

4. PELIGROS SANITARIOS

Los peligros sanitarios¹ están relacionados principalmente con los agentes biológicos patógenos que pueden causar la muerte o la alteración de la salud de la población. Entre los agentes biológicos patógenos se encuentran los microorganismos (virus, bacterias, hongos, protozoos) los cuales tienen la capacidad de producir una enfermedad infecciosa (Anderson y cols., 2006) y por ello se consideran un peligro. Para Cenapred (2011) la categoría de fenómenos sanitarios incluye las epidemias, las plagas, la contaminación ambiental (aire, agua, suelo) y la contaminación de alimentos. Estos temas serán abordados en los párrafos subsecuentes.

4.1. Contaminación ambiental

La contaminación ambiental se caracteriza por la presencia de sustancias o elementos en el ambiente que causan un daño a la salud y al bienestar del hombre o afectan los ecosistemas. Esto sucede cuando los contaminantes exceden ciertos límites considerados tolerables; se trata en general de fenómenos que evolucionan lentamente en el tiempo y su efecto nocivo se manifiesta por un deterioro progresivo de las condiciones ambientales (Segob y Cenapred, 2001). La contaminación puede presentarse en cualquiera de los diferentes medios en el ambiente, ya sea, aire, agua o suelo, y en cada caso presenta características particulares que requieren medidas de prevención y control específicos.

4.1.1. Contaminación del aire

La contaminación del aire se genera cuando se presentan sustancias o elementos en la atmósfera en concentraciones, tiempo y circunstancias tales que pueden afectar significativamente la salud de las personas (INE, 2010; Lora y Miró, 1978 en Jiménez, 2001).

De esta manera, los efectos en la salud humana dependen de factores tales como la concentración y las características del contaminante, además de la susceptibilidad del individuo expuesto y el tiempo de exposición. Ciertos contaminantes del aire han sido agrupados en la categoría de «contaminantes criterio²» y son aquellos que por sus efectos en la salud de la población han sido normados y se han establecido límites máximos permisibles para su concentración en el aire. Estos contaminantes son: el ozono (O₃), el monóxido de carbono (CO), el bióxido de azufre (SO₂), el bióxido de nitrógeno (NO₂), el plomo (Pb), las partículas suspendidas totales (PST), y las partículas suspendidas menores a 10 y 2.5 micrómetros (PM₁₀ y PM_{2.5}, respectivamente) (INE, 2010).

4.1.1.1. Efectos a la salud por contaminación del aire

Los contaminantes criterio han sido vinculados a una amplia gama de efectos negativos a la salud, entre los cuales se pueden mencionar los siguientes:

¹ La Ley General de Protección Civil define como fenómeno sanitario-ecológico toda calamidad que se genera por la acción patógena de agentes biológicos que atacan a la población, a los animales y a las cosechas, causando su muerte o la alteración de su salud. Las epidemias o plagas constituyen un desastre sanitario en el sentido estricto del término. En esta clasificación también se ubica la contaminación del aire, suelo, agua y alimentos.

² Estos contaminantes fueron objeto de evaluaciones publicadas en documentos de criterios de calidad del aire en los Estados Unidos, de ahí reciben su nombre (Semarnat-INE, 2007).

El **ozono (O_3)** puede irritar el sistema respiratorio, provocar tos, causar irritación en la garganta y/o una sensación de opresión en el pecho. El O_3 puede reducir la función pulmonar y hacer más difícil la respiración profunda y vigorosa normal; también puede empeorar el asma, al hacer que las personas sean más susceptibles a los alérgenos. Otro tipo de padecimiento asociado con la exposición constante al ozono, es la alteración de las funciones de la arteria aorta y los daños al sistema cardiovascular.

El **monóxido de Carbono (CO)** puede reducir la oxigenación del organismo (hipoxia). La hipoxia causada por CO puede afectar el funcionamiento del corazón, del cerebro, de las plaquetas y del endotelio de los vasos sanguíneos. Su peligro es mayor en aquellas personas que padecen enfermedades cardiovasculares, angina de pecho o enfermedad vascular periférica. Se le ha asociado con la disminución de la percepción visual, de la capacidad de trabajo, destreza manual y habilidad de aprendizaje. Probablemente su efecto crónico se vincula con efectos óticos, así como aterogénicos.

El **bióxido de azufre (SO_2)** produce irritación e inflamación aguda o crónica de las mucosas conjuntival y respiratoria. Puede transformarse en otros productos, tales como partículas finas de sulfato (SO_4) y niebla de ácido sulfúrico (H_2SO_4). Se ha encontrado que bajo la combinación de partículas y SO_4 suele aumentar el riesgo en la salud al incrementarse la morbilidad y mortalidad de enfermos crónicos del corazón y de vías respiratorias. En individuos asmáticos puede producir bronco-constricción.

El aumento progresivo en la exposición al **dióxido de nitrógeno (NO_2)** puede producir problemas de percepción olfativa, molestias respiratorias, dolores respiratorios agudos y edema pulmonar. La acumulación de NO_2 en el cuerpo humano constituye un riesgo para las vías respiratorias, pues se ha comprobado que inicia, reactiva y puede alterar la capacidad de respuesta de las células en el proceso inflamatorio, siendo más frecuente en casos de bronquitis crónica. La exposición continua o frecuente a altas concentraciones puede causar un incremento en la incidencia de enfermedades respiratorias en los niños, agravamiento de afecciones en individuos asmáticos y enfermedades respiratorias crónicas.

El **plomo (Pb)** es particularmente dañino en el desarrollo cerebral del feto, en niños y en mujeres embarazadas. Los niños son particularmente vulnerables a los efectos neurotóxicos del plomo, e incluso niveles relativamente bajos de exposición pueden causar lesiones neurológicas graves y en algunos casos irreversibles. En adultos, las altas concentraciones de plomo pueden provocar daños en el sistema nervioso y reproductivo, en riñones, provocar hipertensión arterial, problemas de memoria y concentración, dolores musculares y articulares, y anemia. En niveles muy altos puede ocasionar convulsiones, coma y la muerte.

El **material particulado (PM)**: Las partículas mayores a $10\ \mu m$ son retenidas básicamente en las vías respiratorias superiores y eliminadas en su mayor parte por el sistema de limpieza natural del tracto respiratorio, por lo que no son consideradas significativamente dañinas para la salud, sin embargo la exposición continua a altas concentraciones de este material puede causar irritación de garganta y mucosas.

Las **PM_{10}** (fracción respirable) no son retenidas en las vías respiratorias superiores, cerca de un tercio de ellas penetra hasta los pulmones. Su efecto depende de su composición química, pero pueden producir irritación de las vías respiratorias, agravar el asma y favorecer las enfermedades cardiovasculares, y se relacionan con la enfermedad de los pulmones negros en mineros, silicosis y asbestosis. En el corto plazo la contaminación por PM_{10} puede causar el deterioro de la función respiratoria, mientras que en el largo plazo se asocia con el desarrollo de enfermedades crónicas, el cáncer o la muerte prematura. De acuerdo con estudios realizados en México, se estima que el riesgo de morir prematuramente se incrementa en 2% por cada incremento de $10\ \mu g/m^3$ de PM_{10} .

Los grupos de la población con mayor susceptibilidad a los efectos de las partículas incluyen: niños, ancianos, personas con enfermedades respiratorias y cardiovasculares previas, fumadores y personas que respiran por la boca.

Los estudios recientes demuestran que las $PM_{2.5}$ tienen la capacidad de ingresar al espacio alveolar o al torrente sanguíneo, incrementando el riesgo de padecer enfermedades crónicas cardiovasculares y muerte prematura³.

4.1.1.2. Calidad del aire

En México, para cada contaminante criterio se estableció una Norma Oficial Mexicana (NOM), que establece los valores límites de concentración en el aire (INE, 2011). En la tabla 90 se señalan los valores máximos permisibles por contaminante de acuerdo con las NOM vigentes.

Tabla 90. Valores límites para contaminantes criterio en México.

Contaminante	VALORES LÍMITE					Norma Oficial Mexicana
	Exposición aguda				Exposición crónica	
	ppm	µg/m ³	Tiempo (en)	Frecuencia máxima aceptable	Concentración	
Monóxido de carbono (CO)	11	12,595	8 horas (promedio móvil)	1 vez al año	-	NOM-021-SSA1-1993 ^a
Bióxido de azufre (SO ₂)	0.13	341	24 horas	1 vez al año	0.03 ppm (79 µg/m ³) (Media aritmética anual)	NOM-022-SSA1-1993 ^a
Bióxido de nitrógeno (NO ₂)	0.21	395	1 hora	1 vez al año	-	NOM-023-SSA1-1993 ^a
Ozono (O ₃)	0.110	216	1 hora	No se permite	-	Modificación a la NOM-020-SSA1-1993 ^b
	0.080	-	8 horas ^d	4 veces al año	-	
Partículas suspendidas totales (PST)	-	210	24 horas ^e	2% de mediciones al año	-	Modificación a la NOM-025-SSA1-1993 ^c
Partículas menores de 10 micrómetros PM ₁₀	-	120	24 horas ^e	2% de mediciones al año	50 µg/m ³ (promedio aritmética anual) ^f	
Partículas menores de 2.5 micrómetros PM _{2.5}	-	65	24 horas ^e	2% de mediciones al año	15 µg/m ³ (promedio aritmético anual) ^f	
Plomo (Pb)	-	-	-	-	1.5 mg/m ³ (promedio aritmético de 3 meses)	NOM-026-SSA1-1993 ^a

Fuente: Modificado de INE (2011).

³Los impactos a la salud fueron consultados el 15 de junio de 2011 de las NOM por contaminante disponibles en:

<http://www.sma.df.gob.mx/simat/> y http://airnow.gov/index.cfm?action=topics.about_airnow

La medición de la calidad del aire en diferentes unidades (partículas por millón, miligramos/metro cúbico) se ha traducido en índices o indicadores que expresan, de manera sencilla y accesible, la relación entre los niveles del contaminante criterio y de los efectos que puede tener en la salud. En México, se utiliza el Índice Metropolitano de Calidad del Aire (Imeca)⁴, el cual se calcula a partir de los valores máximos permisibles que señalan las normas para cada contaminante criterio. El valor máximo permisible establecido en la norma equivale a 100 puntos en el Imeca, por lo tanto, si el valor del Imeca es menor a 100 significa que la calidad del aire es buena y no afecta la salud de la población, pero si el valor es mayor que 100 la calidad del aire es mala y puede provocar afectaciones.

El cálculo del Imeca puede proveer una manera sencilla para proporcionar información estandarizada sobre la calidad del aire a la población, así como observar el comportamiento de los distintos contaminantes y comparar la calidad del aire entre zonas que utilicen índices similares. La tabla 91 indica los intervalos de concentración por contaminante del Imeca.

Tabla 91. Índice Metropolitano de Calidad del aire (Imeca) por contaminante criterio.

	Intervalos de concentración por contaminante criterio					
IMECA	PM ₁₀ (µg/m ³)	PM _{2.5}	O ₃ (ppm)	NO ₂ (ppm)	SO ₂ (ppm)	CO (ppm)
0 – 50 Buena	0 - 60	0 - 15.4	0 - 0.055	0 - 0.105	00 - 0.065	0 - 5.50
51 – 100 Regular	61 - 120	15.5 - 40.4	0.056 - 0.110	0.106 - 0.210	0.066 - 0.130	5.51 - 11.00
101 – 150 Mala	121 - 220	40.5 - 65.4	0.111 - 0.165	0.211 - 0.315	0.131 - 0.195	11.01 - 16.50
151 – 200 Muy mala	221 - 320	65.5 - 150.4	0.166 - 0.220	0.316 - 0.420	0.196 - 0.260	16.51 - 22.00
> 200 Extremadamente mala	> 320	> 150.4	> 0.220	> 0.420	> 0.260	> 22.00
Concentración máxima permisible (NOMs)	120 µg/m ³ (24 hrs)	65 µg/m ³ (24 hrs)	0.110 ppm (1hr)	0.21 ppm (1 hr)	0.13 ppm (24 hrs)	11 ppm (8 hrs)

Fuente: Elaboración propia a partir de las normas oficiales mexicanas y la Norma Ambiental para el Distrito Federal NADF-009-AIRE-2006.

4.1.2. Contaminación del aire en Mexicali

Desde hace un par de décadas diversas instituciones han llevado a cabo distintos esfuerzos por analizar la problemática de la contaminación atmosférica en Mexicali para generar propuestas de control y mitigación (Mendoza, 2006). Dentro de estos esfuerzos destaca la realización de dos inventarios de emisiones contaminantes a nivel local (publicados en 1999 y

⁴ La base científica del Imeca se remonta a los trabajos de Ott y Thom, quienes en 1972 desarrollaron un índice urbano estandarizado de calidad del aire (SUAQI) que posteriormente recibió el nombre de Índice Estandarizado de Contaminación (PSI), el cual fue adoptado en los Estados Unidos como índice nacional uniforme de calidad del aire, a partir de 1979.

2009) y la integración de los datos de emisiones contaminantes en distintos reportes de calidad del aire a nivel nacional donde se comparan algunas ciudades mexicanas⁵, entre ellas Mexicali.

El Inventario de Emisiones de Mexicali (ICAR, 1999) formó parte de las actividades que se llevaron a cabo para la elaboración del *Programa para Mejorar la Calidad del Aire de Mexicali 2000-2005*, y se elaboró a partir de datos del año 1996. Este inventario presentó al CO (62%) como el contaminante con mayor participación en el total de emisiones registradas en Mexicali, seguido de las PM₁₀ (20%). La fuente principal de emisiones fueron los automóviles con una alta aportación de CO, HC (hidrocarburos) y Nox (óxidos de nitrógeno) a la atmósfera; mientras que las fuentes de área (básicamente los caminos no pavimentados, las calles no pavimentadas y los lotes baldíos) concentraron la mayor parte de las emisiones de PM₁₀. De acuerdo con el inventario, las emisiones provenientes de estas las dos fuentes anteriores concentraron nueve de cada diez de las emisiones contaminantes registradas. Por su parte, las fuentes puntuales (industrias) de contaminación contribuyeron con menos del cuatro por ciento del total de emisiones, principalmente por emisiones de CO, NH₃ y SO₂ en los giros de minerales metálicos, minerales no metálicos y generación de energía eléctrica (ver tabla 92).

Tabla 92. Emisiones por contaminante y fuentes principales en Mexicali 1996.

Contaminante	Emisiones (Ton)	%	Fuentes principales
CO	266,738	61.56%	Automóviles particulares y pick up, quemas agrícolas
PM ₁₀	84,989	19.61%	Caminos no pavimentados, calles no pavimentadas y lotes baldíos
HC	51,411	11.86%	Automóviles particulares y pick up
Nox	18,547	4.28%	Uso comercial y doméstico solventes, distribución de gas L.P.
NH ₃	7809	1.81%	Generación de energía eléctrica, aplicación de fertilizantes
SO ₂	3,797	0.88%	Minerales no metálicos, minerales metálicos, productos vegetales y animales
Pb	2	0.0005%	Automóviles particulares y pick up, productos de consumo de vida media
Total	433,293	100%	

Fuente: ICAR (1999).

En el *Segundo Informe sobre Calidad del Aire en Ciudades Mexicanas* (INE, Semarnap, JICA y Cenica, 1997) se publicaron datos sobre el monitoreo de los distintos contaminantes criterio para la ciudad de Mexicali; el informe señala que la ciudad presentó 98 días con mala calidad del aire por algún contaminante criterio. El CO fue el contaminante que más veces rebasó la NOM, lo cual significó 51 días de mala calidad del aire en el año. Por la alta frecuencia de violaciones a la norma de CO en 1997, en este informe se señaló la necesidad urgente de regular los procesos de combustión estacionaria y de iniciar un programa de verificación para mitigar las emisiones vehiculares de este contaminante. Por su parte, las PM₁₀ presentaron valores por arriba de la norma en diez de los doce meses del año; el ozono excedió la norma 28 días; mientras que el bióxido de nitrógeno y el bióxido de azufre no presentaron excedencias al valor de su norma para ninguno de los meses del año.

En el *Tercer Informe sobre Calidad del Aire en Ciudades Mexicanas* (INE, Semarnap, JICA y Cenica, 1999) se identificó que en el año 1998, en la ciudad de Mexicali se rebasó 111 días alguna de las normas de calidad del aire. El CO excedió la norma 77 días, presentando un

⁵ Mexicali es reportado en el Segundo Informe sobre la Calidad del Aire en Ciudades Mexicanas (INE, Semarnap, JICA y Cenica, 1997), en el Tercer Informe sobre la Calidad del Aire en Ciudades Mexicanas (INE, Semarnap, JICA y Cenica, 1999), y se integra en el Tercer almanaque de datos y tendencias de la calidad del aire en nueve ciudades mexicanas (INE y Semarnap, 2007).

valor máximo de 363 puntos del Imeca, lo cual indica episodios de calidad del aire extremadamente mala. Las partículas PM_{10} rebasaron la norma en 27% de los muestreos realizados (red manual) y el promedio anual fue de $86 \mu g/m^3$, es decir, mayor que el valor establecido en la norma, además presentaron un valor máximo de 362 puntos del Imeca, lo cual representa por lo menos un episodio de calidad del aire extremadamente mala por este contaminante; Mientras que el ozono presentó 30 días arriba de la NOM; el NO_2 rebasó la norma en tres días del año; y sólo el SO_2 , con un promedio anual de 0.003 ppm, no presentó violación alguna durante el período de análisis. En este informe también se señala que en 1997 y 1998 las zonas oeste y suroeste de la ciudad presentaron el mayor número de días por arriba de la norma o con mala calidad del aire.

En el *Tercer Almanaque de Datos y Tendencias de Calidad del Aire de Ciudades Mexicanas*⁶ (INE y Semarnat, 2007) se utiliza un indicador compuesto para cada contaminante criterio registrado en el año 2005, el cual pondera tanto la frecuencia de días en los que se excede el límite establecido en la norma de calidad del aire, como la magnitud de las concentraciones alcanzadas en cada ciudad o zona metropolitana; de esta forma, el primer lugar corresponde a la ciudad más contaminada, y el último a aquella con menores niveles de contaminación. En esta clasificación, Mexicali resultó ser la ciudad más contaminada por PM_{10} y CO; y las concentraciones ponderadas de CO por población fueron las más altas de todas la ciudades evaluadas.

En el estudio se señala, de manera general, que las principales fuentes de PM_{10} son: los caminos sin pavimentar, las quemas agrícolas, la erosión y los procesos de combustión de vehículos de diesel. También se indica que las ciudades con tránsito intenso de vehículos de carga y las que se encuentran asentadas en las zonas áridas del país registran los niveles más elevados de este contaminante, por lo que resulta necesario controlar tanto las fuentes antropogénicas como las naturales. En el caso de las concentraciones elevadas de CO en una ciudad fronteriza como Mexicali, se señala que pueden asociarse con los vehículos con tecnologías caducas que circulan en ellas. (INE y Semarnat, 2007).

En el año 2009, se publicó el Inventario de Emisiones de Mexicali con datos del año 2005 (ERG, ICAR y TransEngineering, 2009). En los resultados de este inventario, al igual que en el inventario anterior, los principales contaminantes del aire fueron el CO (39%) y las PM_{10} (24%). Los automóviles fueron la fuente principal de CO; mientras que las emisiones provenientes de fuentes de área contribuyeron con la mayoría de las emisiones registradas, principalmente por PM_{10} (provenientes de polvos de caminos sin pavimentar y pavimentados, quemas agrícolas, entre otros). Por su parte, las fuentes fijas o industrias de jurisdicción federal se posicionaron como la tercera fuente de emisiones contaminantes por su contribución en NO_x , SO_2 y CO, concentrándose en el giro de generación de energía eléctrica.

De la información obtenida en los distintos estudios e inventarios revisados se puede destacar el hecho de que los documentos coinciden en identificar al CO y al PM_{10} como los contaminantes criterio con mayor participación en la contaminación del aire en la ciudad de Mexicali. Por lo anterior, se considera que estos contaminantes requieren de acciones

⁶ A partir del año 2000 el INE y la Semarnat han publicado tres estudios denominados Almanaques de Datos y Tendencias de Calidad del Aire de Ciudades Mexicanas, en el primer y segundo almanaques publicados en el año 2000 y 2002, respectivamente, la ciudad de Mexicali no es tomada en cuenta. En cambio, en el tercer almanaque publicado en 2007 Mexicali aparece junto con las zonas metropolitanas, del valle de México, de Guadalajara, del valle de Toluca y de Monterrey, y las ciudades, de Puebla, Tijuana, Salamanca y Ciudad Juárez.

prioritarias para su control de tal forma que permitan disminuir los posibles efectos en la salud de la población.

Tabla 93. Emisiones por contaminante y fuentes principales en Mexicali 2005.

Contaminante	Emisiones (Mg) anual	%	Fuentes principales
CO	78726.66	38.9	Automóviles(vehículos y camionetas a gasolina carga ligera), vehículos carga pesada (a gasolina); quema agrícola
PM ₁₀	48826.91	24.1	Polvo de camino sin pavimentar, polvo en camino pavimentado, quema agrícola
Nox	25978.96	12.8	Termoeléctricas, vehículos a diesel de carga pesada, vehículos y camionetas a gasolina de carga ligera.
NH ₃	8407.52	4.2	Aplicación de fertilizantes –Urea; amoniaco y COV de ganado lechero y producción de carne de res.
SO ₂	4522.17	2.2	Fábricas de productos de vidrio, fábrica de papel, fabricación de productos derivados del petróleo y carbón
COV (Compuestos orgánicos volátiles)	23182.26	11.4	Recubrimiento ⁷ de superficie industrial (automotriz, otra manufactura, otros productos metálicos)
PM _{2.5}	7331.04	3.6	Polvo de camino sin pavimentar, polvo en camino pavimentado, quema agrícola
CH ₄ (Metano)	5605.73	2.8	Confinamiento sanitario (relleno sanitario)
Total	202581.25	100	

Fuente: ERG, ICAR y TransEngineering (2009).

4.1.2.1. Red de monitoreo en Mexicali

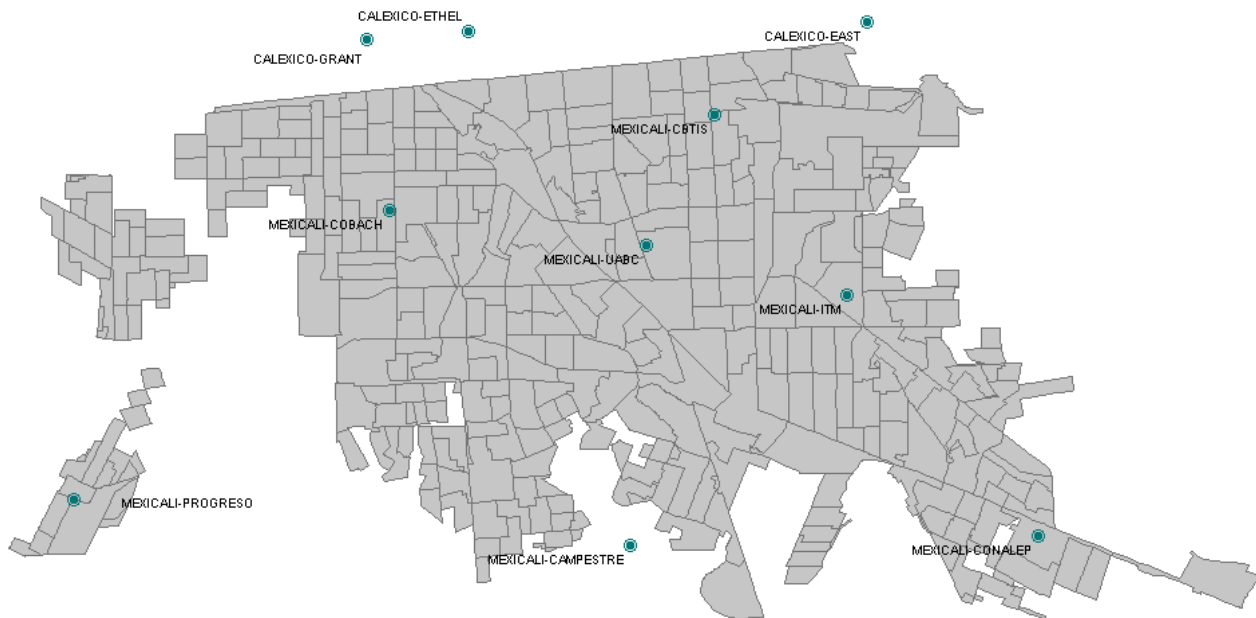
En el marco del Programa Frontera XXI y con recursos de la Agencia de Protección al Ambiente de Estados Unidos (EPA) y la Agencia de Recursos del Aire de California (CARB), en 1997 empezó a operar la red de monitoreo de la calidad del aire de la ciudad de Mexicali (INE, 1998). Actualmente, esta red cuenta con seis estaciones de monitoreo distribuidas exclusivamente en la ciudad, por lo que no se cuenta con datos sobre la contaminación atmosférica en el valle de Mexicali, ni en el puerto de San Felipe.

