



Serie: Atlas Nacional de Riesgos

Aplicación de la metodología para obtener mapas de riesgo por bajas temperaturas y nevadas en la Comunidad de Raíces, Estado de México

Fenómenos Hidrometeorológicos



SEGOB

**GOBIERNO
FEDERAL**



Secretaría de Gobernación
Coordinación General de Protección Civil
Centro Nacional de Prevención de Desastres
Dirección General de Protección Civil
Dirección General del Fondo de Desastres Naturales

AV. Delfín Madrigal No. 665,
Col. Pedregal de Sto. Domingo,
Del. Coyoacán
México D.F., C.P. 04360

www.cenapred.unam.mx

SEGOB



SECRETARÍA DE GOBERNACIÓN
Lic. Fernando Francisco Gómez Mont Urueta
Secretario de Gobernación
Lic. Laura Gurza Jaidar
Coordinadora General de Protección Civil

CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN DE DESASTRES
M. en I. Roberto Quaas Weppen
Director General
M. en C. Carlos A. Gutiérrez Martínez
Dirección de Investigación
Ing. Enrique Guevara Ortiz
Director de Instrumentación y Cómputo
Lic. Gloria Luz Ortiz Espejel
Directora de Capacitación
M. en I. Tomás Alberto Sánchez Pérez
Director de Difusión
Profra. Carmen Pimentel Amador
Directora de Servicios Técnicos

1ª edición, diciembre 2008
©SECRETARÍA DE GOBERNACIÓN
Abraham González Núm. 48,
Col. Juárez, Del. Cuauhtémoc,
C.P. 06699, México, D.F.

©CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN DE DESASTRES
Av. Delfín Madrigal Núm. 665,
Col. Pedregal de Santo Domingo,
Deleg. Coyoacán, C.P.04360, México, D.F.
Teléfonos:
(55) 54 24 61 00
(55) 56 06 98 37
Fax: (55) 56 06 16 08
e-mail: editor@cenapred.unam.mx
www.cenapred.unam.mx

©Autores:
Lucía Guadalupe Matías Ramírez
Martín Jiménez Espinosa
Fermín García Jiménez
Héctor Eslava Morales
David Ricardo Mendoza Estrada

ISBN: 978-607-7558-16-3

Edición: La edición estuvo a cargo de los autores, bajo la coordinación de Violeta Ramos Radilla
Portada: Depto. de Diseño y Logística

Derechos reservados conforme a la ley

IMPRESO EN MÉXICO. *PRINTED IN MEXICO*
Distribución Nacional e Internacional: Centro Nacional de Prevención de Desastres

EL CONTENIDO DE ESTE DOCUMENTO ES EXCLUSIVA RESPONSABILIDAD DE LOS AUTORES

Se terminó de imprimir en diciembre 2008
La edición en papel couche de 100 grs. en interiores y portada en cartulina sulfatada de 14 puntos,
consta de 500 ejemplares.



Serie: Atlas Nacional de Riesgos

Aplicación de la metodología para obtener mapas de riesgo por bajas temperaturas y nevadas en la Comunidad de Raíces, Estado de México

Fenómenos Hidrometeorológicos



SEGOB



ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	5
2.	LOCALIZACIÓN Y MEDIO FÍSICO DE RAÍCES, ESTADO DE MÉXICO	5
2.1	Localización de la comunidad de Raíces, Estado de México	5
2.2	Medio físico y geográfico de la comunidad de Raíces	7
2.3	Principales sectores económicos en la comunidad de Raíces	7
3.	OBTENCIÓN DE LOS MAPAS DE RIESGO POR BAJAS TEMPERATURAS.....	8
3.1	Antecedentes de las bajas temperaturas en la comunidad de Raíces	8
3.2	Necesidades cartográficas para elaborar los mapas de riesgo	9
3.3	Levantamiento en campo de la traza urbana de la localidad.....	9
3.4	Mapa base.....	13
3.5	Función de Peligro	14
3.5.1	Obtención del peligro por bajas temperaturas para la comunidad de Raíces	14
3.5.2	Función de probabilidad de duración de onda por baja temperatura.....	16
3.6.	Vulnerabilidad.....	19
3.6.1	Función de vulnerabilidad.....	19
3.6.2	Caracterización de la vivienda.....	28
3.7	Cálculo de riesgo.....	31
3.7.1	Bienes expuestos: la salud de las personas.....	31
3.7.2	Riesgo marginal.....	32
3.7.3	Riesgo individual	32
3.7.4	Riesgo por vivienda	35
3.7.5	Riesgo por localidad	38
3.7.6	Riesgo anual de la localidad.....	39
4.	MEDIDAS DE MITIGACIÓN POR BAJAS TEMPERATURAS	41
5,	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA BAJAS TEMPERATURAS	43
6.	NEVADAS EN LA COMUNIDAD DE RAÍCES	45
6.1	Introducción.....	45
6.2	Antecedentes	45
6.3	Visita a la población de Raíces	46
6.3.1	Datos de campo	46
7.	OBTENCIÓN DE MAPAS PARA LAS NEVADAS	49
7.1.	Mapa de Peligro	49
7.2.	Mapa de vulnerabilidad	51
7.3	Mapa de riesgo.....	51
7.3.1	Estimación del riesgo	53
8.	CONCLUSIONES PARA LAS AFECTACIONES POR NEVADAS	55
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57
	REFERENCIAS CARTOGRÁFICAS	58

ANEXO A. DESCRIPCIÓN DE LAS INFECCIONES RESPIRATORIAS AGUDAS QUE AFECTAN A LA POBLACIÓN DE RAÍCES	59
ANEXO B. LECTURA DE TABLAS DE PROBABILIDAD DE CAMBIO DE TEMPERATURA Y DURACIÓN DE ONDA DE FRÍO PARA LA COMUNIDAD DE RAÍCES	60
AGRADECIMIENTOS	62

APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PARA OBTENER MAPAS DE RIESGO POR BAJAS TEMPERATURAS Y NEVADAS EN LA COMUNIDAD DE RAÍCES, ESTADO DE MÉXICO

1. INTRODUCCIÓN

La aplicación de la metodología para elaborar los mapas de riesgo por bajas temperaturas, se llevó a cabo en la localidad de Raíces, perteneciente al municipio de Zinacantepec, en el Estado de México, la cual fue seleccionada debido a que cada invierno las temperaturas descienden en forma extraordinaria. Además, el tamaño de la población considerada de tipo rural favoreció el trabajo de campo. Asimismo, la cercanía con el Distrito Federal benefició el traslado del personal técnico y equipo de medición.

La localidad de Raíces es la segunda población más alta del país ya que Acatipa, que corresponde al municipio de Xochiatipan en el estado de Hidalgo, es la de mayor altitud. También en el Estado de México se localizan otras dos comunidades con altura considerable, es decir, mayores a los 3,400 m (tabla 1).

Tabla 1. Localidades más altas de la República Mexicana (INEGI, 2005)

Localidad	Municipio	Estado	Altitud (m)	Población
Acatipa	Xochiatipan	Hidalgo	4600	674
Raíces	Zinacantepec	México	3531	571
Barrio de Santa Lucía	San Miguel Suchixtepec	Oaxaca	3500	11
Llano de la Cantimplora	Tlalpan	Distrito Federal	3460	1
Cerro Gordo	Zinacantepec	México	3460	3
Ranchería Palomas	Isidro Fabela	México	3433	100

2. LOCALIZACIÓN Y MEDIO FÍSICO DE RAÍCES, ESTADO DE MÉXICO

2.1 Localización de la comunidad de Raíces, Estado de México

La población de Raíces se encuentra en el municipio de Zinacantepec, en el Estado de México, en las coordenadas 99°48'19" de longitud oeste y 19°09'41" de latitud norte, su altura es de 3531 msnm, y según el Censo del INEGI (2005) su población es de 571 habitantes, de los cuales 287 son hombres y 284 mujeres. La comunidad limita al norte con el municipio de Almoloya de Juárez, al sur con Coatepec Harinas, al este con Toluca y al oeste con Amanalco de Becerra y Temascaltepec (figura 1).

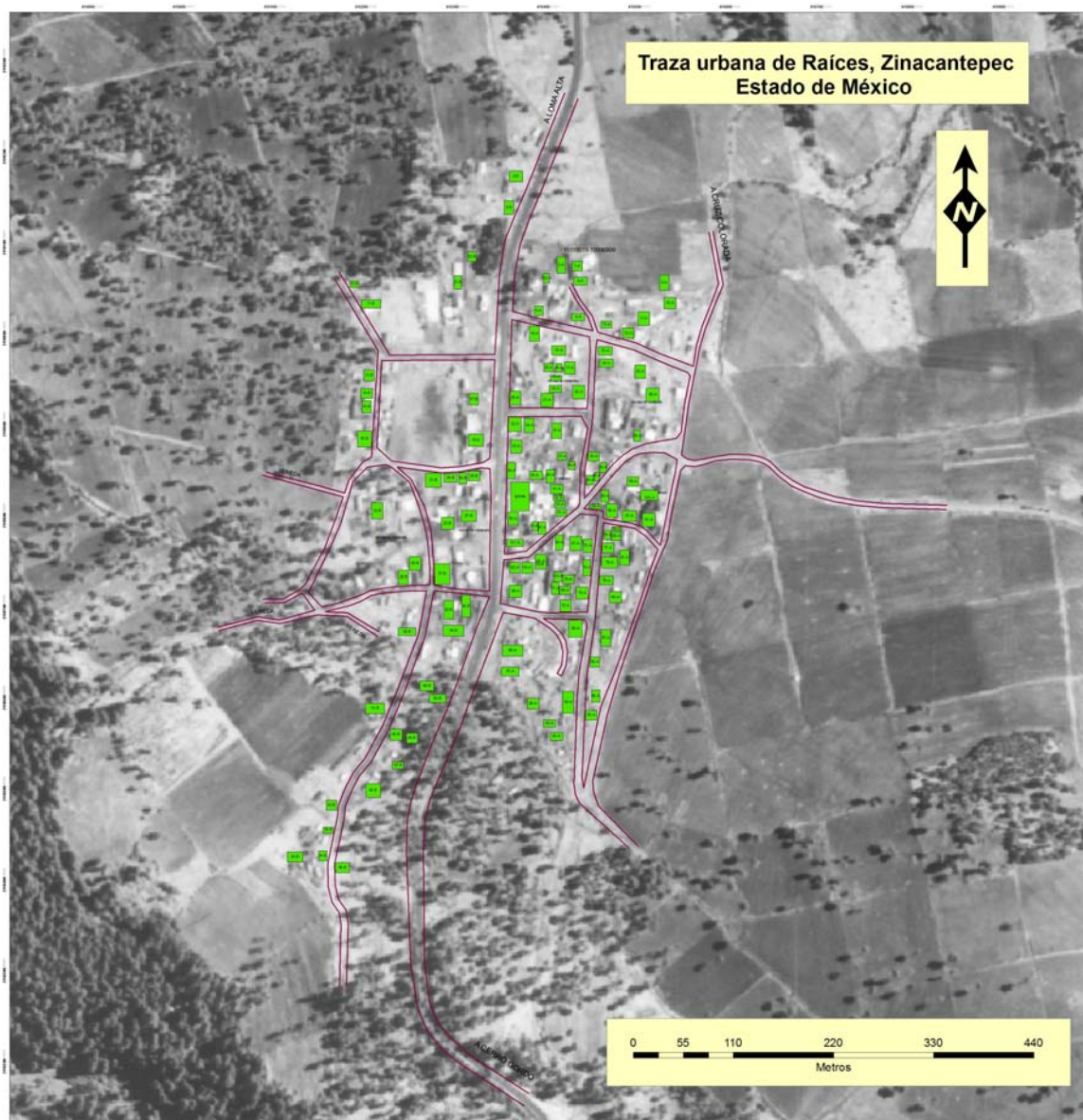


Figura 1 Localización geográfica de la comunidad de Raíces

2.2 Medio físico y geográfico de la comunidad de Raíces

Geología

La población de Raíces se encuentra en la ladera sur del volcán Xinantécatl o Nevado de Toluca, por ello presenta rocas de origen volcánico de composición andesita y basáltica, así como fragmentos de tipo piroclasto¹.

Hidrografía

Los ríos que fluyen por el municipio son el Tejalpa y sus tributarios, San Pedro y La Huerta o Chiquito. Además, existen manantiales que provienen del manto freático de las lagunas del volcán y pequeños escurrimientos intermitentes.

Clima

En Raíces predomina el clima templado subhúmedo, con temperaturas en el verano que apenas alcanzan los 15°C, mientras que en invierno llegan hasta 10°C bajo cero. En tanto, la estación seca abarca los meses de diciembre a abril.

La temperatura media anual oscila alrededor de los 12°C y una precipitación media anual de 1,243.5 milímetros. Las lluvias ocurren con mayor frecuencia entre mayo y septiembre (García, 2004).

Suelos

Los suelos predominantes son andosoles², suelos jóvenes derivados de cenizas volcánicas, que se consideran de baja calidad agrícola, es decir, para fines pecuarios. También existen los feozem³, que cubre las partes intermedias y bajas de las montañas, además de ser óptimos para el uso ganadero.

2.3 Principales sectores económicos en la comunidad de Raíces

Agricultura

La agricultura es de autoconsumo, predomina el cultivo de maíz y, por el tipo de clima, el de la papa, haba, chícharo, zanahoria, espinaca, cebolla y rábano; también se localizan huertas y parcelas familiares.

Ganadería

Los habitantes se dedican generalmente a la cría de ganado bovino, porcino, u ovino, que alimentan con hierba, forraje, maíz y alimento químico.

¹ Pedazos de lava o roca que son arrojados por el volcán en estado incandescente y de acuerdo con su tamaño pueden considerarse como cenizas, arenas, bloques y bombas.

² Es el suelo negro que hay en los volcanes y sus alrededores.

³ Suelos ricos en materia orgánica, textura media, buen drenaje y ventilación, en general son pocos profundos, casi siempre pedregosos y muy inestables.

Forestal

La zona está representada por bosques de coníferas (oyamel, pino, cedro) y latifoliadas⁴ (aile y encino); sin embargo, a partir del año 2000 las áreas para la agricultura tuvieron mayor expansión y con ello se produjo una reducción del 40% de bosque, principalmente de pino. La disminución obedece al proceso de extracción intensiva y semi intensiva con fines comerciales (Franco *et al.*, 2006).

Comercio

La comunidad cuenta con algunos giros comerciales, entre ellos tiendas de alimentos, papelerías y panadería.

3. OBTENCIÓN DE LOS MAPAS DE RIESGO POR BAJAS TEMPERATURAS

3.1 Antecedentes de las bajas temperaturas en la comunidad de Raíces

Se tiene algunos registros sobre bajas temperaturas en la población de Raíces, como el del 2 de marzo de 2001, donde se reporta que el frente frío no. 33 generó descensos abruptos de las temperaturas, por las cuales las autoridades de Protección Civil implementaron un operativo especial de vigilancia y atención para los habitantes de las faldas del Xinantécatl, que provocó la evacuación de al menos 50 personas que fueron llevadas al centro de salud de la comunidad de Loma Alta. Además, los caminos fueron cerrados debido a la cristalización del agua sobre el pavimento (La Jornada, 3 de marzo de 2001). El 1 de abril de 2003, el frente frío no. 44 formó una tormenta de nieve fuera de temporada (figura 2), por lo que causó bajas temperaturas en las comunidades aledañas al volcán Nevado de Toluca (El Universal, 1 de abril de 2003). También el frente frío no. 16 del 23 de diciembre de 2005, produjo temperaturas de -6°C y la carretera Sultepec-Toluca, que rodea al Xinantécatl, fue cerrada a la circulación debido a la presencia de nieve (La Jornada, 24 de diciembre de 2005).

Recientemente, el 6 de febrero de 2007 cayó nieve en Raíces, así como lluvias intensas con granizo por el frente frío no. 35, que dificultó la circulación vial por los encharcamientos que se registraron debido a la falta de alcantarillas (Milenio, 6 de febrero de 2007).



Frío extremo



Cristalización del agua sobre el pavimento

Figura 2 Algunos efectos de las bajas temperaturas en el lugar de estudio, 1 abril de 2003

⁴ Árboles cuyos frutos generalmente tienen la hoja ancha y plana. Incluye la comunidad de bosque de encino (*Quercus*), aile (*Alnus*) y populus (*Populus*).

3.2 Necesidades cartográficas para elaborar los mapas de riesgo

Con la finalidad de que las autoridades locales, municipales y estatales de Protección Civil realicen los mapas de riesgo, es necesario contar con una cartografía de la zona, de preferencia se debe utilizar la traza urbana que elabora INEGI, donde se tiene la distribución de las viviendas de la comunidad o, en su defecto, elaborar el croquis de la localidad para identificar las casas de la población.

Se requiere que la cartografía esté en formato digital, para una mejor manipulación, bajo un ambiente de Sistemas de Información Geográfica (SIG); en caso de no existir ésta, se deberá construir con base en la cartografía existente; por ejemplo, utilizar modelos digitales de elevación⁵ (MDE) del INEGI a escala 1:50,000 o de mayor detalle, ortofotos⁶ con un tamaño de píxel de 1.5 m o menores para dibujar las viviendas sobre la imagen. Sin embargo, si se carece de dichos materiales es necesario realizar trabajo de campo para tener georreferenciados todos los rasgos de la comunidad (figura 3).

