

PROGRAMA DE GESTIÓN PARA MEJORAR LA CALIDAD DEL AIRE DE LA ZONA METROPOLITANA DE QUERÉTARO- SAN JUAN DEL RÍO 2014-2023



**Programa de Gestión para Mejorar la Calidad
del Aire de la Zona Metropolitana de
Querétaro-San Juan del Río
2014-2023**

Programa de Gestión para Mejorar la Calidad del Aire de la Zona Metropolitana de Querétaro-San Juan del Río 2014-2023.

DR © 2014, SECRETARÍA DE DESARROLLO SUSTENTABLE
Boulevard Bernardo Quintana Arrijoja No.204, Col. Carretas
CP 76050, Santiago de Querétaro, Querétaro

Subsecretaría de Medio Ambiente
Dirección de Control Ambiental
Teléfono 01 442 211 68006
[http:// www.queretaro.gob.mx/sedesu/](http://www.queretaro.gob.mx/sedesu/)
Primera edición 2014
Impreso en México

Agradecimientos

A todos los técnicos e investigadores de las diversas instancias del sector social, privado, académico y gubernamental que participaron en los grupos de trabajo, aportando su conocimiento y experiencia para la formulación de este programa.

En la elaboración e integración de este documento participaron:

Arturo Amador Higuera
Fátima Valeria Basaldúa Vargas
Christian Marie Contreras Juárez
Alberto Cruzado Martínez
Ivett García Salazar
Gloria García Santiago
Bárbara Icaza Hernández
Hugo Landa Fonseca
Oscar León Morales
Erika Ingrid Lizárraga del Río
Roberto Martínez Verde
Gustavo Medina Marín
Sara Guadalupe Montiel Yáñez
José Samuel Navarro Huerta
Fidel Omar Núñez Martínez
David Alejandro Parra Romero
Pedro Miguel Ramírez Ramírez
Ricardo Javier Torres Hernández
Cinthia Vélez González
Julio Yáñez Meneses
Gloria Yáñez Rodríguez

Contenido

Resumen Ejecutivo.....	11
1. Generalidades del área o zona de estudio.....	14
1.1. Delimitación del área o zona de interés.....	14
1.2. Hidrografía (superficial y subterránea) y clima.....	16
1.2.1. Hidrología superficial	16
1.2.2. Hidrología subterránea.....	17
1.2.3. Clima	18
1.3. Características y usos de suelo (uso de suelo y vegetación)	19
1.3.1. Características del suelo.....	19
1.3.2. Erosión	21
1.3.3. Vegetación	23
1.3.4. Biodiversidad	23
1.4. Programa de Ordenamiento Ecológico Regional del Estado de Querétaro.....	25
1.4.1. Unidades de Gestión Ambiental de acuerdo al Programa de Ordenamiento Ecológico Regional del Estado de Querétaro	26
1.4.2. Lineamientos.....	31
1.5. Aspectos socioeconómicos.....	32
1.5.1. Dinámica poblacional	32
1.5.2. Desarrollo económico.....	33
1.5.2.1.Contexto estatal en la economía nacional.....	33
1.5.2.2.Industria.....	34
1.5.2.2.1. Industria manufacturera	34
1.5.2.2.2. Construcción	35
1.5.2.2.3. Electricidad	35
1.5.2.2.4. Minería	36
1.5.2.2.5.Parques industriales	37
1.5.2.2.6.Autorización de asentamientos industriales mediante formularios de inducción	38
1.5.2.3. Actividades económicas predominantes por municipio	38
1.5.2.4. Estructura interna de los sistemas de producción de la actividad secundaria y terciaria.....	39
1.5.2.5.Nivel de ingreso de la población	40
1.5.3. Dinámica urbana e infraestructura	40
1.5.3.1.Vías de comunicación	40
1.5.3.2. Tipo de red vial.....	41
1.5.3.3. Coeficiente de suficiencia de la red vial.....	42
1.5.3.4. Transporte y su organización	43
1.5.3.4.1.Transporte particular	43
1.5.3.4.2. Autotransporte federal	45
1.5.3.4.3. Transporte de pasajeros.....	48
1.5.3.4.4. Transporte ferroviario	50
1.5.3.4.5. Servicio aeroportuario	50
2. Diagnóstico de la calidad del aire en el área o zona de estudio.....	54
2.1. Normatividad ambiental en materia de calidad del aire en México.....	55
2.2. Monitoreo atmosférico en la Zona Metropolitana de Querétaro.....	57
2.2.1. Antecedentes.....	57
2.2.2. Sistema de monitoreo automático	58
2.3. Diagnóstico de la calidad del aire en la zona de estudio	59

2.3.1.	Ozono	60
2.3.2.	Monóxido de carbono	61
2.3.3.	Dióxido de azufre	62
2.3.4.	Dióxido de nitrógeno	63
2.3.5.	Partículas suspendidas totales	64
2.4.	Valores máximos por contaminante	65
3.	Inventario de emisiones	68
3.1.	Descripción general del inventario.....	68
3.2.	Inventario de emisiones del estado de Querétaro	68
3.3.	Descripción de las categorías de fuentes de emisión.....	68
3.3.1.	Fuentes fijas	68
3.3.2.	Fuentes de área	69
3.3.3.	Fuentes móviles	70
3.3.4.	Fuentes naturales	70
3.4.	Inventario de emisiones estatal	71
3.5.	Inventario de emisiones de la Zona Metropolitana de Querétaro-San Juan del Río.....	74
3.5.1.	Dióxido de azufre.....	80
3.5.2.	Partículas PM ₁₀ y PM _{2.5}	80
3.5.3.	Amoníaco	82
3.5.4.	Óxidos de nitrógeno	82
3.5.5.	Compuestos orgánicos volátiles.....	83
3.5.6.	Monóxido de carbono	84
4.	Efectos en la salud de la población y el medio ambiente.....	86
4.1.	Impactos en la salud pública	87
4.1.1.	Partículas suspendidas, PM ₁₀ y PM _{2.5}	87
4.1.2.	Ozono	88
4.1.3.	Óxidos de nitrógeno	90
4.1.4.	Dióxido de azufre.....	90
4.1.5.	Monóxido de carbono	91
4.1.6.	Compuestos orgánicos volátiles.....	92
4.2.	Investigaciones recientes sobre el impacto de los contaminantes atmosféricos en la salud pública	93
4.2.1.	Relaciones Concentración-Respuesta.....	95
4.2.2.	Efectos agudos y crónicos.....	97
4.3.	Impactos en los ecosistemas y en la biodiversidad así como en la salud por la	

contaminación del aire en la Zona Metropolitana de Querétaro-San Juan del Río	104
4.3.1. Impactos en los ecosistemas y en la biodiversidad	104
4.3.2. Impactos en la salud.....	105
4.3.2.1. Morbilidad.....	106
4.3.2.2. Mortalidad.....	107
4.3.3. Indicadores de salud en la Zona Metropolitana de Querétaro-San Juan del Río	109
5. Sustancias agotadoras de la capa de ozono y cambio climático	112
5.1. Sustancias agotadoras de la capa de ozono	112
5.1.1. Implementación del Protocolo de Montreal en México	119
5.2. Cambio climático y mitigación de contaminantes con efecto invernadero.....	122
5.2.1. El carbono negro y su efecto en el cambio climático	123
5.2.2. El cambio climático en México.....	125
5.2.3. El cambio climático en Querétaro	127
5.2.4. Acciones para mitigar el cambio climático.....	130
5.2.4.1 Gobierno Federal.....	131
5.2.4.1.1. Comisión Intersecretarial de Cambio Climático	131
5.2.4.1.2. Programa Especial de Cambio Climático	131
5.2.4.1.3. Estrategia Nacional de Cambio Climático	133
5.2.4.2 Gobierno del Estado de Querétaro	133
5.2.4.2.1. Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático de Querétaro	133
5.2.4.2.2. Comisión Estatal de Cambio Climático	134
5.2.4.2.3. Escenarios de cambio climático	134
5.2.4.2.4. Información de cambio climático.....	138
6. Metas y Estrategias para el ProAire Querétaro 2014-2023	140
ESTRATEGIA I. REDUCCIÓN DE LAS EMISIONES DE LAS FUENTES MÓVILES.....	142
ESTRATEGIA II. REDUCCIÓN DE LAS EMISIONES DE LAS FUENTES FIJAS.....	156
ESTRATEGIA III. REDUCCIÓN DE LAS EMISIONES DE LAS FUENTES DE ÁREA	170
ESTRATEGIA IV. PROTECCIÓN A LA SALUD DE LA POBLACIÓN	181
ESTRATEGIA V. FORTALECIMIENTO INSTITUCIONAL.....	193
7. Seguimiento y evaluación	210
8. ANEXO	212

Índice de Figuras

Figura 1.1 Localización y superficie del estado de Querétaro a nivel nacional.....	14
Figura 1.2 Área de estudio del ProAire de la ZMQ-San Juan del Río.....	16
Figura 1.3 Cuencas hidrológicas en el área de estudio.	17
Figura 1.4 Climas en el área de estudio.	19
Figura 1.5. Principales tipos de suelo en el área de estudio.	20
Figura 1.6 Erosión actual de acuerdo al POEREQ para el área de estudio.....	22
Figura 1.7 Erosión potencial de acuerdo al POEREQ para el área de estudio.	22
Figura 1.8 Regiones de Gestión Ambiental del estado de Querétaro.....	24
Figura 1.9 UGA del estado de Querétaro.....	30
Figura 1.10 Regiones mineras del estado de Querétaro.....	36
Figura 1.11 Parques industriales del estado de Querétaro.....	37
Figura 1.12 Tipos de camino en el Estado y distancias (km) entre intersecciones de cabeceras municipales.	43
Figura 1.13 Ubicación del Aeropuerto Internacional de Querétaro.....	50
Figura 2.1 Cuencas atmosféricas de Querétaro y San Juan del Río.....	54
Figura 2.2 Localización de las estaciones de monitoreo de Querétaro, 2007.....	57
Figura 2.3 Ubicación de las estaciones de monitoreo automáticas.	58
Figura 3.1. Distribución de las fuentes fijas en el estado de Querétaro con ampliación a la zona de estudio.	75
Figura 4.1 Efectos en la salud por partículas suspendidas.....	88
Figura 4.2 Inflamación pulmonar por O ₃	89
Figura 4.3 Molécula de NO ₂	90
Figura 4.4 Molécula de SO ₂	91
Figura 4.5. CO en la sangre.	91
Figura 4.6 Distribución original hipotética de bosques templados (verde brillante) y su presencia actual en la ZMQ.	104
Figura 5.1 Capas de la atmósfera terrestre.	112
Figura 5.2. Destrucción de la capa de ozono causada por los CFC.	116
Figura 5.3. Emisiones de GEI para México.	126
Figura 5.4 Escenarios de precipitación y temperatura media anual.	135

Índice de Gráficas

Gráfica 2.1. Máximos mensuales horarios de concentración de O ₃ , 2011-2012.....	60
Gráfica 2.2 Concentraciones máximas de promedio móvil de 8 horas de CO, 2011-2012.....	62
Gráfica 2.3 Máximos mensuales de concentración promedio 24h de SO ₂ , 2011-2012.....	63
Gráfica 2.4 Máximos mensuales de concentración horaria de NO ₂ , 2011-2012.....	64
Gráfica 2.5 Máximos mensuales promedio 24 horas en concentración de PST, 2011-2012.....	65
Gráfica 3.1 Clasificación de las 184 fuentes fijas divididas en 24 sectores.	69
Gráfica 3.2 Número de vehículos en el estado de Querétaro por año modelo.....	70
Gráfica 3.3 Toneladas de contaminante emitido por tipo de fuente en el estado de Querétaro.....	74
Gráfica 3.4 Comparación de aportación de contaminante entre el Estado y la Zona Metropolitana de Querétaro-San Juan del Río.	76
Gráfica 3.5 Contribución porcentual por categoría, año base 2008.....	77
Gráfica 3.6. Porcentaje de SO ₂ aportado por fuente y subcategoría en la ZM de Querétaro-San Juan del Río, año base 2008.	80

Gráfica 3.7. Porcentaje de aportación por fuente y subcategoría de PM ₁₀ en la ZM de Querétaro–San Juan del Río, año base 2008.....	81
Gráfica 3.8. Porcentaje de aportación por fuente y sub-categoría de PM _{2.5} en la ZM de Querétaro–San Juan del Río, año base 2008.....	81
Gráfica 3.9. Porcentaje de aportación por fuente y subcategoría de NH ₃ en la ZM de Querétaro–San Juan del Río, año base 2008.....	82
Gráfica 3.10. Porcentaje de aportación por fuente y subcategoría de NOx en la ZM de Querétaro–San Juan del Río, año base 2008.....	83
Gráfica 3.11. Porcentaje de aportación por fuente y subcategoría de COV en la ZM de Querétaro–San Juan del Río, año base 2008.....	83
Gráfica 3.12. Porcentaje de aportación por fuente y subcategoría de COV en la ZM de Querétaro–San Juan del Río, año base 2008.....	84
Gráfica 5.1 Evolución de emisiones de GEI en México, 1990-2006.....	125
Gráfica 5.2 Comparación internacional de emisiones CO ₂ per cápita vs. PIB per cápita, 2009.....	126
Gráfica 5.3 Precipitación.....	135
Gráfica 5.4. Temperatura.....	136

Índice de Tablas

Tabla 1.1. Municipios que conforman el estado de Querétaro.....	15
Tabla 1.2. Condición de los acuíferos.....	18
Tabla 1.3 Especies de fauna bajo alguna categoría de riesgo (NOM-059-SEMARNAT-2001).....	24
Tabla 1.4 Unidades de Gestión Ambiental correspondientes parcial o totalmente a cada municipio de la ZM de Querétaro-San Juan del Río.....	27
Tabla 1.5. Lineamientos ecológicos o metas ambientales del POEREQ.....	31
Tabla 1.6 Población estatal y municipal por década de 1970 al 2010.....	32
Tabla 1.7. Población ProAire Querétaro–San Juan del Río (INEGI 2010).....	33
Tabla 1.8. Trabajadores asegurados en el IMSS por actividad económica en el estado de Querétaro, 2009.....	35
Tabla 1.9. Especialización de los municipios de acuerdo a la producción bruta y a los ingresos derivados.....	39
Tabla 1.10. Especialización de los municipios en el empleo de su fuerza laboral.....	39
Tabla 1.11. Densidad de la red vial del estado de Querétaro.....	41
Tabla 1.12. Coeficiente de suficiencia de la red vial.....	42
Tabla 1.13. Vehículos registrados a nivel estatal, vehículos con verificación y emisiones de contaminantes.....	44
Tabla 1.14. Puntos de desvío transporte de carga, materiales y residuos peligrosos, largo itinerario.....	46
Tabla 1.15. Vialidades Origen-destino la ZMQ. Restringido el tránsito de vehículos con doble semirremolque por vialidades de ZMQ.....	47
Tabla 1.16. Número de vehículos de transporte colectivo.....	49
Tabla 2.1. Normas de Calidad del Aire Vigentes en México.....	55
Tabla 2.2. Coordenadas geográficas de las estaciones fijas de monitoreo automático.....	58
Tabla 3.1 Características del Inventario de Emisiones de la ZM de Querétaro-San Juan del Río.....	68
Tabla 3.2. Inventario de emisiones de Querétaro, año base 2008.....	71
Tabla 3.3. Inventario de Emisiones de Querétaro, año base 2008 (valores en toneladas de contaminante).....	71
Tabla 3.4. Contribución por categoría del Inventario de emisiones de la ZM de Querétaro – San Juan del Río, año base 2008.....	76
Tabla 3.5. Inventario de Emisiones de la ZM de Querétaro–San Juan del Río por sub-sector, año base 2008 (Valores en Toneladas de contaminante).....	77

Tabla 4.1. Contaminantes del aire cancerígenos.	92
Tabla 4.2 Funciones exposición respuesta utilizadas para la estimación en los cambios en la mortalidad y morbilidad por la disminución en la contaminación por O ₃	95
Tabla 4.3 Funciones exposición respuesta utilizadas para la estimación en los cambios en la mortalidad y morbilidad por la disminución en la contaminación por partículas.....	97
Tabla 4.4. Impactos a la salud por O ₃ en la ZMCM.	102
Tabla 4.5. Impactos a la salud por partículas en la ZMCM.....	103
Tabla 4.6 Principales causas de morbilidad (en casos por cien mil habitantes) en la región, 2005.....	106
Tabla 4.7 Principales causas de morbilidad (en casos por cien mil habitantes) en la ZMQ, de 1999 a 2005.	107
Tabla 4.8. Principales causas de mortalidad general en casos por cien mil habitantes, 2005.	107
Tabla 4.9. Principales causas de mortalidad general (en casos por cien mil habitantes) en la ZMQ, de 1999 a 2005.....	108
Tabla 4.10. Principales causas de mortalidad infantil en casos por 100,000 habitantes en el año 2005... ..	108
Tabla 4.11. Indicadores de impacto en el año 2005.....	109
Tabla 4.12. Indicadores de salud en la ZM de Querétaro-San Juan del Río, 2010.	110
Tabla 4.13. Población de la zona de estudio del ProAire Querétaro, 2010.	110
Tabla 5.1. Potencial de agotamiento del Ozono de algunas sustancias SAO seleccionadas.	116
Tabla 5.2. Amenazas hidroclimáticas en Querétaro.....	137
Tabla 5.3. Sectores de vulnerabilidad del estado de Querétaro.....	137
Tabla 5.4. Acciones y proyectos de cambio climático en Querétaro.	137

Resumen Ejecutivo

El presente documento refleja el esfuerzo que el Gobierno Federal, estatal y municipal realizan conjuntamente con la industria y la sociedad para lograr el bienestar y la óptima calidad de vida al reducir el riesgo que tienen los habitantes al exponerse a los contaminantes atmosféricos en los siete municipios que conforman el Programa de Gestión para Mejorar la Calidad del Aire de la Zona Metropolitana de Querétaro-San Juan del Río 2014-2023 (ProAire Querétaro).

El ProAire permite contar con un diagnóstico de la situación actual que guarda la zona en cuanto a la problemática de las altas concentraciones de contaminantes en el aire a través de los inventarios de emisiones en donde se visualizan las principales fuentes contaminantes en la región y sus alrededores; los aspectos demográficos e indicadores de salud pública que tengan una posible relación con la calidad del aire. Por lo tanto, es una herramienta de gestión ambiental necesaria para definir cuáles serán las medidas y acciones específicas que permitan la reducción y el control de las concentraciones de dichos contaminantes. Para todo ello también se requiere tomar en cuenta medidas de educación ambiental que despierten el interés y expandan la conciencia de la población y su participación en la aplicación de las acciones que mejorarán la calidad del aire que respiran.

En el Programa de Gestión para Mejorar la Calidad del Aire se establecen 30 medidas que permitirán disminuir la concentración de los contaminantes criterio en la zona de estudio y conseguir que se sigan cumpliendo los valores máximos permisibles que se establecen para cada uno de éstos con el fin de proteger la salud de la población expuesta.