Una limitante adicional sobre la información disponible para el análisis de la calidad del aire en el municipio es que cada estación registra ciertos contaminantes (O₃, NO₂, CO, SO₂, PM₁₀) y algunas han cambiado de lugar dejando zonas y años sin registro de datos (por ejemplo, según Quintero y Vega, 2006, la estación CBTIS dejó de operar en junio de 2002 para ser trasladada a la estación Campestre y comenzó a operar en este lugar en 2004), por lo que no existe continuidad en el registro de datos de todas las estaciones de la ciudad, ni de todos los contaminantes. Por lo que, en ocasiones, para obtener un panorama más completo de la contaminación del aire en Mexicali, se consulta la información disponible de la red de monitoreo de Caléxico, California en Estados Unidos.

Cabe aclarar que la red de monitoreo de la calidad del aire en Mexicali presenta limitantes adicionales en el registro permanente de datos, entre ellas se pueden mencionar: las condiciones ambientales (humedad, temperatura) que alteran los resultados del muestreo; las fallas en algún componente electrónico que generan la pérdida de datos; y se observa que conforme aumentan los años, los registros son menores (p. e. para los años 2006 y 2007 se tienen menos del 50% de registros válidos) (Tejeda , 2010; SPA, 2009).

⁷ Recubrimientos se refiere a pinturas, barnices, lacas y pinturas base aplicada a diferentes productos como muebles, latas, automóviles, aviones y otro equipo para transporte, maquinaria, electrodomésticos, madera plana, alambre y otros productos.

Figura 95. Localización de las estaciones de monitoreo de la calidad del aire en Mexicali. .

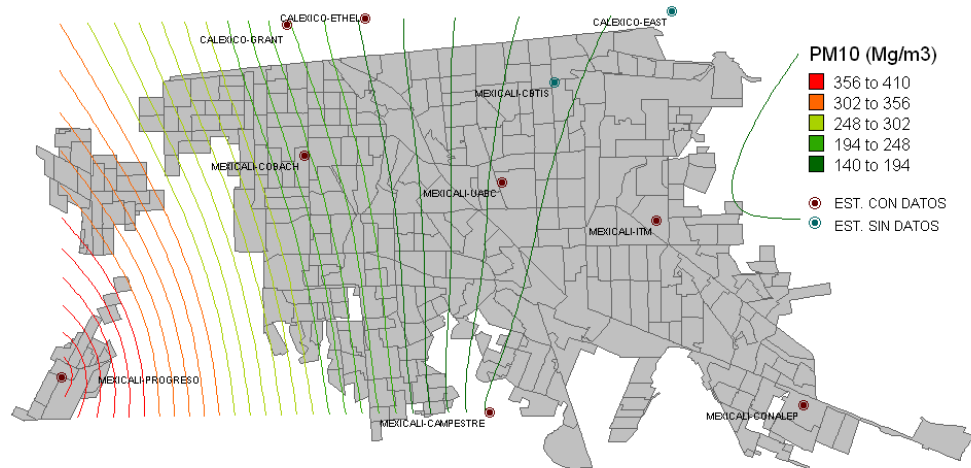


Fuente: Elaboración propia a partir de INE (2005) y EPA (2011).

4.1.2.2. Contaminantes criterio en Mexicali

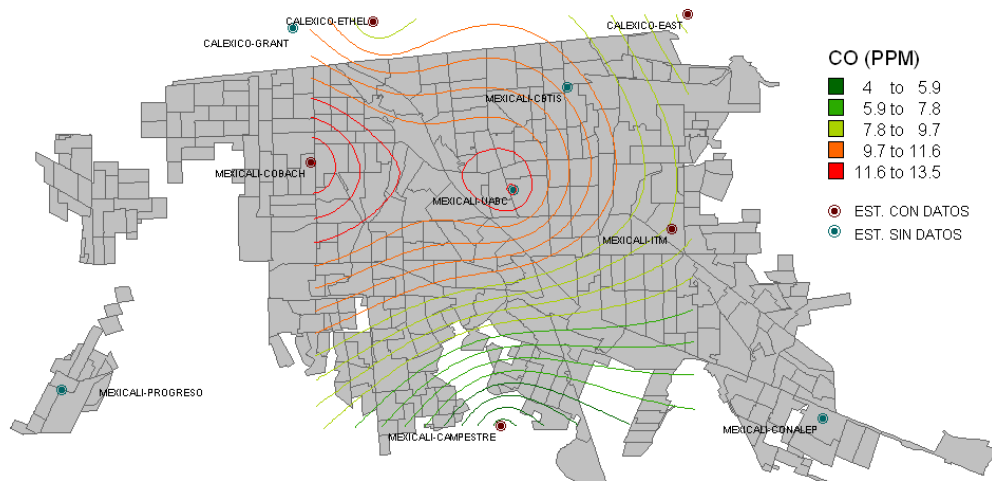
En el Tercer Almanaque de Datos (INE y Semarnat, 2007), mencionado anteriormente, se analizó el comportamiento de los contaminantes criterio en la ciudad de Mexicali durante el periodo de 1997 a 2005, y se observó la distribución espacial de las concentraciones de los distintos contaminantes criterio para el año 2005. En los párrafos siguientes se describe el comportamiento de cada contaminante criterio para esta ciudad tomando como base la información obtenida de este almanaque, y se incluyen mapas de las PM_{10} y del CO elaborados a partir de los datos del Sistema Nacional de Información de la Calidad del Aire (INE, 2005) y de la base de datos del Sistema de Calidad del Aire (AQS por sus siglas en inglés) en Estados Unidos (EPA, 2011).

PM₁₀: Las concentraciones de PM_{10} más bajas para Mexicali durante el periodo 1997-2005 se presentaron en los meses de abril y julio, en tanto que las más altas se apreciaron en los meses fríos de septiembre a enero. El comportamiento de las concentraciones de las PM_{10} a lo largo del año puede deberse a que durante los meses fríos se tiene una menor capacidad dispersiva del contaminante en la atmósfera, y se facilita su acumulación (INE y Semarnat, 2007). Con respecto a la distribución espacial de las PM_{10} , la estación Progreso registró las mayores concentraciones de PM_{10} en 2005. Como se puede observar en la figura 96, en todas las estaciones de monitoreo se rebasó el estándar, sin embargo, la zona más crítica se presentó en dicha estación.

Figura 96. Distribución espacial de PM10 en la ciudad de Mexicali.

Fuente: Elaboración propia a partir de INE (2005) y EPA (2011).

CO: En Mexicali, en el periodo de 1997 a 2005, las altas concentraciones de CO se presentaron en el invierno (en los meses de noviembre, diciembre y enero), y las concentraciones más bajas en verano (entre junio y agosto). Entre 1997 y 2002, los niveles más altos de concentración de CO fueron por encima de las 20 ppm (cuando la norma establece como límite permisible 11 ppm), aunque a partir del año 2000, se presentó una tendencia a la baja. En 1999 alcanzó el máximo número de días que sobrepasó la norma (78 días), mientras que en el año 2005, de las estaciones que monitorean el CO, la estación COBACH, registró las mayores concentraciones de CO (INE y Semarnat, 2007).

Figura 97. Distribución espacial de CO en la ciudad de Mexicali.

Fuente: Elaboración propia a partir de SINAICA (2005) y EPA (2011).

Ozono: Las concentraciones de O₃ más altas en Mexicali se presentaron en los meses de primavera, debido a que en estos meses se generan condiciones meteorológicas locales o sinópticas que suelen favorecer la formación y la acumulación de este contaminante (INE y Semarnat, 2007).

En el caso del ozono, dada su naturaleza de contaminante secundario⁸, no necesariamente registra concentraciones elevadas cerca de las fuentes de sus precursores (como por ejemplo en las zonas industriales o de elevado tránsito vehicular). Los precursores pueden ser transportados y afectar los niveles de ozono lejos de las áreas donde se emitieron, o bien el ozono puede ser transportado de un lugar a otro después de formarse. Durante 1997-2005 Mexicali incumplió con la norma anual de O_3 en todos los años⁹ (INE y Semarnat, 2007) y las concentraciones más altas de ozono en el año 2005 se presentaron en las estaciones UABC e ITM.

Bióxido de Nitrógeno: Con respecto al comportamiento anual del NO_2 , Mexicali presentó las concentraciones más altas en los meses fríos (octubre, noviembre, diciembre y enero). Mexicali presentó valores superiores a lo normado durante el periodo de 1998 a 2001, exceptuando el año 2000 y los niveles más elevados de NO_2 en 2004 (año disponible) se presentaron en la estación de monitoreo de la UABC.

Bióxido de Azufre: las concentraciones de SO_2 más elevadas en Mexicali se presentan en los meses de invierno (de noviembre a enero). En este contaminante criterio, durante 1997-2005, Mexicali presentó valores inferiores a lo normado (INE y Semarnat, 2007) y las concentraciones más elevadas en 2002 (año de monitoreo disponible) se registraron en la estación de monitoreo de la UABC.

4.1.2.3. Localización de fuentes principales de contaminación al aire

De acuerdo con los estudios analizados, dentro de las fuentes principales de emisiones al aire en la ciudad de Mexicali destacan, en el caso del CO , las generadas por automóviles, fuentes fijas o instalaciones industriales; mientras que en el caso de las PM_{10} se encuentran la falta de pavimentación y la presencia de lotes baldíos.

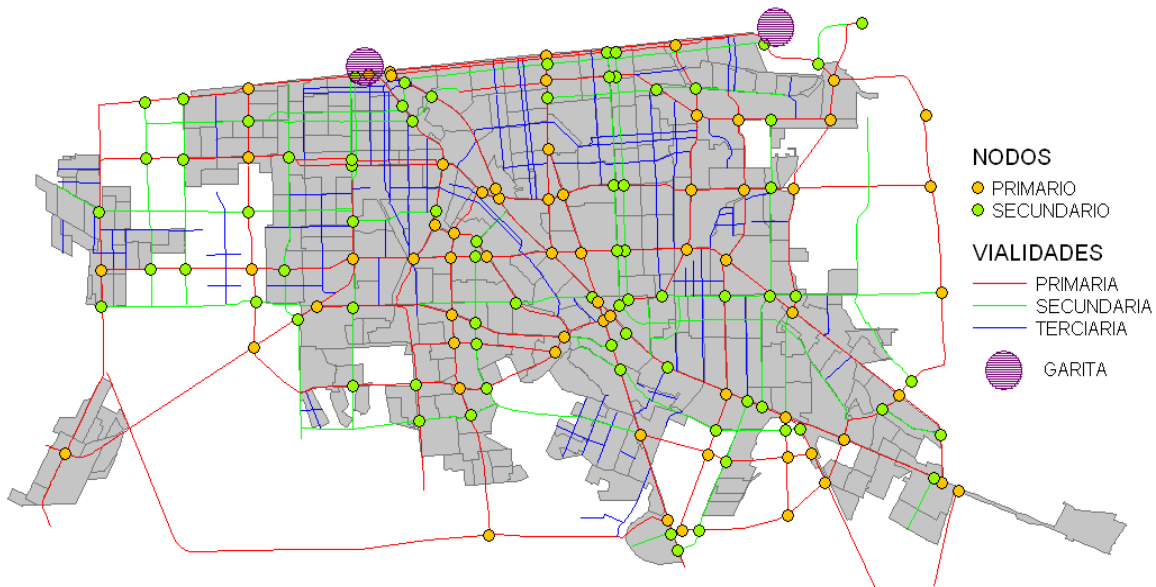
De las anteriores, una fuente principal de emisiones al aire en la ciudad es el transporte vehicular (principalmente los automóviles), por lo que las vialidades y nodos primarios que representan una alta densidad de vehículos constituyen focos principales de emisiones de CO . Otros puntos importantes de emisiones vehiculares los representan las garitas o puertos transfronterizos donde se presenta un intenso flujo vehicular. En la figura 98 se observa la distribución de las principales vialidades y nodos en la ciudad de Mexicali, las cuales pueden considerarse zonas de emisiones permanentes.

Las principales instalaciones industriales identificadas como fuentes de emisiones al aire incluyen los giros de generación de energía eléctrica, siderúrgica, papelera, vidrio y automotriz. En la figura 99 se puede observar la distribución espacial de los parques industriales al sur y este de la ciudad, así como de las principales fuentes fijas generadoras de emisiones, entre ellas, las plantas termoeléctricas localizadas al oeste de la ciudad y la Planta Geotérmica Cerro Prieto localizada al sureste de la mancha urbana.

⁸ Los contaminantes emitidos de manera directa, ya sea de una fuente natural o antropogénica, son llamados contaminantes primarios (por ejemplo, el monóxido de carbono). También existen los llamados contaminantes secundarios, los cuales son resultado de las reacciones químicas entre contaminantes primarios y otros componentes del aire (por ejemplo el ozono, que se forma de la reacción entre el dióxido de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles) (INE, 2010).

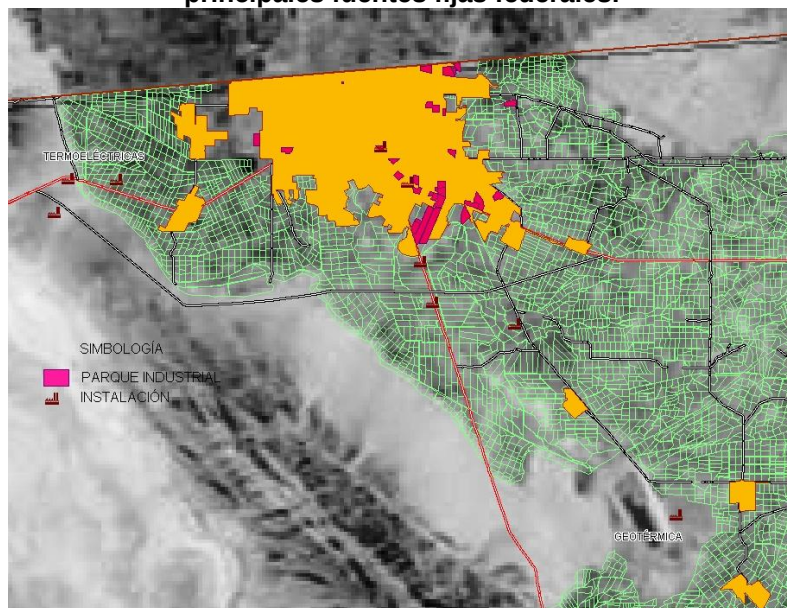
⁹ Quinto máximo anual de los máximos diarios de los promedios móviles de 8 horas.

Figura 98. Distribución de vialidades y nodos en la ciudad de Mexicali.



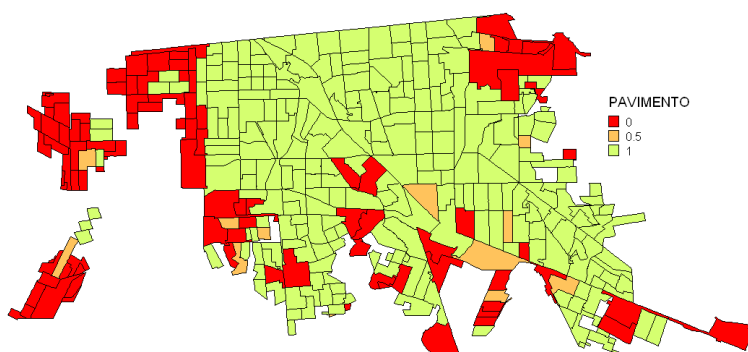
Fuente: Elaboración propia a partir IMIP (2007).

Figura 99. Localización de parques industriales y principales fuentes fijas federales.



Fuente: Elaboración propia.

La falta de pavimentación de las vialidades en ciertas áreas de la ciudad constituyen fuentes de emisiones permanentes de PM_{10} , sin embargo, estas fuentes se presentan de manera heterogénea, por ejemplo, en la figura 100 se puede observar que las AGEB que cuentan con un menor porcentaje de superficie con cobertura de pavimentación se encuentran localizadas en la periferia de la ciudad.

Figura 100. Cobertura de pavimentación en la ciudad de Mexicali¹⁰.

Fuente: Elaboración propia.

4.1.2.4. Percepción de la contaminación del aire

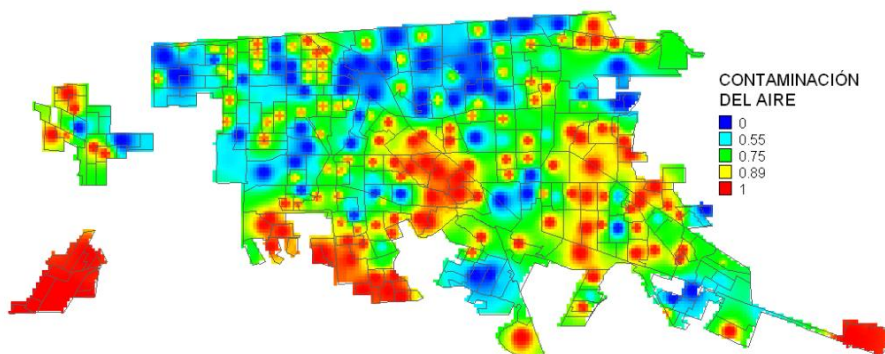
La percepción del riesgo de la contaminación del aire es mayor en la ciudad que en el valle de Mexicali y San Felipe. Mientras que el polvo es identificado como un problema por la mayoría de los habitantes de la ciudad, del valle y de San Felipe (ver tabla 94).

Tabla 94. Percepción de la contaminación del aire y polvo como peligro.

Peligro Identificado	CIUDAD		VALLE Y SAN FELIPE	
	No	Si	No	Si
Contaminación aire	29%	71%	48%	52%
Polvo	17%	83%	19%	81%

Fuente: Elaboración propia.

En la ciudad de Mexicali la contaminación del aire es identificada por la mayoría de los habitantes, aunque los niveles más altos de percepción se concentran en zonas periféricas como el suroeste de la ciudad, donde destaca la colonia Progreso. Esta situación coincide con la distribución de los niveles de contaminación por PM_{10} presentados en la sección anterior.

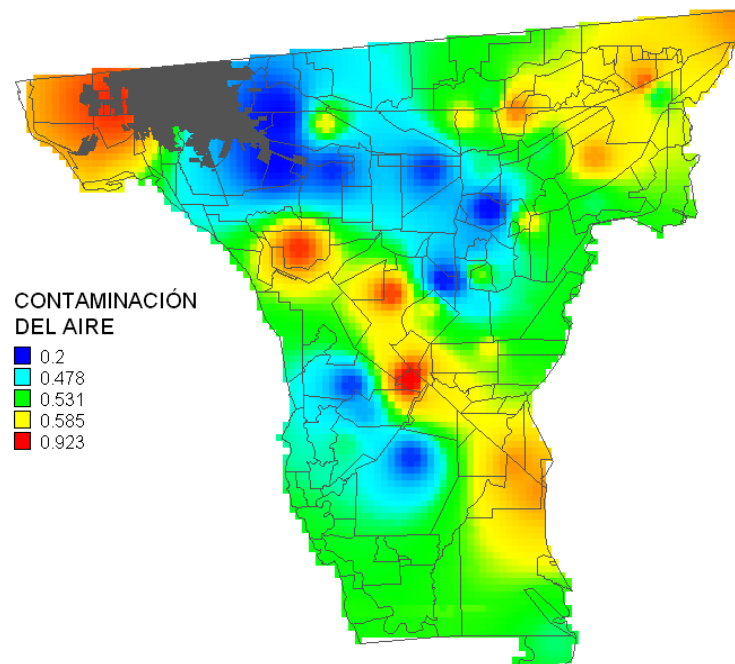
Figura 101. Percepción de la contaminación del aire como peligro en la ciudad de Mexicali.

Fuente: Elaboración propia.

¹⁰ Pavimento 0= AGEB sin pavimentación. Pavimento 0.5= AGEB pavimentación parcial; Pavimento 1= AGEB pavimentada.

En el valle de Mexicali, la percepción de la contaminación del aire es menor que en la ciudad, sin embargo, los niveles más altos de percepción pueden localizarse en la zona oeste-centro en dirección al sureste del valle, así como, en la zona noreste.

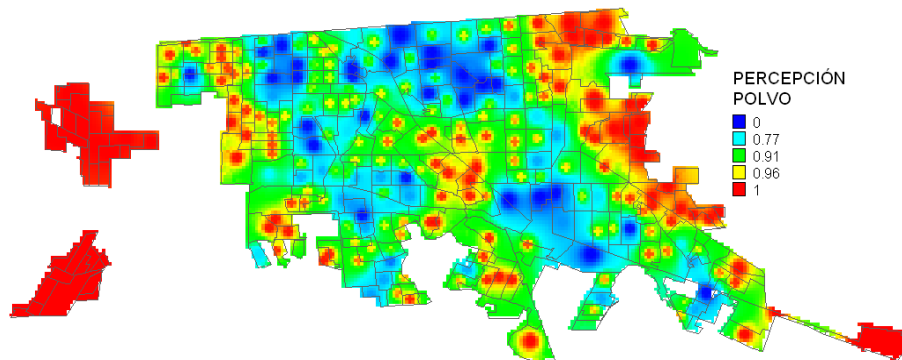
Figura 102. Percepción de la contaminación del aire como peligro en el valle de Mexicali.



Fuente: Elaboración propia.

Como se mencionó anteriormente, el polvo es identificado por la mayoría de los habitantes tanto de la ciudad como del valle de Mexicali. En la ciudad, los mayores niveles de percepción se concentran en la periferia, con especial énfasis en la zona este y oeste (ver figura 103). Este comportamiento puede relacionarse espacialmente con las AGEB que no cuentan con cobertura de pavimentación.

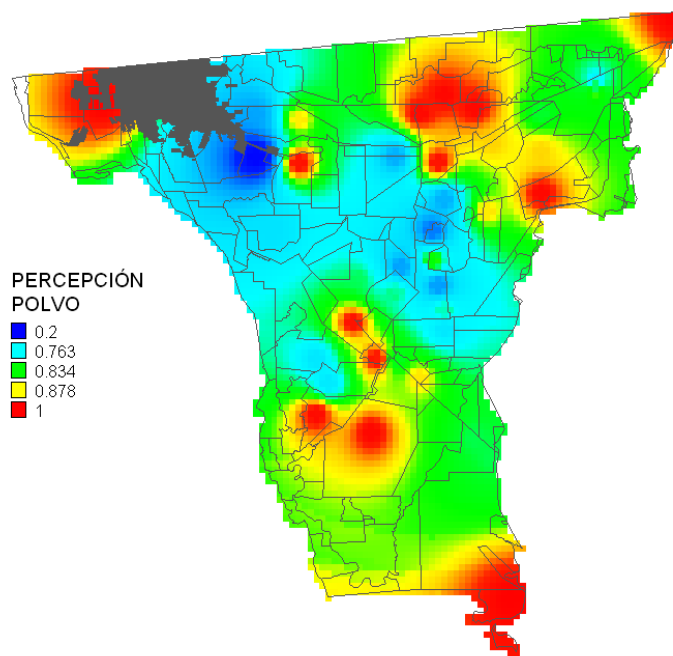
Figura 103. Percepción del polvo como peligro en la ciudad de Mexicali.



Fuente: Elaboración propia.

En el valle de Mexicali, al igual que sucede en la ciudad, el polvo es identificado como un problema por la mayoría de los habitantes, sin embargo, los niveles más altos de percepción se concentran en las zonas noreste, centro y el sureste del valle. En San Felipe también se presenta un nivel alto de percepción del polvo.

Figura 104. Percepción del polvo como peligro en el valle de Mexicali.



Fuente: Elaboración propia.

4.1.3. Contaminación de Agua

El agua se considera contaminada cuando se altera su composición o condición natural por una degradación instantánea o paulatina de su calidad, hasta dejar de ser apta para un uso previsto. La contaminación del agua puede ser física, química y/o biológica y se origina principalmente por descargas de desechos líquidos y sólidos, por lo que el grado de contaminación del agua depende de la cantidad y la concentración de los compuestos perjudiciales vertidos en ella (Da Ros, 1995).

Las alteraciones físicas corresponden a variaciones en la calidad natural de las aguas (color, olor, sabor y temperatura), mientras que las alteraciones químicas pueden ser de origen orgánico o inorgánico (estas últimas son más dañinas porque aceleran o retardan reacciones de tipo orgánico), las alteraciones biológicas se generan por la presencia de microorganismos patógenos (Da Ros, 1995).