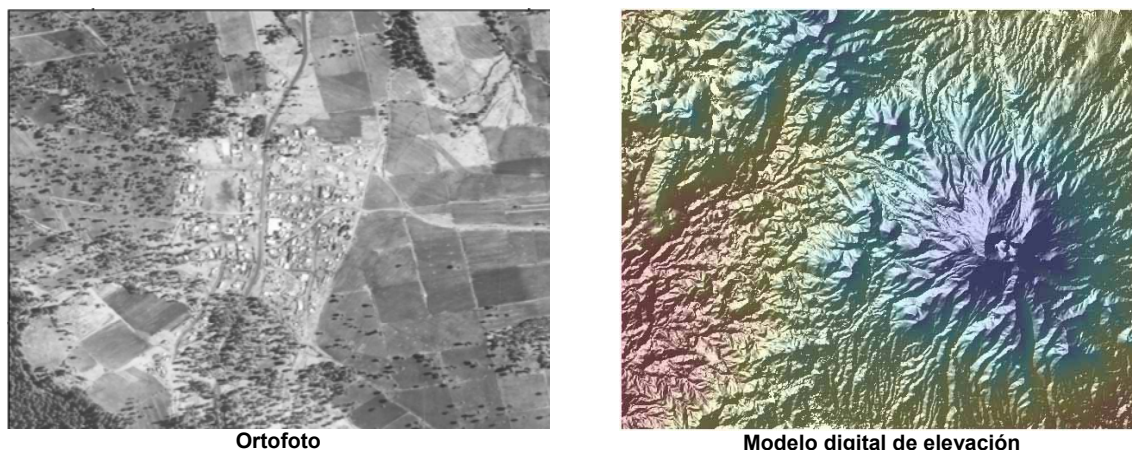


Figura 3 Cartografía digital de la zona de estudio

3.3 Levantamiento en campo de la traza urbana de la localidad

Como se mencionó anteriormente, es necesario tener la ubicación de las viviendas de la comunidad, sin embargo, Raíces carece de cualquier cartografía, por ello se construyó ésta con trabajo de campo.

Para realizar este trabajo se solicitó apoyo a la Dirección Estatal de Protección Civil del Estado de México, la cual contactó a la Unidad de Protección Civil del municipio de Zinacantepec, que a su vez convocó a las autoridades ejidales de la comunidad, con la finalidad de exponer los objetivos y los alcances del proyecto, así como el reconocimiento de la zona de estudio (figura 4).

⁵ MDE es una representación digital de la altura del terreno, de la que se puede obtener una imagen tridimensional.

⁶ Ortofoto es una fotografía aérea real que ha sido rectificadas geométricamente de tal manera que se mantiene una escala uniforme en toda la superficie de la imagen.

**Zona Alta****Zona Baja****Figura 4 Reconocimiento de la localidad Raíces durante la primera visita**

Los objetivos del trabajo de campo fueron georreferenciar las viviendas y encuestar a los habitantes de la comunidad, casa por casa (figura 5).

**Figura 5 Personal del CENAPRED realizando el levantamiento de la ubicación de las viviendas**

Las actividades se realizaron con ayuda de dos unidades tipo Mapa Móvil (figura 6). Cada uno consiste en una computadora de mano, conectada a un Sistema de Posicionamiento Global (GPS por sus siglas en inglés); además se utilizó una imagen ortorectificada⁷ de la localidad y una base de datos con las preguntas de la encuesta, de tal modo que el cuestionario se llenó en tiempo real. Los mapa móviles ayudaron a integrar rápidamente los datos a un ambiente de SIG, que para este caso fue Arc-Gis 9.2.

⁷ Ortorectificación: Significa que los datos de la imagen de satélite o fotos aéreas deben prepararse de forma que se elimine la distorsión de la imagen.



Figura 6 Equipo mapa-móvil utilizado en el trabajo de campo

Cabe mencionar que la aplicación de la encuesta se puede hacer de forma convencional, es decir, utilizar papel y lápiz, así como dibujar las viviendas en un croquis de la localidad para su ubicación (figura 7).



Figura 7 Croquis de la comunidad

En campo se formaron dos equipos, cada uno integrado por dos técnicos del CENAPRED, una autoridad de la localidad y una persona de Protección Civil Municipal, con el propósito de brindar confianza a los habitantes e instruir a las autoridades para realizar trabajos similares en otras comunidades. Así, se definieron dos zonas, la parte Alta y Baja de la comunidad, éstas se encuentran separadas por la carretera que se dirige al Nevado de Toluca (figura 8).



Figura 8 Imagen utilizada para la zonificación de Raíces en los trabajos de campo (Google Earth, 2008)

Las encuestas se realizaron cara a cara, es decir, se visitaron todas las viviendas de la comunidad y se entrevistó principalmente al jefe de familia, y en caso de no estar él o ella, el cuestionario fue aplicado a algún integrante de la misma (figura 9).



Figura 9 Trabajo de campo: aplicación de la encuesta con los habitantes de la población

3.4 Mapa base

Para construir los mapas de riesgo es necesario tener un mapa base. Así, se contó con cartografía del Instituto de Geografía, Estadística y Catastro del Estado de México (IGCEM), como es la ortofoto, la traza de calles y manzanas. Mientras que, con ayuda del levantamiento de campo se consiguió la posición de cada vivienda y, con base en la ortofoto, se dibujaron polígonos que simulan el trazo de las casas de la comunidad (figura 10).

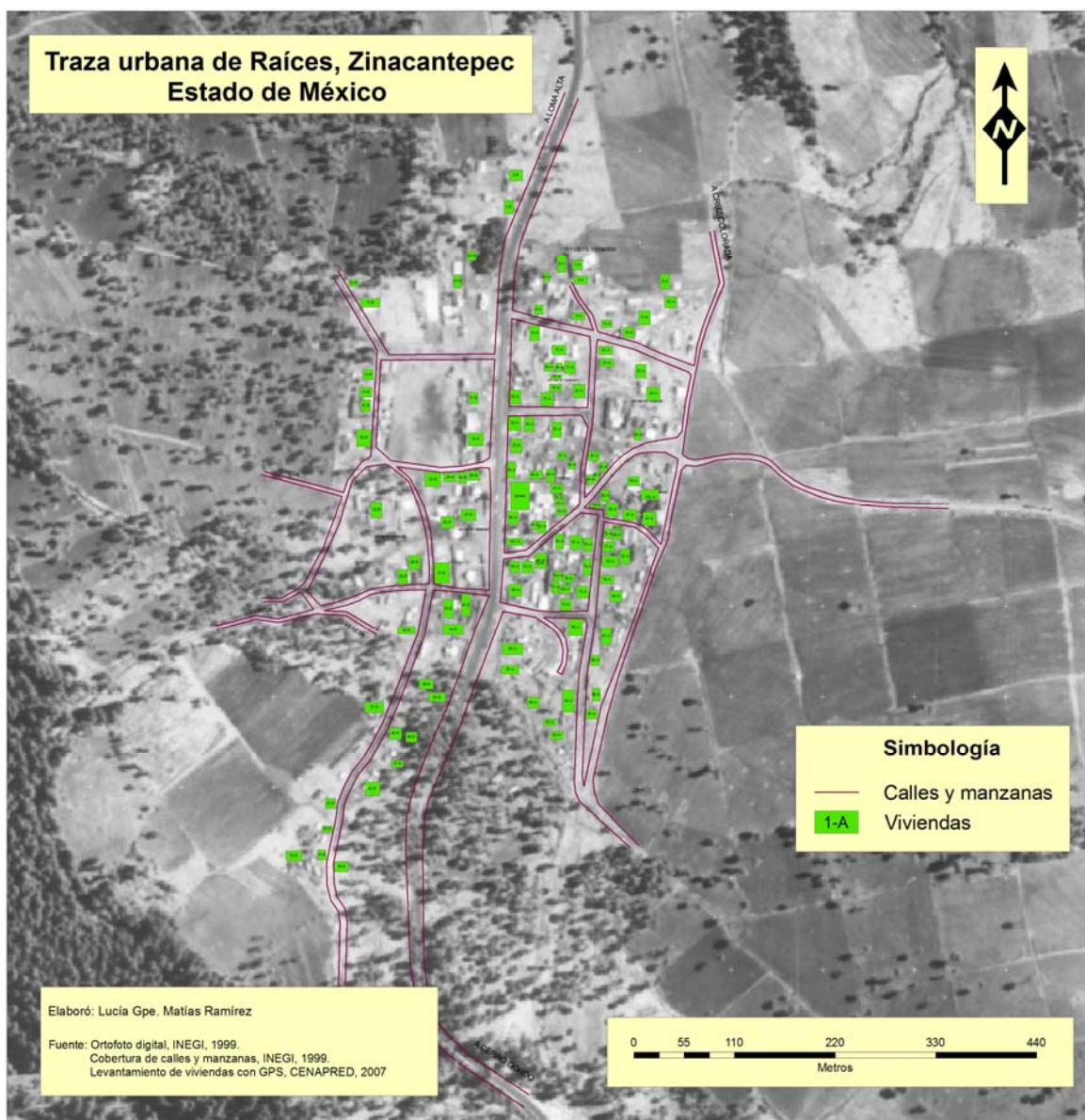


Figura 10 Mapa base de la comunidad Raíces

3.5 Función de Peligro

Se define el peligro por bajas temperaturas como la función de probabilidad de que la temperatura cambie de valor, quedando por abajo de un umbral y con una determinada duración (ver capítulo 3.2 de la Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos, *Fenómenos Hidrometeorológicos* de la serie Atlas Nacional de Riesgos). El evento anterior se denomina *onda de frío* y se estima con base en los datos de temperatura que registran las estaciones automáticas, pertenecientes al Servicio Meteorológico Nacional.

3.5.1 Obtención del peligro por bajas temperaturas para la comunidad de Raíces

Debido a la carencia de estaciones automáticas en la localidad, se realizó una interpolación lineal en función de la altura de las estaciones cercanas a ésta. Por una parte, se requiere de los datos de una estación con mayor altitud que la localidad, y otra localizada a menor altura que Raíces. Las estaciones que cumplen con este requisito son el Nevado de Toluca y Atlacomulco, la primera se encuentra a 4139 msnm, y la segunda está a 2600 msnm (SMN, 2007), mientras que Raíces tiene una altura de 3531 msnm.

Para la primera estación 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, mientras que en la segunda fueron 59,904 registros reportados cada hora, en el periodo del 2 de marzo de 2000 al 31 de diciembre de 2006. Asimismo, los valores de temperatura se redondearon para expresarlos como números enteros (tablas 2 y 3).

Tabla 2. Distribución de horas por umbral de temperatura en la estación Nevado de Toluca

Umbral j	Temperatura °C	Horas por umbral
1	Mayor a 10	2,201
2	10 a 5	15,951
3	5 a 0	31,221
4	0 a -5	3,159
5	-5 a -10	53
6	Menor a -10	4
Totales		52,589

Tabla 3. Distribución de horas por umbral de temperatura en la estación Atlacomulco

Umbral j	Temperatura °C	Horas por umbral
1	Mayor a 10	46,495
2	10 a 5	10,487
3	5 a 0	2,722
4	0 a -5	200
5	-5 a -10	0
6	Menor a -10	0
Totales		59,904

En la figura 11, se observan las funciones de peligro para cada estación automática y la comunidad en estudio. Se aprecia que la de Raíces presenta un comportamiento más cercano al del Nevado de Toluca, debido a que existe menor diferencia de altitud entre la localidad y dicha estación (608 m), en tanto que, el mayor contraste de alturas se observa entre la comunidad y la estación de Atlacomulco, con 931 m de diferencia.

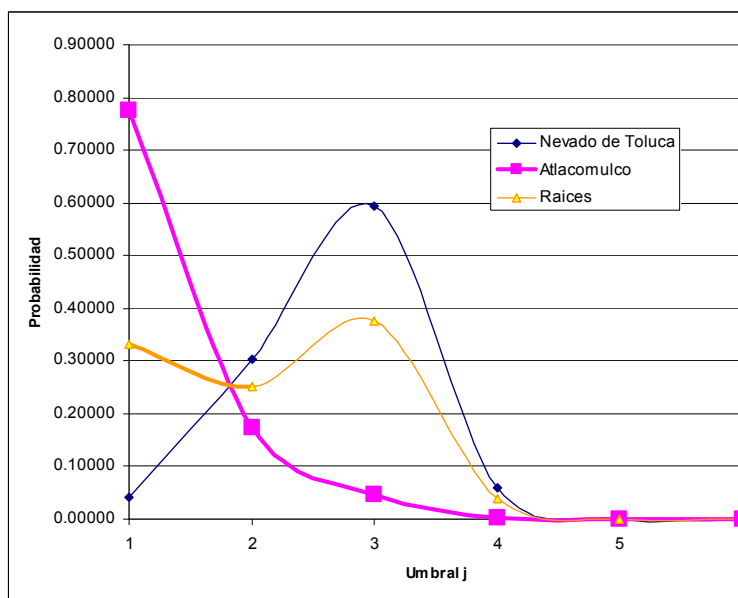


Figura 11 Interpolación de los sitios de análisis

En la tabla 4 se muestran las funciones de peligro para cada estación automática. También se incluyen los datos de la interpolación que forma la función de Raíces.

Tabla 4. Funciones de probabilidad por cambio de umbral de temperatura en el Nevado de Toluca, Atlacomulco y Raíces

Umbral j	Temperatura °C	Nevado de Toluca	Atlacomulco	Raíces (interpolado)
1	> 10	0.04185	0.77616	0.33195
2	10 a 5	0.30331	0.17506	0.25265
3	5 a 0	0.59368	0.04544	0.37709
4	0 a -5	0.06007	0.00334	0.03766
5	-5 a -10	0.00101	0	0.00061
6	<= a -10	0.00008	0	0.00005
Σ		1	1	1

La afectación en la salud de las personas se presenta con mayor frecuencia cuando ocurren temperaturas menores a 10°C, por tanto se realizó un ajuste en la función de peligro interpolada para incluir los umbrales que se encuentran a partir de dicho umbral (tabla 5).

Tabla 5. Función de peligro interpolada

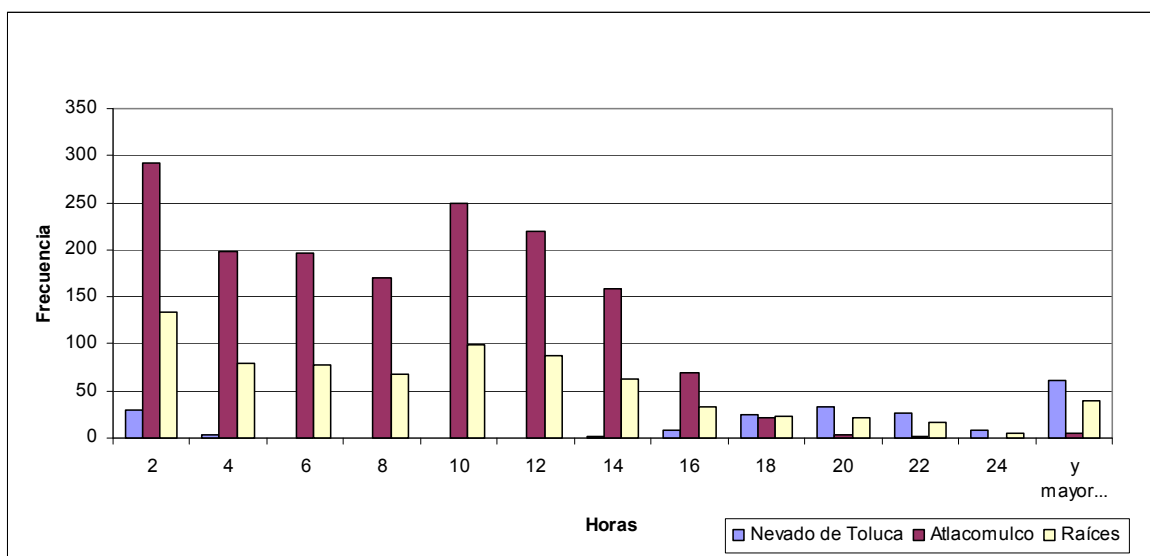
Umbral j	Temperatura °C	Ajuste peligro
1	10 a 5	0.378
2	5 a 0	0.564
3	0 a -5	0.056
4	-5 a -10	0.001
5	-10 a -inf	0.000069
	Σ	1

3.5.2 Función de probabilidad de duración de onda por baja temperatura

Es aquella que permite evaluar la probabilidad de que una onda de frío presente una duración mayor o igual a cierto intervalo de tiempo, expresado en horas.

Para obtener las funciones de probabilidad de duración de onda por baja temperatura en la comunidad, primeramente se interpolan las frecuencias del Nevado de Toluca y de Atlacomulco, para después obtener la de Raíces.

La figura 12 muestra que la estación Atlacomulco posee el mayor número de eventos entre los 10°C o menores, porque el Nevado de Toluca y Raíces son lugares más fríos, es decir, sus temperaturas se encuentran con valores por debajo de los 5°C. Por otra parte, en la figura 13 se observa una tendencia similar entre estos lugares.

