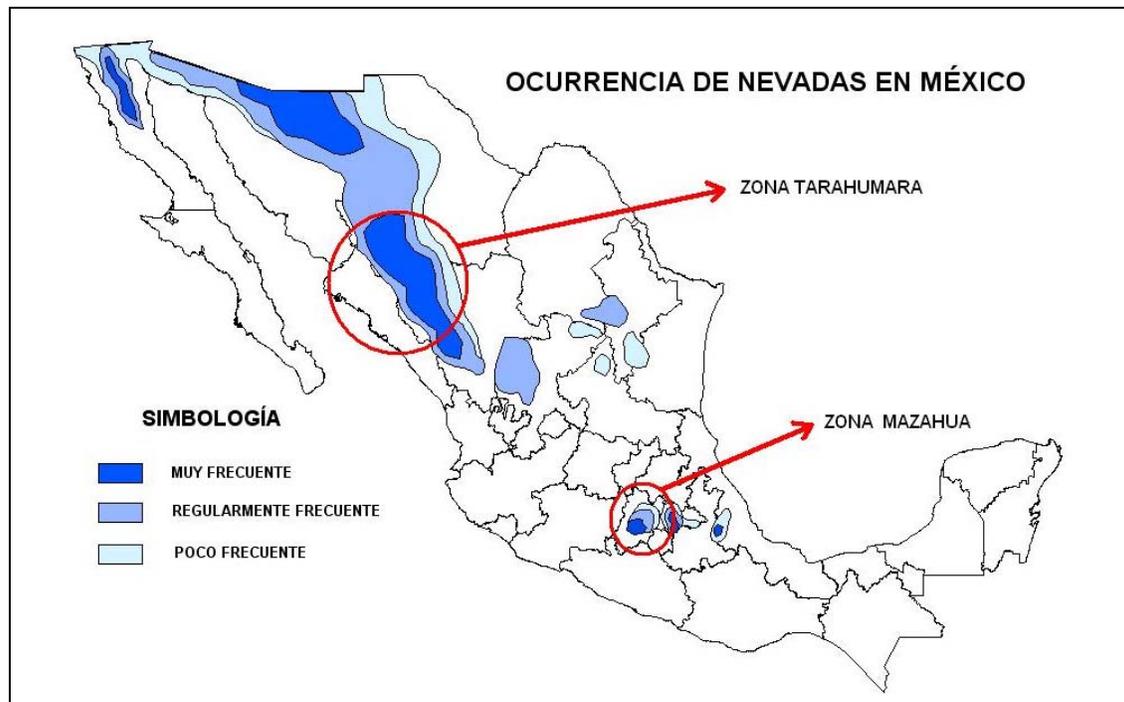
Tabla B.2 Valores de la densidad de la nieve

CARACTERÍSTICAS DE LA NIEVE	Densidad (kg - m / m ³)
Nieve fresca recién caída	12.23
Nieve prensada o empapada	20.39
Nieve mezclada con granizo	40.77
Nieve vieja	50.97

Para fines prácticos de este trabajo se darán únicamente las propiedades físicas de la nieve dejando a un lado las químicas, ya que el modelo numérico propuesto aquí para definir los umbrales de espesores de nieve se basa únicamente en el peso específico.

Tipos de vivienda en las zonas donde son frecuentes las nevadas

Como se puede ver en la figura B.1, las zonas donde son muy frecuentes las nevadas corresponden a zonas indígenas tales como los Tarahumaras (centro y sur de Chihuahua) y los Mazahuas (valle de Toluca), a excepción del norte de Sonora y Baja California, que en su mayoría son gente de tránsito, por su cercanía a la frontera de los Estados Unidos.

**Figura B.1 Regiones indígenas donde ocurren nevadas**

Casas típicas en la zona de los Tarahumaras

Los Tarahumaras habitan en ranchos; su vivienda consiste en una casa-habitación, un granero y un corral de madera. Las casas se construyen con madera, adobe, cantera o piedra, dependiendo del material que haya en la región. Lo más común es encontrar viviendas hechas de troncos de pino dispuestos de manera horizontal, uno sobre otro, con techo de canoa o de vigas de dos aguas; los troncos son ensamblados en las esquinas y las rendijas son tapadas con una mezcla de lodo.

Casas típicas en la zona de los Mazahuas

En lo que respecta a la vivienda de los Mazahuas, éstas están construidas con muros de adobe, techo de vigas con teja y, aunque en la actualidad utilizan cemento, tabique y tabicón, la mayoría de ellas siguen usando techos de teja con vigas de madera.

En general se puede decir que los techos típicos en estas regiones están formados por vigas de madera, que también reciben el nombre de largueros, además de tiras más delgadas que soportan a las láminas que pueden ser de cartón (en su mayoría) o de asbesto o teja de arcilla (figura B.2).



Figura B.2 Techo típico en las casas que más padecen las nevadas

La distancia entre vigas es de aproximadamente metro y medio. Las longitudes entre los muros, donde se soportan las vigas, son de aproximadamente 3 a 4 metros (figura B.3), que son las dimensiones promedio de una habitación en zonas rurales. La distancia entre los soportes de las tiras (las cuales se apoyan en las vigas) es de aproximadamente 1.5 metros con separación entre ellas de 0.8 metros, aproximadamente.

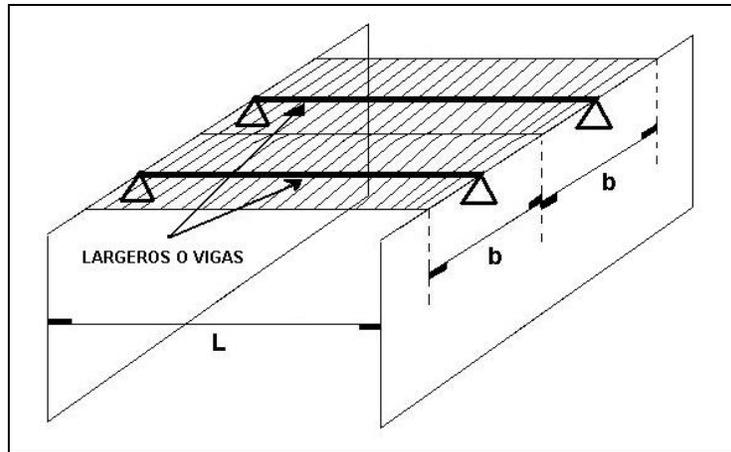


Figura B.3 Esquema de los techos

Análisis estructural de la capa de nieve sobre un techo

El análisis estructural para definir la capa de nieve máxima que puede soportar el techo de una casa típica en las zonas donde ocurren las nevadas en México se hará en forma separada para las vigas de madera, como para las tiras, y la que resulte más desfavorable se tomará como buena para establecer dicha capa máxima; además, se considerará, por facilidad de cálculo, que el techo tendrá una inclinación de cero grados.

