

Número de obra: 020021ME042
Número de expediente: PROGRAMA HABITAT 2010
Consultor: Instituto de Investigaciones Sociales, UABC
Fecha de elaboración: marzo-agosto de 2011
No. de entrega: final

Este programa es de carácter público, no es patrocinado ni promovido por partido político alguno y sus recursos provienen de los impuestos que pagan todos los contribuyentes. Está prohibido usarlo con fines políticos, electorales, de lucro y otros distintos a los establecidos. Quien haga uso indebido de los recursos de este Programa deberá ser denunciado y sancionado de acuerdo con la ley aplicable y ante la autoridad competente.

ATLAS DE RIESGOS DEL MUNICIPIO DE MEXICALI, B.C.

Contenido

Presentación	
Introducción	1
Antecedentes	1
Objetivos	4
Alcance	5
Conceptos generales	5
Metodología	7
Características de la zona de estudio	9
Características generales	9
Características del medio natural	11
Características de aspectos sociales	18
Vulnerabilidad social	23
vulnerabilidad social.....	23
Vulnerabilidad socioeconómica.....	24
Vulnerabilidad por percepción local del riesgo	25
Capacidad de prevención y respuesta	29
1. Peligros geológicos.....	33
1.1. Peligro por fallas geológicas	33
1.1.1. Zonificación por fallas y fracturas	35
1.2. Peligro por sismos.....	42
1.2.1. Sismos históricos	43
1.2.2. Sismos recientes	47
1.2.3. Zonificación de peligro por sismos.....	51
1.2.4. Índice de vulnerabilidad física por sismo	52
1.2.5. Percepción del sismo como peligro local	54
1.2.6. Índice de riesgo físico por sismos.....	56
1.3. Peligro por procesos de inestabilidad de laderas	58
1.3.1. Zonificación del peligro por taludes inestables.....	59
1.3.2. Percepción del talud como peligro local.....	63
1.4. Otras amenazas geotécnicas	65
1.4.1. Licuefacción del terreno.....	65
1.4.2. Subsistencia.....	68
1.4.3. Percepción local de otras amenazas geotécnicas	73

1.5. Peligro por vulcanismo	74
1.5.1. Zonificación de peligro por vulcanismo	76
1.5.2. Percepción del volcán como peligro local	78
1.6. Peligro por tsunamis	79
1.6.1. Zonificación de peligro por tsunamis.....	80
1.6.2. Percepción del tsunami como peligro local	82
1.7. Medidas de mitigación	83
2. Peligros hidrometeorológicos	87
2.1. Peligro por tormentas y ondas tropicales	89
2.2. Peligro por ciclones y huracanes.....	90
2.3. Peligro por lluvias.....	97
2.4. Peligro por lluvias extraordinarias	102
2.5. Inundaciones.....	104
2.5.1. Inundaciones históricas	105
2.5.2. Zonificación de áreas de afectación por ríos, canales y drenes	106
2.5.3. Índice de vulnerabilidad física por inundación	112
2.5.4. Vulnerabilidad relacionada a coberturas de pavimentación y drenaje pluvial	113
2.5.5. Percepción de la inundación como riesgo local	114
2.5.6. Índice de riesgo físico por inundación.....	115
2.6. Masas de aire y sistemas frontales	116
2.6.1. Peligro por granizadas.....	116
2.6.2. Peligro por heladas, nevadas y niebla	118
2.6.3. Índice de vulnerabilidad física por heladas, nevadas y granizadas	120
2.6.4. Percepción de las heladas, nevadas y granizadas como peligro	121
2.6.5. Índice de Riesgo físico por nevadas, heladas y granizadas	122
2.7. Temperaturas Extremas (calor y frío extremo)	122
2.7.1. Índice de vulnerabilidad física por temperaturas extremas	128
2.7.2. Vulnerabilidad física por cobertura de servicios de agua y electricidad.....	129
2.7.3. Percepción de las temperaturas extremas como peligro.....	130
2.7.4. Índice de Riesgo Físico por temperaturas extremas	131
2.8. Peligro por vientos	132
2.8.1. Índice de vulnerabilidad física por viento	138
2.8.2. Percepción del viento como peligro local	139

2.8.3. Índice de riesgo físico por vientos.....	141
2.9. Sequías	141
2.9.1. Percepción de la sequía como peligro local.....	143
2.10. Medidas de mitigación	144
3. Peligros químico-tecnológicos.....	148
3.1. Caracterización del riesgo químico	150
3.1.1. Inventario y clasificación de actividades peligrosas municipales.....	151
3.1.2. Eventos históricos que demarcan la peligrosidad de las sustancias	152
3.2. Instalaciones fijas.....	154
3.2.1. Trazado de áreas de peligro	156
3.2.2. Estimación de consecuencias.....	163
3.2.3. Probabilidad de incidentes mayores	164
3.2.4. Aceptabilidad del riesgo.....	164
3.2.5. Equipamiento expuesto	166
3.3. Estaciones de servicio y carburación.....	166
3.3.1. Estimación de consecuencias y probabilidad de incidentes mayores ...	167
3.3.2. Equipamiento expuesto	169
3.4. Transporte de sustancias peligrosas	169
3.4.1. Carreteras y vialidades	170
3.4.1.1. Estimación de consecuencias.....	172
3.4.1.2. Probabilidad de incidentes mayores	173
3.4.1.3. Equipamiento expuesto	174
3.4.2. Transporte en ferrocarril	175
3.4.2.1. Cálculo de consecuencias y probabilidades de incidentes mayores.....	176
3.4.2.2. Equipamiento expuesto	178
3.4.3. Tuberías o ductos.....	178
3.4.3.1. Cálculo de consecuencias y probabilidades de incidentes mayores	180
3.4.3.2. Equipamiento expuesto	181
3.5. Capacidad de prevención y respuesta	182
3.6. Percepción del riesgo químico-tecnológico	182
3.7. Medidas de mitigación	184
4. Peligros sanitarios.....	186
4.1. Contaminación ambiental.....	186

4.1.1. Contaminación del aire	186
4.1.1.1. Efectos a la salud por contaminación del aire	186
4.1.1.2. Calidad del aire.....	188
4.1.2. Contaminación del aire en Mexicali	189
4.1.2.1. Red de monitoreo en Mexicali.....	192
4.1.2.2. Contaminantes criterio en Mexicali	193
4.1.2.3. Localización de fuentes principales de contaminación al aire	195
4.1.2.4. Percepción de la contaminación del aire	197
4.1.3. Contaminación de Agua	199
4.1.3.1. Efectos en la salud por la contaminación del agua	200
4.1.3.2. Calidad del agua.....	201
4.1.4. Contaminación de cuerpos de agua en Mexicali	203
4.1.4.1. Sitios de monitoreo de la calidad del agua en Mexicali	203
4.1.4.2. Contaminación en cuerpos de agua en la ciudad	204
4.1.4.3. Cuerpos de agua en el valle de Mexicali	205
4.1.4.4. Calidad del agua para consumo humano	207
4.1.4.5. Percepción de la contaminación del agua.....	207
4.1.5. Contaminación del suelo	209
4.1.5.1. Efectos en la salud por la contaminación del suelo.....	210
4.1.5.2. Calidad del suelo	212
4.1.6. Contaminación del suelo en Mexicali	212
4.1.6.1. Localización de fuentes de contaminación de suelo	213
4.1.6.2. Percepción del riesgo	218
4.1.7. Agroquímicos	220
4.1.7.1. Agroquímicos y salud	222
4.1.8. Calidad de agua y suelo para uso agrícola	223
4.2. Epidemias	225
4.2.1. Características generales de la salud	225
4.2.1.1. Salud en México	225
4.2.1.2. Salud en Baja California	226
4.2.1.3. Salud en Mexicali	227
4.2.1.4. Epidemias y brotes epidémicos en Mexicali	229
4.2.1.5. Percepción de las epidemias como peligro	234
4.3. Plagas.....	235

4.3.1. Registro histórico de plagas	236
4.3.2. Percepción del peligro de plagas	240
4.4. Medidas de mitigación	242
5. Peligros socio-organizativos.....	246
5.1. Accidentes de transporte	247
5.1.1. Accidentes de tránsito	247
5.1.1.1. Decesos por accidentes de tránsito en Mexicali	249
5.1.1.2. Zonificación del peligro	251
5.1.2. Accidentes ferroviarios	253
5.1.2.1. Registro histórico de accidentes ferroviarios en Mexicali	254
5.1.2.2. Zonificación del peligro	255
5.1.3. Accidentes de transporte aéreo	256
5.1.3.1. Registro histórico de eventos	258
5.1.4. Accidentes marítimos	259
5.2. Grandes concentraciones de población	263
5.2.1. Espacios de concentración de población en Mexicali	264
5.2.2. Registro histórico.....	264
5.3. Actos de sabotaje y terrorismo.....	269
5.3.1. Registro histórico	273
5.4. Instalaciones críticas y servicios vitales	275
5.4.1. Evaluación multipeligro de instalaciones críticas.....	277
5.4.2. Resultados	278
5.4.3. Recomendaciones para instalaciones críticas	281
5.4.3.1. Estaciones de Bomberos en el municipio.....	281
5.4.3.2. Otras instalaciones críticas en la ciudad	282
5.4.3.3. Otras instalaciones críticas en el valle de Mexicali y San Felipe	282
5.5. Percepción de los peligros socio-organizativos	283
5.6. Medidas de mitigación	284
Referencias.....	288

Presentación

En los últimos años, en diversas ciudades y regiones de México se han experimentado situaciones de desastre con pérdidas y afectaciones graves a la población, la infraestructura y los sectores económicos, como resultado de las condiciones inseguras en las que se encuentran la población mexicana y el espacio construido frente a los peligros de origen natural y antropogénico que inciden en los lugares. Esta situación ha detonado la reflexión sobre la necesidad de fortalecer la gestión local del riesgo de desastre mediante la implementación de acciones que incrementen la capacidad local de respuesta pero, sobre todo, que atiendan las formas de producir el espacio habitable.

En relación con lo anterior, el Plan Nacional de Desarrollo 2007-2011 mediante acciones como la sensibilización de las autoridades y de la población sobre la existencia de riesgos, la incorporación de criterios para la prevención de desastres en los planes de desarrollo urbano y en el marco normativo de los municipios, entre otras, define la estrategia de hacer de la prevención de desastre y la gestión de riesgo una política de desarrollo sustentable y, en su implementación, la Secretaría de Desarrollo Social (Sedesol), como instancia gubernamental encargada del desarrollo social y territorial del país, en el marco del Programa Hábitat, ha impulsado la elaboración de atlas de peligros y riesgos en diferentes municipios y ciudades.

En este sentido, la generación y actualización de los atlas de riesgos, a través de la identificación de los niveles de peligro, riesgo y vulnerabilidad a los que se enfrenta la población, constituyen acciones fundamentales orientadas a generar información para la toma de decisiones en materia de la ocupación del territorio y de la mitigación de riesgos.

De esta manera, la actualización del Atlas de Riesgos del Municipio de Mexicali tiene como objetivo proporcionar a las autoridades locales información sobre las zonas amenazadas por peligros geológicos, hidrometeorológicos, químico-tecnológicos, sanitarios y socio-organizativos identificados a nivel municipal, como un paso adicional en la consolidación de un sistema de protección civil y del proceso de gestión de riesgos de este municipio de la frontera norte de México.

El presente estudio es desarrollado con el apoyo financiero del programa Hábitat y del XX Ayuntamiento de Mexicali.

Grupo consultor

Dra. Judith Ley García
Coordinadora General

M. C. Fabiola Maribel Denegri de Dios
Dr. Rafael O. García Cueto
Dr. Francisco Raúl Venegas Cardoso[†]
M.A.T.I. Mónica Judith Ochoa García

L.I. Brenda Lozano Rivera
L.S.C. Guadalupe Valadez López
L.C. Jesús Armando Moreno Vega
L.E. Josué Morachis Gastélum
P. Arq. Hiram Leonardo Garcia Navarro
Ocean. Yessica Beatriz Debo Montero
L.D.G. Pamela Lozano Rivera

Unidades académicas participantes

Instituto de Investigaciones Sociales
Instituto de Ingeniería
Facultad de Arquitectura y Diseño

Universidad Autónoma de Baja California
Edificio de Investigación y Posgrado
Blvd. Benito Juárez s/n C.P. 21280
Mexicali. B.C. México
Tel:(686)-566-29-85
jley@uabc.edu.mx

INTRODUCCIÓN

Antecedentes

Desde una perspectiva social se entiende que los desastres son producto de la interacción de dos fuerzas opuestas: el peligro y las condiciones inseguras en que se encuentra una población. Los peligros son procesos naturales y/o antropogénicos característicos de los lugares donde ocurren, mientras que las condiciones inseguras son formas específicas en las que se expresa en tiempo y espacio la vulnerabilidad de la población con respecto a los peligros (Blaikie y cols., 1994:22). Por lo tanto, en el análisis del riesgo de desastre es tan importante abordar la intensidad del peligro, los niveles de exposición de la población a ellos, como la progresión de la vulnerabilidad como resultado del empobrecimiento y la marginación urbana y social.

Diversas experiencias de desastres en las últimas décadas han marcado a ciertas ciudades y regiones del país con importantes afectaciones sobre la población, la infraestructura y los sectores económicos, ejemplo de ello son el sismo de 1985 en la ciudad de México; las explosiones de San Juanico (1984) y Guadalajara (1992); el impacto de los huracanes Gilberto (1988), Gert (1993), Roxana (1993), Opal (1995), Paulina (1997), Stan (2005), Wilma (2005) y otros más sobre ciudades de Quintana Roo, Guerrero, Campeche, Chiapas, Veracruz, Tamaulipas, Nuevo León, el Distrito Federal, Tabasco y Chiapas; las explosiones en ductos de Pemex en San Martín Texmelucan (2010), la pandemia del virus influenza H1N1 (2010), el atentado terrorista en Morelia, Michoacán (2008), las muertes por concentraciones humanas en el estadio de fútbol de Ciudad Universitaria, Ciudad de México (1985), los accidentes carreteros como el de Querétaro (2010) con 21 muertos, entre otros muchos eventos, proporcionan evidencias de la peligrosidad de ciertos agentes perturbadores y de la vulnerabilidad social ante peligros de origen natural y antropogénico en México.

