

2. PELIGROS HIDROMETEOROLÓGICOS

Los fenómenos hidrometeorológicos, por su frecuencia, magnitud e intensidad física, así como por el impacto que tienen en la población y la infraestructura, están relacionados con el mayor número de desastres naturales en México. Dentro de los fenómenos hidrometeorológicos que más afectan el país se encuentran: las ondas y tormentas tropicales, las heladas, las nevadas, los ciclones tropicales, las tormentas eléctricas, las granizadas, las sequías, las temperaturas extremas y los vientos. En esta sección se analizan estos peligros para el municipio de Mexicali.

El clima

El clima se refiere al estado promedio de la atmósfera para un lugar dado en un período de varios años; según la Organización Meteorológica Mundial se requiere por lo menos de 30 años de datos para caracterizar el clima y las variables básicas que se analizan son temperatura y precipitación, pero también puede incluir, la frecuencia de tormentas o sequías.

Los principales factores que causan el clima característico de un lugar son: latitud, relaciones tierra-sol, continentalidad, circulación atmosférica y oceánica, topografía y rasgos locales. En particular la latitud y las relaciones geométricas entre la Tierra y el sol (rotación, inclinación del eje terrestre, etcétera) producen los ciclos diarios y estacionales de energía y temperatura. La continentalidad, que se refiere a la ubicación de un lugar, con respecto a grandes cuerpos de agua (especialmente océanos), tiene un efecto importante en el clima de una localidad, pues estos cuerpos son capaces de almacenar grandes cantidades de energía durante el verano y liberarla lentamente a la atmósfera durante el invierno; como consecuencia, asumiendo que los otros factores son iguales, los veranos sobre o cerca de los océanos no son tan calientes como en el interior de los continentes. Asimismo, los inviernos en los lugares costeros y oceánicos, generalmente no son tan severos, como en lugares tierra adentro. La misión de los factores de la circulación atmosférica y oceánica en el clima de un lugar es tratar de balancear las desigualdades en la energía recibida del sol. Esto lo hace mediante la persistencia de movimiento de estos fluidos a través de los vientos dominantes y las corrientes oceánicas. La topografía y los rasgos locales también juegan un papel significativo en el desarrollo del clima de un lugar. Así, todos los controles sobre el clima son la causa o resultado de variaciones de energía a través de la superficie terrestre (Rohli and Vega, 2008). La influencia de estos controles es manifiesta, por ejemplo, en un mapa global de isotermas.

Los fenómenos meteorológicos son producto del desigual balance energético entre la Tierra y la baja atmósfera; los sistemas de tiempo atmosférico, diferenciados en variadas escalas temporales y espaciales, son los factores asociados al patrón climático de un espacio geográfico determinado, y dan origen a la presencia de variados eventos meteorológicos: vientos, lluvia, entre otros.

La atmósfera es un sistema de gran complejidad que interactúa con los océanos, el suelo, y todo tipo de vida distribuyendo la energía que recibe del sol a través de numerosos procesos. Los fenómenos que ocurren en la atmósfera se presentan en todas las escalas espaciales y temporales, y sus impactos son significativos para muchas actividades. Dentro de la escala espacial muy pequeña (micro-escala), están los fenómenos tales como el intercambio de vapor de agua que las plantas realizan a la atmósfera y que ocurren al nivel de los estomas que forman parte de las plantas. En escala espacial de cientos de metros hasta algunos kilómetros (meso-escala), están las heladas o la disponibilidad eólica. Por otro lado, los procesos que condicionan la dispersión de los contaminantes involucran escalas espaciales del tamaño de una región, al igual que el desarrollo de sistemas de brisa de costa o de valle, según sea el caso. En la escala de algunos miles de kilómetros (sinóptica), se desarrollan sistemas organizados de nubosidad y precipitación asociados a frentes fríos o cálidos, en tanto que las

condiciones meteorológicas anómalas, asociadas a los fenómenos El Niño y La Niña, tienen que ver con perturbaciones en el comportamiento de la atmósfera a escala planetaria.

En particular, el ciclo hidrológico se refiere al ciclo constante de agua (en todas sus formas) en el sistema tierra-océano atmósfera. El contenido de vapor de agua en la atmósfera es, en promedio, prácticamente constante, a pesar de cambios locales debidos a variaciones estacionales o del tiempo. La continua evaporación que tiene lugar en los océanos, lagos, ríos y suelos húmedos, renueva la humedad perdida a través de lluvias, nieve, granizo, entre otros; en el ciclo hidrológico se incluye la evaporación que tiene lugar directamente sobre las superficies de agua, particularmente las de los océanos, y sobre tierras húmedas; la humedad perdida por la vegetación, en el proceso de transpiración puede tener importancia localmente. La evapotranspiración incluye los efectos combinados de la evaporación y transpiración en superficies terrestres cubiertas de vegetación.

A pesar de que la cantidad de agua en el planeta es constante y de que mediante sus procesos evaporación, condensación, precipitación y otros, puede ser transportada por los vientos de un lugar a otro, su distribución varía ampliamente en las diferentes regiones del mundo. Por ejemplo, la región del Amazonas presenta lluvias casi todo el año, cuenta con abundante vegetación y suelos con poca infiltración (impermeables) lo que permite la presencia de pantanos, grandes lagunas y ríos de gran caudal; sin embargo, existen regiones desérticas donde la presencia de lluvias es esporádica, hay poca vegetación y los suelos son altamente permeables y por lo tanto, existe poca presencia de cuerpos de agua.

En la República Mexicana el clima está determinado por varios factores, entre los que se encuentran la latitud, la altitud sobre el nivel del mar y la continentalidad. Por lo anterior, el país cuenta con una gran diversidad de climas, que de manera muy general pueden clasificarse, según su temperatura, en cálido y templado; y de acuerdo con la humedad, en húmedo, subhúmedo, seco y muy seco (ver figura 39).

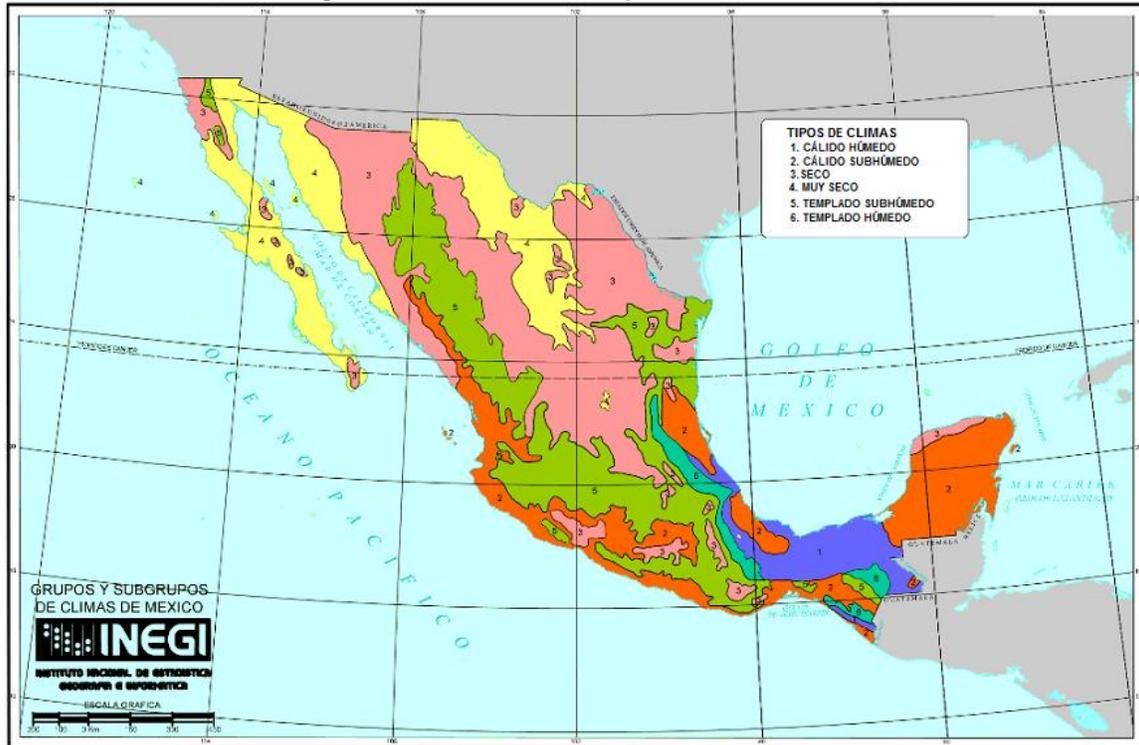
Baja California es un estado que presenta un clima desértico, debido al sistema semi-permanente de alta presión del pacífico noroeste, pues los movimientos de subsidencia de este sistema inhiben la formación de nubes y precipitación. Particularmente el municipio de Mexicali está expuesto a sistemas de circulación atmosférica, tanto tropicales (monzón de verano, perturbaciones tropicales) como de latitudes medias (sistemas frontales, vaguadas en niveles altos y medios); se puede decir que la variabilidad climática experimentada en la región se explica por la posición relativa que tienen esos sistemas en el transcurso del año; los controles climáticos como la sierra de San Pedro Mártir y la forma de la península de Baja California, aunados a su relativa cercanía con el Océano Pacífico y el Golfo de California, con contrastes térmicos acentuados, contribuyen a la alta variabilidad climática regional (García-Cueto, 2011).

Además, el fenómeno de El Niño, que se refiere a un incremento en la temperatura superficial del mar en el Pacífico ecuatorial Este, tiene una teleconexión bien marcada en los inviernos de la región, al incrementar de manera sustancial la cantidad de lluvia, sucediendo lo contrario cuando se presenta el caso de La Niña. Otro rasgo que impacta en las condiciones atmosféricas regionales es la Oscilación Decadal del Pacífico, la que al presentarse de manera conjunta con El Niño amplifica de manera importante los efectos de la variabilidad anual de la precipitación.

El municipio de Mexicali presenta cuatro climas diferentes dentro del grupo de secos-áridos, con escasa precipitación. El clima cálido seco que comprende a la ciudad de Mexicali, su valle y San Felipe. Este clima predomina en el 47% del territorio municipal, aproximadamente. El

clima semicálido seco abarca el 37% del territorio y se manifiesta en la parte central del municipio. Por su parte, el clima templado seco sólo cubre una pequeña parte del oeste del municipio y representa el 6% del área municipal. El 10% del territorio es de clima templado semiseco y se localiza en la zona central oeste, comprendiendo parte de las sierras de Juárez y San Pedro Mártir.

Figura 39. Climas de la República Mexicana.



Fuente: INEGI (2010).

2.1. Peligro por tormentas y ondas tropicales

Una tormenta tropical es un sistema organizado de fuertes tormentas con una circulación definida en superficie y vientos máximos sostenidos entre los 62 y 117 km/h, y es el punto en el que se le asigna un nombre. Se forman con aire cálido que asciende por ser más ligero que el aire frío que existe a su alrededor, generando nubes de crecimiento convectivo del tipo cúmulus. Las condiciones favorables para su desarrollo son la preexistencia de una perturbación atmosférica, océanos tropicales cálidos y vientos relativamente débiles en altura. Si persisten estas condiciones adecuadas el peligro hidrometeorológico por inundaciones y vientos fuertes se maximiza (Sedesol-Coremi, 2004a).

Por su orografía y su exposición a dos océanos tropicales, Pacífico y Atlántico, derivada de su posición latitudinal, el país tiene una alta susceptibilidad de sufrir la ocurrencia de tormentas tropicales, cuyos efectos son notorios no sólo en las ciudades costeras, sino también en las ciudades del interior (Sedesol-Coremi, 2004).

Este tipo de sistemas, que potencialmente pueden afectar al estado de Baja California, y particularmente al municipio de Mexicali, se forman en la cuenca del Pacífico Este, del 15 de mayo hasta el 30 de noviembre (oficialmente). En un análisis realizado de los años de 1949 al

2010 se contabilizó un total de 416 tormentas tropicales, por lo que se tiene un promedio anual de 6.7 de este tipo de sistemas (National Hurricane Center, 2011). De ese total de sistemas tropicales que no pasaron a la categoría de ciclón tropical, ninguno afectó a la región.

Las Ondas Tropicales son perturbaciones originadas en la zona de los vientos alisios conocida como Zona de Convergencia Intertropical, las cuales se caracterizan por la presencia de precipitaciones con fuertes rachas de viento, cuyo movimiento es hacia el oeste a una velocidad promedio de 15 km/hr, produciendo un fuerte efecto convectivo sobre la superficie que cruza. Su duración puede variar de una a dos semanas y su longitud va de 1,500 km hasta 4,000 km generando una zona de convergencia en la parte trasera de la onda y una zona de divergencia en el frente. Generalmente, las ondas tropicales se forman en el Océano Atlántico y debido a los cambios de temperatura existentes, su presencia se incrementó durante 1999 asociándose a la presencia del fenómeno de “La Niña”, que desplazó la Zona Intertropical de Convergencia hacia el norte, originando lluvias extraordinarias y severas afectaciones como lo son inundaciones, desbordamiento de ríos y deslaves en zonas montañosas (Sedesol-Coremi, 2004a). Este tipo de perturbaciones no tienen presencia en el estado de Baja California.

2.2. Peligro por ciclones y huracanes

Un ciclón tropical ó huracán es un fenómeno atmosférico-oceánico rotatorio que se origina en las regiones tropicales, asociado con un centro de baja presión, fuertes vientos y poderosas tormentas. El ciclón debe su nombre a su movimiento de rotación, circular y ascendente, con giro en sentido contrario a las manecillas del reloj en el hemisferio norte, y en sentido de las manecillas del reloj en el hemisferio sur. La energía de los ciclones tropicales proviene esencialmente del calor y de la humedad que transfiere el océano al aire en los niveles bajos de la atmósfera. A la etapa de formación de un ciclón se le denomina *ciclogénesis*, y las condiciones favorables para su desarrollo son la preexistencia de una perturbación tropical, océanos tropicales cálidos y vientos relativamente débiles en altura; en particular la temperatura de la superficie marina por arriba de la cual se forman tiene como umbral los 26.5°C. Para llegar a la madurez como ciclón presenta dos subetapas: depresión tropical y tormenta tropical; la primera de ellas se presenta con una notable caída de la presión atmosférica y la presencia en el océano de un sistema organizado de nubes y tormentas con una circulación ciclónica definida, cuyos vientos máximos sostenidos alcanzan los 62 km/h. En el caso de la tormenta tropical sus vientos máximos sostenidos están entre los 63 y 118 km/h, este es el punto en el que se le asigna un nombre (preestablecido por la Organización Meteorológica Mundial); sus tormentas son más severas y su circulación ciclónica más definida. Si los vientos máximos sostenidos alcanzan o superan los 119 km/h se llega a la etapa de madurez del sistema tropical, conocido como ciclón tropical, que viene a ser la fase más peligrosa de este fenómeno, resumida en surgencia o marejada de tormenta, vientos huracanados y lluvias intensas (Martínez, 2004).

Los ciclones tropicales se clasifican de acuerdo con la intensidad de los vientos, el valor de la presión central, la altura de la marea de tormenta y el daño potencial que pueden ocasionar en relación con los tres primeros parámetros. De acuerdo con esas variables se dividen en: a) depresión tropical b) tormenta tropical y c) huracán. En la tabla 34 se muestra la clasificación de ciclones de acuerdo con la escala de Saffir-Simpson y algunos de sus efectos (Cenapred, 2001a).

Tabla 34. Clasificación de huracanes según Shaffir-Simpson y algunos de sus efectos.

Categoría	Presión central (mb)	Vientos (km/h)	Marca de tormenta (m)	Características de los posibles daños materiales e inundaciones	
Perturbación tropical	1008.1 a 1010			Ligera circulación de vientos.	
Depresión tropical	1004.1 a 1008	< 62		Localmente destructivo.	
Tormenta tropical	985.1 a 1004	62.1 a 118	1.1	Tiene efectos destructivos.	
Huracán	1	980.1 a 985	118.1 a 154	1.5	Ningún daño efectivo a los edificios. Daños principalmente a casas rodantes, arbustos y árboles. También algunas inundaciones de carreteras costeras y daños leves en los muelles.
	2	965.1 a 980	154.1 a 178	2.0 a 2.5	Provoca algunos daños en los techos, puertas y ventanas de los edificios. Daños considerables a la vegetación, casas rodantes y muelles. Las carreteras costeras se inundan de dos a cuatro horas antes de la entrada del centro del huracán. Las pequeñas embarcaciones en fondeadores sin protección rompen amarras.
	3	945.1 a 965	178.1 a 210	2.5 a 4.0	Provoca algunos daños estructurales a pequeñas residencias y construcciones auxiliares, con pequeñas fisuras en los muros de revestimiento. Destrucción de casas rodantes. Las inundaciones cerca de la costa destruyen las estructuras más pequeñas y los escombros flotantes dañan a las mayores. Los terrenos planos abajo de 1.5 m pueden resultar inundados hasta 13 km de a costa o más.
	4	920.1 a 945	210.1 a 250	4.0 a 5.5	Provoca fisuras más generalizadas en los muros de revestimiento con derrumbe completo de toda la estructura del techo en las residencias pequeñas. Erosión importante de las playas, daños graves en los pisos bajos de las estructuras cercanas a la costa. Inundaciones de los terrenos planos bajos, debajo de 3 m situados hasta 10 km de las costas.
	5	< 920	> 250	> 5.5	Derrumbe total de los techos en muchas residencias y edificios industriales. Algunos edificios se desmoronan por completo y el viento se lleva las construcciones auxiliares pequeñas, incluyendo techos. Daños graves en los pisos bajos de todas las estructuras situadas a menos de 4.6 m por encima del nivel del mar y a una distancia de hasta 460 m de la costa.

Fuente: Cenapred (2001a).

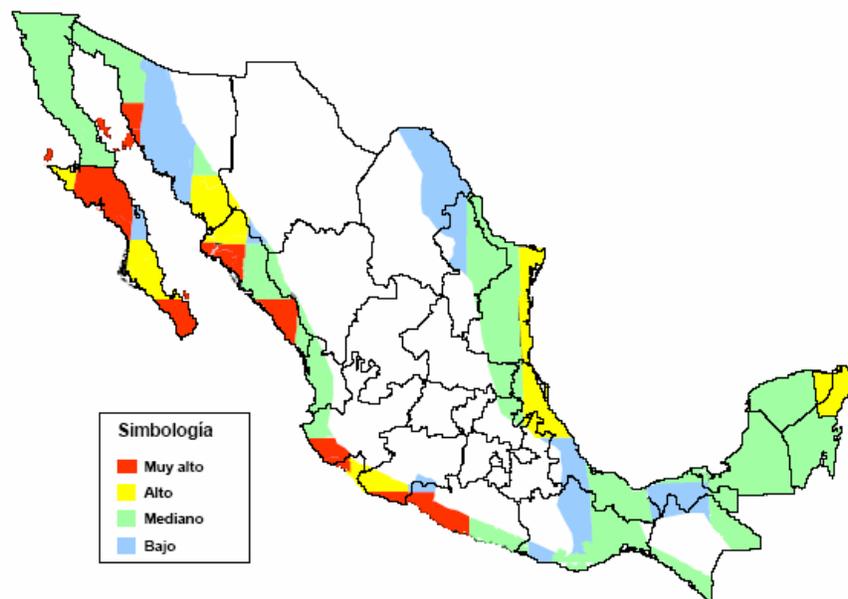
La República Mexicana, por su ubicación geográfica entre los paralelos 16° y 32° latitud norte y por la gran extensión de litorales con que cuenta, es afectada por ciclones tanto en las costas del océano Pacífico como en las del Golfo de México y el Caribe. Por lo anterior, los asentamientos humanos cercanos a las costas, están expuestos a la influencia de las perturbaciones ciclónicas. Las áreas afectadas, de acuerdo con Cenapred (2001a), regularmente abarcan más del 60% del territorio nacional. En el país, entre mayo y noviembre se presenta la temporada ciclónica, tanto en el océano Pacífico, como en el océano Atlántico (ver tabla 35).

Tabla 35. Número promedio anual de ciclones tropicales en México (1966-2002)

Clasificación	Pacífico	Atlántico
Depresiones tropicales	3.0	2.3
Tormentas tropicales	6.8	4.5
Huracanes categoría 1 y 2	4.0	3.6
Huracanes intensos (categorías 3, 4 y 5)	4.3	2.2
Total (ciclones)	18.1	12.6
Ciclones con nombre (TT y H)	15,1	10.3

Fuente: Cenapred (2007).

En un análisis realizado para la cuenca del pacífico este -región donde se forman los ciclones tropicales que potencialmente pueden afectar al estado de Baja California, y de manera importante al municipio de Mexicali- se señala que en los años de 1949 al 2010, se presentaron un total de 443 sistemas, para tener un promedio anual de 7.1 de estos meteoros. En la figura 40 se presentan las zonas y grados de vulnerabilidad de México ante los huracanes. En particular se observa que para Baja California el grado de vulnerabilidad se presenta en la categoría de mediano.

Figura 40. Diagnóstico de peligros e identificación de riesgos de desastres en México ante los huracanes del Atlas Nacional de Riesgos de la República Mexicana.

Fuente: Cenapred (2001).

A pesar de que el estado de Baja California se encuentra en una zona considerada de alto peligro por el número de huracanes que se forman en la región, en la entidad y en particular en el municipio de Mexicali, del total de ciclones tropicales (443) que se han generado de 1949 a 2010, solamente 25 (6%) de ellos han tocado tierra o han pasado tan cerca que sus efectos peligrosos son dignos de tomarse en cuenta (ver figura 41).

Figura 41. Ciclones tropicales que han afectado al estado de Baja California (1948 al 2005), y año de ocurrencia.



Fuente: modificado por García-Cueto a partir de una imagen del *National Hurricane Center* (2011).

De la fecha que se tiene registro (1948-2010), en la cuenca del Pacífico Este, en los anales de la Administración Nacional de la Atmósfera y el Océano (NOAA, por sus siglas en inglés) diversos sistemas ciclónicos han afectado de manera importante al estado de Baja California. De los ciclones tropicales que han afectado al municipio de Mexicali, B.C., en la tabla 35 se presenta la información relacionada con la categoría de impacto, el lugar y día de entrada a tierra, el período de vida del meteoro, y los vientos máximos cuando tocó tierra. En cuanto a la columna de categoría de impacto se refiere a lo siguiente: DT (Depresión Tropical), TT (Tormenta Tropical), H1 (Huracán Categoría 1) y H2 (Huracán Categoría 2).

Tabla 36. Ciclones tropicales que han afectado al municipio de Mexicali de 1970 a 2008.

Año	Nombre	Categoría en impacto	Lugar de entrada a tierra	Período (inicio-fin)	Día de impacto	Vientos máximos (en impacto)
1972	Hyacinth	DT	SAN DIEGO, CAL. E.U.	28 AGO-7 SEP	07-SEP	45
1972	Joanne	TT(DT)	PUNTA PRIETA, B.C. (P. PEÑASCO, SON)	30 SEP-7 OCT	06-OCT	75 (45)
1976	Kathleen	TT	PTA. EUGENIA, B.C.S. (P. STA. CATARINA, B.C.)	7-11 SEP	10-SEP	100 (85)
1977	Doreen	H1	TODOS SANTOS, B.C.S. (ABREOJOS, B.C.S.)	13-18 AGO	15-AGO	120 (93)
1990	Rachel	TT (TT)	C.SN.LUCAS,BCS (LOS MOCHIS, SIN)	30 SEP-2 OCT	2 OCT (2 OCT)	110 (93)
1997	Nora	H1(H1)	B.TORTUGAS, B.C.S. (P. CANOAS, B.C.)	16-26 SEP	24 SEP (25 SEP)	130 (120)
2001	Juliette	H1 (DT)	LA PAZ (CONSTITUCION, LIBERTAD, EL HUERFANITO)	21 SEP-2 OCT	29 SEP (30 SEP-2 OCT)	120 (55)
2003	Marty	H2	15 KM AL N.E. DE SAN JOSÉ DEL CABO, B.C.S.	18-24 SEP	22-SEP	160

Fuente: Conagua (2010a).

Las lluvias ocasionadas por eventos tropicales se presentan en las tablas 37 a la 42, en las cuales se puede observar la distribución espacial heterogénea, lo cual da la idea de que los daños ocasionados por estos sistemas son muy localizados.

Katrina, a fines del mes de agosto y principios de septiembre de 1967, se introdujo por el Mar de Cortés y tocó tierra en el Golfo de Santa Clara, Sonora, con vientos de intensidad de huracán. Como se observa en la tabla 36, este sistema impactó el municipio de Mexicali de manera heterogénea con registro del menor nivel de lluvias en la Presa Morelos y San Felipe (32.5 mm), y el mayor valor en Santa Clara con 204.0 mm.

Tabla 37. Lluvias en mm ocasionadas por el huracán Katrina en el año de 1967.