Marco teórico

Tanto para las vigas como para las tiras, la carga del peso de la nieve sobre el techo se considerará como una carga uniformemente distribuida en toda la longitud de la viga o de la tira (figura B.4). La capa máxima de nieve que puede soportar dependerá del peso de la misma, la longitud entre los puntos de apoyo, el tipo de material de la viga y la sección transversal de ésta.

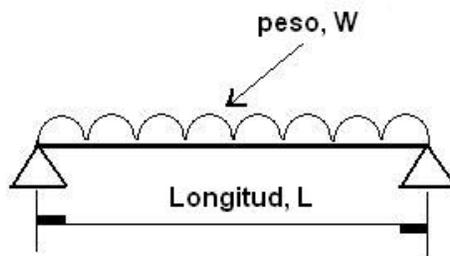


Figura B.4 Esquema estructural de un viga

El momento preciso cuando la viga falle, debido al peso de la nieve sobre ella, será cuando el esfuerzo actuante sea igual al esfuerzo permisible.

$$\sigma_{\text{actuante}} = \sigma_{\text{permisible}}$$

Los materiales más comunes que se usan en la construcción son el acero, el concreto y la madera. El esfuerzo permisible para estos tipos de materiales se muestra en la tabla B.3.

Tabla B.3 Esfuerzo permisible ($\sigma_{permisible}$) para diferentes tipos de materiales

Material de la viga	$\sigma_{permisible}$ (kg/cm ²)
Acero	1520
Madera	100
Concreto	30

El esfuerzo actuante dependerá de la distancia entre los apoyos de las vigas, del espesor de la nieve sobre el techo, del momento de inercia de la sección transversal de la viga y de la distancia del centro de gravedad a los extremos.

$$\sigma_{actuante} = \frac{M_{max}}{I_z} y$$

Donde, $\sigma_{actuante}$ es el esfuerzo actuante (kg/cm²), M_{max} es el momento máximo (kg m). I_z es el momento de inercia (m⁴), “y” es la distancia del centroide a los extremos de la viga (m). El momento máximo se calcula como:

$$M_{max} = \frac{w L^2}{8}$$

Donde w es el peso de la nieve sobre el techo, en kilogramos, L es la longitud, en metros, que hay entre vigas. El peso se calcula como:

$$w = \gamma h b L$$

Donde γ es el peso específico de la nieve (kg/m³), el cual se tomará de la tabla B.1, h es el espesor de la nieve, (figura B.5), b es el ancho entre las láminas, y L es la longitud que hay entre vigas, las unidades de h, b y L serán en metros, m.

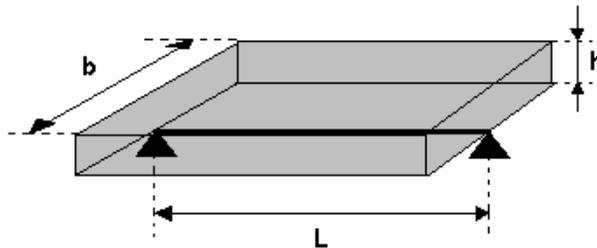


Figura B.5 Representación esquemática de la capa de nieve sobre un techo

Cálculo del peso de la nieve en techos inclinados

En techos inclinados, el peso de la nieve que originará el colapso de este será la componente perpendicular al plano del techo (eje x) el cual ejercerá un momento en el punto de apoyo de la viga sobre las paredes de la casa (figura B.6). Este peso (W_y) se obtiene como

$$W_y = W (\cos \theta).$$

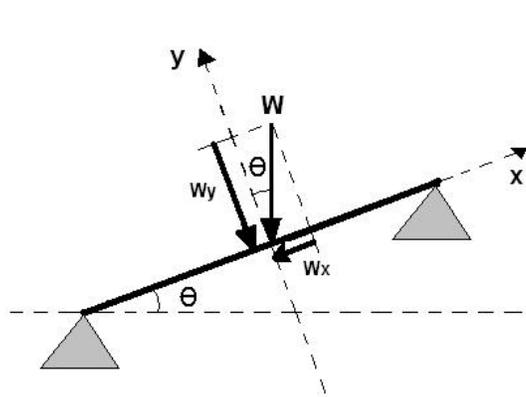


Figura B.6 Distribución del peso sobre un plano inclinado

Secciones típicas de vigas

Las secciones transversales más comunes de las vigas que se usan en los techos de las casas típicas en las regiones donde más padecen las nevadas son de forma rectangular o circular (figura B.7), las cuales son de material de madera, por la disponibilidad del material que hay en el lugar. Las secciones de las tiras en general son de forma rectangular, aunque la base es más ancha que la altura y también son de madera.

El momento de inercia para este tipo de secciones se calcula como:

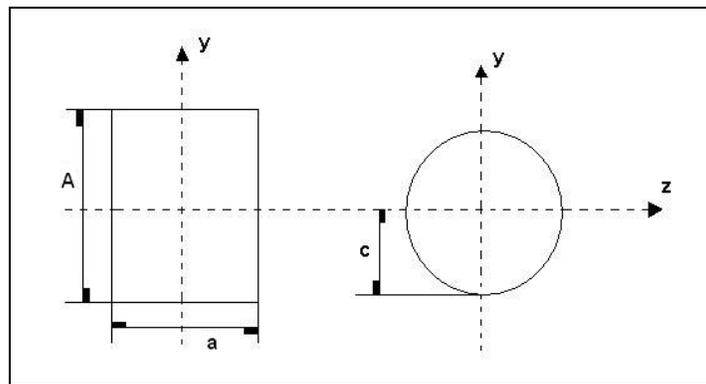


Figura B.7 Secciones transversales típicas de las vigas

- momento de inercia para sección rectangular

$$I_z = \frac{a A^3}{12}$$

- momento de inercia para sección circular

$$I_z = \frac{\pi c^4}{4}$$

Donde “A” es la altura de la sección rectangular (m), “a” es la base de la misma sección (m) y c es igual al radio de la sección circular (m).

La distancia del centroide de la sección rectangular a la orilla de la base es $Y = A / 2$ y para la sección circular es $Y = c$.

Cálculo del umbral de espesores de nieve

Una vez establecida la teoría sobre carga en vigas, se procederá a aplicar estas fórmulas a casos reales para calcular el espesor de nieve sobre los techos. Se iniciará considerando un techo horizontal y después simplemente multiplicando el peso de la nieve por el coseno del ángulo de inclinación se dará el espesor de nieve para cada ángulo θ , y se mostraran los resultados en una tabla.