En el caso que nos ocupa, el municipio de Mexicali, se caracteriza por su localización en una zona permanentemente expuesta a agentes perturbadores de origen natural; enclavado en una de las zonas de más alta sismicidad en México en medio del sistema de fallas de San Andrés, está expuesto a diversos peligros geológicos; asentado en el desierto de Sonora y en la zona deltaica del río Colorado, ha enfrentado peligros hidrometeorológicos como las temperaturas extremas e inundaciones por desbordamientos del Río Colorado, pero también ha padecido de ciertos peligros sanitarios¹ derivados de las condiciones climáticas locales.

Adicionalmente, la localización fronteriza del municipio ha propiciado históricamente que el crecimiento económico local se sustente en la agricultura y, sobre todo, en la actividad industrial, ambas vinculadas al mercado internacional. Esto se ha traducido en la concentración y diversificación de agentes perturbadores de origen químico y sanitario, con afectaciones diversas a la salud de la población por contaminación² del aire, suelo y agua; y por la ocurrencia de fugas, explosiones y otros eventos derivados de actividades de alto peligro³.

Por otra parte, la ubicación del municipio en la frontera norte de México y el crecimiento económico asociado a esta ventaja locacional, ha incentivado la migración de habitantes del

¹ La amiba de vida libre es característica de los cuerpos de agua de zonas con temperaturas altas.

² La ciudad de Mexicali ha sido considerada, en los últimos años dentro de las primeras ciudades de México con mayor contaminación al aire (Reyna y cols., 2005). La población que habita el valle de Mexicali ha estado expuesta a problemas como la exposición a contaminación de suelos y problemas de salud por el uso de agroquímicos (Guardado, 1973; Valdez y cols., 2000).

³ La presencia de industrias altamente peligrosas ha dado lugar a diversos incidentes que liberan sustancias tóxicas, inflamables, explosivas y corrosivas (Ley, 2006).

centro y sur del país a Mexicali, propiciando un crecimiento urbano explosivo que, en diversos momentos, ha rebasado la capacidad de las autoridades locales en materia de planeación y urbanización. Así, el municipio se ha conformado como un territorio heterogéneo tanto en los niveles de urbanización que presenta como en las condiciones de la población que alberga, de tal forma que los fenómenos naturales y antropogénicos tienen un impacto diferenciado en el lugar⁴.

Los aspectos mencionados en los párrafos precedentes, nos muestran la conformación del municipio como un complejo mosaico de riesgos, donde los peligros naturales y antropogénicos se combinan aditiva y sinérgicamente al encontrarse con una población vulnerable a ellos, para constituir múltiples formas de riesgo de desastre, cuya mitigación representa un gran reto para las autoridades y demanda de un enfoque integral.

Políticas Públicas para la Prevención de Desastres en México

Dentro de los instrumentos normativos de política en materia de prevención de desastres, la *Ley General de Protección Civil* (2000) establece los lineamientos básicos del Sistema Nacional de Protección Civil (Sinaproc) cuyas disposiciones, medidas y acciones están destinadas a la prevención, auxilio y recuperación de la población ante la eventualidad de un desastre (Sedesol-Coremi, 2004a).

En correspondencia con lo anterior, el *Programa Nacional de Protección Civil* pretende imprimir una orientación preventiva al Sinaproc partiendo de articular congruentemente las políticas y acciones de las dependencias, entidades, organismos y sectores que lo conforman; promover la implantación de mecanismos para detectar, pronosticar e informar con oportunidad a la ciudadanía sobre la ocurrencia de fenómenos que amenacen su seguridad e integridad, así como generar una conciencia de autoprotección por parte de la población expuesta a los efectos de un fenómeno perturbador (Sedesol-Coremi, 2004a).

El *Programa Nacional de Protección Civil 2008-2012*, señala como propuesta de protección civil para los próximos años: “una política pública de concertación y coordinación que trasciende en la consolidación de una cultura de prevención y autoprotección; que hace transversal el enfoque del manejo integral de riesgos entre los tres órdenes de gobierno y los sectores social y privado; que brinda soluciones de fondo mediante estrategias efectivas de prevención, una adecuada planeación, administración y atención de las emergencias, que optimiza y transparenta el uso de sus recursos y que sin duda, genera respeto, cercanía y confianza de la ciudadanía hacia la institución.” Este programa orienta la elaboración y operación de los programas de protección civil de los estados, municipios, así como también de los programas de los grupos voluntarios, los sectores productivos, las comunidades y la población en general.

Los avances que muestran los objetivos del programa de protección civil en acciones de prevención de desastres, y en el fortalecimiento de unidades de protección civil son de gran relevancia, y son complemento fundamental de las acciones dirigidas a ordenar la ocupación del suelo mediante políticas de ordenamiento territorial y de desarrollo urbano regional. En este sentido, la Sedesol tiene a su cargo una serie de acciones definidas en materia de prevención de desastres.

⁴ La presencia en el año 2009 de un brote de rickettsiosis en algunas colonias populares de la ciudad de Mexicali son evidencia de ello; como también las afectaciones por sismos en zonas donde predominan las viviendas frágiles.

Antecedentes de la Sedesol en materia de Prevención de Desastres

Durante el periodo 1976-1982, se creó en la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas (SAHOP) la Dirección General de Prevención y Atención de Emergencias Urbanas, dependencia encargada de desarrollar el tema en los planes de desarrollo urbano, elaborando el *Plan Nacional de Prevención y Atención de Emergencias Urbanas* en 1981 (Sedesol-Coremi, 2004a).

Posteriormente en el *Programa Nacional de Desarrollo Urbano 1990-1994* se incorporó un anexo en el que se establecen propuestas para reducir los riesgos a los que pueden estar sujetos los centros de población. A partir de la explosión en la ciudad de Guadalajara en 1992, se introduce el tema de prevención de desastres a través de la regulación del uso del suelo, con el propósito de que las localidades contempladas en el Programa de 100 Ciudades incorporen en forma amplia el tema de prevención de desastres a los planes de desarrollo urbano (Sedesol-Coremi, 2004a).

En 1993, la Sedesol, con la promulgación de la *Ley General de Asentamientos Humanos* (LGAH) señala en el Artículo 3º que con “el ordenamiento territorial de los asentamientos humanos y el desarrollo urbano de los centros de población, tenderán a mejorar el nivel y calidad de vida de la población urbana y rural, mediante la vinculación del desarrollo regional y urbano con el bienestar social de la población; la adecuada interrelación socioeconómica de los centros de población; el desarrollo sustentable de las regiones del país; el fomento de centros de población estratégicos; la descongestión de las zonas metropolitanas; la coordinación y concertación de la inversión pública y privada; la prevención, control y atención de riesgos y contingencias ambientales y urbanos en los centros de población, así como la participación social en los asentamientos humanos, entre otros aspectos” (Sedesol-Coremi, 2004a).

En el *Programa Nacional de Desarrollo Urbano y Ordenación del Territorio* se contemplaron las acciones dirigidas a mejorar los sistemas de prevención-alarma; la elaboración de planes de contingencias y organización de la sociedad para su aplicación: el desarrollo de estudios territoriales y urbanos de riesgo, la elaboración y aplicación de planes y reglamentos de control y uso del suelo; el estudio, planeación, proyecto, gestión y ejecución de obras de infraestructura para protección y control ante fenómenos que originan desastres. A partir del año 2003, con el Programa Hábitat, la Sedesol propone, además de contribuir a superar la pobreza urbana y mejorar el hábitat popular, hacer de las ciudades y sus barrios espacios ordenados, seguros y habitables, mediante acciones orientadas a reducir la vulnerabilidad de los hogares y mejorar la infraestructura frente a peligros de origen natural.

La Dirección General de Desarrollo Territorial a través de la Dirección General Adjunta de Prevención y Atención a Desastres de la Sedesol y en apego al *Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012*, ha impulsado junto con los gobiernos locales, la elaboración de Atlas de Peligros y Riesgos en diferentes municipios y ciudades.

Antecedentes de los Atlas en el Municipio de Mexicali

Desde su creación, el Sistema Nacional de Protección Civil estableció como una de sus prioridades, el conocimiento y análisis de las condiciones generadoras de riesgo en el territorio nacional, como el medio más accesible para planear y organizar las estrategias y acciones encaminadas a la seguridad de la población.

Los antecedentes de los atlas en México se remontan a 1991, cuando la Secretaría de Gobernación publicó una primera versión general del *Atlas Nacional de Riesgos* y más recientemente el *Diagnóstico de Peligros e Identificación de Riesgos de Desastres en la República Mexicana* elaborado por el Cenapred en 2001 (Cenapred, 2004:16). En estos Atlas se identifican los fenómenos que ocurren en el territorio nacional, denominados agentes destructivos y clasificados según su tipo en geológicos, hidrometeorológicos, químico-tecnológicos, sanitario-ecológicos y socio-organizativos. Como resultado de este esfuerzo, las regiones que integran el territorio nacional fueron clasificadas principalmente de acuerdo con la intensidad y frecuencia de los fenómenos naturales.

El Sinaproc dio origen a sistemas estatales y municipales de protección civil, y con ello, a la realización de atlas de riesgos estatales y municipales; de tal forma que para el estado de Baja California se elaboró el documento *Atlas Estatal de Riesgos del estado de Baja California* (1992) el cual se centra principalmente en los peligros de origen químico producto de la industrialización regional; a nivel municipal se elaboró el documento *Atlas Municipal de Riesgos* (2002), un texto breve que describe de manera general los cinco tipos de riesgos municipales y, a diferencia del atlas estatal, identifica la espacialidad de algunos de éstos en un plano de la ciudad.

Con el avance en el registro de información estadística y, sobre todo, en las tecnologías de manejo de datos espaciales (sistemas de información geográfica o SIG), en el 2005 se elaboró el compendio de mapas impresos *Atlas de Riesgos: Agentes perturbadores de origen geológico e hidrometeorológico*, el cual presenta la cartografía de los peligros naturales en la escala estatal. Posteriormente, en 2007 se elaboró el *Atlas de riesgos naturales y químicos de la ciudad de Mexicali, B.C.* con información más detallada, a escala urbana, de los peligros químicos y naturales, teniendo como productos principales un sistema de información geográfica, un estudio y un compendio de mapas.

Actualmente, ante los brotes epidémicos urbanos ocurridos en los últimos años y las afectaciones urbanas y rurales derivadas del sismo de 7.2 de magnitud en 2010, surge la necesidad de actualizar el atlas municipal de 2002, tomando como referencia el atlas urbano de 2007, en cuanto al enfoque territorial de los peligros, riesgos y vulnerabilidad, pero a diferencia de éste, el análisis se amplía al territorio municipal y a los cinco tipos de riesgos referidos en la normatividad de protección civil.

Es así que la presente actualización del *Atlas de Riesgos del Municipio de Mexicali, B.C.*, retoma el esfuerzo de los atlas existentes para realizar un estudio que actualice la información sobre peligros, riesgos y vulnerabilidad en la escala municipal, abarcando el análisis de los cinco tipos de agentes perturbadores e incorporando las tecnologías SIG como instrumento de análisis espacial, de planeación territorial y de prevención de desastres.

Objetivos

El propósito del presente atlas de riesgos es la integración de información disponible de peligros geológicos, hidrometeorológicos, químico-tecnológicos, sanitarios y socio-organizativos y la vulnerabilidad en el municipio de Mexicali, para proponer medidas que orienten su reducción. Para lograr lo anterior se pretende:

- Identificar y analizar espacialmente los peligros geológicos, hidrometeorológicos, químico-tecnológicos, sanitarios y socio-organizativos que amenazan al municipio de Mexicali.

- Identificar las zonas del municipio frecuentemente afectadas por los peligros identificados.
- Identificar la población expuesta, la capacidad de prevención y respuesta de las autoridades, la percepción local para analizar el nivel de vulnerabilidad de la comunidad ante los peligros existentes.
- Identificar las medidas de mitigación y disminución del riesgo.

Alcance

El atlas de riesgo identifica y reporta los peligros geológicos, hidrometeorológicos, químico-tecnológicos, sanitarios y socio-organizativos que se presentan en el municipio de Mexicali. En su elaboración se llevaron a cabo actividades de recopilación de la información disponible en distintas fuentes bibliográficas, hemerográficas y cartográficas. Adicionalmente se solicitó información a las instituciones y dependencias relacionadas con el tema.

Cabe aclarar al respecto que no todas las dependencias aportaron la información solicitada, algunas proporcionaron datos cuyo nivel de actualización y formato restan precisión al análisis, por lo que la disponibilidad y el nivel de actualización de la información pueden ser consideradas como las principales limitantes de este trabajo.

Conceptos generales

En esta sección se explican los conceptos relacionados de peligro, riesgo, desastres, vulnerabilidad, prevención y mitigación, de acuerdo con la *Guía Básica para la elaboración de Atlas Estatales y Municipales de peligros y Riesgos* (Cenapred, 2004a).

El tema del riesgo dentro de la prevención de desastres ha sido abordado por diversas disciplinas mismas que han conceptualizado sus componentes de manera diferente. Un punto de partida es que los riesgos están estrechamente ligados a las actividades humanas. La existencia de un riesgo implica la presencia de un *agente perturbador* (fenómeno natural o generado por el hombre) que tiene la posibilidad de ocasionar *daños* a un *sistema afectable* (asentamientos humanos, infraestructura, planta productiva, etc.) en un grado tal, que constituye un *desastre*. Así, un movimiento de terreno provocado por un sismo no constituye un riesgo por sí mismo, si se produjese en una zona deshabitada, pues no afectaría a ningún asentamiento humano y por tanto, no se produciría un desastre. Es decir, para que exista un riesgo, debe haber una probabilidad de que ocurran daños, pérdidas o efectos indeseables sobre sistemas constituidos por personas, comunidades o sus bienes y esto es mediante la exposición de los mismos a los agentes perturbadores (Cenapred, 2004a:19).

Una de las definiciones más aceptadas del riesgo es que este es producto de la combinación de tres factores: la probabilidad de que ocurra un fenómeno potencialmente dañino (peligro), la vulnerabilidad y el valor de los bienes expuestos (Cenapred, 2004a:20). A continuación se analiza brevemente cada uno de estos conceptos.