En la elaboración del presente documento se contó con el apoyo y la participación de las autoridades ambientales municipales, estatales y federales, miembros de la comunidad académica así como de la sociedad organizada. El ProAire de Querétaro tiene como propósito ser una guía de acciones a ejecutar, lo cual beneficiará la calidad de vida de los habitantes de El Marqués, Querétaro, Pedro Escobedo, Corregidora, Huimilpan, Tequisquiapan y San Juan del Río, que son los siete municipios considerados en la región de estudio.

En el capítulo 1 se presenta un panorama general de la zona de interés del ProAire, en el cual se hace una descripción de los aspectos geográficos y físicos, además de información de sus unidades de gestión ambiental (UGA), de acuerdo al Programa de Ordenamiento Ecológico Regional del Estado y se describen también aspectos como desarrollo económico, urbano e industrial.

En el capítulo 2 se incluye el diagnóstico actual de la calidad del aire de la región. Se mencionan los valores normados para los contaminantes del aire en México que se encuentran en la legislación ambiental vigente y se presenta el comportamiento de dichos contaminantes criterio de acuerdo a los resultados en las mediciones de éstos en las estaciones del Sistema de Monitoreo Atmosférico de la zona.

Dentro del capítulo 3 se presenta una estimación de las emisiones a la atmósfera de las diversas fuentes contaminantes, agrupadas en fuentes fijas, fuentes móviles, fuentes de área y fuentes

naturales. Se analiza la contribución de los contaminantes al inventario de emisiones por los diferentes sectores para una línea base de estimación al año 2008.

En el capítulo 4 se hace mención a investigaciones recientes en materia de efectos de los contaminantes atmosféricos en la salud humana y en el ecosistema.

En el capítulo 5 se describen aspectos relevantes sobre las sustancias agotadoras de la capa de ozono (SAO), información puntual de cambio climático y mitigación de contaminantes con gases de efecto invernadero (GEI), haciendo referencia a los programas relacionados en los cuales está participando el estado de Querétaro.

Las estrategias, medidas y acciones planteadas para la reducción de las emisiones atmosféricas en la zona de estudio del ProAire se analizan en el capítulo 6.

Capítulo 1

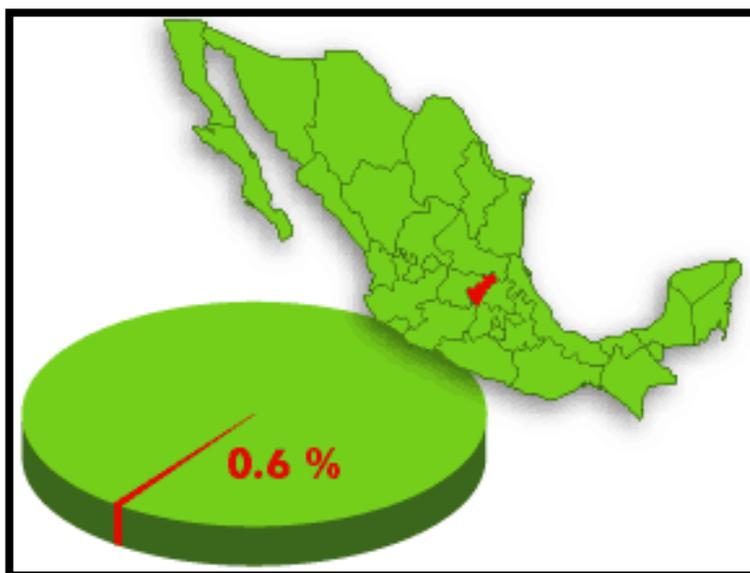
Generalidades del área o zona de estudio

1. Generalidades del área o zona de estudio

1.1. Delimitación del área o zona de interés

La República Mexicana está constituida por 31 estados y el Distrito Federal. Dentro de este ámbito, el estado de Querétaro ocupa el lugar 27 por su extensión territorial que es de 11,687 km², el 0.6 por ciento de la superficie del país (Figura 1.1).

Figura 1.1 Localización y superficie del estado de Querétaro a nivel nacional.



Fuente: INEGI. Panorama Sociodemográfico de México 2011.

<http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/queret/territorio/default.aspx?tema=me&e=22>

El estado de Querétaro se localiza en el centro-este del territorio nacional, comprendido entre los 20° 01' 02" y 21° 37' 17" de latitud norte con respecto al Ecuador y los 99° 03' 23" y 100° 34' 01" de longitud oeste respecto al Meridiano de Greenwich¹.

Limita al norte y noreste con el estado de San Luis Potosí, al este con Hidalgo, al sur con Michoacán, al sureste con el Estado de México y al norte y oeste con Guanajuato.

La entidad se encuentra dividida en 18 municipios (Tabla 1.1), siendo su capital, Santiago de Querétaro, considerada como una de las ciudades más importantes de la República Mexicana por su gran tradición histórica y cultural; se ubica en el suroeste del territorio estatal, conurbada con las localidades de El Pueblito y La Cañada, cabeceras municipales de Corregidora y El Marqués, respectivamente, lugar conocido como Zona Metropolitana de Querétaro (ZMQ).

¹SEDESU. Anuario económico, 2009.

Si se toma en cuenta el concepto de ZMQ (redes de ciudades donde los procesos de ‘metropolización’ involucran a ciudades de dos o más entidades federativas, así como aquellas ciudades que tienen más de un millón de habitantes), ésta se encuentran integrada por población de los municipios de Querétaro, Corregidora, El Marqués y Huimilpan; y en el año 2010, de acuerdo al Instituto Nacional de Geografía (INEGI), esta zona albergaba 60 por ciento de la población total estatal. Es decir, el proceso de metropolización se concentra básicamente en estos municipios, aunque el proceso de urbanización se extiende en diferentes direcciones, sobre todo a lo largo del corredor existente entre esta zona metropolitana y San Juan del Río, así como entre esta localidad y Tequisquiapan².

Tabla 1.1. Municipios que conforman el estado de Querétaro.

Municipio	Cabecera	Altitud cabecera municipal (msnm) ¹	Superficie (km ²)
Amealco de Bonfil ²	Amealco de Bonfil	2 620	711.4303
Arroyo Seco	Arroyo Seco	980	731.1665
Cadereyta de Montes ²	Cadereyta de Montes	2 040	1 338.4894
Colón ²	Colón	1 900	807.1527
Corregidora	El Pueblito	1 820	235.9793
El Marqués ³	La Cañada	1 850	756.2210
Ezequiel Montes ²	Ezequiel Montes	1 970	298.2778
Huimilpan ²	Huimilpan	2 280	388.4002
Jalpan de Serra	Jalpan de Serra	760	1 185.1084
Landa de Matamoros	Landa de Matamoros	1 040	696.8358
Pedro Escobedo ²	Pedro Escobedo	1 910	322.8996
Peñamiller ²	Peñamiller	1 330	694.9021
Pinal de Amoles ²	Pinal de Amoles	2 320	705.3698
Querétaro ³	Querétaro	1 820	689.9887
San Joaquín ²	Santiago de Querétaro	2 450	275.8919
San Juan del Río	San Juan del Río	1 920	796.6922
Tequisquiapan ²	Tequisquiapan	1 880	371.8888
Tolimán ²	Tolimán	1 560	680.9938
		Área total	11 687.6883

Fuentes: Secretaría de Desarrollo Sustentable (SEDESU), Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) y Catastro.

Nota: La justificación de estos datos se encuentra textualmente en el Periódico Oficial de la Federación, "La Sombra de Arteaga", en el No. 45 publicado el 3 de noviembre de 2000. En éste, el Poder Legislativo emitió el "Decreto que ratifica los convenios de límites intermunicipales que en él se describen". Así mismo en el Artículo Cuatro de los transitorios, perteneciente a dicho Decreto.

¹msnm: metros sobre el nivel del mar.

²Municipios que forman parte del Decreto de ratificación de límites municipales.

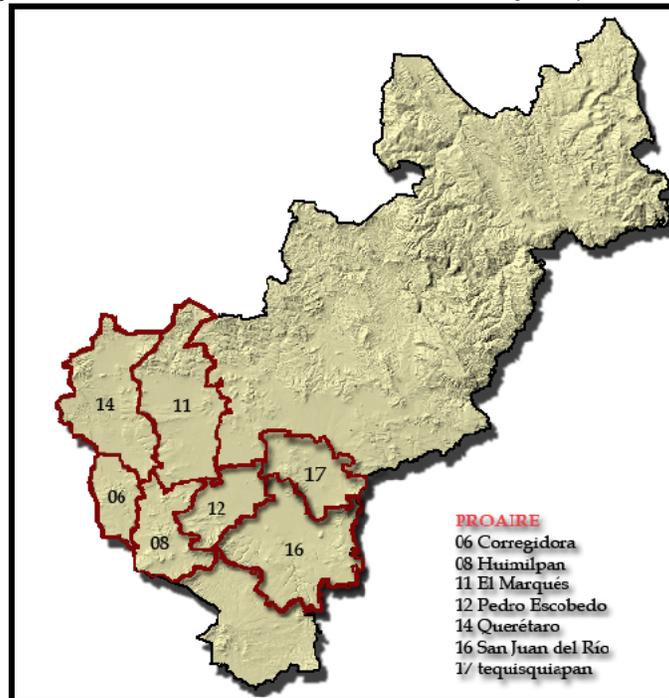
³Los municipios de Querétaro y El Marqués sufrieron modificaciones en sus superficies con base en la publicación del Periódico Oficial "La Sombra de Arteaga" de Gobierno del Estado de Querétaro el 18 de diciembre de 2007.

²SEDESU. Programa de Ordenamiento Ecológico Regional del estado de Querétaro, 2009.

Para efectos de este diagnóstico de calidad del aire se considerará a los siguientes siete municipios, que pertenecen tanto a la ZMQ como a su corredor de San Juan del Río: Querétaro, Corregidora, El Marqués, Huimilpan, Pedro Escobedo, San Juan del Río y Tequisquiapan; los cuales abarcan el 30.4 por ciento del territorio estatal.

La ZMQ-San Juan del Río, se encuentra ubicada en la región centro-sureste del estado (Figura 1.2) entre los 2 320 y 1 820 msnm; y los 20° 58' y 20° 12' de latitud Norte y los 100° 34' y 99° 49' de longitud Oeste.

Figura 1.2 Área de estudio del ProAire de la ZMQ-San Juan del Río.



Fuente: SEDESU, 2009.

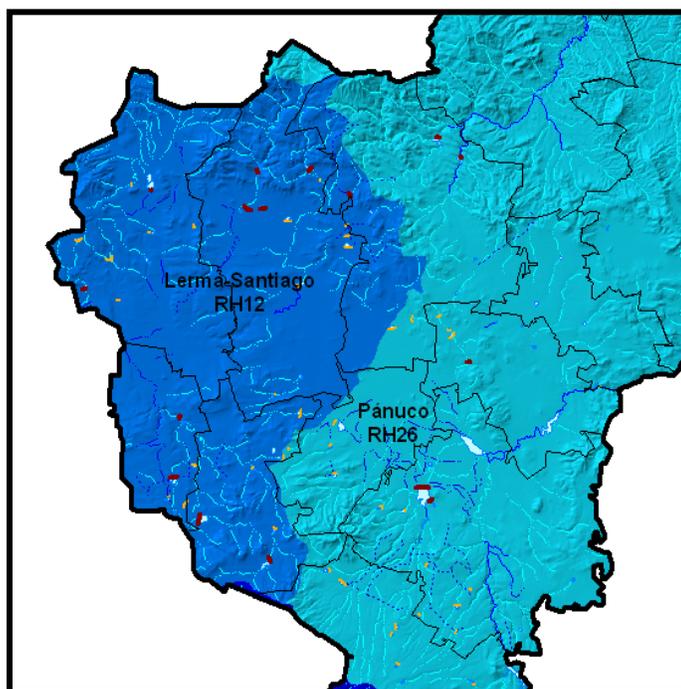
1.2. Hidrografía (superficial y subterránea) y clima

Hidrología superficial

La región de estudio forma parte de dos importantes regiones hidrológicas del país: la RH12 o región Lerma-Santiago, y la RH26 o región Pánuco (Figura 1.3). La primera, con 12 480 km², ocupa el 21 por ciento de la superficie estatal, abarcando los municipios de Querétaro, El Marqués, y Corregidora, así como partes considerables de Colón, Huimilpan y Amealco; cuyos escurrimientos equivalentes a 160 millones de m³ anuales, drenan al Océano Pacífico. Comprende dos cuencas: la del río Laja, donde se asienta más de un millón de habitantes (73 por ciento de la población del Estado) con una superficie de 2 274 km², y la de río Lerma-Toluca, con 222 m². El clima seco de esta zona determina corrientes poco caudalosas como los ríos Querétaro, El Pueblito y Juriquilla.

La región hidrológica RH26 abarca el resto del Estado, 78.7 por ciento de la superficie estatal, cuyas aguas drenan hacia el Golfo de México, y su escurrimiento medio anual asciende a 1 142 millones de m³. Sin embargo, de los siete municipios que conforman el área de estudio del ProAire Querétaro-San Juan del Río, solamente Pedro Escobedo, San Juan del Río y Tequisquiapan se circunscriben en esta región hidrológica, la cual comprende dos cuencas: la del río Tamuín, al norte del estado y la del río Moctezuma. La primera tiene como corrientes principales los ríos Santa María, Ayutla, Jalpan y Conca, mientras que la segunda los ríos San Juan, Moctezuma, Extoraz y Tolimán.

Figura 1.3 Cuencas hidrológicas en el área de estudio.



Fuente: SEDESU, 2009.

Hidrología subterránea

Según datos de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), de los 11 acuíferos existentes en el Estado, seis están sobreexplotados, cuatro en recarga, y uno en equilibrio. Los acuíferos sobreexplotados están asociados a las mayores extensiones agrícolas. Cabe mencionar que los principales cultivos de estas tierras son forrajes, actividad que consume la mayor parte de agua subterránea, junto con las densidades de industria y población más altas. Los datos de extracción y recarga se muestran en la Tabla 1.2.

Tabla 1.2. Condición de los acuíferos.

Nombre del acuífero	Extracción 2003 (millones de m ³ /año)	Recarga 2003 (millones de m ³ /año)	Estado
Valle de San Juan del Río	321.92	309	Sobreexplotado
Valle de Querétaro	146.31	70	Sobreexplotado
Valle de Tequisquiapan	101.43	108.1	Recarga
Valle de Amazcala	78.68	34	Sobreexplotado
Valle de Huimilpan	21.07	20	Sobreexplotado
Valle de Amealco	18.37	19	Recarga
Valle de Buenavista	16.28	24	Recarga
Valle de Tolimán	8.28	8.4	Recarga
Tampaon Zona de Sierra	5.29	5.29	Equilibrio
Valle de Cadereyta	3.9	3.8	Sobreexplotado
Moctezuma	-	-	Sobreexplotado

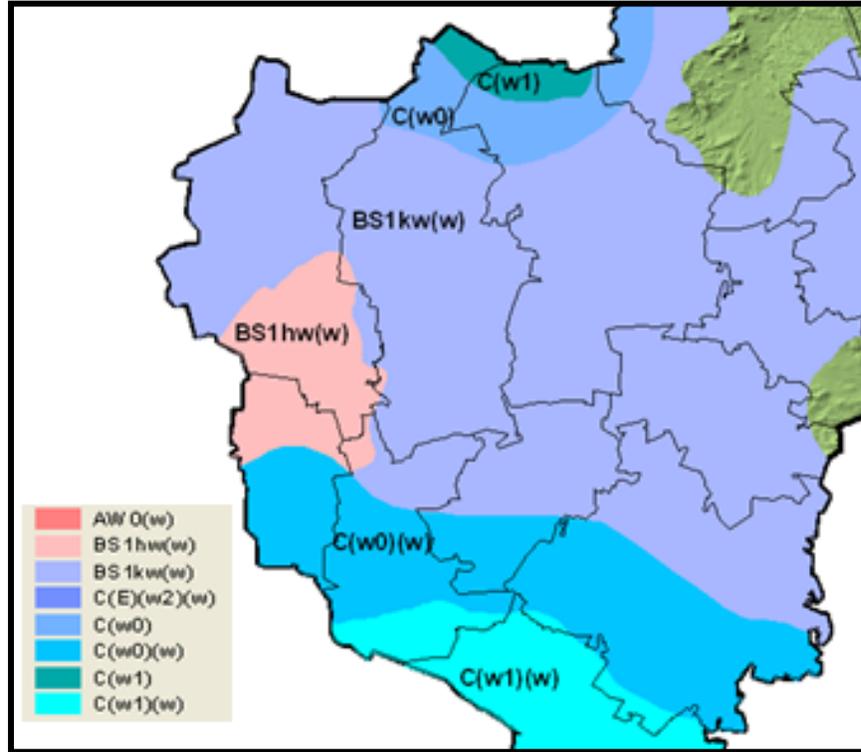
Fuente: Comisión Nacional del Agua, 2005.

Clima

El estado de Querétaro presenta tres tipos de climas principales: cálidos y semicálidos en el norte, secos y semisecos en el centro y templados en el sur. Estos climas se hallan condicionados a factores geográficos, principalmente las diferentes altitudes y el papel de barrera orográfica que juega la Sierra Madre Oriental. Ésta no permite el paso de vientos húmedos del Golfo a la vertiente interior de dicha sierra, lo que origina climas secos y semisecos en el centro de la entidad.

En general el clima que se tiene en la región (Figura 1.4) es templado seco (BS1kw (w)) con temperaturas medias entre los 12-18°C, sin embargo, para la región sur del municipio de Querétaro y norte de Corregidora se encuentra un clima cálido seco tipo BS1hw (w) con temperaturas promedio mayores de 20°C. Para la región sur de Corregidora, el centro de Huimilpan, la región sur de Pedro Escobedo y San Juan del Río, se tiene un clima templado subhúmedo tipo C(w0)(w) con temperaturas promedio entre los 12-18°C; finalmente para la región norte de El Marqués encontramos un clima templado subhúmedo de tipo C(w0).

Figura 1.4 Climas en el área de estudio.