Para las vigas de madera

Sección rectangular

Los datos para realizar los cálculos son:

$$L = 4 \text{ m.}$$

$$\gamma = 500 \text{ kg / m}^3 \text{ (nieve vieja)}$$

$$b = 1.5 \text{ m}$$

$$A = 0.14 \text{ m}$$

$$a = 0.08 \text{ m}$$

$$Y = 0.07 \text{ m}$$

$$\sigma_{\text{permisible}} = 100 \text{ (kg / cm}^2\text{)} = 1 \times 10^6 \text{ (kg / m}^2\text{)}, \text{ para madera} \quad (1)$$

$$W = 500 \text{ (h)(1.5)(4)} = 3000 \text{ h} \quad (2)$$

$$M_{\text{max}} = (3000 \text{ h}) (4)^2 / 8 = 6000 \text{ h} \quad (3)$$

$$I_z = 0.08 (0.14)^3 / 12 = 1.829 \times 10^{-5} \quad (4)$$

$$\sigma_{\text{actuante}} = (6000 \text{ h} / 1.829 \times 10^{-5}) (0.07) \quad (5)$$

Igualando las ecuaciones 1 y 5 queda como:

$$1 \times 10^6 = (6000 \text{ h} / 1.829 \times 10^{-5}) (0.07)$$

despejando “h” resulta:

$$h = 0.0435 \text{ m}$$

Sección circular

Los datos para realizar los cálculos son:

$$L = 4 \text{ m.}$$

$$\gamma = 500 \text{ kg / m}^3 \text{ (nieve vieja)}$$

$$b = 1.5 \text{ m}$$

$$c = 0.06 \text{ m}$$

$$Y = 0.06 \text{ m}$$

$$\sigma_{\text{permisible}} = 100 \text{ (kg / cm}^2\text{)} = 1 \times 10^6 \text{ (kg / m}^2\text{)}, \text{ para madera} \quad (6)$$

$$W = 500 (h)(1.5)(4) = 3000 h \quad (7)$$

$$M_{\text{max}} = (3000 h) (4)^2 / 8 = 6000 h \quad (8)$$

$$I_z = \pi (0.06)^4 / 4 = 1.0179 \times 10^{-5} \quad (9)$$

$$\sigma_{\text{actuante}} = (6000 h / 1.0179 \times 10^{-5}) (0.06) \quad (10)$$

Igualando las ecuaciones 6 y 10 queda como:

$$1 \times 10^6 = (6000 h / 1.0179 \times 10^{-5}) (0.06)$$

despejando h queda como:

$$h = 0.0283 \text{ m}$$

Para las vigas de acero

Sección rectangular

Los datos para realizar los cálculos son:

$$L = 1.5 \text{ m.}$$

$$\gamma = 500 \text{ kg / m}^3 \text{ (nieve vieja)}$$

$$b = 1.5 \text{ m}$$

$$A = 0.10 \text{ m}$$

$$a = 0.05 \text{ m}$$

$$Y = 0.05 \text{ m}$$

$$\sigma_{\text{permisible}} = 1520 \text{ (kg / cm}^2\text{)} = 15.2 \times 10^6 \text{ (kg / m}^2\text{)}, \text{ para acero} \quad (11)$$

$$W = 500 (h)(1.5)(4) = 3000 h \quad (12)$$

$$M_{\text{max}} = (3000 h) (4)^2 / 8 = 6000 h \quad (13)$$

$$I_z = 0.05 (0.10)^3 / 12 = 4.17 \times 10^{-6} \quad (14)$$

$$\sigma_{\text{actuante}} = (6000 \text{ h} / 4.17 \times 10^{-6}) (0.05) \quad (15)$$

Igualando las ecuaciones 11 y 15 queda como:

$$1 \times 10^6 = (6000 \text{ h} / 4.17 \times 10^{-6}) (0.05)$$

despejando “h” resulta:

$$h = 0.2113 \text{ m}$$

En la tabla B.4 se presentan los espesores de nieve calculados para las vigas de madera de sección rectangular, así como para las vigas de acero de sección rectangular.

Tabla B.4 Umbrales de espesores de nieve

θ	w	M _{MAX}	Material de madera		Material de acero, secc. rectangular h (mm)
			Secc. rectangular h (mm)	Secc. circular h (mm)	
0°	3000 h	6000 h	43.5	28.3	211.3
10°	2954 h	5908 h	44.3	28.7	214.6
20°	2819 h	5638 h	46.3	30.1	224.8
30°	2598 h	5196 h	50.3	32.7	243.9
40°	2298 h	4596 h	55.1	36.4	276.0
50°	1928 h	3857 h	61.6	41.1	328.7

Como se puede ver en la tabla anterior, las vigas de madera de sección circular resultaron ser las menos resistentes al tener una capa de nieve sobre ellas, por lo que este elemento estructural es el más susceptible a sufrir daños.

APLICACIÓN DE LAS FUNCIONES DE PELIGRO Y VULNERABILIDAD POR NEVADAS

En este anexo se presenta una aplicación de la función de peligro y vulnerabilidad en una población ficticia para obtener la función de riesgo por la ocurrencia de nevadas.

Recordando la función de peligro

En la tabla B.5 se muestran las probabilidades de que se presenten o no se presenten nevadas en tres franjas de altitudes del Nevado de Toluca, en época de invierno y al año, misma que se obtuvo en el *subcapítulo 3.4.6 Peligro por nevadas: aplicación al Nevado de Toluca*. Así mismo, en las figuras B.8, B.9 y B.10 se despliega la interpretación gráfica de los mismos valores de la tabla B.5.