El *peligro* se define como la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno potencialmente dañino de cierta intensidad (peligrosidad), durante un cierto periodo de tiempo y en un sitio dado (Cenapred, 2004a:20).

La *vulnerabilidad* se define como la susceptibilidad o propensión de los sistemas expuestos a ser afectados o dañados por el efecto de un fenómeno perturbador o peligro, es decir la capacidad de resistencia. En términos generales pueden distinguirse dos tipos: la

vulnerabilidad física y la vulnerabilidad social. La primera es más factible de cuantificarse en términos físicos, por ejemplo la resistencia que ofrece una construcción ante las fuerzas de los vientos producidos por un huracán, a diferencia de la segunda, que está relacionada con aspectos económicos, educativos, culturales, así como el grado de preparación de la comunidad expuesta. Por ejemplo, una ciudad cuyas edificaciones fueron diseñadas y construidas respetando un reglamento de construcción que tiene requisitos severos para proporcionar seguridad ante efectos sísmicos, es menos vulnerable que otra en la que sus construcciones no están preparadas para resistir dicho fenómeno. En otro aspecto, una población informada, que cuenta con una organización y preparación para responder de manera adecuada ante la inminencia de una erupción volcánica o a la llegada de un huracán, por ejemplo mediante sistemas de alerta y planes operativos de evacuación, presenta menor vulnerabilidad que otra que no está preparada de esa forma (Cenapred, 2004a:20).

La *exposición o grado de exposición* se refiere a la cantidad de personas, bienes y sistemas que se encuentran en el sitio y que son factibles de ser dañados. Por lo general se le asignan unidades monetarias puesto que es común que así se exprese el valor de los daños, aunque no siempre es traducible en estos términos. En ocasiones pueden emplearse valores como porcentajes de determinados tipos de construcción o inclusive el número de personas que son susceptibles a ser afectadas (Cenapred, 2004a:20).

El grado de exposición es un parámetro que varía con el tiempo, el cual está íntimamente ligado al desarrollo de los asentamientos humanos. En cuanto mayor sea el valor de lo expuesto, mayor será el riesgo que se enfrenta. Si el valor de lo expuesto es nulo, el riesgo también será nulo, independientemente del nivel del peligro. La exposición puede disminuir con el alertamiento anticipado de la ocurrencia de un fenómeno, ya sea a través de una evacuación o mejor aún, evitando el asentamiento en el sitio peligroso (Cenapred, 2004a:20).

Para reducir el impacto de los fenómenos naturales o antropogénicos, es importante implementar estrategias efectivas de *prevención, atención a emergencias, recuperación y reconstrucción*. Para ello es necesario tomar acciones en cada una de las siguientes etapas:

Identificación de Riesgos: conocer los peligros y amenazas a los que se está expuesto; estudiar y conocer los fenómenos perturbadores identificando dónde, cuándo y cómo afectan. Identificar y establecer, a distintos niveles de escala y detalle, las características y niveles actuales de riesgo, entendiendo el riesgo como el encuentro desafortunado del peligro (agente perturbador) con la vulnerabilidad (propensión a ser afectado) por medio de la exposición (el valor del sistema afectable).

Mitigación y prevención: basado en la identificación de riesgos, consiste en diseñar acciones y programas para mitigar y reducir el impacto de los posibles desastres antes de que éstos ocurran. Incluye la implementación de medidas estructurales y no estructurales para la reducción de la vulnerabilidad o la peligrosidad de un fenómeno: planeación del uso de suelo, reducción de la pobreza urbana, acceso a vivienda y servicios de calidad, aplicación de códigos de construcción, implementación de obras de protección, educación y capacitación a la población, elaboración de planes operativos de protección civil y manuales de procedimientos, implementación de sistemas de monitoreo y de alerta temprana, investigación y desarrollo de nuevas tecnologías de mitigación, preparación para la atención de emergencias (disponibilidad de recursos, albergues, rutas de evacuación, simulacros), entre muchos otros.

Atención de emergencias: se refiere a las acciones que deben tomarse inmediatamente antes, durante y después de un desastre con el fin de minimizar la pérdida de vidas humanas, sus

bienes y la planta productiva, así como preservar los servicios públicos y el medio ambiente, e incluye la atención prioritaria y apoyo a los damnificados.

Recuperación y reconstrucción: acciones orientadas al restablecimiento y vuelta a la normalidad del sistema afectado (población y entorno). Esta etapa incluye la reconstrucción y mejoramiento de infraestructura y servicios dañados o destruidos.

Evaluación del impacto e incorporación de la experiencia: consiste en valorar el impacto económico y social, incluyendo daños directos e indirectos. Tiene entre otras ventajas la posibilidad de determinar la capacidad del gobierno para enfrentar las tareas de reconstrucción, fijar las prioridades y determinar los requerimientos de apoyo y financiamiento, retroalimentar el diagnóstico de riesgos con información de las regiones más vulnerables y de mayor impacto histórico y calcular la relación costo-beneficio de inversión en acciones de mitigación.

Metodología

Este estudio se basa fundamentalmente en la integración de las metodologías sugeridas en las siguientes referencias:

- Guía metodológica para la elaboración de atlas de peligros naturales a nivel de ciudad (identificación y zonificación) de Sedesol (2004).
- Bases para la estandarización en la elaboración de atlas de riesgos y catálogo de datos geográficos para representar el riesgo de Sedesol (s/f)
- Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos (Conceptos Básicos sobre Peligros, Riesgos y su Representación Geográfica) de Cenapred (2004).
- Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos (Fenómenos Químicos) de Cenapred (2006).
- Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos (Fenómenos Hidrometeorológicos (capítulos I, II, III y IV) de Cenapred (2006).
- Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos (Fenómenos Geológicos) de Cenapred (2006).
- Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos (Evaluación de la Vulnerabilidad Física y Social) de Cenapred (2006).
- Para los socio-organizativos y sanitarios, se utilizarán manuales de la *Federal Emergency Management Agency* de Estados Unidos.

En el proceso de elaboración del atlas de riesgo para el municipio de Mexicali se llevan a cabo actividades de recopilación documental (bibliográfica y hemerográfica), estadística y cartográfica; la información es analizada con el propósito de seleccionar los datos que permitan caracterizar los peligros geológicos, hidrometeorológicos, químicos, sanitario y socio-organizativos que amenazan la población asentada en el municipio. Para ello, se toma en cuenta la ocurrencia de los eventos que han sido cuantificados, cualificados y referidos en el tiempo y en el espacio con base en su impacto en los habitantes. Con el apoyo y la asesoría de un grupo interdisciplinario de especialistas, y a partir del cruce de información de temas diversos, se identifican y delimitan las áreas de mayor o menor exposición a tales peligros (alta, mediana y baja peligrosidad); en los casos en donde los datos lo permiten se evalúa la vulnerabilidad de la población y el índice de riesgo. Por último, se pretende sugerir medidas preventivas para disminuir la peligrosidad o la vulnerabilidad social en las distintas zonas con población en riesgo identificadas.

La información obtenida se expresa en cartografía de peligros y zonificación integrados en un Sistema de Información Geográfica (SIG) que facilita el despliegue y la consulta rápida y sencilla. El arreglo ordenado de la información de los mapas y sus atributos definen una base de datos que permite la interrelación de variables, y la aplicación de operaciones matemáticas y estadísticas.

Los productos específicos de este proyecto son:

- Un estudio denominado *Atlas de riesgos del Municipio de Mexicali*
- Un Sistema de Información Geográfica Digital
- Un compendio de mapas impresos

El documento está organizado en 5 secciones principales, además de la introducción, en donde se describen las características generales del municipio de Mexicali (naturales y sociodemográficas), así como el nivel de vulnerabilidad social (vulnerabilidad socioeconómica, percepción del riesgo y capacidad de prevención y respuesta; El primer capítulo aborda los peligros geológicos, los describe y zonifica, identificando a la población expuesta; En un segundo capítulo se describen los peligros hidrometeorológicos y se identifican las condiciones de fragilidad; En un tercer capítulo se abordan los peligros químico-tecnológicos, se trazan radios de afectación y se identifica el equipamiento expuesto; En un cuarto capítulo se analizan los peligros sanitarios cuya zonificación permite observar qué población está expuesta; y finalmente, en un quinto capítulo se abordan los peligros socio-organizativos.

Características de la zona de estudio

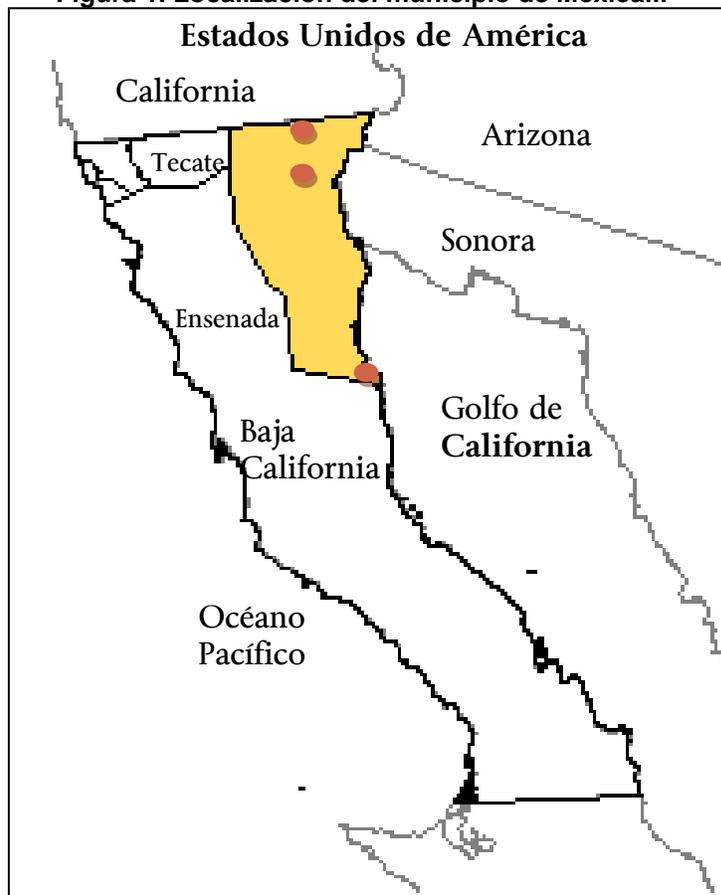
Características generales

Localización

El municipio de Mexicali se localiza en la porción noroeste del estado de Baja California, entre las coordenadas 30° 51' y 32° 44' de latitud norte y las coordenadas 114° 43' y 115° 41' de longitud oeste; colindando al norte con el estado de California (E.U.A.), al noreste con los estados de Arizona (E.U.A.) y Sonora; al este con el Golfo de California; al sur con el municipio de Ensenada y al oeste con los municipios de Tecate y Ensenada, Baja California (ver figura 1).

El municipio de Mexicali representa aproximadamente 20% de la superficie del estado de Baja California con una superficie aproximada de 13,000 km², en donde se distribuyen, de acuerdo con el Censo de Población y Vivienda de INEGI (2010), 1650 localidades -en su mayoría (98.8%) rurales- tres de ellas son localidades urbanas: La ciudad de Mexicali, capital del estado de Baja California, colindando con el estado de California; el poblado Guadalupe Victoria en el valle de Mexicali y San Felipe en la parte sureste del territorio como puerto de cabotaje.

Figura 1. Localización del municipio de Mexicali.

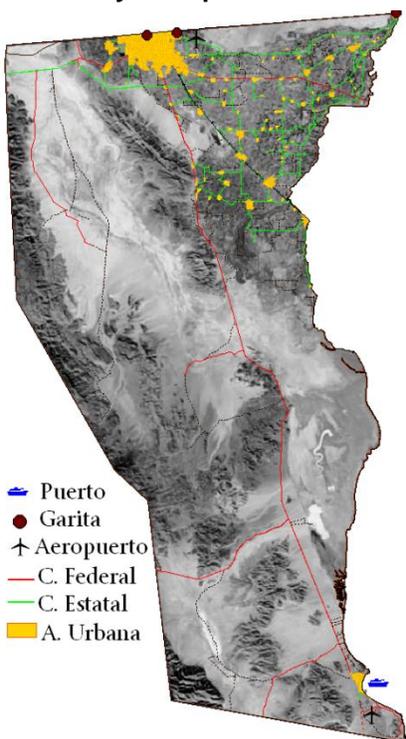


Fuente: Elaboración propia.

Vías de comunicación y transporte

El municipio de Mexicali se conecta al resto del estado y del país través de la carretera federal número 2. Esta carretera tiene una orientación casi paralela a la frontera con Estados Unidos, y une a la ciudad de Mexicali en dirección oeste con los municipios de Tecate y Tijuana. Esta vía permite la comunicación del estado de Baja California con la capital del país al entroncar en Santa Ana, Sonora con la carretera federal número 15. El municipio de Mexicali también cuenta con la carretera federal número 5 que va de Mexicali a San Felipe con un recorrido de 196 km y una orientación general de norte a sur; y la carretera federal número 3 que conecta a San Felipe con el municipio de Ensenada.

Figura 2. Vías de comunicación y transporte.



Fuente: Elaboración propia.

Mexicali permiten el acceso al estado de California, Estados Unidos; y una garita adicional, ubicada en la localidad de los Algodones al límite noreste del municipio, permite el tránsito hacia el estado de Arizona, Estados Unidos.

El municipio cuenta con una línea férrea en funcionamiento que conecta el territorio con Benjamín Hill, Sonora y con Estados Unidos de Norteamérica cruzando por el centro de la ciudad hasta la línea internacional.

Para el tránsito aéreo el municipio cuenta con el aeropuerto internacional General Rodolfo Sánchez Taboada ubicado al oriente de la ciudad y con el aeropuerto de uso exclusivo para vuelos privados ubicado en San Felipe. En el transporte de carga y personas por vía marítima se realiza a través del puerto de cabotaje San Felipe.