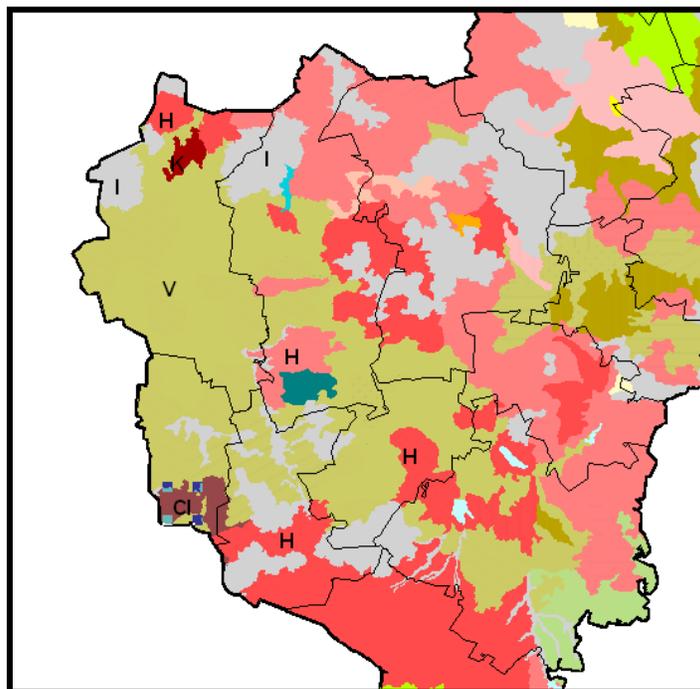
Fuente: SEDESU, 2009

1.3. Características y usos de suelo (uso de suelo y vegetación)

Características del suelo

En la Figura 1.5 se visualizan los diferentes tipos de suelo, en base a la clasificación de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO-UNESCO) en la cartografía del INEGI. Estos son representados principalmente por los vertisoles (V), seguido de litosoles (I), feozems (H), y castañozem (K). Una porción muy pequeña es ocupada por suelos del tipo chernozem (C).

Figura 1.5. Principales tipos de suelo en el área de estudio.



Fuente: SEDESU, 2009.

Los suelos del tipo vertisol (del latín *vertere*, voltear) son los que predominan en la región. Literalmente, son un suelo que se revuelve o que se voltea. Suelos de climas templados y cálidos, especialmente de zonas con una marcada estación seca y otra lluviosa. La vegetación natural va de selvas bajas a pastizales y matorrales. Se caracterizan por su estructura masiva y su alto contenido de arcilla, la cual es expandible en húmedo formando superficies de deslizamiento llamadas facetas, y que por ser colapsables en seco pueden formar grietas en la superficie o a determinada profundidad. Su color más común es el negro o gris oscuro. Su uso agrícola es muy extenso, variado y productivo. Tienen baja susceptibilidad a la erosión y alto riesgo de salinización.

Los suelos tipo litosol (del griego *lithos*: piedra), literalmente, suelos de piedra, son los suelos más abundantes del país, se encuentran en todos los climas y con muy diversos tipos de vegetación, en todas las sierras de México, barrancas, lamerías y en algunos terrenos planos. Se caracterizan por su profundidad menor de 10 cm, limitada por la presencia de roca, tepetate o caliche endurecido. Su fertilidad natural y la susceptibilidad a la erosión son muy variables dependiendo de otros factores ambientales. El uso de estos suelos depende principalmente de la vegetación que los cubre. En bosques y selvas su uso es forestal; cuando hay matorrales o pastizales se puede llevar a cabo un pastoreo más o menos limitado y en algunos casos se destinan a la agricultura, en especial al cultivo de maíz o el nopal, condicionado a la presencia de suficiente agua. No tiene subunidades.

El menos representado feozem pero no por eso menos importante (del griego *phaeo*: pardo; y del ruso *zemljá*: tierra), significa tierra parda. Es un suelo que se puede presentar en cualquier tipo de relieve y clima, excepto en regiones tropicales lluviosas o zonas muy desérticas. Es el cuarto tipo de suelo más abundante en el país. Se caracteriza por tener una capa superficial oscura, suave, rica en materia orgánica y en nutrientes, semejante a las capas superficiales de los chernozems y los castañozems, pero sin presentar las capas ricas en cal con las que cuentan estos dos tipos de suelos. Los feozems son de profundidad muy variable. Cuando son profundos se encuentran generalmente en terrenos planos y se utilizan para la agricultura de riego o temporal, de granos, legumbres u hortalizas, con rendimientos altos. Los feozems menos profundos, situados en laderas o pendientes, presentan como principal limitante la roca o alguna cementación muy fuerte en el suelo, tienen rendimientos más bajos y se erosionan con más facilidad, sin embargo, pueden utilizarse para el pastoreo o la ganadería con resultados aceptables. El uso óptimo de estos suelos depende en muchas ocasiones de otras características del terreno y sobre todo de la disponibilidad de agua para riego.

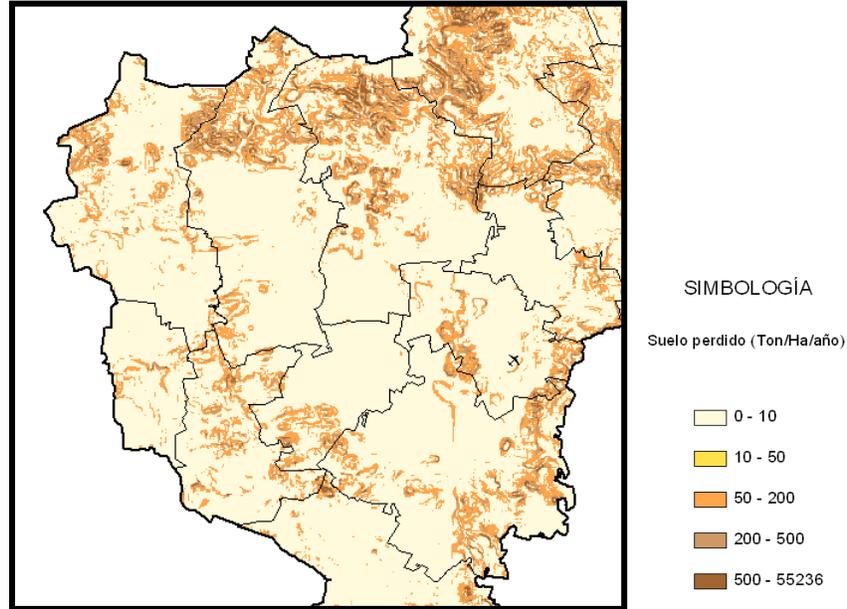
Erosión

La degradación del suelo por erosión consiste en el desgaste o la pérdida paulatina de los horizontes edáficos la cual puede presentarse de manera areal (erosión laminar) o de manera lineal (cárcavas), por agentes hídricos, eólicos, kársticos, marinos y glaciales, siendo los dos primeros los más representativos en el territorio mexicano. A pesar de que la erosión constituye un proceso natural, las actividades humanas pueden incrementar la velocidad de erosión con efectos ambientales más severos que los que ocurren de manera natural.

Las zonas con valores inferiores a las 10 ton/ha/año, cubren aproximadamente el 32 por ciento del estado principalmente en los municipios de Corregidora, Pedro Escobedo, Tequisquiapan, Querétaro y Ezequiel Montes.

Es importante señalar que las zonas más susceptibles a la erosión de la zona de estudio son, las zonas montañosas al norte de Querétaro y El Marqués, sobre todo en las áreas con pendientes mayores a 25 por ciento (Figura 1.6), de acuerdo a los análisis hechos para la elaboración del Programa de Ordenamiento Ecológico Regional del Estado de Querétaro (POEREQ).

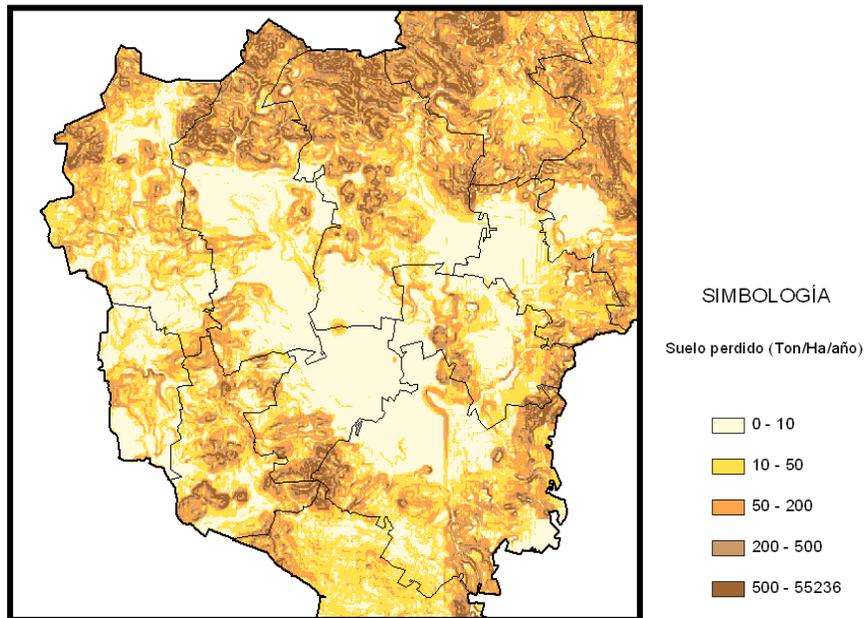
Figura 1.6 Erosión actual de acuerdo al POEREQ para el área de estudio.



Fuente: SEDESU, 2009

Con respecto a la erosión potencial (Figura 1.7) que considera la remoción de la cobertura vegetal, el grado de erosión aumenta considerablemente sobre todo en las regiones antes señaladas.

Figura 1.7 Erosión potencial de acuerdo al POEREQ para el área de estudio.



Fuente: SEDESU, 2009.

Vegetación

La mayor parte del territorio estatal se encuentra dentro de una región semiárida, en la que la precipitación es baja, sin embargo, existen grandes contrastes de paisajes generadas por diferencias altitudinales que van desde los 2 900 msnm para el norte del municipio de El Marqués, hasta los 1 800 msnm que se encuentran en los municipios de Corregidora y Querétaro, lo que permite observar grandes asociaciones vegetales y sistemas humanos que va desde las grandes áreas de cultivo, pastizales, matorrales, remanentes de bosque tropical caducifolio, bosques de encino y bosques de pino.

Biodiversidad

El concepto "biodiversidad" comprende la variabilidad biológica en tres niveles fundamentales: especies, ecosistemas y genes. El conocimiento acerca de ella es de gran importancia para el desarrollo social, cultural y económico de la población.

Querétaro posee una gran riqueza natural y una amplia diversidad de ecosistemas, producto de la coexistencia de tres provincias fisiográficas caracterizadas por su variedad de climas.

En cuanto a la biodiversidad, mucha de ella endémica, cuenta con más de 2 000 especies de plantas, 628 de insectos y 690 de vertebrados; también existen paisajes selváticos en donde se localizan casi todos los tipos de vegetación presentes en el país, destacando la Reserva de la Biosfera de la Zona Serrana.

En lo referente a fauna, están registradas 690 especies de vertebrados en Querétaro, cifra muy significativa ya que representa el 23.8 por ciento del total nacional, de ellas, las aves son el mayor grupo con 378 especies, seguidas por los mamíferos con 131, reptiles con 110, peces con 38 y 33 anfibios.

Cabe mencionar que 131 especies de vertebrados se encuentran en algún estatus de conservación y 51 son endémicas del país de acuerdo a la NOM-059-SEMARNAT-2001 (Tabla 1.3). Muchas de estas especies están consideradas como recursos potencialmente útiles para fines comerciales y de autoconsumo.

Además, hay algunas que tienen relevancia cultural, ya que a través del tiempo han formado parte de la tradición de los pueblos y constituyen un elemento esencial de su patrimonio.

En el estado de Querétaro están delimitadas cuatro zonas de gestión ambiental: Centro, Sur, Semidesierto y Sierra Gorda. Cada una de ellas está conformada por distintos municipios que comparten entre sí grandes similitudes, en cuanto a sus características geográficas, económicas y sociales.

Tabla 1.3 Especies de fauna bajo alguna categoría de riesgo (NOM-059-SEMARNAT-2001).

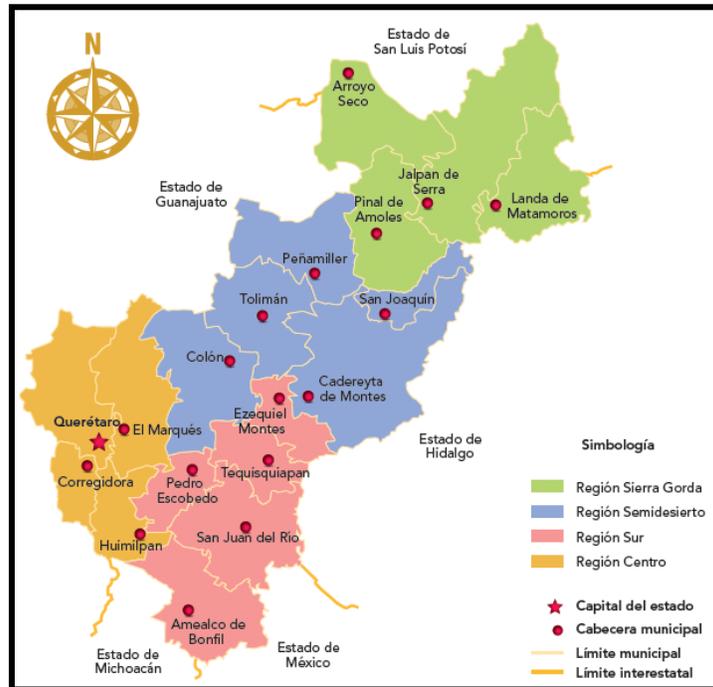
Género	Especie	Nombre común	Estatus	Género	Especie	Nombre común	Estatus
Grupo: Anfibios				Grupo: Mamíferos			
<i>Ambystoma</i>	<i>velasci</i>	Ajolote	Pr*	<i>Microtus</i>	<i>quasiater</i>	Meteoro	Pr*
<i>Bufo</i>	<i>cavifrons</i>	Sapo de montaña	Pr	<i>Phantera</i>	<i>onca</i>	Jaguar	P
<i>Chiropetrotriton</i>	<i>chondrostega</i>	Salamandra pie plano	Pr*	<i>Potos</i>	<i>flavus</i>	Martucha	Pr
<i>Chiropetrotriton</i>	<i>magnipes</i>	Salamandra	Pr*	<i>Sciurus</i>	<i>oculatus</i>	Ardilla rojiza	Pr*
<i>Chiropetrotriton</i>	<i>multidentatus</i>	Salamandra dientona	Pr*	<i>Taxidea</i>	<i>Taxus</i>	Tejón	A
<i>Eleutherodactylus</i>	<i>batrachylus</i>	Rana arborícola	Pr*	Grupo: Peces			
<i>Eleutherodactylus</i>	<i>decoratus</i>	Rana ladrona	Pr*	<i>Cichlasoma</i>	<i>labridens</i>	Mojarra huasteca	A*
<i>Eleutherodactylus</i>	<i>verrucipes</i>	Ranita orejona	Pr*	<i>Cichlasoma</i>	<i>steindachneri</i>	Mojarra	P
<i>Pseudoeurycea</i>	<i>belli</i>	Tlaconete pinto	A*	<i>Ictalurus</i>	<i>australis</i>	Bagre espinudo	A*
<i>Pseudoeurycea</i>	<i>cephalica</i>	Salamandra manchada	A	<i>Ictalurus</i>	<i>mexicanus</i>	Bagre del río Verde	Pr*
<i>Rana</i>	<i>berlandieri</i>	Rana leopardo	Pr	<i>Ictiobus</i>	<i>bubalus</i>	Boquín	A*
<i>Rana</i>	<i>forreri</i>	Rana del zacate	Pr	Grupo: Reptiles			
<i>Rana</i>	<i>montezumae</i>	Rana de Moctezuma	Pr*	<i>Abronia</i>	<i>taeniata</i>	Lagartija	Pr*
<i>Rana</i>	<i>neovolcanica</i>	Rana neovolcánica	A*	<i>Barisia</i>	<i>ciliaris</i>	Lagartija falso escorpión	Pr*
Grupo: Aves				<i>Boa</i>	<i>constrictor</i>	Boa	A
<i>Accipiter</i>	<i>striatus</i>	Gavilán	Pr	<i>Coluber</i>	<i>constrictor</i>	Culebra corredora	A
<i>Amazona</i>	<i>viridigenalis</i>	Loro tamaulipeco	P*	<i>Conopsis</i>	<i>biserialis</i>	Falsa hocico de puerco	A*
<i>Ara</i>	<i>militaris</i>	Guacamaya verde	P	<i>Crotalus</i>	<i>aquilus</i>	Cascabel oscura	Pr*
<i>Aratinga</i>	<i>holochlora</i>	Perico verde	A	<i>Crotalus</i>	<i>atrox</i>	Cascabel de diamantes	Pr
<i>Aratinga</i>	<i>nana</i>	Perico pechisucio	Pr	<i>Crotalus</i>	<i>basiliscus</i>	Saye	Pr*
<i>Aulacorhynchus</i>	<i>prasimus</i>	Tucaneta verde	Pr	<i>Crotalus</i>	<i>durissus</i>	Cascabel tropical	Pr
<i>Buteo</i>	<i>albicaudatus</i>	Aguiluilla cola blanca	Pr	<i>Crotalus</i>	<i>molossus</i>	Cascabel serrana	Pr
<i>Buteo</i>	<i>lineatus</i>	Aguiluilla pechirroja	Pr	<i>Crotalus</i>	<i>polystrictus</i>	Hocico de puerco	Pr*
<i>Buteo</i>	<i>platypterus</i>	Aguiluilla migratoria menor	Pr	<i>Crotalus</i>	<i>scutulatus</i>	Chiahucoalit de salvín	Pr
<i>Buteo</i>	<i>swainsoni</i>	Gavilán chapulinero	Pr	<i>Chersodromus</i>	<i>rubriventris</i>	Culebra vientre rojo	Pr*
<i>Buteogallus</i>	<i>anthracinus</i>	Aguiluilla negra menor	Pr	<i>Eumeces</i>	<i>lynxe</i>	Sabandija	Pr*
<i>Campophilus</i>	<i>guatemalensis</i>	Carpintero	Pr	<i>Geophis</i>	<i>latifrontalis</i>	Culebra	Pr*
<i>Catharus</i>	<i>mexicanus</i>	Chepito solitario	Pr	<i>Geophis</i>	<i>mutitorques</i>	Culebra	Pr*
<i>Cinclus</i>	<i>mexicanus</i>	Tordo de agua	Pr	<i>Gerrhonotus</i>	<i>liocephalus</i>	Lagartija	Pr
<i>Crax</i>	<i>rubra</i>	Hocofaisán	A	<i>Hypsiglena</i>	<i>torquata</i>	Culebra	Pr
<i>Cyanolyca</i>	<i>nana</i>	Chara enana	P*	<i>Imantodes</i>	<i>gemmistratus</i>	Cordelilla escamuda	Pr
<i>Dactylortyx</i>	<i>thoracicus</i>	Codorniz silbadora	Pr	<i>Kinostemon</i>	<i>hirtipes</i>	Tortuga	Pr
<i>Dendrotyx</i>	<i>barbatus</i>	Codorniz coluda	P*	<i>Kinostemon</i>	<i>integrum</i>	Tortuga casquito	Pr*
<i>Falco</i>	<i>peregrinus</i>	Halcón peregrino	Pr	<i>Kinostemon</i>	<i>scorpioides</i>	Tortuga de pecho quebrado	Pr
<i>Glaucidium</i>	<i>sanchezi</i>	Tecolotito	P*	<i>Laemantus</i>	<i>serratus</i>	Camaleón de sombrero	Pr
<i>Melanotis</i>	<i>caerulescens</i>	Mulato común	Pr*	<i>Lampropeltis</i>	<i>ruthveni</i>	Culebra real escarlata	A*
<i>Micrastur</i>	<i>semitorquatus</i>	Halcón selvático mayor	Pr	<i>Lampropeltis</i>	<i>triangulum</i>	Falsa corallillo	A
<i>Myadestes</i>	<i>occidentalis</i>	Jilguero	Pr	<i>Lepidophyma</i>	<i>flavimaculatum</i>	Lepidofima	Pr
<i>Mycteria</i>	<i>americana</i>	Cigüeña americana	Pr	<i>Lepidophyma</i>	<i>gaigeae</i>	Lagartija nocturna	Pr*
<i>Parabuteo</i>	<i>unicinctus</i>	Aguiluilla rojinegra	Pr	<i>Lepidophyma</i>	<i>occulor</i>	Lagartija	Pr*
<i>Penelope</i>	<i>purpurascens</i>	Pava cojita	A	<i>Lepidophyma</i>	<i>smithi</i>	Lagartija de Smith	Pr
<i>Pionus</i>	<i>senilis</i>	Loro coroniblanco	A	<i>Lepidophyma</i>	<i>sylvaticum</i>	Lagartija de montaña	Pr*
<i>Psarocolius</i>	<i>montezuma</i>	Zacua mayor	Pr	<i>Leptodeira</i>	<i>annulata</i>	Escombrera	Pr
<i>Ramphastos</i>	<i>sulfuratus</i>	Tucán	A*	<i>Leptodeira</i>	<i>maculata</i>	Escombrera	Pr*
<i>Rhynchopsitta</i>	<i>terrisi</i>	Guacamaya	A*	<i>Leptophis</i>	<i>mexicanus</i>	Culebra ranera	A
<i>Tachybaptus</i>	<i>dominicus</i>	Zambullidor menor	Pr	<i>Masticophis</i>	<i>flagellum</i>	Culebra	A
<i>Vireo</i>	<i>atricapillus</i>	Vireo gorrinegro	P	<i>Micrurus</i>	<i>fulvius</i>	Coralillo	Pr
<i>Vireo</i>	<i>nelsoni</i>	Vireo enano	Pr*	<i>Nerodia</i>	<i>melanogaster</i>	Culebra cochalera	A*
Grupo: Mamíferos				<i>Phrynosoma</i>	<i>orbiculare</i>	Camaleón cornudo	A*
<i>Coendou</i>	<i>mexicanus</i>	Puercoespín	A	<i>Pituophis</i>	<i>deppei</i>	Alicante	A*
<i>Cratogeomys</i>	<i>neglectus</i>	Tuza	A*	<i>Salvadora</i>	<i>bairdi</i>	Culebra chata	Pr*
<i>Choeronycteris</i>	<i>mexicana</i>	Murciélago trompudo	A	<i>Sceloporus</i>	<i>exsul</i>	Lagartija	Pr*
<i>Dipodomys</i>	<i>phillipsii</i>	Rata canguro	Pr*	<i>Sceloporus</i>	<i>grammicus</i>	Lagartija escamosa	Pr
<i>Eira</i>	<i>barbara</i>	Viejo de monte	P	<i>Scincella</i>	<i>lateralis</i>	Sabandija	Pr
<i>Euderma</i>	<i>maculatum</i>	Murciélago pinto	Pr	<i>Scincella</i>	<i>silvicola</i>	Sabandija correlón	Pr*
<i>Galictis</i>	<i>vittata</i>	Grisón	A	<i>Sistrurus</i>	<i>ravus</i>	Cascabel enana	Pr*
<i>Glaucomyz</i>	<i>volans</i>	Ardilla voladora	A	<i>Thamnophis</i>	<i>cyrtopsis</i>	Culebra listonada	A
<i>Herpailurus</i>	<i>yagouaroundi</i>	Yaguarundi	A	<i>Thamnophis</i>	<i>eques</i>	Listón	A
<i>Leopardus</i>	<i>pardalis</i>	Ocelote	P	<i>Thamnophis</i>	<i>marcianus</i>	Culebra sochuate	A
<i>Leopardus</i>	<i>wiedii</i>	Gato montés	P	<i>Thamnophis</i>	<i>scalaris</i>	Culebra cola larga	A*
<i>Leptonycteris</i>	<i>curasoae</i>	Murciélago	A	<i>Thamnophis</i>	<i>sumichrasti</i>	Culebra de agua	A*
<i>Leptonycteris</i>	<i>nivalis</i>	Murciélago hocicudo	A				