Fecha	Mexicali	Presa Morelos	San Felipe	Riíto	Santa Clara
31/08/1967			13.5		
01/09/1967	36.5	29.0	19.0	80.0	204.0
02/09/1967	1.8	2.0		16.0	
03/09/1967		1.5			
Total	38.3	32.5	32.5	96.0	204.0

Fuente: Conagua (2010a).

El huracán Joanne, ingresó por Punta Prieta, B.C. como tormenta tropical en el mes de octubre de 1972; los vientos máximos registrados en su ingreso a tierra fueron de 75 km/hora, el nivel de lluvia registrado en el municipio de Mexicali fue variado con el menor valor acumulado de precipitación en Presa Morelos (con 58 mm) y el valor mayor en San Felipe (240 mm) (ver tabla 38). Algunos de los daños de Joanne en el municipio de Mexicali fue reportado en fuentes hemerográficas donde se señala que alrededor de 30 colonias urbanas resultaron inundadas, se derrumbaron 22 viviendas, 500 familias quedaron aisladas, se suspendieron los servicios básicos por varias horas; en el valle hubo daños en los drenes, pérdidas en zonas de cultivos, perjuicios en el cultivo de algodón, así como daños de carreteras en el valle y San Felipe.

Tabla 38. Lluvias en mm ocasionadas por la Tormenta Tropical Joanne en el año de 1972.

Fecha	Bataquez	Delta	El Mayor	Mexicali	Presa Morelos	San Felipe	Riíto	San Luis RC	Santa Clara
04/10/1972						240.0			
05/10/1972		43.0	138.0	21.0	26.0		65.1	70.8	100.0
06/10/1972	80.4	63.0	8.0	55.5	32.0		68.5	36.0	
Total	80.4	106.0	146.0	76.5	58.0	240.0	133.6	106.8	100.0

Fuente: Conagua (2010a).

El huracán Kathleen tocó tierra en Punta Santa Catarina, B.C. en septiembre de 1976 con vientos máximos de 85 km/hora. En dos días (9 y 10 de septiembre), las lluvias ocasionadas por la tormenta tropical Kathleen presentaron el valor mínimo en la Presa Morelos (9.5 mm) y el valor máximo acumulado en Delta (72.5 mm) (ver tabla 39). Con el paso de *Kathleen*, en el municipio hubo inundaciones de colonias y avenidas urbanas, por lo que fue necesaria la evacuación de 80 familias; hubo 4 muertos con lesiones serias por derrumbe de construcciones, hubo daños en la red eléctrica; en el aeropuerto, resultaron dañados algunos aviones por los fuertes vientos registrados.

Tabla 39. Lluvias en mm ocasionadas por la Tormenta Tropical Kathleen en el año de 1976.

Fecha	Bataquez	Delta	Mexicali	Presa Morelos	Ej. Valle Trinidad	Riíto	San Luis RC
09/09/1976	45.0	20.0	30.0	2.5	38.5	35.5	11.3
10/09/1976		36.0	37.3	7.0	7.8		9.2
11/09/1976		16.5					
Total	45.0	72.5	67.3	9.5	46.3	35.5	20.5

Fuente: Conagua (2010a).

En el mes de agosto de 1977 el huracán Doreen, convertido en tormenta tropical, sin ingresar al estado de Baja California, ocasionó diferentes niveles de precipitación en el municipio de Mexicali. El máximo valor acumulado se registró en Presa Morelos con 154 mm, mientras que el valor menor se presentó en San Luis Río Colorado, con 21.1 mm (ver tabla 40). *Doreen* provocó serios daños en el municipio, a tal punto que el gobernador declaró a la ciudad zona de desastre; el 80% de las colonias resultaron inundadas, particularmente el centro de la ciudad, también hubo viviendas y postes derrumbados, la suspensión de servicios básicos; la carretera a Tijuana resultó seriamente dañada, desapareció un cementerio y hubo incendios y derrame de gasolina.

Tabla 40. Lluvias en mm ocasionadas por la Tormenta Tropical Doreen en el año de 1977.

Fecha	Bataquez	Mexicali	Presa Morelos	Ej. Valle Trinidad	Riíto	San Luis RC	La Ventana
14/08/1977				14.5			
15/08/1977	20.0	62.0	140.0	12.6	6.2	10.4	8.5
16/08/1977	18.0	36.0	14.0	47.7	17.1	15.7	62.0
Total	38.0	98.0	154.0	74.8	23.3	21.1	70.5

Fuente: Conagua (2010a).

La tormenta tropical Rachel, presente en el municipio a finales de septiembre e inicios de octubre de 1990, realmente ocasionó poca lluvia (ver tabla 41). El valor máximo de precipitación al paso de este meteoro se registró en la colonia Mariana, con solamente 10 mm, mientras que el valor mínimo se registró en Bataquez con 9 mm. Por lo anterior, el registro de daños en fuentes hemerográficas reporta sólo apagones, árboles caídos, encharcamiento de agua en algunas colonias por falta de pavimentación.

Tabla 41. Lluvias en mm ocasionadas por la Tormenta Tropical Rachel en el año de 1990.

Fecha	Bataquez	El Mayor	Mexicali	Ej. Valle Trinidad	Colonia Mariana	Comp. Benassi	Rancho Williams	San Luis RC	La Ventana
30/09/1990	8.0	1.2	17.1	0.5				4.8	7.0
01/10/1990	1.0			1.0	1.0	2.0	1.3	1.5	
Total	9.0	1.2	17.1	1.5	1.0	2.0	1.3	6.3	7.0

Fuente: Conagua (2010a).

En 1997 el huracán Nora con vientos de 120 km/hora entró a tierra por Punta Canoas, Baja California ocasionando lluvias muy fuertes (ver tabla 42). El total máximo acumulado en dos días, el cual no ha sido rebasado hasta la fecha, se registró en San Felipe con un valor de 409.5 mm. Con Nora San Felipe fue la zona con mayor afectación; en el valle hubo 3 víctimas y cientos de damnificados en el municipio, se presentaron daños en las carreteras, hundimiento de colectores, vialidades y colonias inundadas; el Río Nuevo se desbordó inundando las colonias aledañas; se presentaron accidentes vehiculares, la suspensión de servicios básicos, caída de techos y árboles, fugas de gas y conatos de incendio.

Tabla 42. Lluvias en mm ocasionadas por la Tormenta Tropical Nora en el año de 1997.

Fecha	Bataquez	El Mayor	Mexicali	Colonia Mariana	Comp. Benassi	La Ventana	Col. Rodriguez	San Felipe	San Luis R.C.
24/09/1997		68.5				20.0			
25/09/1997							60.0		
26/09/1997	22.5		24.3	23.0	15.0				
27/09/1990	23.5		45.6	59.0	15.0				
Total	45.5	68.5	69.9	82.0	30.0	20.0	60.0	409.5	37.0

Fuente: Conagua (2010a).

La tormenta tropical Juliette, en el año 2001 volvió a ocasionar lluvias muy fuertes en San Felipe, acumulando un total de 261 mm en tres días. La lluvia más baja acumulada por este meteoro fue registrada en el ejido Valle de la Trinidad, con solamente 2.2 mm (ver tabla 43). Con Juliette se presentaron encharcamientos e inundaciones por el crecimiento de arroyos en San Felipe, hubo daños en carreteras, y en la ciudad se presentaron caídas de postes y arboles en varias colonias, así como incendios.

Tabla 43. Lluvias en mm ocasionadas por la Tormenta Tropical Juliette en el año de 2001.

Fecha	San Felipe	Ej. Valle Trinidad	Agua de Chale	Santa Clara
29/09/2001		2.2	0.5	
30/09/2001			2.8	11.0
01/10/2001	47.3		2.5	6.0
02/10/2001	207.0		3.5	2.0
03/10/2001	6.7		1.7	
Total	261.0	2.2	11.0	19.0

Fuente: Conagua (2010a).

La última tormenta tropical que se ha presentado en el municipio de Mexicali fue Marty en el año 2001. El máximo acumulado de lluvias se registró en San Felipe con 81.7 mm (ver tabla 44). Provocando encharcamientos e inundaciones; en la ciudad se presentaron daños en el drenaje pluvial, vialidades anegadas, choques e incendios.

Tabla 44. Lluvias en mm ocasionadas por la Tormenta Tropical Marty en el año de 2003.

Fecha	El Mayor	Col. Mariana	Santa Clara	Col. Rodriguez	Ejido Islitas	San Felipe
22/09/2003		5.0				
23/09/2003			3.0			34.4
24/09/2003	4.0		8.0	2.0	3.2	36.8
25/09/2003						10.5
Total	4.0	5.0	11.0	2.0	3.2	81.7

Fuente: Conagua (2010a).

2.3. Peligro por lluvias

Cuando el sol calienta el agua superficial de los océanos, lagos y lagunas, evapora parte del agua contenida en ellos, y este vapor se eleva hacia la atmósfera. El vapor de agua, al condensarse en las capas altas y frías de la atmósfera, se transforma en nubes que se presentan en diversas formas: cúmulos, cirros, estratos y nimbos. En las nubes, las pequeñas gotas formadas se juntan y crecen hasta que se vuelven demasiado pesadas y regresan a la tierra como precipitación (Cenapred, 2004b).

La precipitación puede manifestarse como lluvia, llovizna, nieve, granizo o cellisca. La lluvia consiste de gotas de agua líquida con diámetro mayor a 0.5 mm. La llovizna está formada con gotas más pequeñas, de 0.25 mm o menos, que caen lentamente, por lo que rara vez la precipitación de este tipo supera 1 mm/h. La nieve está compuesta de cristales de hielo que comúnmente se unen para formar copos. El granizo está constituido por cuerpos esféricos, cónicos o irregulares de hielo con un tamaño que varía de 5 a más de 125 mm; la cellisca está formada por granos sólidos de agua cuando se congela al atravesar una capa el aire con temperatura cercana a los 0° C (Cenapred, 2001a).

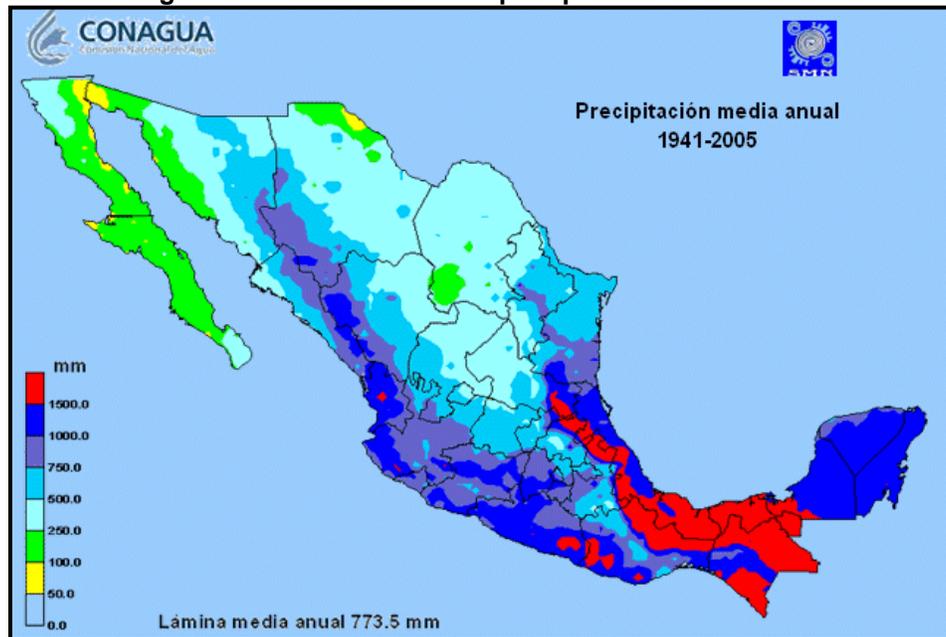
Los principales mecanismos a través de los cuales se genera la precipitación son los siguientes (Cenapred, 2004b):

- Lluvias ciclónicas: son provocadas por los ciclones tropicales, pueden ocasionar tormentas de larga duración, del orden de varios días y abarcar grandes extensiones.
- Lluvias orográficas: se originan con las corrientes de aire húmedo que chocan con las barreras montañosas, provocando su ascenso y consecuente enfriamiento lo que da lugar a su condensación y, como resultado, la ocurrencia de precipitación en el lado por donde sopla el viento (barlovento) hacia las montañas.
- Lluvias invernales (frentes fríos): consisten en el desplazamiento de frentes de aire frío procedentes de la zona del polo norte y forman las llamadas tormentas de invierno o equipatas. En el país la zona norte es la más afectada por este tipo de fenómenos.
- Lluvias convectivas: tienen su origen en el calentamiento de la superficie terrestre; el aire en contacto con zonas cálidas llega a calentarse más que en los alrededores, lo que da lugar a corrientes verticales en las que asciende el aire caliente húmedo. Estas corrientes al llegar a la capa de la troposfera, se enfrían rápidamente, produciéndose la condensación de vapor de agua y formándose nubes densas, por lo general del tipo de cúmulos. Se presentan en áreas reducidas ya que el ascenso y descenso de las corrientes sólo muestran un espacio local (Ahrens, 2000 en Cenapred, 2004b)

En México, la mayor cantidad de precipitación se concentra en los estados del sur y sureste, con cantidades superiores a los 1000 mm de precipitación media anual, lo cual muestra las áreas de mayor susceptibilidad para la ocurrencia de inundaciones y otros peligros asociados a

este tipo de fenómenos hidrometeorológicos (ver figura 42). La influencia de las sierras es tan marcada que los patrones de las precipitaciones tienden a parecerse a la conformación orográfica de la República Mexicana (Sedesol-Coremi, 2004a).

Figura 42. Zonificación de la precipitación media anual.

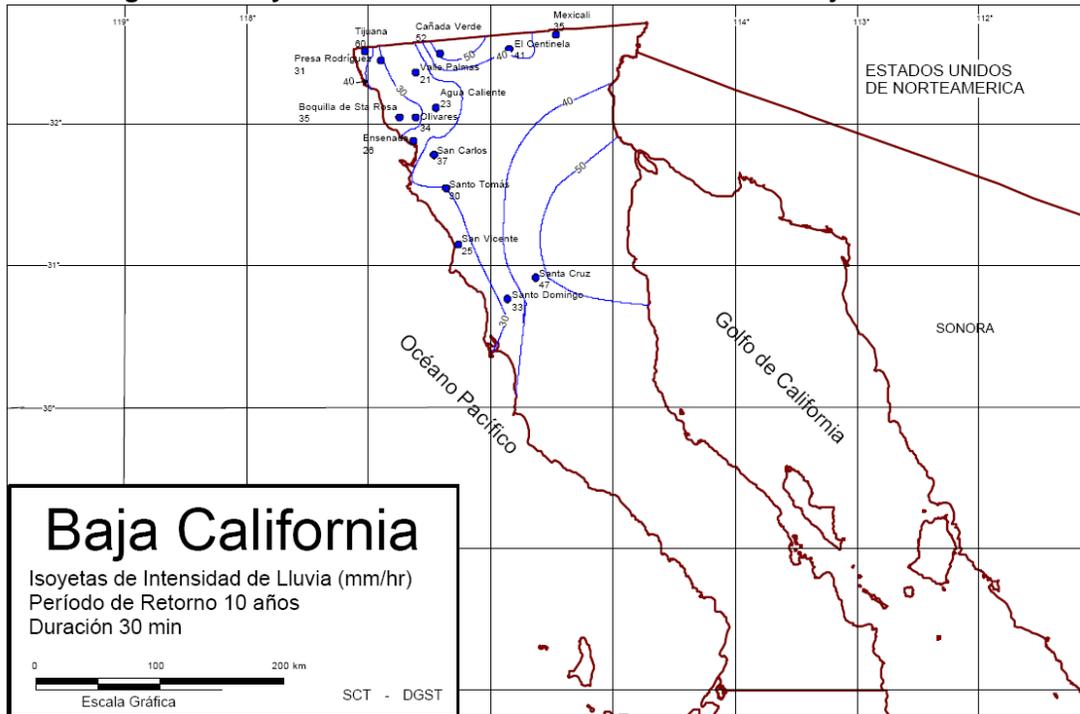


Tomado de Conagua (2011a).

En cuanto a la intensidad de las lluvias, como se puede observar en las figuras 43 y 44, el municipio de Mexicali se encuentra en una zona con las menores precipitaciones, con respecto tanto a la media anual del país (que es de 773.5 mm), como a las isoyetas que expresan los períodos de retorno de 5 años de las lluvias en una hora, por lo tanto, con estos indicadores de lluvias en el país, el municipio de Mexicali, se considera una zona de bajo peligro por lluvias.

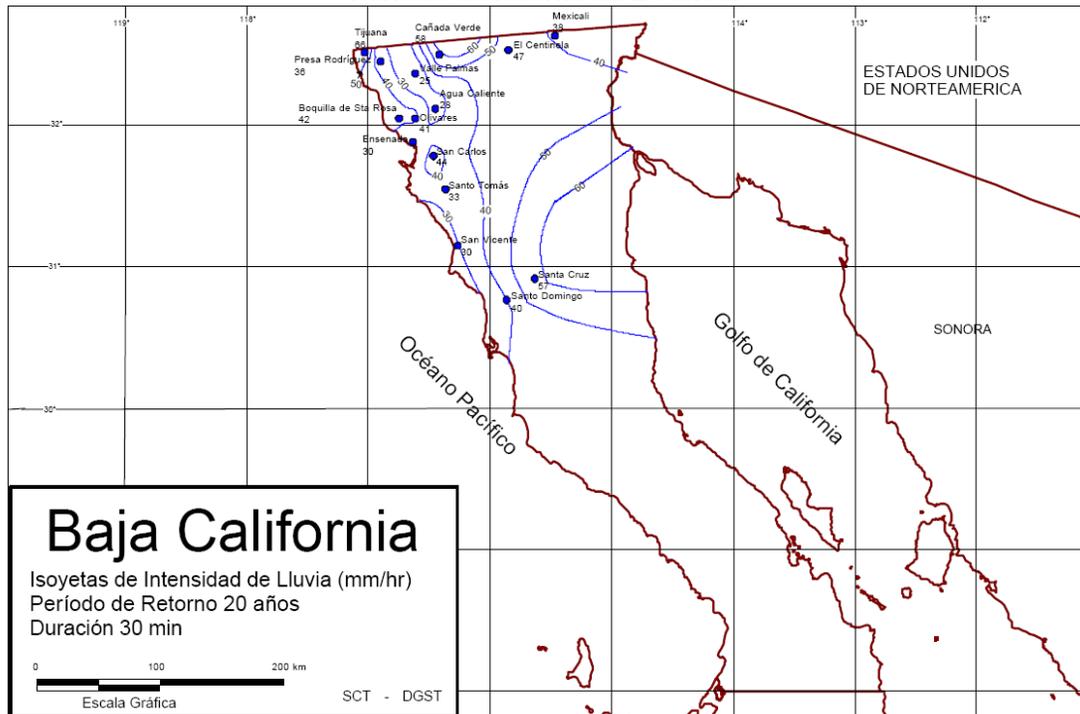
En las figuras 43, 44 y 45, se presentan para el estado de Baja California los períodos de retorno de intensidades de lluvia para 10, 20 y 50 años con duraciones de 30 minutos. En ellas se observa, en particular para el municipio de Mexicali que la zona con más peligro es la expuesta hacia el occidente de San Felipe, aunque en los períodos de retorno de 20 y 50 años en las zonas más pobladas, como es la ciudad de Mexicali y toda el área hacia el oriente de esta ciudad, también existe probabilidad de lluvias intensas en cortos períodos de tiempo. En las figuras 46 y 47 se presentan las isoyetas de altura máxima de lluvia en 24 horas para períodos de retorno de 10 y 25 años. Para el municipio de Mexicali se pueden presentar lluvias de 60 a 80 mm para períodos de retorno de 10 años (ver figura 46), y de 80 a 120 mm para períodos de retorno de 25 años (ver figura 47).

Figura 43. Isoyetas de intensidad de lluvia del norte de Baja California.



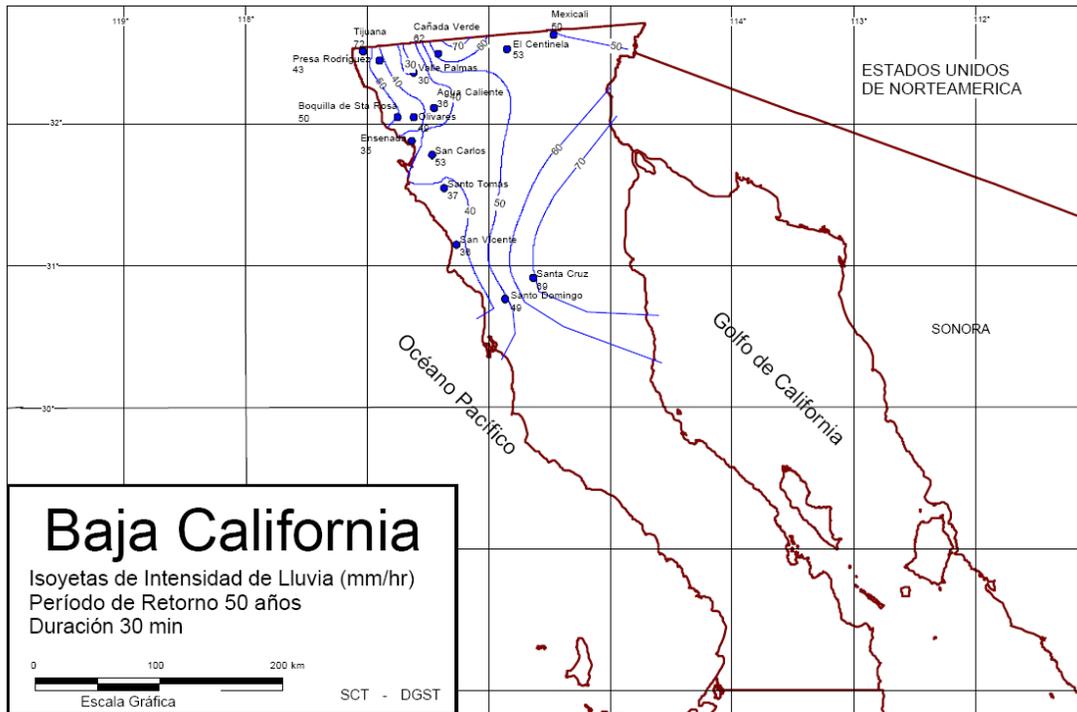
Fuente: SCT-DGST (2000).

Figura 44. Isoyetas de intensidad de lluvia del norte de Baja California. Período de retorno de 20 años.



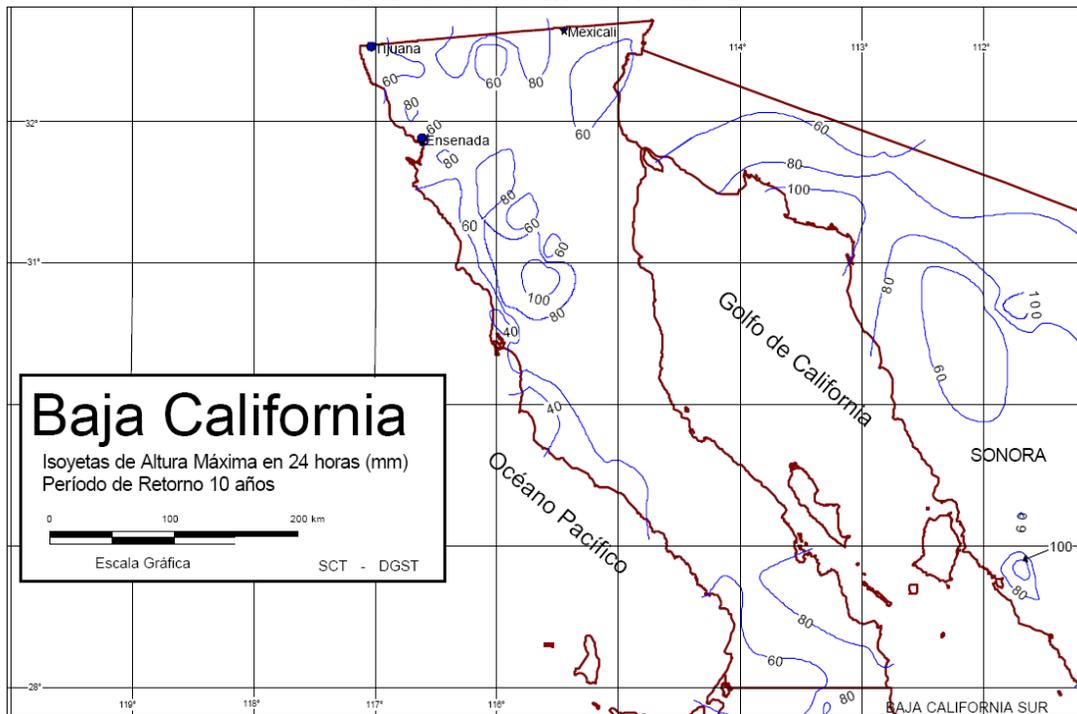
Fuente: SCT-DGST (2000).