Tabla B.5 Probabilidad de haya o no haya nevadas en tres grupos de altitudes, en época de invierno y al año

Grupo de altitudes	Prob. de que caiga nieve	Prob. de que no caiga nieve
Primer (>3000 msnm)	0.000047	0.999953
Segundo (entre 2751 y 3000 msnm)	0.737604	0.262396
Tercero (entre 2500 y 2750 msnm)	0.897003	0.102997

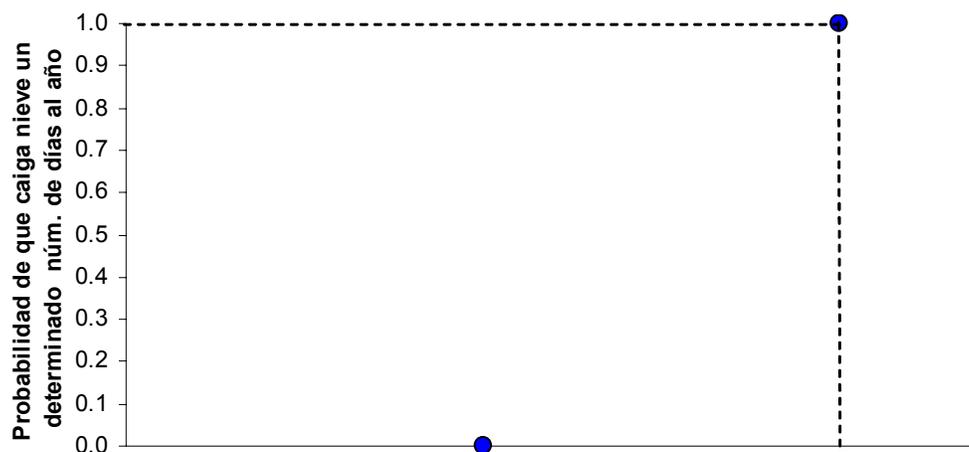


Figura B.8 Función de peligro para el primer grupo, Altitud > 3000 msnm

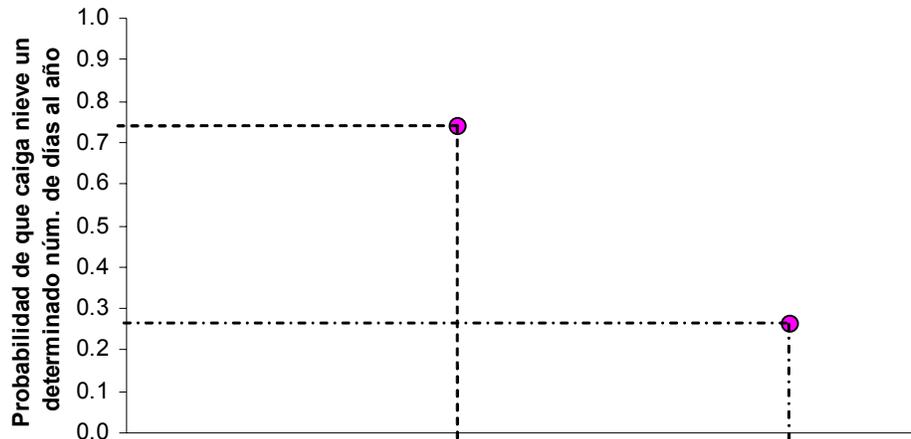


Figura B.9 Función de peligro para el segundo grupo, altitud entre 2751 y 3000 msnm

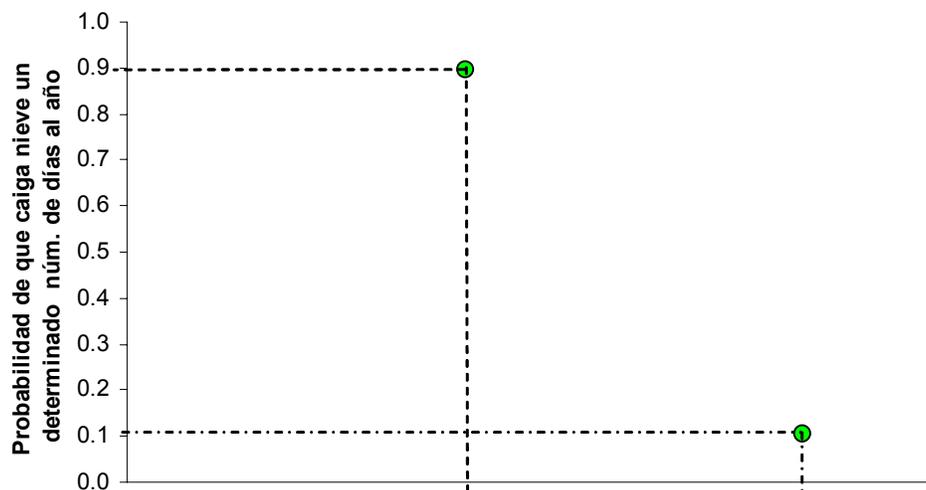


Figura B.10 Función de peligro para el tercer grupo, altitud entre 2500 y 2750 msnm

La función de peligro es una de las variables incluidas en la fórmula de riesgo, por tal motivo, para calcular el riesgo por nevadas será necesario utilizar la probabilidad de que caiga nieve de la tabla B.6, o bien, obteniéndola de las figuras anteriores, a partir de la altitud de la población que se este analizando para saber a que grupo de altitudes pertenece y así asignarle su probabilidad correspondiente.

Recordando la función de vulnerabilidad

Se considerará el 1er caso cuando solo se tiene como dato si ocurren o no nevadas en el lugar y tomando en cuenta el ángulo de inclinación del techo se aplicará la figura B.11

Aclaración: Cuando el techo sea de losa de concreto el grado de afectación a la vivienda es de 0%.

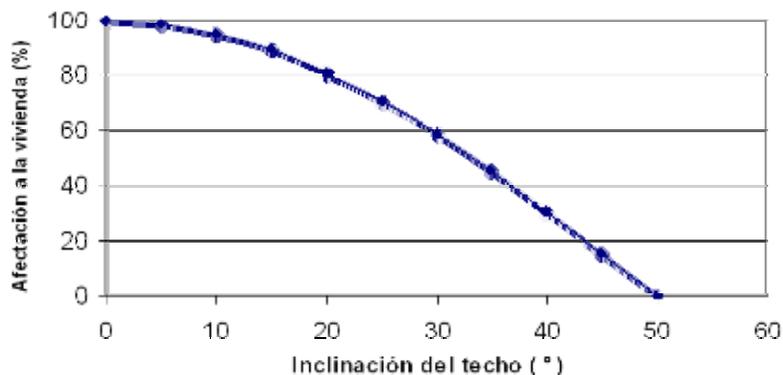


Figura B.11 Función de vulnerabilidad por nevadas

Ejemplo

En una comunidad de 18 viviendas, ubicada a 2800 msnm, se realizó una encuesta sobre el tipo de techos de las casas, y el costo aproximado del menaje y el techo. Los resultados se muestran en las tablas B.6 y B.7, así como en las figuras B.12 y B.13.