El municipio de Mexicali se conecta al resto del estado y del país través de la carretera federal número 2. Esta carretera tiene una orientación casi paralela a la frontera con Estados Unidos, y une a la ciudad de Mexicali en dirección oeste con los municipios de Tecate y Tijuana. Esta vía permite la comunicación del estado de Baja California con la capital del país al entroncar en Santa Ana, Sonora con la carretera federal número 15. El municipio de Mexicali también cuenta con la carretera federal número 5 que va de Mexicali a San Felipe con un recorrido de 196 km y una orientación general de norte a sur; y la carretera federal número 3 que conecta a San Felipe con el municipio de Ensenada.

Existen una serie de vialidades suburbanas que conectan a la ciudad con el valle entre las que destacan: la carretera Mexicali-Islas Agrarias-Algodones; carretera Islas Agrarias-Colonia Abasolo; carretera Puebla-Cerro Prieto-Ejido Nuevo León y carretera Santa Isabel-Colonia Progreso. (IMIP, 2007). Adicionalmente el valle de Mexicali se encuentra interconectado mediante una red de carreteras estatales y caminos.

En la actualidad el municipio de Mexicali cuenta con tres puertos fronterizos o garitas para el cruce transfronterizo de

vehículos, personas y camiones de carga entre Estados Unidos y México. Dos garitas ubicadas en la ciudad de

Características del medio natural

Fisiografía

En el municipio de Mexicali es posible identificar dos provincias fisiográficas: la Provincia Llanura Sonorense y la Provincia Península de Baja California (Shreve y Wiggins, 1964); la primera define aproximadamente el 69% de los rasgos fisiográficos del municipio en la subprovincia denominada sierras de Baja California Norte, mientras que la segunda define el 31% restante en la subprovincia conocida como Desierto de Altar (INEGI, 2005).

La subprovincia Desierto de Altar abarca la cuenca del Río Colorado limitada geopolíticamente por la frontera con Estados Unidos al norte, la sierra de Juárez al occidente y el Golfo de California al oriente, integrando la laguna Salada, la Sierra Cucapá y el área deltaica del Río Colorado hasta su desembocadura al Mar de Cortés y el Puerto de San Felipe.

Figura 3. Provincias fisiográficas.



La laguna Salada es una zona intermontana donde se localiza una extensa depresión cerrada sujeta a inundación, compuesta en gran parte por arenas de grano fino y limos fuertemente saturados por sales producto de la intensa evaporación. El área inundable y los salitrales se prolongan hasta los esteros de la Ramada, 15 Km al norte del Puerto de San Felipe y se une a la desembocadura del Río Colorado y la costa del estado de Sonora.

La zona deltaica del Río Colorado es una extensión de suelo aluvial producto del azolve ocasionado por los materiales que el mismo río condujo hasta el sur y depositó en un terreno más bajo, después de erosionar las Montañas Rocallosas. En esta zona se desarrollan actividades agrícolas.

La subprovincia del Desierto de Altar es un desierto arenoso en su mayor porcentaje en el que se han registrado las precipitaciones más bajas del país. Los rasgos sobresalientes en esta zona son las topoformas de baja altura donde se incluyen llanuras desarrolladas de suelo salino, zonas sujetas a inundación y campos de dunas (INEGI, 1995 y CEA, 2008).

Fuente: Elaboración propia.

Por su parte, en la subprovincia Sierras de Baja California Norte se encuentran las elevaciones principales del municipio. Esta subprovincia incluye la vertiente oriental de la sierra de Juárez, siendo esta bastante abrupta, destacando las cañadas (cañones) que se forman. En importancia le sigue la sierra Cucapá, la cual junto con la sierra El Mayor, conforma una unidad orográfica separada de la Sierra de Juárez, por el bajo topográfico "Laguna Salada". Al sur de la subregión se localizan las sierras Tinajas y Las Pintas, todas ellas con pendientes pronunciadas mayores del 20% (Sedue, s/f).

Los sistemas de topomorfas que representan las provincias fisiográficas Llanura Sonorense y Península de Baja California en el municipio de Mexicali son: la llanura deltaica salina en la cual se asienta el valle de Mexicali con 23% de la superficie municipal; la bajada con lomerío con 21% de la superficie; y en menor porcentaje la sierra baja (12%), la llanura deltaica inundable (9%), el valle intermontano cerrado con lomerío (5%), sierra alta de declive

escarpado (4%) así como el vaso lacustre inundable salino conocido como Laguna Salada, entre otros (INEGI, 2005).

Geología

El origen de la formación de la península de Baja California tal como se conoce actualmente se remonta a la era mesozoica hace aproximadamente 135 millones de años, con el inicio de una intensa actividad del sistema de fallas que hoy en día se conoce como San Andrés y fallas concurrentes Elsinore y San Jacinto (Venegas en Sánchez, 2004:29).

La actividad de las fallas provocó la caída de un inmenso bloque para formar lo que se conoce como Depresión de Salton (Salton Trough) (Gastil y cols., 1975, Singer, 1998). Después de este suceso se inició un fuerte proceso erosión en las partes altas de las sierras San Bernardino que fue rellenando la Depresión de Salton con sedimentos de gravas y arenas. Autores como Muffer y Doe (1968) y Singer (1998) señalan que este proceso de transporte y sedimentación se mantuvo alrededor de 70 millones de años y que en la actualidad esas gravas y arenas se han consolidado parcialmente en areniscas y conglomerados.

Puente y de la Peña (1978) confirman que el valle de Mexicali también es parte de esta depresión al describir una columna estratigráfica a la altura de Cerro Prieto de los diferentes eventos de sedimentación y sus posibles edades, las cuales van desde el Mesozoico hasta el Reciente, y de 2 mil a 2500 metros de profundidad. De acuerdo con Lira (2005) la cuenca de Salton, abarca desde el Salton Sea en la porción sur del estado de California, Estados Unidos, hasta el Golfo de California.

Se calcula que hace aproximadamente cinco millones de años en el Mioceno, el sistema de fallas de San Andrés se volvió a activar dando como resultado la formación del Protogolfo de California y el desprendimiento del macizo continental de la parte correspondiente a la actual península de Baja California (Gastil y cols., 1975). Hoy en día, la separación de la península continua a un promedio de 4.9 cm al año (Sarychikhina, 2003; Cruz-Castillo, 2002).

Diversos estudios realizados en el valle de Mexicali señalan que las aguas marinas del antiguo protogolfo llegaban hasta el límite norte del ahora conocido Salton Sea. Además, se ha documentado que después de iniciarse el proceso de separación de la península y la expansión del actual Golfo de California, el Río Colorado comenzó el proceso de conducción y descarga de sedimentos, permitiendo así la nivelación de la Depresión de Saltón y la conformación paulatina del Delta del Colorado.

Durante el Pleistoceno se presentaron cuatro períodos glaciares y sus respectivos períodos interglaciares (Derruau, 1970) en esos largos espacios de tiempo, el Río Colorado presentó una gran dinámica, desde enormes avenidas que conducían importantes cantidades de carga de sedimentos, provocando la formación de bancos o bordos que hacían que la corriente divergiera o cambiará su cauce formando cuerpos de agua. En ocasiones estos cuerpos de agua eran alimentados constantemente por el mismo río, sin embargo, en otras épocas se interrumpía su flujo y estos cuerpos de agua se empezaban a desecar por evaporación y falta de suministro de agua dulce⁵.

⁵ Un ejemplo de esto es el Lago Cahuilla, según Singer (1998) este cuerpo de agua fue posiblemente uno de los más grandes lagos dulces en el pasado que podría haber llegado a tener una superficie de 3320 Km², ocupando parte del valle de Mexicali.

A manera de resumen puede señalarse que el municipio de Mexicali y en particular el valle se encuentran enclavados en una cuenca de origen tectónico con episodios de procesos erosivos, de acumulación de sedimentos y de inundaciones pluviales y marinas que le han dado la forma y estructura que actualmente posee. A continuación se describe en mayor detalle el tipo de rocas características del valle de Mexicali, abordando dos secciones: la geología superficial y la geología del subsuelo.

Geología superficial

De acuerdo con la información de Lira (2005), el valle de Mexicali se encuentra ubicado en una cuenca tectónica con una profundidad aproximada de 5200 metros. Esta cuenca es originada por el escalonamiento en dirección noreste de las fallas Cucapá, Cerro Prieto y Michoacán junto con la falla imperial del lado oriental, es decir, se origina por el desplazamiento de las fallas que rodean el valle de Mexicali.

La capa superficial de la cuenca está compuesta de sedimentos aluviales y deltaicos de edad reciente -plio-cuaternarios- que fueron aportados principalmente por el Río Colorado. Estos sedimentos están compuestos por conglomerados y depósitos no consolidados de arena, grava, arcilla, limo y cantos rodados que en conjunto alcanzan un espesor de 2500 metros (Lira, 2005).

También afloran en la superficie otro tipo de rocas de diferentes edades y que en orden de mayor a menor edad son: rocas prebatolíticas, rocas batolíticas y rocas posbatolíticas.

Las rocas prebatolíticas, se localizan al oeste del Campo Geotérmico Cerro Prieto (CGCP). Son metasedimentos, los más antiguos de la región de edades Pérmico-Jurásico compuestas por gneis cuarzofeldespáticos, esquistos de cuarzo-mica, mármoles, anfibolitas y cuarcitas.

Las rocas batolíticas, son rocas intrusivas que forman parte del Batolito Peninsular que es la estructura principal de toda la península de Baja California, y están representadas por tonalitas del Jurásico-Cretácico (Jkt), que se encuentran intrusionando a las rocas metamórficas paleozoicas, además de granitos y granodioritas del Cretácico Inferior (Kgd), los cuales afloran en su mayor parte en la Sierra Cucapá.

Las rocas post-batolíticas, están representadas por dacitas y andesitas miocénicas localizadas en la porción norte de la Sierra Cucapá. Se presentan en forma de domos riodacíticos forman la estructura volcánica de Cerro Prieto, la cual consta de dos centros eruptivos que se superponen. Ambos domos están asociados a flujos e intrusiones riodacíticas con una edad de 110 mil a 10 mil años.

Geología del subsuelo

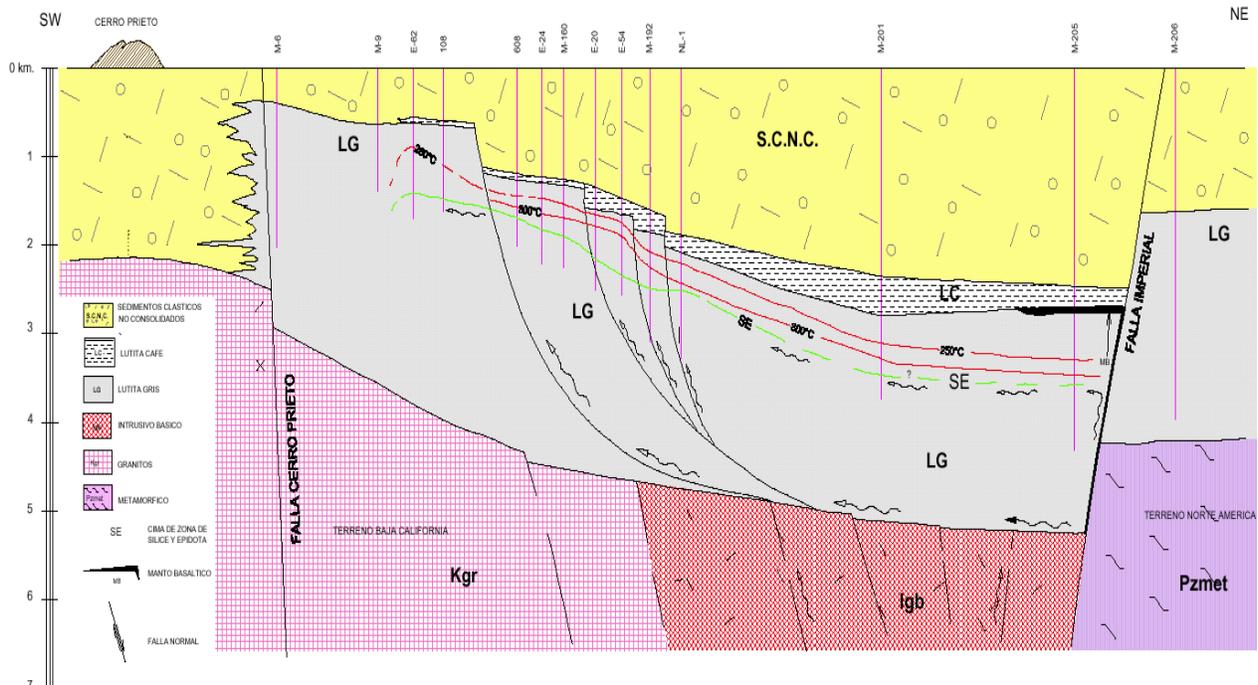
Con base en la información obtenida con la perforación de 321 pozos hasta el 2004, así como el análisis mineralógico, Lira (2005) define cinco unidades litológicas: el Basamento, la Lutita Gris (LG), la Lutita Café (LC), las Lodolitas y los sedimentos clásticos no consolidados (SCNC)

El Basamento está compuesto por tres secciones. La primera sección, denominada por Lira (2005) Terreno Norteamericano está compuesta por rocas metamórficas (Pzmet) que son las más antiguas de edad (Paleozoico-Mesozoico). La segunda sección denominada Terreno Baja California, representado por rocas graníticas del Cretácico (Kgr) y la última sección del

basamento la formación denominada Intrusivo Máfico compuesta por roca intrusiva de composición básica de probable edad Terciario Superior-Plioceno (ver figura 4).

Sobre este basamento, se extiende una unidad de Lutita Gris formada a partir de sedimentos continentales que rellenaron la cuenca tectónica. La unidad está compuesta por lutitas y lutitas limolíticas que varían de color gris claro a negro, con intercalaciones de areniscas, que en conjunto dan un espesor promedio, para toda la unidad, de 3000 metros. Por su posición estratigráfica se le ha asignado una edad tentativa del Terciario, probablemente Mioceno Tardío.

Figura 4. Sección geológica.



Fuente: Tomado de Lira (2005).

Otra unidad del subsuelo que descansa sobre la lutita gris, es una lutita café, la cual presenta intercalaciones de areniscas y arenas muy permeables de color crema, clasificadas de medianamente a bien, cementadas principalmente por carbonatos, con espesores variables propios de ambientes de alta energía. El espesor de esta unidad varía desde unos cuantos metros hasta 500 m.