Figura 45. Isoyetas de intensidad de lluvia del norte de Baja California. Período de retorno de 50 años.



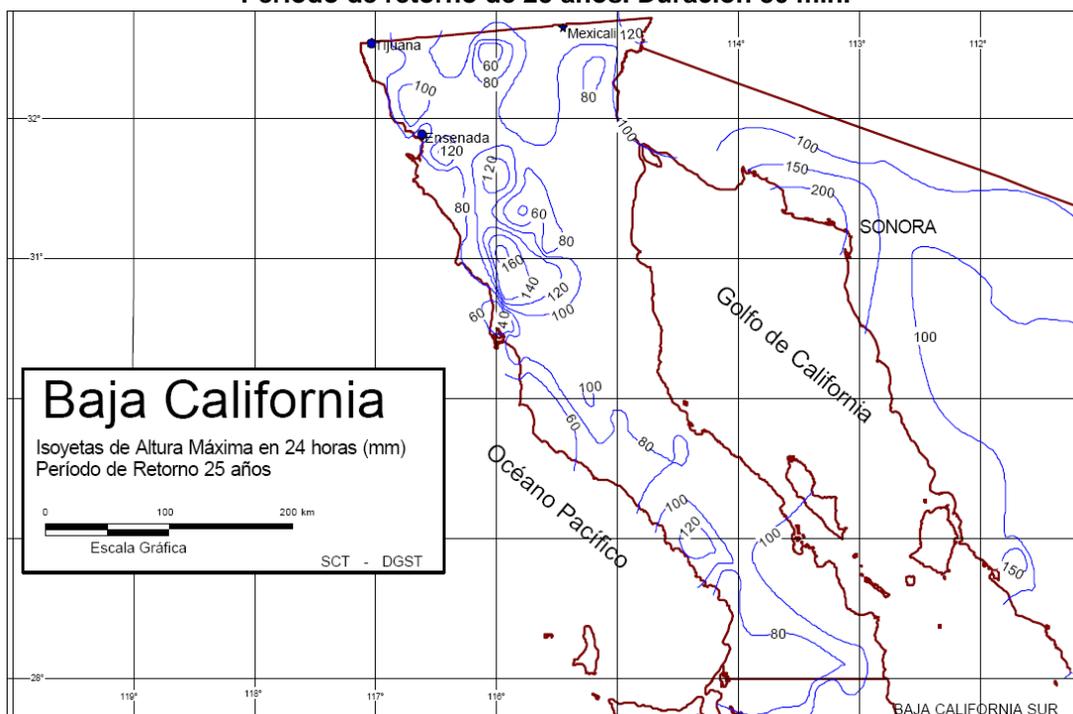
Fuente: SCT-DGST (2000).

Figura 46. Isoyetas de altura máxima en 24 horas del norte de Baja California. Período de retorno de 10 años.



Fuente: SCT-DGST (2000).

Figura 47. Isoyetas de altura máxima en 24 horas del norte de Baja California. Periodo de retorno de 25 años. Duración 30 min.



Fuente: SCT-DGST (2000).

El promedio anual de lluvias es de solamente 75 mm, pero debido a su alta variabilidad interanual y espacial, se pueden presentar lluvias inusualmente altas, que en períodos de 24 horas pueden igualar o rebasar lo que “normalmente” se presenta en un año. Un ejemplo de tales características fue el desarrollo de una tormenta local el 22 de octubre de 1992, que en la estación meteorológica de la Comisión Nacional del Agua (Conagua) se registraron 73.8 mm, mientras que en la de la UABC se midieron 19 mm, y la distancia entre ellas es solamente de un par de kilómetros. El valor máximo registrado para un año (1992) ha sido de 237 mm, y el más bajo se presentó en el año 2002, con solamente 6.2 mm. Un fuerte indicador relacionado con las máximas intensidades de lluvia en la temporada invernal en el estado de Baja California en general, y del municipio de Mexicali en particular, es el fenómeno del ENSO (El Niño/Oscilación del Sur).

La lluvia se presenta en dos épocas del año, en verano (de los meses de julio a septiembre) y en invierno (de los meses de noviembre a abril). Influida por los sistemas frontales de invierno. El régimen anual promedio de la precipitación presenta su máximo en los meses de diciembre y enero, con 11.1 mm y 9.8 mm, respectivamente; junio es el mes más seco con un valor tan bajo como 0.2 mm, siguiéndole el mes de mayo con 0.6 mm; en los meses de julio y agosto se presenta una segunda temporada de lluvias, ocasionadas por el monzón de verano, perturbaciones tropicales y tormentas locales.

De hecho, las cantidades más altas de lluvia que se han registrado en el municipio de Mexicali, al menos en dos días consecutivos, han sido producto de fenómenos tropicales debilitados y sucedieron en los meses de septiembre de 1967 (Huracán Katrina) con 204 mm (en Santa Clara); en agosto de 1972 (Tormenta Tropical Hyacinth) con 35.3 mm en San Luis Río Colorado; en octubre de 1972 (Tormenta Tropical Joanne) con 262.2 mm (en San Felipe); en septiembre de 1976 (Huracán Kathleen) con 72.5 mm (en Delta); en agosto de 1977 (Huracán

Doreen) con 154 mm (en Presa Morelos); en septiembre de 1997 (Huracán Nora) con 69.9 mm (en la ciudad de Mexicali); en octubre de 2001 (Huracán Juliette) con 261 mm (en San Felipe); y en septiembre de 2003 (Huracán Marty) con 132 mm (en San Felipe). Hay otro evento de lluvia inusualmente alta en el mes de octubre de 1992, con 73.8 mm (en la ciudad de Mexicali), no relacionada con un sistema tropical.

En lo que respecta a las lluvias fuertes ocurridas en períodos de 24 horas, parecen estar sucediendo más a menudo de lo que ocurrían en el pasado. La presencia de estos fenómenos naturales, aunado a una población creciente, con mayores superficies de concreto que impiden una rápida infiltración hacia el subsuelo y una deficiente red de alcantarillado pluvial en algunas zonas de la ciudad, hacen que la población urbana sea susceptible de sufrir inundaciones. Tal es el caso de las lluvias ocurridas en el invierno de 1992-1993 relacionadas con el ENSO, las cuales con un poco más de 200 mm dejaron aisladas a un sinnúmero de colonias periféricas y lugares situados abajo del nivel del mar, como el caso de las colonias aledañas al Río Nuevo.

2.4. Peligro por lluvias extraordinarias

Las lluvias extraordinarias, también conocidas como lluvias atípicas e impredecibles, según el Servicio Meteorológico Nacional de la Conagua, son aquellas precipitaciones abundantes que superan la media histórica más una desviación estándar de precipitación en un punto determinado, cuya ocurrencia puede darse dentro o fuera del periodo correspondiente a la estación climática de lluvias. Su ocurrencia e impacto en los últimos años se ha asociado al cambio climático global (Sedesol-Coremi, 2004a). Estas lluvias, para el caso de la ciudad de Mexicali, parecen estar asociadas al fenómeno del ENSO, tormentas tropicales y tormentas locales de verano; el mismo mecanismo que las produce las hace ser aperiódicas, tanto temporal como espacialmente. Lluvias iguales o superiores a los 30 mm, en períodos de 24 horas han ocurrido en las siguientes fechas (ver tabla 45).

Tabla 45. Lluvias ≥ 30 mm en períodos de 24 horas por estación meteorológica.

FECHA	BATAQUEZ	DELTA	EL MAYOR	MEXICALI	PRESA MORELOS	SAN FELIPE	RIITO	SAN LUIS R.C.	SANTA CLARA
17/12/1962				31		31.5			35
01/09/1967				36.5			80		204
26/11/1967				31.1				194	
09/11/1969			42		31		45	41.5	
06/10/1972	80.4	63		55.5	32		68.5	36	
05/10/1972		43	138				65.1	70.8	100
09/09/1976	45			30			35.5	33.2	
10/09/1976		36		37.3					
15/08/1977				62	140				
16/08/1977				36					
16/01/1979					31	63		32	
08/12/1982		44	44	50.2					40
02/02/1983		40.5	30	32.9			30		42
16/08/1983	64		32			73			42

Tabla 45. (Continuación).

22/09/1997			68.5	45.6					
22/10/2000							50		
06/03/2001	41						46		
23/09/2003						45			

Fuente: Estaciones meteorológicas de Conagua (varios años).

Un estudio realizado por Rodríguez (2002) y los reportes periodísticos indican que no es necesario que se presente una lluvia intensa (p.ej. > 50 mm) en Mexicali, para ocasionar problemas, sino que basta que sea de 10 mm en un período de 24 horas, para provocar daños, por lo que el registro de las veces que han ocurrido lluvias de 10 mm a más, puede indicar la frecuencia de problemas de inundaciones o daños que se han presentado en Mexicali. En la tabla 46 se observa el número de lluvias de dicho rango, donde se observa que en algunas zonas las lluvias han sido más frecuentes (aunque esto también depende de la amplitud en el registro de las estaciones).

Tabla 46. Número de lluvias ≥ 10 mm y ≤ 30 mm en períodos de 24 horas en las estaciones meteorológicas del municipio

Clave	Nombre	≥ 10 mm / <30mm	≥ 30 mm	Clave	Nombre	≥ 10 mm / <30mm	≥ 30 mm
2003	BATAQUEZ, MEXICALI	98	17	2151	AGUA DE CHALE	33	8
2011	DELTA, MEXICALI	62	10	2154	COLONIA ZACATECAS, MEXICALI	36	6
2020	EL MAYOR, MEXICALI	41	11	2163	EJIDO NUEVO LEON, B.C.	14	1
2033	MEXICALI, MEXICALI	84	20	26076	RIITO, S.L. RIO COLORADO	98	14
2037	PRESA MORELOS, MEXICALI	58	10	26087	S.L. RIO COLORADO (DGE)	60	12
2046	SAN FELIPE, MEXICALI	98	18	2059	SANTA CLARA, MEXICALI	139	33
2093	EJIDO VALLE DE LA TRINIDAD	219	43	2102	LA VENTANA, MEXICALI	30	1
2137	COL. MARIANA, MEXICALI	46	6	2139	COL. RODRIGUEZ, MEXICALI	16	3
2141	COMPUERTAS BENASSINI	47	2	26227	EJIDO ISLITAS	32	4
2145	RANCHO WILLIAMS, MEXICALI	41	7	2148	SAN FELIPE, MEXICALI	15	8
2146	SAN PEDRO MARTIR	90	21				

Fuente: Estaciones meteorológicas de Conagua (varios años).

2.5. Inundaciones

En la escala mundial las inundaciones están aumentando más rápidamente que cualquier otro desastre. De acuerdo con la Cruz Roja Internacional, durante el periodo 1919-2004, su intervención ha sido mayor en eventos de inundaciones que de cualquier otro tipo (Cenapred, 2004b).

En el pasado, la gente vivía cerca de los ríos para aprovecharlos como medio de transporte y fuente de abastecimiento de agua para consumo directo y riego de cultivos. Los hogares eran construidos en terrenos altos, para evitar inundaciones. Actualmente la ocupación de las zonas cercanas a los ríos es uno de los principales factores que acrecienta el riesgo de inundaciones. Adicionalmente, la degradación del medio ambiente, tal como la deforestación, la erosión, etc., ha modificado la respuesta hidrológica de las cuencas, incrementando la ocurrencia y magnitud de las inundaciones. En otras palabras, la falta de planeación de las actividades humanas ha alterado el entorno y, con ello, se han establecido las condiciones para que se presenten inundaciones severas (Cenapred, 2004b).

En muchos casos las poblaciones han perdido el contacto con su entorno y dentro de la región en que viven no reconocen o identifican los sitios por donde escurren las aguas en forma natural; el ejemplo más claro de esta situación se observa en algunas ciudades donde las corrientes de los ríos han sido canalizados, cubiertos, obstruidos e incluso convertidos en amplias vialidades. Esto último conlleva a que prevalezca en la comunidad una apreciación equivocada sobre el riesgo de inundación, por lo que este riesgo generalmente no se incluye en los planes de emergencia (Cenapred, 2004b).

De acuerdo con el glosario internacional de hidrología (OMM/UNESCO, 1974 en Cenapred, 2004b), la definición oficial de inundación es el aumento del agua por arriba del nivel normal del cauce. Entendiendo como "nivel normal" a aquella elevación de la superficie del agua que no causa daños, es decir, inundación es una elevación mayor de lo habitual en el cauce.

Entre los factores físicos que influyen en las inundaciones se encuentran la distribución espacial de la lluvia, la topografía, las características físicas de los arroyos y ríos, las formas y longitudes de los cauces, el tipo de suelo, la pendiente del terreno, la cobertura vegetal, el uso del suelo, la ubicación de presas y las elevaciones de los bordos de los ríos (Sedesol-Coremi, 2004a). De acuerdo con su origen, las inundaciones pueden clasificarse en:

- Inundaciones pluviales: son consecuencia de la precipitación, se presentan cuando el terreno se ha saturado y el agua de lluvia excedente comienza a acumularse, pudiendo permanecer horas o días. Su principal característica es que el agua precipitada sobre esa zona y no la que viene de alguna otra parte (por ejemplo de la parte alta de la cuenca), incluye aquellas provocadas por intensas lluvias (Cenapred, 2004b).
- Inundaciones fluviales: se generan cuando el agua que se desborda de los ríos queda sobre la superficie cercana a ellos. A diferencia de las pluviales, en este tipo de inundaciones el agua que se desborda sobre los terrenos adyacentes corresponde a precipitaciones registradas en cualquier parte de la cuenca tributaria y no necesariamente a lluvia sobre la zona afectada (Cenapred, 2004b).
- Inundaciones por falla de infraestructura hidráulica: ocurre cuando la capacidad de las obras destinadas para la protección es insuficiente, la inundación provocada por la falla de dicha infraestructura será mayor que si no existieran obras (Cenapred, 2004b).

2.5.1. Inundaciones históricas

El valle y la actual ciudad de Mexicali han sufrido históricamente inundaciones de tipo pluvial, fluvial y por fallas en la infraestructura hidráulica existente en esta región. Se han presentado lluvias intensas que propician inundaciones en algunas zonas, en ocasiones la capacidad de almacenamiento de las presas ha sido rebasada, se rompen los bordos de defensa del Río Colorado y los canales agrícolas, o existe una operación deficiente de drenes y canales por azolves o basura, ocasionando inundaciones en las algunas próximas. Como ejemplo, se presentan algunos datos históricos relevantes en los párrafos subsecuentes.

Antes del poblamiento de Mexicali las inundaciones fueron de tipo fluvial, esto fue principalmente originado por las avenidas del Río Colorado, cuyo arrastre de sedimentos generaron bordos naturales que en ciertos momentos desviaron el flujo del río hacia el norte (al mar de Salton). Con el descubrimiento del potencial agrícola del valle de Mexicali y durante las primeras décadas de su desarrollo, a pesar de los bordos de contención, el Río Colorado presentó avenidas considerables que inundaron los valles Imperial y de Mexicali, como sucedió en 1905 y 1906, cuando el Río Colorado vertió casi todo el gasto de agua en el canal el Álamo inundando a ambos valles con daños en cultivos e infraestructura de riego y ferroviaria (Sánchez, 1990).

Años más tarde, con la construcción de la presa *Hoover* en Estados Unidos, se controló el gasto de agua del Río Colorado, sin embargo, en varias ocasiones hubo desfuegos que rebasaron la capacidad del río y provocaron inundaciones en extensas zonas del valle. Una muestra de lo anterior son las inundaciones de mayo de 1979; otro ejemplo son las lluvias extraordinarias de invierno de 1992-1993, las cuales acompañadas de avenidas extraordinarias del Río Colorado y con el azolve de la presa derivadora Morelos, ocasionaron inundaciones en zonas de cultivo del valle de Mexicali (Conagua, 1995).

Otro tipo de inundación fluvial producto de lluvias intensas es el caso del Río Nuevo, en cuyos márgenes por varios años se asentaron familias y en invierno de 1955, con el incremento en el caudal del río, se inundó toda la zona haciendo necesario evacuar a 2000 familias, las cuales fueron reubicadas a zonas más seguras de la ciudad (Aguirre, 1983). El huracán Nora provocó el desbordamiento de este río en 1997 inundando las zonas aledañas. Años después el Río Nuevo fue entubado y su cauce fue convertido en una amplia vialidad. Sin embargo, en varias ocasiones se han presentado inundaciones porque el agua de la ciudad fluye hacia esta zona de manera natural y en él se depositan aguas pluviales y residuales, rebasando la capacidad de conducción de este cuerpo de agua (en 2005 sufrió de inundaciones importantes).

Con respecto a la inundación de tipo pluvial, algunas lluvias intensas ocurridas en las primeras décadas de Mexicali fueron dañinas, principalmente porque se carecía de un espacio de calidad, de servicios e infraestructura. Por ejemplo, con las lluvias de 1926 se rompieron algunos canales de riego, hubo daños en la agricultura, y la comunidad se inundó por completo con daños en los escasos edificios públicos existentes (Samaniego, 1991).

Algunas de las inundaciones derivadas por fallas en infraestructura hidráulica se deben a la ruptura de canales de riego, provocadas generalmente por un agente externo, como lo son los sismos. En 1940 como consecuencia de un sismo fuerte se dañaron algunos canales provocando inundaciones en diversos puntos del valle de Mexicali. El flujo del agua arrastró al puente que pasaba sobre el Río Nuevo. En octubre de 1979 un sismo dañó el canal *A// American* en dos puntos y causó el desfogue descontrolado del agua hacia el poblado Compuertas en Mexicali. En abril de 2010 un sismo intenso provocó daños en la infraestructura

hidráulica del valle y se presentó el fenómeno de licuefacción, inundando principalmente la zona suroeste del valle de Mexicali, tanto zonas de cultivo como asentamientos humanos.

Las inundaciones por infraestructura hidráulica no se deben solamente a daños y grietas en las estructuras, sino también a la obstrucción del flujo de agua por la presencia de basura en los canales y drenes, que generan desbordamientos, como sucedió en el 2006 en las colonias de la zona sur de la ciudad de Mexicali.

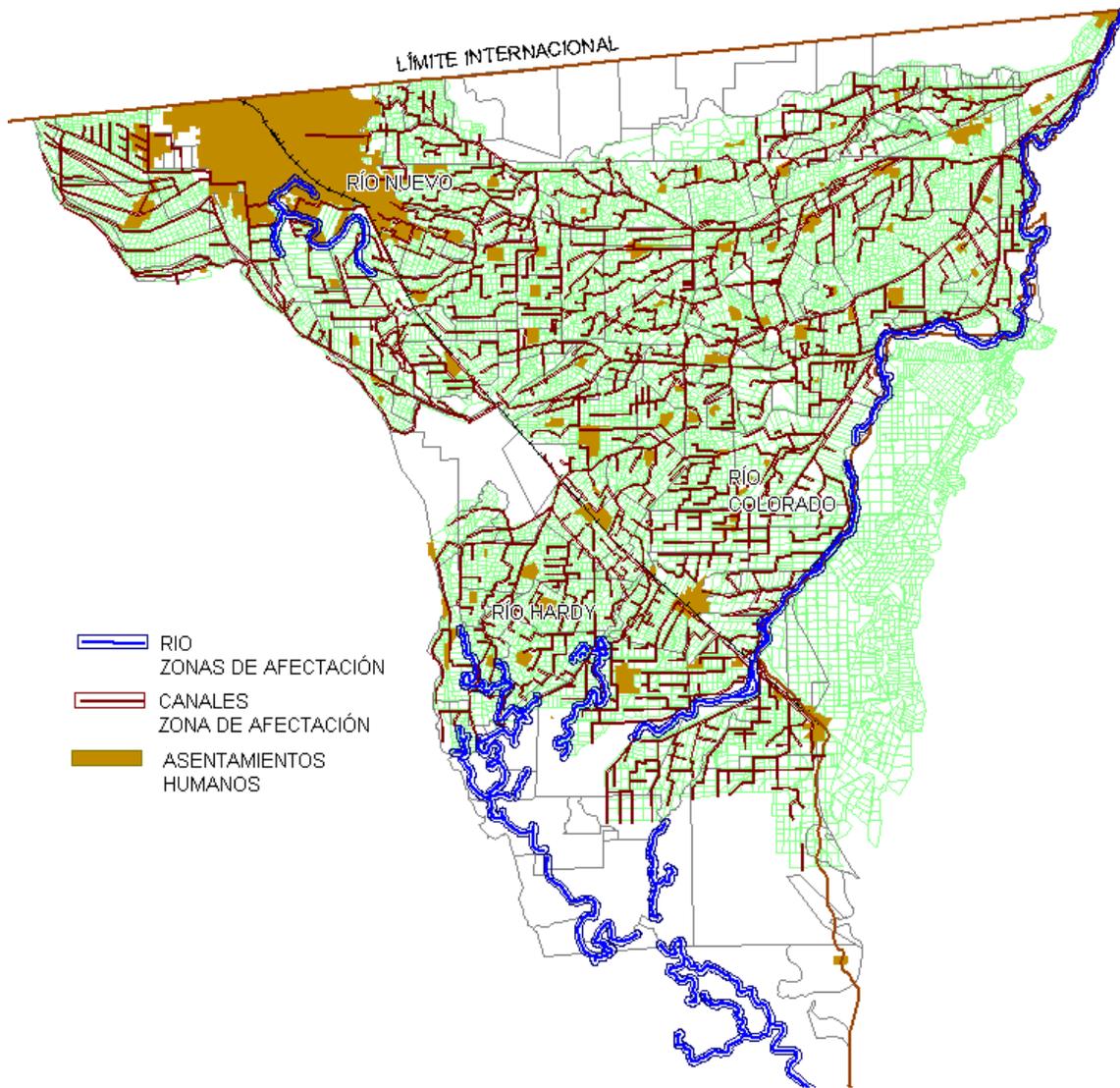
De manera general, los registros históricos muestran que en el municipio de Mexicali, a pesar de la escasa precipitación pluvial que se presenta en la región, ha sufrido todo tipo de inundaciones. Cuando llueve, la ciudad y los poblados se inundan, se dañan los cultivos del valle, se presentan apagones y cortos circuitos, las vialidades resultan intransitables (por presencia de agua y lodo), las aguas negras brotan de las alcantarillas o letrinas, algunos canales y drenes se desbordan, e incluso se destruyen tramos carreteros interrumpiendo la conexión terrestre con el resto del estado y del país por la destrucción de tramos. Cuando no llueve, agentes externos como los sismos o las aportaciones de excedentes de agua de Estados Unidos al Río Colorado, tienen también efectos destructivos.

Las inundaciones detonadas por exceso de agua tienen explicación, como el mismo registro nos indica, a partir de una amplia gama de situaciones y decisiones sobre los asentamientos humanos y la infraestructura. Por ejemplo, la carencia de pavimentación y drenaje pluvial, la interrupción del sistema natural de drenado con el entubamiento de ríos y canales, el crecimiento urbano que atrapa drenes y canales próximos a las zonas habitacionales, la pérdida de capacidad de conducción de los sistemas hidrológicos por azolve y basura, la proliferación de asentamientos irregulares en zonas inundables, entre otros.

2.5.2. Zonificación de áreas de afectación por ríos, canales y drenes

En el municipio de Mexicali la presencia del Río Colorado, el Río Nuevo y el río Hardy, así como la existencia de una vasta red de canales para riego agrícola representan un peligro de inundación a las zonas próximas a éstos cuerpos de agua. Para obtener las zonas expuestas a estos peligros hidrográficos se asignaron distancias de 300 metros a ríos y 50 metros a canales. La figura 48 muestra el resultado de la asignación de radios de afectación donde puede observarse que éstos se distribuyen por todo el valle de Mexicali, aunque en relación con los ríos, éstos se concentran en la zona sur y oriente.

Figura 48. Zonificación de afectación por ríos y canales



Fuente: Elaboración propia.

La superposición de los radios de afectación con el archivo de localidades del INEGI, permite observar que 36 localidades se encuentran expuestas a inundación por proximidad a ríos y 169 por cercanía a canales de riego, entre ellas predominan las localidades pequeñas de 0 a 99 habitantes (ver tabla 47). Estas localidades se muestran en las tablas 48 y 49.

Tabla 47. Número de localidades expuestas a ríos y canales por tamaño.

Tamaño de localidad (habitantes)	Canales	Río
0-99	153	35
100-499	10	1
500-999	3	0
1000-2499	3	0
Total	169	36

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 48. Localidades cercanas a ríos.