Tabla B.6 Inventario del tipo de techo en la comunidad del ejemplo

No. de Viviendas	Características de los techos
6	De losa de concreto o lámina con inclinación mayor a 50 grados
1	De lámina con inclinación de 38 grados
2	De lámina con inclinación de 25 grados
3	De lámina con inclinación de 13 grados
6	De lámina con inclinación menor de 5 grados

Tabla B.7 Tipo de vivienda y costo del menaje con el techo

Tipo de Vivienda	No. de viviendas	Características de la casa	Costo del menaje y techo (\$)
1	8	Casa humilde con material de desecho y techo de lámina de cartón	17,500
2	4	Vivienda de clase baja, techo de lámina de cartón o asbesto con elementos estructurales débiles	45,000
3	3	Vivienda de clase baja con techos resistentes (de losa de concreto)	160,000
4	2	Vivienda de clase media bien construida con losa de concreto	380,000
5	1	Vivienda tipo residencial con losa de concreto, bien reforzada y acabados de lujo	570,000

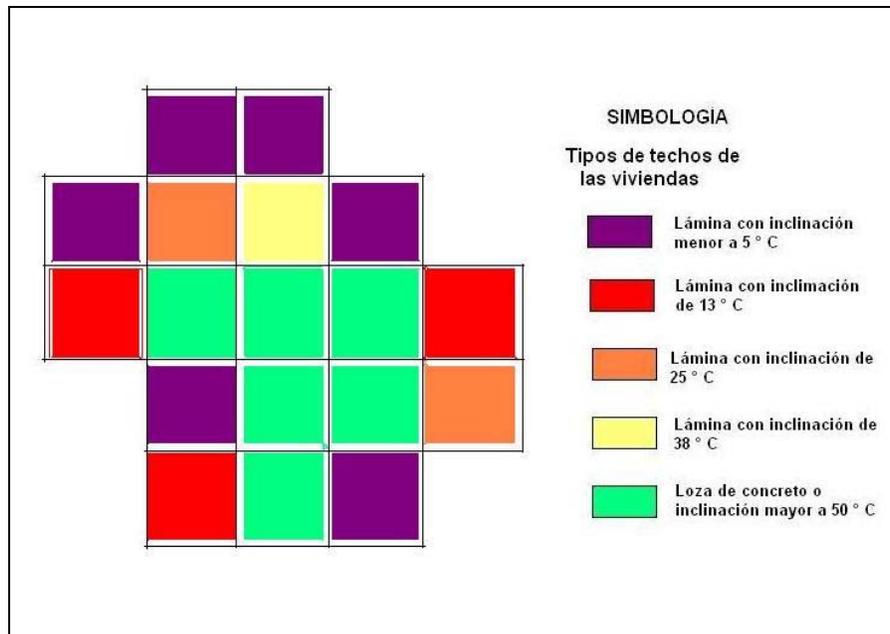


Figura B.12 Distribución espacial de los tipos de techos en la comunidad del ejemplo

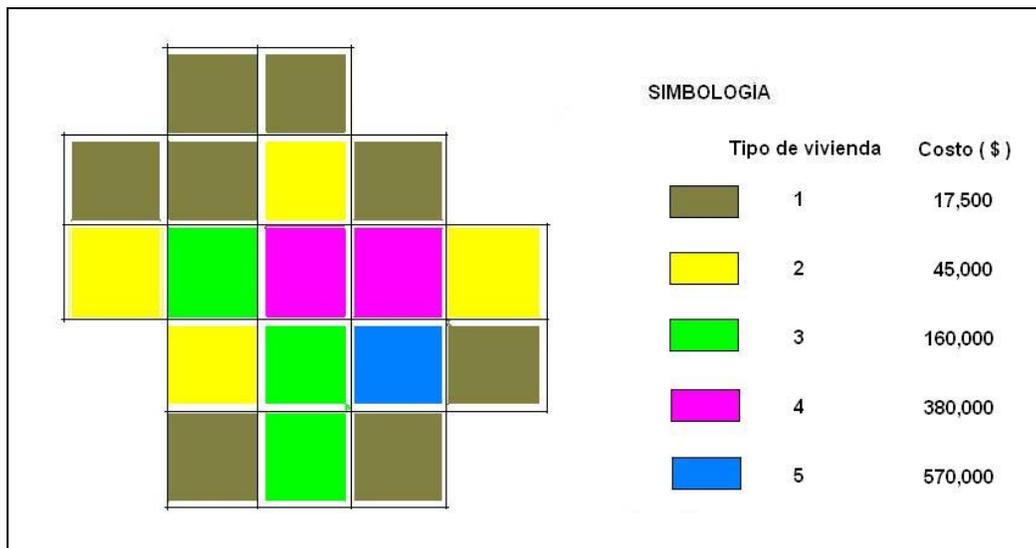


Figura B.13 Costo del menaje y techo en la comunidad del ejemplo

De la función de peligro (figura B.9) se observa que para una comunidad ubicada a una altura de 2800 msnm existe una probabilidad de que ocurra una nevada al año y en la temporada de invierno de 0.7376.

Ahora, a partir de las figuras B.12 y B.11, los valores de vulnerabilidad que le corresponde a cada vivienda se presentan en las figuras B.14 y B.15.