De acuerdo con Cenapred (2006) las principales fuentes de contaminación del agua en México son las siguientes:

- La actividad agrícola: en la cual los plaguicidas (principales contaminantes), son llevados de manera indirecta hasta los ríos por efecto de la lluvia y la erosión del suelo, y de

manera directa por las aguas de retorno agrícola, cuyo impacto se manifiesta en el alto porcentaje de cuerpos de agua que se encuentran en condiciones de eutrofización.

- La urbanización: mediante las descargas de aguas residuales municipales o el vertido directo del sistema de alcantarillado a los cuerpos de agua.
- La actividad industrial: mediante las descargas generadas por las actividades de extracción y transformación. Las descargas industriales contienen metales pesados y otras sustancias químicas tóxicas que no se degradan fácilmente en condiciones naturales. Entre las actividades más contaminantes destacan la industria azucarera, química, petrolera, metalúrgica y de papel y celulosa.
- El sector pecuario: por los efluentes y residuos sólidos provenientes de las instalaciones dedicadas a la crianza y engorda de ganado bovino, vacuno y granjas avícolas, entre otras.

4.1.3.1. Efectos en la salud por la contaminación del agua

El agua, indispensable para la vida, puede ser vehículo de agentes infecciosos tales como bacterias, virus, hongos, protozoarios y helmintos (lombrices) que causan diversas afectaciones a la salud humana; como también puede contener sustancias químicas (sean éstas orgánicas o inorgánicas) en concentraciones inadecuadas o superiores a las especificadas en las normas existentes para aguas de consumo humano y afectar a quien la ingiere o a quien entra en contacto con ella. Entre los contaminantes químicos que existen se pueden mencionar los nitritos, fluoruros, arsénico, mercurio, ácidos grasos, petróleo, detergentes, plaguicidas y otras muchas sustancias más a las que se suman las posibles combinaciones químicas que se producen entre ellas. El agua también puede ser contaminada por elementos o residuos radioactivos.

Los microorganismos contaminan mariscos, moluscos, crustáceos, peces (por ejemplo, los mariscos concentran activamente bacterias y virus patógenos) que pueden ser consumidos por los humanos y con ello exponerse de manera indirecta al agua contaminada. Las enfermedades más comunes producidas por los microorganismos son el cólera, la fiebre tifoidea, la disentería bacilar, la gastroenteritis infecciosa, la hepatitis infecciosa, la amibiasis y la cisticercosis. Por su parte, los residuos radiactivos pueden generar leucemia y alteraciones genéticas. El plomo produce el saturnismo, padecimiento que se puede manifestar en dolor abdominal y trastornos nerviosos. El arsénico es un veneno citoplásmico cancerígeno. El mercurio daña el riñón, el sistema nervioso central y en mujeres embarazadas daña el producto. Mientras que los plaguicidas son teratogénos potenciales que se depositan en los tejidos humanos (Vargas, 2004).

Aunque son muchas las enfermedades en las que el agua participa como vía de exposición, existe un grupo de infecciones, denominadas gastrointestinales, en la que el agua es el principal mecanismo responsable. Los agentes patógenos que se eliminan por las heces pueden llegar al agua en cantidades suficientes como para producir enfermedades infecciosas. De acuerdo con Piédrola (2002), el agua puede actuar como vía de transmisión de enfermedades al vehiculizar los microorganismos hasta el individuo y esto puede suceder de distintas formas, entre ellas:

1. Por ingestión de agua contaminada, es decir, aguas incorrectamente cloradas, en servicios de abastecimiento mal controlados, o provenientes de canales o pozos contaminados. Los microorganismos que más frecuentemente producen brotes son:

Escherichia coli, *salmonella*, *shigella*, *vibrio cholera*, rotavirus, agente Norwalk, calicivirus, *giardia lamblia*, *cryptosporidium*, entre otros.

2. Por contaminación hídrica de alimentos, con especial importancia en verduras y frutas que se han regado con aguas residuales, ya que éstas se ingieren crudas; o bien, en el consumo de moluscos que proceden de aguas contaminadas con aguas residuales.
3. Por contacto cutáneo-mucoso. Esto puede ocurrir por el contacto con el agua contaminada durante los usos recreativos, ocupacionales o terapéuticos (pie de atleta, conjuntivitis, ameba de vida libre).
4. Mediante vectores. En las infecciones transmitidas por vectores (*Aedes*, *Anopheles*, *Virus del Oeste del Nilo*) el agua interviene en alguna fase del ciclo biológico.

4.1.3.2. Calidad del agua

En México, para medir actualmente la calidad de los cuerpos de agua se utilizan tres indicadores: la demanda biológica de oxígeno a cinco días (DBO5), la demanda química de oxígeno (DQO) y los sólidos suspendidos totales (SST). La figura 105 muestra las escalas de clasificación de los tres indicadores de la calidad del agua en México.

La DBO5 y la DQO se usan para determinar la cantidad de materia orgánica presente en los cuerpos de agua provenientes principalmente de las descargas de aguas residuales de origen municipal y no municipal. El incremento en la concentración de estos parámetros incide en la disminución del contenido de oxígeno disuelto en los cuerpos de agua con la consecuente afectación de los ecosistemas acuáticos (Conagua, 2011b).

Los SST tienen su origen en las aguas residuales y la erosión del suelo. El incremento de los niveles de SST provoca que un cuerpo de agua pierda la capacidad de soportar la diversidad de la vida acuática. Estos parámetros permiten reconocer gradientes que van desde una condición relativamente natural o sin influencia de la actividad humana hasta agua que muestra indicios o aportaciones importantes de descargas de aguas residuales municipales y no municipales, así como áreas con deforestación severa (Conagua, 2011b).

Figura 105. Indicadores y escalas de clasificación de la calidad del agua en México.

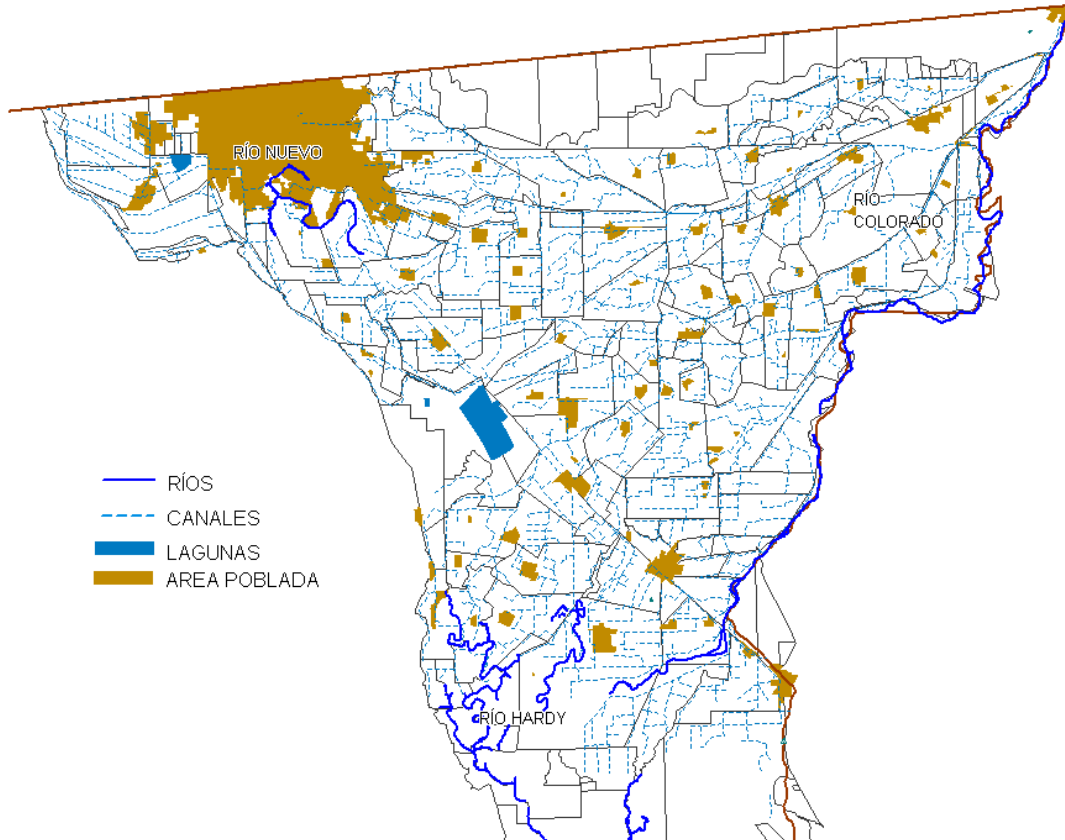
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)		
Criterio (mg/l)	Clasificación	Color
DBO ₅ ≤ 3	EXCELENTE. No contaminada.	AZUL
3 < DBO ₅ ≤ 6	BUENA CALIDAD. Aguas superficiales con bajo contenido de materia orgánica biodegradable.	VERDE
6 < DBO ₅ ≤ 30	ACEPTABLE. Con indicio de contaminación. Aguas superficiales con capacidad de autodepuración o con descargas de aguas residuales tratadas biológicamente.	AMARILLO
30 < DBO ₅ ≤ 120	CONTAMINADA. Aguas superficiales con descargas de aguas residuales crudas, principalmente de origen municipal.	NARANJA
DBO ₅ > 120	FUERTEMENTE CONTAMINADA. Aguas superficiales con fuerte impacto de descargas de aguas residuales crudas municipales y no municipales.	ROJO
Demanda Química de Oxígeno (DQO)		
DQO ≤ 10	EXCELENTE. No contaminada.	AZUL
10 < DQO ≤ 20	BUENA CALIDAD. Aguas superficiales con bajo contenido de materia orgánica biodegradable y no biodegradable.	VERDE
20 < DQO ≤ 40	ACEPTABLE. Con indicio de contaminación. Aguas superficiales con capacidad de autodepuración o con descargas de aguas residuales tratadas biológicamente.	AMARILLO
40 < DQO ≤ 200	CONTAMINADA. Aguas superficiales con descargas de aguas residuales crudas, principalmente de origen municipal.	NARANJA
DQO > 200	FUERTEMENTE CONTAMINADA. Aguas superficiales con fuerte impacto de descargas de aguas residuales crudas municipales y no municipales.	ROJO
Sólidos Suspendidos Totales (SST)		
SST ≤ 25	EXCELENTE. Clase de excepción, muy buena calidad.	AZUL
25 < SST ≤ 75	BUENA CALIDAD. Aguas superficiales con bajo contenido de sólidos suspendidos, generalmente condiciones naturales. Favorece la conservación de comunidades acuáticas y el riego agrícola irrestricto.	VERDE
75 < SST ≤ 150	ACEPTABLE. Aguas superficiales con indicio de contaminación. Con descargas de aguas residuales tratadas biológicamente. Condición regular para peces. Riego agrícola restringido.	AMARILLO
150 < SST ≤ 400	CONTAMINADA. Aguas superficiales de mala calidad con descargas de aguas residuales crudas. Agua con alto contenido de material suspendido.	NARANJA
SST > 400	FUERTEMENTE CONTAMINADA. Aguas superficiales con fuerte impacto de descargas de aguas residuales crudas municipales y no municipales con alta carga contaminante. Mala condición para peces.	ROJO

Fuente: Conagua (2010a).

4.1.4. Contaminación de cuerpos de agua en Mexicali

Como se señaló en la introducción de este estudio, los principales cuerpos de agua del municipio de Mexicali son: el Río Colorado, el río Hardy y el Río Nuevo; también existe una extensa red de canales y drenes que atraviesan el valle y la ciudad de Mexicali; y en menor escala se encuentran las lagunas de oxidación de plantas de tratamiento de aguas residuales y las lagunas de la planta geotérmica de Cerro Prieto (ver figura 106).

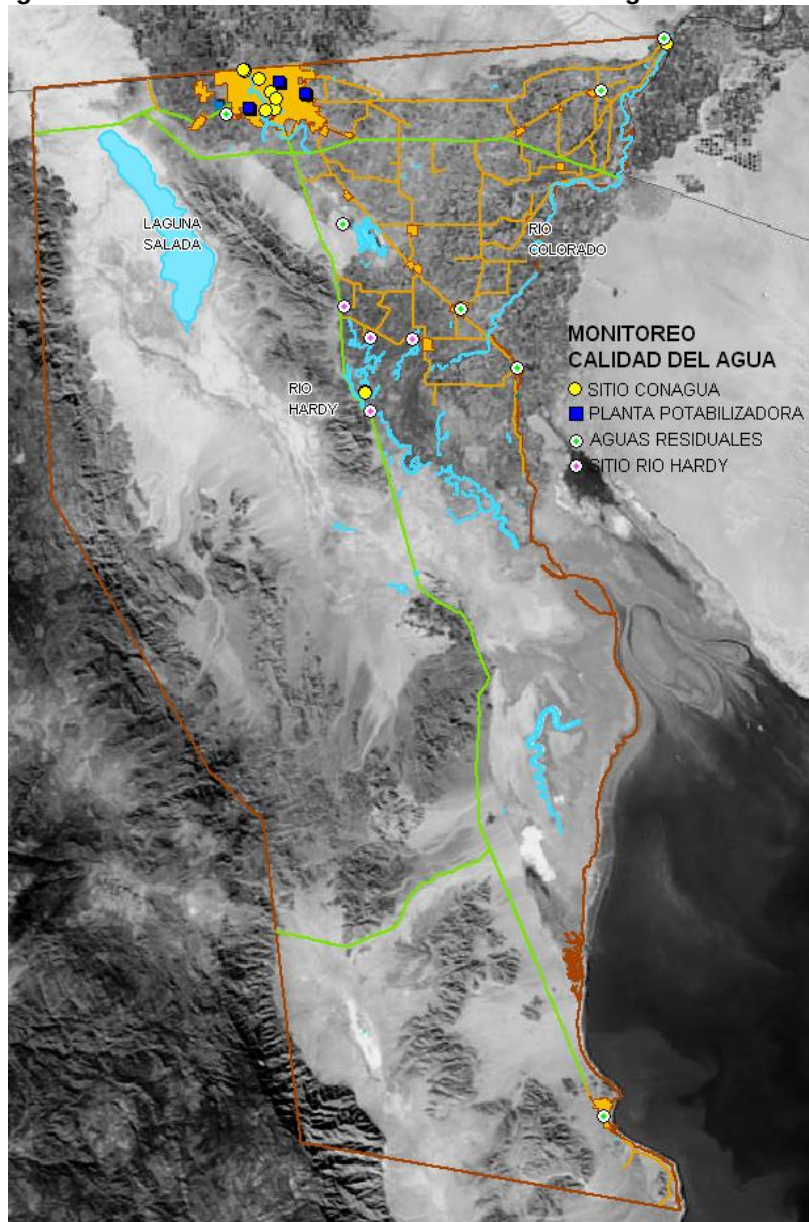
Figura 106. Localización de los principales cuerpos de agua en Mexicali.



Fuente: Elaboración propia.

4.1.4.1. Sitios de monitoreo de la calidad del agua en Mexicali

En el municipio de Mexicali, se han establecido sitios de monitoreo de la calidad del agua operados por la Comisión Nacional del Agua (Conagua) y la Comisión Estatal de Servicios Públicos de Mexicali (CESPM). La CESPM monitorea la calidad del agua de las tres plantas potabilizadoras de la ciudad de Mexicali y de los efluentes y afluentes de las distintas plantas de tratamiento de aguas residuales localizadas en el valle de Mexicali, San Felipe y la ciudad. Este organismo también realiza el monitoreo de la calidad del agua de distintos sitios del río Hardy. Por su parte, la Conagua cuenta con una red de monitoreo de aguas superficiales en sitios ubicados en el valle y la ciudad incluyendo la presa Morelos, el río Hardy y el Río Nuevo (ver figura 107).

Figura 107. Sitios de monitoreo de la calidad del agua en Mexicali.

Fuente: Elaboración propia a partir de Conagua (2011b) y CESPM (2011).

4.1.4.2. Contaminación en cuerpos de agua en la ciudad

El Río Nuevo nace de las aguas residuales de retorno agrícola de la parte norte del valle de Mexicali, cruza la zona urbana y deposita sus volúmenes en el Mar Salton en los Estados Unidos de América al norte del valle Imperial, por lo que históricamente, se ha reconocido a este río como el origen de un grave problema de contaminación a nivel binacional. Con el paso de los años, el crecimiento de la población y de las actividades agrícolas e industriales en Mexicali ha incrementado el volumen de las descargas de aguas residuales en este cuerpo de agua intensificando el problema de la contaminación del agua.

El Río Nuevo conduce un gasto promedio de 7.6 m³/s, del cual el setenta y cinco por ciento corresponde a aguas de drenaje agrícola y retornos de riego del Distrito de Riego 014, el veinticinco por ciento restante corresponde a las aguas negras tratadas de la ciudad de Mexicali (Gobierno del Estado de Baja California y CEA, 2008). Al conducir las aguas residuales provenientes del distrito de riego, el Río Nuevo contiene originalmente sales y agroquímicos, y posteriormente, cuando cruza la ciudad, se vierten a su cauce aguas residuales industriales y domésticas diversificándose el tipo y cantidad de contaminantes vertidos (SPA, 2009). En los datos de la red de monitoreo de aguas superficiales de la Conagua (2011b) correspondientes al año 2008, el Río Nuevo presentó un nivel de contaminación fuerte por DBO5 y destaca como sitio contaminado por DQO.

Ante la problemática binacional que ha generado la contaminación del Río Nuevo se han realizado diversos proyectos financiados por organismos de México y Estados Unidos, como el entubamiento del río a lo largo de la zona urbana con lo que eliminaron residuos urbanos y materiales que generaban focos de infección y malos olores (Cocef, 1997; California Regional Water Quality Control Board, 2011).

La implementación de estos proyectos ha permitido mejorar las características de las aguas residuales que conduce el Río Nuevo, sin embargo, persisten situaciones, como el depósito de basura en cuerpos de agua, las descargas no tratadas o parcialmente tratadas de origen industrial, la existencia de fuentes de contaminación no puntuales, entre ellas, las descargas de pesticidas de la actividad agrícola, entre otras, que contaminan permanentemente el Río Nuevo (California Regional Water Quality Control Board, 2011).

Con respecto a la contaminación de otros cuerpos de agua presentes en la ciudad, cabe señalar que las lagunas México, Xochimilco y Campestre reciben el aporte de agua de drenes agrícolas; mientras que el dren Mexicali, localizado al este de la ciudad, transporta aguas residuales de corrales de engorda, de origen doméstico, así como aguas de origen industrial al Río Nuevo (IMIP, 2007). Actualmente, el dren Los Santorales, el dren Internacional y el dren de descarga Xochimilco son considerados sitios contaminados de la región fronteriza de México (CCA y Semarnat, 2011).

4.1.4.3. Cuerpos de agua en el valle de Mexicali

En diversos estudios el río Hardy ha sido identificado como un cuerpo de agua del valle de Mexicali con altos niveles de contaminación, por ejemplo, en el estudio denominado *Inventario y caracterización de las descargas que afectan la salud de los ecosistemas del delta del Río Colorado, México* (García-Hernández, 2007), a partir de datos recopilados en el año 2006 se encontró que el río Hardy es el cuerpo de agua con mayores problemas de contaminación (por plaguicidas organoclorados, selenio, salinidad y coliformes fecales) en la zona.

Diversos sitios ubicados en el río Hardy presentaron las mayores concentraciones de selenio en el sedimento; además, las concentraciones DDE (diclorodifenildicloroetileno) en agua fueron altas en este cuerpo de agua. En sedimento, el DDE únicamente se concentró en el río Hardy, y en peces, las concentraciones son mayores en organismos del dren del sur, un dren concentrador localizado entre el Hardy y el Colorado (García-Hernández, 2007).

En el estudio mencionado se encontró como contaminante organoclorado persistente, altas concentraciones de endosulfán (plaguicida que se utiliza principalmente en el algodón); las mayores concentraciones se encontraron en el muestreo de verano en sedimento, mientras que los sitios de mayores concentraciones de endosulfán se encontraron en el dren perimetral

y en un punto sobre el río Hardy, estos dos sitios pudieran presentar problemas en cuanto a bioacumulación de este compuesto en peces (García-Hernández, 2007).

Otro problema de contaminación detectado fueron las concentraciones de coliformes fecales en sitios de recreación en el delta del Río Colorado. A partir de muestras de aguas del río Hardy, Río Colorado y Ciénega de Santa Clara en el 2006, se obtuvo que el río Hardy es el más impactado de los cuerpos de agua analizados, donde los niveles promedio de *Escherichia coli* encontrados fueron de 900 NMP/100 ml, lo cual excede la NOM-003-ECOL-1997 de 240 NMP/100 ml de agua para reúso público (García-Hernández, 2007).

En un estudio más reciente se analiza la calidad bacteriológica del río Hardy por mes (de febrero de 2006 a enero de 2007), los resultados mostraron que la concentración de *E. coli* fue significativamente diferente en los sitios localizados en la parte alta del río Hardy donde se presentaron los valores más altos, esta zona comprende el tramo donde descargan los drenes agrícolas (Romero y cols., 2010).

Por su parte, el monitoreo de los principales indicadores de calidad del agua en el río Hardy que realiza la Comisión Estatal de Servicios Públicos de Mexicali, arrojó como resultado para el primer semestre de 2011, que el indicador de DQO en los diversos puntos monitoreados presentaron una calificación de “contaminado” (ver tabla 95), y que el sitio denominado punto nuevo hacia río Hardy (Entronque dren Ejido Durango con Ejido Nuevo Michoacán) presentó una calificación de “contaminado” y “fuertemente contaminado” en los tres indicadores¹¹.

Tabla 95. Calidad del agua en el río Hardy.

Fecha	Nombre sitio monitoreo	DBO5 mg/l	DQO mg/l	SST mg/L
18-Feb-11	Punto nuevo hacia Río Hardy (Entronque Dren Ejido Durango con Ejido Nuevo Michoacán)	Aceptable	Contaminada	Excelente
18-Feb-11	Muelle del Campo Félix	Aceptable	Contaminada	Buena Calidad
18-Feb-11	Campo Mosqueda en el muelle	Aceptable	Contaminada	Buena Calidad
18-Feb-11	Muelle de campo turístico Cucapá El Mayor	Aceptable	Contaminada	Aceptable
18-Mzo-11	Punto nuevo hacia Río Hardy (Entronque Dren Ejido Durango con Ejido Nuevo Michoacán)	Contaminada	Fuertemente contaminada	Contaminada
18-Mzo-11	Campo Mosqueda en el muelle	Aceptable	Contaminada	Buena Calidad
18-Mzo-11	Muelle del Campo Félix	Aceptable	Contaminada	Buena Calidad
18-Mzo-11	Muelle de campo turístico Cucapá El Mayor	Aceptable	Contaminada	Aceptable
27-May-11	Punto nuevo hacia Río Hardy (Entronque Dren Ejido Durango con Ejido Nuevo Michoacán)	Aceptable	Contaminada	Contaminada

¹¹ Para el año 2008 la Conagua (2011) encontró como sitios contaminados del valle, a partir de mediciones de DQO: la descarga de la Planta Arenitas, el Río Colorado, el río Hardy cruce ejido Durango y la descarga del río Hardy. (Conagua, 2011).

Tabla 95. (Continuación).

27-May-11	Muelle del Campo Félix	Aceptable	Contaminada	Excelente
27-May-11	Campo Mosqueda en el muelle	Aceptable	Contaminada	Buena Calidad
27-May-11	Muelle de campo turístico Cucapá El Mayor	Aceptable	Contaminada	Buena Calidad
15-Jun-11	Punto nuevo hacia Río Hardy (Entronque Dren Ejido Durango con Ejido Nuevo Michoacán)	Aceptable	Contaminada	Buena Calidad
15-Jun-11	Muelle del Campo Félix	Excelente	Contaminada	Excelente
15-Jun-11	Campo Mosqueda en el muelle	Aceptable	Contaminada	Buena Calidad
15-Jun-11	Muelle de campo turístico Cucapá El Mayor	Aceptable	Contaminada	Buena Calidad

Fuente: Elaboración propia a partir de CESPM (2011).

4.1.4.4. Calidad del agua para consumo humano

En México, para la medición de la calidad de agua para consumo humano se utilizan tres indicadores: el porcentaje de eficiencia en cloración¹², el porcentaje de la cobertura de vigilancia¹³ y el porcentaje de la población sin riesgo por consumo de agua. La desinfección del agua a través de la cloración tiene el propósito de destruir o inactivar agentes patógenos y otros microorganismos, con el fin de asegurar que la población reciba agua apta para consumo humano. La efectividad del procedimiento de desinfección del agua que se suministra a la población se evalúa a través de la determinación de cloro libre residual (Semarnat, 2010).