NO.	NOMBRE	POBLACIÓN	NO.	NOMBRE	POBLACIÓN
4707	ARBOLEDA RESIDENCIAL	126	0408	CAMPO SONORA (COL. TERRENOS INDIOS)	4
4858	FAMILIA ALDRETE (EL BORDO)	86	1400	COL. TERRENOS INDIOS	4
0106	POBLADO EL CAIMÁN	50	1622	PARALELO 32 (COL. TERRENOS INDIOS)	4
0402	PUENTE QUEMADO (COL. VENUSTIANO CARRANZA)	50	1637	LA CASA DE LAS CURVAS (COL. EL MAYOR)	4
1462	FAMILIA BOJÓRQUEZ JUÁREZ (COL. COLORADO 3)	32	1660	COL. COLORADO 2	4
3140	RANCHO GODÍNEZ (COL. COLORADO NÚMERO UNO)	32	1760	FAMILIA ARIAS (COL. HIDALGO)	4
0411	CAMPO MOZQUEDA (COL. TERRENOS INDIOS)	20	2103	FAMILIA GARIBAY	4
2690	FAMILIA SÁNCHEZ (COL. ELÍAS)	16	2885	FAMILIA IBARRA C. (EL CHINO COL. INDEPENDENCIA 1)	4
1088	LAS CABAÑAS (COL. EL MAYOR)	13	3287	FAMILIA SÁINZ DOMÍNGUEZ (COL. EL MAYOR)	4
1461	FAMILIA VALENZUELA (COL. COLORADO NÚMERO TRES)	13	3479	LAS PALMAS (COL. COLORADO NÚMERO TRES)	4
3134	RANCHO FLORES (COL. VENUSTIANO CARRANZA)	11	1664	FAMILIA SÁNCHEZ (COL. COLORADO NÚMERO UNO)	3
1155	FAMILIA GARCÍA (INDEPENDENCIA NÚMERO UNO)	8	2645	FAMILIA ROSALES (COL. ROBERTSON)	3
1449	EJ. PALO VERDE	7	1615	CAMPO DEL PRADO (COL. EL MAYOR)	2
1902	FAMILIA CHÁVEZ LEÓN (COL. HINDÚ)	7	1250	LA RAMONA	1
2247	FAMILIA LANDEROS GÓMEZ (COL. BENITO JUÁREZ)	7	1617	CAMPO LAS TRES B (COL. RUANO VALDEZ)	1
2765	FAMILIA VALADEZ (COL. BENITO JUÁREZ)	7	1656	LAGUNA MÉXICO	1
4874	EL EDÉN	6	1683	FAMILIA COVARRUBIAS (COL. VENUSTIANO CARRANZA)	1
0221	RÍO EL MAYOR SOLANO (LA CARPA)	4	1966	FAMILIA DÍAZ (COL. BAJA CALIFORNIA)	1

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 49. Localidades cercanas a canales.

NO.	NOMBRE	POBLACIÓN	NO.	NOMBRE	POBLACIÓN
0212	POBLADO LÁZARO CÁRDENAS (LA VEINTIOCHO)	2388	2408	FAMILIA MEZA (COL. SONORA)	8
0258	EJ. PLAN DE AYALA	1654	3024	PILAR SANTIAGO (EJ. JIQUILPAN)	8
0251	EJ. PÁTZCUARO	1513	3411	FAMILIA SOTERO (EJ. GARZÓN SANTIBÁÑEZ)	8
0521	POBLADO FRANCISCO SANTANA PERALTA	804	3513	FAMILIA MORENO	8
0309	COL. FRANCISCO SANTANA PERALTA	578	4728	JARDINES DE LORETO	8
0358	POBLADO ALFREDO V. BONFIL	554	2247	FAMILIA LANDEROS GÓMEZ (COL. BENITO JUÁREZ)	7
0191	GENERAL HERIBERTO JARA	433	2294	FAMILIA LÓPEZ (VERACRUZ MARÍTIMO)	7

Tabla 49. (Continuación).

1542	CRUCERO DEL TOLUCA (EJ. TOLUCA)	410	2371	FAMILIA MARTÍNEZ ALBARRÁN (COL. SILVA)	7
0248	EJ. PACHUCA	387	2443	FAMILIA MORENO MORENO (EJ. CAMPECHE)	7
0129	COL. CASTRO	308	2610	FAMILIA RODRÍGUEZ (COL. ZARAGOZA)	7
4718	FINCA LOS JAZMINES	285	2807	FAMILIA VEGA (EJ. MORELIA)	7
0294	COL. SILVA SUR (LAS PLAYITAS)	263	3078	RANCHO CHACÓN (COL. VENUSTIANO CARRANZA)	7
1482	LA LADRILLERA (COL. COLORADO NÚMERO DIEZ)	185	3224	RANCHO REFUGIO (COL. TRIÁNGULO)	7
0406	JOSÉ LÓPEZ PORTILLO (COL. VENUSTIANO CARRANZA)	184	3248	RANCHO SÁNCHEZ (COL. ABASOLO)	7
0252	RANCHO EL PELIGRO (COL. PÓLVORA)	174	0117	COL. SILVA NOROESTE	6
4707	ARBOLEDA RESIDENCIAL	126	0587	RANCHO BENAVIDES (COL. ABASOLO)	6
3249	SANTA ADRIANA (EJ. QUINTANA ROO)	92	1686	LA CURVA (COL. ZACATECAS)	6
3435	NINGUNO (COL. AHUMADITA)	85	2003	FAMILIA FÉLIX (EJ. HERMOSILLO)	6
1657	COL. SEIS [GRANJAS LÁZARO CÁRDENAS]	82	2497	FAMILIA ORTIZ VÁZQUEZ (EJ. MORELIA)	6
1652	CHORIZO MORELIA (EJ. MORELIA)	80	2669	FAMILIA SALAZAR PAYÁN (EJ. JALAPA)	6
1278	EJ. CHIAPAS 3	70	2701	FAMILIA SANDOVAL PRADO (COL. BATÁQUEZ)	6
1844	FAMILIA CANO	69	2722	FAMILIA SOLÍS (COL. TRIÁNGULO)	6
3506	RIVERA DE LA PROGRESO	59	3383	RANCHO NACHITA (COL. CERRO PRIETO)	6
3038	PUENTE QUEMADO (EJ. ADOLFO LÓPEZ MATEOS)	55	4855	FAMILIA PÉREZ Y GONZÁLEZ	6
1667	COL. SONORA	52	4877	DON MANUEL	6
1337	EJ. OTILIO MONTAÑO	47	1468	FAMILIA OCHOA (COL. COLORADO NÚMERO TRES) [CORRALES]	5
0170	EL NACAY ELÍAS (COL. ELÍAS)	46	2302	FAMILIA LÓPEZ (COL. PROGRESO)	5
2789	FAMILIA VARGAS (COL. TRIÁNGULO)	43	2769	FAMILIA VALDEZ (COL. GRUPO REFORMA)	5
2160	FAMILIA GRANADOS	37	3060	RANCHO AYALA (RANCHO VIEJO VERACRUZ DOS)	5
2063	FAMILIA GÁMEZ (EJ. ISLAS AGRARIAS B)	33	3124	EL SOLITARIO (EJ. CHIHUAHUA)	5
1462	FAMILIA BOJÓRQUEZ JUÁREZ (COL. COLORADO 3)	32	3328	FAMILIA NÚÑEZ (EJ. TAMAULIPAS)	5
3442	TIERRAS NUEVAS (EJ. COLIMA)	31	1511	FAMILIA RODRÍGUEZ (COL. ABASOLO)	4
4809	FAMILIA ROBLES VIRGEN	28	1920	FAMILIA CORDERO (EJ. VILLA HERMOSA)	4
1648	CERRO PRIETO 4	25	1987	FAMILIA ESCOBEDO (EJ. MEZQUITAL)	4

Tabla 49. (Continuación).

1852	FAMILIA CARO (COL. SONORA)	25	2071	FAMILIA GARCÍA (PARCELA SESENTA Y UNO EJ. PUEBLA)	4
1896	FAMILIA CHÁVEZ (EJ. LÁZARO CÁRDENAS)	24	2328	FAMILIA MADRID (COL. PROGRESO)	4
0382	EL CRUCERO (EJ. CAMPECHE)	23	2329	FAMILIA MADRIGAL (EJ. MORELIA)	4
2405	FAMILIA MENDOZA (VERACRUZ MARÍTIMO)	22	2336	FAMILIA MANZO (COL. CENTINELA)	4
1579	SEXTA DE LA PROGRESO (AMPLIACIÓN CORONITA)	21	2467	FAMILIA NIETO (COL. PESCADORES)	4
1911	FAMILIA CONTRERAS (EJ. IRAPUATO)	21	2546	FAMILIA PRADO (EJ. CAMPECHE)	4
2357	FAMILIA MARTÍNEZ (EJ. GUADALAJARA)	21	2573	LA ZACATECAS	4
1507	FAMILIA GÁMEZ (COL. ABASOLO)	20	2668	FAMILIA SALAZAR NÚÑEZ (COL. CHAUSSÉ)	4
1721	FAMILIA AGUILERA (CAMPOS NUEVOS EJ. SONORA 2)	19	2674	FAMILIA SALDAÑA (COL. BÓRQUEZ)	4
2128	FAMILIA GONZÁLEZ (COL. SONORA)	19	2687	FAMILIA SÁNCHEZ (VERACRUZ MARÍTIMO)	4
1894	FAMILIA CHÁVEZ (EJ. GUANAJUATO)	18	2710	FAMILIA MARTÍNEZ (COL. PROGRESO)	4
1525	RANCHO HIDALGO (COL. CASTRO)	17	2923	FAMILIA GUTIÉRREZ LOTE CUARENTA Y SIETE (COL. AHUMADITA)	4
1388	COL. COLORADO NÚMERO 3	16	3225	RANCHO REYES (EJ. HERIBERTO JARA)	4
2767	FAMILIA BALDERRAMA (COL. MARIANA)	16	3527	FAMILIA CORONA	4
3174	RANCHO LÓPEZ (COL. VENUSTIANO CARRANZA)	16	4887	LAS TRUCHAS	4
2127	FAMILIA GONZÁLEZ HERRERA (COL. SILVA)	15	0172	EMILIANO ZAPATA	3
1725	FAMILIA AGÚNDEZ (EJ. TAMAULIPAS)	14	1430	RANCHO MILAGRO (COL. PROGRESO)	3
1863	FAMILIA CASTILLO (EJ. HERMOSILLO)	14	1710	FAMILIA ACEVEDO (COL. GRUPO DOS TUBOS)	3
2924	FAMILIA SANDÉZ OJEDA LOTE CINCUENTA Y TRES (COL. PROGRESO)	14	1912	FAMILIA CONTRERAS (EJ. SAN LUIS POTOSÍ)	3
3293	SANTA VERÓNICA (COL. SILVA)	14	1985	FAMILIA ESCARPITA (COL. COLORADO NÚMERO CINCO)	3
3572	COL. CERRO PRIETO SIETE	14	1992	FAMILIA ESPINOZA (COL. PRIMAVERA)	3
1490	FAMILIA ENCINAS (COL. ABASOLO)	13	2065	FAMILIA GAMIÑO (EJ. VILLA HERMOSA AMPLIACIÓN)	3
1589	FAMILIA ARSOLA CASTRO (COL. AHUMADITA)	13	2281	FAMILIA LLAMAS (EJ. TORREÓN)	3
1831	FAMILIA CALDERÓN (VERACRUZ MARÍTIMO)	13	2315	FAMILIA LUKE (EJ. CAMPECHE)	3

Tabla 49. (Continuación).

2480	FAMILIA OCAMPO (COL. ORIVE DE ALBA)	13	2554	FAMILIA QUINTERO (COL. PROGRESO)	3
2890	LOS JASSO (VERACRUZ MARÍTIMO)	13	2571	FAMILIA RAMOS (COL. CENTINELA)	3
1607	FAMILIA BUENO (EJ. CAMACHO)	12	3058	RANCHO ARREGÍN (EJ. AGUASCALIENTES)	3
1713	FAMILIA AGUILAR (EJ. SAN LUIS POTOSÍ)	12	3284	LOS ROMO (COL. OLACHEA)	3
1915	FAMILIA CONTRERAS (COL. CHAUSSÉ)	12	1510	LOS BABYS (COL. ABASOLO)	2
2851	FAMILIA ZÚÑIGA (COL. GRUPO REFORMA)	12	1544	COL. ASTORGA	2
2958	LOS OROZCO (EJ. PLAN DE AYALA)	12	2633	FAMILIA RODRÍGUEZ MORALES (COL. COLORADO 3)	2
3076	RANCHO CEBALLOS (COL. GRUPO DOS TUBOS)	12	2773	FAMILIA VALDIVIA (COL. DEL NORTE)	2
1265	RANCHO ZAVALA (COL. VENUSTIANO CARRANZA)	11	2786	FAMILIA VAREÑO (EJ. AGUASCALIENTES)	2
1472	FAMILIA BLANCO YÁÑEZ (COL. COLORADO NÚMERO TRES)	11	3074	CASA BLANCA (COL. MIGUEL ALEMÁN)	2
2343	FAMILIA MARTÍNEZ (COL. PROGRESO)	11	3109	EL CENTENARIO (COL. SILVA)	2
2650	FAMILIA RUBIO (EJ. HECHICERA)	11	0400	HERMANOS SÁNCHEZ (COL. VENUSTIANO CARRANZA)	1
2753	FAMILIA TORRES (COL. HIDALGO)	11	1700	EL CIENTO CATORCE (RANCHO DE HERMANOS SÁNCHEZ)	1
2768	FAMILIA CEBALLOS (COL. GRUPO DOS TUBOS)	11	2264	FAMILIA LERMA (EJ. VILLA HERMOSA)	1
3377	NINGUNO (COL. MADERO)	11	2317	FAMILIA LUNA RAMÍREZ (EJ. SONORA)	1
2855	FAMILIA RODELO SALGADO (COL. CERRO PRIETO)	10	2548	FAMILIA PULIDO (EJ. TABASCO)	1
3201	MARGARITO MEDINA (EJ. NUEVO LEÓN)	10	2672	FAMILIA SALCEDO (EJ. MORELOS)	1
3210	RANCHO MIRELES (COL. VENUSTIANO CARRANZA)	10	2738	RANCHO DE SIXTO ANDRADE (COL. COLORADO 1)	1
1515	FAMILIA RODRÍGUEZ (COL. ABASOLO)	9	2798	FAMILIA VÁZQUEZ (EJ. TORREÓN PARCELA CINCUENTA Y TRES)	1
1577	LOS ALONSO (VERACRUZ MARÍTIMO)	9	2910	FAMILIA LÓPEZ ORTIZ (COL. VILLARREAL)	1
1676	SAN JOSÉ (COL. COLORADO NÚMERO CINCO) [CORRALES]	9	2937	FAMILIA MARTÍNEZ (COL. AHUMADITA)	1
3152	RANCHO HURTADO (COL. ALVARADO)	9	2938	FAMILIA MARTÍNEZ MORALES (EJ. TLAXCALA)	1
3297	LOS SILVA (VERACRUZ MARÍTIMO)	9	3011	PARCELAS NÚMERO TREINTA Y DOS Y TREINTA Y TRES (EJ. GUANAJUATO)	1
4815	UNIÓN DE GRANJAS FAMILIARES	9	3108	EL CARACOL (ANDRADE EJ. NUEVO LEÓN)	1

Tabla 49. (Continuación).

1850	FAMILIA CARMONA (EJ. TABASCO)	8	3338	FAMILIA VEGA (EJ. TEHUANTEPEC)	1
1895	FAMILIA CHÁVEZ (EJ. TULA)	8	4849	NINGUNO	1
2087	FAMILIA GARCÍA (EJ. AGUASCALIENTES)	8			

Fuente: Elaboración propia.

2.5.3. Índice de vulnerabilidad física por inundación (pluvial, fluvial, infraestructura)

El índice de vulnerabilidad física (IVF) mide la fragilidad de las viviendas ante la presión ejercida por el agua (acumulada o en movimiento), tomando como base el material constructivo con que éstas fueron construidas. El IVF por inundación se calcula con base en la tipología de vivienda especificada en la metodología de Cenapred (2006a) la cual considera cinco tipos (ver tabla 50) que representan niveles distintos de resistencia ante las precipitaciones pluviales, las avenidas y corrientes de agua.

A partir de los datos de la muestra censal 2010 de INEGI se obtuvo que, en general, las viviendas del municipio de Mexicali presentan una vulnerabilidad muy baja (IVF=0.06) a inundaciones, con valores muy bajos tanto para la ciudad (IVF=0.05) como para el resto del municipio (IVF=0.08). Este índice es muy bajo, en parte, por la escasa incidencia de peligros hidrometeorológicos en el territorio municipal, sin embargo, por la condición de la vivienda, puede señalarse que aproximadamente 13% de las viviendas en el municipio de Mexicali presentan una vulnerabilidad física alta o muy alta a inundaciones (tipo 3 y 5), mientras que 6% presenta una vulnerabilidad media (tipo 4) y 90% presentan una vulnerabilidad baja o muy baja. Esto significa que, por el material constructivo utilizado en la producción de la vivienda poco más de una décima parte de las viviendas en el municipio son susceptibles a colapsarse por la exposición al agua de origen pluvial, fluvial o de infraestructura.

Tabla 50. Grado de vulnerabilidad física por tipología de vivienda.

TIPO	CARACTERÍSTICAS	% DE VIVIENDAS MUNICIPIO	% DE VIVIENDAS CIUDAD	% DE VIVIENDAS RESTO	GRADO DE VF
1	Muros de mampostería con techo rígido. Normalmente cuenta con cimentación, construida con una zapata corrida de concreto o mampostería.	45.0%	55.5%	15.7%	MB
2	Muros de mampostería con techo flexible. Normalmente cuenta con cimentación, construida con una zapata corrida de concreto o mampostería.	35.3%	31.3%	46.5%	B
3	Muros de adobe con techo rígido. Su cimentación, cuando existe, es de mampostería.	0.1%	0.1%	0%	A
4	Muros de adobe con techo flexible. Su cimentación, cuando existe, es de mampostería.	6.3%	3.6%	13.9%	M
5	Muros de materiales débiles con techo flexible. Generalmente no cuenta con cimentación.	13.2%	9.4%	23.9%	MA

Fuente: Elaboración propia.

Sin embargo, la fragilidad de las viviendas en el municipio es heterogénea pues mientras que en el valle y San Felipe más de una quinta parte de las viviendas son altamente frágiles, en la ciudad menos de una décima parte de las viviendas presentan esta característica. Cabe señalar que en la ciudad el porcentaje de viviendas frágiles disminuyó en aproximadamente 5% con respecto al año 2000.

2.5.4. Vulnerabilidad relacionada a coberturas de pavimentación y drenaje pluvial

La vulnerabilidad física expresada como condiciones del espacio construido para resistir y recuperarse de los efectos de la precipitación pluvial, no sólo se limita a las condiciones de la vivienda, como nivel básico de protección de las familias, sino a una escala más amplia que abarca las condiciones de la colonia o del barrio que evitan o propician la acumulación de agua.

De acuerdo con la información recopilada acerca del impacto de los fenómenos hidrometeorológicos en el municipio de Mexicali, se entiende que si bien, éstos no son intensos y frecuentes como en otros lugares del país, cuando se presentan ocasionan inundaciones y encharcamientos particularmente en las zonas con carencia de drenaje pluvial y pavimentación.

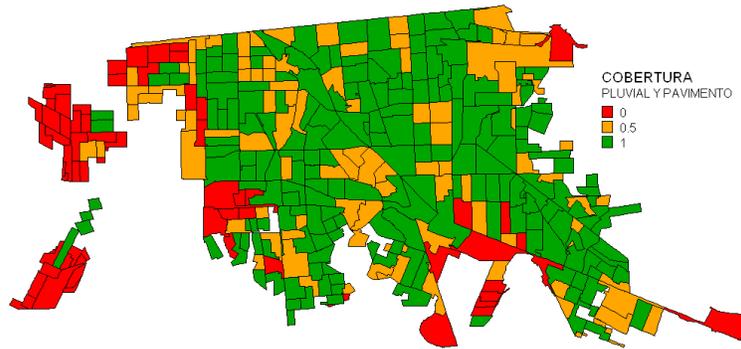
El municipio se asienta en una zona plana, con una leve pendiente hacia los cuerpos de agua existentes, hacia el noroeste y hacia la costa, por lo que el agua acumulada en la superficie tiende a fluir lentamente hacia esas zonas. Aunado a lo anterior, el suelo municipal está conformado por material no consolidado predominantemente impermeable, por lo que la presencia de una cantidad abundante de agua provoca estancamientos, sobre todo en las zonas donde se carece de pavimentación, o bien, en las zonas donde la acumulación de basura y de lodos (por proximidad a zonas sin pavimento y de grandes baldíos) impiden el desalojo del agua por el drenaje pluvial existente.

En el municipio de Mexicali, con excepción de la ciudad, la mayoría de las localidades carecen de pavimentación, y sólo las localidades urbanas cuentan con pavimentación en las vialidades principales.

El drenaje pluvial es también un servicio eminentemente urbano. En la ciudad el drenaje pluvial está constituido por una red de tuberías que desfogan principalmente hacia el Río Nuevo y hacia algunos drenes agrícolas que atraviesan la ciudad, las alcantarillas permiten la captación del agua de lluvia y la transportan hacia la red pluvial o a la red sanitaria. La saturación de la red pluvial puede ocasionar la acumulación de agua en las colonias urbanas mientras que la saturación de la red sanitaria puede ocasionar que el agua ingrese a las viviendas vía drenaje sanitario.

En la figura 49 se muestran los distintos niveles de cobertura de drenaje pluvial y pavimentación por AGEB. En color rojo se muestran las AGEB que carecen de ambos servicios y, por lo tanto, resultan las más susceptibles a estancamiento de agua, éstas representan 16% de la superficie de las AGEB de la ciudad y 84% de las AGEB del valle y San Felipe. En color naranja se muestran las AGEB con cobertura parcial de ambos servicios o con cobertura de sólo uno de los servicios y por lo tanto resultan medianamente susceptibles, éstas representan 26% de la superficie de AGEB urbanas y 14% de la superficie de AGEB del valle y San Felipe. Mientras que en color verde se muestran las zonas urbanas menos susceptibles a estancamiento de agua porque cuentan con ambos servicios, los cuales abarcan 58% de la superficie de las AGEB de la ciudad y 3% de la superficie de las AGEB del valle y San Felipe.

Figura 49. Cobertura de drenaje pluvial y de pavimentación.



Fuente: Elaboración propia.

2.5.5. Percepción de la inundación como riesgo local

Un porcentaje bajo de los habitantes del municipio identificaron como amenazas del lugar en donde habitan a los agentes perturbadores de origen hidrometeorológico que participan en las inundaciones, como lo son los ciclones, las tormentas eléctricas, las lluvias torrenciales y trombas. Como puede observarse en la tabla 51 la identificación de estos peligros es menor en la ciudad que en el resto del municipio, especialmente en el caso de las tormentas eléctricas, lluvias torrenciales y trombas.

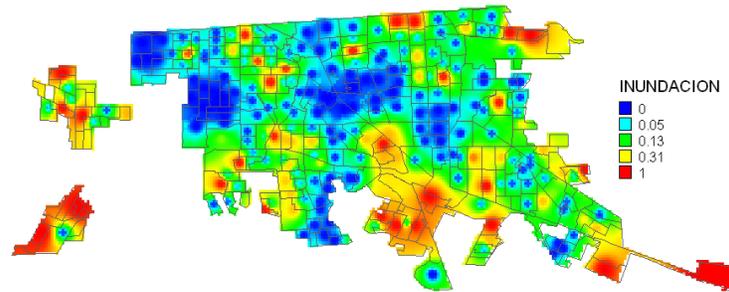
Tabla 51. Percepción de peligros hidrometeorológicos y riesgo de inundación

Peligro identificado	Ciudad		Valle y San Felipe	
	No	Si	No	Si
Ciclones	94%	6%	81%	19%
Tormentas eléctricas	80%	20%	53%	47%
Lluvias torrenciales y trombas	74%	26%	57%	43%
Inundaciones	81%	19%	79%	21%

Fuente: Elaboración propia.

En la ciudad sólo 19% de la población identificó el riesgo de inundación en la zona donde habita. Esta percepción baja de la inundación se muestra espacialmente diferenciada, con un mayor porcentaje de los habitantes de las colonias periféricas (al sur y oeste) que identifican el problema y un menor porcentaje en la zona central de la ciudad y en algunas zonas de la periferia.

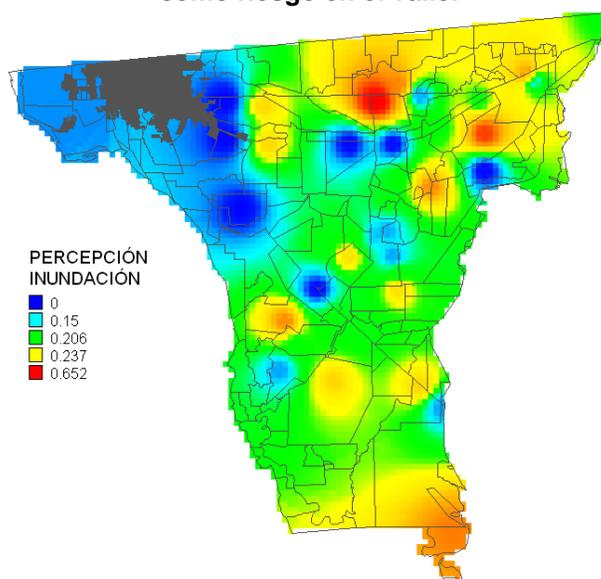
Figura 50. Concentración de la percepción de la inundación como riesgo en la ciudad.