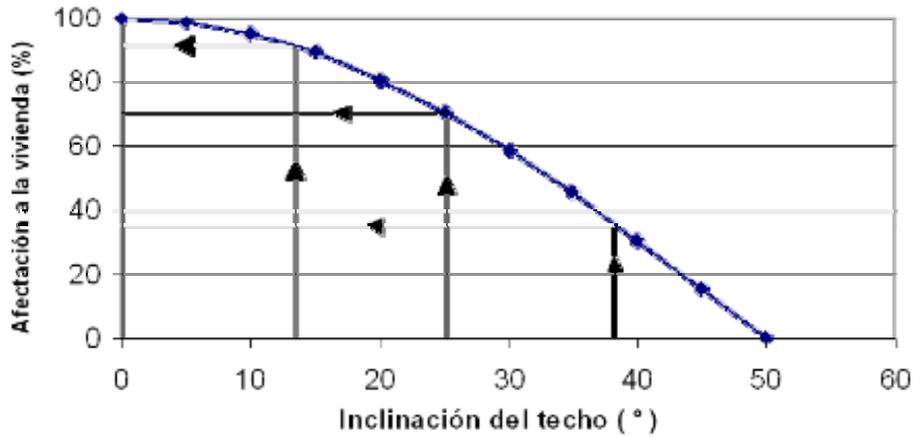


Figura B.14 Uso de la función de vulnerabilidad en el ejemplo

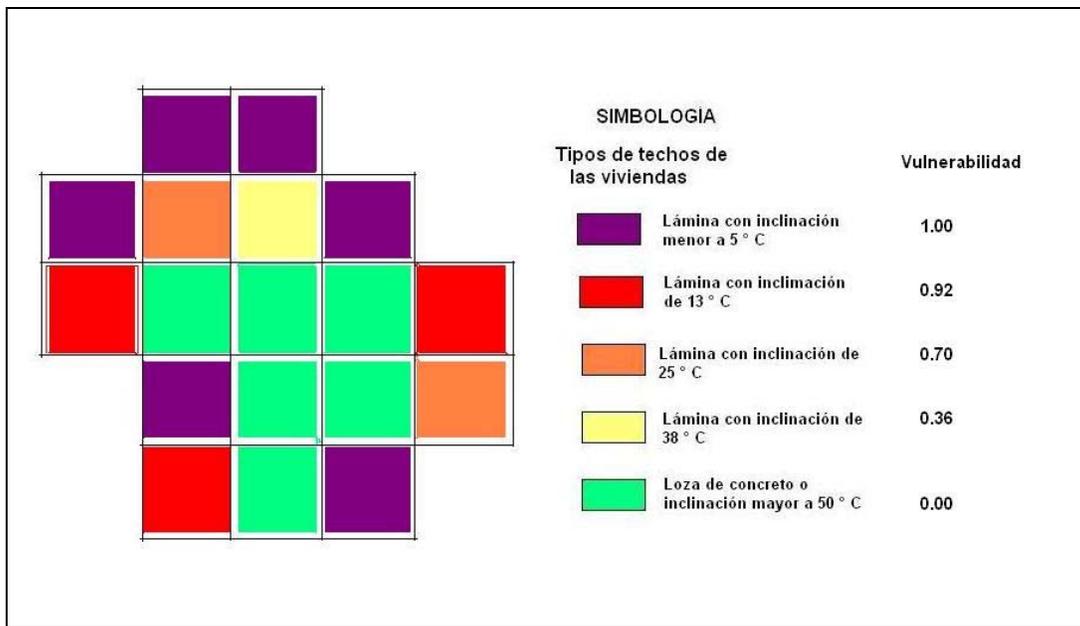


Figura B.15 Distribución espacial de los valores de vulnerabilidad en el ejemplo

Si se usa la fórmula de riesgo, en su expresión más sencilla, se llega finalmente a un mapa de riesgo para dicha localidad (figura B.16), donde se obtiene el riesgo por nevadas en cada vivienda encuestada.

$$R = C \cdot V \cdot P$$

Donde: R es el riesgo (en términos de dinero), C es el valor de los bienes expuestos (en pesos), P es la probabilidad de que ocurra una nevada potencialmente dañina, (adimensional), y V es el porcentaje de daños de una vivienda por efecto de una nevada (adimensional).

La operación simplemente consiste en multiplicar la probabilidad de que nieve, 0.7673, la cual es constante en toda la comunidad, por el valor de vulnerabilidad que le corresponde a cada vivienda y por el costo de éstas.

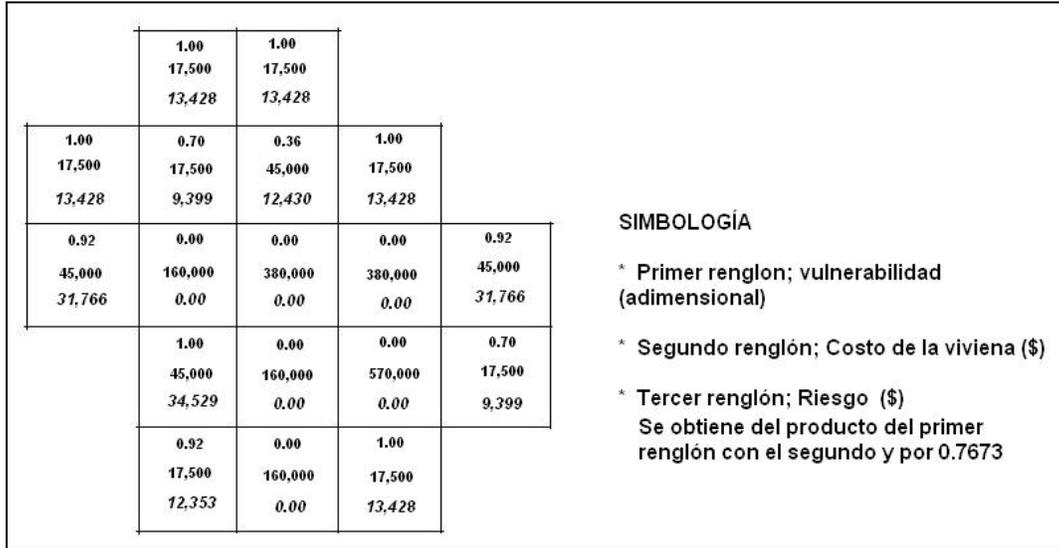


Figura B.16 Distribución espacial del riesgo en la comunidad del ejemplo

El riesgo total debido a una nevada en la población es la suma del riesgo de cada casa, es decir, \$ 208,782.

Una distribución espacial a colores del riesgo de la figura B.16 se presenta en la figura B.17, donde el riesgo se clasifica en intervalos de \$10, 000.

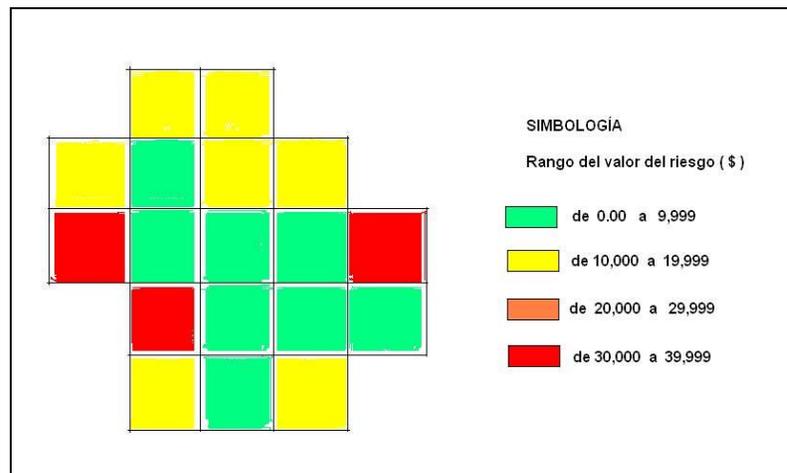


Figura B.17 Distribución espacial a colores del riesgo

ANEXO C

REGISTROS DEL NÚMERO DE DÍAS CON NEVADA EN ESTACIONES CLIMATOLÓGICAS OBTENIDOS EN EL SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL

Tabla C.1 Obtención de datos a partir de la forma 212-50, proporcionada por el SMN, para catorce estaciones climatológicas