Los indicadores de la calidad del agua para consumo humano en Mexicali, para el año 2010, señalan un promedio municipal de eficiencia de cloración 90.95%, una cobertura de vigilancia de 90.73% y 87.83% de población sin riesgo por consumo de agua (este porcentaje incluye valores de 73% y 77% para los meses de abril y mayo) (Isesalud, 2010).

4.1.4.5. Percepción de la contaminación del agua

En el caso de la identificación de la contaminación del agua en Mexicali se observa un nivel bajo de percepción en los habitantes del valle y San Felipe, mientras que en la ciudad se presentó un nivel medio.

Tabla 96. Percepción de la contaminación del agua como peligro.

Identificado	CIUDAD		VALLE Y SAN FELIPE	
	No	Si	No	Si
Contaminación agua	56%	44%	63%	37%

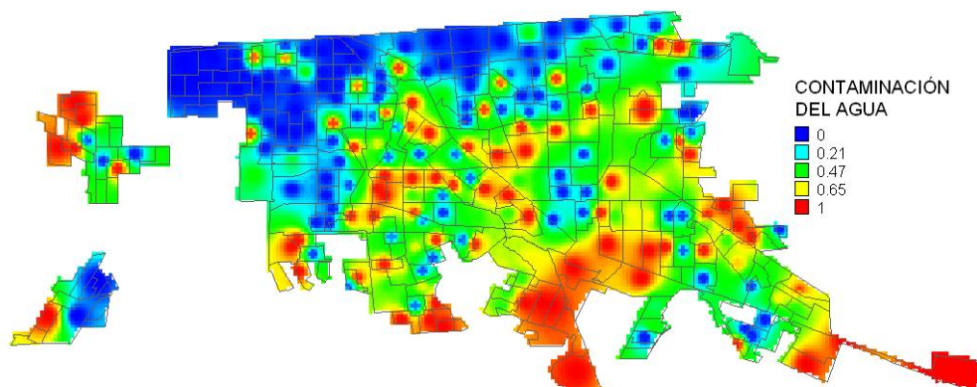
Fuente: Elaboración propia.

¹² El porcentaje de eficiencia de cloración consiste en dividir las determinaciones de agua con cloro residual libre dentro o por arriba de la norma entre el total de determinaciones realizadas en el periodo.

¹³ El porcentaje de la población que cuenta con un sistema formal de abastecimiento, cuya agua es monitoreada y cumple con la normatividad sanitaria.

La percepción de la contaminación del agua se presenta en casi toda la superficie urbana, sin embargo, ésta se intensifica en la parte sur y poniente de la ciudad (ver figura 108).

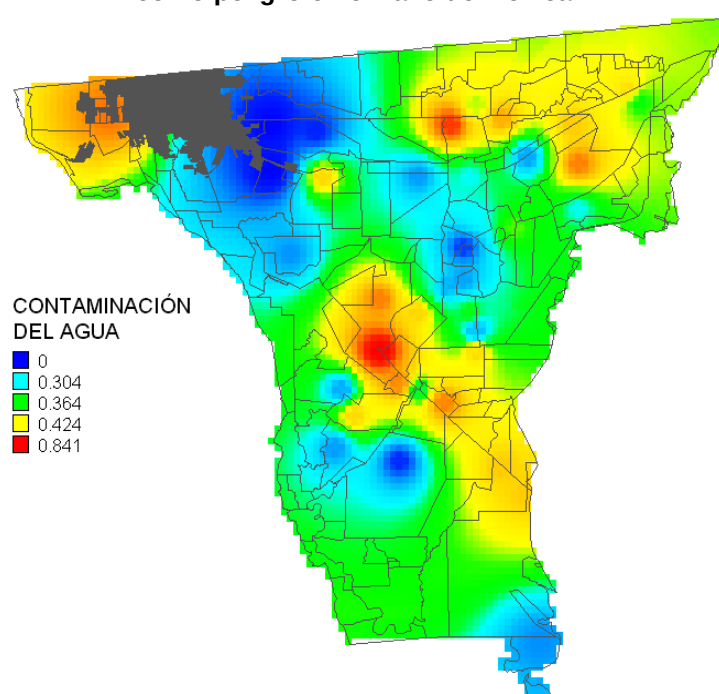
Figura 108. Percepción de la contaminación del agua como peligro en la ciudad.



Fuente: Elaboración propia.

En el valle de Mexicali, la contaminación del agua presenta un nivel de percepción bajo y es identificada como un problema por los habitantes de la zona centro-sur, y los habitantes de la zona noreste.

Figura 109. Percepción de la contaminación del agua como peligro en el valle de Mexicali.



Fuente: Elaboración propia.

4.1.5. Contaminación del suelo

La contaminación del suelo consiste en la incorporación de materias extrañas al suelo, como son la basura, los desechos tóxicos, productos químicos y desechos industriales. Esta contaminación produce un desequilibrio físico, químico y biológico que afecta negativamente a las plantas, animales y al ser humano (Cenapred, 2006).

Algunos de los contaminantes más comunes en el suelo son los hidrocarburos de petróleo derramados o depositados durante las operaciones de extracción, refinación, transferencia y comercialización de estos productos, razón por la cual frecuentemente se encuentran suelos contaminados con petróleo, combustóleo, gasolinas, diesel y turbosina (Izcapa, 1998 en Cenapred, 2011). Por su parte, las excretas de animales y de seres humanos contaminan el suelo con microorganismos patógenos. Existen microorganismos patógenos que se encuentran en el suelo en estado natural y se transmiten al hombre por contacto con el suelo contaminado o por vectores como las moscas y cucarachas.

Un conjunto de actividades humanas en una zona pueden llevar a la degradación del suelo, definido como el proceso desencadenado por las actividades humanas que reducen su capacidad para sostener ecosistemas, para mantener o mejorar la calidad del aire y agua, y para preservar la salud humana (Semarnat, 2011). Entre las actividades que han representado las principales fuentes de contaminación del suelo en México se encuentran:

- Las actividades agrícolas: El empleo de agroquímicos en estas actividades, frecuentemente mediante prácticas inadecuadas, constituye una de las formas de contaminación más importantes, que impacta no sólo a los suelos de las áreas en donde se aplican sino que llega a través de los ríos hasta las zonas costeras afectando a las especies marinas y terrestres. Asimismo, el empleo de aguas residuales para riego de cultivos agrícolas con un alto contenido de materia orgánica y otras sustancias nocivas, implica el riesgo de que los suelos y los cultivos se contaminen con los residuos químicos provenientes de descargas industriales y municipales.
- Las actividades industriales: La producción de bienes de consumo ha generado importantes focos de contaminación, en primer lugar, por la escasa conciencia ecológica que prevaleció por muchos años y, en segundo, por el manejo inadecuado de materiales y de todo tipo de residuos industriales, los cuales contaminan el sitio donde se desarrollan estas actividades y los lugares donde tienen disposición final estos residuos.
- Las fugas y derrames: La Profepa señala que el mayor número de emergencias ambientales ocurren en vías terrestres. La fuga o derrame de sustancias ocupa un alto porcentaje de ellas y suceden principalmente en ductos (principalmente de hidrocarburos), aunque también se genera en las carreteras un gran número de emergencias ambientales de este tipo producto de volcaduras y choques. Estos incidentes traen consigo impactos negativos al suelo (debido a que generalmente es el primer receptor del contaminante) que pueden desencadenar daños a la flora y fauna, agua, aire e incluso la salud.
- Las estaciones de servicio y otras: Existen múltiples evidencias de graves problemas de contaminación de suelos (que conllevan el riesgo de contaminación de acuíferos) por fugas en contenedores de materiales peligrosos, así como por derrames continuos de gasolina, lubricantes, solventes orgánicos y otro tipo de sustancias. Esto se da generalmente por prácticas inadecuadas en su manejo, principalmente en estaciones de servicio de gasolina, talleres de reparación de autotransportes, estaciones e

instalaciones de ferrocarriles, terminales de autobuses, aeropuertos y diversas industrias.

- Los basureros a cielo abierto: La disposición inadecuada de los residuos sólidos municipales e industriales, que pueden contener residuos peligrosos, representa una seria amenaza de contaminación a los suelos y cuerpos de agua.
- La actividad ferroviaria: Se caracteriza por la generación de aceites gastados. La principal razón por la que esta actividad ha provocado la contaminación de suelos es por el almacenamiento inadecuado de residuos y combustibles como creosota y aceites gastados (Profepa, 2002).
- La minería: Esta actividad genera residuos mineros potencialmente tóxicos. Existe el riesgo de fenómenos de bioacumulación en las distintas fases de la cadena alimenticia, con elementos como el mercurio. Dos de los contaminantes más frecuentes en las zonas mineras del país son el arsénico y el plomo, a los cuales se suma el cadmio y el mercurio.

4.1.5.1. Efectos en la salud por la contaminación del suelo

Los efectos a la salud humana ocurren cuando la tierra contaminada se vuelve a utilizar, especialmente si los nuevos usuarios no tienen conocimiento de que el sitio está contaminado y, por ejemplo, se hacen desarrollos habitacionales o la población está en contacto con este suelo de manera accidental. El uso agrícola de suelo contaminado también ocasiona problemas a la salud si los contaminantes se transfieren a los cultivos y al ganado, porque de esta manera ingresan a la cadena alimenticia y producen diferentes efectos en el organismo dependiendo de las sustancias químicas involucradas (Izcapa, 1998 en Cenapred, 2011).

A los suelos contaminados están ligadas enfermedades causadas por bacterias como el tétanos (*Clostridium teteni*), cuando se exponen las heridas a material de suelo recién abonado con excretas contaminadas; enfermedades por amibas o huevos de helminto que incuban en el suelo como la lombriz intestinal; enfermedades crónicas producidas por hongos, cuyas esporas se encuentran en el suelo, algunas penetran al organismo por inhalación al ser levantadas por el viento (p.e. histoplasmosis, coccidiomicosis).

En cuanto a los residuos peligrosos (tóxicos, corrosivos, radioactivos, explosivos y biológico-infecciosos) que son depositados en rellenos sin control, pueden entrar en contacto de manera directa con el cuerpo humano vía oral o dérmica (como los contaminantes orgánicos y metal-orgánicos) o de manera indirecta cuando se convierten en lixiviados y se trasladan por otras vías ambientales. También existen residuos radioactivos sólidos (radioisótopos como Co) o líquidos (líquido de centelleo) a los que puede estar expuesta la población con consecuencias graves para la salud (Piédrola, 2002).

La contaminación del suelo también está relacionada con la presencia de fauna nociva, que incluye aquellas especies animales (insectos, aves, ratones, etc.) que por condiciones ambientales incrementan su población llegando a convertirse en plaga, y que pueden llegar a convertirse en vectores potenciales de enfermedades infecciosas o causantes de daños a las actividades o bienes de la población (Fraume, 2007).

Las principales especies consideradas dentro del grupo de fauna nociva son las arañas, cucarachas, hormigas, moscas, mosquitos, pescaditos de plata, polilla de la madera, ratas y ratones, termitas (comején) y plagas de jardines y exteriores. También se encuentran dentro

del grupo extenso de artrópodos los piojos, garrapatas, pulgas, chinches (tanto de humanos como de otras especies). Los roedores (ratas) son portadores de hantavirus y leptospira además de provocar daños materiales. Ciertas aves (palomas, loros) transmiten enfermedades como la aspergiliosis, criptococosis, ornitosis (Pemex, 2008).

La contaminación del suelo y la contaminación del agua pueden conjugarse para la procreación de fauna nociva. Dentro de los principales factores que inciden en la procreación de fauna nociva en un área determinada según INHEM (1996) se encuentran las siguientes:

- Almacenamiento a la intemperie de artículos tales como: neumáticos en desuso, chatarra, etc. falta de mantenimiento y limpieza en lotes baldíos o viviendas abandonadas.
- Uso de zanjas, arroyos y ríos como destino final de residuos sólidos y aguas negras.
- Inadecuado control de excretas y residuales líquidos (falta de drenaje) con procreación de moscas, mosquitos, cucarachas y roedores.
- Evacuación de desechos sólidos sin cumplir con los requisitos sanitarios, lo que propicia la aparición de criaderos y guaridas de artrópodos y roedores.
- Dificultades en el abastecimiento de agua, con la consiguiente utilización de depósitos para su almacenamiento (se pueden convertir en criadero de insectos como los mosquitos)
- Acumulación de aguas contaminadas que se convierten en criaderos de mosquitos.
- Falta de limpieza y mantenimiento en viviendas.

Tabla 97. Ejemplos de fauna nociva transmisora de enfermedades.

Vector	Enfermedades	Características
Roedores	Salmonelosis, leptospirosis o enfermedad de Weil, fiebre por mordedura, listeriosis, hantavirus, triquinosis. Transporta pulgas, piojos y ácaros que a su vez son vectores de la peste bubónica y el tifo murino, entre otras enfermedades.	Consumen todo tipo de comida y contaminan, con sus heces, orina, saliva, en los lugares que frecuenta.
Cucarachas	Disentería, diarrea, cólera, tifoidea, infecciones intestinales y las fiebres entéricas	Este insecto vive bajo hojas secas u otros desechos de plantas, debajo de piedras y desperdicios flotantes, cerca de playas, en los huecos de la madera, en nidos de pájaros y también en suelos semiacuáticos. Las cucarachas se mueven fácilmente por todos los espacios y se alimentan de excretas y alimentos humanos. Las cucarachas están naturalmente contaminadas con diversas especies de bacterias patógenas.
Moscas	Disentería, diarrea, fiebre tifoidea, cólera, poliometitis, helmintiasis, miasis, oncorcecosis.	Las especies de moscas son numerosas, se diferencian, entre otros, por su tamaño y color. Se ha demostrado que las moscas caseras están infestadas de microorganismos patógenos de más de veinte enfermedades humanas, y que al comer vomitan y defecan.
Mosquitos	Virus del Nilo occidental, dengue, fiebre amarilla, malaria o paludismo, encefalitis, filariasis	Se reproducen tanto en aguas limpias como contaminadas, particularmente en los bordes de las lagunas y riachuelos, pantanos, depresiones llenas de agua, depósitos elevados, estanques y charcos

Tabla 97. (Continuación).

Pulgas	Peste y Tifo murino, que se presenta cuando el insecto se infecta de la rata y luego pica al hombre transmitiéndole la infección, esto ocurre en el momento en que deposita sus heces con el microbio causante de la enfermedad.	Es un insecto pequeño que mide entre 2 mm y 4mm. Los huevos, larvas y pupas de las pulgas, se pueden encontrar en los pisos de tierra o de cemento y en las esquinas y rincones; es decir, en sitios oscuros y polvorientos. Las larvas se alimentan de materia fecal de animales y humanos, en tanto que la pulga adulta se alimenta de la sangre. Su actividad es diurna y nocturna y salta grandes distancias pasando de un huésped a otro.
Piojos	Tifus epidémico, pediculosis capitis, la pediculosis pubiana, tifo epidémico.	Tres especies de piojo afectan al hombre: el piojo de la cabeza, que vive en la piel y entre los cabellos (en los que deposita sus liendres); el piojo del cuerpo, que habita en la ropa y solo pasa a la piel para alimentarse; y el piojo del pubis, que vive en regiones pilosas del pubis y ocasionalmente en el pecho, las axilas, el bigote o las cejas.
Palomas	Aspergilosis, criptococosis, la histoplasmosis Psitacosis (ornitosis), salmonellosis, colibacilosis, pasteurellosis, tuberculosis aviar, encefalitis de San Luis.	La paloma doméstica (<i>Columba livia</i>) es uno de los animales sinantrópicos más abundantes en los centros urbanos. Las palomas se infectan de hongos patógenos para el hombre o ayudan a la transmisión de los agentes causales de la aspergilosis, la criptococosis y la histoplasmosis, (Cristina Wisnivesky; Ecología y epidemiología de las enfermedades parasitarias, 2003).
Murciélagos	La acumulación de heces de murciélago en áticos o en el suelo, crea un ambiente favorable para el crecimiento del Histoplasmosis capsulatum, un hongo fúngico que puede producir una enfermedad pulmonar conocida como Histoplasmosis. La rabia humana, es una enfermedad transmitida por murciélagos.	Estos animales pueden llegar a constituir una plaga cuando se instalan en lugares que no integran su hábitat natural. Además de sus chillidos, los murciélagos instalados en techos de las casas son causa de molestias por sus excretas y orina. Los murciélagos frecuentemente seleccionan infraestructuras que se encuentran cerca de agua (arroyos, estanques, lagos, etc.), y donde haya insectos en número adecuado. Aunque no se sabe cuáles son las razones, los murciélagos se sienten atraídos por las edificaciones donde haya habido una infestación previa.
Garrapatas	Fiebre de las montañas rocosas, (fiebre manchada), enfermedad de Lyme, la Rickettsiosis (riquetsiosis).	Las garrapatas son vectores importantes de bacterias, virus y otros agentes patógenos. Las garrapatas son capaces de inyectar a través de su picadura sustancias anticoagulantes, inmunosupresoras y antiinflamatorias además de poder transmitir bacterias, protozoos, virus, hongos y toxinas.
Abejas	Alergias, intoxicaciones, lesiones cutáneas, reacciones sistémicas graves, anafilaxia	Existen la abeja común, abeja gigante de Asia y la abeja africana. Ésta última ha causado muertes en distintos países. De una a cinco picaduras de abeja son soportadas por un individuo en buen estado de salud. De 200 a 300 picaduras simultáneas determinan una intoxicación de todo el organismo con graves trastornos al organismo.

Fuente: Elaboración propia a partir de Ramírez (2001); SSA (2001), Tinoco (2009); Pemex (2008); INHEM (1996).

4.1.5.2. Calidad del suelo

La composición física, química y biológica del suelo varía ampliamente, por lo que, a diferencia del aire o agua, no es posible establecer un valor estándar de calidad para todos los suelos (Navarrete y cols., 2011). Asimismo, el suelo es un recurso que tiene distintas funciones ambientales, económicas y sociales, por lo que la calidad del suelo necesaria para cada función puede ser distinta. En este documento no se profundiza sobre la calidad del suelo sino sobre la contaminación del mismo.

4.1.6. Contaminación del suelo en Mexicali

A partir de los años sesenta, en Mexicali, se presentan diversos factores que dan lugar a la problemática de la contaminación del suelo, entre los cuales se pueden mencionar, la

contaminación de origen salino por aguas salobres entregadas por los Estados Unidos como parte de la cuota del Tratado de Aguas de 1944; la intensificación de la actividad agrícola y el uso de agroquímicos en el distrito de riego; la depuración de crecientes volúmenes de aguas residuales derivadas del uso doméstico e industrial; el uso de aguas residuales sobre suelo agrícola, y finalmente, el inicio de la exploración del subsuelo con fines de la explotación de la energía geotérmica de Cerro Prieto (Lázaro y cols., 2006 en Ramírez, 2006).

4.1.6.1. Localización de fuentes de contaminación de suelo

En el municipio de Mexicali han sido identificadas como principales fuentes de contaminación del suelo: la disposición final de residuos sólidos, los tiraderos clandestinos de todo tipo de residuos, la disposición final de residuos peligrosos, la disposición final de llantas usadas, las dismanteladoras de autos, la extracción de materiales para la construcción y el uso de agroquímicos (IMIP, 2007), estas fuentes se analizarán en los párrafos subsecuentes.

Residuos sólidos

Con el transcurso de los años, el crecimiento económico y poblacional en el municipio de Mexicali ha aumentado la generación de residuos sólidos y, con ello, la necesidad de sitios para su disposición final adecuada. Sin embargo, el manejo ineficiente de los residuos sólidos municipales se ha traducido en tiraderos sin control que, con el paso de los años, terminan por ser absorbidos u ocupados por los asentamientos humanos. En la tabla 98 se pueden observar diferentes sitios que han sido utilizados para la disposición final de residuos sólidos.

En el año 2008 en el municipio de Mexicali se recolectaron al día un promedio 1130 toneladas de basura, lo cual representó un aumento de 24% con respecto al 2006. De las 1130 toneladas, 75% corresponde a Mexicali, González Ortega y Progreso, el 25% al resto de las delegaciones (Compladem, 2009).

Tabla 98. Sitios de disposición final de residuos sólidos en Mexicali de 1935-2003¹⁴.

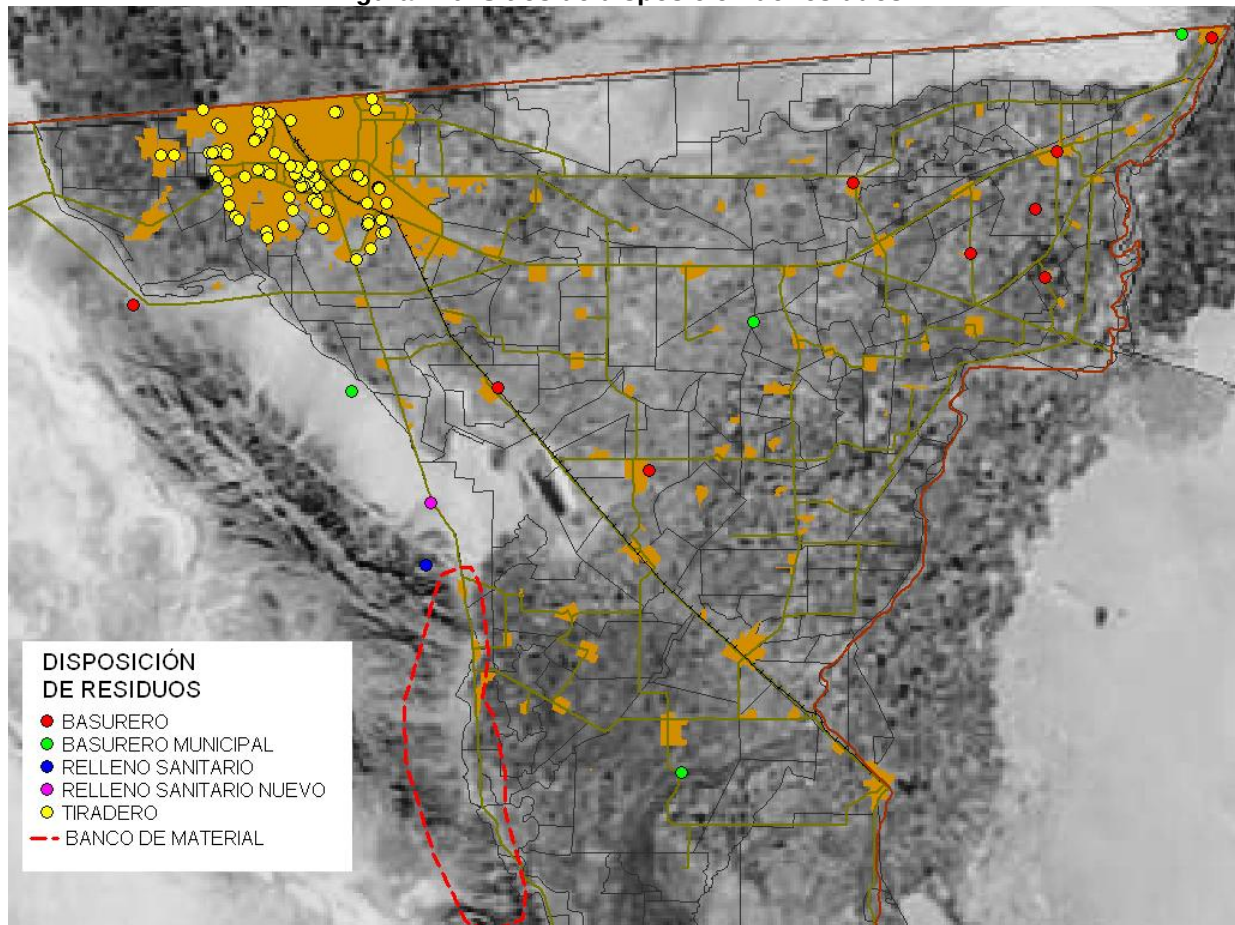
Año	Ubicación	1979	Ejido Coronita
1935	Río Nuevo Bella Vista	1980	Colonia Colorado
1945	Dren 134 Justo Sierra y Callejón Plateros	1980	Colonia Satélite 4ta. Sección
1953	Colonia Bajos de Pasadina	1982	Ejido Emiliano Zapata
1954	Calle Álamos C.F.E.	1983 y 1990	Laguna Xochimilco zona Sur
1956	Río Nuevo Colonia El Vidrio	1984	Colonia Colorado
1959	Río Nuevo Colonia El Rastro y Colonia Aurora	1988	Dren Tula Fraccionamiento El Cóndor
1966	Colonia Satélite 1ra. Sección	1988	Colonia Lázaro Cárdenas
1968	Compuertas	1989	Colonia Satélite 5ta. Sección
1969	Col. Satélite 2da. Sección	1990	Ejido Heriberto Jara
1970	Río Nuevo a la altura de la colonia Hidalgo	1990	Compuertas
1971	Col. Satélite 3ra. Sección	1991	Puente Lee
1976	Col. Colorado Fraccionamiento Campestre	1991	Colonia Satélite 6ta. Sección
1977	Río Nuevo Bellavista y Colonia Hidalgo	1992 - 1998	Ejido Hipólito Rentería
1978 y 1987	Colonia Castro 2	1998 a la fecha	Ejido Benito Juárez

Fuente: Tomado de Muñoz (1996) en Ramírez (2006:143).