Fuente: Elaboración propia.

Con respecto al valle de Mexicali y San Felipe, sólo 21% identifica el riesgo de inundación, ésta población se distribuye principalmente en la zona noreste del valle, en la zona sur y en San Felipe.

Figura 51. Concentración de la percepción de la inundación como riesgo en el valle.



Fuente: Elaboración propia.

2.5.6. Índice de riesgo físico por inundación

La metodología Cenapred (2006a), considera el cálculo del IRF a partir de dos elementos: la fragilidad de la vivienda ante inundación con el índice de vulnerabilidad física (IVF) y la fragilidad social mediante el índice de vulnerabilidad social (IM) como producto de las condiciones socioeconómicas de la población, la capacidad de prevención y respuesta de las autoridades y la percepción social del riesgo.

$$\text{IRF} = \text{IVF} [0.80 + (\text{IM}/25)]$$

El cálculo del Índice de Riesgo Físico (IRF) por inundación con base en los datos de la muestra censal 2010 de INEGI dio como resultado, para el municipio, un nivel muy bajo de riesgo (IRF=0.05). Éste se comporta de manera similar para la ciudad (IRF=0.05) y para el resto del municipio (0.07). El IRF por AGEB es homogéneo en todas las localidades urbanas del municipio en el rango considerado muy bajo que comprende valores de 0 a 0.20.

2.6. Masas de aire y sistemas frontales

Una masa de aire se define como un cuerpo de aire cuyas propiedades físicas, sobre todo de temperatura y contenido de vapor de agua, son uniformes en sentido horizontal y cuyas dimensiones pueden ser de más de 1,000 km de cubrimiento. Las masas de aire se producen en los continentes o sobre los océanos, en regiones donde el aire adquiere las características físicas de la zona latitudinal de ubicación (Sedesol-Coremi, 2004a).

Las regiones de contraste de temperatura, humedad, presión, viento y energía potencial que se ubican entre dos masas de aire se llaman frentes o zonas frontales. Normalmente la densidad del aire es diferente de una capa a otra, de esta manera cuando dos masas de aire de distinto régimen térmico (polares o tropicales) convergen, existe una superficie de separación (Sedesol-Coremi, 2004a).

En México, durante la temporada de invierno, los vientos polares descienden hasta los límites del Trópico de Cáncer, generando descensos en la temperatura y la formación de varios meteoros.

Los principales hidrometeoros ocasionados por los sistemas frontales en el estado de Baja California son las lluvias de invierno, y en las zonas montañosas la precipitación en forma de nieve; en las estaciones de transición, cuando se tiene la invasión de los primeros frentes fríos (en otoño), o bien los últimos de la temporada (en primavera), se pueden presentar tormentas eléctricas y granizadas, por el hecho de que se forman nubes cumuliformes en el seno, o bien de un frente cálido, ó de una superficie continental caliente, respecto de la masa de aire que domina a la región. Otro fenómeno atmosférico que se presenta en la región durante la temporada de invierno son las heladas, las cuales están asociadas con una masa de aire fría continental, originada en la parte sur de Canadá. En lo que sigue se describirán brevemente este tipo de meteoros ya que su presencia en la región es parte de los peligros a que está sujeto el municipio de Mexicali.

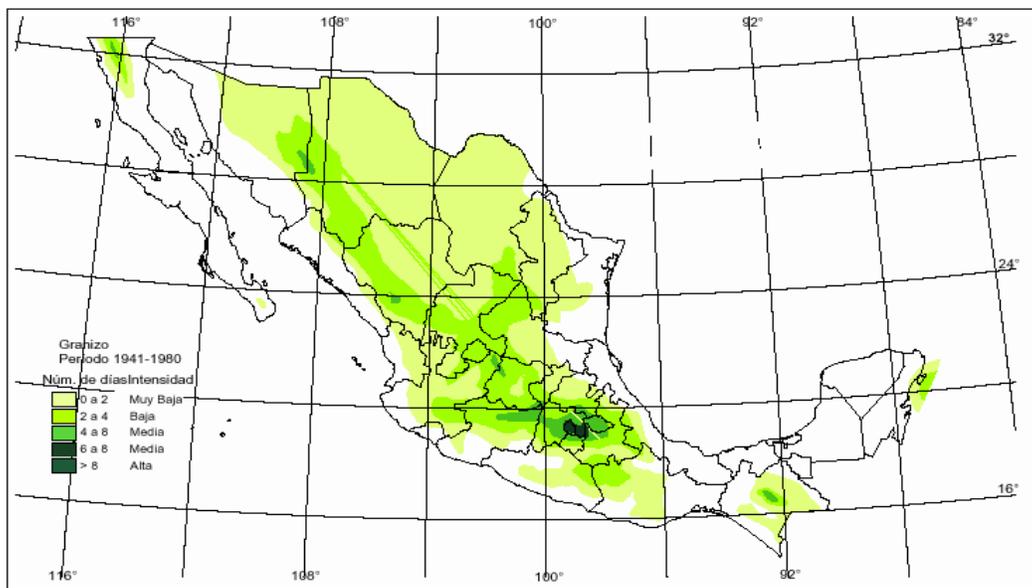
2.6.1. Peligro por granizadas

El granizo es la precipitación de agua en estado sólido, en forma de granos de hielo de distintos tamaños. La magnitud de los daños que puede provocar la precipitación en forma de granizo depende de su cantidad y tamaño. En las zonas rurales, los granizos destruyen las siembras y plantíos; a veces causan la pérdida de animales de cría. En las regiones urbanas afectan a las viviendas, construcciones y áreas verdes. En ocasiones, el granizo se acumula en cantidad suficiente dentro del drenaje para obstruir el paso del agua y generar inundaciones durante algunas horas. Las zonas de México más afectadas por tormentas de granizo son el altiplano y algunas regiones de Chiapas, Guanajuato, Durango y Sonora (Cenapred, 2001a).

La figura 52 muestra las zonas de peligro por granizada, en el caso de Baja California, la zona de peligro se localiza en la Sierra de San Pedro Mártir. La ciudad de Mexicali y su valle, de

acuerdo con este mapa, no se encuentra en una zona de peligro por granizada, no obstante, en Mexicali se presentan granizadas principalmente a finales del invierno, en el verano y hasta mediados de otoño, ya sea como producto de una surgencia de humedad, remanentes de perturbaciones tropicales o de las invasiones de sistemas ciclónicos de latitudes medias, en los que sus masas de aire relativamente frías al pasar a la superficie continental caliente, se inestabilizan a tal grado que se producen nubes cumuliformes, necesarias para la formación de granizo (García Cueto, 1988).

Figura 52. Zonas de peligro por granizada en México.



Fuente: Cenapred (2001).

En la revisión de los daños ocurridos en el tiempo a razón de las granizadas, pudo observarse, como se muestra en la tabla 52, que hasta el momento no ha sido un fenómeno que provoque graves consecuencias en el municipio de Mexicali. El impacto de éstas ha estado asociado a daños en vialidades, instalaciones eléctricas e inundaciones, aunque gran parte del impacto, sobre todo las inundaciones, derivan de la lluvia que acompaña al granizo.

Tabla 52. Algunos daños causados por Granizadas.

Fecha	OBSERVACIONES
11/8/1990	Lluvias torrenciales y granizo de aproximadamente de 1.5 pulgadas de diámetro.
7/3/1992	Granizada en el Ej. Nuevo León y periferia de la ciudad de Mexicali
13/3/1992	La lluvia, granizo y fuertes vientos afectaron tanto las vialidades pavimentadas como las no pavimentadas en lo que corresponde a la Primera y Segundo cuadro de la ciudad
28/3/1992	Lluvias, granizada, precipitación pluvial, inundaciones.
6/5/1992	Granizada en Mexicali y su Valle así como en la vecina ciudad de Imperial California
27 y 28/9/1995	Lluvias, rayos y granizo

Tabla 52. (Continuación).

17/02/2005	Fuertes lluvias, vientos y granizo, en forma intermitente por cerca de 4 hrs.
3/08/2005	Lluvia con granizo en la zona oriente de la ciudad de Mexicali. Inundaciones y problemas viales.
27/11/2008	Lluvia con granizo en el valle de Mexicali. Cortos circuitos y encharcamientos.
7/07/2010	Lluvia, viento y granizo en la ciudad. Daños en instalaciones eléctricas del FEX
2/10/2010	Lluvia con granizo en el valle de Mexicali (Hipólito Rentería, La Puerta y Progreso)

Fuente: Elaboración propia.

2.6.2. Peligro por heladas, nevadas y niebla

Una helada ocurre cuando la temperatura del aire húmedo cercano a la superficie de la tierra desciende a 0° C. Existen dos fenómenos que dan origen a las heladas; el primero consiste en la radiación, durante la noche, desde la Tierra hacia la atmósfera que causa la pérdida de calor del suelo; el otro es la advección, debido al ingreso de una gran masa de aire frío, proveniente de las planicies de Canadá y Estados Unidos (Cenapred, 2001a).

Las heladas por radiación se forman en los valles, cuencas y hondonadas próximas a las montañas, ya que son zonas de acumulación de aire frío. Durante la noche desciende el aire húmedo y se concentra en las partes bajas. Para que esta helada ocurra, se requiere de la ausencia de viento, cielo despejado, baja concentración de vapor de agua, y fuertes inversiones térmicas en la superficie. Las heladas por advección suelen tener vientos mayores de 15 km/h y sin inversión térmica. Estas heladas son muy dañinas ya que es muy difícil proteger los cultivos de la continua transferencia de aire frío que está en movimiento (Cenapred, 2001a).

Cuando la condensación tiene lugar en una masa de aire ascendente que se ha enfriado a temperaturas por debajo de la de congelación, tienden a formarse cristales de hielo de forma hexagonal, en lugar de gotitas líquidas (Donn, 1978). Para que ocurra una tormenta de nieve es necesario que se unan varios de los cristales de hielo hasta un tamaño tal que su peso sea superior al empuje de las corrientes de aire (Cenapred, 2001a).

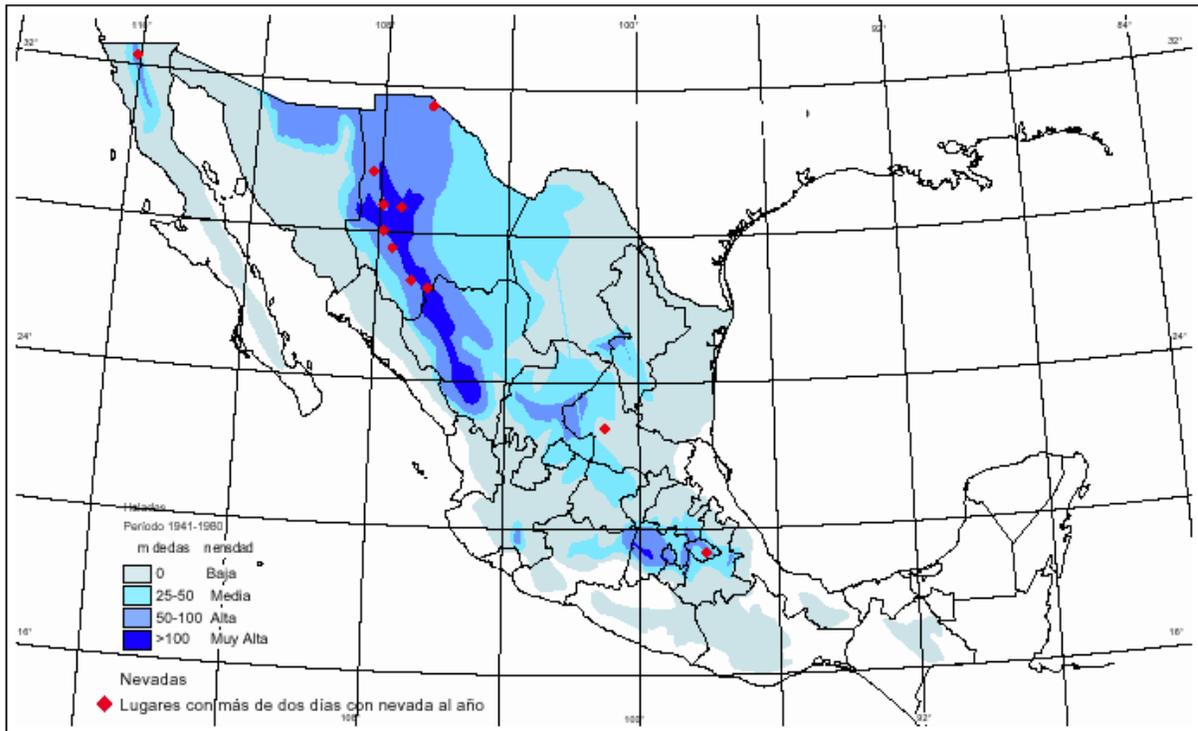
Baja California, con excepción de zonas con mayor altitud como la sierra San Pedro Mártir y la Rumorosa, se encuentra en una zona de peligrosidad baja por heladas y, con respecto a nevadas la peligrosidad es casi nula (ver figura 53).

En Mexicali y su valle las heladas ocurren por la invasión de masas de aire de origen polar ártico o polar marítimo modificado durante el invierno. Las fuertes temperaturas se deben a una fuerte advección de aire frío, aunado al enfriamiento radiactivo de la noche. La mayor parte de las heladas ocurren cuando la región está bajo la influencia de una alta presión continental, ubicada al norte de la región. Para el área urbana en estos últimos 8 años no se ha presentado este fenómeno, al parecer porque la urbanización ha modificado las condiciones térmicas creando una isla de calor urbano (García Cueto, 2006).

La ocurrencia de nevadas en Mexicali es muy rara, presentándose con mayor frecuencia en los cerros y sierras cercanas al valle (Cucapá, El Mayor, Juárez). Algunas nevadas importantes ocurridas en el valle han sido la del 12 de diciembre de 1932 y la del 12 de diciembre de 1939,

está última, reportada por la estación climatológica de Imperial, California. No existe algún reporte que indique la caída de nieve en años recientes.

Figura 53. Zonificación de heladas y nevadas en México.



Fuente: Cenpred (2001).

En lo que respecta a las nieblas, que es un fenómeno acuoso formado por minúsculas gotitas de agua de suspensión en el aire, éstas se presentan en el invierno y a finales de otoño en Mexicali y su valle, aunque su frecuencia de ocurrencia es mínima (en total se presentaron 14 en los últimos años). Regularmente ocurren cuando se presenta en la región un sistema de alta presión, inmediatamente antecedido por un sistema frontal, que al provocar lluvias en el valle, aumenta el contenido de humedad en el ambiente; una de las condiciones principales, junto con la estabilidad atmosférica son los vientos muy débiles (causados por la alta presión), en conjunto generan las condiciones adecuadas para la formación de este hidrometeoro. La niebla representa un riesgo para la ciudadanía porque genera una baja visibilidad, la cual puede provocar accidentes automovilísticos.

De manera general, las heladas, granizadas, nieblas y nevadas son fenómenos meteorológicos que no se presentan con mucha frecuencia en el municipio de Mexicali. A pesar de la poca presencia de estos fenómenos en la región, cuando llegan a ocurrir tienen consecuencias considerables principalmente en la zona del valle de Mexicali (como sucedió con la helada de 1950), pues afectan los cultivos agrícolas ocasionando graves pérdidas para quienes se dedican a esta actividad. En la ciudad, la presencia de estos fenómenos incide principalmente en la salud de la población con enfermedades respiratorias e hipotermia y en algunos casos provocan la muerte de niños y ancianos o indigentes.

2.6.3. Índice de vulnerabilidad física por heladas, nevadas y granizadas

Las heladas, nevadas y granizadas ocurren con poca frecuencia en Mexicali, sin embargo, éstas tienden a afectar principalmente a las viviendas precariamente construidas, y aquellas con cubiertas o techos frágiles. Además, las nevadas y granizadas pueden ser antecedentes de inundaciones.

De acuerdo con los materiales constructivos de la vivienda, la metodología Cenapred (2006) considera cinco principales tipos de vivienda (ver tabla 53) las cuales representan niveles distintos de resistencia a las nevadas y granizadas. Por ejemplo, las viviendas con muros y techos de lámina de cartón son más susceptibles a colapsarse por efecto del granizo o la nieve que las viviendas con muros y techos rígidos.

A partir de los datos de la muestra censal 2010 de INEGI se obtuvo que las viviendas del municipio de Mexicali presentan una vulnerabilidad muy baja (IVF=0.04) a nevadas y granizadas, como sucede en la ciudad (IVF=0.03) y el resto del municipio (IVF= 0.06).

Aproximadamente 13% de las viviendas en el municipio presentan vulnerabilidad alta o muy alta a nevadas y granizadas (tipo 3 y 5) mientras que 80% presentan una vulnerabilidad baja o muy baja. Esto significa que si bien, las nevadas y granizadas no son frecuentes en Mexicali, la presencia de un evento de este tipo con cierta intensidad podría afectar a más de una décima parte de las viviendas del municipio, es decir, a una décima parte de las viviendas de la ciudad y más de una quinta parte de las viviendas localizadas en el resto del municipio.

Tabla 53. Grado de vulnerabilidad física a heladas, nevadas y granizadas por tipología de la vivienda.

TIPO	CARACTERÍSTICAS	% DE VIVIENDAS MUNICIPIO	% DE VIVIENDAS CIUDAD	% DE VIVIENDAS RESTO	GRADO DE VF
1	Muros de mampostería con techo rígido. Normalmente cuenta con cimentación, construida con una zapata corrida de concreto o mampostería.	45.0%	55.5%	15.7%	MB
2	Muros de mampostería con techo flexible. Normalmente cuenta con cimentación, construida con una zapata corrida de concreto o mampostería.	35.3%	31.3%	46.5%	B
3	Muros de adobe con techo rígido. Su cimentación, cuando existe, es de mampostería.	0.1%	0.1%	0%	A
4	Muros de adobe con techo flexible. Su cimentación, cuando existe, es de mampostería.	6.3%	3.6%	13.9%	M
5	Muros de materiales débiles con techo flexible. Generalmente no cuenta con cimentación.	13.2%	9.4%	23.9%	MA

Fuente: Elaboración propia

2.6.4. Percepción de las heladas, nevadas y granizadas como peligro

Acerca de la percepción del riesgo, un porcentaje bajo de los habitantes urbanos identificaron como amenazas del lugar donde habitan, a las granizadas y nevadas a diferencia de los habitantes del valle y San Felipe quienes, sobre todo, identificaron la presencia de heladas. De los habitantes urbanos sólo 11% identificó el peligro por granizo y 30% el peligro por helada¹. Mientras que en el valle y San Felipe, 60% identificaron las heladas y 24% las granizadas como peligros que existen en su localidad (ver tabla 54).

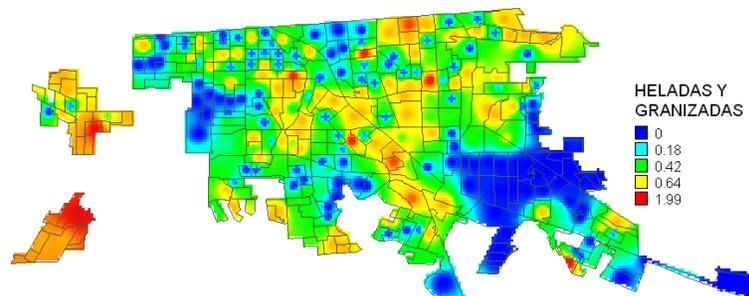
Tabla 54. Percepción de las granizadas, nevadas y heladas.

Peligro identificado	Ciudad		Valle y San Felipe	
	No	Si	No	Si
Granizada	89%	11%	76%	24%
Helada o Nevada	70%	30%	40%	60%

Fuente: Elaboración propia.

Esta percepción se muestra espacialmente diferenciada, con un mayor porcentaje de los habitantes que identifican el problema en las colonias periféricas del oeste de la ciudad, y en algunas colonias al centro de la mancha urbana. En cambio un menor porcentaje de la percepción del peligro se encuentra en la zona sureste (ver figura 54).

Figura 54. Concentración de la percepción de heladas y granizadas como peligros en la ciudad.

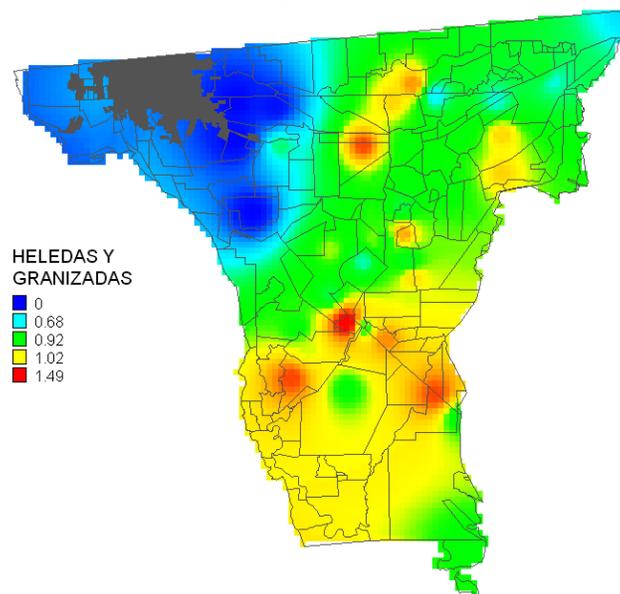


Fuente: Elaboración propia.

Por su parte, en el valle de Mexicali la identificación de las heladas y granizadas como peligros del lugar se presenta principalmente en la zona sur; mientras en las proximidades con la ciudad y en el puerto de San Felipe se presenta un nivel de percepción muy bajo de estos peligros.

¹ A pesar de que heladas y nevadas son una misma variable para Cenapred (2006a), los encuestados refirieron la ocurrencia de heladas y negaron la presencia de nevadas.

Figura 55. Concentración de la percepción de heladas y granizadas como peligros en el valle.



Fuente: Elaboración propia.

2.6.5. Índice de riesgo físico por nevadas, heladas y granizadas

El cálculo del Índice de Riesgo Físico (IRF) por nevadas, heladas y granizadas a partir de la metodología Cenapred (2006a) y con base en los datos de la muestra censal 2010 de INEGI dio como resultado, para el municipio, un nivel muy bajo de riesgo (IRF=0.03). Éste se comporta de manera similar para la ciudad (IRF=0.03) y para el resto del municipio (IRF=0.05).

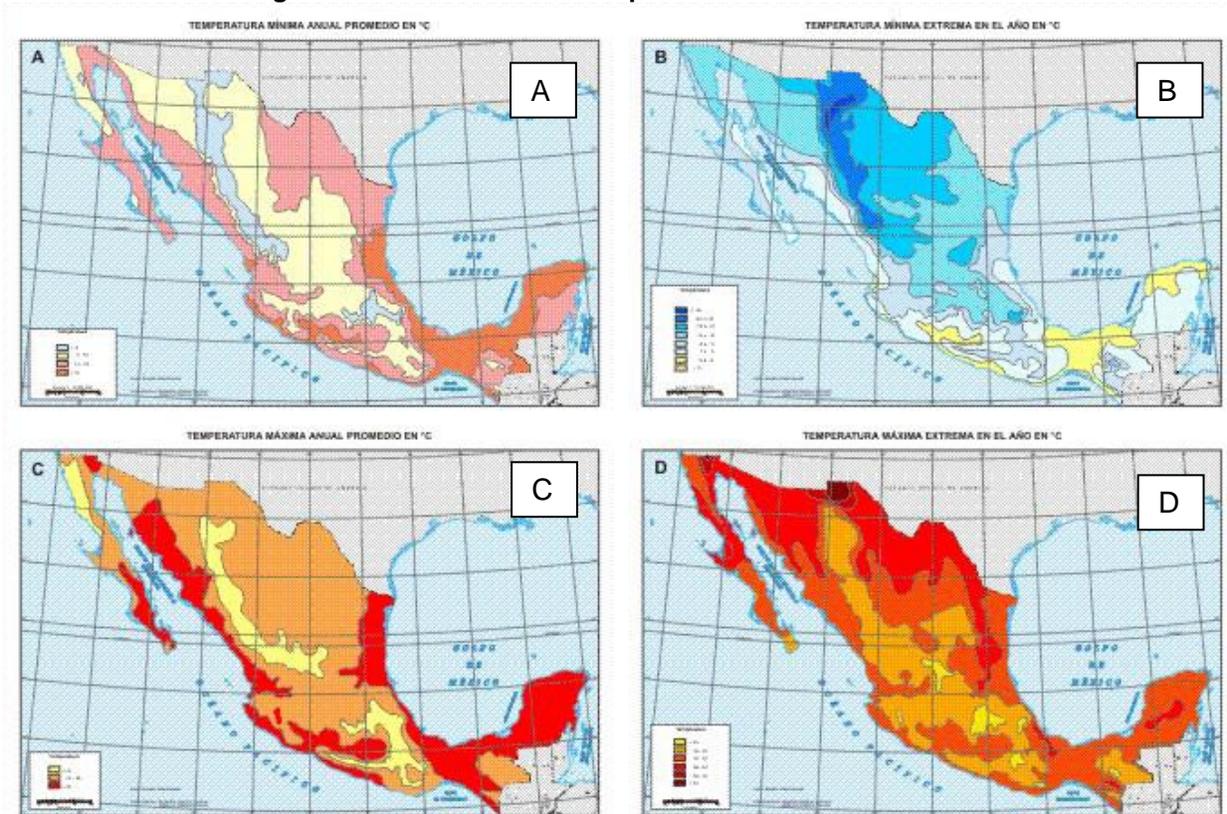
El IRF por AGEB es homogéneo en todas las localidades urbanas del municipio en el rango considerado muy bajo que comprende valores de 0 a 0.20. Esto es porque si bien ciertas viviendas resulten frágiles el nivel de peligro es muy bajo.