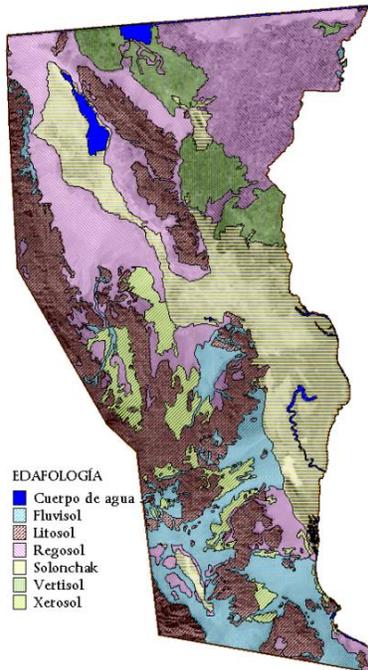
Sobre las lutitas grises y café sobreyace una formación de Lodolitas. Su distribución es muy errática. Presentan un típico color café con intercalaciones ocasionales de arenas y gravas pobremente consolidadas.

Por último sobreyaciendo a las unidades anteriores, se localizan sedimentos clásticos no consolidados, los cuales están compuestos por arcillas, limos, arenas y escasas gravas, con espesores que varían desde los 400 m hasta los 2500 m de edad posible del Cuaternario no diferenciado. Estos materiales no consolidados son lo que han formado el Delta del Río Colorado.

Edafología

El suelo con mayor distribución en el municipio es el litosol (23.54%) ubicado en las formaciones serranas. En segundo lugar se encuentra el regosol (22.67%) el cual se distribuye en la zona de bajada con lomerío y en el valle de Mexicali. El vertisol se distribuye en la porción poniente del valle y abarca 7.89% de la superficie municipal. El solonchak cubre 15.89% del municipio y se distribuye en las depresiones topográficas alrededor de la laguna Salada y en el sureste en las proximidades al Golfo de California (ver figura 5).

Figura 5. Edafología.



Fuente: Elaboración propia.

Los litosoles son suelos poco desarrollados tienen poco espesor (menor de 10 centímetros) debido a su distribución sobre roca dura e incluso en varios lugares son parte de la roca misma, presentan una estructura muy débil y una textura media, arenosa y gravosa, por lo tanto su permeabilidad fluctúa de alta a muy alta (INEGI, 1995).

Los regosoles son suelos poco profundos (menos de 50 centímetros), se localizan sobre las zonas de montaña y están limitados por roca (fase lítica); el resto son suelos profundos (mayor de 1 metro) sobre los terrenos planos, algunos presentan altas concentraciones de sales de sodio (fase sódica) como sucede en las proximidades del Río Colorado. Son característicos de la roca origen, sin desarrollo de textura arenosa o gravosa y de muy alta permeabilidad (INEGI, 1995).

Los suelos solonchack son producto de altas temperaturas, aguas salobres y depósitos aluviales finos y gruesos. Por lo tanto, su característica más relevante es la alta concentración de sales. Son suelos profundos, sin embargo, sobre el delta del Río Colorado son de baja permeabilidad, debido a su estructura fuerte y textura fina, presentan además altas concentraciones de tipo de sal de sodio (fase sódica). (INEGI, 1995).

Los vertisoles, son formados a partir de depósitos superficiales de textura fina, en clima árido y semiárido, con vegetación de gramíneas altas o de bosque espinoso, en zonas planas o de pendientes suaves y poca altura. Este suelo presenta grietas en tiempos secos y se expanden con la humedad.

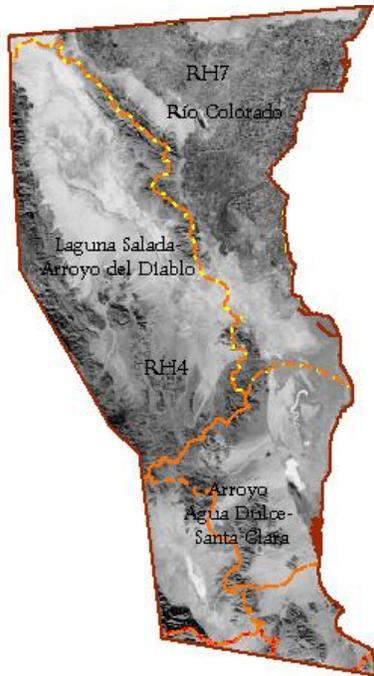
Hidrología

En el municipio de Mexicali convergen dos regiones hidrológicas, la región hidrológica número 4 o Baja California Noreste y la región hidrológica 7 o Río Colorado. Cada una de estas regiones se encuentra integrada por una serie de cuencas y subcuencas, como se describe en los siguientes párrafos.

De la región hidrológica 7, la cuenca del Río Colorado abarca la porción noreste del municipio, cuenta con una superficie de 5,052.625 km². El rasgo hidrológico más importante de esta cuenca es el Río Colorado, el cual nace en los Estados Unidos recorre 185 km en territorio

mexicano y desemboca en el Golfo de California, sirviendo como límite internacional entre México y Estados Unidos, y como límite territorial entre los estados de Sonora y Baja California.

Figura 6. Regiones hidrológicas.



Fuente: Elaboración propia.

El Río Colorado es la principal corriente de la entidad y representa tanto para el valle como para el resto del estado de Baja California la principal fuente del recurso agua con una aportación anual de 1,850.234 millones de m³. Las obras hidráulicas de mayor importancia que permiten aprovechamiento de este cuerpo de agua son la presa derivadora José Ma. Morelos y una numerosa red de canales constituida por 470 km de canales principales, 2,432 km de canales secundarios y 1,662 km de drenes destinados principalmente para el uso agrícola (INEGI, 1995, CEA, 2008).

Por su parte, la región hidrológica 4 o Baja California Noreste (Laguna Salada), abarca gran parte de la superficie municipal. Está conformada por las cuencas Arroyo Agua Dulce-Santa Clara y Laguna Salada-Arroyo del Diablo, sus aguas son vertidas al Golfo de California y a la Laguna Salada.

La cuenca Arroyo Agua Dulce-Santa Clara, se localiza en la parte sur del municipio, con una superficie de 7,862.186 km².

El arroyo Taraiso representa uno de los escurrimientos más importantes de esta cuenca, nace entre los límites de las sierras de Juárez y San Pedro Mártir, en su trayectoria recorre 40.25 km hasta verter sus aguas en la depresión La Salada en el valle de Santa clara, posteriormente atraviesa Valle Chico y se le suman otros afluentes hasta desembocar en el Golfo de California. El escurrimiento medio anual de esta zona se ha calculado en 39.529 millones de m³.

La cuenca Laguna Salada-Arroyo del Diablo se localiza en la porción noroeste del municipio, con una superficie de 7,481.55 km² se considera una cuenca cerrada donde el drenaje es deficiente y origina la formación de lagunas y médanos, sin que el escurrimiento logre desembocar en el Golfo de California. Lo anterior debido a que presenta lejanía con respecto a la costa y escasez de agua en los cauces. El drenaje más distintivo está formado por el arroyo Grande que nace en el cerro La Noche y finaliza su recorrido en la Laguna Salada, fluyendo luego hacia el norte. El agua superficial se ha calculado en 40.902 millones de m³ anuales.

Aguas subterráneas

En lo que respecta a las aguas subterráneas, el acuífero del valle de Mexicali es el de mayor capacidad del estado de Baja California y el más importante por su volumen de explotación. Es un acuífero de tipo libre, presenta una recarga media anual de 700 millones de m³; recibiendo aportaciones subterráneas del canal Todo Americano, localizado al sureste del valle Imperial en California; recargas subterráneas del Valle de Yuma, Arizona, ambos en los Estados Unidos (CEA, 2008).

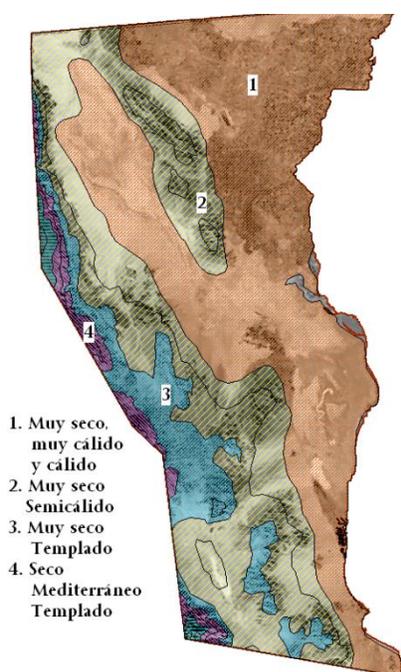
El acuífero presenta un nivel de extracción de 719 millones de m³, lo que crea un déficit o sobreexplotación de 19 millones de m³ (CEA, 2008). Esta operación se realiza mediante un

total de 1081 pozos de los cuales 192 (17.8%) se destinan al uso agrícola, 80 (7.4%) para abastecimiento de agua potable a los centros de población, 685 más (63.3%) para cubrir las necesidades del uso doméstico-abrevadero y los 124 pozos restantes (11.5%) son utilizados por el sector industrial. Los pozos utilizados por el sector industrial corresponden a los que se localizan en el campo geotérmico Cerro Prieto y debido a que explotan niveles profundos en rocas fracturadas se considera que pertenecen a otra unidad acuífera (CEA, 2008).

Climatología

En el municipio de Mexicali predominan los climas de tipo muy secos, son climas extremosos, con temperaturas máximas, principalmente durante los meses de julio y agosto donde la evaporación excede en gran medida a la precipitación. Este tipo de clima se subdivide en dos subtipos el semicálido y el templado. A continuación se detallan los principales subtipos que caracterizan al municipio.

Figura 7. Clima.



Fuente: Elaboración propia.

Muy seco muy cálido y cálido (lluvia de verano): Las lluvias en estos climas son en verano, aunque también se presentan en invierno mínimamente. La precipitación total anual se encuentra alrededor de 40 a 60 mm. Septiembre es el mes en el que se registra mayor precipitación, mientras que los meses más secos son mayo y junio. Las temperaturas medias más altas se presentan en julio y agosto apenas menores a 32 °C y la mínima mensual se presenta en enero y oscila entre 11 y 14 °C (CEA, 2008).

Muy seco semicálido (lluvias de invierno): Este tipo de clima se distribuye a lo largo de la parte este del municipio de Mexicali. Es el más cálido de los climas muy secos, con lluvia invernal en la entidad. El mes de mayor precipitación es diciembre con un promedio mensual de 25 a 30 mm, siendo los meses más secos mayo, junio y julio, con promedio de precipitaciones en orden de décimas de milímetro. En cuanto a las temperaturas, registra una temperatura media anual entre los 18 y 22 °C, las medias mensuales más elevadas se presentan en los meses de julio y agosto, superiores a los 25 °C, mientras que el mes más frío es enero, con una media mensual apenas mayor a los 13 °C (CEA, 2008).

Muy Seco Templado (lluvia en invierno): Estos climas se distribuyen en la porción oriental de la sierra de Juárez y noreste de la sierra de San Pedro Mártir, donde las elevaciones sobre el nivel del mar oscilan entre 600 y 1300 m, en las porciones de mayor elevación de las sierras que bordean al Golfo de California. La temperatura en las porciones montañosas y las mesetas son más extremosas, en los meses de julio y agosto se tienen la máxima media mensual de 25 a 26 °C y la mínima de 6 a 7 °C en enero. La precipitación más alta se da en los meses de diciembre y enero, con medias de 15 a 20 mm en zonas de mayor elevación. Las mínimas se registran en los meses de mayo, junio y julio con medias menores a 1 mm (CEA, 2008).

Características de aspectos sociales

Origen y evolución del municipio

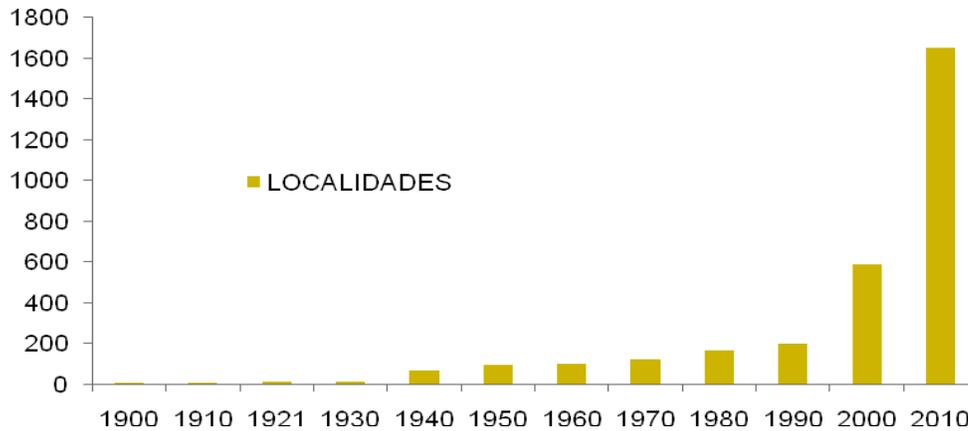
El origen de Mexicali se remonta a las últimas décadas del siglo XIX cuando se descubre el potencial agrícola del delta del Río Colorado e inicia el desarrollo de la región mediante la inversión estadounidense en infraestructura ferroviaria y de riego, para conformar a mediados del siglo XX un productivo valle algodonero. Este primer impulso permitió el surgimiento de las primeras localidades rurales a lo largo de las vías del ferrocarril.

Para los años treinta el cultivo del algodón había crecido de manera importante en la región a la par que se desarrollaba una industria básica ligada a este producto, así como la industria cervecera y de alimentos conformando una incipiente actividad industrial municipal. Con el reparto agrario iniciado a finales de esta década se generó una intensa migración nacional hacia la región con la proliferación de las localidades rurales distribuidas en toda la extensión del valle de Mexicali durante la siguiente década.