¹⁴ Ninguno de los sitios ha cumplido con las características de un relleno sanitario y en realidad se trata de tiraderos de tierra no controlados.

El municipio cuenta actualmente con un relleno sanitario de residuos sólidos y manejo especial concesionado al sector privado, éste se localiza en la carretera Mexicali-San Felipe en el ejido Hipólito Rentería; además existen seis sitios identificados como basureros municipales, éstos se localizan en el ejido Benito Juárez, Algodones, Oviedo Mota delegación Venustiano Carranza, sitio Álamos de la delegación Batáquez, sitio Algodones del ejido Culiacán, sitio Morelos de la delegación Ciudad Morelos y en San Felipe (DSP, 2011). La ciudad cuenta con una unidad de transferencia de residuos ubicada junto a la laguna Xochimilco de la cual se transportan los residuos sólidos al relleno sanitario para su disposición final (ver figura 110).

Figura 110. Sitios de disposición de residuos.



Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a tiraderos clandestinos de residuos sólidos, éstos se pueden observar en diversos puntos tanto del valle como de la ciudad (drenes, lotes baldíos, etc.) en terrenos baldíos y drenes abandonados. A través del recorrido por la ciudad y con el apoyo de una imagen satelital de la ciudad de Mexicali se identificaron aproximadamente setenta tiraderos clandestinos de residuos sólidos (ver figura 110), los cuales deberán ser intervenidos para evitar la propagación de plagas y enfermedades en las zonas habitacionales colindantes. En la figura 110 se muestran los diferentes sitios de disposición final de residuos oficiales y clandestinos localizados en la ciudad y en el valle.

Residuos peligrosos

El crecimiento industrial en Mexicali ha estado ligado al uso de materiales y sustancias peligrosas que terminan por convertirse en residuos industriales, cuya disposición se ha presentado tanto en lugares oficiales como en tiraderos clandestinos.

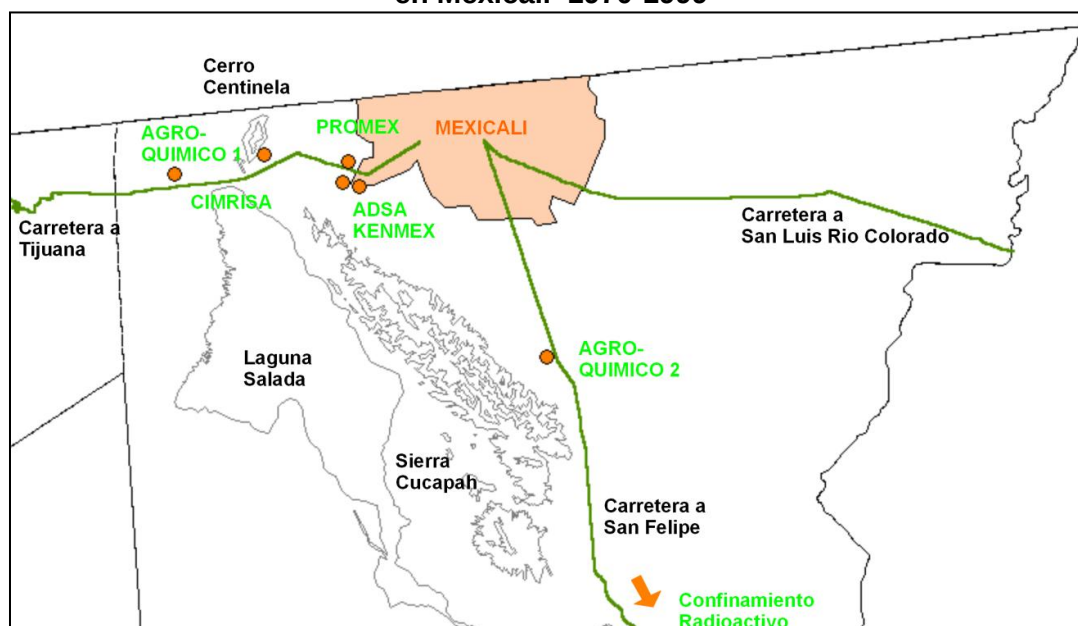
En un estudio sobre los sitios de disposición final de residuos industriales peligrosos se encontró el registro de los siguientes confinamientos en Mexicali (Ley, 2002):

- Confinamiento de agroquímicos 1: Este confinamiento fue autorizado por Sedue en 1979 y fue cerrado una vez que alcanzó su capacidad; ahí fueron enterrados agroquímicos, pero además solventes de maquiladoras.
- Confinamiento de agroquímicos 2: Este confinamiento fue aprobado a 26.5 km al suroeste de la ciudad por la carretera a San Felipe, con capacidad de 90,000 m³ y fue autorizado para recibir residuos de maquiladoras.
- Confinamiento privado Promex: Este confinamiento privado fue autorizado para la disposición de metal a la empresa Procesadora de Mexicali S. A. al oeste de la ciudad, y fue clausurado en 1988.
- Confinamiento privado Kenmex: Este confinamiento fue aprobado a favor de Kenmex para alojar fibra de vidrio a 10.5 km al oeste de la ciudad
- Confinamiento público: Sedue aprobó un confinamiento de residuos industriales peligrosos en 1986 a 34.5 km al oeste de la ciudad por la carretera a Tijuana¹⁵, el cual fue clausurado debido a que se encontraron conexiones con acuíferos y pozos.
- Confinamiento radioactivo. Al sur de Mexicali a 114 km, se construyó en 1984 un confinamiento para disponer 120 toneladas de materiales radioactivos¹⁶.
- Confinamiento de residuos “no peligrosos”: Este confinamiento se autorizó entre 1998-1999 al oeste de la ciudad a ADSA (ver figura 111).

Adicionalmente, la revisión documental permitió identificar el manifiesto de impacto ambiental (MIA) para un confinamiento de residuos industriales peligrosos localizado en la carretera Mexicali-San Felipe responsabilidad de la Compañía Siderúrgica de California (Semarnat, 2004). En el Valle de Mexicali, se cuenta con un Centro de Acopio Temporal de envases vacíos de agroquímicos, considerados como residuos peligrosos, el cual está localizado en la colonia Miguel Alemán.

¹⁵ Con capacidad de 30,000 metros cúbicos, este confinamiento se había planteado inicialmente para sustituir al de agroquímicos en el Centinela. Recibió residuos de plomo de manera clandestina.

¹⁶ A mediados de los años ochenta un incidente relacionado con el manejo de varillas contaminadas con cobalto llevó a la autorización de un sitio ubicado en la carretera Mexicali a San Felipe para el confinamiento de las varillas recolectadas en el municipio (La Voz de la Frontera, 9 de noviembre de 1984).

Figura 111. Localización de confinamientos de residuos peligrosos en Mexicali 1970-1999

Fuente: Tomado de Ley (2002).

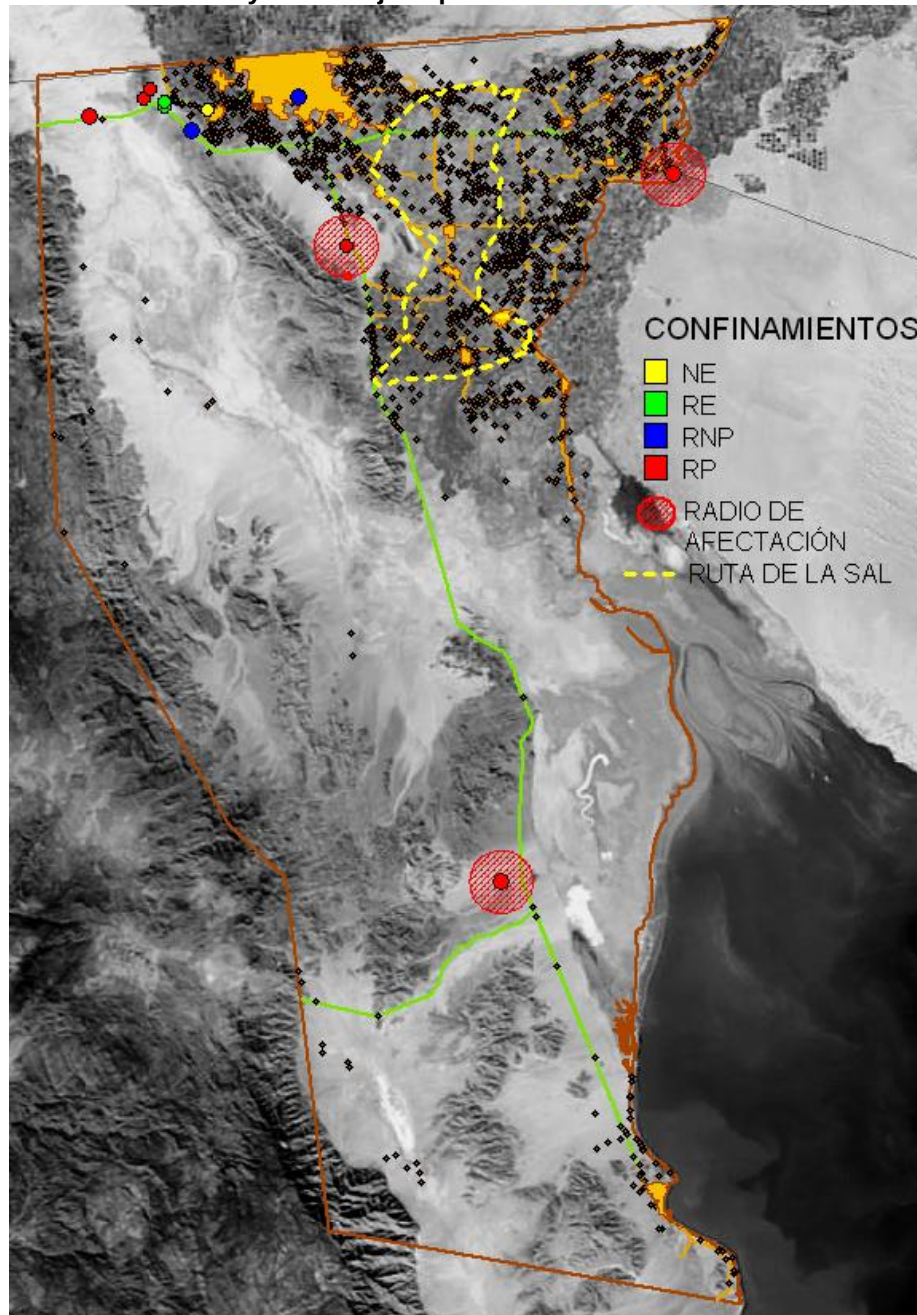
A partir de la localización de los confinamientos industriales peligrosos se identificaron radios de distancia mínima con respecto a la población especificados en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. Como resultado se obtuvieron 17 localidades expuestas a confinamientos de residuos peligrosos (ver tabla 99 y figura 113). El resto de los confinamientos de residuos peligrosos se encuentran en zonas cuyos radios no se traslapan con asentamientos humanos.

Tabla 99. Localidades expuestas a confinamientos de residuos industriales peligrosos.

No.	Nombre	Población
0226	COLONIA MIGUEL ALEMÁN	12
0510	EJIDO HIPÓLITO RENTERÍA	491
1297	FAMILIA DURAN (EJIDO MEZQUITAL)	15
1369	COLONIA MIGUEL ALEMÁN	416
1611	EL CAMPITO (COLONIA MIGUEL ALEMÁN)	1
1784	FAMILIA AYALA (COLONIA MIGUEL ALEMÁN)	8
1812	FAMILIA BELTRÁN (EJIDO MEZQUITAL)	41
1913	FAMILIA CONTRERAS (COLONIA MIGUEL ALEMÁN)	4
1975	COLONIA LA 27 (CAMPAMENTO SARH KILOMETRO VEINTISIETE)	138
2037	FAMILIA FLORES BARRAZA (COLONIA MIGUEL ALEMÁN)	2
2160	FAMILIA GRANADOS	37
2177	FAMILIA GUTIÉRREZ (COLONIA MIGUEL ALEMÁN)	8
2492	FAMILIA OROZCO (COLONIA MIGUEL ALEMÁN)	4
2567	FAMILIA RAMÍREZ (COLONIA MIGUEL ALEMÁN)	5
2702	FAMILIA SANTANA (COLONIA MIGUEL ALEMÁN)	1
3065	RANCHO BARRAGÁN (COLONIA MIGUEL ALEMÁN)	2
3074	CASA BLANCA (COLONIA MIGUEL ALEMÁN)	2

Fuente: Elaboración propia.

Figura 113. Confinamientos de residuos peligrosos y de manejo especial en Mexicali¹⁷.



Fuente: Elaboración propia.

Llantas de desecho

La generación de llantas de desecho y la disposición inadecuada de éstas, ha constituido un grave problema en el municipio de Mexicali (IMIP, 2007; Semarnat y EPA, 2006). En el año 2005 se realizaron labores de limpieza en sitios contaminados por llantas, el primero, sobre las faldas del cerro El Centinela, con un total de 1,250,000 llantas retiradas y, el segundo, el centro

¹⁷ RP= residuos peligrosos, RNP= residuos no peligrosos, RE= residuos especiales.

de acopio de la empresa INNOR S.A. de C.V. donde fueron retiradas 420,000 llantas de desecho (Semarnat, 2009). Actualmente, se cuenta con un centro de acopio temporal de neumáticos de desecho a cargo de la Secretaría de Protección de Ambiente del Estado (2011) ubicado en el Km 21.5 carretera federal Mexicali-San Felipe.

Desmanteladoras de automóviles

Las desmanteladoras de automóviles, conocidas localmente como *yonkes*, están relacionadas con problemas de contaminación de suelo por aceites, óxidos y fauna nociva (IMIP, 2007). Además de contaminar el suelo, esta actividad provoca la degradación estética de las zonas donde se instala. A través de la consulta del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (INEGI, 2009) se identificaron 52 desmanteladoras de automóviles o *yonkes* en el municipio, las cuales se localizan sobre las vialidades y carreteras principales (las carreteras al aeropuerto, Héctor Terán Terán, a la colonia Santa Isabel, el bulevar Lázaro Cárdenas, la Huertas de la Progreso y otras) de la ciudad (IMIP, 2007), próximas a los límites de la mancha urbana.

Extracción de materiales

La extracción de materiales para la construcción impacta el suelo y propicia su erosión. En el valle de Mexicali existen diversas localidades en las que se realiza la extracción de grava, arena y piedra para la construcción, lo cual provoca el deterioro de los suelos y la pérdida de cubierta vegetal y fauna; además se genera gran cantidad de polvos (PST y PM₁₀) que impactan la calidad del aire en las zonas más próximas a esta actividad (IMIP, 2007; SPA, 2009). En 2009 en Mexicali se contaba con un registro de 33 bancos de extracción de pétreos de los cuales sólo 18 cuentan con autorización.

Geotérmica de Cerro Prieto

Por otro lado, la geotérmica ubicada en Cerro Prieto genera descargas de contaminantes en forma de gases que contienen ácido sulfhídrico, bióxido de carbono, metano, propano, anhídrido sulfuroso, óxidos de nitrógeno, hidrógeno, argón y amoniaco, representando para el valle de Mexicali una fuente permanente de contaminación del aire, suelo y agua, con posibles efectos en la productividad de las tierras agrícolas y en la salud poblacional de los asentamientos humanos aledaños (POEEBC, 2005)¹⁸.

4.1.6.2. Percepción del riesgo

La contaminación del suelo presentó un nivel bajo de percepción en el valle y San Felipe, y en la ciudad de Mexicali un nivel medio (ver tabla 100).

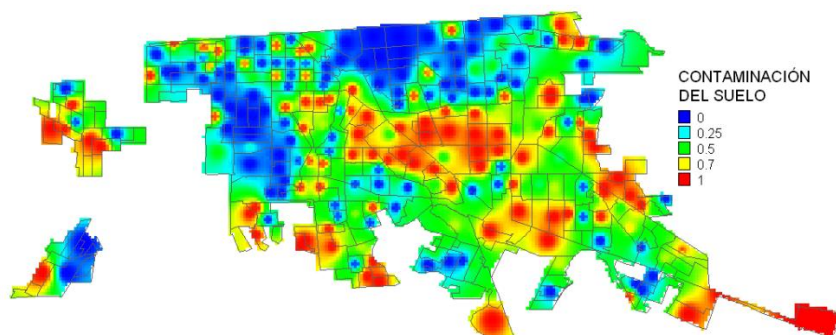
¹⁸ Como antecedente de la problemática de la contaminación del suelo generada por la geotérmica de Cerro Prieto, en 1986, la Sedue, señalaba: "Uno de los principales problemas que enfrenta el recurso suelo en el área de estudio es el ensalitramiento del suelo. Aunado a lo anterior se tienen los efectos producidos por los vapores emanados de las plantas geotérmicas con una alta concentración de sales de sodio, potasio y litio que tienen estos y las emisiones de ácido sulfhídrico y dióxido de carbono; compuestos que son precipitados naturalmente en la atmósfera, cayendo al suelo e incrementando el problema de salinización natural que existe en el valle de Mexicali; el caso es por sí solo grave" (Sedue, 1986:19).

Tabla 100. Percepción de la contaminación del suelo como peligro.

	CIUDAD		VALLE Y SAN FELIPE	
identificado	No	Si	No	Si
Contaminación suelo	52%	48%	66%	34%

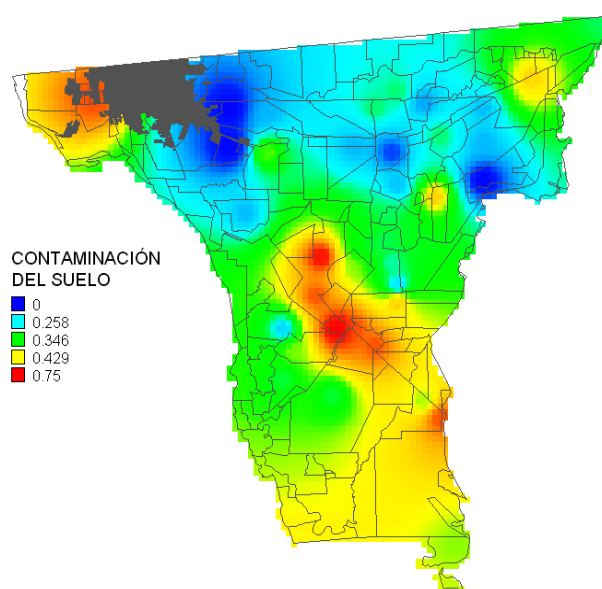
Fuente: Elaboración propia.

La contaminación del suelo es identificada en gran parte de la ciudad de Mexicali, sin embargo, se observa una concentración de los niveles más altos de percepción en la zona centro-sur y en ciertas zonas de la periferia de la ciudad (ver figura 114).

Figura 114. Percepción del riesgo de la contaminación del suelo en la ciudad.

Fuente: Elaboración propia.

En el valle de Mexicali, la percepción de la contaminación del suelo es baja, concentrándose los niveles más altos en la zona centro-sur (ver figura 115).

Figura 115. Percepción del riesgo por contaminación del suelo en el valle de Mexicali.

Fuente: Elaboración propia.

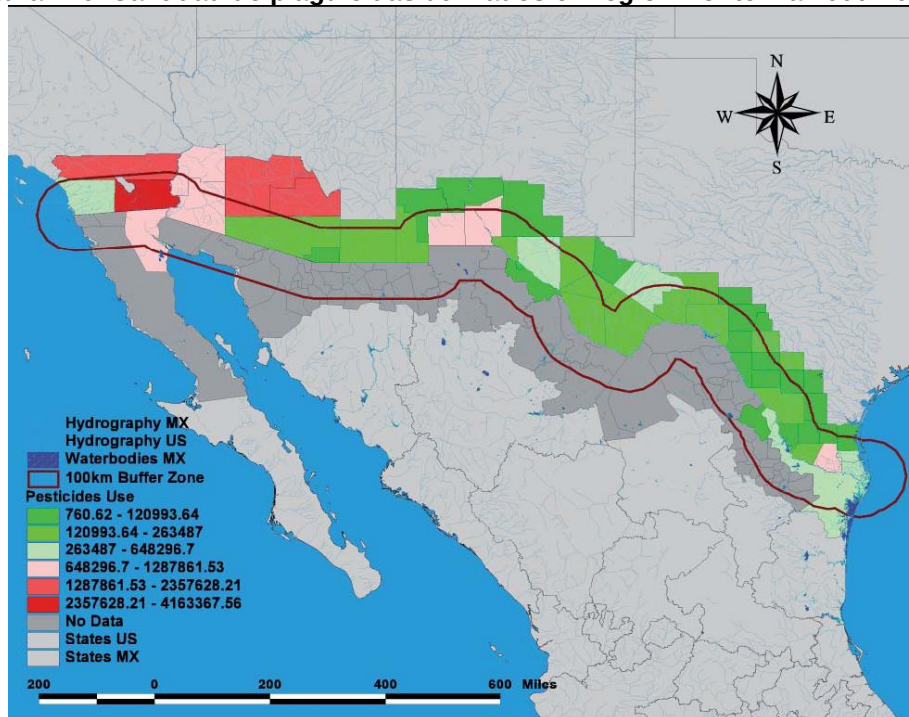
4.1.7. Agroquímicos

El uso de agroquímicos en el valle de Mexicali ha estado relacionado estrechamente con los modelos de producción agrícola implementados desde el origen de la región hasta la actualidad. Los cambios en estos modelos han significado distintos tipos, cantidades y peligrosidad de los agroquímicos fabricados y utilizados en el municipio, así como diferentes tipos y niveles de impactos ambientales (en el suelo, agua y aire) y de daños a la salud de la población expuesta, asociados a su uso o producción, (Moreno y López, 2005; Valdez y cols., 2000; Guardado, 1976).

En las primeras décadas del valle, con la aparición de las primeras plagas se utilizaron venenos como el arseniato de plomo, el arsénico blanco y el llamado verde parís; con el paso del tiempo y la tecnificación agrícola, en los años cincuenta el combate de plagas del algodón se llevó a cabo mediante aplicaciones aéreas de polvo que contenía materiales clorados como el DDT, BHC, Toxafeno, Endrin, Dieldrin, entre otros productos altamente tóxicos. A mediados de la década se inició la aplicación de insecticidas fosforados líquidos como el Paratión etílico y aplicaciones al suelo de Nemaqón (Sánchez,1990:241). Durante las décadas siguientes, el uso de plaguicidas organofosforados y organoclorados se extendió por todo el valle y, con la diversificación de cultivos en décadas recientes, particularmente con el auge en la horticultura, el uso de insecticidas, herbicidas, fungicidas y fertilizantes se multiplicó, así como el número de empresas productoras de estas sustancias químicas (Moreno y López, 2005).

Los efectos por el uso inadecuado de agroquímicos en la salud de los usuarios directos del material y de la población expuesta en cualquier fase del proceso, así como los daños al ambiente, dieron lugar a la formulación de programas específicos para el manejo de estas sustancias. Algunas de las medidas que se consideran prioritarias a nivel mundial son la protección física de los usuarios, la reducción de la cantidad de producto usado en los cultivos, la minimización de daños al ambiente (especialmente en cuerpos de agua), el acopio y la disposición de envases, residuos y producto caduco (AMIFAC,2007).

La información sobre el uso de agroquímicos en Mexicali es general; algunos datos recientes al respecto fueron proporcionados por Semarnat y EPA (2006) quienes, tratando de identificar la distribución del riesgo químico en la frontera norte de México, encontraron que en el periodo de 2000 a 2003 en el municipio de Mexicali se utilizaron entre 650,000 y 1,300,000 libras de plaguicidas (ver figura 116), cantidad que ubica a Mexicali como uno de los municipios de la región fronteriza con mayor peligro por uso de agroquímicos.

Figura 116. Cantidad de plaguicidas utilizados en región fronteriza 2000-2003¹⁹.