**Figura 12 Frecuencias de ondas menores o iguales a 10°C del Nevado de Toluca, Atlacomulco y Raíces**

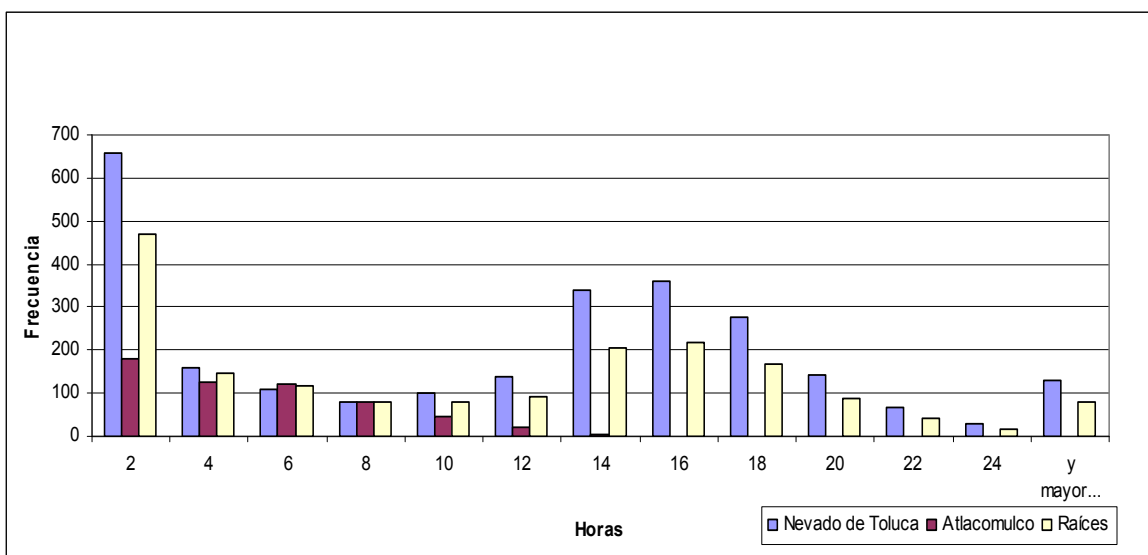


Figura 13 Frecuencias de ondas menores o iguales a 5° C y mayores a 0° C del Nevado de Toluca, Atlacomulco y Raíces

Una vez obtenidas las frecuencias interpoladas para la localidad de Raíces, se puede obtener la probabilidad de duración de onda de baja temperatura para diferentes intervalos de temperaturas. En el figura 14 se observan las probabilidades para ondas de baja temperatura menor o igual a 10°C y mayores a 5°C.

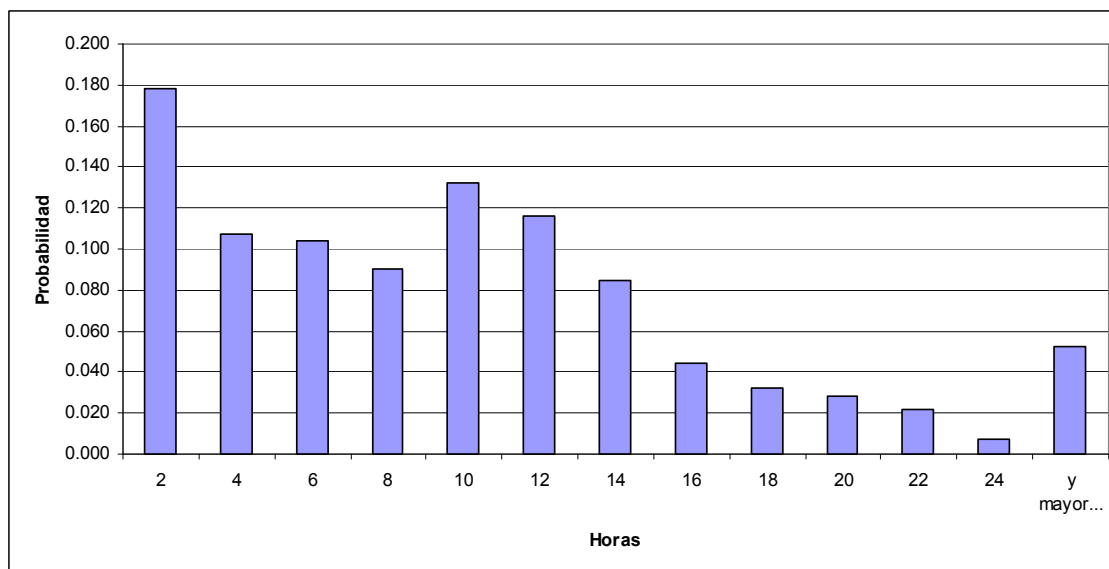


Figura 14 Probabilidad de duración de onda de baja temperatura menor o igual a 10°C y mayores a 5°C en Raíces

La frecuencia y función de probabilidad para las ondas menores o iguales a 5°C que ocurrieron durante el periodo analizado, se observan en la tabla 6, donde los valores de frecuencia no son valores enteros, porque los datos se obtuvieron mediante la interpolación entre las frecuencias de las estaciones Nevado de Toluca y Atlacomulco.

Tabla 6 Frecuencia y función de probabilidad para una onda fría de 5°C en la comunidad de Raíces

Intensidad de duración	Horas Continuas	Frecuencia	Probabilidad
1	2	471.2	0.2627
2	4	145.8	0.0813
3	6	115.3	0.0643
4	8	79.2	0.0442
5	10	78.8	0.0440
6	12	90.4	0.0504
7	14	205.6	0.1147
8	16	218.4	0.1218
9	18	166.4	0.0928
10	20	86.3	0.0481
11	22	39.9	0.0223
12	24	17.5	0.0098
13	y mayor...	78.6	0.0438

Las funciones de probabilidad de duración de onda fría para determinado umbral se muestran en la tabla 7. Las duraciones se dividieron en clases de dos horas, de esta manera se conoce la probabilidad de que se presente una onda de frío para cierta temperatura, y ésta continúe durante 2, 4, y hasta 24 horas o más. Por ejemplo, la probabilidad de que una onda de frío menor a 10°C posea una duración mayor a 22 horas, y menor o igual a 24 horas es de 0.0073. De la misma forma, la probabilidad de que una onda de frío menor a -5°C con duración mayor a 1 hora, y menor o igual a 2 horas es de 0.5455 (tabla 7).

Tabla 7 Funciones de probabilidad de duración de onda por umbral de temperatura para la comunidad de Raíces

Clase (horas)	Umbral de temperatura °C				
	10	5	0	-5	-10
2	0.1786	0.2627	0.4811	0.5455	0
4	0.1072	0.0813	0.1721	0.1818	1
6	0.1043	0.0643	0.1084	0	0
8	0.0900	0.0442	0.0618	0.0909	0
10	0.1323	0.0440	0.0478	0	0
12	0.1165	0.0504	0.0156	0	0
14	0.0850	0.1147	0.0374	0	0
16	0.0443	0.1218	0.0296	0.0909	0
18	0.0319	0.0928	0.0171	0	0
20	0.0283	0.0481	0.0073	0.0909	0
22	0.0221	0.0223	0.0062	0	0
24	0.0073	0.0098	0	0	0
y mayor...	0.0521	0.0438	0.0156	0	0

3.6. Vulnerabilidad

Si las personas de una comunidad están expuestas a un descenso brusco de temperatura durante un tiempo prolongado, éstas serán más susceptibles o vulnerables de sufrir daño. Esta condición depende del grupo de edad al que pertenece cada individuo. Aunque también existen otros factores que influyen, tales como la vivienda, la alimentación, etc., en este estudio sólo se analiza la edad.

3.6.1 Función de vulnerabilidad

Con base en el grupo de edad y la duración de la temperatura se obtendrá la función de vulnerabilidad, que indica la susceptibilidad de sufrir daño, según la exposición de la persona, a un determinado umbral de temperatura.

Primero, se identifica el grupo de edad al que corresponde cada miembro de la familia. En la tabla 8, se muestra la clasificación que utiliza CONAPO (2001).

Tabla 8. Clasificación de los grupos de edad

Grupo de edad	Edades
Niños	<6
Adolescentes	6-14
Jóvenes	15-24
Adultos	25-64
Tercera edad	>65

Se construyeron las funciones de vulnerabilidad para la localidad, por cada grupo de edad y umbral seleccionado, las cuales se presentan en las tablas 9a a la 9d y figuras 15a a la 15d.

Tabla 9a. Función de vulnerabilidad por grupo de edad y umbral de 10°C

Horas	Niños	Adolescentes	Jóvenes	Adultos	Tercera edad
2	10.4	4.6	3	0.6	7
4	15	8.3	4.3	0.6	12.5
6	25	14.7	5.8	0.6	21.7
8	28.6	17.7	8	3	25
10	37.3	22.5	12.2	5.5	33.7
12	50	34.4	17.4	8.6	47.4
14	65	46.7	26	14.8	62
16	75	55.4	37	25.2	71.6
18	81	62.7	49.8	41.6	76.5
20	84	64	55	49.5	79.8
22	84.7	64.2	55.7	51.1	80.7
24	84.7	64.5	56.3	52.3	80.7
Mayor	84.7	64.5	56.3	52.3	80.7

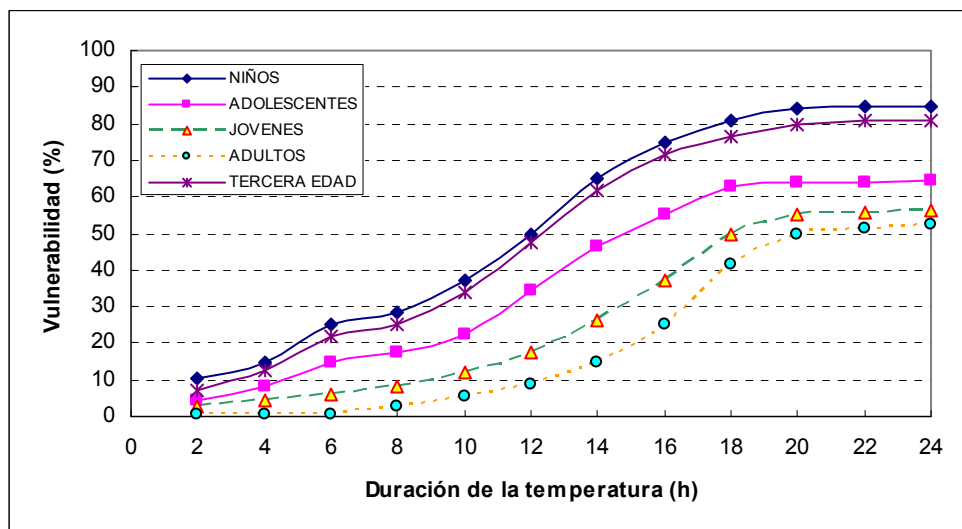


Figura 15a Función de vulnerabilidad por grupo de edad y umbral de 10°C

Tabla 9b. Función de vulnerabilidad por grupo de edad y umbral de 5°C

Horas	Niños	Adolescentes	Jóvenes	Adultos	Tercera edad
2	12.9	4	0	0	10
4	20	10	4.2	0	16.2
6	30	17.2	10.2	3.4	24.6
8	42	21.1	13.6	6.3	36.5
10	57.1	29.8	19.6	8.9	50.4
12	68	41.3	32.8	17.1	63
14	73.1	50.6	42	26.6	68.3
16	74.5	56.3	48	34.6	70
18	75.1	58.9	52.7	43.5	71.4
20	75.6	59.8	54.3	47.3	72.3
22	75.6	60.6	55.5	48.5	73.1
24	75.4	61.2	55.7	48.5	72.5
Mayor	75.4	61.2	55.7	48.5	72.5

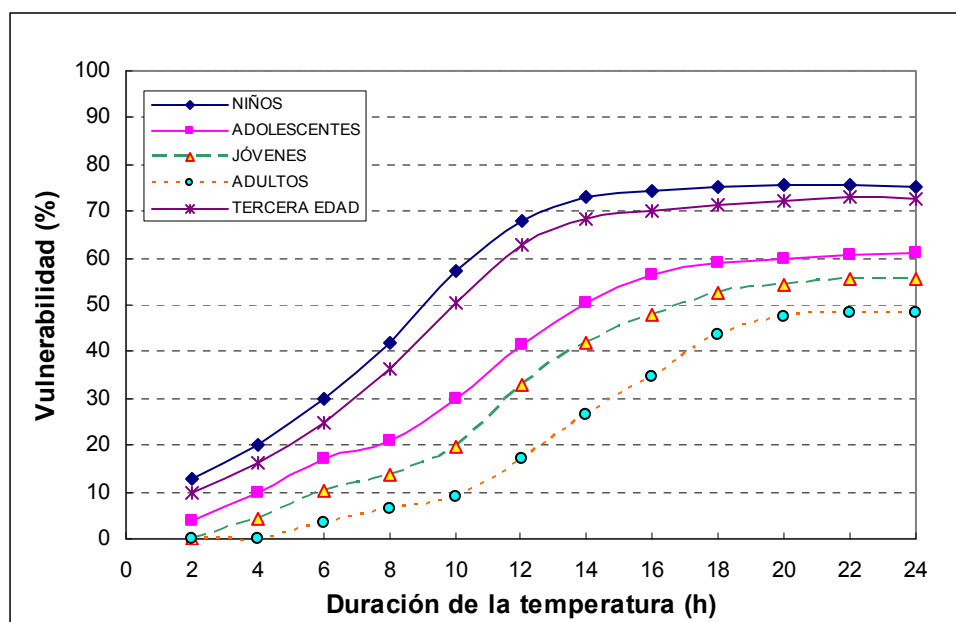


Figura 15b Función de vulnerabilidad por grupo de edad y umbral de 5°C

Tabla 9c. Función de vulnerabilidad por grupo de edad y umbral de 0°C

Horas	Niños	Adolescentes	Jóvenes	Adultos	Tercera edad
2	20.9	12	6.4	2.7	18
4	24.9	11.2	7.4	3.7	21.2
6	29.3	11.7	7.7	4.3	24.7
8	38.6	15.5	10.4	5.3	33
10	49.2	22.5	15.2	8.8	42.6
12	58	34.3	24.2	16.2	53.2
14	66.2	48.4	42	33.2	61.4
16	70.2	52	46	39.4	67.3
18	70.9	53.5	47.6	41.2	68
20	71.2	54	48.4	42	68.4
22	71.2	54.3	48.9	42.6	68.4
24	71.3	54	48.1	42.8	68.6
Mayor	71.3	54	48.1	42.8	68.6

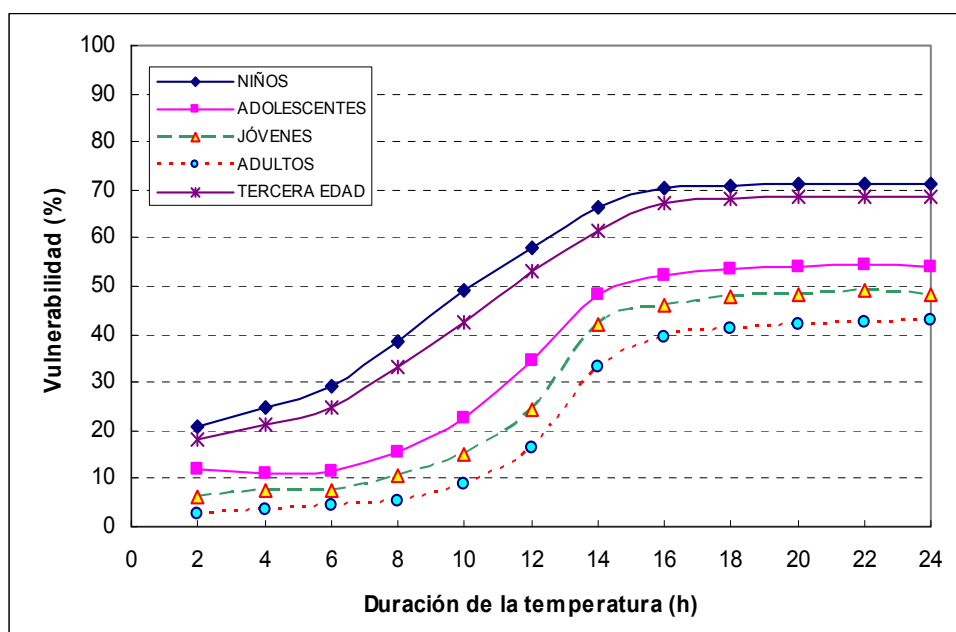


Figura 15c Función de vulnerabilidad por grupo de edad y umbral de 0°C

Tabla 9d. Función de vulnerabilidad por grupo de edad y umbral de -5°C

Horas	Niños	Adolescentes	Jóvenes	Adultos	Tercera edad
2	41.5	10	7	4.5	20.4
4	50.7	22.8	15.3	8.4	28.6
6	60.4	34.8	29	21.4	49.3
8	64.6	43.7	38.2	31.2	55.4
10	64.9	47.1	42.6	36.8	57.7
12	65.7	49	43.5	38.4	58.5
14	65.7	49	42.9	38.4	58.5
16	66	48.7	42.9	38.2	59.1
18	65.7	48.7	43.2	38.7	59.3
20	66	49	43.2	38.7	59.3
22	66.3	49.3	43.7	39.3	60
24	66.3	49	43.5	39	59.3
Mayor	66.3	49	43.5	39	59.3