Estación	Almoloya del Río (DGE)												
Municipio	Almoloya del Río												
No. Estación	15004												
Altitud, msnm	2572												
Latitud	19° 09'												
Longitud	99° 29'												
Período de registro	ene 1961- may 1990												
Número de días con nevada													
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1961	0												0
1962													0
1963													0
1964													0
1965													0
1966													0
1967	2												2
1968													0
1969	1												1
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													0
1984													0
1985													0
1986													0
1987													0
1988													0
1989													0
1990					0								0

Estación	Almoloya del Río (SMN)												
Municipio	Almoloya del Río												
No. Estación	15176												
Altitud, msnm	2530												
Latitud	19° 11'												
Longitud	99° 29'												
Período de registro	ene 1938- jun 1969												
Número de días con nevada													
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1938	0												0
1939													0
1940													0
1941													0
1942													0
1943													0
1944													0
1945													0
1946	2												2
1947													0
1948													0
1949													0
1950													0
1951													0
1952													0
1953													0
1954													0
1955												1	1
1956													0
1957												1	1
1958	2												2
1959													0
1960													3
1961	3												3
1962													0
1963													0
1964													0
1965													0
1966													0
1967													0
1968													0
1969						0							0

Estación	Amanalco de Becerra												
Municipio	Amanalco de Becerra												
No. Estación	15005												
Altitud, msnm	2511												
Latitud	19° 15'												
Longitud	100° 02'												
Período de registro	ene 1962-dic 1990												
Días con nevada													
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1962	0												0
1963													0
1964													0
1965													0
1966													0
1967	2												2
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	1												1
1981													0
1982													0
1983													0
1984													0
1985													0
1986													0
1987													0
1988													0
1989													0
1990												0	0

Estación	Loma Alta												
Municipio	Zinacantepec												
No. Estación	15229												
Altitud, msnm	3432												
Latitud	19° 10'												
Longitud	99° 48'												
Período de registro	ene-1981- mar 1987												
Días con nevada													
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1981	7	2											9
1982													0
1983		4											4
1984													0
1985													0
1986													0
1987			0										0

Estación	Nevado de Toluca												
Municipio	Zinacantepec												
No. Estación	15062												
Altitud, msnm	4110												
Latitud	19 07												
Longitud	99 46												
Período de registro	sep 1964-dic 1990												
Número de días con nevada													
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1964									5	1	1	3	10
1965	1	2	0	6	2	3	2	2	0	10	2	3	33
1966	2	5	3	2	5	0	2	0	0	1	1	4	25
1967	2												2
1968						0	0	0	7	24	7	6	44
1969						3	1	0	0	0	0	2	6
1970	1	0	0	1	1	2	2	0	0	0	2	0	9
1971	2	4	7	2	2	1	11		1	0	3	4	37
1972	2	0	6	3	5	4	3	0	5	3	1	3	35
1973												7	7
1974		4	6	10	3	1	5	3	3	2	5	1	43
1975	0	0	0	0	0	0	13	0	3	7	2	0	25
1976	4	3	4	15	7	0	2	6	3	9	6	8	67
1977	3	3	0	2	4	0	7	3	0	1	1	3	27
1978	3	9	4	4	4	0	2	0	3	0	0	0	29
1979	0	4	1	0	7	0	0	2	0	0	1	4	19
1980	1	0	0	5	4	2	7	0	3	3	3	1	29
1981	2	7	0	9	5	0	2	1	1	4	0	2	33
1982	0	7	2	5	3	0	13	2	1	2	4	3	42
1983	5	3	2	0	0	0	2	0	0	1			13
1984	0	0	3	0	4	2	0	2	1	3	1	1	17
1985	3	3	3	9	10	3	3	0	0	0	1	4	39
1986	0	3	0	5	8	0	0	0	0	0	0	0	16
1987	0	2	2	1	1	2	0	0	0	0	0	0	8
1988	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1989		0	0	6	4	2	1	3	0	1	0	3	20
1990	4	2	2	2	2	0	1	0	0	0	0	2	15

Estación	Palos Mancornados												
Municipio	Amanalco de Becerra												
No. Estación	15174												
Altitud, msnm	2270												
Latitud	19° 17'												
Longitud	99° 57'												
Período de registro	jun 1964-dic 1986												
Número de días con nevada													
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1964						0							0
1965													0
1966													0
1967													0
1968													0
1969													0
1970												0	0
1971							0						0
1972													0
1973													0
1974													0
1975	2												2
1976													0
1977													0
1978													0
1979													0
1980	1												1
1981	0												0
1982													0
1983	1												1
1984													0
1985													0
1986												0	0

Estación	San Francisco Tlalcalcalpan												
Municipio	Almoloya de Juárez												
No. Estación	15089												
Altitud, msnm	2795												
Latitud	19° 18'												
Longitud	99° 46'												
Período de registro	mar 1939-dic 1990												
Número de días con nevada													
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1939				0									0
1940	4		1								1		6
1941	1		1	1									3
1942													0
1943													0
1944													0
1945											1		1
1946													0
1947													0
1948	2												2
1949													0
1950													0
1951			2										2
1952													0
1953													0
1954													0
1955													0
1956													0
1957													0
1958	3												3
1959													0
1960													0
1961													0
1962													0
1963													0
1964													0
1965													0
1966													0
1967	2												2
1968													0
1969													0
1970													0
1971													0
1972													0
1973													0
1974													0
1975													0
1976	1										3		4
1977													0
1978			4										4
1979													0
1980													0
1981													0
1982													0
1983													0
1984													0
1985													0
1986				1									1
1987			3										3
1988													0
1989													0
1990	1	1										0	2

Estación	San Juan de las Huertas												
Municipio	Zinacantepec												
No. Estación	15293												
Altitud, msnm	2840												
Latitud	19° 15'												
Longitud	99° 45'												
Período de registro	sep 1978-dic 1990												
Número de días con nevada													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1978									0				0
1979													0
1980													0
1981													0
1982													0
1983													0
1984													0
1985													0
1986													0
1987				2									2
1988													0
1989													0
1990												0	0

Estación	Tenango del Valle												
Municipio	Tenango del Valle												
No. Estación	15122												
Altitud, msnm	2660												
Latitud	19° 06'												
Longitud	99° 35'												
Período de registro	ago 1959-jul 1989												
Número de días con nevada													
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1959								0					0
1960													0
1961													0
1962													0
1963													0
1964													0
1965													0
1966			2										2
1967	1												1
1968													0
1969													0
1970													0
1971													0
1972													0
1973									1				1
1974													0
1975													0
1976													0
1977													0
1978													0
1979													0
1980													0
1981													0
1982													0
1983													0
1984													0
1985													0
1986													0
1987													0
1988													0
1989								0					0