De los años cuarenta a los sesenta se intensificó la migración hacia el municipio debido al atractivo que representó el reparto agrario, como también por algunos elementos adicionales como la terminación del Programa Bracero entre México y Estados Unidos que regresó al territorio mexicano, en particular a las localidades fronterizas, un gran número de mexicanos desempleados. Por lo anterior, el crecimiento poblacional se intensificó, aunque éste se llevó a cabo principalmente en la ciudad de Mexicali, por lo que a partir de los cincuenta, empezó a predominar la población urbana sobre la rural en el municipio. Sin embargo, la carencia de suelo para el crecimiento ordenado conllevó a la proliferación de asentamientos informales, algunos de ellos en zonas no aptas, como el cauce y las márgenes del río. En este periodo, las acciones habitacionales se llevaron a cabo mediante autoconstrucción, por lo que a la par del crecimiento urbano desordenado e informal, en gran parte de los asentamientos predominaron las viviendas precarias o frágiles.

A mediados de los años sesenta, con la crisis en la agricultura y la sobreoferta de mano de obra urbana, surgen las primeras políticas de industrialización fronteriza que permitieron la llegada de capital estadounidense y el asentamiento de las primeras maquiladoras en la ciudad. Este proceso se intensificó durante las crisis económicas de los años ochenta y noventa cuando se llevó a cabo la apertura comercial y arancelaria que facilitó el arribo de capitales multinacionales al municipio y la distribución de industrias en una buena parte de la mancha urbana, generando un cambio en la estructura industrial y en la concentración de industrias de alto riesgo.

Durante las últimas décadas, la liberación del mercado de suelo y de la producción de la vivienda facilitó el desarrollo de megaproyectos habitacionales con la incorporación de grandes superficies de suelo a la mancha urbana. Un gran porcentaje de la población tuvo acceso a viviendas construidas con materiales resistentes, sin embargo, esto no fue el caso del empleo obrero, el cual junto con otros grupos de bajos ingresos sólo tuvo acceso a los programas de viviendas progresivas que dejan en manos de las familias la conclusión de la edificación y por ello se convierten en programas de autoconstrucción.

Gráfica 1. Número de localidades por período en el municipio.

Fuente: Elaboración propia a partir de INEGI varios años.

En estos últimos años de inicio del siglo XXI el escenario de crisis económica contrajo la actividad de algunos giros industriales, pero a la par abrió oportunidades para el arribo de nuevos capitales en el sector. Mientras que en el valle, la llegada de capitales estadounidenses en las últimas décadas representó un giro hacia la producción hortícola con un incremento en la mano de obra requerida y en el número de localidades rurales en el valle de Mexicali.

Actividades económicas

Actualmente la economía del municipio está sustentada en las actividades agrícola, ganadera, turística e industrial, plenamente diferenciadas en las tres principales zonas económicas: la ciudad, el valle y el puerto de San Felipe.

La industria es uno de los renglones más dinámicos de la economía de la región, con especial impacto en la ciudad de Mexicali donde se asienta gran parte de la actividad. Del total de industrias manufactureras del municipio, tres ramas concentran más de la mitad de los establecimientos: la industria de alimentos ocupa el primer lugar en cuanto con 30% de los establecimientos (30%), en segundo lugar se encuentra la fabricación de productos metálicos (17%), luego la industria de bebidas y de tabaco (10%) (INEGI, 1999). La industria eléctrica se ha desarrollado a través de la geotérmica y con la instalación de plantas termoeléctricas para exportación de energía

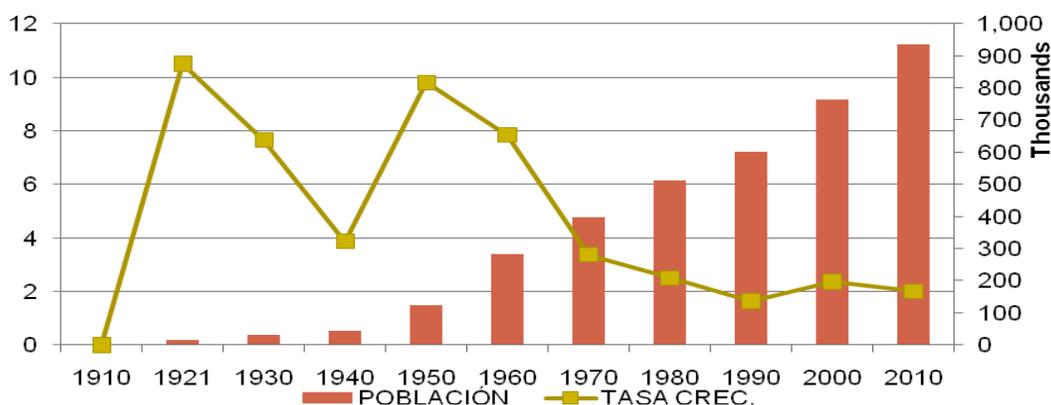
En el valle de Mexicali, la agricultura de riego es relevante con el cultivo de trigo, cebada, algodón, alfalfa, avena, ajonjolí, cártamo, sorgo forrajero, rye grass, hortalizas para exportación y consumo regional; Otros cultivos son sandía, melón, maíz, elote, vid, nopal y frijol, que han facilitado la presencia de agroindustrias y empaques de granos y alimentos. Por su parte, en menor extensión que la agricultura, se desarrolla la ganadería con diferentes especies pecuaria; otra de las actividades que cobra relevancia es la explotación de colmenas y producción de miel y cera.

La actividad pesquera se lleva a cabo tanto en agua dulce como en agua salada. La primera en los cuerpos de agua dulce del valle de Mexicali, mientras que la segunda se lleva a cabo principalmente en las aguas del golfo de California, destacando el puerto de San Felipe. Este lugar es también el punto de atractivo turístico municipal que recibe la mayor afluencia turística.

Dinámica poblacional y espacial

El municipio de Mexicali se caracteriza por un crecimiento demográfico intenso. Del período comprendido entre 1910 y 2010, la población municipal se multiplicó 661 veces. De esta etapa sobresalen los años sesenta con una tasa de crecimiento promedio anual de 7.8 por ciento; mientras que entre los años 2000 y 2010, ésta fue de 2 por ciento. Como se observa en la gráfica 2, la tasa de crecimiento se estabilizó a partir de los años setenta con un ligero descenso en décadas subsecuentes. En los años setenta la población municipal ascendía a 281,333 habitantes y para el año 2010 se triplicó.

Gráfica 2. Crecimiento de la población en el municipio de Mexicali 1910- 2010.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de INEGI varios años.

Distribución de la población

La superficie del territorio municipal es de 13,935.61 km², en ella se distribuyen 936,826 habitantes (INEGI, 2010) con una densidad de 67 habitantes por kilómetro cuadrado, sin embargo, la densidad no es homogénea en el territorio, al contrario, la población se concentra en pocas localidades, mientras que grandes superficies se encuentran despobladas.

En el año 2010 se registraron 1,650 localidades en la extensión municipal, 99% de ellas son rurales y el 1% restante son urbanas y semiurbanas (INEGI, 2010). Sin embargo, de cada 100 habitantes 89 pertenecen a localidades urbanas y semiurbanas y sólo 11 pertenecen a localidades rurales.

En la ciudad y en las tres localidades conurbadas a ésta (Progreso, Santa Isabel y Puebla) se concentra 79.7% de la población municipal; otras localidades urbanas son Guadalupe Victoria y San Felipe cada una con 1.8% de la población municipal. Mientras que las localidades semiurbanas son Ciudad Morelos, Venustiano Carranza, Ciudad Coahuila, Vicente Guerrero, Hermosillo, Benito Juárez, Nuevo León, Paredones y Michoacán de Ocampo que, en conjunto, albergan 5% de la población municipal (ver tabla 1).

Tabla 1. Población en localidades semiurbanas y urbanas.

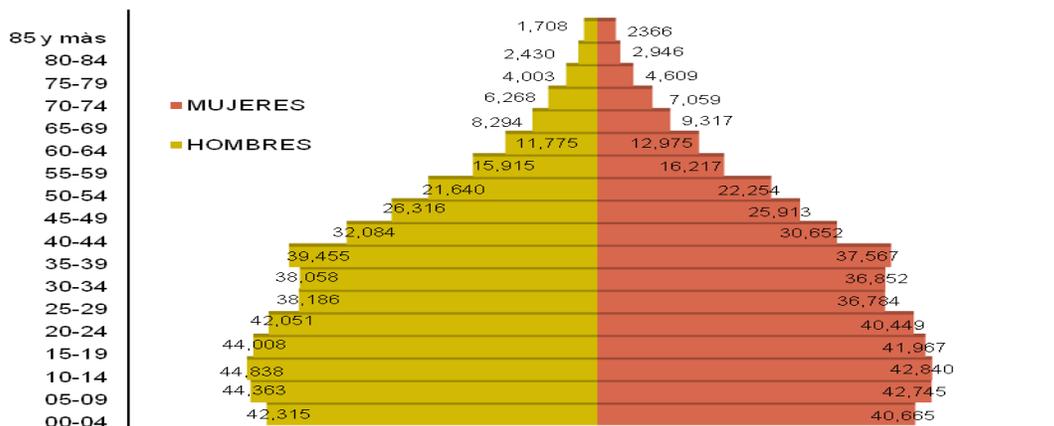
TIPO	LOCALIDAD	HABITANTES	% POBLACIÓN MUNICIPAL
URBANA	MEXICALI (SANTA ISABEL, PUEBLA y PROGRESO)	746811	79.7%
URBANA	CIUDAD GUADALUPE VICTORIA (KM. 43)	17119	1.8%
URBANA	SAN FELIPE	16702	1.8%
SEMIURBANA	CIUDAD MORELOS (CUERVOS)	8243	0.9%
SEMIURBANA	COLONIA VENUSTIANO CARRANZA (LA CARRANZA)	6098	0.7%
SEMIURBANA	CIUDAD COAHUILA (KM. 57)	5617	0.6%
SEMIURBANA	VICENTE GUERRERO (ALGODONES)	5474	0.6%
SEMIURBANA	DELTA (ESTACIÓN DELTA)	5180	0.6%
SEMIURBANA	EJIDO HERMOSILLO	5101	0.5%
SEMIURBANA	BENITO JUÁREZ (EJIDO TECOLOTES)	4167	0.4%
SEMIURBANA	NUEVO LEÓN	3655	0.4%
SEMIURBANA	POBLADO PAREDONES	3332	0.4%
SEMIURBANA	MICHOACÁN DE OCAMPO	3086	0.3%
	TOTAL	830585	88.7%

Fuente: Elaboración propia a partir de INEGI (2010).

Características de la población

La población del municipio de Mexicali representa un 30% del total del estado de Baja California y se distribuye en 265,805 viviendas, resultando un promedio de 3.52 ocupantes por vivienda (INEGI, 2010). De esta población 50.51% son hombres y 40.49 son mujeres y se distribuyen en los grupos de edades que se muestran en la gráfica 3 donde se observa el predominio de la población joven-adulta en un bloque más o menos homogéneo de 30 a menos años de edad.

Gráfica 3. Mexicali 2010. Pirámide poblacional por edad y sexo.



Fuente: Elaboración propia a partir de INEGI (2010).

Los principales grupos de edad municipal en el 2010 se manifiestan de la siguiente manera: el 27.51% tienen edades de 0 a 14 años, mientras que 62.59% son jóvenes y adultos de con

edades de 15 a 59 años y el 7.87% restante son adultos mayores (de 60 años y más). La edad mediana de la población del municipio es de 27 años; 27 las mujeres y 26 los hombres.

Aspectos socioeconómicos

La población económicamente activa representa el 43% del total municipal, mientras que la población ocupada abarca el 41% de la población total. Este indicador tuvo un descenso con respecto al 2005 cuando se presentaron los niveles de pobreza que se muestran en la tabla 2, donde se observa que Mexicali presenta el segundo lugar estatal en los distintos tipos de pobreza por ingresos y que al menos 10 de cada 100 habitantes presenta pobreza de patrimonio (Coneval, 2005).

Tabla 2. Niveles de pobreza municipal.

Municipio	Pobreza por ingresos		
	Pobreza alimentaria	Pobreza de capacidades	Pobreza de patrimonio
Mexicali	1.5	2.6	10.3
Tecate	1.0	1.8	8.1
Tijuana	0.5	1.1	7.1
Playas de Rosarito	0.9	1.8	8.8
Ensenada	3.7	5.5	14.3

Fuente: Coneval (2005).

Por su parte, en materia de rezago social de la población, el municipio presenta niveles muy bajos, con excepción de los indicadores de educación básica, derechohabiencia a servicios de salud y la disposición de ciertos bienes en la vivienda.

Tabla 3. Indicadores de rezago e índice de rezago de los municipios de Baja California 2005.

Municipio	Mexicali	Tecate	Tijuana	Playas de Rosarito	Ensenada
% de población de 15 años o más analfabeta	2.88	3.6	2.52	3.45	5.05
% de población de 6 a 14 años que no asiste a la escuela	3.63	3.71	5.1	4.58	6.16
% de población de 15 años y más con educación básica incompleta	35.29	44.89	39.48	46.8	42.11
% de hogares con población de 15 a 29 años, con algún habitante con menos de 9 años de educación aprobados	26.13	35.32	34.27	42.53	35.58
% de población sin derechohabiencia a servicios de salud	29.89	31.76	38.56	48.25	35.45
% de viviendas particulares habitadas con piso de tierra	2.53	3.13	3.81	2.8	3.72

Tabla 3. (Continuación).

% de viviendas particulares habitadas que no disponen de excusado o sanitario	8.58	13.71	13.11	17.4	8.83
% de viviendas particulares habitadas que no disponen de agua entubada de la red pública	2.87	15.3	4.49	22.43	8.47
% de viviendas particulares habitadas que no disponen de drenaje	8.88	7.84	4.43	5	17
% de viviendas particulares habitadas que no disponen de energía eléctrica	7.9	15.14	11.95	17.49	9.69
% de viviendas particulares habitadas que no disponen de lavadora	18.55	28.82	33.59	38.79	28.87
% de viviendas particulares habitadas que no disponen de refrigerador	9.67	18.1	16.71	21.5	18.77
Promedio de ocupantes por cuarto	-0.06	0	0.04	0.1	-0.02
Índice de rezago social	-1.4993	-1.1267	-1.15234	-0.80672	-1.11803
Grado de rezago social	Muy bajo				

Fuente: Coneval (2005).

Vulnerabilidad social

En la realización de estudios de riesgo es necesario abarcar dos grandes campos: el peligro y la vulnerabilidad. La experiencia en la evaluación de los desastres en México ha mostrado que las zonas socialmente más desprotegidas, también resultan ser las más afectadas por la acción de los fenómenos naturales o antropogénicos (Cenapred, 2004a:329).