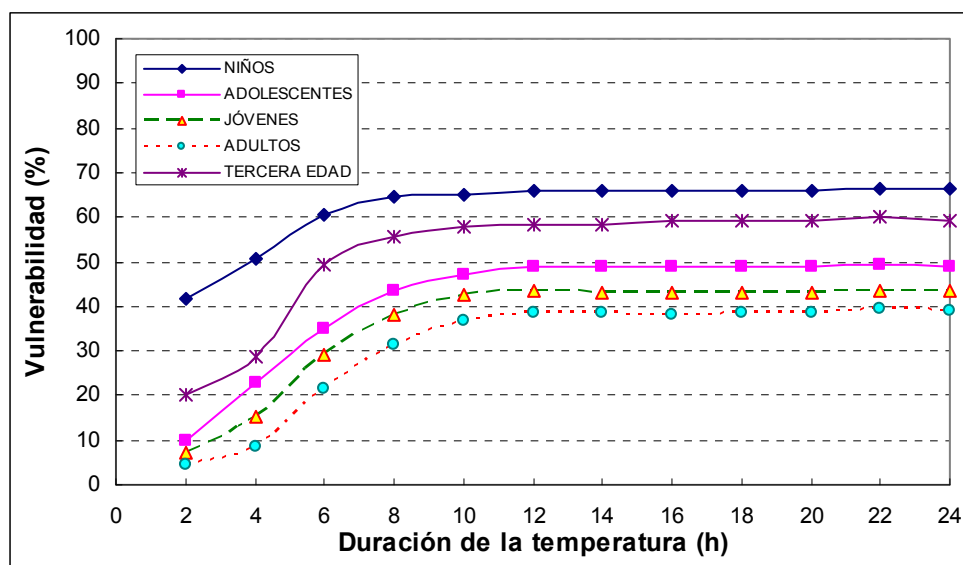


Figura 15d Función de vulnerabilidad por grupo de edad y umbral de -5°C

Tabla 9e. Función de vulnerabilidad por grupo de edad y umbral de -10°C

Horas	Niños	Adolescentes	Jóvenes	Adultos	Tercera edad
2	31.5	12.4	8.2	4.4	17
4	48.7	32.1	22.3	16.8	38.7
6	49.7	38	31.6	25	45.1
8	49.7	39.3	33	26	46.4
10	49.7	39.3	33.5	26.4	46.4
12	49.7	39.3	33.5	26.9	46.7
14	49.7	39	34.3	27.2	47
16	49.7	38.6	34.3	27.5	46.4
18	49.7	39	33.8	27.6	46.2
20	49.7	38.9	34	27.5	46.4
22	49.7	39.3	33.8	27.6	46.7
24	49.7	38.9	33.8	27.5	46.7
Mayor	49.7	38.9	33.8	27.5	46.7

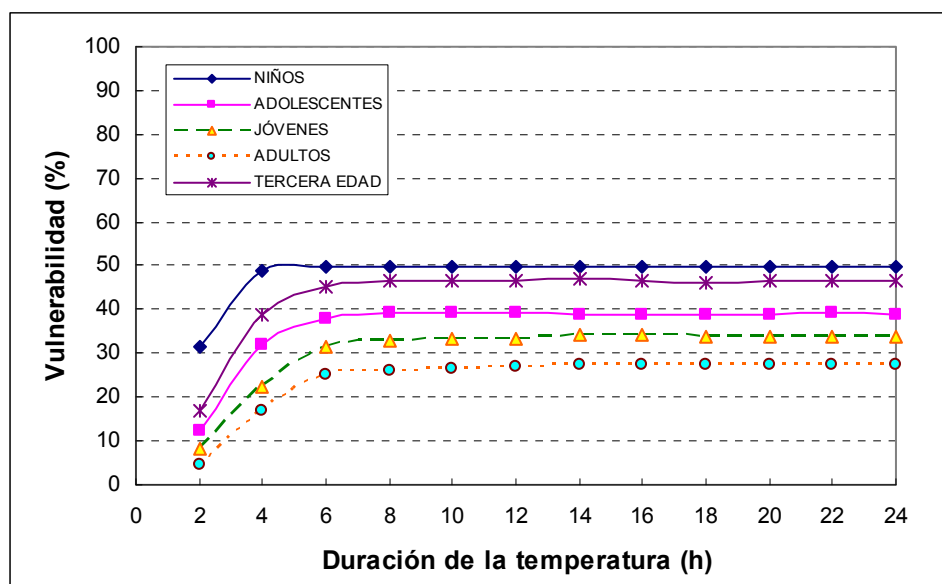


Figura 15e Función de vulnerabilidad por grupo de edad y umbral de -10°C

También con los datos obtenidos de la encuesta se realizaron gráficas para determinar cuántas personas del sexo femenino y masculino hay en la comunidad, por ejemplo, la casa 11-A está formada por seis personas (figura 16), dos mujeres (integrante 2 y 6) y cuatro varones (integrante 1, 3 al 5), con la edad y género de éstas se construyó un mapa de distribución de la población (figura 17).

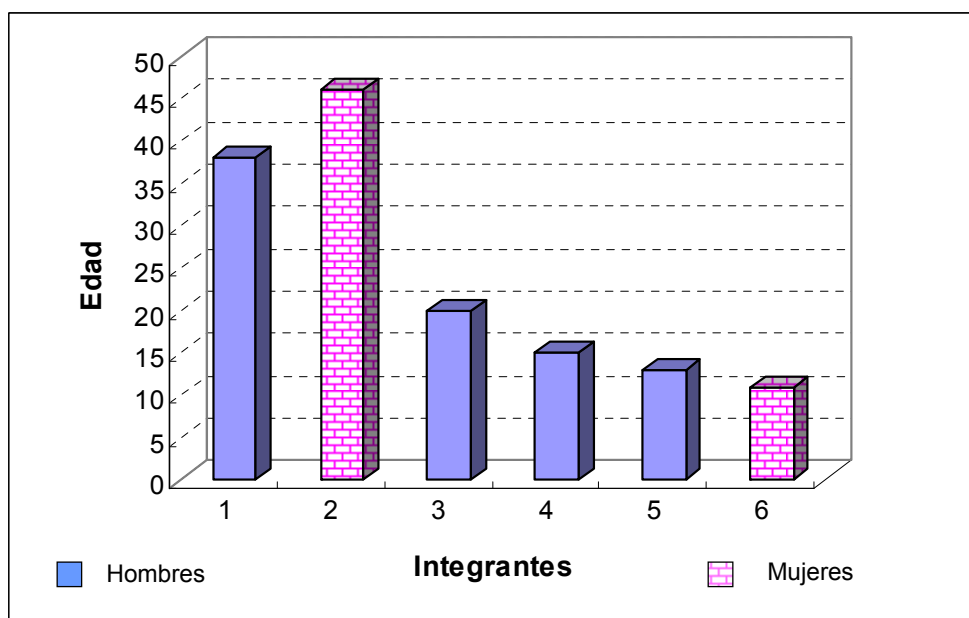


Figura 16 Número de integrantes de la vivienda 11-A según edad

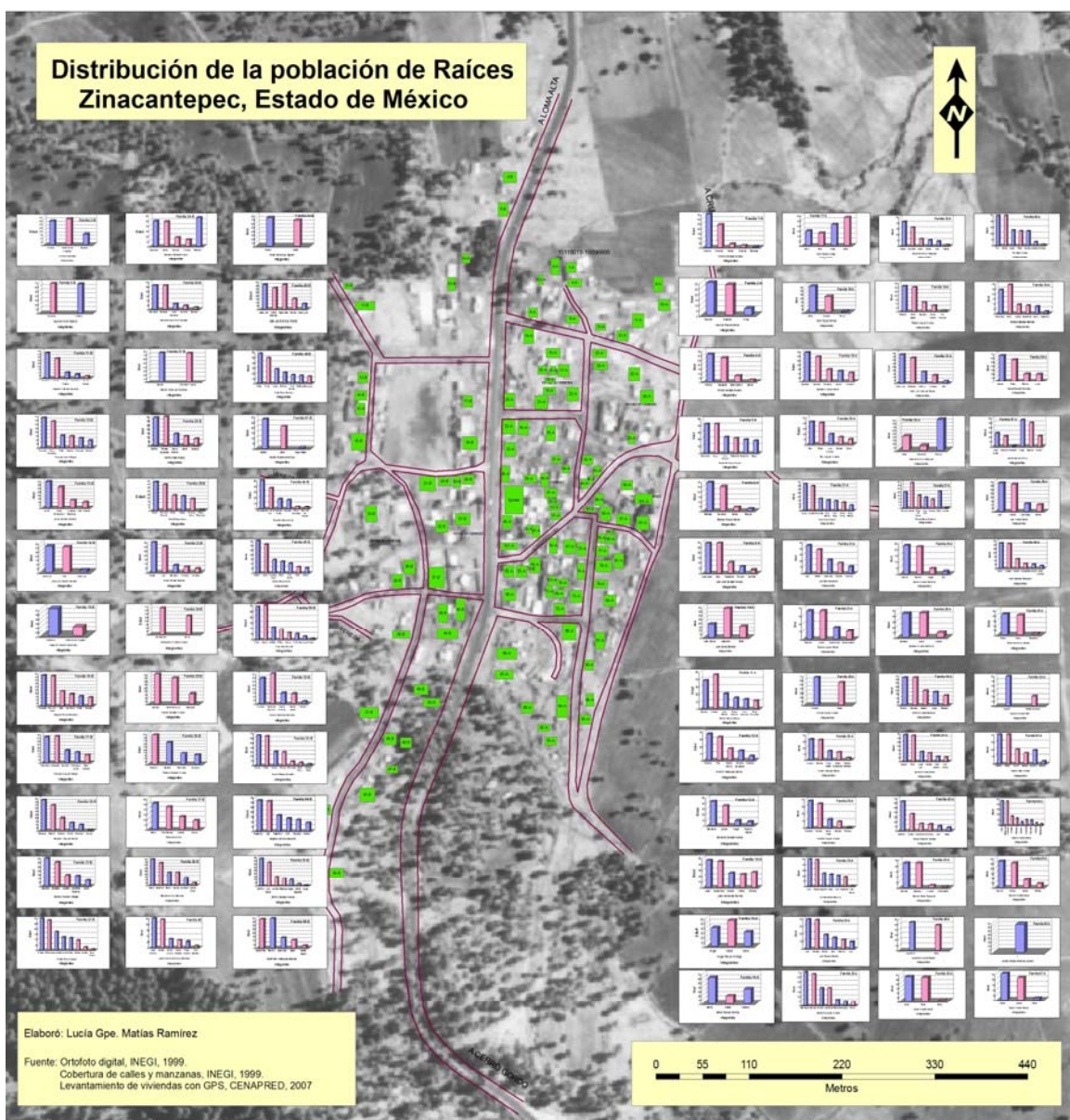


Figura 17 Distribución de la población por grupo de edad

En las 124 casas encuestadas habitan 581 personas, 177 en la zona Baja y 404 en la parte Alta de la comunidad, en ambas prevalece la población adulta (tabla 10); mientras que, en menor proporción están las personas de la tercera edad. Asimismo, las mujeres son mayoría con 293 y 288 que corresponden al género masculino (tabla 11). También es relevante mencionar que las dos personas de mayor edad son varones de 84 y 89 años, que habitan en la zona Baja y Alta, respectivamente (figura 18).

Tabla 10. Resumen de la estructura de la población de Raíces

Grupo de edad	Zona		Total general
	Alta	Baja	
Niños	59	22	81
Adolescentes	97	48	145
Jóvenes	79	29	108
Adultos	154	67	221
Tercera edad	15	11	26
Total	404	177	581

Tabla 11. Distribución de la población según género

Género	Zona		Total general
	Alta	Baja	
Femenino	207	86	293
Masculino	197	91	288
Total	404	177	581

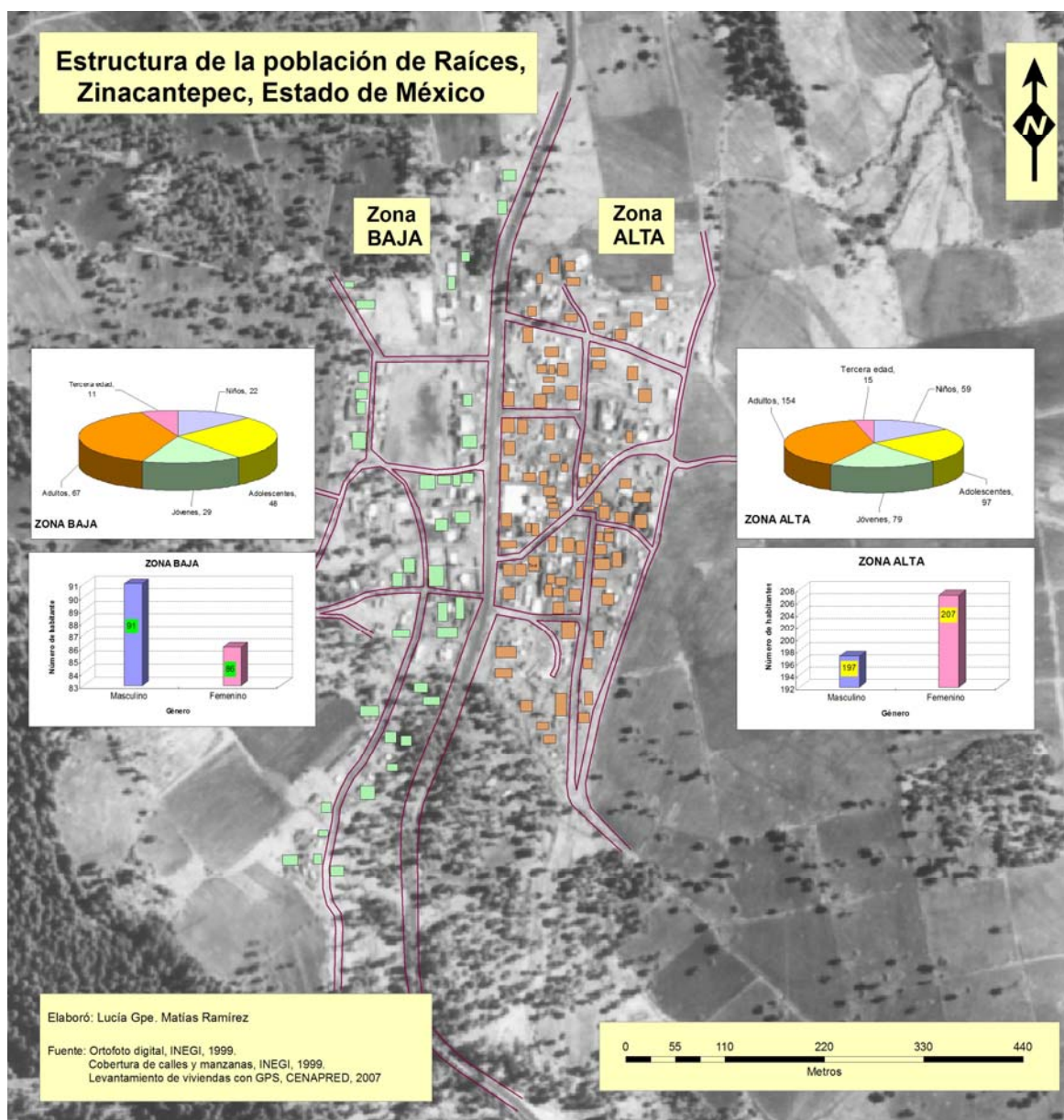


Figura 18 Estructura de la población por grupo de edad y género

3.6.2 Caracterización de la vivienda

En la estimación de riesgo por bajas temperaturas, sólo se analizó el impacto de las enfermedades respiratorias en la salud de las personas, sin tomar en cuenta el tipo de vivienda de éstas, debido a que no se encontró una relación con ellas; por ejemplo, la población que posee una casa con características estructurales bien definidas, como las de mampostería, se enferman de igual forma que las personas que tienen una casa de cartón o de madera.

No obstante, la familia con posibilidad económica de construir o comprar una casa de mampostería, en muchas ocasiones también posee un cuarto extra que utiliza como cocina y que es de madera. Así, cuando ocurre un descenso brusco de temperatura, las personas permanecen el mayor tiempo posible en la habitación de madera debido a que es más cálida (figura 19).



Casa habitación



Cocina

Figura 19 Ejemplo de la familia que posee dos viviendas con diferente material de construcción

Para caracterizar el tipo de vivienda se utilizó la metodología propuesta para el caso de inundaciones, es decir, indicar el tipo de material en techos y muros e identificar a qué tipo corresponde (entre I y V). El análisis se basa en las tablas 12 y 13; en ellas se describe el material más común para las casas.

Tabla 12. Tipo de material en muros de las viviendas

Tipo	Descripción
M1	Cartón o plástico
M2	Piedra
M3	Láminas de cartón
M4	Bahareque
M5	Adobe sin repellado
M6	Madera
M7	Adobe con repellado
M8	Tabique de barro o concreto sin elementos de concreto
M9	Tabique de barro o concreto con elementos de concreto

Tabla 13. Tipo de material en techos de las viviendas

Tipo	Descripción
T1	Cartón o plástico
T2	Lámina (cartón, plástico, asbesto, galvanizada)
T3	Palma
T4	Teja
T5	Losa de concreto sobrepuesta o vigueta y bovedilla
T6	Losa de concreto ligada

En general, un gran porcentaje de la vivienda en nuestro país, se construye combinando los materiales listados en las tablas 12 y 13; sin embargo, no se descarta la posibilidad de encontrar otros, por ello se deberán especificar y, posteriormente, definir su vulnerabilidad correspondiente. La descripción de cada combinación se presenta en la Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos *Fenómenos Hidrometeorológicos* en la tabla 1.16, páginas 56 y 57.