Fuentes: SEDESU. Guía de especies queretanas en estatus de conservación. Universidad Autónoma de Querétaro. Guía de mamíferos del estado de Querétaro.

Estatus: P: Peligro de extinción, Pr: Sujeta a protección especial, A: Amenazada, *: Endémica del país.

Los municipios que se analizan en este ProAire se localizan en las zonas de gestión ambiental centro y sur (Figura 1.8).

Figura 1.8 Regiones de Gestión Ambiental del estado de Querétaro.



Fuente: SEDESU, con datos del INEGI.

En la zona de gestión ambiental de la Región Centro se presentan superficies con matorral xerófilo y selva baja caducifolia, además de algunas zonas de bosque de encino intercaladas con pastizales, principalmente en las partes altas del sur y el norte de la región.

Por otra parte, en la Región Sur se cuenta con áreas de bosque de encino al sureste, noreste y oeste; algunos relictos de matorral xerófilo en forma de islas, sobre todo al norte y en la Sierra de Xajay, así como matorral subtropical en la parte centro-oeste y al norte de la Sierra de La Laja.

1.4. Programa de Ordenamiento Ecológico Regional del Estado de Querétaro

El Ordenamiento Ecológico (OE) es un instrumento de política ambiental importante para los planes de desarrollo del territorio, pues permiten planear el aprovechamiento de los recursos naturales de forma sustentable y evitar conflictos entre los sectores por el uso del territorio. Su meta es convertirse en un instrumento preciso para revertir, recuperar y reorientar el uso del suelo fuera de las zonas urbanas con el fin de lograr la protección del medio ambiente y la preservación y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, utilizando como base el análisis de las tendencias de deterioro y su aprovechamiento potencial. A su vez, busca fomentar el desarrollo de las actividades más convenientes, manteniendo la base productiva y de biodiversidad de los ecosistemas, los cuales son necesarios para sustentar las actividades económicas del municipio.

De acuerdo a la Ley de Protección Ambiental para el Desarrollo Sustentable del Estado de Querétaro (LPADESEQ), el OE se considera como la política ambiental integrada por el proceso de planeación y aplicación de las medidas conducentes para regular, inducir y evaluar el uso de

suelo y programar el manejo de los recursos naturales y de las actividades productivas, a fin de proteger el ambiente y lograr su aprovechamiento sustentable, con base en el análisis de su deterioro, su posible recuperación y las potencialidades de su aprovechamiento.

Como instrumento de planeación permite:

- Orientar inversiones gubernamentales.
- Apoyar la elaboración de planes y programas.
- Orientar y sustentar las autorizaciones y los dictámenes ambientales referentes a los usos de suelo.
- Dirigir prioridades de atención, inversión y gastos a zonas de mayor prioridad.
- Sustentar la solicitud de apoyos financieros para establecer y desarrollar programas que permitan atender los principales problemas ambientales.

El modelo de OE plasma, por Unidad de Gestión Ambiental (UGA), los lineamientos ecológicos que pretenden inducir el uso del suelo y las actividades productivas, de modo que se logre la protección del ambiente, así como la preservación y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales. En el programa se especifican por UGA la superficie, los municipios que forman parte, usos de suelo y vegetación, aptitud y acciones o criterios.

El modelo de desarrollo implícito en este OE es de carácter sustentable y para lograrlo se debe establecer un equilibrio dinámico entre el desarrollo del estado, los estados vecinos y los municipios del mismo. Es evidente que el respeto por el mejor uso del suelo puede llevar a la promoción de un estado donde los procesos endógenos y exógenos de desarrollo se vean como oportunidades conjuntas que provoquen los cambios de valores necesarios para el futuro Querétaro, que se perfila como un estado donde todas las actividades responden a sus potenciales y donde los habitantes determinan sus posibilidades personales y grupales de desarrollo para las futuras generaciones.

Unidades de Gestión Ambiental de acuerdo al Programa de Ordenamiento Ecológico Regional del Estado de Querétaro

El primer paso para la definición de las UGA fue realizar una suma de los mapas de regionalización y uso de suelo y vegetación dentro de un Sistema de Información Geográfica (SIG). Con base en los resultados de los talleres en cuanto a la necesidad de atender problemas específicos en zonas particulares y una revisión minuciosa de los dos criterios anteriores, sustentados en una discusión interdisciplinaria, se fue revisando la congruencia y pertinencia para la definición de cada UGA.

De esta forma se fueron definiendo de manera manual y puntual cada una de las UGA dentro del SIG. Las manchas urbanas principales, mayores a 10 hectáreas, junto con sus zonas de crecimiento (para aquellas que existe un plan de desarrollo urbano) fueron consideradas como

UGA independientes, debido a su dinámica particular. De la misma forma, para cada decreto vigente de las áreas naturales protegidas se establecieron como UGA, lo que permitirá una mejor regulación del tipo de actividades que en ellas se efectúen. Únicamente para el caso de la Sierra Gorda, debido a la magnitud de esta Reserva de la Biosfera, no se consideró su límite de decreto como una sola UGA, pero sí sus zonas núcleo. Se definieron además como UGA varios polígonos que pretenden ser decretados como áreas naturales protegidas en breve, y algunas zonas que son prioritarias para la conservación debido a la riqueza de especies registradas que poseen. También se definieron como UGA las presas y cauces de los ríos principales, de modo que se pudieran proponer acciones más específicas consistentes con estos ambientes.

Así, se definieron en total 412 UGA cuya numeración sigue un orden general de norte a sur y de noroeste a sureste. Su nomenclatura corresponde a un rasgo geográfico de relevancia para la unidad, como lo pueden ser una localidad o rasgo fisiográfico. En la Tabla 1.4 se muestran las UGA principales que forman parte de los municipios de la región de interés.

Tabla 1.4 Unidades de Gestión Ambiental correspondientes parcial o totalmente a cada municipio de la ZM de Querétaro-San Juan del Río.

Corregidora (16 UGA)			
No. UGA	Nombre	No. UGA	Nombre
267	Zona Conurbada de la Ciudad de Querétaro	352	Zona urbana El Calichar
297	Galindo	353	Zona urbana Lourdes
338	PN El Cimatario	354	Zona urbana al oeste de Bosques de Lourdes
341	Sur del Cimatario	355	Charco Blanco
348	Zona urbana Apapátaro	356	Balvanera
349	El Batán	357	Parque metropolitano
350	Zona urbana Joaquín Herrera	359	Zona urbana al oeste del Rancho Santa María del Retablo
351	Zona urbana La Purísima de la Cueva	412	Purísima de la Cueva
Huimilpan (32 UGA)			
No. UGA	Nombre	No. UGA	Nombre
228	San Juan del Río - La Galera	333	Zona urbana Lagunillas
267	Zona Conurbada de la Ciudad de Querétaro	334	Zona urbana Guadalupe Primero
287	ZCE El Tángano	335	Cerro El Águila
291	La Machorra	336	Zona urbana Los Cues
292	Zona urbana San Antonio La Galera	337	Zona urbana Santa Teresa
297	Galindo	338	PN El Cimatario
323	Paso de Vigas	339	Derecho de vía
324	Cerro de En medio	340	Zona urbana La Noria
325	Zona urbana San Pedro	341	Sur del Cimatario
326	Capula	342	El Garruñal
327	Zona urbana Huimilpan	343	Zona urbana El Milagro
328	Cerros Blanco y Gordo	344	Zona urbana El Zorrillo
329	Zona urbana El Granjeno	345	Zona urbana Carranza
330	Zona urbana El Vegil	346	Zona urbana La Presita
331	Zona urbana La Haciendita	347	El Venado
332	Zona urbana Paniagua	348	Zona urbana Apapátaro

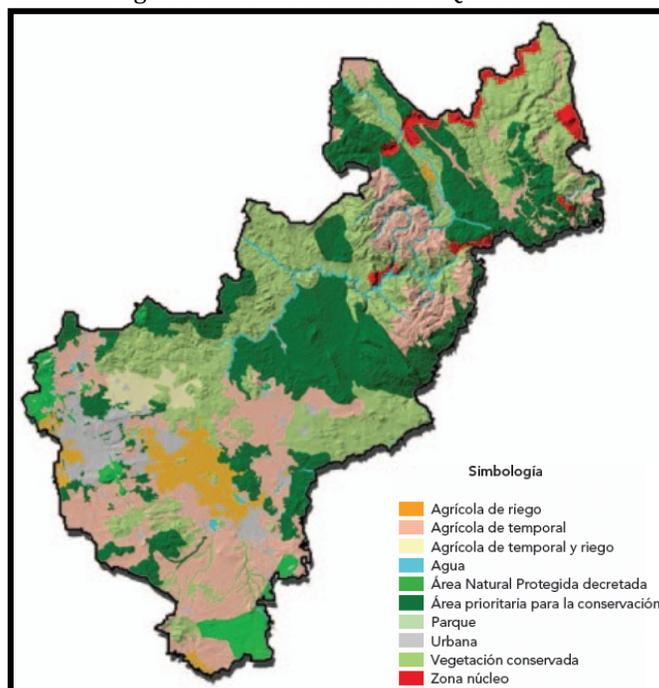
Marqués, El (52 UGA)			
No. UGA	Nombre	No. UGA	Nombre
169	El Zamorano	272	Peña Colorada
170	RE Mario Molina Pasquel	273	El Pozo
171	Los Trigos	274	La Cañada
172	Atongo	275	Santa María Ticomán
173	Carbonera	276	Zona urbana Santa María Ticomán
175	Esperanza	277	Zona urbana El Rodeo
228	San Juan del Río - La Galera	278	Zona urbana Cerrito Colorado
232	Zona urbana La Griega	279	La Trinidad
235	La Noria de San Lorenzo	280	Aztlán
236	Cerro El Resbaladero	281	Zona urbana Saldarriaga
237	Vista hermosa	282	Jesús María
238	Cerro Blanco	283	Zona urbana La Loma
239	San Rafael	284	El Hueso
240	Zona urbana Santa Cruz	285	Palo Blanco
241	Cerro La Cruz	286	Cuesta China
242	El Chivato	287	ZCE El Tángano
243	Zona urbana San Vicente Ferrer	288	San Isidro
244	Zona urbana Santa María Begoña	289	El Durazno
245	Zona urbana Chichimequillas	290	Zona urbana El Rosario
246	Cerro Alto	291	La Machorra
247	La Laborcilla	292	Zona urbana San Antonio La Galera
248	El Derramadero	293	Zona urbana Palo Alto (El Marqués)
251	Ojo de Agua	294	Zona urbana Calamanda
262	Zona urbana Las Lajitas	297	Galindo
266	Zona urbana Tierra Blanca	338	PN El Cimatario
267	Zona Conurbada de la Ciudad de Querétaro	339	Derecho de Vía
Pedro Escobedo (22 UGA)			
No. UGA	Nombre	No. UGA	Nombre
221	Zona urbana El Organal	294	Zona urbana Calamanda
222	San Clemente Este	295	Zona urbana La Palma (Pedro Escobedo)
223	Zona urbana San Clemente	296	Zona urbana Venta de Ajuchitlancito
224	Zona urbana Guadalupe Septién	297	Galindo
225	El Chaparral	298	Zona urbana La Lira
226	Zona urbana Los Álvarez	299	Zona urbana Pedro Escobedo
227	Zona urbana Noria Nueva	300	Zona urbana La D
228	San Juan del Río - La Galera	324	Cerro de Enmedio
229	Zona urbana Epigmenio González	327	Zona urbana Huimilpan
230	Santiago Atepletac	328	Cerros Blanco y Gordo
231	Zona urbana San Ildefonso (COL)	335	Cerro El Águila
Querétaro (83 UGA)			
No. UGA	Nombre	No. UGA	Nombre
246	Cerro Alto	371	Santa María del Zapote
247	La Laborcilla	372	Zona urbana de Santa Maria del Zapote
248	El Derramadero	373	Zona urbana Tlacote El Bajo
249	Zona urbana La Palma (Qro)	374	Mompaní
250	Zona urbana La Gotera	375	Zona urbana Tiradero Municipal de Querétaro
251	Ojo de Agua	376	Oeste y suroeste de El Nabo
252	Cerro La Margara	377	El Nabo
253	Zona urbana Charape de los Pelones	378	Sureste de El Nabo
254	Zona urbana Rincón de Ojo de Agua	379	El Cajón
255	Zona urbana Ojo de Agua (Qro)	380	Afluente a Jurica
256	Zona urbana La Cantera	381	Los Gallos