La vulnerabilidad a un peligro, de acuerdo con la metodología Cenapred (2006a) consta de dos elementos principales: el índice de vulnerabilidad física (IVF) que considera las características de la vivienda que permiten resistir a los eventos; y el índice de vulnerabilidad social (IM) que expresa las condiciones socioeconómicas de la población, la capacidad de prevención y respuesta de las unidades de protección civil y la percepción local del riesgo. En este apartado se muestran los resultados obtenidos en el cálculo de la vulnerabilidad social para la ciudad de Mexicali⁶.

Índice de vulnerabilidad social

Cenapred (2004a:340) considera como vulnerabilidad social al “conjunto de características sociales y económicas de la población que limita la capacidad de desarrollo de la sociedad; en conjunto con la capacidad de prevención y respuesta de la misma frente a un fenómeno y la percepción local del riesgo de la misma población”. Siguiendo esta lógica, el cálculo del índice de vulnerabilidad social (IM) a partir de la metodología de Cenapred (2006a), incluye tres principales elementos: la vulnerabilidad socioeconómica de la población, la capacidad de prevención y respuesta de los organismos encargados de la protección civil, y la percepción social del riesgo.

⁶ El cálculo de la vulnerabilidad física para cada peligro se muestra en el apartado correspondiente a cada uno de ellos.

El impacto que los peligros del entorno tienen en una comunidad específica en un momento dado depende, en parte, de la intensidad del agente destructivo involucrado, pero también de la capacidad que la comunidad tiene de enfrentar, resistir y recuperarse del encuentro con estas amenazas, es decir, de la vulnerabilidad social.

La vulnerabilidad es un proceso complejo que implica el debilitamiento o la pérdida de resiliencia de una comunidad ante los peligros del entorno (naturales o sociales) en que vive y, aunque está vinculada a procesos sociales y económicos que se llevan a cabo en otras escalas y tiempos, se materializa en un conjunto de condiciones inseguras o características de la población que la hacen susceptible de ser afectada o sufrir daños.

Para Cenapred (2006a) la vulnerabilidad social se encuentra asociada a tres principales elementos o condiciones: las condiciones socioeconómicas (como posibilidad de organización y capacidad de recuperación de un desastre), la capacidad de respuesta de las autoridades encargadas de llevar a cabo las tareas de atención a la emergencia y rehabilitación y la percepción del riesgo.

Para obtener el grado de vulnerabilidad social (GVS), de acuerdo con Cenapred es necesario evaluar la vulnerabilidad socioeconómica (VSE), la vulnerabilidad por capacidad de respuesta (VCPR) y la vulnerabilidad por percepción local del riesgo (VPLR), asignando a la primera una ponderación de 0.5 y a las otras de 0.25.

$$GVS = (VSE * 0.50) + (VCPR * 0.25) + (VPLR * 0.25)$$

El cálculo del índice de vulnerabilidad social (IM) a partir de los temas de vulnerabilidad socioeconómica, capacidad de prevención y respuesta local y percepción local del riesgo a escala urbana, mostró que el municipio de Mexicali tiene un grado de vulnerabilidad social baja (GVS=0.22, IM=2).

Tabla 4. Índices de vulnerabilidad social.

IM	GVS	Grado de vulnerabilidad social ante desastres
1	De 0 a 0.20	Muy bajo (MB)
2	De 0.21 a 0.40	Bajo (B)
3	De 0.41 a 0.60	Moderado (M)
4	De 0.61 a 0.80	Alto (A)
5	Más de 0.80	Muy alto (MA)

Fuente: Cenapred (2004a).

El cálculo del IM o el grado de vulnerabilidad social (GVS) por AGEB no mostró una diferenciación espacial en el municipio, debido a que predomina el nivel 2 o vulnerabilidad baja tanto en la ciudad como en las localidades del valle y San Felipe. A continuación se describen los componentes de la vulnerabilidad social.

Vulnerabilidad socioeconómica

La vulnerabilidad socioeconómica se calculó con información del Censo de Población y Vivienda de INEGI y datos de CONAPO, a partir de 18 indicadores sobre los temas de salud (S), educación (E), vivienda (V), empleo e ingreso (EI) y población (P).

En general, el municipio de Mexicali presenta una vulnerabilidad socioeconómica muy baja (0.05), obteniendo en casi todos los indicadores un nivel muy bajo de VSE, excepto en el grado promedio de escolaridad, la razón de dependencia y la densidad poblacional, en los cuales obtuvo un nivel bajo de VSE.

Tabla 5. Indicadores de VSE municipales.

CLAVE	INDICADORES	Vulnerabilidad
S1	Proporción de médicos por cada 1000 habitantes	MB
S2	Tasa de mortalidad infantil	MB
S3	Porcentaje de la población no derechohabiente	MB
E1	Porcentaje de analfabetismo	MB
E2	Porcentaje de demanda de educación básica	MB
E3	Grado promedio de escolaridad	B
V1	Porcentaje de viviendas sin servicio de agua entubada	MB
V2	Porcentaje de viviendas sin drenaje	MB
V3	Porcentaje de viviendas sin servicio de electricidad	MB
V4	Porcentaje de viviendas con paredes de material de desecho y lámina de cartón	MB
V5	Porcentaje de viviendas con piso de tierra	MB
V6	Déficit de vivienda	MB
EI1	Porcentaje de población ocupada que recibe menos de dos salarios mínimos	MB
EI2	Razón de dependencia	B
EI3	Tasa de desempleo abierto	MB
P1	Densidad de población	MB
P2	Porcentaje de la población de habla indígena	MB
P3	Dispersión poblacional	B
VSE	Muy baja	0.07

Fuente: Elaboración propia.

Con respecto a la distribución de la vulnerabilidad socioeconómica por localidad se encontró que 94% de las localidades presentan una VSE muy baja y el 6% restante una vulnerabilidad baja (ver tabla 6). Mientras que en la evaluación por AGEB de las localidades urbanas y semiurbanas del municipio se encontró que 97% de ellas presentan VSE muy baja y 3% baja.

Tabla 6. Grado de VSE.

GVSE	LOCALIDADES (2010)	AGEB
MB	1555	291
B	94	9
M	1	0
TOTAL	1650	300

Fuente: Elaboración propia.

Vulnerabilidad por percepción local del riesgo

La percepción del riesgo por parte de la población es un tema fundamental en materia de protección civil porque se entiende que una población que identifica los peligros del entorno, se mantiene informada y sabe qué hacer en caso de alguna emergencia, tiene mayor posibilidad de asumir una postura preventiva y de reaccionar de manera adecuada antes, durante y después de la emergencia.

En este sentido, la percepción del riesgo, como nivel de conocimiento de los peligros del entorno y de las medidas para evitar ser afectado por la incidencia de agentes perturbadores (naturales o antropogénicos), incide en dos escalas, por un lado influye en el nivel de protección personal y familiar; por otro lado, se relaciona con la disminución de una posible amplificación del riesgo por pánico, descontrol y caos masivo durante y después de la emergencia.

Para evaluar la vulnerabilidad por percepción local del riesgo (VPLR) Cenapred (2006a) propone obtener información de la comunidad por medio de un cuestionario que contiene 25 preguntas básicas⁷. Con base en lo anterior, en el municipio de Mexicali se calcularon dos muestras, una representativa de la ciudad y otra del resto del municipio⁸ (valle y San Felipe) de tamaño 385 y 400 respectivamente⁹, consecuentemente, los resultados de la ciudad y de valle-San Felipe serán analizados por separado.

Tabla 7. Evaluación de la percepción del riesgo.

No	Pregunta	A	B	C	ciudad	Valle y San Felipe
1	¿Dentro de los tipos de peligros que existen, cuántos tipos de fuentes identifica en su localidad? (Tabla 8)	1 a 9	10 a 21	22 - más	0.75	0.66
		1	0.5	0		
2	Respecto a los peligros mencionados en la pregunta No.1 ¿Sabe si ha habido emergencias asociadas a estas amenazas en los últimos años?	Si	No sé	No	0.84	0.66
		0	1	1		
3	¿Considera que un fenómeno natural se puede convertir en desastre?	Si	No sé	No	0.50	0.50
		0	1	1		
4	¿Considera que su vivienda está localizada en un área susceptible de amenazas?	Si	No sé	No	0.38	0.41
		0	1	1		
5	¿Ha sufrido la pérdida de algún bien a causa de un fenómeno natural?	Si	No sé	No	0.86	0.84
		0	1	1		
6	En caso de que recuerde algún desastre, los daños que se presentaron en su comunidad fueron:	Bajo	Medio	Alto	0.26	0.32
		0	1	1		
7	¿Alguna vez ha quedado aislada su comunidad a causa de la interrupción vial de comunicación, por algunas horas, debido a algún tipo de fenómeno?	Si	No sé	No	0.96	0.76
		0	1	1		
8	¿Cree que en su comunidad se identifican los peligros?	Si	No sé	No	0.50	0.50
		0	1	1		
9	¿Conoce algún programa, obra o institución que ayuda a disminuir efectos de fenómenos naturales (construcción de bordes, presas, terraza, sistemas de drenaje, sistemas de alertamiento, etc.?)	Si	No sé	No	0.98	0.96
		0	1	1		
10	¿Entre los centros educativos de su comunidad o municipio se han llevado a cabo campañas de información acerca de los peligros existentes?	Si	No sé	No	0.19	0.21
		0	1	1		
11	¿Alguna vez en su comunidad se han llevado a cabo campañas de información acerca de los peligros existentes?	Si	No sé	No	0.84	0.73
		0	1	1		

⁷ Para este trabajo se diseñó un cuestionario con 36 preguntas sobre percepción del riesgo y 20 sobre riquesiosis. Sin embargo, para la evaluación de VPLR se utilizarán sólo los datos recabados en las preguntas de Cenapred.

⁸ La encuesta se aplicó a comunidades de 100 a más habitantes del valle y San Felipe.

⁹ Ambas muestras fueron calculadas para hacer la estimación de proporciones con un nivel de confianza de 0.95 y que la proporción real esté a 0.05 de la estimada.

Tabla 7. (Continuación).

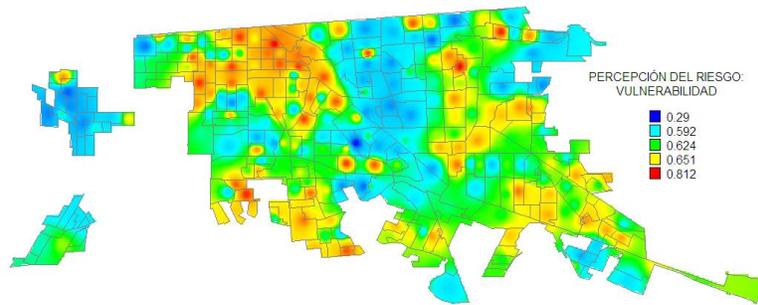
		RYT ¹⁰	MI ¹¹	NO ¹²		
12	En caso de haberse llevado a cabo campañas de información ¿Cómo se enteró?	0	0.5	1	0.89	0.86
		Si	No sé	No		
13	¿Ha participado en algún simulacro?	0	1	1	0.45	0.69
		Si	No sé	No		
14	¿Sabe a quién acudir en caso de emergencia?	0	1	1	0.15	0.40
		Si	No sé	No		
15	¿Sabe si existe en su comunidad algún sistema de alertamiento para dar aviso a la población sobre alguna emergencia?	0	1	1	0.95	0.95
		Si	No sé	No		
16	En caso de haber sido afectado a causa de un fenómeno natural ¿Se le brindó algún tipo de apoyo?	0	1	1	0.98	0.98
		Si	No sé	No		
17	¿Ha sido evacuado a causa de un fenómeno natural (inundación, sismo, erupción)?	0	1	1	0.96	0.94
		Si	No sé	No		
18	De acuerdo con experiencias anteriores, ¿Considera que su comunidad está lista para afrontar una situación de desastre tomando en cuenta las labores de prevención?	0	1	1	0.86	0.83
		Si	No sé	No		
19	¿Existe en su comunidad, localidad o municipio alguna organización que trabaja en la atención de desastres?	0	1	1	0.50	0.50
		Si	No se	No		
20	¿Conoce la existencia de la unidad de protección civil municipal?	0	1	1	0.50	0.50
		Si/Si	No/ Si	No/No		
21	¿Sabe donde está ubicada y qué función desempeña la unidad de protección civil?	0	1	1	0.52	0.66
		Si	No se	No		
22	¿Estaría preparado para enfrentar otro desastre como el que enfrentó?	0	1	1	0.55	0.63
		Si	No se	No		
23	¿Considera que su comunidad puede afrontar una situación de desastre y tiene la información necesaria?	0	1	1	0.86	0.83
		Mucho	Poco	Nada		
24	¿Qué tanto puede ayudar la unidad de protección civil? ¿Puede afrontar una situación de desastre y tiene la información necesaria?	0	1	1	0.52	0.66
		Si	No se	No		
25	¿Si usted tuviera la certeza de que su vivienda se encuentra en peligro estaría dispuesto a reubicarse?	0	1	1	0.16	0.11
		Si	No se	No		
	Promedio				0.64	0.64

Fuente: Elaboración propia.

El resultado de la evaluación permitió identificar una vulnerabilidad por percepción local del riesgo alta (VPLR =0.64), tanto para la ciudad como para el valle y San Felipe. En la explicación del nivel de vulnerabilidad a través de las variables se encuentra la escasa información acerca de los peligros del lugar, los cuales para gran parte de los habitantes no se han hecho evidentes en emergencias o desastres; la escasa información acerca de las acciones de mitigación de riesgos y de las medidas para prevenir desastres.