En resumen, en la comunidad de Raíces se presentan sólo las combinaciones; 10, 12, 16, 19, 20 y 24, que corresponden al tipo de vivienda IV y V (tabla 14).

Tabla 14. Tipo de vivienda

Número de combinación Indicado en la Guía Básica	Tipo de vivienda	Combinaciones entre tipo de material para techos y muros
10	IV	Vivienda con muros de madera y techo de lámina (cartón, plástico, asbesto o galvanizada)
12	IV	Vivienda con muros de adobe con repellado y techo de lámina (cartón, plástico, asbesto o galvanizada)
16	IV	Vivienda con muros de mampostería sin elementos de concreto y techo de lámina (cartón, plástico, asbesto o galvanizada)
19	V	Vivienda con muros de mampostería sin elementos de concreto y techo de losa de concreto sobrepuesta o vigueta y bovedilla
20	IV	Vivienda con muros de mampostería con elementos de concreto y techo de lámina (cartón, plástico, asbesto o galvanizada)
24	V	Vivienda con muros de mampostería con elementos de concreto y techo de losa de concreto ligada

En la siguiente tabla se concentra el número de casas según tipo y combinación de la vivienda para la comunidad, donde resulta que la combinación 24 y tipo V es la de mayor frecuencia, mientras que, en menor medida están las combinaciones 12 y 19, equivalente al tipo IV.

Tabla 15. Distribución de las viviendas según combinación y tipo

Combinación	Tipo de vivienda	No. de casas
10	IV	34
12	IV	1
16	IV	4
19	V	1
20	IV	10
24	V	75
Total		125

Para conocer la distribución espacial de las viviendas según su tipo se presenta la figura 20, donde se observa un mayor número de casas de clase V en la zona Baja, en comparación con la parte Alta de la comunidad, donde se encuentra una relación equitativa entre los tipos IV y V.

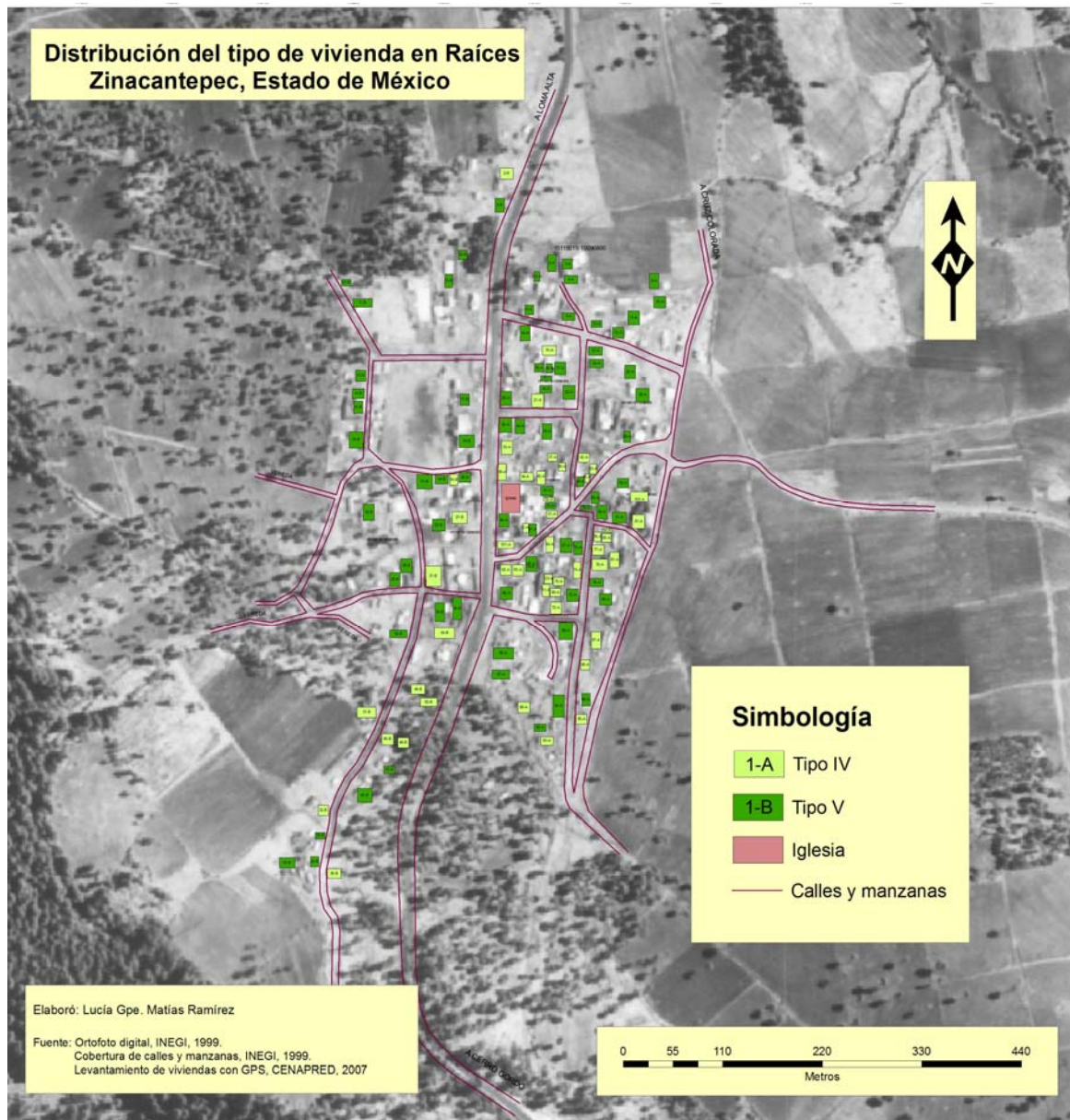


Figura 20 Distribución de las viviendas según su tipo

Por otra parte, la mayoría de las viviendas en Raíces son de madera o cartón; sin embargo, las casas de mampostería que se construyen actualmente incorporan una chimenea para mantenerla cálida. Es importante mencionar que los dueños de estas viviendas son aquellas personas que estuvieron en Estados Unidos durante largas temporadas y que tienen posibilidades de brindar a sus familias una mejor calidad de vida (figura 21).



Figura 21 Ejemplo de la familia que posee una chimenea en su vivienda

3.7 Cálculo de riesgo

3.7.1 Bienes expuestos: la salud de las personas

La estimación de riesgo para la comunidad de Raíces se centra en la salud de las personas y, en particular, en las enfermedades respiratorias que ocurren durante el invierno.

Así, se encontró que en Raíces sólo se presentan Infecciones Respiratorias Agudas (IRAS) en un 90%, mientras que el 10% restante son las Enfermedades Diarreicas Agudas (EDAS). Cabe señalar que, es casi nula la presencia de hipotermia, intoxicación y quemaduras. Las principales IRAS en la localidad se reportan en la tabla 16, así como su distribución en la población. En el anexo 1 se describe brevemente las IRAS y sus costos de atención. Este último se calculó con base en la frecuencia de los casos registrados por el servicio médico del municipio (Protección Civil, 2007).

Tabla 16. Costos de las IRAS más frecuentes en la comunidad de Raíces

Enfermedad	Costo de atención (\$)	Probabilidad	Costo probable de atención por persona (\$)
Resfriado común	100	0.40	40.0
Faringitis	150	0.15	22.5
Faringoamigdalitis	200	0.15	30.0
Bronquitis	300	0.10	30.0
Sinusitis	300	0.10	30.0
Otitis media	250	0.10	25.0
Σ	1,300	1.00	177.5

El costo esperado de atención por enfermedad para la comunidad es de \$177.5. Así pues, resulta que el resfriado común es más frecuente entre la población, sin embargo, su costo es mayor debido a que cada vez se incrementan los casos, e incluso llegan a complicarse y generar enfermedades crónicas como la sinusitis.

3.7.2 Riesgo marginal

Antes de calcular el riesgo como tal, se debe cuantificar el riesgo marginal, cuya estimación se obtiene con base en las funciones de probabilidad de la duración de una onda de frío y la vulnerabilidad; por ejemplo, en la tabla 17 se muestran ambas funciones para el umbral de 10°C y grupo de población definido como *Niños*, es decir, menores a seis años (ver tabla 8).

Tabla 17. Riesgo marginal para el grupo de Niños y umbral de 10°C

Intensidad de duración i	Horas continuas	Vulnerabilidad %	Peligro umbral 10°C	Riesgo por hora continua $P(i)*V(i)$
1	2	0.104	0.1786	0.01857
2	4	0.15	0.1072	0.01608
3	6	0.25	0.1043	0.02608
4	8	0.286	0.09	0.02574
5	10	0.373	0.1323	0.04935
6	12	0.5	0.1165	0.05825
7	14	0.65	0.085	0.05525
8	16	0.75	0.0443	0.03323
9	18	0.81	0.0319	0.02584
10	20	0.84	0.0283	0.02377
11	22	0.847	0.0221	0.01872
12	24	0.847	0.0073	0.00618
13	Mayor	0.847	0.0521	0.04413
			Riesgo marginal	0.4012

3.7.3 Riesgo individual

De la misma forma se construyeron los demás umbrales y grupos de edad. Una vez calculado el riesgo marginal, es necesario conocer el índice de riesgo individual según su grupo de edad, es importante mencionar que se utilizó la función de peligro interpolada, la cual se calculó en la tabla 5. Los resultados se presentan en las tablas 18a a la 18e.

Tabla 18a. Cálculo del índice de riesgo individual por umbral, para el grupo de Niños

Umbral j	Temperatura °C	Función de peligro	Riesgo marginal	P * RM
1	10	0.378	0.4011838	0.151647
2	5	0.564	0.4853146	0.273717
3	0	0.056	0.3099811	0.017359
4	-5	0.001	0.4972645	0.000497
5	-10	0.00069	0.487	0.000336
			Índice de riesgo individual	0.4436

Tabla 18b. Cálculo del índice de riesgo individual por umbral, para el grupo de Adolescentes

Umbral j	Temperatura °C	Función de peligro	Riesgo marginal	P * RM
1	10	0.378	0.2730705	0.103221
2	5	0.564	0.3293026	0.185727
3	0	0.056	0.1737495	0.009730
4	-5	0.001	0.224533	0.000225
5	-10	0.00069	0.321	0.000221
			Índice de riesgo individual	0.2991

Tabla 18c. Cálculo del índice de riesgo individual por umbral, para el grupo de Jóvenes

Umbral j	Temperatura	Función de peligro	Riesgo marginal	P * RM
1	10	0.378	0.1753227	0.066272
2	5	0.564	0.2650332	0.149479
3	0	0.056	0.1208728	0.006769
4	-5	0.001	0.1789891	0.000179
5	-10	0.00069	0.223	0.000154
			Índice de riesgo individual	0.2229

Tabla 18d. Cálculo del índice de riesgo individual por umbral, para el grupo de Adultos

Umbral j	Temperatura	Función de peligro	Riesgo marginal	P * RM
1	10	0.378	0.1157179	0.043741
2	5	0.564	0.190089	0.107210
3	0	0.056	0.077536	0.004342
4	-5	0.001	0.1380816	0.000138
5	-10	0.00069	0.168	0.000116
			Índice de riesgo individual	0.1555

Tabla 18e. Cálculo del índice de riesgo individual por umbral, para el grupo de la Tercera edad

Umbral j	Temperatura	Función de cambio umbral	Riesgo marginal	P * RM
1	10	0.378	0.3680174	0.139111
2	5	0.564	0.4451163	0.251046
3	0	0.056	0.273362	0.015308
4	-5	0.001	0.321261	0.000321
5	-10	0.00069	0.387	0.000267
			Índice de riesgo individual	0.4061

Un resumen de los cálculos anteriores se presenta en la tabla 19.

Tabla 19. Índice de riesgo individual por grupo de edad

Grupo de edad	Índice de riesgo individual
Niños	0.4436
Adolescentes	0.2991
Jóvenes	0.2229
Adultos	0.1555
Tercera edad	0.4061

Ahora se procede a calcular el riesgo individual, a partir de la multiplicación del índice de riesgo individual por grupo de edad y por el costo esperado de atención de la enfermedad, la cual se determinó en \$177.5. Por ejemplo, si en la vivienda 12-A hay dos adultos, dos adolescentes y un joven, sus índices de riesgo individual serán 0.1555, 0.2991 y 0.2229, respectivamente. Los valores anteriores se multiplicaron por \$177.5, donde resulta que el riesgo individual para los adultos es de \$47, \$67 en los adolescentes y \$69 en jóvenes (tabla 20).

Tabla 20. Ejemplo de la base de datos para calcular el riesgo individual

Casa	Género	Edad	Grupo de edad	Grupo de edad	Riesgo Individual \$
12-A	Hombre	37	Adultos	0.1555	28
	Mujer	33	Adultos	0.1555	28
	Mujer	17	Jóvenes	0.2229	40
	Hombre	14	Adolescentes	0.2991	53
	Hombre	6	Adolescentes	0.2991	53
2-A	Hombre	30	Adultos	0.1555	28
	Mujer	28	Adultos	0.1555	28
	Hombre	6	Adolescentes	0.2991	53

3.7.4 Riesgo por vivienda

El riesgo por vivienda se obtiene al sumar los riesgos individuales de cada uno de los integrantes de un hogar. Si se tiene que en la comunidad se aplicaron 124 encuestas al mismo número de viviendas (CENAPRED, 2007), ahora se procede a calcular el riesgo para cada una de éstas, es decir, se suman todos los riesgos individuales de la vivienda; por ejemplo, en la casa 12-A habita una familia de cinco integrantes, que presentan valores de: \$28, \$28, \$40, \$53 y \$53, resulta que ésta necesita invertir \$201 para solventar las enfermedades de tipo respiratorio que ocurran durante el invierno (tabla 21).

Tabla 21. Ejemplo para calcular el riesgo por vivienda

Casa	Género	Edad	Grupo de edad	Riesgo Individual \$	Riesgo vivienda \$
12-A	Hombre	37	0.1555	28	201
	Mujer	33	0.1555	28	
	Mujer	17	0.2229	40	
	Hombre	14	0.2991	53	
	Hombre	6	0.2991	53	
2-A	Hombre	30	0.1555	28	108
	Mujer	28	0.1555	28	
	Hombre	6	0.2991	53	

Se puede calcular el riesgo para cada una de las zonas, Alta y Baja, acumulando los riesgos de las viviendas de éstas.

Tabla 22. Resultados del riesgo por vivienda de la zona Alta de Raíces

No. Casa	Riesgo vivienda	No. Casa	Riesgo vivienda	No. Casa	Riesgo vivienda
1-A	303	36-A	153	70-A	158
2-A	108	37-A	294	71-A	55
4-A	187	38-A	237	72-A	187
5-A	213	39-A	108	73-A	215
6-A	213	40-A	187	74-A	346
8-A	240	41-A	239	75-A	225
10-A	107	42-A	254	76-A	95
11-A	241	43-A	237	77-A	319
12-A	201	44-A	55	78-A	319
13-A	161	45-A	134	79-A	296
14-A	150	46-A	294	80-A	79
15-A	83	47-A	201	81-A	403
16-A	95	50-A	79	82-A	158
17-A	110	51-A	240	84-A	134
18-A	146	52-A	214	86-A	372
19-A	214	53-A	469	87-A	266
20-A	201	54-A	305	89-A	55
21-A	294	56-A	179	90-A	108
22-A	187	57-A	241	92-A	319
23-A	148	59-A	161	93-A	227
24-A	100	60-A	319	94-A	139
25-A	227	61-A	158	95-A	451
28-A	240	62-A	144	96-A	241
29-A	292	63-A	253	97-A	134
30-A	254	64-A	465	98-A	158
32-A	359	65-A	187	101-A	144
33-A	293	66-A	28	102-A	211
34-A	240	67-A	146	103-A	187
35-A	227	69-A	240	105-A	144

Finalmente, el riesgo por vivienda de la zona Alta de la comunidad resultó de \$18,253.

Por consiguiente, se debe realizar el mismo proceso para la zona Baja, que resultó de \$8,069 (tabla 23).

Tabla 23. Resultados del riesgo por vivienda de la zona Baja de la comunidad

No. Casa	Riesgo vivienda	No. Casa	Riesgo vivienda
2-B	95	34-B	55
5-B	144	35-B	95
11-B	240	36-B	134
12-B	254	37-B	134
13-B	161	38-B	266
14-B	134	40-B	324
15-B	100	44-B	144
16-B	227	45-B	175
17-B	187	46-B	255
18-B	280	47-B	146
21-B	214	48-B	285
22-B	412	49-B	346
24-B	175	50-B	451
26-B	266	52-B	240
27-B	144	53-B	340
28-B	214	54-B	254
29-B	253	55-B	372
31-B	71	58-B	240
32-B	240		

Una vez realizados los cálculos se procede a la representación espacial de los resultados, que se reflejan en la figura 22; por ejemplo, en el mapa se definieron cinco rangos y se establecieron índices de riesgo de muy bajo a muy alto, se identificaron siete viviendas donde las familias deberán tener un ahorro anual mayor a los \$500, para solventar las enfermedades respiratorias durante el invierno. De éstas, seis tienen un riesgo muy alto y sólo una presenta alto riesgo; estas casas aparecen con un recuadro azul (en la versión electrónica). Además, cinco viviendas se encuentran en la zona Alta de la comunidad y dos en la parte Baja.