257	Zona urbana La Luz	382	Zona urbana de Tlacote El Alto y Mompaní
258	Zona urbana Jofrito	383	El Zapote
259	Zona urbana Palo Alto (Qro)	384	La Mora
260	Zona urbana Puerto de Aguirre	385	Zona Occidental de Microcuencas
261	Zona urbana La Estacada	386	Zona urbana El Pie
262	Zona urbana Las Lajitas	387	Zona urbana Tinaja de la Estancia
263	Zona urbana Pintillo	388	Zona urbana El Tránsito
264	Cerro del Perrito	389	Zona urbana El Patol
265	Cerro La Chata	390	San Isidro El Alto
267	Zona Conurbada de la Ciudad de Querétaro	391	Sur de San Miguelito
268	Montenegro	392	Zona urbana San Miguelito
269	Zona urbana San José Buenavista	393	Acequia Blanca
270	Zona urbana La Solana Sección Poniente	394	Parque Bicentenario y de Cactáceas
271	Zona urbana La Solana Sección Suroeste	395	San Miguelito
272	Peña Colorada	396	Zona urbana Casa Blanca (Qro)
287	ZCE El Tángano	397	Zona urbana Cerro Colorado
288	San Isidro	398	La Rochera
338	PN El Cimatario	399	Zona urbana Estancia la Rochera
355	Charco Blanco	400	Zona urbana Pie de Gallo
358	PN Cerro de las Campanas	401	Pie de Gallo-Santa Catarina
360	Bordo Benito Juárez	402	Presa Santa Catarina
361	Cañada Bolaños	403	Zona urbana Buenavista
362	Arroyo Pedro Mendoza	404	Zona urbana Cerro de la Cruz
363	Rancho Menchaca	405	Cerro de la Cruz
364	El Salitre	406	Parque La Joya La Barreta
365	Escarpe El Salitre	407	Zona urbana Charape la Joya
366	Jurica poniente	408	Zona urbana La Joya
367	Presa San Carlos	409	Zona urbana La Barreta
368	Este de Tlacote El Bajo	410	Zona urbana La Monja
369	Tlacote El Bajo	411	Zona urbana Loma del Chino
370	Oeste de Tlacote El Bajo		
San Juan del Río (54 UGA)			
No. UGA	Nombre	No. UGA	Nombre
126	Xajay	214	La Loma
150	San Antonio de la Cal	215	Zona urbana La Estancia
178	Los Venados	216	Zona urbana Granja SDN
187	Zona urbana Santa Rosa Xajay	217	Zona urbana El Porvenir
188	Zona urbana Hacienda Santa Rosa Xajay	218	Zona urbana Nuevo San Germán
189	San Nicolás	219	Zona urbana San Gil
193	El Paraíso	220	Zona urbana San German
194	Zona urbana La Llave	221	Zona urbana El Organal
195	Presa Divino Redentor	228	San Juan del Río - La Galera
196	Zona urbana La Valla	297	Galindo
197	Zona urbana Santa Cruz Escandón	301	Zona urbana Arcila
198	Cerro Gordo	302	Zona urbana Senegal de las Palomas
199	Zona urbana San Juan del Río	303	Zona urbana San José Galindo
200	Santa Bárbara	304	Zona urbana San Miguel Galindo
201	Zona urbana San Miguel Arcángel	305	Presa Constitución de 1917
202	Zona urbana El Cazadero	306	Zona urbana El Rosario (SJR)
203	Zona urbana San Sebastián de las Barrancas Sur	307	Barranca de San Idelfonso
204	Zona urbana San Sebastián de las Barrancas Norte	308	Zona urbana Ojo de Agua
205	Zona urbana La Caseta	309	Zona urbana Sabino Chico
206	Zona urbana Puerta de Palmillas	310	Río Blanco
207	Zona urbana Santa Bárbara de la Cueva	311	Río Prieto
208	Zona urbana parador turístico San Pedro	312	Zona Protectora Forestal

209	Zona urbana Los Llanitos	321	La Cruz
210	Zona urbana colonia Lázaro Cárdenas	322	Puerta de Alegrías
211	Villas del Sol	323	Paso de Vigas
212	Zona urbana Los Ordaz	324	Cerro de Enmedio
213	Zona urbana Santa Matilde	328	Cerros Blanco y Gordo
Tequisquiapan (29 UGA)			
No. UGA	Nombre	No. UGA	Nombre
125	Río San Juan	181	Zona urbana Residencial Haciendas de Tequisquiapan
126	Xajay	182	Zona urbana Hacienda de Tequisquiapan
127	Presa Paso de Tablas	183	Zona urbana La Tortuga
128	La Vega	184	Zona urbana Bordo Blanco
129	Zona urbana Tequisquiapan	185	Presa Centenario
130	Zona urbana al Norte de Tequisquiapan	186	Zona urbana El Cerrito
132	Boxasní	189	San Nicolás
147	Zona urbana El Cardonal	190	Zona Urbana de San Nicolás
150	San Antonio de la Cal	191	Zona urbana Santa María del Camino
175	Esperanza	192	Zona urbana La Trinidad
176	El Tejocote	193	El Paraíso
177	Quintas	199	Zona urbana San Juan del Río
178	Los Venados	222	San Clemente Este
179	Zona urbana Fuentezuelas	228	San Juan del Río - La Galera
180	Zona urbana Granjas Residenciales de Tequisquiapan		

Para observarlas de forma gráfica, en la Figura 1.9 se presentan las UGA de todo el estado.

Figura 1.9 UGA del estado de Querétaro.



Fuente: SEDESU.

Lineamientos

El POEREQ consta de 23 lineamientos de ordenamiento, los cuales se pueden agrupar en rubros de aptitud o sector (Tabla 1.5); éstos están dirigidos hacia el desarrollo integral y sustentable de la entidad, teniendo como base la conservación y protección de los recursos naturales. Dichos lineamientos pretenden inducir el uso del suelo y las actividades productivas, de modo que se logre la protección del ambiente, así como la preservación y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales.

Tabla 1.5. Lineamientos ecológicos o metas ambientales del POEREQ.

Aptitud / Sector	No.	Lineamiento
Agua	01	Disminuir en al menos un 50 %, el abatimiento anual del acuífero.
	02	Emplear aguas residuales tratadas en riego agrícola.
	03	Controlar el flujo de aguas residuales descargadas en aguas, bienes nacionales y en los sistemas de alcantarillado para que no rebasen los límites máximos permisibles de contaminantes de acuerdo a las Normas Oficiales Mexicanas.
	04	No se permitirá la introducción de nuevos ejemplares exóticos a corrientes, intermitentes, perennes y a cuerpos de agua.
	05	Eliminar la contaminación en cuerpos de agua.
	06	Mantener la integridad biótica y de calidad de agua en manantiales.
Aire	07	Mantener la calidad del aire por debajo de los límites permisibles de contaminantes establecidos en las Normas Oficiales correspondientes.
Suelo	08	Prevenir y controlar la contaminación del suelo.
	09	Regular la explotación, rehabilitación y restauración de la superficie de los bancos de material.
	19	Propiciar la retención de los suelos en las zonas más susceptibles a la erosión.
Residuos	10	Garantizar el tratamiento y disposición de residuos sólidos urbanos y de manejo especial, peligrosos y no peligrosos generados en el Estado, a lo establecido en la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, la Ley de Prevención y Gestión Integral de Residuos del estado de Querétaro y en las Normas Oficiales Mexicanas correspondientes.
Equipamiento	11	Contar con áreas verdes y recreativas en las zonas urbanas, que equivalgan por lo menos al 4 % de su superficie.
	12	Reglamentar el uso obligado en las reforestaciones, de especies nativas de los ecosistemas presentes en cada UGA.
Biodiversidad	13	Mantener la biodiversidad presente en el área.
	14	Mantener permanente en los ecosistemas: a) La estructura (tipos de vegetación, heterogeneidad espacial, distribución y conectividad; b) La composición (riqueza y abundancia de especies) y; c) La función (procesos hidrológicos y geomorfológicos).
	15	Mantener la superficie y conectividad de los parches remanentes de vegetación presentes en la UGA.
	16	Proteger la biodiversidad y los recursos naturales, manteniendo la integridad de las especies y los ecosistemas.
	20	Evitar los impactos ambientales y el deterioro de la vegetación y fauna en zonas aledañas a las comunidades rurales.
ANPs	17	Actualizar el Sistema de Áreas Naturales Protegidas del Estado de Querétaro (SANPEQ).
	18	Establecer, conservar, administrar, desarrollar y vigilar todas aquellas UGA decretadas como ANP o consideradas para ser decretadas con ese carácter, de competencia estatal o municipal.
Sector Productivo	21	Minimizar el impacto que provoca la industria, a través de regular el apego de sus procesos a lo que establezca la normatividad ambiental.
	22	Mantener la calidad de los productos agrícolas y pecuarios generados en el Estado.
Educación Ambiental	23	Integrar la educación ambiental para la sustentabilidad, en todas las actividades ecológicas del Estado.

Fuente: SEDESU.

Cada lineamiento ecológico o meta ambiental contiene un grupo de acciones que serán necesarias para lograr su objetivo, estas acciones responden a las necesidades identificadas en la etapa de caracterización, diagnóstico y pronóstico de este OE. Así mismo, se hacen además algunas especificaciones asociadas a las acciones, denominadas criterios de regulación ecológica. Éstos señalan la manera en cómo se deberán efectuar aquéllas que requieren de señalamientos más particulares.

1.5. Aspectos socioeconómicos

Dinámica poblacional

Hasta el año de 2010 la población registrada en el estado de Querétaro era de 1 827 937 habitantes. A continuación se muestra un análisis de la dinámica poblacional³ de 1970 al 2010 (Tabla 1,6). En los últimos 40 años, la población del estado de Querétaro se incrementó en 276 por ciento.

Tabla 1.6 Población estatal y municipal por década de 1970 al 2010.

Municipio	1970	1980	1990	2000	2010	Incremento absoluto (1970 a 2010)	Incremento relativo (1970 a 2010)
Amealco de Bonfil	26 526	38 389	46 358	54, 91	62 197	35 671	134 %
Pinal de Amoles	19 644	22 642	25 789	27 290	27 093	7 449	38 %
Arroyo Seco	10 403	11, 09	13 112	12 667	12 910	2 507	24 %
Cadereyta de Montes	28 554	37 542	44 944	51 790	64 183	35 629	125 %
Colón	20 498	28 036	36 960	46 878	58 171	37 673	184 %
Corregidora	16 950	29 689	43 775	74 558	143 073	126 123	744 %
Ezequiel Montes	10 10	16 617	21 859	27 598	38 123	27 213	249 %
Huimilpan	14 237	17 113	24 106	29 140	35 554	21 317	150 %
Jalpan de Serra	13 974	15 092	19 246	22, 39	25 550	11 576	83 %
Landa de Matamoros	12 602	15 088	17 964	19, 93	19 929	7 327	58 %
El Marqués	27 228	40 160	55 258	71 397	116 458	89 230	328 %
Pedro Escobedo	20 242	29 503	39 692	49 554	63 966	43 724	216 %
Peñamiller	11 027	13 965	16 155	16 557	18 441	7 414	67 %
Querétaro	163 063	293, 86	456 458	641 386	801 940	638 877	392 %
San Joaquín	6 395	5 432	6 229	7 665	8 865	2 470	39 %

³ SEDESU. Programa de Ordenamiento Ecológico Regional del estado de Querétaro, 2009.

Municipio	1970	1980	1990	2000	2010	Incremento absoluto (1970 a 2010)	Incremento relativo (1970 a 2010)
San Juan del Río	53 899	81 820	126 555	179 668	241 699	187 800	348 %
Tequisquiapan	18 424	27, 10	38 785	49 969	63 413	44 989	244 %
Tolimán	11 947	15 312	17 990	21 266	26 372	14 425	121 %
Estado	485 523	739 605	1 051 235	1 404 306	1 827 937	1 341 414	276 %

Fuente: INEGI, Consejo Estatal de Población (COESPO), 2010.

Nota: Sombreados los municipios considerados en este ProAire.

En la Tabla 1.7 se presenta sólo a los siete municipios comprendidos en el ProAire Querétaro, que hasta el año 2010 representaban al 80.2 por ciento de la población del estado, que corresponde a un total de 1 466 103 habitantes.

Tabla 1.7. Población ProAire Querétaro-San Juan del Río (INEGI 2010).

Municipio	2010
Corregidora	143 073
Huimilpan	35 554
El Marqués	116 458
Pedro Escobedo	63 966
Querétaro	801 940
San Juan del Río	241 699
Tequisquiapan	63 413
ProAire Querétaro	1 466 103

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de INEGI, COESPO, 2010.

Este patrón de crecimiento se explica por el desempeño de los fenómenos demográficos ya que en este período sucedió de manera importante el aumento de la fecundidad, la disminución de la mortalidad, muy especialmente la infantil, aumento de la esperanza de vida así como las tendencias migratorias de las diferentes regiones del estado.

Desarrollo económico

1.5.1.1. Contexto estatal en la economía nacional

La estructura económica del estado de Querétaro ha cambiado significativamente en los últimos 30 años. En la década de los setenta, el sector primario ocupaba un lugar importante dentro de la estructura económica estatal y nacional, ya que representaba el 18 por ciento del producto interno bruto (PIB) del estado, y 12 por ciento del PIB nacional. Sin embargo, para la década

actual, la estructura ha estado comandada por el sector industrial, con un aporte promedio del 35 por ciento del PIB para el estado y del 26.3 por ciento al PIB nacional.

Querétaro es un estado con un potencial de producción del sector agrícola relativamente alto. La mayor actividad de siembra se efectúa para el ciclo primavera-verano y, en menor medida, se refiere a productos perennes. Los cultivos principales del estado son el maíz de grano, frijol, sorgo en grano y alfalfa verde; y en segundo plano se encuentran los cultivos de avena forrajera, tomate verde, lechuga, calabacita y zanahoria. Los municipios que más territorio dedican a la agricultura se especializan precisamente en estos cultivos. Estos municipios son: El Marqués, Querétaro y San Juan del Río. En los cultivos perennes predominó en el 2005 el nopal, la manzana, la alfalfa verde, el agave, los pastos y la rosa.

Las especies animales predominantes según el valor de su producción son el ganado ovino, bovino, caprino, equino, porcino, aves de corral y abejas. La especie animal más representativa en el estado de Querétaro son las aves de corral, seguidas por el ganado bovino y porcino.

A nivel estatal las especies forestales predominantes son: el pino (65 por ciento de la producción forestal estatal), el encino (33 por ciento) y el oyamel (0.75 por ciento), entre otros.

Otro tipo de productos que se obtienen por recolección, a partir de los recursos forestales son resinas, barbasco, orégano, lechuguilla y candelilla. Estos productos son empleados por otros sectores de producción lo cual los hace relevantes.

1.5.1.2. Industria

De acuerdo a la última publicación del INEGI (2010) acerca del PIB por entidad federativa, la industria en Querétaro participa con el 36.3 por ciento del PIB estatal y está compuesto por cuatro sectores: industria manufacturera que representa el 24.5 por ciento, construcción con 10 por ciento, electricidad, gas y agua con 1 por ciento y minería con 0.8 por ciento.⁴

1.5.1.2.1. Industria manufacturera

El INEGI, a través del Sistema de Cuentas Nacionales de México, publica información mensual de la producción de la Industria manufacturera; el estado de Querétaro registró en el año de referencia un decremento acumulado anual de 11.3 por ciento.

En 2009 las exportaciones de la Industria manufacturera decrecieron, respecto a 2008, 10 por ciento al registrar 3 431 millones de dólares. El monto de las importaciones fue de 5 482 millones de dólares, 18.6 por ciento comparado con el año anterior.

⁴ SEDESU. Anuario económico, 2009.

Se estima que más de 500 industrias manufactureras tienen actividades de comercio exterior en la entidad.

1.5.1.2.2. Construcción

El Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) registró, en diciembre de 2009, a 26 345 trabajadores asegurados en la industria de la construcción en el estado de Querétaro, 618 menos que en el mismo periodo de 2008.

De acuerdo al Sistema de Cuentas Nacionales de México del INEGI, el valor de la producción en Querétaro del sector tuvo un incremento de 3.9 por ciento en 2008.

En la Tabla 1.8 se menciona al número de trabajadores asegurados en el IMSS por actividad económica en el estado de Querétaro, 2009.

Tabla 1.8. Trabajadores asegurados en el IMSS por actividad económica en el estado de Querétaro, 2009.

Actividad	2009 (cifras preliminares)	Participación
Industria manufacturera	103 277	77.2
Construcción	26 345	19.7
Industria eléctrica, captación y suministro de agua potable	2 979	2.2
Industria extractiva	1 196	0.9
Total	133 797	100.0

Fuente: Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), Delegación Querétaro.

1.5.1.2.3. Electricidad

La red estatal se encuentra conectada al Sistema Central de Transmisión a través de líneas de 400 mil voltios. A ese sistema se enlazan todas las plantas generadoras de energía eléctrica del país.

Querétaro cuenta con dos centrales generadoras: en los límites de los Estados de Querétaro e Hidalgo se localiza la planta hidroeléctrica Zimapán, con una capacidad de 292 megawatts y la termoeléctrica de tipo ciclo combinado El Sauz, con una capacidad efectiva instalada de 603 megawatts en el municipio de Pedro Escobedo y está enlazada, como todas las plantas de generación en el país, al Sistema Nacional de Distribución de Energía.

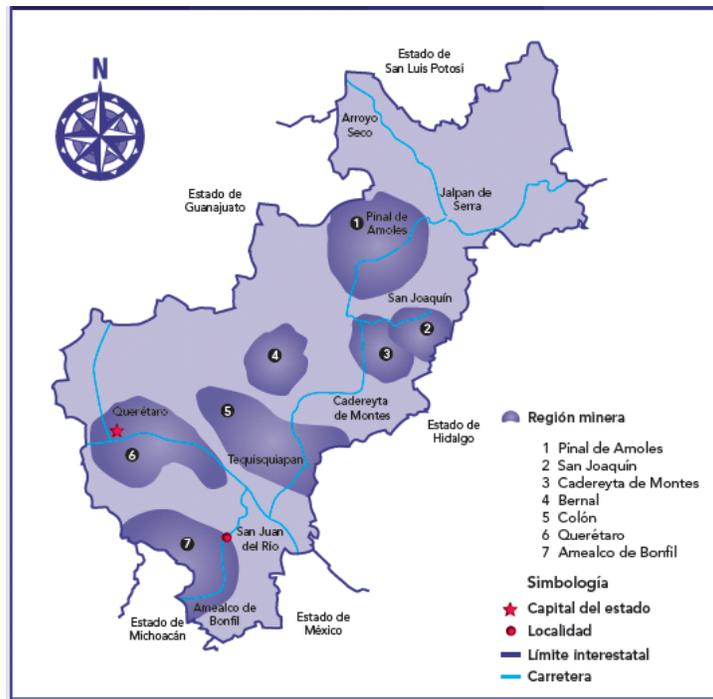
La Comisión Federal de Electricidad (CFE) proporcionó servicio a 516 151 usuarios registrados en 2009; del total de usuarios, el 86.6 por ciento correspondieron al uso doméstico, 11.8 por ciento al área industrial, comercio y servicios, 1.2 por ciento al alumbrado público, 0.3 por ciento al sector agrícola y el resto (0.1 por ciento) corresponde al servicio por bombeo de aguas potable y negras; el volumen de ventas ascendió a 3 588 972 megawatts/hora; los sectores industrial, comercio y servicios destacan por su energía consumida: 2 567 950 megawatts/hora.

1.5.1.2.4. Minería

En Querétaro se encuentran varios tipos de yacimientos minerales, entre los que sobresalen los de San Martín y La Negra ubicados en los municipios de Colón y Cadereyta de Montes, el primero con mineralización de oro y plata, el segundo con presencia de oro, plata, plomo, cobre y zinc. En menor escala se localizan yacimientos que contienen minerales preciosos y básicos alojados en vetas, así como fluorita, antimonio y mercurio.

En la Figura 1.10 se aprecian las regiones mineras del estado de Querétaro. En lo que respecta a los minerales no metálicos y en especial a los relacionados con los grandes depósitos de sedimentos calcáreos, sobresalen las regiones de Cadereyta de Montes y Vizarrón, en las que se explotan calizas para producir carbonato de calcio y mármol, además se aprovechan como materia prima para la elaboración de cal. Existen otras zonas que destacan por los sillares como Amealco de Bonfil y Colón, así como el distrito opalífero de Tequisquiapan, por las gemas semipreciosas que se obtienen de esta región.

Figura 1.10 Regiones mineras del estado de Querétaro.



Fuente: Consejo de Recursos Minerales.