Estación	Toluca Oficinas (DGE)												
No. Estación	15164												
Altitud, msnm	2640												
Latitud	19° 18'												
Longitud	99° 40'												
Período de registro	ago 1960- jun 1990												
Número de días con nevada													
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1960								0					0
1961													0
1962													0
1963													0
1964													0
1965													0
1966													0
1967	1												1
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													0
1984													0
1985													0
1986													0
1987			2										2
1988													0
1989											1		1
1990						0							0

Estación	Santiago Tianguistenco												
No. Estación	15174												
Altitud, msnm	2970												
Latitud	19° 12'												
Longitud	99° 28'												
Período de registro	abr 1944 - ago 1999												
Número de días con nevadas													
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1944				0									0
1945													0
1946	2	2											4
1947													0
1948													0
1949													0
1950													0
1951													0
1952							20						20
1953													0
1954	2	2											4
1955												1	1
1956													0
1957													0
1958	2												2
1959													0
1960													0
1961													0
1962													0
1963													0
1964	10												10
1965		2											2
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	3	2											5
1982													0
1983													0
1984													0
1985													0
1986													0
1987													0
1988													0
1989													0
1990								0					0

Estación	CODAGEM (Metepec)												
Municipio	Metepec												
No. Estación	15266												
Altitud, msnm	2600												
Latitud	19° 15'												
Longitud	99° 35'												
Período de registro	jun 1980-dic 1990												
Número de días con nevada													
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1980						0							0
1981													0
1982													0
1983													0
1984													0
1985													0
1986													0
1987													0
1988													0
1989													0
1990												0	0

Estación	San Francisco Oxtotilpan												
Municipio	Temascaltepec												
No. Estación	15088												
Altitud, msnm	2601												
Latitud	19° 12'												
Longitud	99° 54'												
Período de registro	ene 1971-dic 1990												
Número de días con nevada													
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1971	0												0
1972													0
1973													0
1974													0
1975													0
1976													0
1977													0
1978													0
1979													0
1980													0
1981													0
1982													0
1983													0
1984													0
1985													0
1986													0
1987													0
1988													0
1989													0
1990												0	0

Estación	San Jose del Contadero												
Municipio	Zinacantepec												
No. Estación	15276												
Altitud, msnm	3045												
Latitud	19° 15'												
Longitud	99° 49'												
Período de registro	oct 1980-sep 1989												
Número de días con nevada													
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1980										0			0
1981													0
1982													0
1983													0
1984													0
1985													0
1986													0
1987													0
1988													0
1989									0				0

Tabla C.2 Siete estaciones elegidas con datos del número de días con nevada, periodo de 23 años (1964-1984)

Estación	Almoloya del Río (DGE) Secretaría de Recursos Hidráulicos					
Municipio	Almoloya del Río					
No. Estación	15004					
Altitud, msnm	2670					
Latitud	19° 9' =	19.15°				
Longitud	99° 29' =	99.48°				
Número de días con nevada						
Año	Ene	Feb	Mar	Nov	Dic	Sumatoria
1964						0
1965						0
1966						0
1967		2				2
1968						0
1969		1				1
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						0
1984						0
1985						0
1986						0
						3 total

Estación	Amanalco de Becerra					
Municipio	Amanalco de Becerra					
No. Estación	15005					
Altitud, msnm	2511					
Latitud	19°16' =	19.27°				
Longitud	100°2' =	100.03				
Número de días con nevada						
Año	Ene	Feb	Mar	Nov	Dic	Sumatoria
1964	0					0
1965						0
1966						0
1967		2				2
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		1				1
1981						0
1982						0
1983						0
1984						0
1985						0
1986					0	0
						3 total

Estación	Nevado de Toluca					
Municipio	Zinacantepec					
No. Estación	15062					
Altitud, msnm	4120					
Latitud	19° 7' = 19.12°					
Longitud	99° 46' = 99.77°					
Número de días con nevada						
Año	Ene	Feb	Mar	Nov	Dic	Sumatoria
1964					1	3
1965	1	2			2	3
1966	2	5	3		1	4
1967	2					2
1968					7	6
1969						2
1970	1				2	3
1971	2	4	7	3	4	20
1972	2			6	1	3
1973						7
1974		4	6	5	1	16
1975					2	2
1976	4	3	4	4	6	8
1977	3	3			1	3
1978	3	9	4			16
1979		4	1	1	1	4
1980	1				3	1
1981	2	7				2
1982		7	2	4	3	16
1983	5	3	2			10
1984				3	1	1
1985	3	3	3	3	1	4
1986		3				3
						229 total

Estación	Palos Mancornados					
Municipio	Amanalco de Becerra					
No. Estación	15174					
Altitud, msnm	2920					
Latitud	19° 17' = 19.28°					
Longitud	99° 54' = 99.9°					
Núm. de días con nevada						
AÑO	Ene	Feb	Mar	Nov	Dic	Sumatoria
1964						0
1965						0
1966						0
1967						0
1968						0
1969						0
1970						0
1971						0
1972						0
1973						0
1974						0
1975	2					2
1976						0
1977						0
1978						0
1979						0
1980	1					1
1981						0
1982						0
1983	1					1
1984						0
1985						0
1986					0	0
						4 total

Estación	San Francisco Tlalcilcalpan					
Municipio	Almoloja de Juárez					
No. Estación	15089					
Altitud, msnm	2795					
Latitud	19° 18' = 19.3°					
Longitud	99° 46' = 99.77°					
Número de días con nevada						
Año	Ene	Feb	Mar	Nov	Dic	Sumatoria
1964						0
1965						0
1966						0
1967	2					2
1968						0
1969						0
1970						0
1971						0
1972						0
1973						0
1974						0
1975						0
1976	1				3	4
1977						0
1978		4				4
1979						0
1980						0
1981						0
1982						0
1983						0
1984						0
1985						0
1986						0
						10 total

Estación	Tenango del Valle					
Municipio	Tenango del Valle					
No. Estación	15122					
Altitud, msnm	2660					
Latitud	19° 6' = 19.1°					
Longitud	99° 35' = 99.58°					
Número de días con nevada						
Año	Ene	Feb	Mar	Nov	Dic	Sumatoria
1964						0
1965						0
1966				2		2
1967	1					1
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						0
1984						0
1985						0
1986						0
						3 total

Estación	Toluca Oficinas					
No. Estación	15164					
Altitud, msnm	2640					
Latitud	19° 18' = 19.3°					
Longitud	99° 40' = 99.67°					
Número de días con nevada						
Año	Ene	Feb	Mar	Nov	Dic	Sumatoria
1964						0
1965						0
1966						0
1967	1					1
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						0
1984						0
1985						0
1986						0
						1 total