También se observa un mayor número de viviendas con riesgo alto y muy alto en la parte Alta de la comunidad, en comparación con la zona Baja.

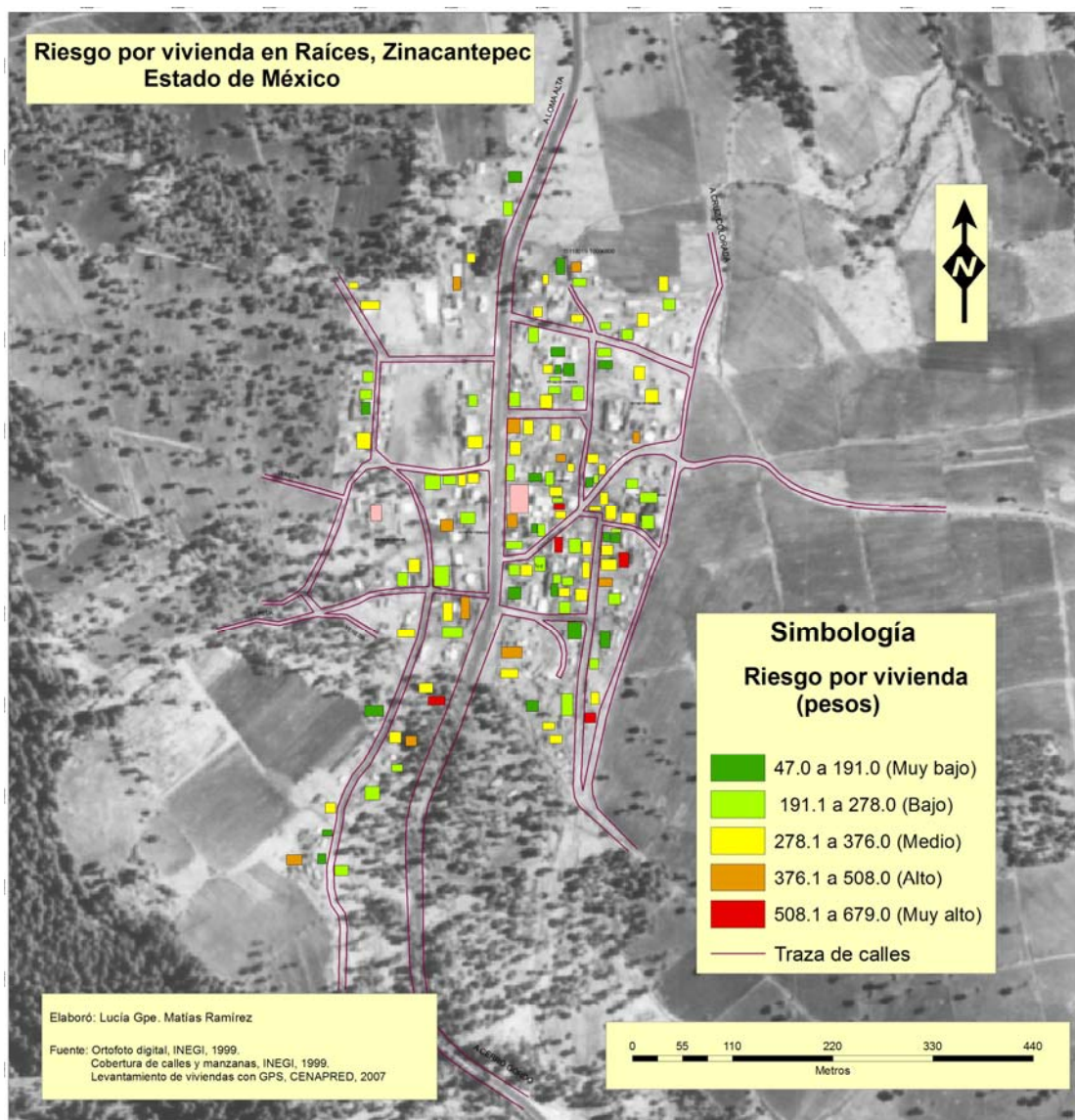


Figura 22 Riesgo por vivienda

3.7.5 Riesgo por localidad

El riesgo de la localidad se estima al sumar los riesgos de cada una de las viviendas que la integran.

$$R_{Raíces} = 18,253 + 8,069 = 26,322$$

Se evalúa el riesgo de la comunidad, con base en la suma de los riesgos de las 124 viviendas, mismo que corresponde a \$26,322.

3.7.6 Riesgo anual de la localidad

Finalmente, se calcula el riesgo anual que consiste en multiplicar el riesgo de la localidad, R_{loc} , por el número promedio de ondas de frío al año.

$$RA_{loc} = k * R_{loc}$$

Donde k es el promedio de ondas de frío con duración de 20 horas y umbral de 10°C. En la comunidad de Raíces resulta que han ocurrido 21 ondas en seis años (tabla 24).

Tabla 24. Frecuencia para una onda de frío de 10°C en la comunidad de Raíces

Horas	Frecuencia
2	133
4	80
6	78
8	67
10	99
12	87
14	63
16	33
18	24
20	21
22	17
24	5
y mayor	39

Así pues, para obtener k se debe dividir el número de ondas de frío entre el número de años de registro, por lo que el riesgo anual se calcula:

$$k = \frac{21}{6} = 3.5$$

$$RA_{loc} = 3.5 * 26,322 = \$92,127$$

En promedio, el riesgo anual por habitante es de:

$$\frac{92,127}{581} = \$159$$

Asimismo, se realizó una evaluación del nivel de riesgo de las localidades cercanas a Raíces, a fin de compararlas con los resultados obtenidos en la zona de estudio, donde se estimó la vulnerabilidad de éstas con base en la marginación, suponiendo que todas ellas tienen el mismo peligro. Para lo anterior, se utilizó la información correspondiente al índice de marginación de 2005 (CONAPO, 2006), obteniéndose que la comunidad de Raíces está considerada con un índice de alta

marginación, lo que significa desigualdad de oportunidades en la participación del desarrollo, o bien desventaja social; por ejemplo, una mayor incidencia del analfabetismo, viviendas sin agua entubada y hacinamiento, entre otros factores.

También, se encontró que las localidades que están entre los 3000 y 3500 msnm, poseen una marginación alta y muy alta, y pueden ser las más susceptibles de daño por bajas temperaturas (figura 23).

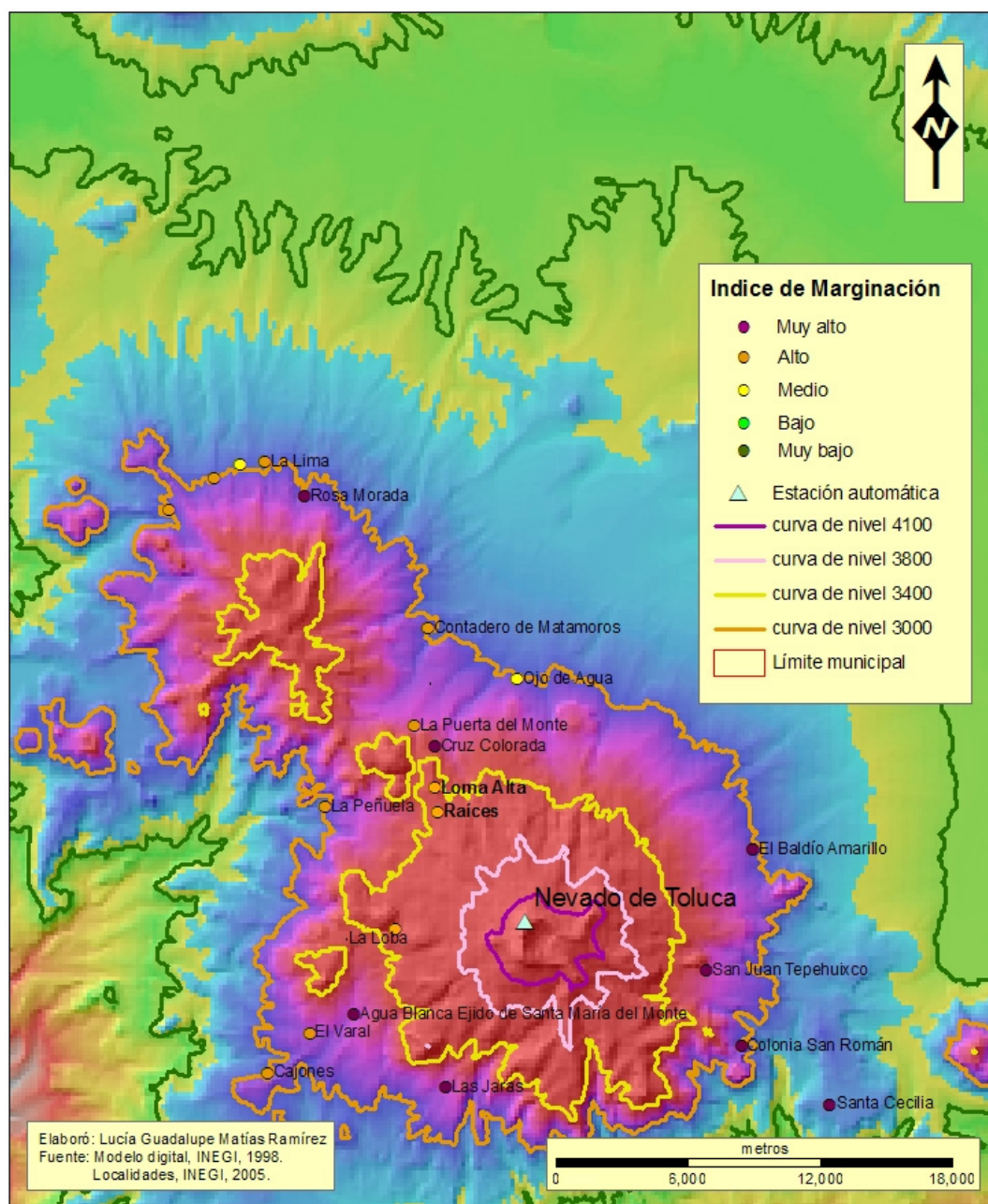


Figura 23 Identificación de las localidades más susceptibles de daño por bajas temperaturas cercanas a la población de Raíces

4. MEDIDAS DE MITIGACIÓN POR BAJAS TEMPERATURAS

Con base en el análisis realizado se considera muy importante, mantener en buen funcionamiento la clínica de la comunidad de Loma Alta, ya que otorga servicio a más de tres localidades cercanas, incluida la población de Raíces. Por tal motivo, resulta indispensable contar con servicios médicos permanentes y medicamentos suficientes para toda la población que acuda a pedir una consulta.

Es altamente recomendable que, a través de brigadas médicas, se realicen tareas de prevención antes de la temporada invernal, así como llevar a cabo campañas de vacunación contra la gripe, principalmente entre la población infantil y de la tercera edad. También, se recomienda brindar pláticas en las escuelas y entre la población en general, para difundir las recomendaciones que ayuden a proteger la salud durante la época de frío.

Del mismo modo, se debe proteger a la población contra el rotavirus, el cual es un virus que causa diarrea que, aunque afecta con mayor frecuencia en primavera y verano, también está presente en el invierno, debido a que las condiciones de higiene entre los habitantes no son las mejores. Por ejemplo, se sabe que lavarse las manos con agua helada es poco grato, lo que favorece que se transmitan las enfermedades gastrointestinales.

Aunque el trabajo de prevención es en gran parte tarea de las autoridades, también corresponde a la población integrarse a dichas labores, con el propósito de conseguir resultados óptimos y disminuir significativamente el riesgo por bajas temperaturas.

Los habitantes pueden protegerse del ambiente gélido, cubriendo o tapizando con cartón la habitación donde la familia permanece el mayor tiempo posible, en condiciones de temperatura extrema, debido a que este material es un buen aislador del frío, además de ser de bajo costo (figura 24).



a) Uso adecuado de calentones, debido a que existe ventilación en la habitación b) Cómo utilizar el cartón en paredes y techos

Figura 24 Formas de mitigar el frío en una vivienda de Raíces

En la figura anterior se observa que, en caso de existir algún tipo de calefacción rudimentaria es conveniente mantener una ventilación adecuada. Esto debido a que en la comunidad prevalece el uso de *calentones*, los que comúnmente se encuentran en el mismo cuarto que se utiliza para dormir y que se emplean principalmente durante los inviernos crudos.

Con base en la información detallada que se recopiló, las autoridades de Protección Civil y la población de la comunidad deberán elaborar un plan de emergencia en caso de una onda de frío extremo, y con ello salvaguardar la vida de los habitantes. En dicho plan se deben reflejar los aspectos de auxilio y de recuperación. El auxilio radica en conocer quiénes serán los que necesitan ayuda por ser más vulnerables. Finalmente, la recuperación consiste en activar los servicios de la comunidad para que ésta funcione nuevamente.

Alimentación

Durante el invierno el organismo humano necesita mayor cantidad de energía para mantenerse caliente y así evitar las enfermedades, por ejemplo, se recomienda consumir diariamente frutas de temporada. Por otra parte, con el fin de asegurar una provisión suficiente de agua y alimento es necesario almacenar comida oportunamente por parte de las familias.

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 mantenerse seco. Otros accesorios que se deben usar son los guantes, bufanda y un gorro de lana, de tal manera que quede cubierto el cuello y las orejas. La humedad y el frío son muy dañinos para la salud, por eso se recomienda mantener la piel seca. En la noche, de ser necesario, se pueden colocar más cobijas en la cama y utilizar la calefacción.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA BAJAS TEMPERATURAS

Conclusiones

En el estudio de bajas temperaturas, el análisis del peligro se realizó con base en registros de temperatura de las estaciones automáticas del Servicio Meteorológico Nacional para los últimos seis años, así pues, las conclusiones se deben tomar con cautela, debido a que una muestra estadística producirá resultados más confiables en la medida en que el periodo cubierto sea mayor. Asimismo, la información compilada sobre el costo esperado de las enfermedades respiratorias corresponde al 2007, por tal motivo, si en un futuro se requiere obtener éste, deberá considerarse el ajuste por costos actualizados.

El riesgo anual promedio resultó de \$181 por individuo, el cual parece ser aceptado en general por los habitantes; sin embargo, hay ocasiones en que éste puede incrementarse hasta \$1,430, principalmente en personas de la tercera edad y los niños, siendo éstos los grupos más vulnerables. Entre los gastos extras se encuentran transporte, medicamentos que no se consiguieron en la clínica de salud, consultas con médicos privados, entre otros. A pesar de ello, el cálculo del riesgo se deberá repetir en otros estados susceptibles a las bajas temperaturas con el propósito de mejorar el método.

Por otra parte, en la comunidad de Raíces se ha observado un lento crecimiento en años recientes, debido a que la gente prefiere migrar a los Estados Unidos en busca de mejores oportunidades de vida, esencialmente porque en la comunidad cada vez hay menos oportunidades de trabajo. Por ejemplo, los suelos que anteriormente eran de buen rendimiento agrícola, ahora son utilizados para la ganadería e, incluso, ha disminuido el área forestal, lo cual ha provocado erosión y pérdida de la biodiversidad. Este último problema es consecuencia de las características climáticas del lugar, puesto que las temperaturas en invierno son extremas, y la gente utiliza como combustible la madera que proporciona el bosque del Parque Nacional Nevado de Toluca.

Con base en las encuestas se identificaron los grupos de habitantes en función de su presencia en la localidad, el género femenino, los niños y la gente de la tercera edad, y en menor proporción, el sexo masculino, ya que los varones que habitan en ella, tienen su trabajo en otros municipios, principalmente en Toluca, donde se emplean como peones o albañiles, por lo que sólo están en la localidad durante los fines de semana. También, se localizaron las personas con capacidades especiales o de mayor vulnerabilidad. Con esta información se podrá mejorar el plan de emergencia de Protección Civil de la comunidad en caso de una onda de frío.

Sin embargo, algunas costumbres relativas a las bajas temperaturas pasan de generación en generación, por ejemplo, tener encendido todo el día el calentón de leña, el cual se localiza principalmente en la cocina, y que en la mayoría de las ocasiones carece de separación entre el cuarto dormitorio. Esto afecta directamente la salud de las personas, haciéndolas más propensas a las enfermedades respiratorias o a las intoxicaciones.