2.7. Temperaturas Extremas (calor y frío extremo)

Las temperaturas extremas que se presentan en un lugar son consecuencias de sistemas atmosféricos atípicos que se asientan en una región y pueden dar lugar en el invierno a ondas de frío, y en el verano a ondas de calor. Generalmente las temperaturas que se presentan son de una magnitud de dos a tres desviaciones estándar, respecto a los valores normales, tanto de temperaturas mínimas, como de temperaturas máximas. Estos valores térmicos tienen una profunda influencia en la salud de los habitantes, sobre todo en los niños y ancianos, más aún si los períodos en los que se presentan son prolongados.

A nivel nacional, las mayores temperaturas se registran, por lo general, en abril en el centro del país, en el sur de la altiplanicie mexicana, en mayo en la parte sur del trópico y en junio al norte del trópico (Maderrey-Rascon, 2001). En la figura 56 se muestran las temperaturas mínimas y máximas anuales promedio, y también las temperaturas extremas para el país; en cuanto a los valores extremos (mapas B y D) se observa que los valores más bajos se presentan en los estados de Chihuahua y Durango, y los valores más altos en la parte norte y noroeste de la República Mexicana.

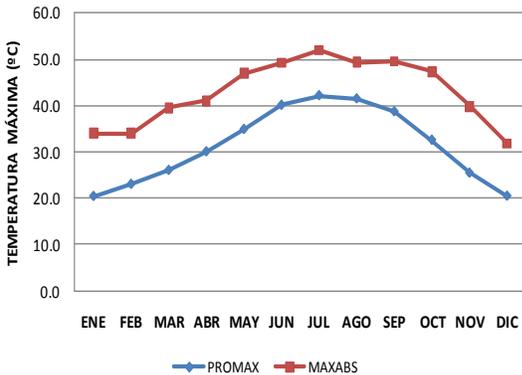
Figura 56. Distribución de temperaturas extremas anuales.



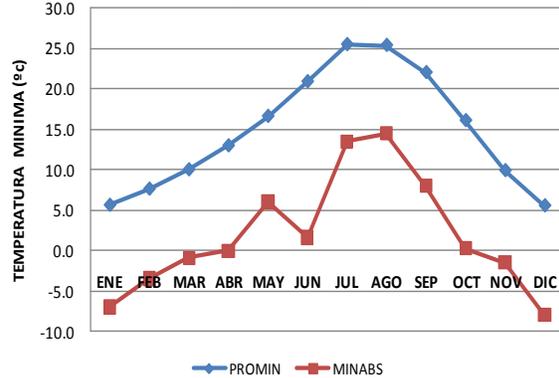
Tomado de: IG-UNAM (2007)

En cuanto al comportamiento de las temperaturas extremas en el municipio de Mexicali se presentan grandes contrastes térmicos, tanto diarios, como estacionales, lo cual puede observarse en las gráficas 4 a 9. La regularidad de las estaciones del verano (con temperaturas muy altas) e invierno (con temperaturas muy bajas), se ve interrumpida por el ascenso térmico del invierno a la primavera, y el continuo descenso térmico del verano al otoño. De manera particular las gráficas 4 y 5 representan las condiciones térmicas para la ciudad de Mexicali, las gráficas 6 y 7 para el valle de Mexicali, y las gráficas 8 y 9 corresponden a la zona costera del municipio, representado por San Felipe. En ellas se observa que tanto en la ciudad como en el valle de Mexicali, para el verano, se tienen temperaturas máximas promedio alrededor de los 40°C, y que las temperaturas máximas absolutas han rebasado los 50°C (ver gráfica 4). En el caso de las temperaturas mínimas, los promedios invernales están alrededor de los 5°C, y las mínimas absolutas (ver gráfica 5), presentan valores muy bajos durante el otoño, invierno y principios de la primavera; el valor más bajo registrado en el período de 1948 a 2009 ha sido de -8°C, ocurrido en diciembre de 1963. Para el área costera del Golfo de California las temperaturas máximas promedio durante el verano son ligeramente inferiores a los 40°C, aunque las máximas absolutas, como puede verse en la gráfica 8, han alcanzado los 50°C en varios meses. Las temperaturas mínimas promedio son menos rigurosas que en la ciudad de Mexicali y su valle, sin embargo pueden alcanzar, e incluso ser aún más bajas que 0°C (ver gráfica 9).

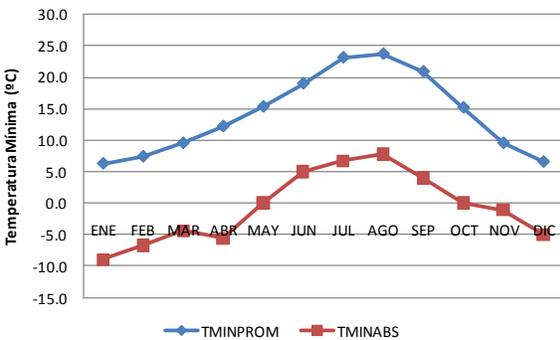
Gráfica 4. temperaturas máximas en Mexicali (1948-2009)



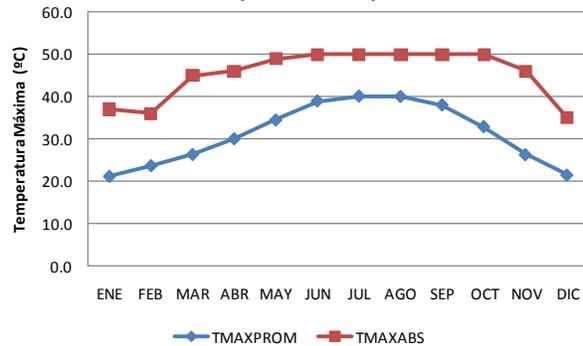
Gráfica 5. Temperaturas mínimas en Mexicali (1948-2009)



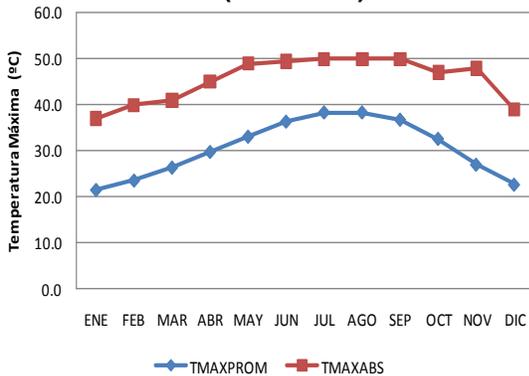
Gráfica 6. Temperaturas máximas en Bataquez (1948-2003)



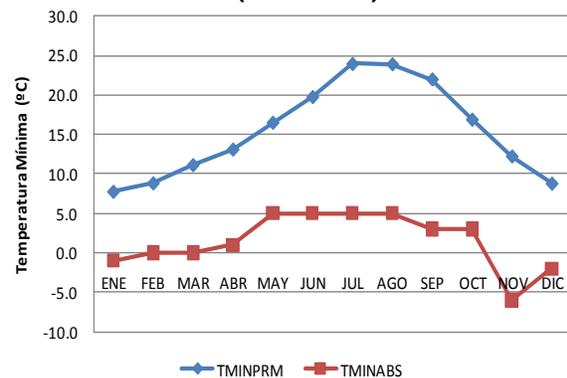
Gráfica 7. Temperaturas mínimas Bataquez (1948-2003)



Gráfica 8. Temperatura máxima en San Felipe (1948-2008)



Gráfica 9. Temperatura mínima en San Felipe (1948-2008)



Tanto la ciudad de Mexicali, como el valle y las áreas costeras del Golfo de California pueden ser clasificadas con un nivel de peligro muy alto por calor extremo, tomando en cuenta las temperaturas máximas promedio del mes de julio que se muestran en las gráficas 10, 11 y 12, mes en que se presentan las más altas temperaturas en el municipio.

Una evaluación y comparación bioclimática realizada para varias ciudades del país, que tienen clima cálido indica que la gente residente de Mexicali tiene que hacer un mayor esfuerzo para hacerle frente al calor que, por ejemplo, Culiacán y Mérida en los meses de verano (Tejeda y García, 2002); si se tomara en cuenta únicamente la temperatura se podría ver que la población tiene que soportar cargas térmicas superiores a los 40°C, lo cual es un enorme

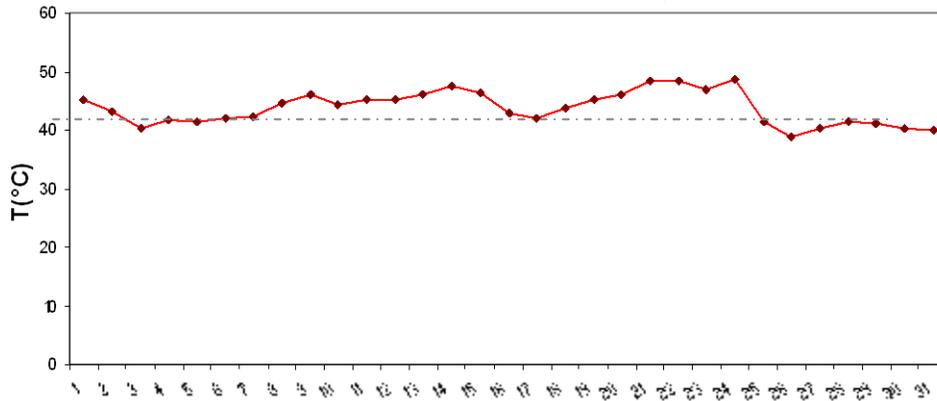
peligro para la población que realiza actividades en exteriores, ya que el organismo puede insolarse y agotarse si se tiene exposición al sol y a la actividad física. Una onda de calor o de frío puede provocar silenciosa e invisiblemente un número de muertes considerables. Efectos en la salud humana por efecto del calor extremo, se manifiestan desde erupciones cutáneas, deshidratación, insolación, hasta el golpe de calor que puede terminar en muertes fatales. Es claro también que las ondas cálidas y frías que se presentan de manera regular en la región tienen un mayor impacto en la población con ingresos bajos que habita en viviendas precarias carentes de sistemas climatizadores.

En la ciudad de Mexicali, las altas temperaturas que se presentan principalmente en los meses de julio y agosto en prácticamente cualquier verano del que se tenga registro, han ocasionado graves estragos a la población; si a esto le agregamos los cambios naturales como el aparente aumento en el contenido de vapor de agua atmosférico que se está presentando a nivel regional, o los cambios urbanos como el aumento de zonas asfaltadas, la inmigración de personas que provienen de otros estados con climas menos extremos, el aumento de población que habita en asentamientos irregulares sin servicios de electricidad y agua, etc., hace que la situación se torne aún más crítica.

Un caso extremo de la presencia de una onda cálida en el mes de julio de 2006 ha dejado constancia de su peligrosidad en la ciudad de Mexicali debido a que se reportaron 24 muertos por esta causa. Las altas temperaturas, aunadas a una alta humedad ambiental, en un período que se prolongó por más de 20 días tuvo consecuencias funestas, no solamente en esta ciudad, ya que reportes de la NOAA (Administración Nacional de la Atmósfera y del Océano de Estados Unidos) indican que en algunas ciudades de California ocurrieron también varios decesos, y no solamente en ese país, sino también en varias ciudades de Europa existe un reporte similar. Todas estas contingencias atmosféricas parecen estar enlazadas al cambio climático global por lo que es necesario que en el municipio de Mexicali se cuente con un sistema de prevención y aviso oportuno y eficiente para hacerle frente a estos peligrosos eventos atmosféricos.

En la gráfica 72 se presenta el comportamiento de la temperatura máxima del aire para el mes de julio de 2006 en la ciudad de Mexicali; a excepción del día 26, que registró un valor de 38.7°C (101.7°F), todos los demás días tuvieron valores superiores a los 40°C (104.0°F). El valor máximo registrado fue el día 24 con 48.8°C (119.8°F). Estos valores, aunque son muy altos, no distan de ser diferentes a los ocurridos en años anteriores, por ejemplo para el año 2005 en el mes de julio se registró una temperatura máxima de 50.0°C (122.0°F), y en el año 2004 para ese mismo mes se alcanzó una temperatura de 47.1°C (116.8°F). Lo que parece haber sido causa de las defunciones por el “golpe de calor” fue la combinación de alta temperatura-alta humedad ambiental, lo que está muy estrechamente relacionado con el enorme esfuerzo que el cuerpo humano le debe hacer al calor para estar en el rango de condiciones de habitabilidad. Otras gráficas, como la 11 (para Bataquez en el año de 2003) y 12 (para San Felipe en el año 2006), corroboran que, en general en todo el municipio de Mexicali, para el mes de julio se presentan temperaturas extremas muy peligrosas para la salud, lo cual hace urgente contar con un sistema de alerta preventivo para hacerle frente a esos episodios calurosos.

Gráfica 10. Comportamiento de Temperaturas Máximas en Mexicali durante julio del 2006.



Fuente: Instituto de Ingeniería, UABC (2006).

Gráfica 11. Comportamiento de Temperaturas Máximas en Bataquez durante julio del 2006.



Fuente: Instituto de Ingeniería, UABC (2006).

Gráfica 12. Comportamiento de temperaturas máximas en San Felipe en el 2006.



Fuente: Instituto de Ingeniería, UABC (2006).

En la revisión del impacto que las temperaturas máximas han tenido en el municipio a través del tiempo se encontraron los datos que se muestran en la tabla 55.

Tabla 55. Registro histórico de temperaturas máximas en Mexicali.

FECHA	DAÑOS
30/07/1971	26 muertos por insolación y deshidratación en Mexicali. En 1971 para estas fechas se habían registrado 14 muertos por las mismas causas
17/07/1974	905 personas atendidas por deshidratación principalmente niños
09/07/1976	685 deshidratados en la Cruz Roja de Mexicali por la onda cálida. De 30 a 35 personas diarias deshidratadas. Temperatura de 120° F
27/06/1990	Temperatura extrema en Mexicali Baja California de 49°C (120.2 ° F)
18/07/1992	Sube la temperatura en Mexicali Baja California a 49°C (120.2 F)
17/08/1992	Sube la temperatura en Mexicali Baja California a 49°C (120.2 F)
17/06/1993	Temperatura de Mexicali Baja California de 50.0°C (122° F)
02/07/1995	Onda de calor en Mexicali Baja California temperaturas de 38°C (100°F)
28/07/1995	Temperatura record de 52°C (125.6°F) en Mexicali Baja California
02/09/1995	Humedad y fuerte temperatura en Mexicali Baja California
31/07/1996	Temperatura en Mexicali Baja California de 50°C (122° F), murió un hombre de 75 años de edad víctima del calor de Mexicali, fuertes temperaturas.
08/1996 y 04/08/1998	Fuerte onda cálida alcanza los 49.5°C (121.1° F)
27/07/1998 19/07/2000	Temperatura de Mexicali 49.0°C (120.2°F)
02/08/2001	Temperatura de Mexicali 48.2°C (118.8°F)
10/08/2002	Temperatura de Mexicali 48.0°C (118.4°F)
13/07/2003	Temperatura de Mexicali 49.0°C (120.2°F)
08/08/2004	Temperatura de Mexicali 46.9°C (116.4°F)
17/07/2005	52 casos de deshidratación, golpe de calor y quemaduras solares. Temperatura de Mexicali 50.0°C (122.0°F)
24/07/2006	24 muertos por golpe de calor en Mexicali Temperatura de Mexicali 48.8°C (119.8°F)
10/07/2011	Aproximadamente van 5 fallecidos por golpe de calor

Fuente: Elaboración propia.

Existen algunos elementos que resaltan en las condiciones de las personas que mueren de golpe de calor o insolación por las altas temperaturas de la ciudad y que son importantes de anotar, para que de ellos se deriven medidas de prevención o mitigación apropiadas. Un número importante de estos decesos están relacionados con la realización de actividades al aire libre en donde las personas se encuentran directamente expuestas al sol por varias horas provocando graves consecuencias en su salud, un caso ejemplar es la albañilería. Otras personas también se exponen directamente a las altas temperaturas pero no por la realización de actividades productivas, es el caso de los vagabundos y migrantes, donde también se han presentado muertes. Otro elemento es la falta de servicios públicos como la electricidad, en algunos asentamientos humanos irregulares que han venido proliferando en la ciudad, limitando el uso de aparatos climatizadores en tales viviendas². Las características de la

² Tan sólo en julio de 2006 se tenía un reporte de 40 asentamientos suburbanos y rurales sin electrificación en Mexicali. Sin embargo, a partir de las muertes ocasionadas por el calor, el gobierno

vivienda, materiales, la falta de ventanas o ventilación aunado a la falta de aire acondicionado, son elementos que también pueden influir en aumentar los efectos del calor extremo en las personas principalmente de bajos ingresos.

En relación al frío extremo en la ciudad, éste representa también un nivel de peligro alto a nivel nacional, solamente superado por regiones del estado de Chihuahua (ver figura 63)

Los efectos peligrosos del frío extremo en la salud de la población pueden incluir deshidratación, entumecimiento, escalofríos y, en casos extremos, congelación e hipotermia. Los efectos asociados al estrés debido al frío se dividen en efectos sistémicos y localizados, según se vea afectado todo el organismo o sólo determinadas áreas del mismo.

El entumecimiento y la congelación se consideran efectos localizados mientras que la hipotermia es el efecto sistémico más grave del estrés debido al frío. Una vez que el organismo pierde su capacidad de mantener su temperatura normal, desciende la temperatura corporal, presentándose otros síntomas, tales como escalofríos violentos, arrastre de palabras al hablar, confusión, alucinaciones, debilitación e irregularidad del pulso, pudiendo llegar a provocar la pérdida de conocimiento.

Las respuestas subjetivas de los trabajadores son indicadores válidos para reconocer el estrés debido al frío en el lugar de trabajo, debiendo prestar especial atención a la presencia de entumecimiento y escalofríos, que constituyen la respuesta del organismo a este tipo de estrés y sirven de mecanismo de protección al aumentar la actividad metabólica.

Si se produce un descenso notable en la destreza general y en la habilidad manual de los trabajadores, con disminución de la fuerza muscular y descenso de la agudeza visual y auditiva, es posible que se deba al estrés debido al frío, pudiendo generar riesgos adicionales para la seguridad del afectado y la de sus compañeros, derivados de la lentitud de reacción y la torpeza de movimientos.

En Mexicali, el registro histórico de eventos por temperaturas bajas muestra que las principales consecuencias de este fenómeno en la población están relacionadas con la presencia de casos de hipotermia, enfermedades respiratorias en niños y ancianos, intoxicaciones por bióxido de carbono por el uso inadecuado aparatos de calefacción caseros en espacios reducidos o sin ventilación, esto asociado con la falta de servicio de energía eléctrica en algunos asentamientos humanos irregulares ubicados principalmente en las periferias.

2.7.1. Índice de vulnerabilidad física por temperaturas extremas

A partir de los datos de la muestra censal 2010 de INEGI se obtuvo que las viviendas del municipio de Mexicali presentan una vulnerabilidad media (IVF=0.51) a las temperaturas extremas, y se observó que la ciudad presentó un índice mayor (IVF=0.53) que el valle de Mexicali y San Felipe (IVF= 0.44).

Por el material con que fueron construidas, aproximadamente 6% de las viviendas del municipio de Mexicali presentan una vulnerabilidad física alta o muy alta (tipo 2a, 5a y 5c) a

municipal en conjunto con la Comisión Federal de Electricidad comenzaron a introducir el servicio en algunas colonia (*“Construcción social de la idea del riesgo: accidentes ocurridos en Mexicali”*, UABC, 2005 y *“Construcción espacial y visibilidad social de los riesgos urbanos en Mexicali”*, UABC, 2006)

temperaturas extremas, 46.5% una vulnerabilidad media (tipo1, 4a, 5b, 5d) y casi 48% de las viviendas presentan una vulnerabilidad baja o muy baja (tipo 2b, 3, 4b y 5e) (ver tabla 56).

Si bien la ciudad y el resto del municipio coinciden en el porcentaje de viviendas poco resistentes a temperaturas extremas, en el valle y San Felipe casi una tercera parte de las viviendas son altamente resistentes a las temperaturas mientras que en la ciudad poco más de una tercera parte presentan esta característica.

Tabla 56. Grado de vulnerabilidad a temperaturas extremas por tipología de vivienda

TIPO	CARACTERÍSTICAS	% DE VIVIENDAS MUNICIPIO	% DE VIVIENDAS CIUDAD	% DE VIVIENDAS RESTO	GRADO DE VF
1	Muros de mampostería con techo rígido	45.0%	55.5%	15.7%	M
2a	Muros de mampostería con techo flexible tipo A	3.0%	2.2%	5.3%	A
2b	Muros rígidos con techos flexibles tipo B	32.3%	29.2%	41.2%	B
3	Muros de adobe con techo rígido	0.1%	0.1%	0.0%	B
4a	Muros de adobe con techo flexible tipo A	0.6%	0.0%	2.0%	M
4b	Muros de adobe con techo flexible tipo B	5.8%	3.6%	11.9%	MB
5a	Muros flexibles tipo A con techos flexibles tipo A	2.6%	3.1%	1.1%	MA
5b	Muros flexibles tipo A con techos flexibles tipo B	0.4%	0.4%	0.5%	M
5c	Muros flexibles tipo A con techos rígidos	0.3%	0.4%	0.0%	A
5d	Muros flexibles tipo B con techos flexibles tipo A	0.5%	0.3%	1.1%	M
5e	Muros flexibles tipo B con techos flexibles tipo B	9.4%	5.2%	21.2%	MB
5f	Muros flexibles tipo B con techos rígidos	0.1%	0.1%	0.0%	B

Fuente: Elaboración propia.

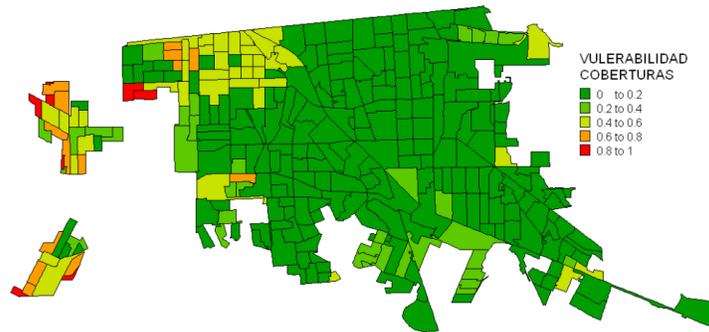
2.7.2. Vulnerabilidad física por cobertura de servicios de agua y electricidad

Un elemento importante en el análisis de la vulnerabilidad se asocia también a la disponibilidad de energía eléctrica en la vivienda que permita la utilización de aparatos de refrigeración, ventilación o calefacción para hacer de la vivienda un espacio confortable. Para el calor intenso, otros elementos importantes, son la disponibilidad de agua en la vivienda, el nivel de hacinamiento y el acceso a servicios de salud.

En el municipio el promedio de ocupantes por vivienda es de 3.5, este valor se incrementa en la ciudad presentándose mayores niveles de hacinamiento y disminuye en el valle y San Felipe. La falta de cobertura de servicios de agua y energía es muy baja con 5.4% y 3.7% de déficit, respectivamente, ambos se manifiestan generalmente en las zonas periféricas de la ciudad; Mientras que el déficit de cobertura de salud abarca 25.9% de la población municipal y se distribuye en la zona poniente de la ciudad y en las localidades del valle.

En este sentido, los niveles más altos de vulnerabilidad por falta de cobertura de servicios y por hacinamiento se concentran en la ciudad, particularmente en la zona poniente (ver figura 57) como también en algunas de las localidades urbanas del municipio (Algodones, Guadalupe Victoria, Ciudad Morelos, Benito Juárez y Ciudad Coahuila).