Fuente: Tomado de Semarnat y EPA (2006)

Por su parte, la Asociación Mexicana de Industria Fitosanitaria A. C. (AMIFAC, s.f.) señaló que en el 2003 el estado de Baja California se ubicaba en un nivel medio en la generación de envases vacíos de agroquímicos (entre 100-400 toneladas) a nivel nacional (ver figura 117), por lo que el manejo de estos recipientes se ha convertido en un problema adicional en las zonas agrícolas del estado.

Figura 117. Regiones agrícolas según cantidad de envases de agroquímicos generados (2003).

Fuente: Asociación Mexicana de Industria Fitosanitaria A. C.

¹⁹ Este mapa, muestra una variación significativa en el uso de plaguicidas en la región, no obstante, no es completamente representativo de la situación, ya que los datos son difíciles de recopilar y frecuentemente no están disponibles (Semarnat y EPA, 2006).

Los envases vacíos, generalmente, son arrojados en los campos de cultivo, cuerpos de agua, canales de riego, barrancas, son enterrados en el suelo, quemados al aire libre, o bien son reutilizados por la población para almacenar alimentos o agua, generando contaminación al ambiente y representando un serio peligro para la salud de las personas y de los animales (UMFFAAC, 2011). La respuesta a esta problemática ha sido la elaboración de planes de manejo de envases vacíos de agroquímicos promovidos por la Semarnat y basados en los lineamientos del Código de Conducta de la FAO, donde se pretende realizar inventarios de envases para tener un conocimiento más preciso del tamaño del problema y promover la instalación de centros de acopio, entre otras cosas, para evitar la amplificación del riesgo (AMIFAC, 2007).

En el valle de Mexicali, se cuenta con un Centro de Acopio Temporal de envases vacíos de agroquímicos dentro del programa mencionado anteriormente. Éste se localiza en la colonia Miguel Alemán y su capacidad de almacenaje es de 35 toneladas (granel y compactado), el tiempo máximo de almacenaje es de seis meses.

4.1.7.1. Agroquímicos y salud

La población expuesta de manera directa a los agroquímicos incluye regadores, jornaleros, personas que llevan el almuerzo, aplicadores, almacenistas, transportistas y fabricantes de agroquímicos, todas las familias que consumen productos agrícolas en donde no se usan adecuadamente estas sustancias. De manera indirecta se exponen las familias de los trabajadores agrícolas y los residentes de zonas próximas a las zonas de cultivo y de fabricación de agroquímicos, entre otros.

La exposición a agroquímicos puede causar una variedad de enfermedades, incluyendo lesiones en los ojos, dermatitis, enfermedades respiratorias y cáncer. Esto depende de la cantidad y toxicidad de los agroquímicos a los que se encuentre expuesta la población, del tiempo de duración de la exposición y de las características de la persona expuesta.

Los agroquímicos pueden utilizarse en estado líquido, sólido o gaseoso y, al ser aplicados mediante un equipo especial (mochila, pulverizadora de arrastre, autopropulsada, aeroaplicación, generador de nieblas) a la zona de cultivo (campo abierto, monte frutal, invernáculo, galpón), pueden entrar en contacto con las personas e ingresar al organismo por las vías respiratorias (en forma de gotitas finas, polvo, humo, etc.), por la piel, o por el aparato digestivo (Sefoa, 2010).

En Mexicali existen diversos antecedentes de intoxicaciones por uso o manejo de agroquímicos:

- En julio de 1969, en la colonia Carranza, tres niños se intoxicaron por consumir tortillas hechas con harina de trigo para siembra tratado con sustancia que contiene mercurio, de alta toxicidad. Dos de los niños perdieron la vista (La Voz de la Frontera, 13 de julio de 1969).
- En julio de 1969, tres empleados de una planta de fabricación de pesticidas ubicada en la estación Victoria se intoxicaron gravemente al inhalar Parathion, el cual envasaban para su distribución (La Voz de la Frontera, 26 de julio de 1969).

- En agosto de 1969, dos jornaleros resultaron intoxicados por polvo de Parathion en el ejido Campeche cuando fumigaban algunas melgas de algodón ((La Voz de la Frontera, 6 de agosto de 1969).
- En agosto de 1969, un empleado residente del ejido Oaxaca resultó intoxicado con Parathion al servir como banderero a un aviador que fumigaba una plantación de algodón.
- En agosto de 1969 un empleado de la Fumigadora Comercial, S. A. de C. V. ubicada en la calzada Benito Juárez de la ciudad de Mexicali, resultó gravemente intoxicado.
- De 1968 a 1969 se registraron 75 casos de intoxicación por plaguicidas en el valle de Mexicali (Valdez y cols., 2000).
- De 1993 a 1998 el número de casos de intoxicaciones por plaguicidas pasó de menos de 50 casos en 1993 a más de 200 casos en 1998 (Valdez y cols., 2000).
- En junio de 2011, dieciséis trabajadores del empaque de Ajo Escorda El Griego, ubicado en el ejido Chiapas Dos, resultaron intoxicados por un plaguicida denominado malatión, dos de los trabajadores presentaron una situación crítica de salud (La Crónica, 26 de junio de 2011).

4.1.8. Calidad de agua y suelo para uso agrícola

La calidad del agua y del suelo disponible para la producción agrícola impacta de manera directa la economía local, al afectar la productividad agrícola y la calidad de los cultivos disminuye las ganancias económicas e incluso puede poner en riesgo la permanencia de la actividad en el futuro. Con respecto a la calidad del agua, en el valle de Mexicali se cuenta con fuentes superficiales y subterráneas, mientras que el suelo presenta distintas composiciones y niveles de calidad.

Las fuentes superficiales (básicamente del Río Colorado) que se utilizan para el riego agrícola presentan cierto nivel de salinidad, según la CEA (2008) estas aguas tienen un promedio anual comprendido en el rango de 900 a 1200 partes por millón (ppm) de sólidos disueltos, y su utilización conlleva a la contaminación del suelo, lo que obliga establecer, en los volúmenes de entrega a los usuarios, una sobre-lámina de riego para el lavado de suelos. Por su parte, las aguas subterráneas del valle de Mexicali también presentan problemas de salinidad derivados de la infiltración de agua salobre a los acuíferos por sobreexplotación de las fuentes subterráneas o por el retorno de las aguas (salobres) utilizadas en el riego agrícola, lo anterior ha estado generando cada vez una mayor concentración de sales.

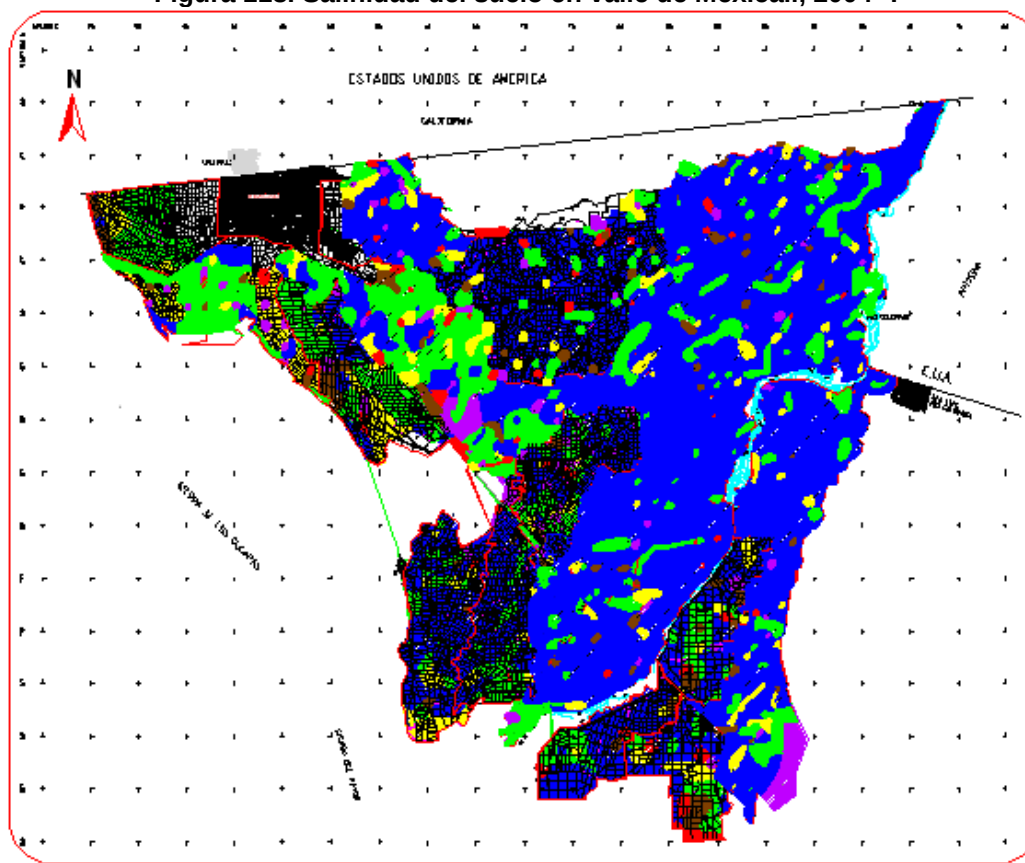
En la actualidad se carece de un sistema adecuado de monitoreo para la cuantificación y conocimiento de la evolución de las diversas formas de contaminación derivadas de la actividad agrícola. Sin embargo, se conoce que el empleo de agroquímicos es intensivo en las zonas de riego y que éste provoca la contaminación química de las aguas superficiales y subterráneas principalmente en las descargas de drenaje agrícola (CEA, 2008).

El suelo del valle de Mexicali es heterogéneo con respecto al contenido de sales presentando distintos niveles de calidad que afectan la productividad agrícola. El suelo del valle ha sido clasificado en seis tipos, donde el primero representa el suelo de mayor calidad y el sexto el de menor calidad. En la figura 118 puede observarse la distribución de los tipos según dicha clasificación, donde las zonas cercanas al Río Colorado, al noreste, norte y centro del distrito de riego, presentan la mayor proporción de suelos de mayor calidad (primer y segundo tipo),

mientras que la peor calidad del suelo está situada en las proximidades a la ciudad, en la porción noroeste del valle de Mexicali (Sefoa, 2009).

El estudio de salinidad de suelos realizado por la Comisión Nacional del Agua en 2004, reporta que los niveles de acumulación de sales están asociados a la distribución de los mantos freáticos²⁰ poco profundos, en otras palabras, en la parte noreste del valle predominan los suelos sin problemas de mantos freáticos y por lo tanto, son los que menos sales han acumulado o de primera clase. Los suelos de primera clase representan 59% del total, los de segunda clase abarcan 24% de la superficie, los de tercera y cuarta clase suman 12% y el resto equivale a 5% del total.

Figura 118. Salinidad del suelo en valle de Mexicali, 2004²¹.



Tomado de Conagua en Sefoa (2009:11).

En términos generales, se considera que a partir de la segunda clase de suelo se presentan problemas de leves a fuertes de desarrollo y bajos rendimientos de los cultivos, por lo que se entiende que en 41% de la superficie agrícola es necesario realizar alguna medida que permita controlar o combatir el problema de la salinidad y lograr que en el mediano plazo se recupere y conserve la capacidad productiva de esos suelos. Esto es particularmente importante en los

²⁰ Por otro lado, los ascensos de los niveles freáticos que afectan tanto al suelo como a los cultivos, se manifiestan en una superficie de 25,180 has en una profundidad de 0 a 2 metros (CEA, 2008). A esto habría que adicionar los impactos del sismo de 4 de abril de 2010 en el nivel freático en distintas zonas del valle de Mexicali.

²¹ Primera=azul, Segunda=verde, Tercera=amarillo, Cuarta=café, Quinta= rojo, Sexta= morado.

suelos de peor calidad (clases de 3 a 6) que representan 17% del valle de Mexicali (Sefoa, 2009).

4.2. Epidemias

Las enfermedades infecciosas, por su grado de difusión, pueden ser consideradas esporádicas cuando se presentan casos aislados en un lugar y un tiempo determinados; también pueden considerarse epidemias cuando la frecuencia de los casos esporádicos se eleva de manera considerable en un lugar; o bien, pueden denominarse pandemias, cuando la epidemia alcanza grandes superficies de un país, abarca países enteros o incluso continentes (Piatkin, 1968 en Cenapred, 2011).

De esta manera, las epidemias se presentan cuando, durante cierto lapso de tiempo, una enfermedad adquiere una incidencia claramente superior a sus valores normales; esta situación se relaciona esencialmente con las enfermedades de tipo infeccioso y con la aparición de condiciones particularmente favorables a la transmisión de las mismas, sean estas condiciones de tipo ambiental o social (Cenapred, 2001). En México, la atención de las epidemias está a cargo principalmente del sector salud y para evitar su propagación mundial se cuentan con convenios y protocolos internacionales de información y acción ante brotes epidémicos (p.e. la Red Mundial de Alerta y Respuesta ante Brotes Epidémicos y el Reglamento Sanitario Internacional).

4.2.1. Características generales de la salud

4.2.1.1. Salud en México

En los últimos 50 años se produjo en México un cambio importante en las condiciones de salud de la población, reflejado en el descenso de la mortalidad en todos los grupos de edad, la disminución de la tasa de fecundidad, el aumento en la esperanza de vida (con un paulatino envejecimiento de la población), acompañado por un cambio igualmente significativo en las principales causas de mortalidad (SSA, 2007; Conapo, 2010). Este proceso se ha denominado transición epidemiológica, la cual ha sido producto de un mayor control de las enfermedades asociadas al parto y de las enfermedades transmisibles (infecciosas y parasitarias), así como del incremento de las enfermedades crónico-degenerativas (Conapo, 2010). A diferencia de décadas pasadas, en la actualidad, los daños a la salud (morbilidad, mortalidad y discapacidad) tienden a concentrarse de manera creciente en los adultos mayores y se deben sobre todo a padecimientos no transmisibles (SSA, 2007).

La transición epidemiológica en México se ha relacionado principalmente con factores de riesgo asociados tanto al entorno como a las condiciones y estilos de vida. Los factores de riesgo en el entorno incluyen la falta de acceso a servicios de agua potable y drenaje, la contaminación del aire, suelo y agua, el aumento de la ocupación de la población en el sector industrial y de servicios (aumento de riesgos laborales), la ocurrencia de desastres por fenómenos naturales o antropogénicos, el cambio climático, entre otros. Por su parte, los factores de riesgo asociados a los estilos de vida incluyen la mala nutrición (alto consumo de calorías y grasas de origen animal, bajo consumo de frutas y vegetales), el sedentarismo y el consumo de sustancias adictivas, los cuales han originado factores de riesgo emergentes como el sobrepeso y la obesidad, la hipercolesterolemia, la hipertensión, el tabaquismo, el consumo excesivo de alcohol, el consumo de drogas ilegales, la violencia doméstica y las prácticas sexuales inseguras (SSA, 2007).

Si bien, el patrón de daños a la salud que caracteriza a México está dominado por las enfermedades crónico-degenerativas y las lesiones (SSA, 2009), las enfermedades infecciosas comunes, las enfermedades de la nutrición y de la reproducción, siguen conformando el grupo de padecimientos que afectan a la población más pobre, por lo que la desigualdad es uno de los rasgos distintivos de la transición epidemiológica del país. La población más pobre, además de sufrir de las mismas enfermedades que padecen otros grupos sociales, en edades tempranas presenta un mayor riesgo de mortalidad. De esta manera, la pobreza implica rezago en salud y se manifiesta en las comunidades rurales marginadas y en la periferia de las grandes ciudades (SSA, 2003).

Por otro lado, aunque la esperanza de vida en México se ha incrementado, ésta ha ido de la mano con el aumento de diversas condiciones discapacitantes, como la osteoporosis, la osteoartritis, la hipoacusia y los trastornos mentales. El análisis de la morbilidad de los adultos demuestra el incremento de los padecimientos crónicos, discapacidad y otros efectos tardíos de exposiciones laborales y ambientales, expresadas como enfermedad pulmonar crónica o cirrosis no dependiente del alcohol (SSA, 2003).

La Secretaría de Salud (SSA, 2008) señala que en México, en el año 2008, la tasa de mortalidad fue de 504.6 decesos por cada 100 mil habitantes. De ellos, la principal causa de muerte fue por diabetes mellitus (con 70.8), seguida de enfermedades isquémicas del corazón (con 55.8), la enfermedad cerebrovascular (con 28.3), cirrosis y otras enfermedades crónicas del hígado (con 26.6) y las enfermedades pulmonares obstructivas (con 19.3).

4.2.1.2. Salud en Baja California

La tasa de mortalidad de 2009 en Baja California (432.61 decesos por cada 100 mil habitantes) fue menor que la tasa a nivel nacional (Isesalud, 2011b); mientras que la esperanza de vida se encontró entre las más altas del país con un promedio de 76.1 años, mientras que a nivel nacional fue de 75.3 (Conapo, 2011). En el mismo año, la principal causa de muerte fue por enfermedades del corazón (con 75.97 defunciones por 100 mil habitantes), le siguen los tumores malignos (con 60.12), la diabetes mellitus (con 51.67), los accidentes (con 28.99) y las enfermedades cerebrovasculares (con 25.28 decesos por 100 mil habitantes (Isesalud, 2011b).

En cuanto a la morbilidad, las enfermedades más frecuentes para el año 2009 fueron las infecciones respiratorias agudas con 20,288 casos por cada 100 mil habitantes; en segundo lugar fueron las infecciones intestinales con 2,872; en tercer lugar se presentaron las infecciones de las vías urinarias con 1,984 y la cuarta causa la constituyeron las úlceras, gastritis y duodenitis con 968 por cada 100 mil habitantes. Es importante mencionar que la primera causa de morbilidad, las infecciones respiratorias agudas, presentó un incremento importante en el periodo de 2006 a 2009, pues pasó de 16,224 a 20,288 casos por cada 100 mil habitantes (Isesalud, 2011c).

Las enfermedades crónico-degenerativas ocupan un lugar preponderante dentro de la morbilidad que se presenta en el estado. Tal es el caso de la hipertensión arterial y la diabetes mellitus, las cuales se ubican en el quinto y séptimo lugar entre las principales causas de morbilidad y registran para el año 2009 una tasa de 652 y 398 casos por cada 100 mil habitantes, respectivamente (Gobierno del Estado de Baja California, 2007, Isesalud, 2011c).

Dentro del comportamiento de la morbilidad en el estado, destaca la tuberculosis pulmonar, al registrar tasas superiores a la nacional, en la última década, la tasa de morbilidad de esta enfermedad ha oscilado entre 35 y 50 casos por cada 100 mil habitantes, cuando a nivel

nacional se han presentado tasas de entre 13 y 16 casos por 100 mil habitantes (Gobierno del Estado de Baja California, 2007, Isesalud, 2011c). En términos de mortalidad la tuberculosis pulmonar ocupó, en el 2009, el lugar número quince entre las principales causas de muerte en el estado de Baja California.

El SIDA es otro padecimiento con alta prevalencia en el estado, según datos del Registro Nacional de Casos de VIH/SIDA, la incidencia acumulada hasta noviembre de 2010 fue de 202.8 casos por cada 100 mil habitantes, ocupando el segundo lugar, sólo después del Distrito Federal (Censida, 2010).

4.2.1.3. Salud en Mexicali

En Mexicali, en el año 2009, la principal causa de muerte fueron las enfermedades del corazón con 86 defunciones por 100 mil habitantes, le siguieron los tumores malignos con 73, la diabetes mellitus con 56, las enfermedades cerebrovasculares con 36 decesos por 100 mil habitantes y los accidentes con 23 decesos por cada 100 mil habitantes (ver tabla 101) (Isesalud, 2011b), mostrando una composición similar a la estatal pero con tasas superiores para todos los tipos, excepto los accidentes.

Tabla 101. Principales causas de mortalidad en Mexicali en el 2009²².

No.	Causa	Volumen	Tasa	%
1	Enfermedades del corazón	833	85.66	17.83
2	Tumores malignos	709	72.91	15.18
3	Diabetes mellitus	549	56.46	11.75
4	Enfermedades cerebrovasculares	353	36.3	7.56
5	Accidentes	224	23.04	4.80
6	Influenza y neumonía	213	21.9	4.56
7	Enfermedades pulmonares obstructivo crónicas	129	13.27	2.76
8	Ciertas afecciones originadas en el periodo perinatal	127	13.06	2.72
9	Enfermedades del hígado	125	12.85	2.68
10	Agresiones/homicidio	107	11	2.29
11	Insuficiencia renal	106	10.9	2.27
12	Malformaciones congénitas, deformidades y anomalías cromosómicas	106	10.9	2.27
13	Tuberculosis pulmonar	62	6.38	1.33
14	Enfermedades por virus de inmunodeficiencia adquirida (SIDA)	57	5.86	1.22
15	Hepatitis viral	46	4.73	0.98
16	Septicemia	41	4.22	0.88
17	Bronquitis crónica y la no especificada enfisema y asma	39	4.01	0.83
18	Úlcera gástrica y duodenal	29	2.98	0.62
19	Desnutrición y otras deficiencias nutricionales	16	1.65	0.34
20	[Sic]	14	1.44	0.30
	Las demás causas	786	80.83	16.83
	Total	4671	480.35	100.00

Fuente: Isesalud (2011b).

²² Tasa por cada 100 mil habitantes.

En cuanto a la morbilidad, las enfermedades más frecuentes para el año 2009 fueron las infecciones respiratorias agudas con 23,214 casos por cada 100 mil habitantes; en segundo lugar están las infecciones intestinales con 3,413 casos por cada 100 mil; en tercer lugar se observan las infecciones de las vías urinarias con 2,401 y la cuarta causa la constituyen las úlceras, gastritis y duodenitis con 886 casos por cada 100 mil habitantes (Isesalud, 2011c); mostrando una composición similar a la estatal pero con tasas mayores, excepto en úlceras, gastritis y duodenitis. Es importante mencionar que las infecciones respiratorias agudas no sólo fueron la primera causa de morbilidad sino que además presentaron un incremento importante en el periodo del 2005 al 2009, al pasar de 20,488 casos por cada 100 mil habitantes a 23,214 casos por cada 100 mil habitantes (Isesalud, 2011c).

Los datos de Isesalud (2011b y 2001c) sobre las principales causas de mortalidad y morbilidad en Mexicali muestran que aproximadamente una de cada diez muertes en el municipio se deben a enfermedades infecciosas, sin embargo, ocho de cada diez enfermedades (morbilidad) que afectan a los habitantes son infecciosas y están relacionadas con factores de riesgo como la contaminación del aire (IRAS), la contaminación del agua (EDAS), la contaminación de alimentos, entre otros peligros sanitarios.

Tabla 102. Principales causas de morbilidad, Mexicali, 2009²³.

No.	Causa	volumen	tasa	%
1	Infecciones respiratorias agudas	225736	23214.1	66.5
2	Infecciones intestinales por otros organismos	33184	3412.56	9.8
3	Infecciones de vías urinarias	23346	2400.84	6.9
4	Úlcera, gastritis y duodenitis	8615	885.94	2.5
5	Hipertensión arterial	6725	691.58	2
6	Otitis Media aguda	4721	485.5	1.4
7	Asma y estado asmático	4504	463.18	1.3
8	Diabetes mellitus no insulino dependiente	4087	420.3	1.2
9	Varicela	2720	279.72	0.8
10	Influenza	2079	213.8	0.6
11	Neumonías y bronconeumonias	1868	192.1	0.6
12	Quemaduras	1711	175.95	0.5
13	Candidiasis urogenital	1496	153.84	0.4
14	Amebiasis intestinal	1470	151.17	0.4
15	Gingivitis y enfermedad periodontal	1406	144.59	0.4
16	Fiebre tifoidea	1313	135.03	0.4
17	Conjuntivitis	1270	130.6	0.4
18	Intoxicación alimentaria bacteriana	1033	106.23	0.3
19	Paratifoidea y otras salmonelosis	986	101.4	0.3
20	Mordedura de perro	985	101.29	0.3
21	Resto de diagnósticos	10237	1052.75	3
	Total	339492	34912.47	100

Fuente: Isesalud (2011c).

Aunado a lo anterior, Mexicali posee condiciones ambientales y sociodemográficas particulares que definen algunos padecimientos del municipio, y lo diferencian de otros municipios del

²³ Tasa por 100 mil habitantes.

estado (ver tabla 103), como son el golpe de calor, el asma, la *rickettsiosis*, la amiba de vida libre, entre otras, algunos de ellos serán descritos en los párrafos subsecuentes.

Tabla 103. Padecimientos distintivos por jurisdicción de servicios de salud.