Recomendaciones

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

- Las autoridades de Protección Civil deberán capacitar a la población y divulgar ampliamente las medidas de prevención por bajas temperaturas y nevadas, algunas de éstas aparecen en el fascículo de Heladas, editado por CENAPRED.
<http://www.cenapred.unam.mx/es/Publicaciones/>
- Elaborar su plan de emergencia.
- Actualizar anualmente el censo de población principalmente, si se presentan nuevos asentamientos en la comunidad.
- Construir una bitácora de los fenómenos extremos de bajas temperaturas que ocurran en la comunidad, cuantificando su impacto. Esta información será de utilidad en el momento de realizar una actualización del mapa de riesgo o mejorar la metodología.
- Dotar de médicos y medicinas suficientes a la clínica de salud de Loma Alta, que es donde concurre la población de Raíces y otras localidades para solicitar el servicio, ya que del estudio se concluye que son insuficientes.
- Implementar campañas de salud, educativas y de concientización sobre el uso correcto de los sistemas de calefacción con hechura propia (*calentones*), así como de sus posibles afectaciones en la población, para disminuir las enfermedades.
- Debido a la dificultad de instalar una estación automática que reporte continuamente los registros de temperatura, se podría al menos medir la temperatura mínima diaria y su hora de ocurrencia con ayuda de un termómetro. Así, se podrá incluir el registro en la bitácora de las autoridades de Protección Civil y tenerlo como antecedente de un evento extremo.
- Ante la advertencia de un descenso brusco de temperatura es necesario implementar un sistema de alertamiento por frío a nivel localidad, debido a que los avisos que emite la Comisión Nacional del Agua cubren grandes áreas del estado. Por ello, se exhorta a dicha institución para que genere pronósticos detallados, y que éstos sean divulgados entre las autoridades de Protección Civil de todos los niveles.

6. NEVADAS EN LA COMUNIDAD DE RAÍCES

6.1 Introducción

Las nevadas son poco comunes en nuestro país, pero en los lugares donde éstas ocurren se llegan a presentar daños a las viviendas, como es el colapso de los techos de material endeble (ver notas periodísticas que aparecen en Jiménez *et al.*, 2006), así como daños a la salud que originan las bajas temperaturas que acompañan a las nevadas, tema expuesto en el apartado 3.7.1 de este documento.

Como se menciona en la Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos *Fenómenos Hidrometeorológicos* de la serie Atlas Nacional de Riesgos (Jiménez *et al.*, 2006), las nevadas son poco estudiadas en México, así como su comportamiento, medición, efectos y consecuencias, por lo que este trabajo resulta ser innovador, aunque susceptible de mejorarse, si cuenta con la participación de la población y autoridades en dicho tema.

Una dificultad en el estudio de las nevadas es la carencia de información sobre espesores de nieve, siendo un factor importante para el cálculo del peligro y de la vulnerabilidad de la vivienda.

El análisis que se presenta en este trabajo se fundamenta en la *Guía Básica*, y se desarrolla en función de los días con nevada y no en los espesores de nieve, por lo que en el apartado de funciones de vulnerabilidad se considera únicamente este criterio.

6.2 Antecedentes

En forma adicional al tema de vulnerabilidad de la *Guía Básica* se considera que el análisis puede ser a nivel municipal, si sólo se toma en cuenta el índice de marginación propuesto por la CONAPO (2006) e, incluso, a nivel de localidad; para ello se debe hacer un inventario casa por casa de los diferentes tipos de techos, inclinación de éstos y estado de conservación de las vigas, en caso de ser de lámina.

Por otra parte, a la función de vulnerabilidad de la *Guía Básica* se añade, como un nuevo concepto, *el estado de conservación de las vigas*, ya que es fundamental para fines de seguridad estructural, ya que los techos endebles son susceptibles en caso de colapsarse por sobrecargas debido al peso de la nieve.

En la figura 25, se presenta la nueva función de vulnerabilidad para la vivienda, con base en el tipo de techo. La gráfica del lado izquierdo es para aquéllas donde el techo es de material de concreto y la de la derecha para las casas donde el techo es de lámina, ya sea de asbesto, cartón o teja, y para un estado de conservación de las vigas de bueno, regular y malo.

Cabe mencionar que, si una casa tiene techo de loza de concreto, éste resistirá el peso de la nieve sobre él y no se colapsará, por lo que la afectación a la vivienda será del 0%, figura 25 (izquierda).

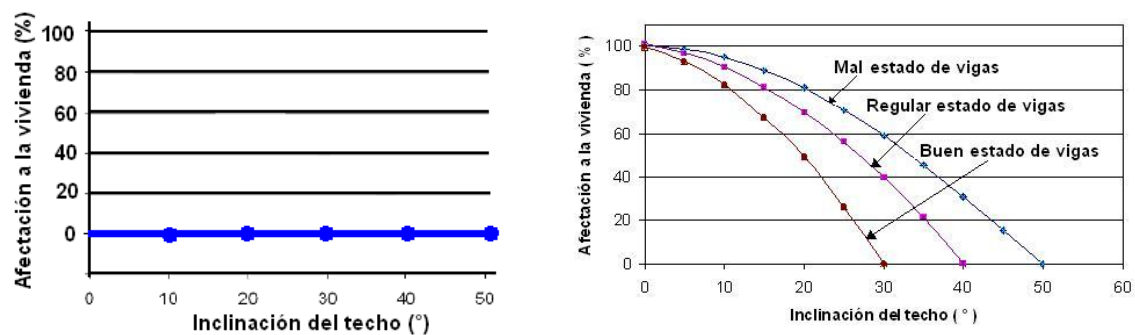


Figura 25 Función de vulnerabilidad para casas con techos de losa de concreto (izquierda) y para viviendas con techos de lámina en lugares donde puede ocurrir una nevada (derecha)

6.3 Visita a la población de Raíces

La teoría expuesta en el libro *Guía Básica* se aplica para un caso práctico. Como se mencionó anteriormente se eligió la población de Raíces, ubicada en las faldas del Nevado de Toluca.

6.3.1 Datos de campo

Se elaboró un inventario de los techos de las casas (figura 26); para aquéllos de lámina se anotó, además, el ángulo de inclinación y el estado de conservación de las vigas. En el recorrido se utilizó un GPS con el cual se tomaron las coordenadas de cada vivienda, para poder contar con un mapa georreferenciado del lugar.



Figura 26 Recorrido por Raíces para hacer un inventario de los techos

Se inventariaron 167 casas (figura 27) de las cuales algunas están deshabitadas, otras en construcción y algunas funcionan como graneros. También, se observó un contraste drástico en el aspecto arquitectónico del lugar; por un lado, se tienen viviendas típicas de la región (teja y muros de madera), y por otro son casas nuevas con muros de mampostería con elementos de concreto y techo de losa de concreto de dos aguas, algunas con chimenea (figura 28).

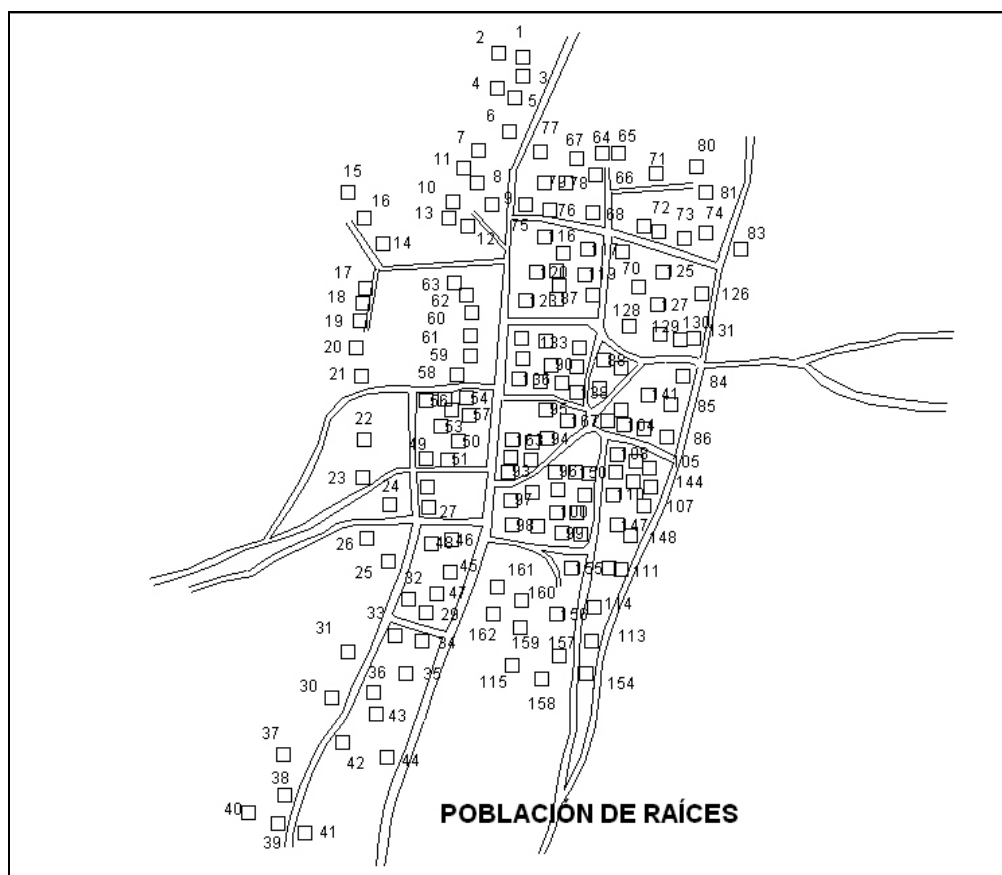


Figura 27 Mapa georreferenciado de las casas consideradas en el inventario



Casas típicas



Nuevas construcciones

Figura 28 Tipos de vivienda característicos en la comunidad

Una vez concluido el recorrido se determinó que 111 casas cuentan con techos de losa de concreto y 56 con material endeble como son lámina de cartón, asbesto, o teja de barro o de madera. En las tablas 24 y 25 se presenta un resumen del estado de conservación de las vigas de los techos endebles, así como del ángulo de inclinación. En la figura 29 se muestran algunas imágenes de las viviendas más representativas de la población.

Tabla 24. Resumen del estado de conservación de las vigas de las casas con techos endebles

Estado de conservación de las vigas de los techos	No. de casas
Bueno	6
Regular	24
Malo	26

Tabla 25. Resumen del ángulo de inclinación de los techos endebles

Ángulo de inclinación (θ , en grados)	No. de casas
0° - 10°	3
11° - 20°	23
21° - 30°	22
31° - 40°	6
41° - 50°	2



Figura 29 Algunas casas representativas en la comunidad

7. OBTENCIÓN DE MAPAS PARA LAS NEVADAS

7.1. Mapa de Peligro

Del libro *Guía Básica*, página 386, en la región del Nevado de Toluca se tienen las siguientes funciones de peligro en esta región (figuras 30 a la 32).

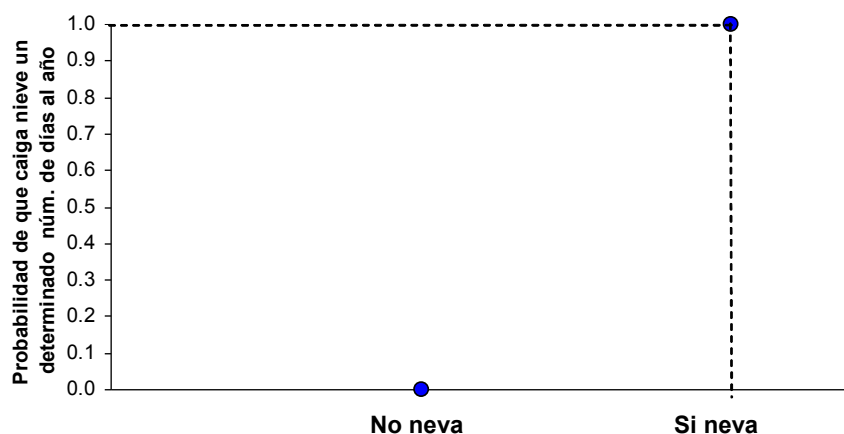


Figura 30 Función de peligro para el primer grupo, altitud > 3000 msnm

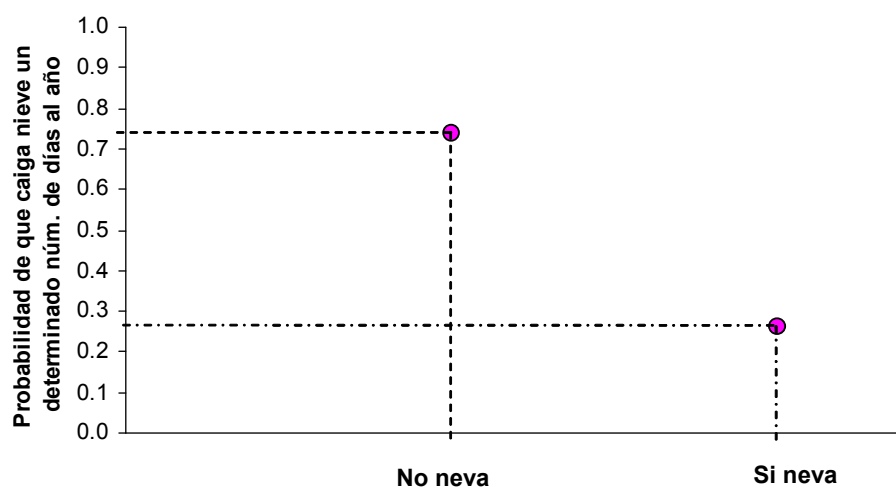


Figura 31 Función de peligro para el segundo grupo, altitud entre 2751 y 3000 msnm

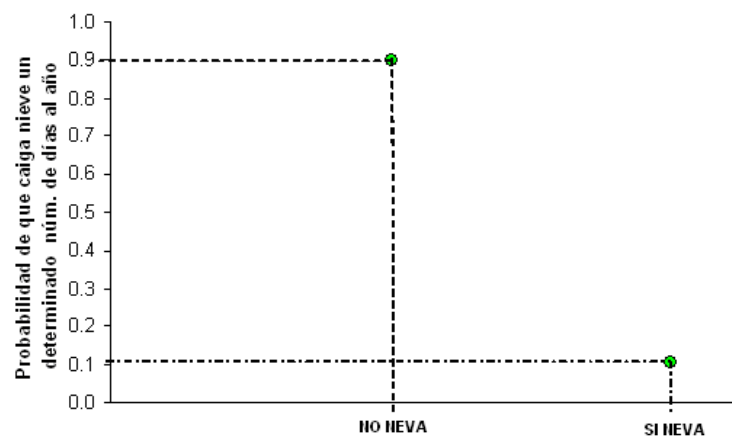


Figura 32 Función de peligro para el tercer grupo, altitud entre 2500 y 2750 msnm

La población de Raíces se encuentra a una altura de 3500 msnm, así pues, la probabilidad de que caiga nieve al menos una vez al año es de 1.0 (figura 31), es decir, este fenómeno ocurre cada año. Como se conoce que la comunidad está a la misma elevación (figura 33), entonces todas las casas tienen la misma probabilidad de que caiga nieve sobre ellas.



Figura 33 Ubicación de la cota 3000 msnm y de la comunidad de Raíces

7.2. Mapa de vulnerabilidad

Con base en las tablas 24, 25 y en la figura 25, se obtiene la vulnerabilidad de cada casa. En la figura 34 se presenta el mapa de vulnerabilidad de la localidad.

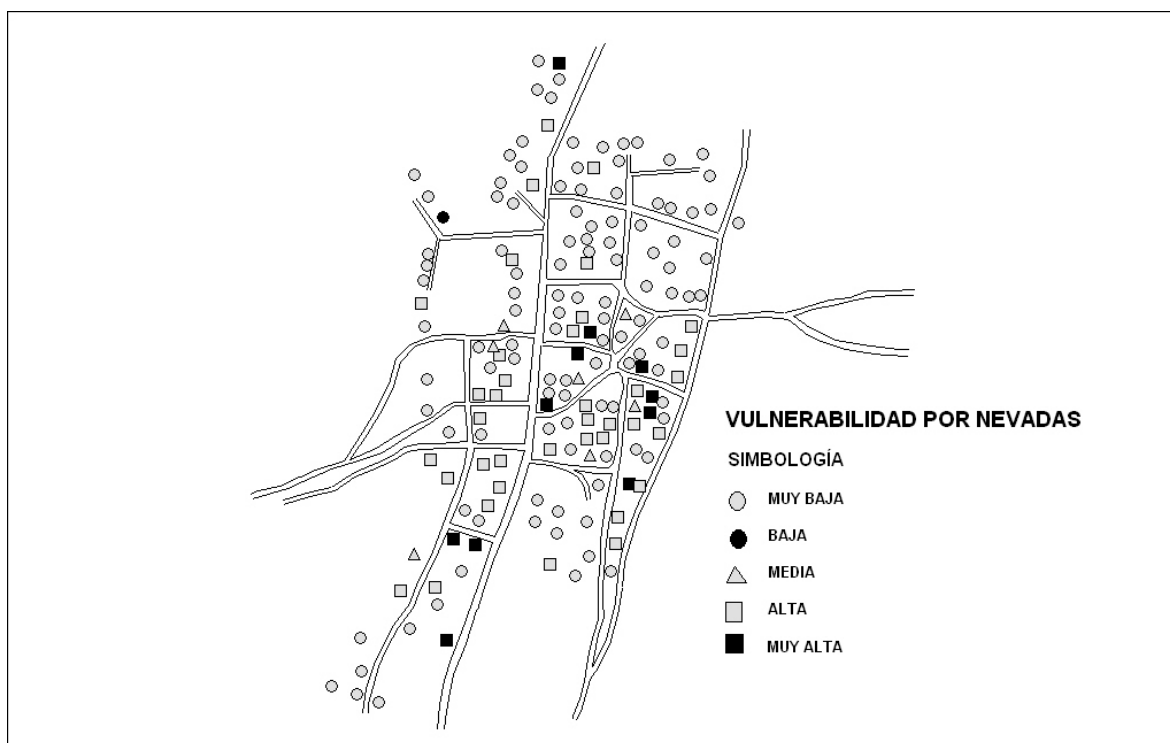


Figura 34 Mapa de vulnerabilidad de viviendas ante nevadas

7.3 Mapa de riesgo

Una vez obtenidos los mapas de peligro y de vulnerabilidad se llega finalmente al mapa de riesgo. Como se menciona en el libro *Guía Básica*, el riesgo se define como el producto del peligro (probabilidad de ocurrencia de una intensidad dada de un fenómeno natural) por la vulnerabilidad (afectación en su integridad o en los bienes de una población) y por el costo del bien expuesto.