Figura 57. Índice de vulnerabilidad física por servicios y hacinamiento.



Fuente: Elaboración propia.

2.7.3. Percepción de las temperaturas extremas como peligro

En el caso contrario al resto de los peligros hidrometeorológicos, las temperaturas extremas son identificadas por un porcentaje alto y muy alto de habitantes urbanos, de los cuales 68% identifica el frío intenso y 90% el calor intenso en la zona donde habita (ver tabla 57). Este resultado es evidente, porque a diferencia de los otros peligros, las temperaturas extremas impactan cotidianamente la vida de los habitantes.

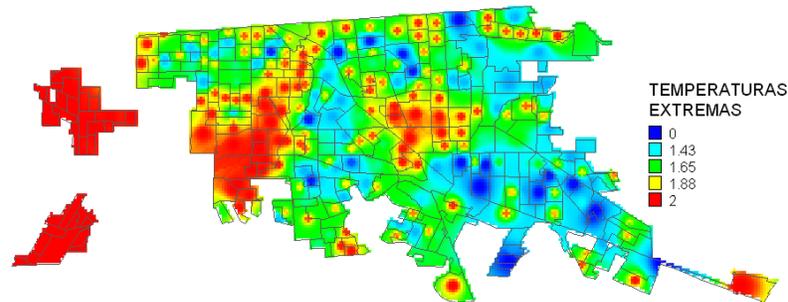
Tabla 57. Percepción de las temperaturas extremas.

Peligro identificado	Ciudad		Valle y San Felipe	
	No	Si	No	Si
Calor intenso	10%	90%	5%	95%
Frío intenso	32%	68%	22%	78%

Fuente: Elaboración propia.

La percepción social se muestra espacialmente diferenciada, con un mayor porcentaje de los habitantes que identifican el problema en las colonias periféricas al oeste de la ciudad y al centro de la mancha urbana. En cambio un menor porcentaje de la percepción del peligro se encuentra en la zona sureste (ver figura 58).

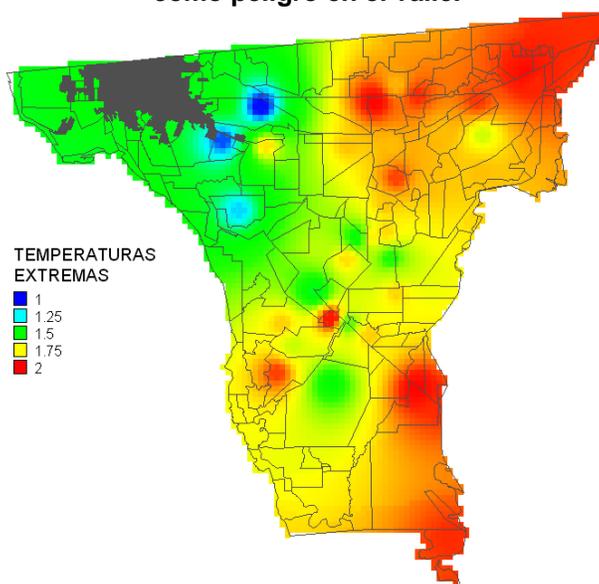
Figura 58. Concentración de la percepción de las temperaturas extremas como peligro en la ciudad.



Fuente: Elaboración propia.

Con respecto al valle de Mexicali y el puerto de San Felipe la identificación del peligro por temperaturas extremas es mayor en la zona noreste y sur del valle, así como en San Felipe. En cambio, la zona noroeste del valle tiene un menor porcentaje de personas que perciben estos peligros (ver figura 59).

Figura 59. Concentración de las temperaturas extremas como peligro en el valle.



Fuente: Elaboración propia.

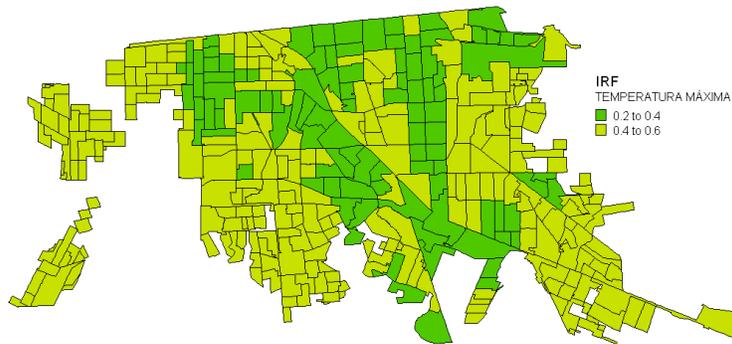
2.7.4. Índice de Riesgo Físico por temperaturas extremas

El cálculo del Índice de Riesgo Físico (IRF) por temperaturas extremas a partir de la metodología Cenapred (2006a) y con base en los datos de la muestra censal 2010 de INEGI dio como resultado, para las temperaturas mínimas, un nivel de riesgo municipal muy bajo (IRF=0.06) el cual se presenta de manera uniforme tanto en la ciudad (IRF=0.07) como en el resto del municipio (IRF=0.06). En cambio, para las temperaturas máximas, el municipio presenta un nivel medio de riesgo (IRF=0.45). Éste se comporta de manera diferenciada para

la ciudad con un nivel medio (IRF=0.47) y para el valle y San Felipe con un nivel de riesgo bajo (IRF=0.39).

El IRF por temperaturas máximas calculado por AGEB se manifiesta en dos rangos (bajo y medio) que abarcan el total de las localidades urbanas del municipio. En la ciudad, el nivel de riesgo bajo se presenta en las zonas centrales mientras que el nivel de riesgo medio se encuentra en la periferia y en las zonas de reciente expansión. Al igual que sucede con las localidades Benito Juárez, Hermosillo, Delta, Guadalupe Victoria, Alberto Oviedo Mota, Ciudad Coahuila y San Felipe.

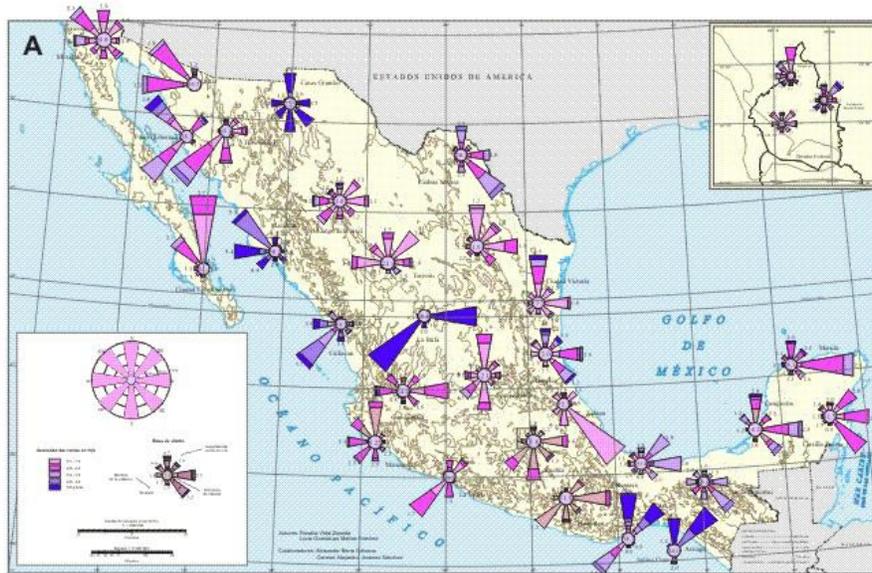
Figura 60. IRF por temperaturas máximas.



Fuente: Elaboración propia.

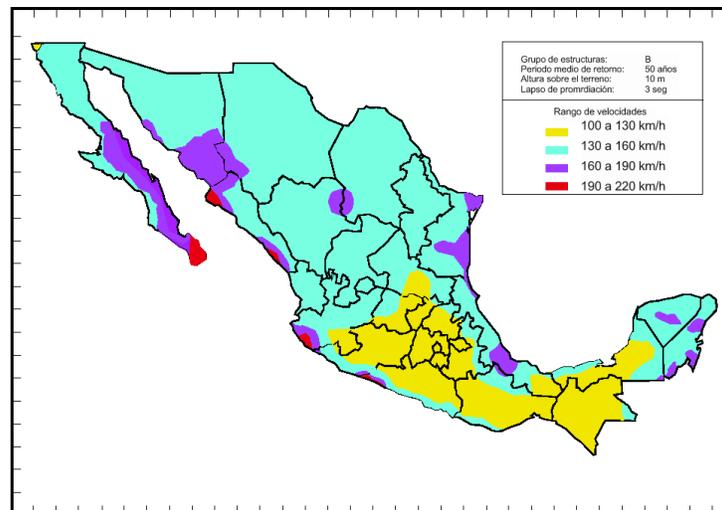
2.8. Peligro por vientos

El viento es el aire en movimiento horizontal, originado por el desigual calentamiento de las masas de aire en las diversas regiones de la atmósfera. Los vientos de mayor intensidad en México son los que se producen durante los huracanes; de hecho, la velocidad de viento es precisamente el parámetro con lo que se miden estos fenómenos. Por tanto, las zonas costeras, y en particular las que tienen más frecuente incidencia de huracanes, son las que están expuestas a un mayor peligro por efecto del viento. Sin embargo, otros fenómenos atmosféricos son capaces de producir fuertes vientos, por lo que aún en el interior del territorio existen zonas con peligro de vientos intensos (Cenapred, 2001a). En la figura 61 se muestra un mapa de rosas de los vientos de la República Mexicana. Se observa una distribución heterogénea, tanto de velocidad, como de dirección, dependiendo de la latitud, continentalidad y orientación en donde se encuentre el lugar de medición. En particular para el noroeste del país se observa una componente del viento que regularmente es del cuadrante norte-oeste, o del cuadrante sur, lo que indica un régimen monzónico.

Figura 61. Distribución anual de los vientos en la República Mexicana.

Tomado de: IG-UNAM (2007)

En la figura 62 se muestra el mapa de peligro por viento elaborado por Cenapred (2001a) con base en datos de la Comisión Federal de Electricidad. De acuerdo con esta zonificación la República Mexicana está dividida en cuatro zonas de peligro por viento: muy alto (intervalos de 190 a 220 km/hr), alto peligro (intervalos de 160 a 190 km/hr), moderado, (intervalos de 130 a 160 km/hr), bajo (intervalos de 100 a 130 km/hr). De este modo, se observa que el estado de Baja California se ubica en una zona de peligro moderado por vientos al igual que el municipio de Mexicali.

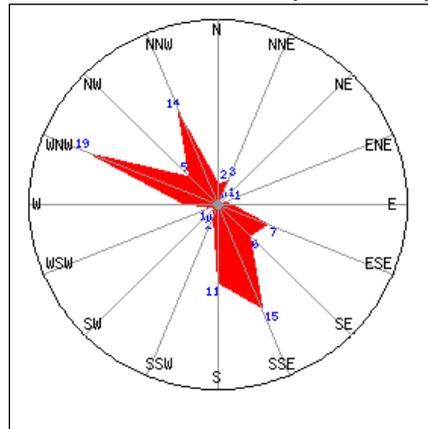
Figura 62. Zonificación de velocidades máximas de viento en la República Mexicana.

El régimen de vientos que afecta al municipio de Mexicali, producto de los sistemas sinópticos que dominan a la región, tiene el siguiente comportamiento: desde principios de otoño y hasta mediados de primavera prevalece un flujo de aire marítimo modificado del noroeste. Este flujo está asociado con el sistema de alta presión del Pacífico noroeste, que en esta temporada tiene

su máximo desplazamiento latitudinal hacia el sur. Este flujo del noroeste se ve reforzado cuando un sistema frontal atraviesa la región, ya que se intensifica el gradiente de presión que acompaña a estos sistemas frontales, ocasionando vientos fuertes que pueden llegar a rebasar los 80 km/h (27 de julio de 1989, 10 de mayo de 1990, etcétera) los cuales provocan tolvánicas, caídas o desgajamiento de árboles, desprendimiento de anuncios espectaculares en todo el territorio y desprendimiento de estructuras ligeras principalmente en viviendas precarias representado un riesgo para la población. Durante los meses de junio a agosto, y hasta mediados de septiembre, la ciudad de Mexicali y su valle se encuentra dominado principalmente por una masa de aire muy caliente de tipo continental, relativamente seca, la cual posee una baja presión debido a la intensa radiación solar. Esta masa de aire contrasta notablemente con una masa de aire más fría, húmeda, tipo tropical marítima del Golfo de California, donde predomina un sistema de alta presión. Se establece entonces un gradiente de presión sur-norte, por lo que el flujo de aire es de dirección sur y sureste en esta temporada. Este flujo generalmente húmedo ocasiona incomodidad en el ambiente debido a la combinación alta temperatura-alta humedad (García Cueto, 1988). Los vientos más fuertes se presentan de manera regular en el invierno y durante la primavera, pero incluso en el verano se han llegado a presentar, producto de sistemas tropicales debilitados o de tormentas locales.

En la figura 63 se muestra la rosa de vientos promedio anual en superficie, con información del aeropuerto local de Mexicali de los años 2005 al 2008; se puede decir que el comportamiento exhibido en esta lugar es representativo de las condiciones en la ciudad de Mexicali y su valle. Se observa un patrón de flujo diferenciado básicamente en dos direcciones más frecuentes. Los vientos del cuadrante norte-oeste se presentan con una frecuencia del 45%, siendo las direcciones preferidas oeste-noroeste y norte-noroeste, y ocurren principalmente de octubre a mayo. El patrón de vientos del cuadrante este-sur se presentan con una frecuencia del 39%, y los de mayor ocurrencia son del sur y sur-sureste, presentándose sobre todo en los meses de junio a septiembre.

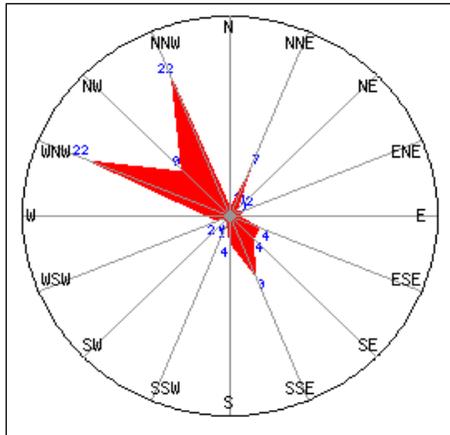
Figura 63. Distribución anual de dirección del viento en Mexicali (2005-2008).



Fuente: Aeropuerto local, Windfinder

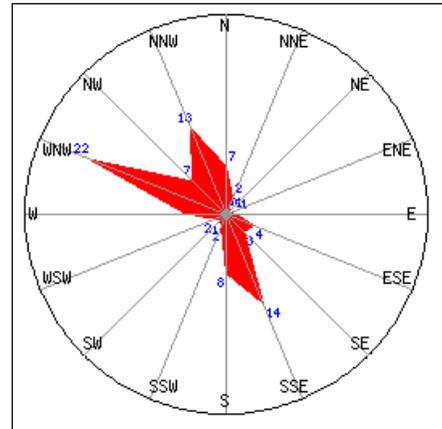
Para meses representativos de las estaciones del año, las figuras 64 a 67 muestran el comportamiento del viento en superficie. El mes de enero es representativo del invierno, abril de la primavera, julio del verano, y octubre del otoño.

Figura 64. Distribución en Enero de dirección del viento en Mexicali (2005-2008).



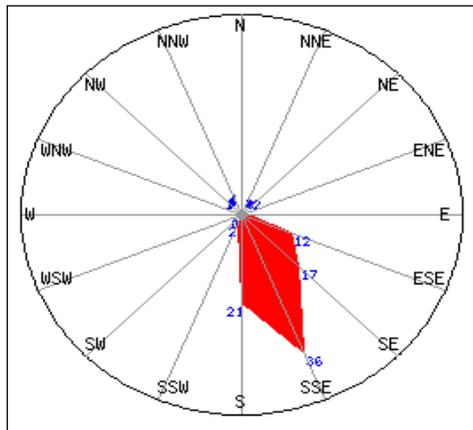
Fuente: Aeropuerto local, Windfinder

Figura 65. Distribución en Abril de dirección del viento en Mexicali (2005-2008).



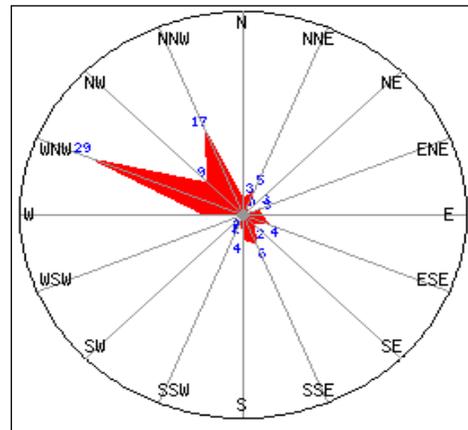
Fuente: Aeropuerto local, Windfinder

Figura 66. Distribución en Julio de dirección del viento en Mexicali (2005-2008).



Fuente: Aeropuerto local, Windfinder

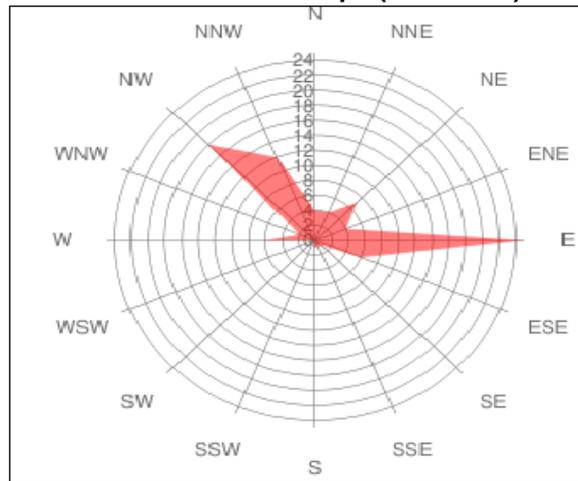
Figura 67. Distribución en Octubre de dirección del viento en Mexicali (2005-2008).



Fuente: Aeropuerto local, Windfinder

Para las condiciones hacia la parte costera del Golfo de California el lugar representativo de las condiciones de viento es San Felipe. En la figura 68 se muestra la rosa de vientos promedio anual en superficie con información de los años 2005 al 2010. Al igual que en Mexicali y su valle se observa un patrón de flujo diferenciado en dos direcciones más frecuentes. Los vientos del cuadrante norte-oeste se presentan con una frecuencia del 37%, siendo las direcciones preferidas noroeste y nor-noroeste, y ocurren principalmente de octubre a febrero. El patrón de vientos del cuadrante este-sureste a noreste se presentan con una frecuencia del 42%, y los de mayor ocurrencia son del este, presentándose sobre todo en los meses de marzo a septiembre.

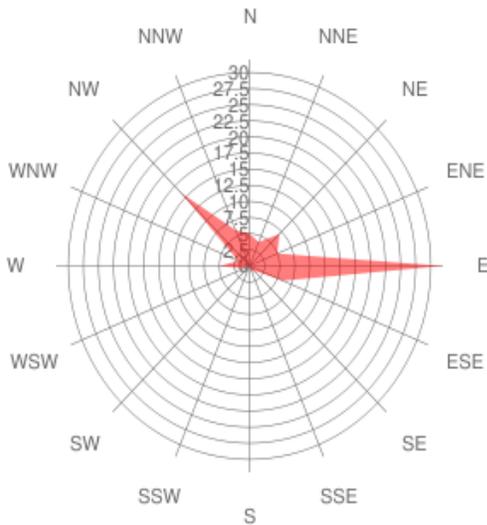
Figura 68. Distribución anual de dirección del viento en San Felipe (2005-2010).



Fuente: Aeropuerto local, Windfinder

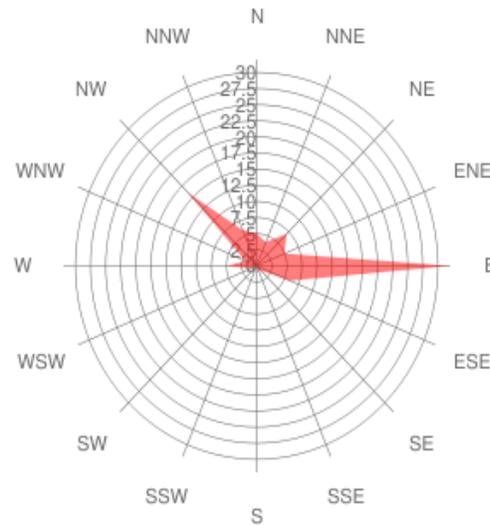
Para meses representativos de las estaciones del año, las figuras 69 a 72 muestran el comportamiento del viento en superficie de San Felipe. El mes de enero es representativo del invierno, abril de la primavera, julio del verano, y octubre del otoño.

Figura 69. Distribución en Enero de dirección del viento en San Felipe (2005-2010).



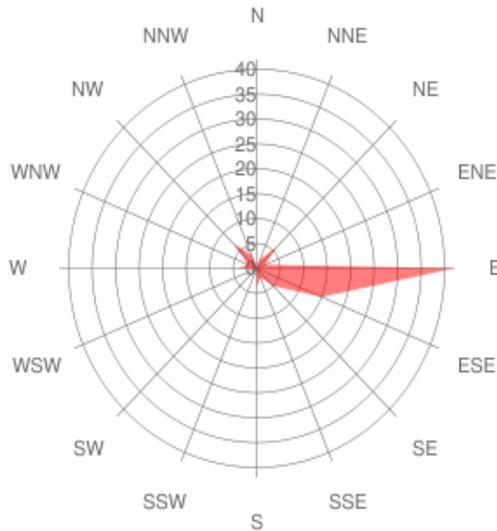
Fuente: Windfinder

Figura 70. Distribución en Abril de dirección del viento en San Felipe (2005-2010).



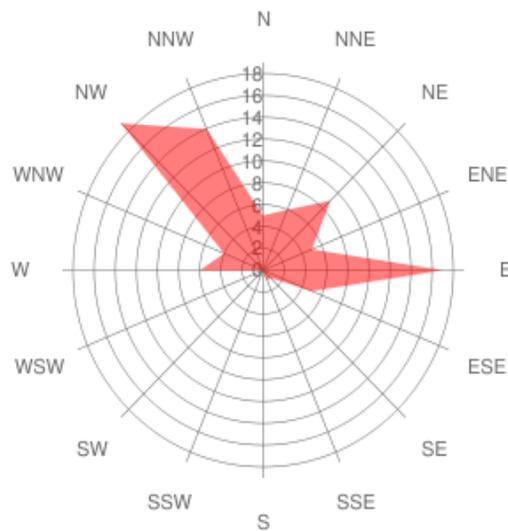
Fuente: Windfinder

Figura 71. Distribución en Julio de dirección del viento en San Felipe (2005-2010).



Fuente: Windfinder

Figura 72. Distribución en Octubre de dirección del viento en San Felipe (2005-2010).



Fuente: Windfinder

Se observa un comportamiento estacional definido; la dirección de mayor frecuencia en la estación de invierno es del noroeste (ver figura 69); en primavera (ver figura 70) y verano (ver figura 71) es del este, lo que parece deberse al fenómeno de la brisa marina. En el otoño (ver figura 72) es del noroeste, siguiéndole la del este, y finalmente la del nor-noroeste, lo que indica una marcada transición en el flujo direccional en superficie de las condiciones cálidas prevalentes del verano a las frías del invierno. En el verano se presenta un cambio direccional, y la dirección prevalente es del sur-sureste.

En la tabla 58 se presenta la velocidad promedio mensual y la dirección dominante para Mexicali y su valle en el período diario de febrero de 2005 a junio de 2011; el mes que promedió mayor velocidad fue el de abril con 18.1 km/h, y el menor fue el de diciembre con 14.0 km/h. La dirección dominante fue la del cuadrante norte-oeste, a excepción de los meses de verano, junio, julio y agosto, que fue del sureste.

Tabla 58. Velocidad promedio mensual (km/h) y dirección del viento en el aeropuerto de Mexicali (febrero de 2005 a junio de 2011).

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
14.5	14.5	17.9	18.1	17.7	16.1	16.4	14.5	14.5	16.1	14.5	14.0
NW	NNW	N	WNW	N/NW	SE	SE	SE	NW/SE	WNW	NW	NNW

Fuente: Windfinder

En la tabla 59 se presenta la velocidad promedio mensual y la dirección dominante para San Felipe en el período diurno de febrero de 2005 a junio de 2011; el mes que promedió mayor velocidad fue el de abril con 16.2 km/h, y los menores fueron los de enero y octubre, con 16.0 km/h. La dirección dominante fue la del cuadrante este, a excepción de los meses de otoño y principios del invierno, noviembre, diciembre y enero, que fue del cuadrante norte-oeste.

Tabla 59. Velocidad promedio mensual (km/h) y dirección del viento en San Felipe de febrero de 2005 a junio de 2011.