1.5.1.2.5. Parques industriales

Los parques industriales son el medio por excelencia para ordenar y optimizar los asentamientos de las empresas manufactureras; crean los espacios necesarios para que éstas dispongan de condiciones propicias que posibiliten la viabilidad de sus proyectos de ampliación e innovación de la planta, así como de la modernización de su infraestructura tecnológica.

Estos parques permiten la desconcentración de las actividades productivas y facilitan el desarrollo y el ordenamiento de los centros urbanos. La infraestructura de control ambiental disponible en su interior permite cumplir con rigurosidad las diversas normas ecológicas vigentes.

El estado de Querétaro destaca a nivel nacional por la excelente localización de sus parques industriales con amplios accesos, circuitos externos y por la comunicación que brinda el servicio de transporte urbano. Las instalaciones permiten el acceso inmediato con las redes ferroviaria, carretera, telefónica, satelital y de energía eléctrica lo que representa una ventaja comparativa importante respecto a otras entidades federativas.

En el estado se localizan 19 parques industriales en operación: seis en el municipio de Querétaro, dos en Corregidora, seis en El Marqués, dos en Colón y tres en San Juan del Río, los cuales se muestran en la Figura 1.11 como puntos rojos.

Figura 1.11 Parques industriales del estado de Querétaro.



Fuente: SEDESU, 2011.

1.5.1.2.6. Autorización de asentamientos industriales mediante formularios de inducción

El formulario de inducción es el documento mediante el cual las dependencias estatales, municipales y en casos necesarios las federales, emiten una resolución respecto a la compatibilidad del uso de suelo del sitio pretendido, compatibilidad del proyecto con la infraestructura disponible en el sitio y la evaluación ambiental, proporcionando a los inversionistas certidumbre para llevar a cabo la instalación y funcionamiento de su industria.

En apego a la Ley Industrial para el Estado de Querétaro, la Ley Estatal para el Equilibrio Ecológico y sus Reglamentos y Planes de Desarrollo Urbano para la Compatibilidad del Uso de Suelo, durante el año 2009 se autorizaron 145 formularios de inducción que significaron 63 nuevas industrias y 12 que se ampliaron, representando en conjunto una inversión de 2 807 millones de pesos y la creación de 4 351 empleos directos; también se autorizó la regularización de 57 industrias en operación y la reubicación a lugares más adecuados de 13 industrias ya instaladas.

Con relación a las 63 industrias nuevas y a las 12 ampliaciones de algunas ya instaladas se desprende que por el origen de la inversión el 7 por ciento es nacional y el 93 por ciento extranjero, principalmente proveniente de Francia, España, Inglaterra, Estados Unidos, Alemania, Japón, Italia, Corea, Canadá, Chile, Venezuela, China, Singapur y Suecia. De éstas, 48 son nacionales y 27 son extranjeras; y de acuerdo a su tamaño 39 son micro industrias, 16 son pequeñas, 13 medianas y siete grandes.

Las principales ramas de inversión son:

- Aeroespacial.
- Alimentos, bebidas y tabaco.
- Eléctrica–electrónica.
- Industria de la madera y sus productos.
- Papel, imprenta y editorial.
- Productos metálicos y autopartes.
- Química, caucho y plástico.
- Textil y prendas de vestir.

1.5.1.3. Actividades económicas predominantes por municipio

Según el índice de especialización y la matriz por sector y municipio que determina el valor de la producción o ingresos derivados (Tabla 1.9), la ciudad de Querétaro no presenta ninguna tendencia de especialización en su actividad productiva. Esto implica que la capital del Estado tiene cierto balance en las actividades realizadas, pues su estructura productiva es similar a la estructura del Estado en su conjunto. En cuanto a la población ocupada, se tiene que los municipios presentan tendencias a la especialización en el empleo de su fuerza laboral (Tabla 1.10).

Tabla 1.9. Especialización de los municipios de acuerdo a la producción bruta y a los ingresos derivados.

Sector	Municipios
Minería	Colón, Huimilpan, El Marqués y Tolimán. Menor grado: Cadereyta de Montes y Peñamiller
Manufacturas	Corregidora, Pedro Escobedo y San Juan del Río
Comercio	Todos a excepción de Colón, Corregidora, El Marqués, Pedro Escobedo, San Juan del Río y Tolimán
Servicios	Arroyo Seco, Tequisquiapan y Corregidora

Fuente: SEDESU.

Tabla 1.10. Especialización de los municipios en el empleo de su fuerza laboral.

Sector	Municipios
Minería	Cadereyta de Montes, Colón, Huimilpan, Peñamiller y Tolimán
Manufactura	Corregidora, El Marqués y San Juan del Río
Comercio	Todos a excepción de Cadereyta de Montes, Corregidora, El Marqués, Pedro Escobedo, Querétaro y San Juan del Río
Servicios	Arroyo Seco

Fuente: SEDESU.

A pesar de que en la estructura económica del estado se inserta la industria de manera importante en comparación con la estructura nacional, no todos los municipios del Estado enfocan su producción o su fuerza laboral a este sector. Sólo tres municipios del Estado se dedican predominantemente a la industria manufacturera, la cual es la preponderante en el sector industrial aportando más del 35 por ciento al PIB del estado. Que el valor de la producción de los tres municipios especializados en el sector manufacturero supere en buena medida a la producción del resto de los municipios del estado, señala una alta concentración industrial en una pequeña porción del territorio. Al mismo tiempo, puede representar un polo de atracción para el resto de la población estatal y de entidades colindantes.

1.5.1.4. Estructura interna de los sistemas de producción de la actividad secundaria y terciaria

Los municipios tienden a especializarse en ciertos sectores productivos, como lo es el caso de los municipios de Querétaro, Corregidora y San Juan del Río, quienes presentan un alto grado de especialización en la mayoría de los subsectores productivos (manufactura, comercio, servicios y minería).

Con respecto al sector manufacturero, destaca dentro de esta estructura interna la variada diversificación y especialización de la industria de textiles, de prendas de vestir, de la madera y de los productos metálicos y maquinaria.

1.5.1.5. Nivel de ingreso de la población

En un comparativo entre los valores analizados del nivel de ingreso y ocupación de la población de 1990 del “XI Censo General de Población y Vivienda” y del año 2010 “XIII Censo General de Población y Vivienda” se realiza la siguiente interpretación de los resultados.

El nivel de ingresos estatal se redistribuyó, disminuyendo el porcentaje de población que en 1990 obtenía ingresos hasta por dos salarios mínimos de un 60.46 por ciento, a un 41.72 por ciento en el año 2000. La diferencia de porcentajes se distribuyó en los otros grupos de ingresos, por lo que después de 10 años, la población tenía un mejor poder adquisitivo. Los municipios de Corregidora, Querétaro, San Juan del Río, Pedro Escobedo y El Marqués, son los que tienen, en términos generales, los niveles de ingresos más altos del estado.

Dinámica urbana e infraestructura

La distribución de los asentamientos humanos del estado de Querétaro refleja una estructura desigual y polarizada asociada al comportamiento histórico de diferentes fuerzas sociales y económicas, así como a las condiciones físico-geográficas del territorio que operan a favor de la concentración o la dispersión de los habitantes.

La ZMQ se extiende a lo largo del corredor existente hacia San Juan del Río y de esta última localidad a Tequisquiapan. Esta tendencia indica una recomposición en la distribución de la población del Estado, al pasar de un patrón predominantemente rural hacia otro más metropolitano, urbano y semiurbano. En este comportamiento histórico, el municipio de Querétaro ha cumplido un papel nodal ya que ha pasado de concentrar el 27.5 al 45.6 por ciento de la población total de la entidad entre 1950 y 2000; su tasa de crecimiento demográfico se ha mantenido por arriba del promedio estatal, y su densidad pasó de 104 a 842 hab/km², lo que representa tres y siete veces más que el promedio del estado.

1.5.1.6. Vías de comunicación

Por otra parte, la distribución de las localidades y el trazado de las vías de comunicación terrestres indican, en general, una mayor densidad y accesibilidad en el corredor Querétaro-San Juan del Río. Destacan los tramos de las autopistas: México-Querétaro, Querétaro-Irapuato y Querétaro-San Luis Potosí, que ofrecen accesibilidad sobre todo a poblaciones del centro y sur de la entidad. Hacia el norte del territorio del estado se diluye la red carretera y aumenta el número de localidades alejadas de alguna vía de comunicación, como se puede observar en la densidad carretera. La mayor densidad de carreteras pavimentadas se observa en el corredor Querétaro-San Juan del Río, con algunas ramificaciones hacia localidades cercanas como Tequisquiapan y algunas más alejadas como San Joaquín o Pinal de Amoles, aunque en estos últimos casos se trata de áreas de difícil acceso.

1.5.1.7. Tipo de red vial

En Querétaro la red vial es del tipo concéntrica, ya que ha favorecido la polarización del desarrollo a favor de la zona metropolitana del municipio de Querétaro, de los municipios vecinos y de los que se localizan en la zona de influencia del corredor industrial San Juan del Río-Querétaro. El resto del territorio tiene una integración débil a este polo de desarrollo, debido a que la mayoría de sus vías de comunicación y transporte son escasas y de tipo secundario, es decir, carreteras revestidas y caminos de brecha.

En la Tabla 1.11 puede apreciarse que hay siete municipios con una densidad vial alta. Estos municipios se localizan al sur del estado sobre el polo de desarrollo industrial y son: Tequisquiapan, San Juan del Río, Querétaro, Corregidora, Pedro Escobedo, el Marqués y Amealco de Bonfil. Los municipios con una densidad vial media son Huimilpan, Ezequiel Montes y Peñamiller. El resto de los municipios presentan una densidad vial baja o muy baja.

Ahora bien, la obtención de la densidad vial mediante la relación simple entre longitud de vías de comunicación en un municipio y la superficie territorial del mismo, sólo da una idea muy general sobre las limitantes o ventajas que este tipo de infraestructura ofrece para el desarrollo económico. Es por ello que es necesario elaborar un índice que considere también el tamaño de la población de los municipios.

Tabla 1.11. Densidad de la red vial del estado de Querétaro.

Municipio	DV (%)
Amealco de Bonfil	44
Arroyo Seco	26
Cadereyta de Montes	31
Colón	32
Corregidora	47
El Marqués	44
Ezequiel Montes	42
Huimilpan	38
Jalpan de Serra	27
Landa de Matamoros	27
Pedro Escobedo	45
Peñamiller	38
Pinal de Amoles	31
Querétaro	46
San Joaquín	24
San Juan del Río	49
Tequisquiapan	50
Tolimán	26
Entidad Federativa	36

Fuente: Estimación cartográfica.

1.5.1.8. Coeficiente de suficiencia de la red vial

Este indicador registra el equilibrio entre la población, el territorio y la longitud de las vialidades. Con ello se puede saber la capacidad de la red vial en función de la población que habita en cada unidad territorial. Al combinar la población y la superficie de cada municipio se evita el sesgo que la utilización de uno sólo de esos datos podría inducir (Tabla 1.12).

En el estado de Querétaro los municipios de Peñamiller, Arroyo Seco, San Joaquín y Jalpan de Serra cuentan con una infraestructura vial adecuada en relación al número de habitantes y área territorial de cada uno. Esto los coloca en una situación ventajosa en relación a otros municipios, por el potencial de desarrollo que esta característica les confiere.

La mayoría de los municipios del estado poseen una infraestructura vial saturada, y se localizan tanto en el centro como en el sur del estado, municipios como Amealco de Bonfil, Cadereyta de Montes, Colón, El Marqués, Ezequiel Montes, Huimilpan, Pinal de Amoles, Tequisquiapan y Tolimán. Los municipios con una infraestructura vial muy saturada son los que poseen la mayor densidad poblacional del Estado. Los municipios correspondientes a este nivel de saturación son Corregidora, Pedro Escobedo, Querétaro y San Juan del Río. En conclusión, para la planeación de la integración funcional del territorio se consideran tres opciones:

- Apostar a un patrón de dispersión geográfica que revalide el papel del medio rural como factor del desarrollo, situación en la que la dispersión de pequeños centros no constituye una debilidad sino una fortaleza.
- Favorecer el patrón actual de concentración de la población y actividades en pocas ciudades, a partir de las cuales se difundirá el desarrollo (este modelo ha generado inequidad espacial en el desarrollo reciente).
- Buscar alternativas en las que los dos modelos anteriores se complementen (agrópoli, por ejemplo).

Tabla 1.12. Coeficiente de suficiencia de la red vial.

Municipio	K (%)
Amealco de Bonfil	4.97
Arroyo Seco	6.19
Cadereyta de Montes	4.59
Colón	4.08
Corregidora	2.68
El Marqués	4.64
Ezequiel Montes	4.22
Huimilpan	4.39
Jalpan de Serra	6.08
Landa de Matamoros	5.69
Pedro Escobedo	3.48
Peñamiller	8.40
Pinal de Amoles	4.64
Querétaro	1.58
San Joaquín	6.18
San Juan del Río	3.21
Tequisquiapan	4.16

Municipio	K (%)
Tolimán	4.85
Entidad Federativa	3.26

Fuente: Estimación cartográfica.

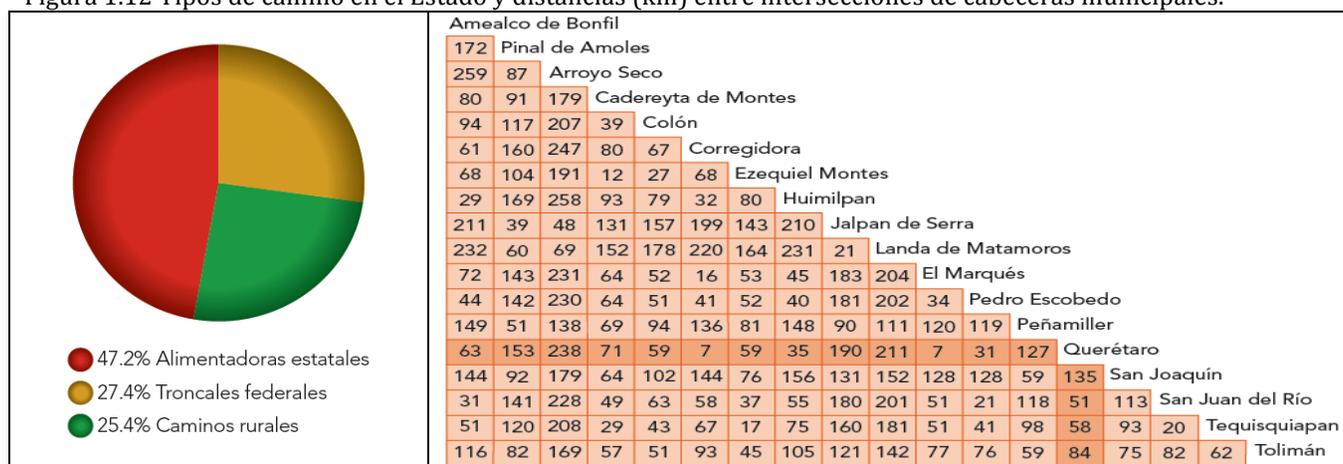
1.5.1.9. Transporte y su organización

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) reporta que la red carretera del estado de Querétaro comprende 3 452.6 km de carreteras detalladas de la siguiente manera: de las carreteras libres 533 km son federales pavimentadas, 919.9 km son estatales de las que 894.9 km son pavimentadas y 25.0 km revestidas; además de otras carreteras a cargo de Caminos y Puentes Federales (CAPUFE) que comprenden 59.1 km pavimentadas (libres); 68.0 km también pavimentadas (de cuota) y 1 872.6 km de caminos rurales, incluyendo 494.6 km pavimentados.

En la Figura 1.12 se observa cómo se conforma la red carretera de acuerdo al tipo de camino en el estado de Querétaro, así como también se brinda un aproximado de las distancias en kilómetros, entre las intersecciones de las cabeceras.

Los medios de transporte cobran gran relevancia en la zona conurbada de la ciudad de Querétaro y estos son el transporte particular, autotransporte federal, el transporte de pasajeros, el transporte ferroviario y el servicio aeroportuario, los cuales conectan la infraestructura vial del estado con los sitios foráneos por las vías terrestre y aérea.

Figura 1.12 Tipos de camino en el Estado y distancias (km) entre intersecciones de cabeceras municipales.



Fuente: Secretaría de Comunicaciones y Transporte (SCT), 2009.

1.5.1.9.1. Transporte particular

La principal causa de la contaminación del aire se puede atribuir al parque vehicular, tanto al local como al de paso. En Querétaro, las fuentes móviles han aumentado de manera importante en los últimos años, tanto las registradas en el estado, como los vehículos flotantes. El incremento vehicular en el estado de Querétaro en el periodo 1998 - 2003 fue de 124 949 vehículos

registrados en circulación (INEGI, 2004), este incremento representa una tasa de crecimiento media anual (TCMA) del 10.2 por ciento. Mientras que en el municipio de Querétaro en el mismo periodo, el incremento fue de 64 037 vehículos, este incremento representa una TCMA del 8 por ciento⁵.

La tasa de motorización para el municipio de Querétaro en el año 2000 fue de 242 vehículos por cada 1 000 habitantes, mientras que para el 2003 fue de 284, este incremento representa un TCMA del 5.5 por ciento.

En la Tabla 1.13 se observa el aumento de vehículos registrados en el Estado; la relación con los verificados y su emisión estimada de contaminantes.

Tabla 1.13. Vehículos registrados a nivel estatal, vehículos con verificación y emisiones de contaminantes.

Año	Unidades registradas en el Estado	No. vehículos verificados	No. vehículos no verificados	Emisión contaminantes (toneladas / año)
2003	252 182	154 035	98 147	284 351
2004	287 000	156 563	130 437	286 000
2005	301 000	179 099	121 901	321 000

Fuentes: Anuarios Económicos Estatales, SEDESU, 2004, 2005.

Para estimar las emisiones anteriores únicamente se consideraron los vehículos registrados en el estado, dejando fuera el transporte público federal y el que atraviesa la zona conurbada.

Como ya se mencionó, las principales causas de contaminación del aire son las emisiones del parque vehicular local y de paso que significan la mayor participación en la concentración de contaminantes, seguidas de la industrial y del desarrollo urbano.

Entre los factores que influyen para que el parque vehicular contribuya en mayor medida están: saturación de vialidades, incremento del parque vehicular, cultura del uso excesivo del vehículo particular contra el del transporte público, insuficiente y/o deficiente mantenimiento, por citar algunos.

Por lo anterior y con la finalidad de promover entre la ciudadanía el adecuado mantenimiento mecánico preventivo y/o correctivo de sus vehículos, se implantó el cumplimiento obligatorio del Programa Estatal de Verificación Vehicular a los vehículos automotores registrados en Querétaro, para saber si mediante los procedimientos autorizados de verificación cumplen con los estándares de concentración de contaminantes que se establecen en las Normas Oficiales correspondientes, con la finalidad de disminuir la contaminación emitida a la atmósfera y con ello reducir los riesgos de enfermedades y el deterioro del ambiente.