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

Donde R es el riesgo en unidades monetarias, P es el peligro en términos de probabilidad, V es la vulnerabilidad en porcentaje y C es el costo del bien expuesto en unidades monetarias. Así pues, el riesgo es el producto de los valores obtenidos de las funciones de peligro, de vulnerabilidad y el costo del techo y el menaje de la vivienda.

Si se considera únicamente el producto del peligro por la vulnerabilidad entonces lo que resulta es un indicador del riesgo en forma adimensional. En la tabla 26 se presentan los intervalos de los indicadores del riesgo.

Tabla 26 Índice del riesgo por nevadas

INTERVALO (P x V)	SIMBOLOGÍA	COLOR
0	Muy baja	Verde
0.01 - 0.36	Baja	Amarillo
0.37 - 0.73	Media	Naranja
0.74 - 0.99	Alta	Rojo
1	Muy alta	Morado

Finalmente, con los mapas de peligro y de vulnerabilidad se obtiene el mapa de índice de riesgo de la localidad de Raíces. Cabe mencionar que, el peligro es constante en toda la comunidad y esto es prácticamente igual a uno. Por otra parte, el mapa de índice de riesgo es muy parecido al mapa de vulnerabilidad (figura 35).

**Figura 35 Índice de riesgo por nevadas en la localidad de Raíces**

7.3.1 Estimación del riesgo

Se toma en cuenta la clasificación de los tipos de casas propuestos en la *Guía Básica* para localidades rurales, con el fin de estimar el costo del menaje y poder calcular el riesgo por falla del techo de las viviendas. Al revisar la *Guía Básica* (sección 1.3.1, figura 1.18, página 57), se encontró que las casas tipos I y II tienen techo de lámina de cartón, asbesto, o galvanizada, las tipo III y IV cuentan con techos de palma o de teja y las tipo V tienen techo de losa de concreto. En las tablas 27 a la 31 se presenta un resumen del costo del riesgo para cada tipo de vivienda, donde el costo está dado en pesos actuales y es un aproximado del costo del menaje y del techo. También, en el costo de los techos se toma en cuenta la depreciación por el deterioro de las vigas que soportan a éste (bueno = 1, regular = 0.65, malo = 0.30). El índice de riesgo es igual a la marca de clase de los intervalos de riesgo de la tabla 26, que equivale a la media aritmética de los intervalos inferior y superior de cada clase. La suma de todas estas cantidades es el costo total del riesgo en la comunidad de Raíces por el fenómeno de nevadas.

Tabla 27. Riesgo para las casas tipo I, el costo del techo con menaje es de \$ 17,000 (\$12,000 son para techos y \$5,000 para menaje)

No. de casas	Índice de riesgo	Depreciación por el estado de conservación de las vigas	Costo del riesgo
3	1	0.65	33,150
5	0.865	0.3	22,057.5
SUMA =			55,207.5

Tabla 28. Riesgo para las casas tipo II, el costo del techo con menaje es de \$ 34,000 (\$20,000 son para techos y \$14,000 para menaje)

No. de casas	Índice de riesgo	Depreciación por el estado de conservación de las vigas	Costo del riesgo
6	1	0.3	61,200
25	0.865	0.65	477,912.5
5	0.55	1	93,500
SUMA =			632,612.5

Tabla 29. Riesgo para las casas tipo III, el costo del techo con menaje es de \$52,000 (\$33,000 son para techos y \$19,000 para menaje)

No. de casas	Índice de riesgo	Depreciación por el estado de conservación de las vigas	Costo del riesgo
2	1	0.3	31,200
6	0.865	0.65	175,422
2	0.55	1	57,200
SUMA =			263,822

Tabla 30. Riesgo para las casas tipo IV, el costo del techo con menaje es de \$65,000 (\$42,000 son para techos y \$23,000 para menaje)

No. de casas	Índice de riesgo	Depreciación por el estado de conservación de las vigas	Costo del riesgo
2	0.185	1	24,050
SUMA =			24,050

Tabla 31. Riesgo para las casas tipo V, el costo del techo con menaje es de \$170,000 (\$100,000 son para techos y \$70,000 para menaje)

No. de casas	Índice de riesgo	Depreciación por el estado de conservación de las vigas	Costo del riesgo
111	0	NO APLICA	0
SUMA =			0

Estimación total del riesgo en Raíces \$ 975,692

Si la población de Raíces es de aproximadamente 600 habitantes, entonces la estimación del riesgo por habitante es de:

$$\text{Estimación del riesgo x habitante} = 975692 / 600 = \$ 1,626$$

8. CONCLUSIONES PARA LAS AFECTACIONES POR NEVADAS

En este documento se ha mostrado una aplicación de la metodología propuesta en el libro *Guía Básica*; sin embargo, se aclara que este estudio se aplicó por primera vez y que puede ser susceptible de ser mejorado en el futuro.

En general se ha sobrevalorado el riesgo con esta metodología, porque desde un principio se estableció que el peligro por nevada sólo está en función de la presencia del fenómeno, y no del espesor de la capa de nieve que puede generarse, ya que éste definirá la falla estructural de los techos.

Por lo anterior, se debe tomar en cuenta que el riesgo obtenido considera que los techos endeble se colapsarán simplemente con la presencia de una nevada, sin tomar en cuenta los espesores de nieve, sin embargo, como se mencionó en la *Guía Básica* (Anexo B, umbrales de espesores de nieve) no necesariamente así será, ya que con un espesor de nieve pequeño algunos techos resistirán el sobrepeso y no se colapsarán. Por lo tanto, aunque los resultados aquí obtenidos consideran un escenario desfavorable, estos valores se asemejan a la realidad.

La tabla de espesores de nieve que se presenta en el anexo B de la *Guía Básica*, se obtuvo a partir de cálculos estructurales realizados en el CENAPRED y presenta los umbrales a partir de los cuales se colapsaría un techo para distintos tipos de materiales en las vigas. Esta tabla es útil, siempre y cuando existan registros de espesores de nieve, ya que con ello se redefinirán las funciones de peligro y vulnerabilidad expuestas.

También se hace hincapié en la calidad de los resultados que dependerá directamente de la cantidad de información disponible sobre nevadas que, desgraciadamente, es escasa. Por ello, es importante llevar un control adecuado de la toma de datos sobre nevadas en México, dicha tarea es realizada por el Servicio Meteorológico Nacional. Además, se recomienda a esta institución medir el espesor de la nieve.

La fisonomía de los tipos de vivienda de la población de Raíces está cambiando muy rápido, debido a que las nuevas generaciones, en su mayoría jóvenes del sexo masculino, se van a trabajar a los Estados Unidos de América y al regresar con dinero, poseen una visión diferente de vivir, por tal motivo, están cambiando las casas de madera (método tradicional de construcción) por viviendas de mampostería y techo de losa de concreto, e inclusive algunas de éstas tienen chimenea. Este fenómeno hace que la vulnerabilidad de la localidad cambie drásticamente con el tiempo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CENAPRED, 2007. Encuestas realizadas en la comunidad de Raíces, Estado de México. Archivo interno. Subdirección de Riesgos Hidrometeorológicos.

CONAPO, 2006. Índices de marginación 2005 por localidad, disponible en www.conapo.gob.mx.

CONAPO, 2001. Tamaño, dinámica y estructura de la población: tendencias y desafíos. Publicación disponible en www.conapo.gob.mx

Eslava, H., M. Jiménez, M. Salas, F. García, M. Vázquez, C. Baeza y D. Mendoza, 2006. Elaboración de mapas de riesgo por inundaciones y avenidas súbitas en zonas rurales, con arrastre de sedimentos. Guía básica para la elaboración de atlas estatales y municipales de peligros y riesgos. Tomo Fenómenos hidrometeorológicos. CENAPRED, noviembre, pp. 13-220.

Franco, S., H. Regil, C. González y G. Nava, 2006. Cambio de uso de suelo y vegetación en el Parque Nacional Nevado de Toluca, México, en el periodo 1972-2000. Investigaciones Geográficas, No. 61, pp. 38-57.

García-Amaro, E., 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Universidad Autónoma de México, pp. 90.

Hospital General de México, 2007. Enfermedades respiratorias agudas en México, disponible en hgm.salud.gob.mx

Instituto de Salud del Estado de México, 2007. Medidas de prevención contra las enfermedades respiratorias agudas, disponible en <http://salud.edomexico.gob.mx>

INEGI, 2005. Censo de población y vivienda 2005 del estado de México a nivel localidad.

Jiménez, M., L. Matías, F. García, M. Vázquez, D. Mendoza y S. Renner, 2006. Análisis del peligro y vulnerabilidad por bajas temperaturas y nevadas. Guía básica para la elaboración de atlas estatales y municipales de peligros y riesgos. Tomo Fenómenos hidrometeorológicos. CENAPRED, noviembre, pp. 295-459.

Protección Civil del estado de México, 2007. Costos de las enfermedades respiratorias agudas. Servicios médicos de Protección Civil del municipio de Zinacantepec, Estado de México, comunicación personal.

SEGOB, 1988. Los municipios del Estado de México. Enciclopedia de los municipios de México. Centro Nacional de Estudios Municipales de la Secretaría de Gobernación.

SMN, 2006. DVD con información de las estaciones automáticas de la República Mexicana, editado por el Servicio Meteorológico Nacional.

REFERENCIAS HEMEROGRÁFICAS

La Jornada, 2001. Frente frío causa aguanieve y nevadas en el país, sábado 3 de marzo de 2001.

El Universal, 2003. Nieva en tres estados, intensificada la alerta, 1 de abril de 2003.

La Jornada, 2005. Intensas nevadas en el valle de Toluca, sábado 24 de diciembre de 2005.

Milenio, 2007. Enfermos más de 500 mil niños por intenso frío, 6 de febrero de 2007.

REFERENCIAS CARTOGRÁFICAS

CENAPRED, 2007. Levantamiento de viviendas de la comunidad de Raíces, Subdirección de Riesgos Hidrometeorológicos. Archivo interno.

IGESEM, 1999. Ortofoto digital de Raíces, escala 1:20,000

IGESEM, 1999. Cobertura de calles y manzanas.

INEGI, 1998. Modelo digital de elevación de Toluca, escala 1:250,000.

INEGI, 1998. Modelo digital de elevación de Zinacantepec, escala 1:50,000.

Google Earth, 2008. Imagen de la comunidad de Raíces, Image Digital Globe, disponible en <http://earth.google.com>

ANEXO A. DESCRIPCIÓN DE LAS INFECCIONES RESPIRATORIAS AGUDAS QUE AFECTAN A LA POBLACIÓN DE RAÍCES

Resfriado común: Infección viral de las vías respiratorias altas. Catarro superficial de la mucosa nasal causada por diversos agentes, sobre todo virus. El frío, al modificar las condiciones circulatorias de la mucosa nasal, facilita la penetración infecciosa. Las personas que tienen más probabilidades de contraer resfriado son las que trabajan en lugares cerrados o con personas infectadas como en escuelas, hospitales y otras instituciones.

En México, los resfriados pueden presentarse en cualquier época del año, pero son más comunes a finales del otoño; durante el invierno a veces alcanza proporciones de epidemia debido a que se propaga rápidamente, y también a principios de la primavera.

Los individuos de las poblaciones urbanas padecen en promedio dos catarros nasales por año, hallándose predispuestos especialmente los niños y ancianos. Los niños de 2 a 5 años sufren, sobre todo, rinofaringitis. En general, el resfriado común evoluciona sin fiebre y su cura es de manera espontánea. El agente patógeno (en el 90% de los casos) es uno de los 150 tipos de virus (Hospital General de México).

Faringitis: Es una infección o inflamación de la mucosa de la faringe o garganta. En muchos casos va unida a una infección de amígdalas ó anginas, órganos linfáticos situados en la garganta.

Faringoamigdalitis: Es una infección de la faringe y de las amígdalas, es decir, de la garganta y de las anginas. Se trata de una de las infecciones más comunes durante la infancia, sobre todo en la edad escolar.

Bronquitis: Es una inflamación de las principales vías aéreas hacia los pulmones. La bronquitis puede ser aguda de corta duración o crónica, es decir, permanece por mucho tiempo y es recurrente. Existen ciertos factores que pueden agravar la bronquitis como: la contaminación del aire, ciertas ocupaciones como la extracción de carbón, la fabricación de textiles y la manipulación de granos, las infecciones y las alergias.

Sinusitis: Es la inflamación de los senos paranasales que generalmente es causada por una infección viral, bacteriana o micótica.

Los senos paranasales son espacios llenos de aire en el cráneo (por detrás de la frente, las mejillas y los ojos) que están recubiertos con membrana mucosa. Los senos paranasales saludables son estériles (es decir, que no contienen bacterias ni otros organismos) y abiertos, lo que permite que la mucosa drene y así el aire circule.

Otitis media: Es una inflamación localizada en el oído medio que puede producirse como consecuencia de un resfriado, un dolor de garganta o una infección respiratoria. La otitis media es más común en los varones, durante el invierno y primavera. La mayor incidencia está entre los 6 y 24 meses y luego entre los 5 y 6 años. (Hospital General de México).

ANEXO B. LECTURA DE TABLAS DE PROBABILIDAD DE CAMBIO DE TEMPERATURA Y DURACIÓN DE ONDA DE FRÍO PARA LA COMUNIDAD DE RAÍCES

Con el propósito de ayudar a las autoridades de Protección Civil en la toma de decisiones ante los posibles impactos de las bajas temperaturas, se presentan dos tablas que sirven para dicho fin, en caso de ocurrir una onda de frío.

En la tabla B1, se muestra la probabilidad de cambio de temperatura. Ejemplo 1: Dado que la temperatura actual es de 8°C, ésta pertenece al rango de 10° a 5°C, ¿Cuál es la probabilidad de que la temperatura disminuya al intervalo entre 5° y 0°C?. La respuesta es 56%. Ejemplo 2: ¿Cuál es la probabilidad de que la temperatura descienda a 9°C, dado que la temperatura actual es mayor a 10°C?. La respuesta es 38%. Ejemplo 3: La probabilidad de que se dé una temperatura menor a -10° es 0.007%.

Tabla B1. Cambio de temperatura

Temperatura °C	Probabilidad %
10 a 5	38
05 a 0	56
0 a -5	6
-5 a -10	0.09
Menor a -10	0.007

En la tabla B2 se observa la probabilidad de duración de una onda de frío bajo cierta temperatura. Por ejemplo: Dado que la temperatura actual es de 3°C, que pertenece al rango entre 5° y 0°C, ¿Cuál es la probabilidad de que la onda de frío persista cuatro horas justo en este rango de temperaturas?. La respuesta es 8% de probabilidad de que la onda de frío continúe en ese mismo intervalo de temperaturas.

Tabla B2. Probabilidad de duración bajo cierta temperatura

Temperatura °C	Duración (horas)													
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	Más tiempo	
10 a 5	18	11	10	9	13	12	8	4	3	3	2	1	5	Probabilidad %
5 a 0	26	8	6	4	4	5	11	12	9	5	2	1	4	
0 a -5	48	17	11	6	5	2	4	3	2	1	1	0	2	
-5 a -10	50	13	0	13	0	0	0	13	0	13	0	0	0	
Menor a -10	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Si alguien está interesado en conocer la probabilidad de que la temperatura cambie a cierto intervalo de temperatura y además, la onda generada por ésta sea de cierta duración, entonces, deberá verificar primero la tabla B1. Cambio de temperatura y después consultar la tabla B2. Probabilidad de duración bajo cierta temperatura.

Ambas tablas se pueden aplicar en cualquier parte del país, siempre y cuando estén en el mismo rango de alturas que las estaciones climatológicas donde se obtuvieron los datos, por ejemplo, el rango en el estudio corresponde a la altura de Raíces y a la del Nevado de Toluca, por lo que es necesario incluirlas. Obviamente bajo el supuesto de que solo la altura influye en la temperatura.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece el apoyo brindado por las autoridades del Instituto de Protección Civil del Estado de México, principalmente al Ing. Esteban Ramos. Al Director de Protección Civil del municipio de Zinacantepec, Lic. Alejandro Esquivel González y personal operativo, señores Ángel Aguilar y Jesús Santa Ana Domínguez y Dr. José Antonio Núñez Sierra. A los Delegados de la localidad de Raíces, señores Roberto Aguilar Álvarez y Antonio Carvajal Álvarez, por su colaboración en el trabajo de campo. A la pasante en Geografía Raquel Pérez Neri por la extracción de datos de las encuestas.