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
16.0	14.5	14.5	16.2	16.1	14.5	14.5	16.1	16.1	16.0	14.5	16.1
NW	E	E	E	E	E	E	E	E	NW	NNW	NNW

Fuente: Windfinder

Un análisis comparativo de los vientos entre Mexicali y su valle, y San Felipe, muestra que durante la primavera y parte del verano las mayores velocidades se registran para el norte del municipio. Se observará también que el régimen de brisas prevalece en la zona costera del Golfo de California durante la mayor parte del año; solamente en el otoño y parte del invierno la influencia del sistema de alta presión semipermanente del Pacífico influye en el comportamiento direccional del viento.

2.8.1. Índice de vulnerabilidad física por viento

De acuerdo con los materiales constructivos de la vivienda, la metodología Cenapred (2006) considera cinco principales tipos (ver tabla 60) los cuales representan niveles distintos de resistencia a Los vientos. Por ejemplo, las viviendas con muros y techos de lámina de cartón son más susceptibles a ser dañadas por efecto del viento que las viviendas con muros y techos rígidos.

A partir de los datos de la muestra censal 2010 de INEGI se obtuvo que las viviendas del municipio de Mexicali presentan una vulnerabilidad baja (IVF=0.24) a vientos, como sucede en la ciudad (IVF=0.20) y el resto del municipio (IVF= 0.35). Aproximadamente 20% de las viviendas en el municipio presentan vulnerabilidad alta o muy alta al viento (tipo 4 y 5) mientras que el resto presentan una vulnerabilidad baja o muy baja (tipo 1, 2,3). Esto significa que ante la presencia de vientos fuertes una quinta parte de las viviendas del municipio pueden ser severamente afectadas.

La distribución de las viviendas frágiles es desigual en la ciudad y en el resto del municipio pues si bien en la primera sólo 13% de las viviendas son altamente frágiles, en el valle y San Felipe 38% presentan esta característica. Cabe señalar que el porcentaje de viviendas frágiles en la ciudad disminuyó en casi 9 puntos porcentuales con respecto al año 2000.

Tabla 60. Grado de vulnerabilidad física por tipología de vivienda.

TIPO	CARACTERÍSTICAS	% DE VIVIENDAS MUNICIPIO	% DE VIVIENDAS CIUDAD	% DE VIVIENDAS RESTO	GRADO DE VF
1	Muros de mampostería con techo rígido. Normalmente cuenta con cimentación, construida con una zapata corrida de concreto o mampostería.	45.0%	55.5%	15.7%	MB
2	Muros de mampostería con techo flexible. Normalmente cuenta con cimentación, construida con una zapata corrida de concreto o mampostería.	35.3%	31.3%	46.5%	B
3	Muros de adobe con techo rígido. Su cimentación, cuando existe, es de mampostería.	0.1%	0.1%	0%	B

Tabla 60. (Continuación).

4	Muros de adobe con techo flexible. Su cimentación, cuando existe, es de mampostería.	6.3%	3.6%	13.9%	A
5	Muros de materiales débiles con techo flexible. Generalmente no cuenta con cimentación.	13.2%	9.4%	23.9%	MA

Fuente: Elaboración propia.

Con base en el ajuste metodológico propuesto por Ley y cols., (2007) se realizó el cálculo por Área de Gestión Estadística Básica (AGEB) del INEGI³ de las localidades urbanas del municipio y se obtuvo que, de la superficie que abarcan las AGEB del municipio, 4% contiene viviendas con vulnerabilidad alta o muy alta, mientras que 19.9% presentan vulnerabilidad media y 76.2% baja o muy baja (ver tabla 60).

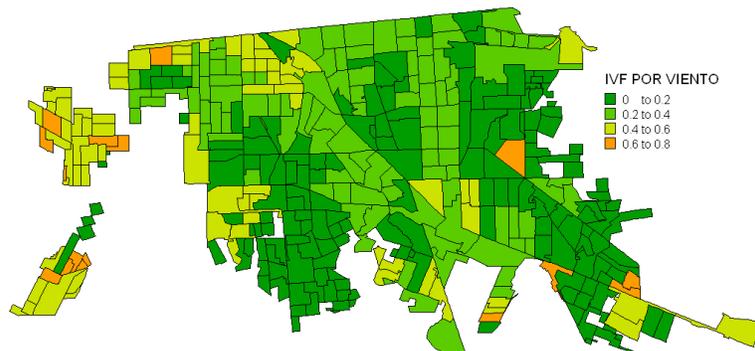
Tabla 61. Grado de vulnerabilidad física por tipología de vivienda por AGEB.

LUGAR	MB	B	M	A	MA	TOTAL
Ciudad	43.2%	35.2%	18.4%	3.2%	0.0%	100%
San Felipe	25.9%	64.8%	8.9%	0.4%	0.0%	100%
Valle	0.0%	59.2%	31.5%	9.3%	0.0%	100%
Municipio	35.9%	40.3%	19.9%	4.0%	0.0%	100%

Fuente: Elaboración propia.

Para el análisis de la ciudad de Mexicali se integraron las localidades de Mexicali, Santa Isabel, Progreso y Puebla las cuales se encuentran conurbadas o han sido absorbidas por el crecimiento de la ciudad. El cálculo por AGEB permitió identificar la fragilidad de las viviendas de las zonas periféricas de la ciudad y de Guadalupe Victoria en el valle (ver figura 73).

Figura 73. IVF por vientos.



Fuente: Elaboración propia.

2.8.2. Percepción del viento como peligro local

La identificación del peligro por viento por parte de los habitantes del municipio asume un rango que va de media a alta y se presenta de manera diferenciada en la ciudad y el resto del

³ Se utilizaron las AGEB generadas por INEGI para el levantamiento del Censo 2010, como éstos no disponen de información específica sobre materiales constructivos de la vivienda, fue necesario tomar en cuenta los datos del censo 2000 y conteo 2005, así como, hacer visitas de campo para establecer la tipología constructiva.

municipio. En la ciudad, 69% de los encuestados identificaron el viento como amenaza del lugar, mientras que en el valle y San Felipe 82% de los encuestados identificaron este peligro (ver tabla 62).

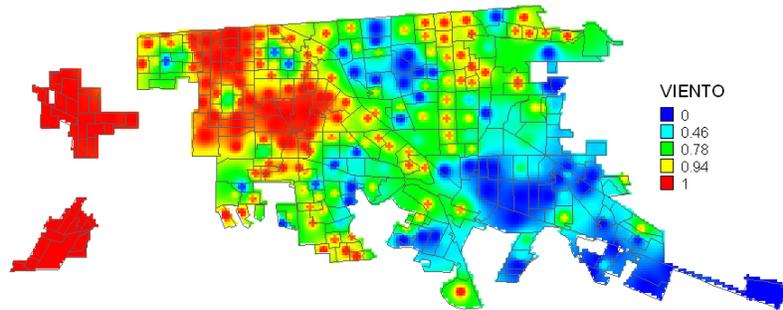
Tabla 62. Percepción del viento como peligro.

Peligro identificado	Ciudad		Valle y San Felipe	
	No	Si	No	Si
Vientos	31%	69%	18%	82%

Fuente: Elaboración propia.

En el análisis por AGEB se encontró que, en la ciudad, la percepción se muestra espacialmente diferenciada, con un mayor porcentaje de los habitantes que identifican el problema al poniente, donde se encuentran las colonias sin pavimentación (ver figura 74). Esto muestra cierta relación entre los peligros viento y polvo.

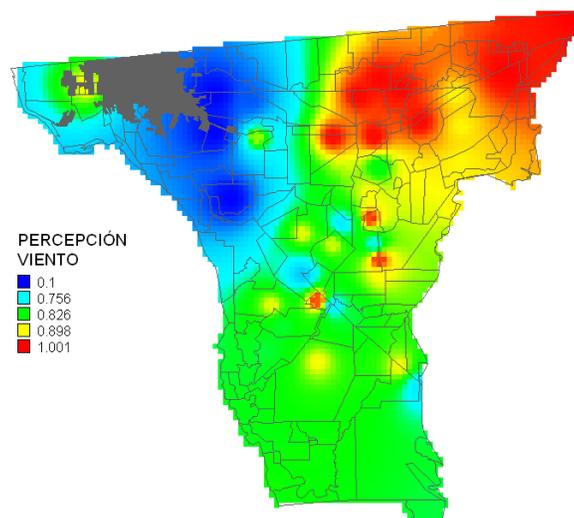
Figura 74. Concentración de la percepción del viento como peligro en la ciudad.



Fuente: Elaboración propia.

Con respecto a la distribución espacial de la percepción del peligro por vientos en el valle de Mexicali, como se observa en la figura 75, ésta se concentra en la parte noreste y es casi nula en las localidades próximas al área urbana.

Figura 75. Concentración de la percepción del viento como peligro en el valle.



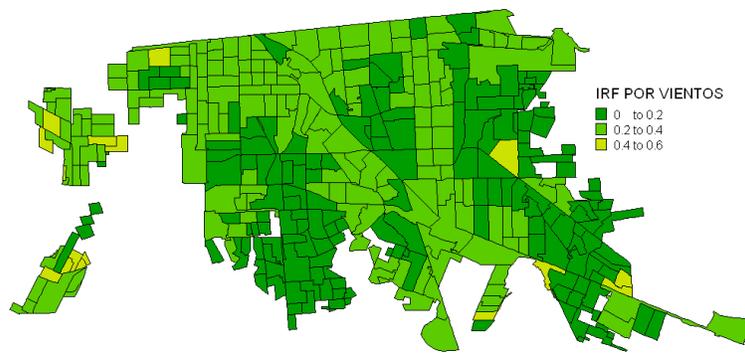
Fuente: Elaboración propia.

2.8.3. Índice de riesgo físico por vientos

El cálculo del Índice de Riesgo Físico (IRF) por vientos a partir de la metodología Cenapred (2006a) y con base en los datos de la muestra censal 2010 de INEGI dio como resultado un nivel bajo de riesgo (IRF=0.21) para el municipio. Sin embargo, se presenta una diferenciación en el comportamiento de la ciudad, la cual presenta un nivel de riesgo muy bajo (IRF=0.18) con respecto al resto del municipio, el cual presenta un nivel de riesgo bajo (IRF=0.30).

El IRF por AGEB se presenta en la figura 76, donde se observa que en la ciudad de Mexicali, los niveles de riesgo físico por vientos son mayores en ciertas áreas de la periferia. Por su parte, en las localidades urbanas del valle se presenta un nivel bajo, excepto en Guadalupe Victoria donde algunas AGEB de la periferia presentan nivel medio de riesgo físico.

Figura 76. IRF por vientos



Fuente: Elaboración propia.

2.9. Sequías

La sequía se debe entender no sólo como escasez de agua, sino como su carencia total y, por decir, contingente, que durante un lapso de tiempo afecta las condiciones de desarrollo de plantas y animales. La sequía preocupa, sobre todo, porque afecta la vida de los seres humanos, destruye sus fuentes básicas de alimentación y provoca desórdenes en su vida social y política (Florescano y Swan, 1995). La mayor información documental que se tiene de las sequías en México se ha concentrado en la región de la Meseta Central, básicamente por dos razones: 1) porque es la zona fundamental de los cereales, donde las grandes sequías han tenido consecuencias perjudiciales, y 2) porque esta área ha sido también la más poblada y centro de intensa actividad económica. Las principales sequías ocurridas en el período de 1910 a 1977 se presentan en la tabla 63.

Tabla 63. Principales sequías, 1910-1977.

Período	Años	Tipo
1910 a 1930	1925	Extremadamente severa
1930 a 1977	1935	Extremadamente severa
	1957	Extremadamente severa
	1960	Extremadamente severa
	1962	Extremadamente severa
	1969	Extremadamente severa
	1977	Extremadamente severa

Fuente: Elaboración propia.

En el primer período, de 1910 a 1930, las sequías se presentaron con alguna frecuencia, aunque en general de manera moderada. De esos años, sólo la de 1925 se registró como extremadamente severa; las de 1923 y 1927 se sintieron con pocos trastornos y tuvieron alcances limitados. En cambio en el segundo período, aunque las sequías fueron más esporádicas, cuando aparecieron lo hicieron con gran violencia. En este largo período hubo 20 sequías severas y 6 que podrían clasificarse de extremadamente severas.

En la figura 77 se presenta el mapa de vulnerabilidad por sequía en el país en el período de 1948 a 1996 (Conagua, 2001 y Cenapred, 2001a). Según el mapa, las regiones más extremas por sequía son las del norte del país (I, II, III, VI, VII, IX) y el valle de México (XIII); en un nivel intermedio están las del Lerma (VIII) y Balsas (IV); y en uno bajo, el sur y sureste, que corresponde a las regiones del Pacífico Sur (V), Golfo centro (X), Frontera Sur (XI) y Península de Yucatán (XII).

Figura 77. Vulnerabilidad climática por sequía.



Fuente: Elaboración propia.

En el caso del municipio de Mexicali, los efectos de periodos de sequía son mínimos con respecto a otros estados de la república, pues el abastecimiento de agua en la región tanto para la actividad agrícola como para el resto de las actividades en la ciudad y el campo

proviene del agua del Río Colorado cuya cuota⁴ es regida por el Tratado de Aguas⁵ firmado entre México y Estados Unidos en 1944. Por lo tanto, podría considerarse que el peligro por sequía es mínimo. Sin embargo, dicho tratado prevé que en los casos de extraordinaria sequía o de serio accidente del sistema de irrigación de los Estados Unidos el agua designada a México se reducirá en la misma proporción que se reduzcan los consumos en los Estados Unidos (Artículo 10).

2.9.1. Percepción de la sequía como peligro local

La sequía es un peligro identificado por 17% de los encuestados en la ciudad y 30% de los encuestados del valle y San Felipe. Esto indica un nivel de percepción muy bajo para la ciudad y un nivel bajo para el resto del municipio (ver tabla 64).

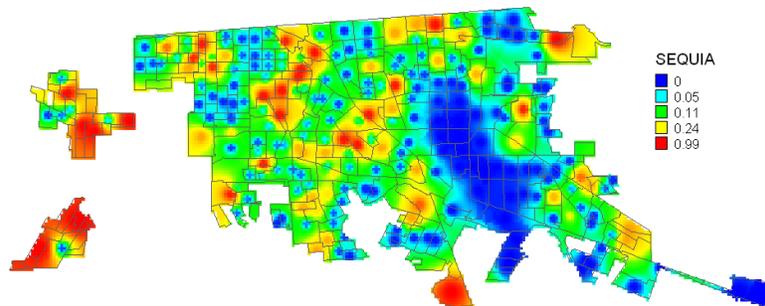
Tabla 64. Percepción de la sequía como peligro.

Peligro identificado	Ciudad		Valle y San Felipe	
	No	Si	No	Si
Sequía	83%	17%	70%	30%

Fuente: Elaboración propia.

La distribución espacial de la percepción del peligro por sequía en la ciudad se muestra en la figura 78, donde se aprecia que si bien la identificación del peligro se presenta en casi toda la mancha urbana, ésta es más intensa en la periferia poniente de la ciudad.

Figura 78. Concentración de la percepción de la sequía como peligro en la ciudad.



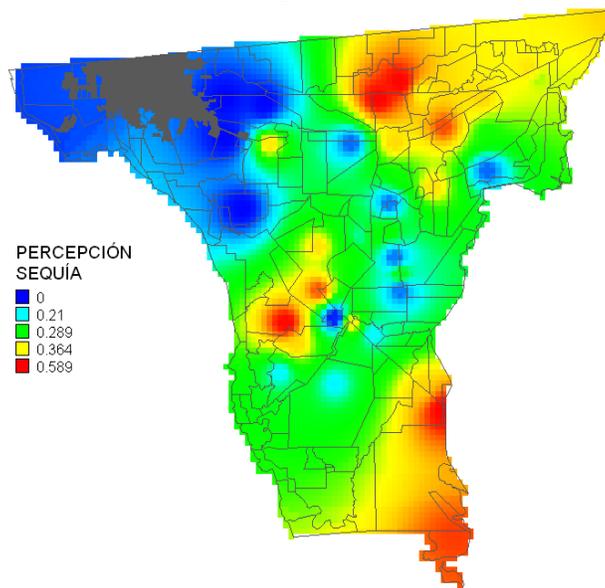
Fuente: Elaboración propia.

Por su parte, la percepción del peligro por sequía en el valle de Mexicali se concentra en la zona noreste, en el centro-oeste y sur del valle (ver figura 79). Las localidades próximas al área urbana no identificaron este peligro como lo hicieron los encuestados de la zona central del valle y San Felipe.

⁴ Se asigna a México un volumen garantizado de 1,850.234,000 metros cúbicos y en caso de excedentes se asignan cantidades adicionales de agua que no excedan de 2,096.931,000 metros cúbicos.

⁵ Tratado sobre Distribución de aguas internacionales entre los Estados Unidos Mexicanos y los Estados Unidos de América (1944).

Figura 79. Concentración de la percepción de la sequía como peligro en el valle.



Fuente: Elaboración propia.

2.10. Medidas de mitigación

Las medidas de mitigación de riesgos se sugieren a partir de los dos elementos que los constituyen, el peligro y la vulnerabilidad local. Si bien los peligros hidrometeorológicos son procesos ampliamente estudiados en el ámbito científico y técnico e incluso varios de ellos son predecibles, los cambios que el hombre ha generado en las condiciones del planeta han alterado e intensificado estos peligros con eventos cada vez más extremos, por lo que se requiere de medidas globales de mitigación como los cambios en los patrones de consumo y de contaminación, así como el desarrollo de condiciones comunitarias cada vez más seguras.

De manera general es necesario incrementar el nivel de conocimiento de los peligros hidrometeorológicos, tanto en el ámbito científico como en la comunidad expuesta a ellos. En el primer caso se requiere realizar estudios sobre cambio climático, mejorar el monitoreo de los eventos meteorológicos y su impacto en los asentamientos humanos y las actividades productivas; mientras que en el segundo caso, se requiere de programas eficientes y permanentes de comunicación del riesgo, con especial énfasis en la población directamente expuesta.

Adicionalmente es conveniente incrementar la capacidad de respuesta local mediante la capacitación del personal en el manejo de tecnologías de información y comunicación, la dotación de equipo y recursos necesarios para la cobertura municipal de las acciones de la Unidad de Protección Civil y del H. Cuerpo de Bomberos. Asimismo es necesario vigilar permanentemente las condiciones de la infraestructura crítica municipal y la congruencia y nivel de actualización de los planes de contingencias.

Pero sobre todo, es necesario incluir la mitigación de riesgos en la planeación del desarrollo urbano–regional desde una perspectiva territorial que derive en estrategias de ocupación y administración del suelo que eviten el aumento de la población expuesta y la conversión de un peligro en desastre.

Para la identificación precisa de las localidades, instalaciones y población expuesta, se recomienda consultar el sistema de información geográfica que acompaña al presente atlas.

Tabla 65. Medidas de prevención y mitigación de riesgos hidrometeorológicos.

TEMA	LOCALIZACIÓN	CONDICIÓN INSEGURA	POSIBLES EFECTOS	MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN
PLANEACIÓN TERRITORIAL	Municipio	Procesos de planeación y gestión territorial deficientes: Bajo control de la localización y del crecimiento de los asentamientos humanos hacia zonas peligrosas.	Exposición de un mayor número de familias a los peligros hidrometeorológicos.	A través de la planeación y gestión del suelo controlar y evitar el crecimiento urbano y los asentamientos humanos hacia las zonas de exposición a peligros hidrometeorológicos (ríos, canales, etc.), así como la incompatibilidad de los usos de suelo.
				Incorporar en los planes de desarrollo urbano-regional estrategias concretas en materia de mitigación de riesgos.
				Identificar zonas seguras para reubicar a la población expuesta.
PELIGROS HIDRO-METEOROLÓGICOS	Municipio	Monitoreo con cobertura territorial parcial de los procesos hidrometeorológicos y los efectos posibles en el tiempo, en la comunidad.	Desconocimiento del comportamiento de los peligros meteorológicos en el lugar y de las medidas específicas para mitigarlos.	Extender la capacidad (espacial y temporal) de monitoreo hidrológico y meteorológico mediante la puesta en operación de sistemas automáticos. Garantizar su sostenimiento y la calidad del dato obtenido.
				Realizar estudios de cambio climático a nivel municipal y su probable impacto en la población, ecosistemas, agricultura, ganadería, etc.
INUNDACIÓN	En localidades del valle y zonas urbanas (ver tablas 47, 48 y 49).	Localización de la población en zonas próximas a canales, drenes y ríos.	Incremento en la posibilidad de pérdidas materiales y humanas.	Analizar la posibilidad de reubicar a las familias expuestas y la forma de contener el cruce superficial de estas corrientes de agua por zonas habitadas.
	Ciudad y zonas pobladas del valle.	Conducción deficiente de agua en canales y drenes por azolve, basura y maleza.	Incremento en la posibilidad de desborde de agua e inundación de zonas aledañas.	Implementar un programa permanente de limpieza y desasolve de canales, drenes y cuerpos de agua. Así como campañas de concientización y medidas de control para evitar la disposición de basura en ellos.
	Municipio (Periferia urbana y localidades semiurbanas y rurales).	Estancamiento de agua pluvial por carencia de drenaje pluvial y pavimento, así como por grandes extensiones baldías.	Incremento en el impacto que tiene la precipitación pluvial en la comunidad.	Incrementar la cobertura de pavimentación, drenaje pluvial y sanitario. Evitar la presencia de grandes baldíos urbanos.
	Ciudad (zona del Río Nuevo).	Saturación del tubo Río Nuevo durante las lluvias por rebasar la capacidad de conducción de agua.	Inundación recurrente de la zona con pérdidas materiales.	Establecer pendientes mínimas en los proyectos y la construcción de drenajes alternos al tubo del Río Nuevo. Analizar la capacidad de conducción del tubo del Río Nuevo y sugerir medidas al respecto.
	Municipio	Grandes avenidas por desfogue del Río Colorado aguas arriba.	Inundación por avenidas y dificultad de control.	Establecer programas para la notificación oportuna y para el aprovechamiento de las aguas producto del desfogue del Río Colorado.
	Valle	Fragilidad en la infraestructura de riego.	Inundación por ruptura y grietas en infraestructura de riego.	Reforzamiento de la infraestructura de riego, particularmente para que respondan a las condiciones sísmicas actuales.

VIENTOS	Municipio	Estructuras ligeras susceptibles a desplomarse o desprenderse.	Pérdidas materiales y humanas por aplastamiento o golpe por elementos sueltos.	Regular y supervisar las condiciones de resistencia de los espectaculares, postes, anuncios y otras estructuras ligeras. Aumentar la vigilancia en el cumplimiento con la normatividad.
TEMPERATURAS EXTREMAS Y GRANIZO	Municipio	Incremento del polvo en el aire ante la presencia de vientos de cualquier intensidad	Afectación a la salud de la población.	Incrementar la pavimentación, cobertura vegetal y disminuir la presencia de grandes baldíos.
		Carencia de servicios básicos para mitigar el impacto de las temperaturas extremas.	Incremento en la población afectada.	Ampliar la cobertura de agua, drenaje y electricidad.
VIVIENDAS FRÁGILES	Municipio	Carencia de información sobre qué hacer en caso de emergencia	Incremento en la población afectada (golpe de calor, enfermedades respiratorias, etc.).	Informar acerca de las medidas de autoprotección y primeros auxilios para enfrentar las temperaturas extremas, especialmente en el cuidado de niños, ancianos y actividades al aire libre.
		Prácticas inadecuadas en la vivienda.	Incendios e intoxicaciones con pérdidas materiales y humanas.	Capacitar a la población en el manejo adecuado de calefactores, estufas, fogatas y otros medios para procurar calor dentro de las edificaciones, con el objetivo de evitar intoxicaciones e incendios.
		Viviendas frágiles y con poca resistencia térmica	Pérdidas materiales y humanas. Impacto a la salud y económico de las familias.	Mejorar la resistencia de las viviendas construidas con materiales precarios o frágiles. Establecer programas de financiamiento a la vivienda para implementar innovaciones tecnológicas que permitan el ahorro de energía por una menor ganancia de temperatura al interior.
		Viviendas frágiles ante inundaciones, lluvias, granizo, vientos y temperaturas extremas. Particularmente en zonas rurales y periferia urbana.	Pérdidas materiales y humanas por colapso de las construcciones.	Programas de reforzamiento o reemplazo de viviendas frágiles, considerando prioritarias aquellas producto de autoconstrucción, cuya vida útil esté próxima a alcanzarse o haya sido rebasada.
PERCEPCIÓN	Municipio	Bajo nivel de conocimiento de la comunidad sobre qué hacer y a quién acudir en caso de emergencia.	Incrementa el impacto de los peligros, el número de familias afectadas por no estar preparados o por generar caos.	Programa permanente de comunicación del riesgo y medidas preventivas dirigidas a la población con especial énfasis a las zonas expuestas.