⁵ PNUMA, SEDESU, CONCYTEQ. GEO Ciudad de Querétaro, 2008.

En dicho programa se contemplan tres tipos de verificaciones equivalentes a certificados y hologramas diferentes, estas modalidades son: estatal (obligatoria), cero y doble cero (voluntarias).

En el padrón estatal están registrados cerca de 350 mil vehículos de servicio particular⁶ y/o público, aunado a los más de 100 mil vehículos radicados en la entidad, pero emplacados en otros Estados o provenientes del extranjero. Los vehículos de uso particular registrados en el Estado verifican una vez al año en la modalidad obligatoria, de acuerdo a los periodos y requisitos que se establecen en el programa; los de uso intensivo (taxis, microbuses, oficiales, mercantiles, pesados, etc.) realizan dos verificaciones por año. En caso de viajar al Estado de México o al Distrito Federal, los vehículos tendrán que ajustarse a lo que señala su Programa Hoy No Circula o a los planes de contingencia ambiental que prevalezcan.

Los vehículos registrados en otras entidades o provenientes del extranjero que deseen verificar en el Estado podrán hacerlo en forma voluntaria.

La emisión de certificados y hologramas cero y doble cero se derivan de la celebración de Convenios de Homologación de Procedimiento de Verificación entre los Estados de Querétaro, de México y el Distrito Federal, realizados en abril de 2008, con la finalidad de que los vehículos de uso particular a gasolina que verifiquen en alguna de estas modalidades y que cumplan con los requisitos establecidos, puedan circular en forma permanente en dichos lugares sin ninguna restricción.

Para el año 2009 se contaba con 38 Centros de Verificación Vehicular fijos, de los cuales 32 realizan verificaciones de tipo estatal (prueba estática), cinco tanto de tipo estatal como en las modalidades cero y doble cero (prueba dinámica) y uno realiza sólo verificaciones cero y doble cero.

En el anexo se presenta información más detallada sobre el Programa Estatal de Verificación Vehicular a los vehículos automotores registrados en Querétaro.

1.5.1.9.2. Autotransporte federal

El transporte carretero, dentro de los medios de transporte disponibles en el Estado de Querétaro, es el que más desarrollo ha tenido por su crecimiento y modernización, así como por su costo relativo e infraestructura.

La flota vehicular registrada en la entidad para autotransporte federal de carga es de 19 613 unidades, dicha flota está conformada por 14 441 vehículos de carga general, 4 695 transportes de pasajeros y 477 de turismo. Para realizar el control del impacto ambiental están autorizados seis centros de verificación vehicular federales, cuatro en la ciudad capital y dos en San Juan del Río.

⁶ SEDESU. Anuario Económico 2010.

El Departamento de Autotransporte Federal prestó sus servicios a los transportistas y usuarios, los cuales comprenden altas, bajas, definitivas, permisos únicos, reposiciones, canje de placas, revalidaciones, permisos especiales, trámites diversos, licencias federales, proceso de infracciones y recursos de reconsideración, principalmente.

Con la finalidad de hacer cumplir la normatividad en relación al peso y dimensiones, reducir el índice de accidentes y conservar las carreteras en buen estado, existen dos estaciones de control de peso y dimensiones del autotransporte federal de carga. Estas estaciones están ubicadas sobre cada cuerpo de la carretera federal 57, frente a la comunidad La Calamanda.

En cuanto al transporte de vehículos de carga pesada (mayor a cuatro toneladas), materiales y residuos peligrosos (cualquier configuración), a través de la Dirección de Transporte de la Secretaría de Gobierno del Estado de Querétaro, se han puesto restricciones de largo itinerario, como las que se presentan en la Tabla 1.14 y con origen-destino la ZMQ.

También se restringe el tránsito de los vehículos de transporte de carga con doble semirremolque en las vialidades de la ZMQ.

Se tiene restringido el tránsito de vehículos que transporten materiales y residuos peligrosos en los siguientes horarios de máxima demanda: de las 07:00 a las 10:00 horas, de las 13:00 a las 16:00 horas y de las 19:00 a las 21:00 horas. Preferentemente quienes transporten carga evitarán transitar en dichos horarios.

Tabla 1.14. Puntos de desvío transporte de carga, materiales y residuos peligrosos, largo itinerario.

Ruta	Puntos de desvío
SLP - MÉX	Proveniente de la Carretera Querétaro-San Luis Potosí en el km 29+700 utilizará el Libramiento Nororiente y después en el km 0+000 de éste se incorporará a la Autopista México-Querétaro.
MÉX - SLP	Proveniente de la Autopista México-Querétaro en el km 192+500 utilizará el Libramiento Nororiente y después en el km 36+800 de éste se incorporará a la Carretera Querétaro-San Luis Potosí.
SLP - CELAYA	Proveniente de la Carretera Querétaro-San Luis Potosí en el km 22+350 utilizará el Libramiento Surponiente; en el km 19+000 de éste podrá incorporarse a la Autopista Querétaro-Celaya o en el km 11+000 del mismo incorporarse a la Carretera Libre a Celaya.
CELAYA - SLP	Proveniente de la Autopista Querétaro-Celaya (en el km 9+100) o de Carretera Libre Querétaro-Celaya (en el km 10+600) utilizará el Libramiento Surponiente; y después en el km 28+500 se incorporará a la Carretera Querétaro-San Luis Potosí.
CELAYA - MEX	Para carga ligera (4 toneladas o menos): Proveniente de la Autopista Querétaro-Celaya en el km 0+000 incorporarse a la Autopista México-Querétaro. Proveniente de Carretera Libre Querétaro-Celaya en el km 10+600 utilizará el Libramiento Surponiente; y después en el km 19+000 de éste se incorporará a la Autopista Querétaro-Celaya, en el km 000+000 incorporarse a la Autopista México-Querétaro. Para carga pesada (más de 4 toneladas) y materiales y residuos peligrosos: Proveniente de la Autopista Querétaro-Celaya (en el km 9+100) o de Carretera Libre Querétaro-Celaya (en el km 10+600) utilizará el Libramiento Surponiente; y después en el km 28+500 se incorporará a la Carretera Querétaro-San Luis Potosí, en el km 29+700 de éste utilizará el Libramiento Nororiente y después en el km 0+000 de éste se incorporará a la Autopista México-Querétaro.
MÉX-CELAYA	Para carga ligera (4 toneladas o menos):

Ruta	Puntos de desvío
	<p>Proveniente de la Autopista México-Querétaro, en el km 211+800 de ésta se incorporará a la Autopista Querétaro-Celaya.</p> <p>Para carga pesada (más de 4 toneladas) y materiales y residuos peligrosos: Proveniente de la Autopista México-Querétaro en el km 192+500 utilizará el Libramiento Nororiente y después en el km 36+800 de éste se incorporará a la Carretera Querétaro-San Luis Potosí rumbo a Querétaro, en el km 22+350 utilizará el Libramiento Surponiente; en el km 19+000 de éste podrá incorporarse a la Autopista Querétaro-Celaya o en el km 11+000 del mismo incorporarse a la Carretera Libre a Celaya.</p>
<p>Nota: La vía libre alterna al Libramiento Nororiente es la Carretera No. 500 Chichimequillas, Tipo C, Máximo 40 t PBV, 18.5 m.</p>	

Los vehículos destinados al transporte de carga pesada (mayor a cuatro toneladas), materiales y residuos peligrosos (cualquier configuración) con origen-destino la ZMQ, utilizarán las vialidades alternas que se enlistan en la Tabla 1.15

Cuando en la ZMQ el domicilio de origen o destino de la carga pesada (mayor a cuatro toneladas), materiales y residuos peligrosos (cualquier configuración) no se encuentre contemplado en la relación de vías alternas, la Dirección de Transporte definirá el corredor a utilizar de conformidad al tipo de vehículo y a la carga que se transporte, estableciendo las condiciones para otorgar el registro⁷.

Tabla 1.15. Vialidades Origen-destino la ZMQ. Restringido el tránsito de vehículos con doble semirremolque por vialidades de ZMQ.

Ruta	Puntos de desvío
SLP –QRO	<p>Si el domicilio de destino se encuentra al Sur de la Zona Metropolitana, a partir del eje Av. Zaragoza, proveniente de la Carretera Querétaro-San Luis Potosí en el km 22+350 utilizará el Libramiento Surponiente; en el km 19+000 de éste incorporarse a la Autopista Querétaro-Celaya, en el km 0+000 incorporarse a la Autopista México-Querétaro.</p> <p><i>Si su domicilio de destino se encuentra al Norte, a partir del eje Av. Zaragoza, continuará su recorrido por la Carretera Querétaro-San Luis Potosí rumbo a Querétaro.</i></p>
QRO – SLP	<p>Si el domicilio de origen se encuentra al Sur de la Zona Metropolitana, a partir del eje Av. Zaragoza, utilizará la Autopista Querétaro-Celaya y en el km 9+100 se incorporará el Libramiento Surponiente; y después en el km 28+500 utilizará la Carretera Querétaro-San Luis Potosí.</p> <p><i>Si su domicilio de origen se encuentra al Norte, a partir del eje Av. Zaragoza, utilizará la Carretera Querétaro-San Luis Potosí hacia San Luis Potosí.</i></p>
CELAYA –QRO	<p>Si el domicilio de destino se encuentra al Sur de la Zona Metropolitana, a partir del eje Av. Zaragoza, proveniente de la Autopista Querétaro-Celaya en el km 0+000 se incorpora a la Autopista México-Querétaro, o proveniente de Carretera Libre a Celaya (en el km 10+600) utilizará el Libramiento Surponiente; y después en el km 19+000 de éste se incorporará a la Autopista Querétaro-Celaya, en el km 0+000 incorporarse a la Autopista México-Querétaro.</p> <p><i>Si su domicilio de destino se encuentra al Norte, a partir del eje Av. Zaragoza, proveniente de la Autopista</i></p>

⁷Dirección de Transporte. Secretaría de Seguridad Ciudadana. Gobierno del Estado de Querétaro. 2011.

Ruta	Puntos de desvío
	Querétaro-Celaya (en el km 9+100) o de Carretera Libre a Celaya (en el km 10+600) utilizará el Libramiento Surponiente; y después en el km 28+500 se incorporará a la Carretera Querétaro-San Luis Potosí rumbo a Querétaro.
QRO- CELAYA	Si el domicilio de origen se encuentra al Sur de la Zona Metropolitana, a partir del eje Av. Zaragoza, utilizará la Autopista Querétaro-Celaya; en el km 9+100 de ésta podrá incorporarse al Libramiento Surponiente y después en el km 11+000 del mismo incorporarse a la Carretera Libre a Celaya. Si su domicilio de origen se encuentra al Norte, a partir del eje Av. Zaragoza, utilizará la Carretera Querétaro-San Luis Potosí y en el km 22+350 de la misma utilizará el Libramiento Surponiente; en el km 19+000 de éste podrá incorporarse a la Autopista Querétaro-Celaya o en el km 11+000 del mismo incorporarse a la Carretera Libre a Celaya.
MÉX - QRO	Si el domicilio de destino se encuentra al Sur de la Zona Metropolitana, a partir del eje Av. Zaragoza, utilizará la Autopista México-Querétaro para llegar a su destino. <i>Si su domicilio de destino se encuentra al Norte, a partir del eje Av. Zaragoza, proveniente de la Autopista México-Querétaro en el km 192+500 utilizará el Libramiento Nororiente y después en el km 36+800 de éste se incorporará a la Carretera Querétaro-San Luis Potosí rumbo a Querétaro.</i>
QRO - MÉX	Si el domicilio de origen se encuentra al Sur de la Zona Metropolitana, a partir del eje Av. Zaragoza, utilizará la Autopista México-Querétaro rumbo a México. <i>Si su domicilio de origen se encuentra al Norte, a partir del eje Av. Zaragoza, utilizará la Carretera Querétaro-San Luis Potosí, en el km 29+700 de éste utilizará el Libramiento Nororiente y después en el km 0+000 del mismo se incorporará a la Autopista México-Querétaro.</i>
NOTA: La vía libre alterna al Libramiento Nororiente es la Carretera No. 500 Chichimequillas, Tipo C, Máximo 40 t PBV, 18.5 m.	

1.5.1.9.3. Transporte de pasajeros

Querétaro cuenta con terminales de autobuses en las siguientes cabeceras municipales: Amealco de Bonfil, Cadereyta de Montes, Colón, Jalpan de Serra, San Juan del Río y Tequisquiapan.

La Terminal de Autobuses de Querétaro (TAQ) tiene cobertura nacional, 13 líneas locales dan servicio hacia el interior del Estado y localidades de Estados circunvecinos y 17 empresas foráneas realizan recorridos hacia las zonas Pacífico, Norte y Bajío de la República Mexicana, incluyendo también ciudades de los Estados Unidos de América.

Su construcción de tipo herradura le permite contar con tres edificios donde se concentra el 100 por ciento de su operación: el edificio A brinda el servicio de primera clase y de lujo, el edificio B ofrece el servicio de segunda clase o servicio regular y el edificio C el servicio de tercera clase o alimentador.

Tiene capacidad para 149 andenes y 191 cajones de espera; cuenta con ocho módulos sanitarios de cuota y cortesía para hombres, mujeres y personas discapacitadas; además de un edificio con dormitorios para los operadores con 270 camas, servicios de baños, regaderas, vapor, gimnasio, cajas de seguridad y áreas de esparcimiento, distribuidos en tres niveles.

La capacidad utilizada de la terminal es del 58.0 por ciento. En 2009 se registraron 561 mil salidas de autobuses: 234 mil de primera clase y de lujo, 167 mil de servicio regular (2a.) y 160

mil de servicio alimentador (3a.) movilizandando a 11 millones 276 mil pasajeros: 4 millones 680 mil en primera y de lujo, 2 millones 591 mil en regular (2a.) y 4 millones 5 mil en alimentador (3a.).

Respecto al transporte público y de acuerdo a la información proporcionada por la Dirección de Transporte de la Secretaría de Gobierno del Estado de Querétaro (DTSGEQ), el número de vehículos destinados a la prestación del servicio de transporte público colectivo urbano en la ZMQ (cubriendo específicamente los municipios de Querétaro, Corregidora y El Marqués) es de 1 474 autobuses.

En la Tabla 1.16 se muestra el número de vehículos destinados a la prestación del servicio de transporte público colectivo (urbano y suburbano) en los municipios de Huimilpan, Pedro Escobedo, San Juan del río y Tequisquiapan.

Tabla 1.16. Número de vehículos de transporte colectivo.

Municipio	Número de vehículos de transporte colectivo (urbanos y suburbanos)
Huimilpan	0
Pedro Escobedo	18
San Juan del Río	378
Tequisquiapan	63

Fuente: Dirección de Transporte. Secretaría de Seguridad Ciudadana. Gobierno del Estado de Querétaro. 2011.

El horario de mayor desplazamiento de vehículos destinados a la prestación del servicio de transporte público colectivo urbano en los municipios de Querétaro, Corregidora y El Marqués es entre las 08:45 y las 09:45 horas⁸.

Se ha propuesto un Plan Integral de Transporte Público para la ZMQ, conformada por los municipios de Querétaro, Corregidora y El Marqués, que incluye un Proyecto de Modernización del Transporte Público, el cual consiste en un sistema de rutas integradas que se complementa con terminales, estaciones intermedias, patios de encierro, un taller de mantenimiento y un sistema electrónico de recaudo de pasajes y monitoreo de la flota de autobuses.

La red de rutas integradas está conformada por rutas estratégicas (troncales, pre-troncales y auxiliares), funcionando en combinación con un conjunto de rutas alimentadoras y de rutas complementarias operadas con autobuses convencionales y microbuses. La operación en rutas troncales se realiza con unidades de transporte de alta tecnología, de piso bajo o entrada baja, altas normas de seguridad, con capacidad para 90 pasajeros, baja emisión de contaminantes y operación en carriles exclusivos o preferenciales.

⁸ Fuente: USTRA. Características técnicas, jurídicas y administrativas de un sistema de recaudo de tarifas Zona Metropolitana de Querétaro, p16, 2009.

Lo anterior con el objetivo de proveer a la ZMQ de un sistema de transporte público colectivo moderno y eficiente, que ofrezca a sus habitantes oportunidades iguales de movilidad y accesibilidad en un marco de sustentabilidad ambiental, que logre una mayor integración social de los ciudadanos, se multipliquen las opciones de destino de los usuarios, se desarrolle un transporte público financieramente viable y con tarifas accesibles, contar con un sistema diseñado con criterios técnicos acordes con la movilidad de los usuarios y se utilicen tecnologías modernas⁹.

1.5.1.9.4. Transporte ferroviario

El estado de Querétaro está considerado como punto medular para la carga, descarga y transferencia de mercancías, debido a que por éste cruzan las principales vías troncales como son: México-Ciudad Juárez, México-Nuevo Laredo, México-Guadalajara-Manzanillo-Mexicali y México-San Luis Potosí. La capital del estado tiene una central de carga multimodal, con conexión al puerto de Altamira, Tamaulipas.

En la actualidad la red ferroviaria estatal en operación tiene una longitud de 520 km de vía, distribuidos de la siguiente manera: 362.4 km de vía principal, troncales y ramales (incluyendo la doble vía México-Querétaro con una longitud de 196 km); las secundarias o laderos con 87.6 km y las particulares con 70.2 km.

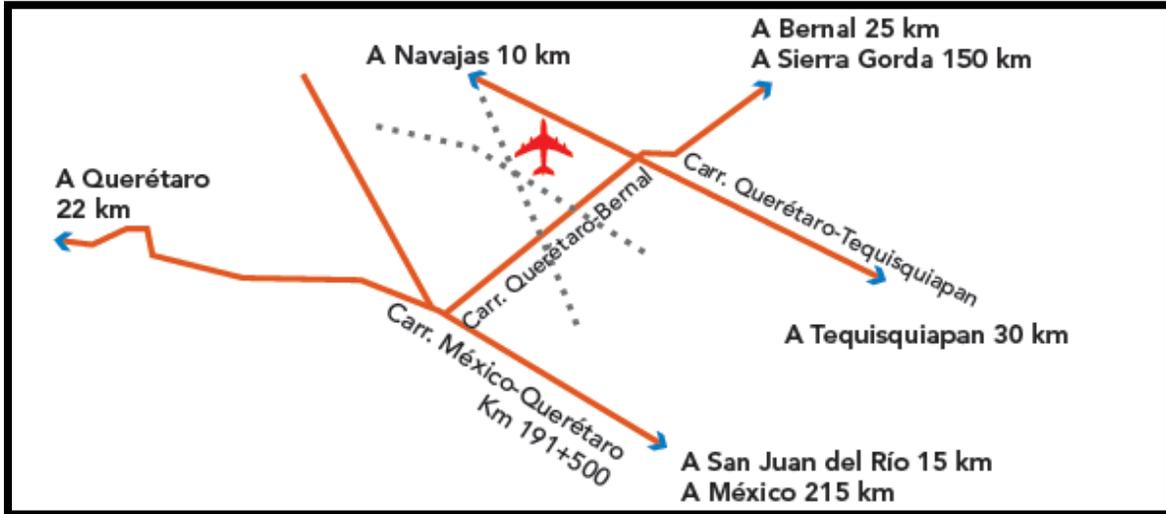
1.5.1.9.5. Servicio aeroportuario

El Aeropuerto Internacional de Querétaro se encuentra ubicado en los municipios de El Marqués y Colón a 22 km de la capital queretana, en una superficie total de terreno de 688 hectáreas. Ofrece sus instalaciones y servicios a todo el estado de Querétaro y a ciudades cercanas de los estados que lo rodean: México, Guanajuato, Michoacán, Hidalgo, San Luis Potosí y la zona norte de la ciudad de México

Figura 1.13).