MEXICALI	TIJUANA	ENSENADA	VICENTE GUERRERO
Intoxicación Alimentaria	SIDA	Displasia Cervical	Faringitis y amigdalitis
Diarreas	Accidentes	Virus de Papiloma Humano (VPH)	Heridas de cabeza
Ameba de Vida Libre	Malformaciones congénitas	Accidentes vehiculo de motor	Traumatismo del ojo
Golpe de Calor	Infecciones de transmisión Sexual (ITS)	Marea roja	Salmonelosis
Asma	Hipotermia	Fiebre tifoidea	Dermatosis
Rickettsiosis	Diabetes Mellitus	Enfermedades cerebrovasculares	Intoxicación plaguicidas
Enfermedades Corazón	Tuberculosis pulmonar y Tuberculosis miliar	Suicidios	
Tumores Malignos	Adicciones	Intoxicación por plaguicidas	
Enfermedades Hígado	Desnutrición leve		
Virus del Nilo Occidental (VON)	Defectos del tubo Neural (DTN)		

Fuente: Wong (2010).

4.2.1.4. Epidemias y brotes epidémicos en Mexicali

Amiba de vida libre

Las amibas de vida libre (AVL) son protozoos con efectos letales que habitan en ambientes húmedos como el suelo y el agua. La composición química del agua, la temperatura, el pH y la acumulación de materia orgánica, favorecen la multiplicación de estos protozoos. A la fecha se han descrito las especies *Naegleria fowleri*, *Balamuthia mandrillaris* y algunas del género *Acanthamoeba* (INE, 2007; SSA, 1994). La ruta de invasión de la *Naegleria fowleri* es la aspiración del agua contaminada por las fosas nasales. Esta especie causa una infección aguda que afecta al sistema nervioso central (SNC) llamada meningoencefalitis amebiana primaria (MAP) o naegleriosis. El mayor número de casos de este tipo se ha presentado en niños y jóvenes previamente sanos con antecedente de haber nadado durante el verano en cuerpos de agua naturales contaminados o cuerpos de agua artificiales inadecuadamente clorados (INE, 2007).

Para Lares y cols., (1993), el ambiente desértico de Mexicali, con la prevalencia de altas temperaturas, especialmente en el verano, y la existencia de vasta infraestructura de riego distribuida por todo el territorio, aunado al uso recreativo de esta infraestructura (cuyas aguas difícilmente pueden ser cloradas), hacen necesario considerar a la *N. fowleri* una especie endémica del lugar y tomar las medidas preventivas que eviten la proliferación de casos relacionados con esta AVL.

En este sentido, la amiba de vida libre es motivo de vigilancia epidemiológica en el municipio de Mexicali, lugar donde se han encontrado las especies *Naegleria Fowleri* y/o *Acanthamoeba* spp. Estos protozoos tienen como hábitat los canales de riego y las aguas estancadas en el

municipio, se desarrollan durante el verano cuando las temperaturas superan los 40° C. El cuadro clínico ha sido de una *meningoencefalitis*, con una letalidad de más del cien por ciento que, si bien ha tenido una frecuencia baja, resulta fundamental su prevención para evitar la multiplicación de los casos de este tipo (Gobierno del Estado de Baja California, 2007).

La enfermedad causada por la AVL es grave por el tipo de lesiones que produce, principalmente en el sistema nervioso, y por el alto nivel de letalidad de las personas expuestas. Las amibas producen edema y necrosis hemorrágica en el tejido cerebral provocando daños graves e irreversibles en el individuo infectado. La enfermedad se caracteriza por cefalea intensa, fotofobia, fiebre, náusea, vómito en proyectil y rigidez de cuello; coma, convulsiones y finalmente la muerte. La mayoría de los pacientes mueren en la primera o segunda semana después de la manifestación de los primeros síntomas, dependiendo del manejo y la resistencia del paciente, así como de la virulencia de las amibas (SSA, 1994).

El primer caso relacionado con la AVL en Mexicali ocurrió en el año 1978, cuando falleció un adolescente que había nadado en canales de riego y sufrió un traumatismo nasal; el diagnóstico de *meningoencefalitis* se realizó *postmortem* con estudios histopatológicos. En 1989, el análisis de nueve defunciones reportadas en Mexicali como meningitis bacteriana estableció que, probablemente, eran casos de meningitis por AVL; un año más tarde se descubrieron cinco nuevos casos causados por *N. fowleri*, en los que la fuente de exposición fueron algunos canales de agua riego (SSA, 1994).

La frecuencia anual de casos relacionados con la AVL en Mexicali ha sido variable, según el Gobierno del Estado de Baja California (2007), se han presentado los siguientes: 1 caso en el año 1989, 7 en 1990, 2 en 1991, 1 en 1992, 2 casos en 1998, 1 en 1999, 2 en 2003, 1 en 2005, 1 en 2006 y 1 más en el año 2008.

Tabla 104. Notas periodísticas recientes relacionadas con amiba de vida libre en Mexicali.

Fecha nota	Noticia	Lugar	Daños o muertes
24-Jul-11	Detectan amiba de vida libre en 15 albercas	6 albercas de Mexicali y 9 del resto de la entidad	S.D. (sin dato)
13-Aug-09	Mueren dos en tres años	Valle de Mexicali	1 niño de 10 años (2006) y un joven (2008)
13-Aug-09	Muere joven del valle afectado por la amiba	Valle de Mexicali	1 joven de 20 años
23-Aug-08	Muere menor afectado por amiba de la vida libre	S.D.	S.D.
28-Aug-06	Reporta ISESALUD caso de amiba de la vida libre	S.D.	1 persona muerta
17-Aug-05	Muere joven de SLRC infectado por la amiba	Mexicali	S.D.
30-Jul-03	Confirman muerte por amiba	Mexicali	1 joven de 14 años

Fuente: Elaboración propia.

Rickettsia rickettsii

Rickettsiosis o riquetsiosis es un término que agrupa a las enfermedades infecciosas causadas por al menos ocho especies de las bacterias del género *Rickettsia*. En México se pueden reconocer tres especies predominantes de esta bacteria que provocan diferentes cuadros clínicos. La *Rickettsia prowazekii* que produce el tifus epidémico y es transmitida por los piojos, la *Rickettsia Typhi* que produce el tifus murino endémico y es transmitida por pulgas de la rata, y la *Rickettsia Rickettsi* que provoca la fiebre manchada de las montañas rocosas (FMMR) y es transmitida por las garrapatas (Meneses y cols., 2010).

El cuadro clínico de mayor impacto para la salud pública de México es el producido por la *Rickettsia rickettsii* cuyo principal vector y reservorio es la garrapata *Rhipicephalus sanguineus*. Esta garrapata tiene como hospedero frecuente al perro y además de la picadura por la garrapata infectada se han documentado otros mecanismos de infección tales como el contacto directo en heridas abiertas con los tejidos o fluidos de la garrapata, la inhalación de aerosoles contaminados y en menor frecuencia por transfusión sanguínea. Los determinantes asociados con la adquisición de la enfermedad se focalizan principalmente, en las condiciones de higiene de las viviendas y la convivencia con perros infestados de garrapatas infectadas (Meneses y cols., 2010).

Los síntomas primarios de FMMR son muy inespecíficos, incluyen fiebre alta, dolor de cabeza severo y dolor muscular; pueden a menudo ser acompañados por náusea, vómito, dolor abdominal y tos (Eremeeva et al., 2001). Con la riquetsiosis se presentan erupciones cutáneas agudas (exantema) en muñecas, tobillos, palmas de la mano, planta de los pies, antebrazos, tipo macular rosado, en horas se extiende al resto del cuerpo y se torna macular oscuro, cuatro días después petequiales, hemorrágicas, ulceradas y necróticas (Wong, 2011). La mortalidad por esta enfermedad puede ser de 30% en pacientes no tratados a tiempo con antibióticos (Walker, 1995 en Tinoco y cols., 2009).

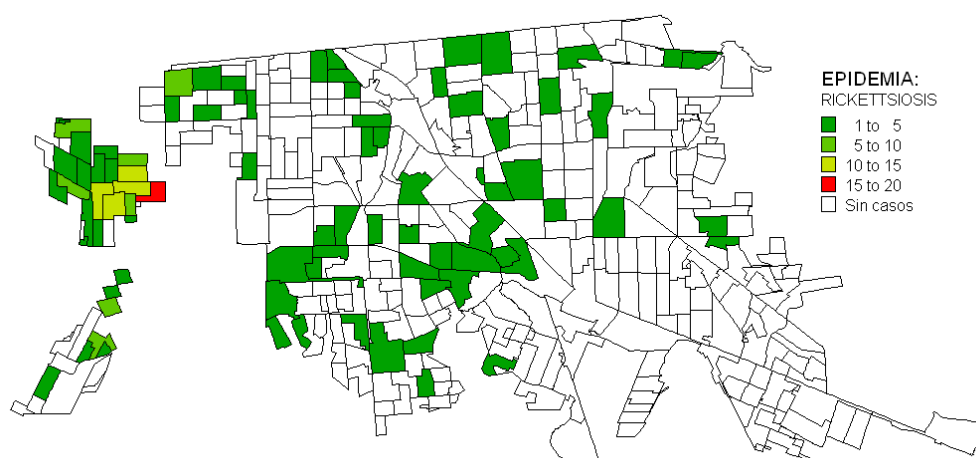
Al inicio del 2009 se detectó en el municipio de Mexicali la presencia de la enfermedad provocada por la *Rickettsia rickettsii* y *prowazekii*, transmitido por la garrapata *Rhipicephalus sanguineus*. En el mismo año se confirmaron 293 casos y fallecieron 9 personas; mientras que al año siguiente, se confirmaron 144 casos con 12 muertes (ver tabla 105).

Tabla 105. Número de casos de riquetsiosis en Mexicali 2009-2010.

Casos	Vivos	Muertes	Total
Confirmados_2009	284	9	293
Confirmados_2010	132	12	144

Fuente: Wong (2011).

La distribución espacial de los casos de riquetsiosis reportados en Wong (2011) para el año 2009 se muestra en la figura 119, donde se observa cierta concentración de casos en la zona poniente (Santorales). Esta información dio origen a la puesta en marcha de la vigilancia activa para la búsqueda intencionada de casos en los Santorales y Progreso, como también se empezó a asociar esta infección con la marginación urbana.

Figura 119. Casos de rickettsiosis por AGEB en la ciudad de Mexicali 2009.

Fuente: Elaboración propia a partir de Wong (2011).

Por su parte, los resultados de un estudio realizado por Tinoco y cols., (2009) para estimar la prevalencia (número de casos) de rickettsiosis (*Rickettsia rickettsii*) en perros (capturados por el personal del Centro Municipal de Control Animal) asociada al grado de marginalidad de la ciudad de Mexicali, muestran una seroprevalencia ajustada de rickettsiosis de 59.4%. Sin embargo, los autores no encontraron asociación entre la seropositividad a *R. rickettsii* y la zona de marginalidad de la ciudad de Mexicali donde fueron capturados los perros, ya que la seropositividad está distribuida homogéneamente en toda la ciudad de Mexicali.

Si se toma en cuenta que la garrapata (específicamente la *Rhipicephalus sanguineus*) durante 5% del tiempo de su vida se aloja en el perro (mientras se alimenta de sangre), y que el 95% restante vive en el medio ambiente (realizando los cambios de estadio y postura de huevos de su ciclo de vida), se hace necesario implementar una estrategia de control integral para lograr su eliminación tanto en el perro como en el medio ambiente.

En este sentido, los investigadores del Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias de la Universidad Autónoma de Baja California encontraron que en las viviendas donde no se cumple con un programa preventivo anual (al menos 3 desparasitaciones contra ectoparásitos, 3 baños garrapaticidas y 3 fumigaciones del hogar) los perros tienen mayor riesgo de resultar seropositivo a rickettsiosis que los perros de las viviendas donde sí lleva a cabo dicho programa. Además se reconoce que hasta el momento no existen vacunas efectivas contra estas garrapatas, y el perro no desarrolla inmunidad eficiente en reinfestaciones. Por todo lo anterior, es importante evitar el libre deambular de perros en la calle para impedir la propagación de la rickettsia entre perros, hacia otros animales o hacia los humanos; así como implementar un programa preventivo anual de control de garrapatas (con estrategias químicas y no químicas) bajo la supervisión de un médico veterinario zootecnista²⁴.

²⁴ Consejo Veterinario de Salud Pública de Mexicali (s. f.). Información general de la rickettsiosis.

Influenza A (H1N1)

La influenza es una enfermedad respiratoria infecciosa aguda de origen viral. Los virus de influenza, pertenecen a la familia de los ortomixovirus, los cuales se clasifican en los tipos A, B y C; estos tres tipos resultan patógenos para el hombre. Los virus de influenza tipo A, tienen la capacidad de infectar además del hombre, a cerdos, caballos, mamíferos marinos, aves de corral, y muchas especies de aves silvestre (Jiménez y cols., 2010).

El virus de la influenza se propaga de persona a persona, se transmite rápidamente y es de fácil contagio por exposición a las secreciones expulsadas al toser o estornudar, las cuales pueden ser inhaladas o llegar a contaminar manos y superficies. La pandemia²⁵ de influenza ocurrida en 2009 fue causada por el virus A (H1N1), el cual no se había presentado anteriormente en la especie humana.

La influenza se presenta abrupta o súbitamente con síntomas sistémicos y comunes que incluyen fiebre alta, malestar general, escalofríos, cefalea, mialgias, postración y síntomas respiratorios como: tos seca, estornudos, secreción nasal abundante, enrojecimiento de la conjuntiva, dolor de garganta, anorexia y adenopatías cervicales (Jiménez y cols., 2010).

La epidemia de influenza en México por el virus A (H1N1) se caracterizó, al igual que en Estados Unidos, Canadá y algunos países europeos, por afectar a la población relativamente joven. Hasta el 9 de Julio de 2009, 78.7% de los casos confirmados correspondía a personas menores de 30 años, en tanto que en Estados Unidos esa proporción fue de 84.1% de los cuales 60% tenía 18 años o menos (Fajardo-Dolci, y cols., 2009).

Al parecer, hasta septiembre de 2009 en Baja California se reportaron aproximadamente ochocientos cincuenta casos de influenza A (H1N1), con 13 muertes, dos de ellas sucedieron en Mexicali (La Crónica, 29 de septiembre de 2009).

Virus del Oeste del Nilo

El Virus del Oeste del Nilo (VON) se transmite por artrópodos. Este virus fue aislado por primera vez en el distrito del Oeste del Nilo en Uganda, pertenece al género *Flavivirus* de la familia *Flaviviridae* y es miembro del serocomplejo de la Encefalitis Japonesa (JE), en el que se incluyen también, los virus de la JE, de la Encefalitis de San Luis (SLE) y de la Encefalitis del Valle Murray.

El Virus del Oeste del Nilo circula en ciclos de transmisión natural involucrando especies de aves y mosquitos, principalmente del género *Culex*, mientras que los humanos y una variedad importante de vertebrados son hospederos incidentales (Lanciotti y cols., 2000). Se sospecha que las aves migratorias son los principales huéspedes introductorios del virus, pues los brotes en las regiones templadas ocurren generalmente con la llegada de grandes grupos de aves migratorias durante el fin del verano y principios del otoño (PAHO, 2000).

En 1999 y 2000, durante el periodo de verano-otoño ocurrieron dos epidemias de encefalitis humana causadas por el VON en la región este de los Estados Unidos. A pesar de que la

²⁵ En respuesta a la diseminación del nuevo virus de influenza A (H1N1), la Organización Mundial de la Salud (OMS) declaró el 11 de julio de 2009 que el estatus de la epidemia se elevaba a la fase 6 y, por lo tanto, se declaraba una pandemia de influenza (Jiménez y cols., 2010).

vigilancia epidemiológica en aves demostró actividad viral desde la frontera con Canadá hasta Carolina del Norte, solamente en tres estados de la Unión Americana (Nueva York, Connecticut y Nueva Jersey) se reportaron casos humanos (Marfin y cols., 2001).

En México, en noviembre del año 2002 se confirmó la presencia del Virus del Oeste del Nilo, en dos estados de la frontera norte: Tamaulipas (en un equino) y Coahuila (en diecisiete equinos). Al cierre del 2002 se registraron 36 casos de encefalitis en humanos atribuibles al VON, pero todos ellos se descartaron; mientras que se confirmaron dos casos en aves y 21 en equinos (Cenave, UAM y CPA, 2003).

En Baja California, durante el periodo 2003-2004 se puso en marcha el operativo *Vigilancia, diagnóstico, prevención y control del virus del oeste del Nilo* (VON). En dicho estado se ha detectado el VON en aves, mosquitos y caballos. En un estudio realizado por Medina y cols., (2008) en el valle de Mexicali se identificaron 7 especies de mosquitos, tres de las cuales fueron positivas a VON: *Aedes vexans* (en el mes de octubre de 2005), *Culex tarsalis* (en mayo de 2006) y *C. pipiens/quinqüefasciatus* (en noviembre de 2005 y abril de 2006 respectivamente), por lo que se entiende que la abundancia relativa de las especies encontradas positivas fue mayor durante los meses de primavera y otoño.

Recientemente, en julio de 2011, en el condado de Santa Bárbara, el Departamento de Salud Pública de California, (CDPH, por sus siglas en inglés) confirmó la presencia de un caso del Virus del Oeste de Nilo en humanos (La Crónica, 28 de julio de 2011). Este suceso resulta importante, dada la proximidad geográfica del caso con el estado de Baja California.

4.2.1.5. Percepción de las epidemias como peligro

En la tabla 106 puede observarse que la percepción de las epidemias como peligro en la ciudad presentó un nivel muy bajo, mientras que en el valle de Mexicali y en San Felipe presentó un nivel bajo.

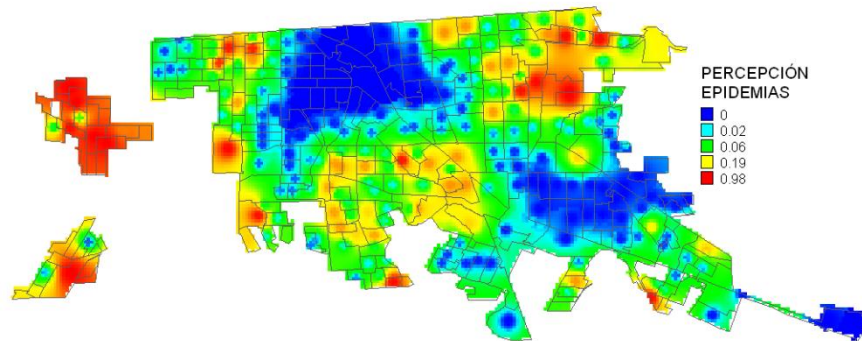
Tabla 106. Percepción de la epidemia como peligro.

	CIUDAD		VALLE Y SAN FELIPE	
	No	Si	No	Si
identificado				
Epidemia	86%	14%	73%	27%

Fuente: Elaboración propia.

Espacialmente, la percepción de las epidemias se concentró principalmente en la zona poniente y noreste de la ciudad, también puede observarse una ausencia de identificación de este peligro en el norte central de la ciudad y en el sureste (ver figura 120).

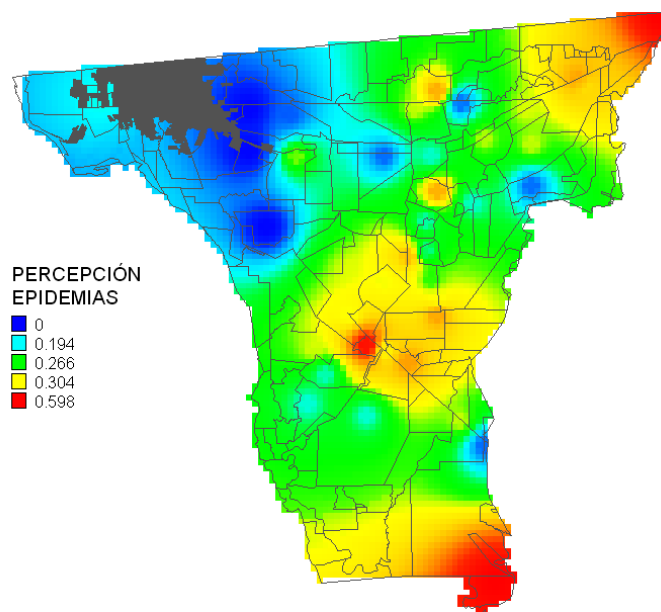
Figura 120. Percepción del peligro de epidemias en la ciudad de Mexicali.



Fuente: Elaboración propia.

Por su parte, en el valle de Mexicali la percepción de las epidemias se intensificó en el noreste, en el sur y en la zona central del territorio (ver figura 121).

Figura 121. Percepción del peligro de epidemias en el valle.



Fuente: Elaboración propia.

4.3. Plagas

Desde sus orígenes, la producción agropecuaria ha sido afectada por diversas plagas y enfermedades de las plantas y los animales, amenazando esta actividad económica y la disponibilidad de alimentos para la población. En los últimos años, el riesgo de introducción de plagas se ha incrementado por el aumento en el volumen, la diversidad y el intercambio de las mercancías en el planeta, ello como resultado de los procesos de apertura comercial y globalización que experimentan diversos países del mundo (Oirsa, 2009).

Las plagas son definidas como cualquier especie, raza o biotipo vegetal o animal o agente patógeno dañino para las plantas o productos vegetales (FAO, 1990; revisado FAO, 1995), por lo que las plagas más que una amenaza directa a la salud humana, son consideradas un peligro fitosanitario.

El peligro fitosanitario se entiende como la potencialidad de cualquier especie, raza o biotipo vegetal o animal o agente patógeno, de resultar dañino para las plantas o productos vegetales. Mientras que el riesgo relacionado con plagas cuarentenarias se define como la probabilidad de introducción y dispersión de una plaga y la magnitud de las posibles consecuencias económicas asociadas con ella; o el riesgo relacionado con plagas no cuarentenarias (reglamentadas) se define como la probabilidad de que una plaga, presente en plantas para plantar, afecte el uso destinado de esas plantas acarreando repercusiones económicas inaceptables (IICA, 2009).

Existen una serie de factores o circunstancias que posibilitan la proliferación plagas entre ellas, Cenapred (2011) menciona las siguientes:

- Condiciones climáticas, asociadas normalmente a la estacionalidad.
- Presencia de humedad en algunos casos de cauces fluviales, zonas fluviales o encharcadas y/o deficiencias estructurales en el saneamiento de las aguas residuales.
- Presencia de nutrientes derivado de suciedad, materia orgánica abandonada, basuras, soportes materiales, animales a quien parasitar.
- Posibilidad de establecer sus guaridas-refugios, lejos del alcance del hombre.
- Ausencia de depredadores.
- Ausencia de control físico, químico o biológico.
- Falta de higiene y limpieza periódica de zonas de alto riesgo como sótanos, graneros, solares abandonados etc., o cualquier punto insalubre que puedan servir de hábitat para el desarrollo de los vectores o plagas.

El cambio climático, que se manifiesta en modificaciones en las temperaturas, la humedad y los gases de la atmósfera puede propiciar el crecimiento de plantas, hongos, insectos, alterando la interacción entre las plagas, sus enemigos naturales y sus huéspedes. Las transformaciones en la cubierta vegetal de la tierra, la deforestación y la desertificación pueden incrementar la vulnerabilidad de plantas y animales ante las plagas y enfermedades. Debido al cambio en las temperaturas y humedad, las poblaciones de insectos como mosquitos, pulgas, garrapatas, etc.; pueden extender la zona geográfica donde viven y exponer a los animales, plantas y personas a enfermedades contra las cuales no tienen inmunidad (FAO, 2011).

4.3.1. Registro histórico de plagas

Al iniciarse la explotación agrícola del valle de Mexicali se fueron incrementando, gradualmente, diversos cultivos de alfalfa, sorgo y algodón, entre otros. Este hecho modificó las condiciones ambientales de la región (Walther, 1996). En 1925, el gusano perforador de la hoja hizo estragos en la producción algodonnara de una cooperativa de la colonia Progreso (Sánchez, 1990).

En los años cuarenta la roya de trigo arrasó con las hectáreas sembradas provocando pérdidas totales (Sánchez, 1990). De acuerdo con Walther (1996), en la primera mitad del siglo XX en el valle de Mexicali se encontraban chinches, gusano perforador de la hoja de algodón, gusano bellotero, áfidos, gusano soldado y falso medidor. También se encontraban una gama de artrópodos fitófagos que no llegaban a constituirse como plaga, entre ellos, la mosquita blanca y la araña roja.

En 1965, se detectó una larva del gusano rosado en un despepite en el valle de Mexicali, la infestación provenía del estado de Arizona. Para 1966 ya se encontró en algunas parcelas sembradas con algodón. En 1980, se instaló el trapeo para el picudo algodón como medida de prevención, en 1982 se realizó la primera captura y se estableció un programa para su erradicación. En 1985 se realizó el mayor número de capturas (Walther, 1996).