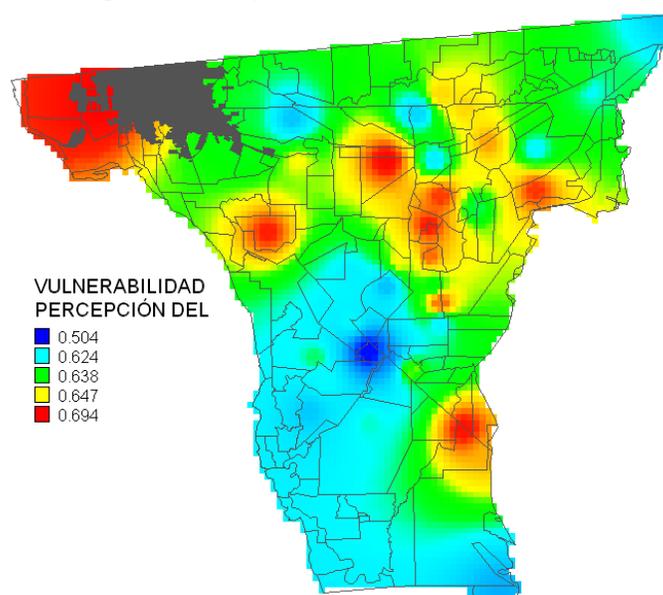
Con respecto a la distribución espacial de la VPLR se encuentra que en la ciudad, los niveles más altos de vulnerabilidad se encuentran en una porción noroeste de la mancha urbana, justo en una de las zonas más frágiles (ver figura 8).

¹⁰ Radio y televisión.¹¹ Medios impresos.¹² No se enteró o no hubo campaña.

Figura 8. Interpolación de VPLR en la ciudad.

Fuente: Elaboración propia.

Con respecto a la distribución espacial de la VPLR en el valle de Mexicali se observa que los ejidos y colonias agrícolas de la porción media presentan los niveles más altos. Adicionalmente se observa que la zona entorno a Cerro Prieto, donde se presentaron las consecuencias más severas del sismo del 4 de abril de 2010, presentan niveles menores de vulnerabilidad por percepción del riesgo (ver figura 9).

Figura 9. Interpolación de VPLR en el valle.

Fuente: Elaboración propia.

Algunos datos importantes obtenidos por le encuesta es que, si bien la comunidad señala que sabe a quién acudir en caso de emergencia, generalmente se refiere a su familia, vecinos o amigos y no precisamente a las autoridades encargadas de esta tarea. Desde la perspectiva de los habitantes, se señala que la comunidad no está preparada, como tampoco lo están las autoridades y la información que fluye es escasa.

Identificación de peligros

Para evaluar la identificación de peligros por parte de la comunidad, Cenapred provee una lista de 23 peligros (de tipo geológico, hidrometeorológico y químico-tecnológico) los cuales agrupa en tres rangos de respuesta. En el presente atlas se incorporaron peligros de tipo sanitario y

socio-organizativo hasta integrar una lista de 33 agentes o fenómenos perturbadores (tabla 8) por lo que fue necesario generar nuevos rangos de respuesta¹³.

Tabla 8. Clasificación de los peligros por tipo

TIPO	PELIGRO
GEOLÓGICOS	Sismos, Flujos de lodo, Deslizamientos o derrumbes de suelo, Agrietamientos, Hundimientos, Licuefacción, Maremotos, Volcanes
HIDRO-METEOROLÓGICOS	Ciclones, Tormentas eléctricas, Lluvias torrenciales y trombas, Inundaciones, Granizadas, Nevadas y Heladas, Vientos, Sequías, Frío intenso, Calor intenso, Erosión
QUÍMICOS	Incendios, Explosiones, Fugas y derrames de sustancias peligrosas, Radiación
SANITARIOS	Plagas, Epidemias, Contaminación del aire, Contaminación del suelo, Contaminación del agua, Polvo en el aire
SOCIO-ORGANIZATIVOS	Accidentes aéreos, Accidentes ferroviarios, Disturbios sociales, Terrorismo

Fuente: Elaboración propia.

A partir de la clasificación de los datos en los rangos propuestos se obtuvo que 51% de los encuestados de la ciudad y 41% del resto del municipio identificaron de 1 a 9 peligros; mientras que 47% de los encuestados urbanos y 50% del valle y san Felipe identificaron de 10 a 21; y sólo 2% de la ciudad y 9% del resto del municipio identificaron de 22 a más peligros de la lista.

Este indicador es relativo pues si bien los peligros señalados se presentan en el municipio, no todos ellos tienen la misma frecuencia, intensidad, área de afectación y potencial catastrófico, y por lo tanto, no todos forman parte de la memoria colectiva. Sin embargo con los datos obtenidos fue posible detectar el reconocimiento generalizado de ciertos peligros, como lo son: sismos, calor intenso, polvo en el aire, calidad de aire, frío intenso y vientos. Mientras que tienen un nivel medio de identificación las plagas, agrietamiento, contaminación del suelo y contaminación del agua. En cambio los peligros químico-tecnológicos y socio-organizativos son escasamente reconocidos (nivel bajo y muy bajo).

Capacidad de prevención y respuesta

Para conocer la capacidad de prevención y respuesta se entrevistó al secretario técnico de protección civil municipal y se le formularon las preguntas¹⁴ sugeridas por Cenapred (2006a). El cuestionario propuesto por Cenapred permite conocer los recursos, programas y planes con los que dispone la Unidad de Protección Civil Municipal (Umproc) en caso de una emergencia, para con ello, evaluar de forma general el grado en el que el municipio se encuentra capacitado para incorporar conductas preventivas y ejecutar tareas para la atención de la emergencia. Los datos obtenidos refieren a una condición de vulnerabilidad muy baja en este rubro la cual disminuyó con respecto a una evaluación realizada años atrás (Ley, 2007), esto fue porque se presentó un incremento en la capacidad de respuesta local, sobre todo a partir del sismo ocurrido el 4 de abril de 2010.

Mexicali cuenta con una Unidad Municipal de Protección Civil que nació en 1986 en el seno del Heroico Cuerpo de Bomberos como Departamento de Protección Civil¹⁵ y desde hace algunos

¹³ Cenapred sugiere rangos de 1 a 5 peligros, de 6 a 13 peligros y de 14 a más peligros. En este caso se utilizaron rangos de 1 a 9, de 10 a 21 y de 22 a más peligros.

¹⁴ Se adicionaron algunas preguntas a este cuestionario para integrar elementos contenidos en el reglamento de protección civil.

¹⁵ Reglamento de seguridad civil y prevención de incendios para el municipio de Mexicali, Baja California. Publicado en el Periódico Oficial No. 34, de fecha 10 de Agosto de 2001.

años se maneja de manera independiente en el cumplimiento de sus funciones y responsabilidades, las cuales se encuentran claramente definidas en el reglamento de protección civil municipal¹⁶, así como en el manual de operaciones de protección civil.

Tabla 9. Capacidad de prevención y respuesta

No.	Capacidad de prevención y respuesta	SI	NO
1	¿El municipio cuenta con una unidad de protección civil o con algún comité u organización comunitaria de gestión del riesgo que maneje la prevención, mitigación, preparación y atención a emergencias?	x	
2	¿Cuenta con algún plan de emergencia?	x	
3	¿Cuenta con un consejo municipal el cual podría estar integrado por autoridades municipales y representantes de la sociedad civil para que en caso de emergencia organice y dirija las acciones de atención a la emergencia?	x	
4	¿Existe una normatividad que regule las funciones de la unidad de Protección Civil (p.ej. manual de organización)?	x	
5	¿Conoce algún programa de apoyo para la prevención, mitigación y atención de desastres?	x	
6	¿Cuenta con algún mecanismo de alerta temprana?	x	
7	¿Cuenta con canales de comunicación (organización a través de los cuáles se pueda coordinar con otras instituciones, áreas o personas en caso de una emergencia)?	x	
8	¿Las instituciones de salud municipales cuentan con programas de atención a la población (trabajo social, psicológico, vigilancia epidemiológica) en caso de desastre?	x	
9	¿Tiene establecidas las posibles rutas de evacuación y acceso (caminos y carreteras) en caso de una emergencia y/o desastre?	x	
10	¿Tiene establecidos los sitios que pueden fungir como helipuertos?	x	
11	¿Tiene ubicados los sitios que pueden funcionar como refugios temporales en caso de un desastre?	x	
12	¿Tiene establecido un stock de alimentos, cobertores, colchonetas y pacas de lámina de cartón para casos de emergencia?	x	
13	¿Tiene establecido un vínculo con centros de asistencia social (DIF, DICONSA, LICONSA, etc.) para la operación de los albergues y distribución de alimentos, cobertores, etc.?	x	
14	¿Se llevan a cabo simulacros en las distintas instituciones (escuelas, centros de salud, etc.) sobre qué hacer en caso de una emergencia y promueve un Plan Familiar de Protección Civil?	x	
15	¿Cuenta con un número de personal activo?	x	
16	¿El personal está capacitado para informar sobre qué hacer en caso de una emergencia?	x	
17	¿Cuenta con mapas o croquis de su localidad que tengan identificados puntos críticos o zonas de peligro?	x	
18	¿Cuenta con el equipo necesario en su unidad para la comunicación tanto para recibir como para enviar información (computadora, internet, fax, teléfono, etc.)?	x	
19	¿Cuenta con acervos de información históricos de desastres anteriores y las acciones que se llevaron a cabo para atenderlos?	x	
20	¿Cuenta con equipo para comunicación estatal y/o municipal (radios fijos, móviles y/o portátiles)?	x	
21	¿Cuenta con algún Sistema de Información Geográfica (SIG) para procesar y analizar información cartográfica y estadística con el fin de ubicar con coordenadas geográficas los puntos críticos en su localidad?		x
22	¿Cuenta con algún sistema de Geo Posicionamiento Global (GPS) para georeferenciar puntos críticos en su localidad?		x
SUMA DE RESPUESTAS		20	2
23	¿Cuál es el grado promedio de escolaridad que tiene el personal activo?		
24	¿Qué actividades se realizan normalmente?		

¹⁶ Reglamento de protección civil de Mexicali, Baja California. Publicado en el Periódico Oficial No. 53, diciembre del 2004.

Fuente: Elaboración propia

El municipio cuenta con un Consejo Municipal de Protección Civil (Comuproc), organismo donde participan representantes de diversas dependencias municipales y miembros de la sociedad civil e interactúan principalmente a través del Comité de Planeación y Desarrollo del Municipio de Mexicali (Coplademm) estructurado en 10 mesas de trabajo coordinadas por un secretario técnico, un secretario ejecutivo el presidente municipal el consejo. Este consejo existe y se reúne de acuerdo con lo estipulado quedando constancia de ello en las actas resguardadas por la Umproc.

Tabla 10. Mesas que integran el Comuproc.

Mesa	Descripción
1	Evaluación de daños y análisis de necesidades
2	Salud
3	Evaluación aprovisionamiento y refugios temporales
4	Comunicación de emergencia
5	Seguridad y apoyo legal
6	Búsqueda, rescate, incendios y derrames o fugas de químicos
7	Servicios estratégicos, equipamiento y bienes
8	Reconstrucción inicial y vuelta a la normalidad
9	Comisión de apoyo nacional e internacional
10	Monitoreo, investigación y análisis de riesgos

Fuente: Elaboración propia.

Las actividades de protección civil se incluyen en el Plan de Desarrollo Municipal, las cuales persiguen los siguientes objetivos¹⁷:

1. Incidir en la cultura de la protección civil a través de la impartición de cursos de prevención.
2. Prevenir emergencias sísmicas mediante campañas de difusión.
3. Elaborar y difundir el atlas de riesgos.
4. Inspeccionar y validar la seguridad de los refugios temporales.
5. Coordinar programas educativos preventivos (capacitación de estudiantes para la evaluación de daños en viviendas).
6. Capacitar a brigadistas voluntarios de protección civil (empleados de industrias y a grupos voluntarios).
7. Evaluar periódicamente los niveles de seguridad civil a través de simulacros de evacuación.
8. Normatividad en seguridad civil (verificaciones y medidas obligatorias a establecimientos).
9. Fortalecer la coordinación para la prevención y atención de desastres (convenios de ayuda mutua y/o acuerdos de colaboración).
10. Reforzar el consejo municipal de protección civil en delegaciones.
11. Fortalecer la capacidad de atención de emergencias urbanas y protección civil (centro regional de capacitación, simulador sísmico, medir conocimiento general y aprendizaje).
12. Actualizar y difundir el plan de contingencias municipal.

La Umproc se encuentra integrada por 10 elementos (incluye al secretario técnico) capacitados como instructores y, algunos de ellos, con perfiles profesionales en el campo de la construcción, lo cual fortalece a la unidad en materia de inspección, control y vigilancia de las edificaciones previstas en el reglamento. Sin embargo, dadas la funciones atribuidas a la Unidad, el número

¹⁷ Información proporcionada por la Umproc.

de elementos es muy bajo e incluso el presupuesto asignado anualmente a la unidad resulta insuficiente, dado que en su mayoría cubre el pago de salarios, y se carece de recursos adicionales para abordar otras necesidades de la unidad como la adquisición de materiales, información, elementos y herramientas de apoyo al trabajo preventivo, equipos y programas de cómputo para una eficiente comunicación y manejo de información.

Entre los instrumentos para la toma de decisiones en caso de emergencia, la UMPROC cuenta con plan de contingencias el cual, de acuerdo con el secretario técnico, fue elaborado en 1965 y se actualiza de acuerdo a las necesidades. Adicionalmente, el reglamento prevé la integración de un fondo de desastres municipal, pero éste aún no ha sido conformado.

Para la atención de emergencias en Mexicali se cuenta con 23 estaciones de bomberos distribuidas en el municipio (9 en la ciudad, 1 en San Felipe y 14 en el valle de Mexicali) y alrededor de 236 elementos como personal adscrito (Coplademm, 2007), entre los cuales se encuentra personal capacitado y equipo contra incendios, también cuenta con equipo especializado para la atención de emergencias químicas denominado *Hazmat*. Adicionalmente, para la atención de emergencias se cuenta con 14 grupos voluntarios de la sociedad civil. En materia de emergencias la UMPROC ha establecido 40 refugios temporales distribuidos en tanto en la ciudad como en el valle y San Felipe.

Debido a que Mexicali es una ciudad fronteriza, la Umproc se coordina con autoridades estadounidenses para la planeación y atención de emergencias, especialmente en materia de capacitación. Para ello cuenta con convenios de ayuda mutua con la ciudad de Caléxico, California, el Condado Imperial, California y con Yuma, Arizona en materia de emergencias químicas, incendios, ayuda médica y rescate.