En 1981, la mosquita blanca destruyó más del noventa por ciento de la superficie cultivada de sandía en el valle de Mexicali (Rocha, 1992). En octubre de 1990, la mosquita blanca se presentó como plaga en los valles de Imperial Riverside, Mexicali y San Luis Río Colorado (Walther, 1996). Esta plaga devastó el cultivo de algodón y ocasionó que en 1993, la superficie sembrada de esta oleaginosa llegara a tan sólo 600 hectáreas, así como la desaparición del padrón de cultivos de otras oleaginosas como ajonjolí y especies de cucurbitáceas como melón y sandía. La adopción y aplicación de medidas fitosanitarias permitió el abatimiento de las infestaciones de esta plaga hasta llegar a niveles económicamente controlables y reducir el número de aplicaciones de insecticida por hectárea de 4.3 a 2.4, lo que ha favorecido el restablecimiento de la superficie cultivada con algodón y la reincorporación del cultivo de melón y sandía a la cédula de cultivos del valle de Mexicali (OEIDRUS B.C. y cols., s.f.).

El verano de 1991, el cultivo de ajonjolí fue afectado por una enfermedad fungosa, que no se había detectado en el bajo Delta del Río Colorado, el patógeno pertenecía al género de *Macrophumina* y sus esporas se encontraban generalmente en el suelo (Walther, 1996).

En 1999 se detectó en Mexicali la cochinilla rosada del hibisco. Esta es una plaga exótica de importancia mundial y cuarentenaria que se alimenta de la savia de más de 300 especies de vegetales como hortalizas, ornamentales, frutales, forestales y plantas silvestres; entre sus hospederos preferidos se encuentra el hibisco o clavel (Calleja y cols., 2010). Se detectaron 12 brotes positivos de la plaga en las zonas urbanas de la ciudad de Mexicali, adyacentes a la frontera con el valle Imperial de California en Estados Unidos, en hospederos ornamentales de Mora, Higuera, Obelisco, Algarrobo y cítricos, los cuales fueron erradicados inmediatamente mediante aplicaciones de insecticidas y la destrucción de las partes afectadas de las plantas. Adicionalmente se liberó el agente de control biológico *Anagyrus kamalli* en la ciudad de Mexicali, sobre todo donde se detectaron los brotes de plaga (Sagarpa, 2000).

Actualmente, la Comisión Estatal de Sanidad Vegetal de Baja California (CESVBC, 2011a) tiene identificadas alrededor de nueve plagas que afectan o han afectado los diferentes cultivos del valle de Mexicali, tres de ellas pueden afectar al municipio en general (ver tabla 107), con daños en plantas de ornato, cítricos, nopal, mezquite y palma datilera.

Tabla107. Principales plagas que afectan o han afectado al municipio de Mexicali.

Plaga	Cultivo que afecta	Presencia	
		Municipio Mexicali	Valle de Mexicali
Gusano rosado (Pectinophora gossypiella)	Algodonero		X
Mosca blanca (Bemisia argentifolii)	Algodonero	X	X
Chinche Lygus (Lygus lineolaris)	Algodonero/ Alfalfa		X
Pulgón verde follaje (Schizaphis graminum)	Trigo		X
Gusano soldado (Spodoptera exigua)	Alfalfa		X
Gusano F. Medidor (Thrichoplusia ni)	Alfalfa		X
Picudo de la alfalfa (Hypera postica)	Alfalfa		X
HLB (Huanglongbing)	Cítricos	X	X
Cochinilla rosada (Maconellicoccus hirsutus green)	Plantas, ornato, cítricos, nopal, mezquite, palma datilera	X	X

Fuente: CESVBC (2011a).

Las pérdidas de producción pueden ser costosas, ello depende del grado de infestación en el que se presenta la plaga y del tiempo que se tarda en controlarla. Toda infestación fuerte de cualquier plaga que ataque directamente a un cultivo (ya sean gramíneas, forraje, cítricos, forestales, entre otros) son de suma importancia, porque de no detectarse y controlarse a tiempo pueden originar severas pérdidas económicas para el productor y para el municipio (CESVBC, 2011a). En el siguiente cuadro se muestran algunos ejemplos de las pérdidas locales posibles por efecto de las plagas.

Tabla 108. Posibles pérdidas en la producción por plaga.

Plaga	Grado de infestación	Cultivo	Pérdidas de producción
Gusano rosado	Fuerte	Algodonero	Puede ocasionar de 1 a 2 pacas de algodón por ha.
Mosca blanca	Fuerte	Algodonero	Si no se controla en la etapa de desarrollo y cuadreo puede originar muerte de la planta en siembras tardías. En siembras tempranas originan manchado de la fibra, por aparición de fugamina, sino se controla a tiempo.
Chinche Lygus	Fuerte	Algodonero	Origina manchado de fibre y pudrición de la bellota, por daño de picadura fogueo de bellota por humedad.
Pulgón del follaje	Fuerte	Trigo	Origina problema de amacollamiento (formación de tallos nuevos) y marchites de la planta, si la infestación es fuerte y se presenta al inicio del amacollamiento.
Picudo de la alfalfa, gusano falso medidor, gusano soldado, Chinche lygus, gusano verde de la alfalfa	Fuerte	Alfalfa	Origina una baja en la producción durante el corte, además una baja calidad del forraje y disminuye el tiempo de vida del cultivo, originando con este resiembras.

Fuente: CESVBC (2011a).

Para hacer frente al problema de plagas, el Comité Estatal de Sanidad Vegetal en Baja California cuenta con las siguientes campañas preventivas en Mexicali (2011b):

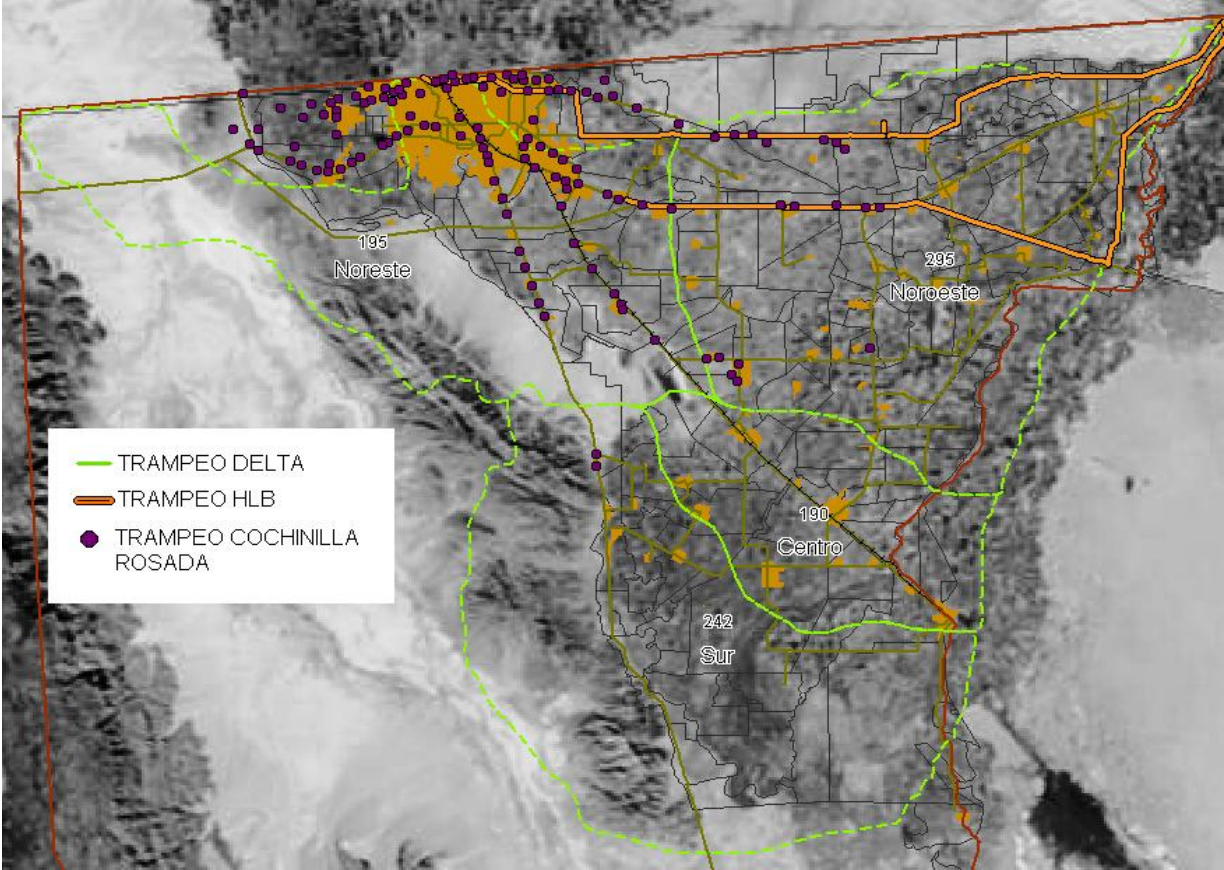
- **Campaña contra Plagas del Algodonero:** El cultivo del algodón se ve afectado por un complejo de plagas, sobresaliendo el gusano rosado, gusano bellotero, picudo del algodón, mosquita blanca, chinche lygus, entre otras. Si no se mantienen controladas estas plagas se podría presentar una pérdida de más de 150 millones de pesos anuales y ocasionaría el desplome de este cultivo en el valle de Mexicali. El Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Baja California en coordinación con el Gobierno Federal, el Gobierno del Estado, el Gobierno de Estados Unidos a través del *United State Department Agriculture* y Productores del valle de Mexicali, organizados en el Sistema Producto Algodón, ejecuta el Programa de Supresión/Erradicación del Gusano Rosado y Picudo del Algodonero. Actualmente se cuenta con 2,240 trampas tipo delta ubicadas en el valle de Mexicali en cultivos del algodón, alfalfa y palma datilera (ver figura 122).
- **Campaña contra el *Huanglongbing* de los Cítricos (HLB):** El HLB es considerada actualmente como la enfermedad más destructiva de los cítricos; su principal vector es el *psílido* asiático de los cítricos (*Diaphorina citri*), el cual se encuentra distribuido en todo México. En cuanto a *cancro* y *leprosis*, aun cuando no han sido detectadas en la entidad, éstas representan un peligro potencial debido a que son consideradas como enfermedades de interés cuarentenario en el país²⁶. En la figura 122 se pueden observar las rutas de trapeo para el HLB.
- **Campaña contra la Cochinilla Rosada del Obelisco:** Esta plaga se encuentra presente en la zona urbana de la ciudad de Mexicali, colindante con áreas infestadas del valle Imperial, California. La campaña consiste en realizar monitoreo de los cultivos establecidos en el valle y en las zonas urbanas (la ciudad y los poblados rurales), por medio de trapeo de machos con feromona específica. Estas acciones son complementadas con la destrucción de hospederos muy infestados, acciones de control biológico y químico. Existen seis rutas de trapeo que parten desde el punto de la infestación al exterior del mismo, generalmente en línea recta (ver figura 122).
- **Campaña contra Palomilla del tomate (*Tuta absoluta*):** Existe una red de trapeo en zonas productoras de tomate en el valle de Mexicali que consta de seis trampas.
- **Carbón Parcial del Trigo (*Tilletia indica* Mitra):** El valle de Mexicali produce casi 100% del trigo de Baja California, y es considerado como una zona libre de carbón parcial del trigo por las autoridades federales en México y en Estados Unidos, desde 1997 y 1998, respectivamente. Para prevenir la introducción, erradicar o suprimir la enfermedad causada por el hongo, que ocasiona el daño directamente al grano del trigo, se aplican una serie de medidas fitosanitarias por parte de los productores locales basadas en la normatividad de las campañas²⁷. En el valle de Mexicali, se realiza el muestreo de 1,250 has en campo, con la toma de 80 muestras para ser analizadas en el laboratorio del CESVBC.

²⁶ Cabe señalar que en el año 2009, se detectó HLB en el estado de Yucatán.

²⁷ Consultar OEIDRUS en: www.oeidrus-bc.gob.mx/sispro/trigobc/Produccion

- **Roya del tallo (*Puccinia graminis*):** Esta enfermedad no está presente en el valle de Mexicali, sin embargo, como medida preventiva se lleva a cabo la exploración de 3,200 has de trigo en campo.

Figura 122. Principales rutas de trampeo de plagas en Mexicali.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos proporcionados por CESVBC (2011a).

4.3.2. Percepción del peligro de plagas

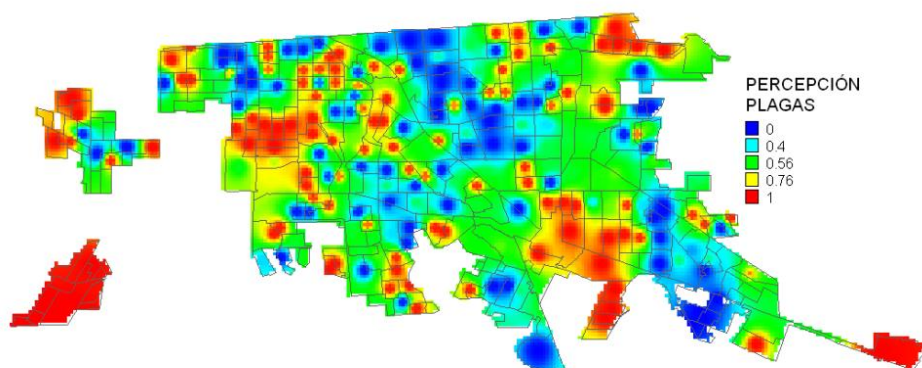
Las plagas fueron identificadas como peligro por poco más de la mitad de los habitantes del valle de Mexicali, San Felipe y la ciudad, aunque en menor proporción en esta última.

Tabla 109. Percepción de las plagas como peligro.

	CIUDAD		VALLE Y SAN FELIPE	
	No	Si	No	Si
identificado				
Plagas	45%	55%	33%	67%

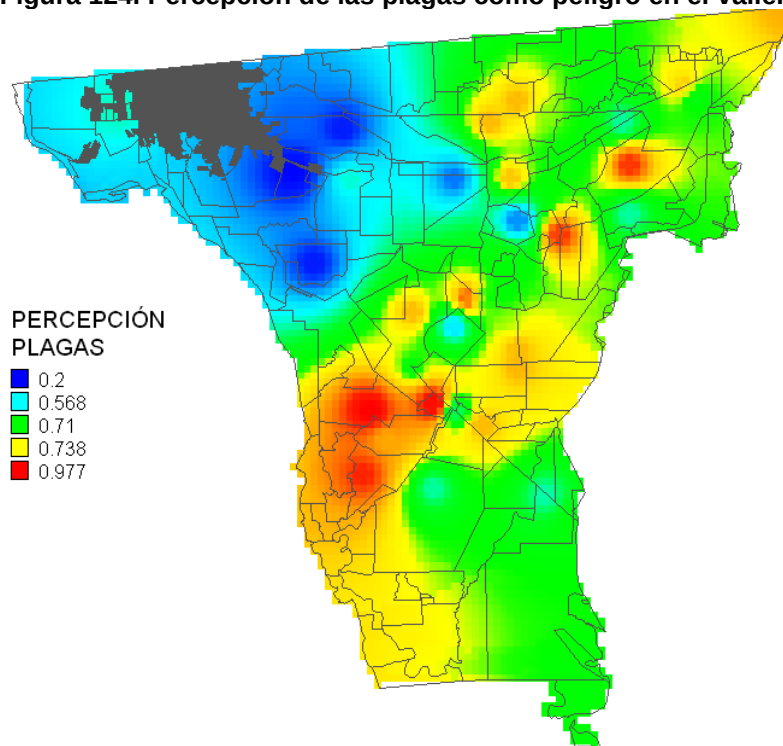
Fuente: Elaboración propia.

La percepción del peligro de plagas se presentó en la mayor parte de la superficie urbana de Mexicali, sin embargo, existen zonas con mayor nivel de percepción como el poniente y sureste de la ciudad (ver figura 123).

Figura 123. Percepción de las plagas como peligro en la ciudad.

Fuente: Elaboración propia.

En el caso del valle de Mexicali las zonas en las cuales la población identifica el peligro de plagas se distribuyen al suroeste y al centro-este del valle (ver figura 124).

Figura 124. Percepción de las plagas como peligro en el valle.

Fuente: Elaboración propia.

4.4. Medidas de mitigación

Las medidas de mitigación de riesgos se sugieren a partir de los dos elementos que los constituyen, el peligro y la vulnerabilidad local. Si bien los peligros sanitarios son procesos que derivan de las condiciones ambientales alcanzadas, el desarrollo de condiciones comunitarias cada vez más seguras para enfrentarlos o resistirlos debe ser una de las principales estrategias en materia de prevención de desastres.

De manera general es necesario incrementar el nivel de conocimiento de los peligros sanitarios, tanto en el ámbito científico como en la comunidad expuesta a ellos. En el primer caso se requiere realizar estudios que reporten el estado de contaminación del ambiente y para ello es necesario ampliar la capacidad de monitoreo de los procesos ambientales y de la respuesta humana al cambio en las condiciones del entorno; mientras que en el segundo caso, se requiere de un programa eficiente y permanente de comunicación del riesgo, con especial énfasis en la población directamente expuesta.

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

Pero sobre todo, es necesario incluir la mitigación de riesgos en la planeación del desarrollo urbano–regional desde una perspectiva territorial que derive en estrategias de ocupación y administración del suelo de menor impacto ambiental para evitar el aumento en las condiciones inseguras del entorno.

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

Tabla 110. Medidas de prevención y mitigación de riesgos sanitarios.

TEMA	LOCALIZACIÓN	CONDICIÓN INSEGURA	POSIBLES EFECTOS	MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN
PLANEACIÓN TERRITORIAL	Municipio	Procesos de planeación y gestión territorial deficientes: Bajo control de la localización y del crecimiento de los asentamientos humanos hacia zonas peligrosas. Bajo control de la localización de fuentes fijas que contaminan las diferentes vías del ambiente (aire, agua y suelo).	Exposición de un mayor número de familias a peligros sanitarios.	A través de la planeación y gestión del suelo controlar y evitar el crecimiento urbano y los asentamientos humanos hacia las zonas de exposición a peligros sanitarios (fuentes de contaminación, confinamientos de residuos peligrosos, rellenos sanitarios), así como la incompatibilidad de los usos de suelo.
				Incorporar en los planes de desarrollo urbano-regional estrategias concretas en materia de mitigación de riesgos.
				Identificar zonas seguras para reubicar a la población expuesta.
				Capacitación de los encargados de la planeación territorial en materia de mitigación de riesgos desde el enfoque territorial.
PELIGROS SANITARIOS	Municipio	Monitoreo con cobertura territorial parcial de los procesos de contaminación de los diferentes medios y los efectos posibles en el tiempo, en la salud de la población.	Desconocimiento del comportamiento de los peligros sanitarios en el lugar y de las medidas específicas para mitigarlos.	Extender la capacidad (espacial y temporal) de monitoreo ambiental mediante la puesta en operación de sistemas automáticos. Garantizar su sostenimiento y la calidad del dato obtenido.
				Implementación de sistemas de alerta para la población cuando la calidad del aire, agua o suelo puedan afectar la salud de población, con especial énfasis en la población vulnerable.
				Analizar la posibilidad de reubicar a las familias expuestas a peligros sanitarios.
CONTAMINACIÓN DEL AIRE	Municipio	Localización de la población en zonas próximas a fuentes de emisiones contaminantes.	Efectos negativos en la salud de la población, sobretudo en la población vulnerable (niños, ancianos, enfermos del corazón o vías respiratorias)	Monitoreo de las emisiones al aire generadas por fuentes fijas y aplicación de medidas e incentivos para su control.
	Ciudad y zonas pobladas del valle.	Exposición de la población a volúmenes altos de contaminación del aire (PM10) por falta de pavimentación, la presencia de grandes baldíos y la falta de áreas verdes.	Efectos negativos en la salud de la población, sobretudo en la población vulnerable.	Incrementar la cobertura de pavimentación, cobertura vegetal, y disminuir la presencia de grandes baldíos.
	Ciudad	Exposición de la población a altos niveles de CO.	Efectos negativos en la salud de la población, sobretudo en la población vulnerable.	Incentivos para sustituir vehículos contaminantes, uso de innovaciones tecnológicas, movilidad más eficiente, incentivos para el uso de medios de transporte alternativos.

CONTAMINACION AL AGUA	Municipio	Falta de cobertura de drenaje y agua potable.	Aumenta la exposición a aguas contaminadas; el consumo de agua de baja calidad con efectos negativos para la salud de la población incrementa la posibilidad del brote de ciertas enfermedades	Ampliar la cobertura de drenaje y agua potable (100%)
	Ciudad y valle	Monitoreo con cobertura territorial parcial de la calidad de las aguas residuales potencialmente contaminantes generadas por actividades económicas como la industria (PYME y grandes) y rastros.	Desconocimiento de los peligros sanitarios derivados de los niveles de contaminación de agua de ciertas actividades económicas.	Extender la capacidad (espacial y temporal) de monitoreo de aguas residuales proveniente de fuentes fijas.
	Municipio	Monitoreo con cobertura territorial parcial de los procesos de contaminación de cuerpos de agua y los efectos posibles en el tiempo, en la salud de la población. Monitoreo parcial de la calidad del agua para consumo humano.	Desconocimiento del comportamiento de los peligros sanitarios derivados de la contaminación de cuerpos de agua y del agua para consumo humano, así como, de las medidas específicas para mitigarlos.	Extender la capacidad (espacial y temporal) de monitoreo de calidad del agua, garantizar el sostenimiento y la calidad del dato obtenido.
				Mantener informada a la población sobre los peligros derivados de la contaminación de cuerpos de agua o de la baja calidad de agua para consumo humano.
CONTAMINACION DEL SUELO	Municipio	Ausencia de un inventario de sitios de confinamiento de residuos peligrosos.	Población expuesta a sitios contaminados que afectan su salud.	Realizar un Inventario de los sitios que han sido utilizados como confinamiento de residuos industriales peligrosos, en el que se indique los volúmenes y el tipo de residuos confinados.
				Implementar programas de saneamiento de sitios contaminados
				Reubicar a las familias que se encuentran en un radio de afectación por suelos contaminados.
	Municipio	Suelos y sitios contaminados por disposición en tiraderos clandestinos residuos sólidos por los habitantes.	Exposición de la población a suelos contaminados, desarrollo de fauna nociva y transmisión de enfermedades.	Implementar programas de concientización y sanciones para disminuir los tiraderos clandestinos de residuos sólidos.
				Mantener programas de deschatarrización y acopio de otros tipos de residuos domésticos.
	Valle de Mexicali	Ensalitramiento de suelos	Pérdidas en productividad de la tierra y baja producción agrícola, que se traducen en pérdidas económicas	Aplicar programas de limpieza de suelos
	Municipio	Falta de disposición de llantas en sitios autorizados	Contaminación del suelo, desarrollo de fauna nociva y transmisión de enfermedades.	Aplicar incentivos para la disposición de llantas en lugares autorizados.

EPIDEMIAS	Municipio	Monitoreo parcial de los peligros sanitarios que pueden afectar a la población.	Desconocimiento del comportamiento de los peligros sanitarios en el lugar y de las medidas específicas para mitigarlos.	Realizar programas de difusión sobre medidas para prevenir el contacto con agentes patógenos como la rickettsia y la amiba de vida libre.
	Municipio	Características o condiciones de las viviendas que permiten el desarrollo de agentes patógenos	Transmisión de enfermedades.	Mejorar las condiciones de la vivienda para disminuir la presencia de agentes patógenos (piso firme).
	Municipio	Características o condiciones de la comunidad que permiten el desarrollo de agentes patógenos. Contaminación del agua, aire, suelo.	Generación de fauna nociva, transmisión de enfermedades.	Disminuir el nivel de contaminación de los diferentes medios ambientales que permitan reducir la exposición de la población a peligros sanitarios.
PLAGAS	Municipio	Monitoreo con cobertura territorial parcial de las distintas plagas que afectan o pueden afectar la región.	Pérdidas económicas por la devastación de cultivos por plagas.	Mantener el monitoreo de plagas a través de las distintas rutas de trampeo en la región y la comunicación con los posibles afectados. Realizar estudios sobre posibles impactos derivados del cambio climático en el incremento o cambios en las plagas que afectan la población.
PERCEPCIÓN	Municipio	Bajo nivel de conocimiento de la comunidad sobre qué hacer y a quién acudir en caso de emergencia.	Incrementa el impacto de los peligros, el número de familias afectadas por no estar preparados o por generar caos.	Programa permanente de comunicación del riesgo y medidas preventivas dirigidas a la población con especial énfasis a las zonas expuestas.