Figura 1.13 Ubicación del Aeropuerto Internacional de Querétaro.

⁹ Dirección de Transporte. Secretaría de Seguridad Ciudadana. Gobierno del Estado de Querétaro. 2011.



Fuente: Aeropuerto Internacional de Querétaro.

Su área de servicios tiene impactos directos significativos para una población de casi 5 millones de personas dentro de un radio de 100 km. Así mismo, tiene implicaciones indirectas para 15 millones de personas más, en un radio de 200 km. Ubicado a una altitud de 1 800 msnm, el Aeropuerto Internacional de Querétaro tiene una pista construida de concreto hidráulico de 40 cm de espesor, con una longitud de 4 200 m y 45 m de ancho, orientación 09-27, con ayudas visuales y sistema de localización VOR/DME, además de señalamientos horizontal y vertical para operaciones diurnas y nocturnas, con capacidad para realizar 45 maniobras de despegue y aterrizaje por hora. Se complementa con rodaje paralelo, cuatro rodajes de alta velocidad y dos rodajes centrales a 45°, cada uno de 23 m de ancho en concreto hidráulico.

Además tiene espacio para 60 hangares. Cuenta con plataformas comercial, general y de carga, todas de concreto hidráulico. La primera tiene una superficie de 125 000 m² y 18 posiciones, nueve de ellas con abastecimiento de combustible directo a las aeronaves.

Para la aviación general comprende un área de 14 400 m² y 24 posiciones para aeronaves ejecutivas. La plataforma de carga consta de una superficie de 35 000 m² y cinco posiciones.

Las líneas aéreas que prestan sus servicios en el Aeropuerto son United Airlines, Aeroméxico-Connect, Volaris, American Airlines, Bax Global (carga), Regional Cargo (carga), cubriendo tres destinos nacionales (Distrito Federal, Monterrey, Guadalajara) y un destino internacional (Houston), además de algunas ciudades en conexión dentro de la República Mexicana, Estados Unidos de América y Europa.

El número de pasajeros que transitaron en el Aeropuerto Internacional de Querétaro durante 2009 fue de 111 791 pasajeros.

En lo referente al número de operaciones, el movimiento promedio mensual fue de 1 128 logrando un total de 13 536 operaciones anuales, de las cuales más del 30.0 por ciento son comerciales y el resto de aviación general, de carga, oficiales y militares.

En la actualidad también opera la Terminal de Carga Aérea, única en su tipo, ya que cuenta con un área especializada en carga nacional, además de prestar los servicios de Recinto Fiscalizado y Aduana.

Capítulo 2

Diagnóstico de calidad del aire en el área o zona de estudio

2. Diagnóstico de la calidad del aire en el área o zona de estudio

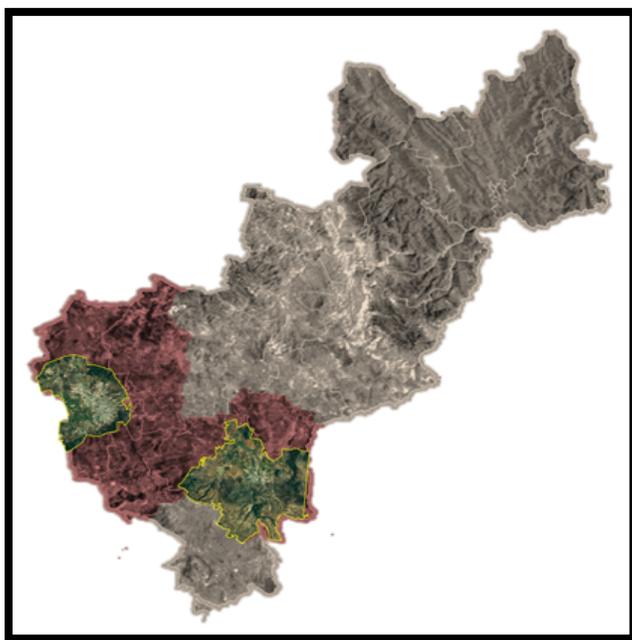
La sociedad moderna consume cada vez más energía. Los vehículos automotores, industrias y el equipamiento urbano dependen en gran medida de la energía proveniente de los combustibles fósiles, dicho esquema de desarrollo se conoce como de “alta intensidad de carbono” e involucra la emisión considerable de contaminantes criterio y de gases de efecto invernadero.

En consecuencia, la calidad del aire se deteriora a nivel local, regional y global, reflejándose en un aumento de concentraciones de gases y aerosoles en la atmósfera. A nivel troposférico la contaminación del aire se manifiesta en una disminución de la visibilidad y se presentan problemas de salud tales como irritación de ojos o casos de bronquitis crónica y aguda. Estos efectos son más frecuentes en cuencas atmosféricas donde las condiciones meteorológicas son adversas para la dispersión de los contaminantes.

Una cuenca atmosférica es un espacio geográfico delimitado parcial o totalmente por elevaciones montañosas u otros atributos naturales, ocupado por un volumen de aire con características similares.

La ciudad de San Juan del Río y la ZMQ están insertas en cuencas atmosféricas diferentes. En la Figura 2.1 se muestran las áreas de ambas cuencas (verde) dentro de la zona de estudio (rojo). La cuenca de Querétaro es semicerrada con un patrón de vientos predominante norte-sur y con laderas montañosas en su cuadrante oriente y sur oriente, mientras que la de San Juan del Río es más abierta con el viento dominante del noreste y sus principales obstáculos montañosos aislados ubicados en el sur oeste y este.

Figura 2.1 Cuencas atmosféricas de Querétaro y San Juan del Río.



Fuente: DGGCARETC de la SEMARNAT, 2013.

Los impactos regionales de la contaminación atmosférica incluyen efectos en los ecosistemas y cambios en la meteorología y el clima de la zona. Los efectos que tienen los gases y los aerosoles a nivel global pueden modificar la meteorología y el clima del planeta.

Algunos contaminantes emitidos en zonas urbanas conocidos como precursores reaccionan con la luz solar y forman contaminantes secundarios, aún en zonas lejanas a la zona de emisión. En otros casos se forman aerosoles secundarios tales como sulfatos y nitratos ácidos que contribuyen a deposición ácida.

2.1. Normatividad ambiental en materia de calidad del aire en México

Los contaminantes criterio son aquéllos que fueron identificados como perjudiciales para la salud y bienestar de los seres humanos. El término contaminante criterio se refiere a sustancias que son representativas de los contaminantes que se emiten en áreas industriales o urbanas.

El concepto de contaminantes criterio fue adoptado en varios países, incluyendo a México, y actualmente comprende principalmente las partículas suspendidas menores a 10 micrómetros (PM₁₀), partículas menores a 2.5 micrómetros (PM_{2.5}), el ozono (O₃), el dióxido de azufre (SO₂), el dióxido de nitrógeno (NO₂) y el monóxido de carbono (CO).

El monitoreo continuo de dichos contaminantes sirve para determinar la calidad del aire en una zona a partir de su comparación contra los niveles permisibles establecidos y de esta manera proteger la salud y calidad de vida de la población, asimismo, el registro histórico de los datos validados de calidad del aire permite elaborar el diagnóstico sobre las tendencias y evolución de los contaminantes a lo largo del tiempo y su comportamiento espacial.

Las normas de calidad del aire constituyen el elemento esencial para la evaluación, prevención y control de la contaminación atmosférica; dichas normas establecen los niveles o umbrales de concentración de contaminantes bajo los cuales se considera que no se presentan efectos adversos y significativos en la salud de la población.

En México, el Gobierno Federal, por conducto de la Secretaría de Salud, es el responsable de emitir y actualizar los límites permisibles de concentración de contaminantes a través de las Normas Oficiales Mexicanas, las cuales deben sujetarse a los lineamientos previstos por la Ley Federal de Metrología y Normalización (LFMyN).¹⁰

En la Tabla 2.1 se presentan las Normas de Calidad del Aire Vigentes en México.

Tabla 2.1. Normas de Calidad del Aire Vigentes en México.

¹⁰<http://www.inecc.gob.mx/calair-indicadores/523-calair-cont-criterio>. Actualizada a agosto de 2009.

Contaminante	Norma	Valores de Concentración Máxima		
		Exposición Aguda		Exposición Crónica*
		Concentración y tiempo promedio	Frecuencia máxima aceptable	Concentración y tiempo promedio
Ozono (O ₃)	NOM-020-SSA1-1993	0.110 ppm (1 h)	No se permite ¹	NA
		0.08 ppm (8 h)	4 veces al año	NA
Monóxido de carbono (CO)	NOM-021-SSA1-1993	11.00 ppm (8 h)	1 vez al año	NA
Dióxido de azufre (SO ₂)	NOM-022-SSA1-2010	0.200 ppm 524 µg/m ³ (8 h)	1 vez al año	0.025 ppm 66 µg/m ³ (media aritmética anual)
		0.110 ppm 288 µg/m ³ (24 h)	2 veces al año	
Dióxido de nitrógeno (NO ₂)	NOM-023-SSA1-1993	0.21 ppm (1 h)	1 vez al año	NA
Partículas suspendidas totales (PST)	NOM-025-SSA1-1993	210 µg/m ³ (24 h)	2 % de las mediciones de 24 horas al año ²	NA ³
Partículas fracción gruesa (PM ₁₀)	NOM-025-SSA1-1993	120 µg/m ³ (24 h)	2 % de las mediciones de 24 horas al año ²	50 µg/m ³ (media aritmética anual)
Partículas fracción fina (PM _{2.5})	NOM-025-SSA1-1993	65 µg/m ³ (24 h)	2 % de las mediciones de 24 horas al año ²	15 µg/m ³ (media aritmética anual)

Fuente: Valores publicados en el Diario Oficial de la Federación (1994, 2005 y 2010).

- NOTAS: ppm: partes por millón
 µg/m³: microgramos por metro cúbico
 NA: No aplica
 (*) Para protección de la salud de la población susceptible
 (1) De acuerdo a la modificación a la norma de ozono en el año 2002
 (2) El percentil 98 es el valor que indica que se permite que de los valores de 24 horas se rebasen el 2 % de acuerdo al numeral 5.4.3 de la modificación de la norma de partículas publicada en 2005
 NA³ No aplica de acuerdo al artículo tercero dentro de los transitorios en la modificación de norma de partículas publicada en 2005 en el cual se cancela la NOM-024-SSA1-1993

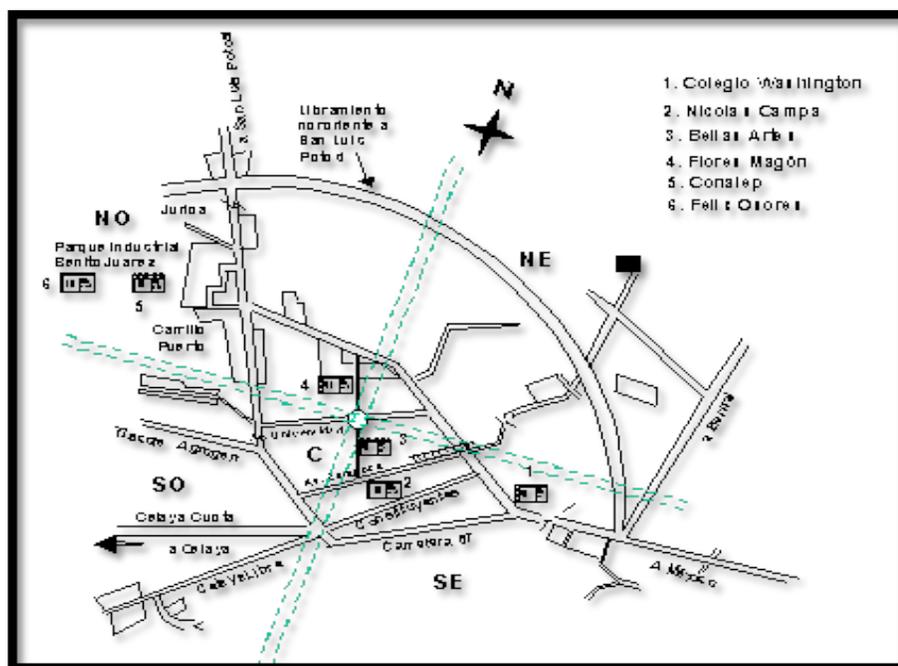
2.2. Monitoreo Atmosférico en la Zona Metropolitana de Querétaro

Antecedentes

Desde el año de 1996 se practicaron monitoreos manuales de SO₂ y PST en la ciudad de Querétaro¹¹. Para ello se contaba con seis estaciones, las cuales se indican en la Figura 2.2.

Dichas estaciones eran operadas por la Dirección de Ecología del Gobierno del Estado con apoyo de la Delegación de SEMARNAP y la Universidad Autónoma de Querétaro.

Figura 2.2 Localización de las estaciones de monitoreo de Querétaro, 2007.



Fuente: SEDESU, 2011.

La cantidad de datos de calidad del aire generada por esta red de monitoreo manual fue muy escasa debido a múltiples problemas de operación. Sin embargo, se pudieron realizar mediciones de las PST durante 1996 y 1997 y los valores diarios registrados durante ese periodo no rebasaron los 90 puntos del Índice Metropolitano de Calidad del Aire (IMECA), no obstante los promedios anuales de PST si excedían el criterio anual aplicable en ese entonces de norma anual de 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

¹¹<http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/libros/113/cap11.html>. Actualizada a 2007

Sistema de monitoreo automático

En el año 2011 se inició la operación de un sistema de monitoreo automático con 5 estaciones fijas, una en el municipio de Corregidora, otra en el municipio de El Marqués y tres en el municipio de Querétaro, específicamente en los sitios de la Estación de Bomberos y las delegaciones municipales Epigmenio González y Félix Osores. En la Tabla 2.2 se presentan las coordenadas geográficas para cada una de ellas y en la Figura 2.3 un mapa con su ubicación espacial y cobertura.

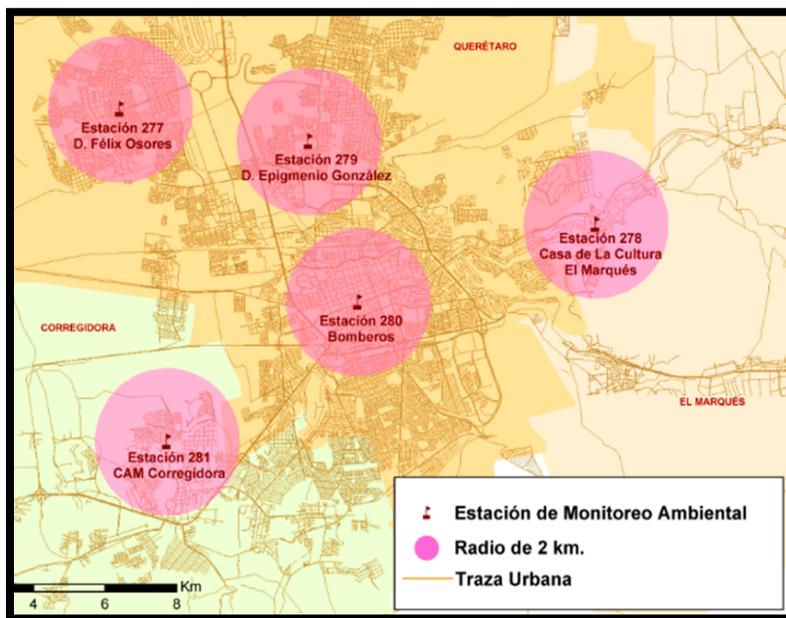
Tabla 2.2. Coordenadas geográficas de las estaciones fijas de monitoreo automático.

Unidad	Ubicación	Coordenadas	Parámetros que mide
Estación 278. El Marqués	Venustiano Carranza No. 12, Col. La Cañada, El Marqués, Qro.	20°36'22.84" N 100°19'52.03" O	O ₃ , CO, SO, NO ₂ y PST.
Estación 280. Bomberos	Ignacio Zaragoza 90, Col Centro, Santiago de Querétaro, Qro.	20°35'14" N 100°23'41" O	O ₃ , CO, SO, NO ₂ y PST.
Estación 279. Delegación Epigmenio González	Tlálloc 100, Col. San Pablo Santiago de Querétaro, Qro.	20°37'39.45" N 100°24'31.56" O	O ₃ , CO, SO, NO ₂ y PST.
Estación 277. Félix Osores	Av. De la Luz No. 602, Col. Cerrito Colorado, Santiago de Querétaro, Qro.	20°38'6.45" N 100°27'33.29" O	O ₃ , CO, SO, NO ₂ y PST.
Estación 281. Corregidora	Av. Ribera del Río, Esq. Camino las Flores S/N, Col. El Pueblito, Corregidora Qro.	20°33'22" N 100°26'44.33" O	O ₃ , CO, SO, NO ₂ y PST.

Fuente: SEDESU, 2011.

Las estaciones de monitoreo atmosférico cuentan también con la medición de parámetros meteorológicos como: presión, radiación solar, temperatura, dirección y velocidad del viento, humedad relativa y precipitación pluvial.

Figura 2.3 Ubicación de las estaciones de monitoreo automáticas.



Fuente: SEDESU, 2013.

2.3. Diagnóstico de la calidad del aire en la zona de estudio

La cantidad de datos confiables generados en el 2011 en la zona de estudio fue insuficiente, ya que es normal que un sistema de monitoreo atmosférico tarde en estabilizar su operación durante varios meses debido a problemas relacionados con el suministro eléctrico, la calibración, los materiales y repuestos y la capacitación de los operadores.¹²

Durante el 2012 las estaciones que tuvieron suficiencia de datos (igual o mayor al 75 por ciento) para los diferentes parámetros fueron la estación Bomberos para partículas suspendidas totales (PST) y la estación Epigmenio González para ozono, dióxido de azufre y PST.

El caso más extremo en cuanto a insuficiencia de datos fue la estación Corregidora que estuvo fuera de línea un amplio período del año 2012 y por tal motivo no cumple con la cantidad de datos necesarios mínimos en ninguno de los parámetros (Tabla 2.3).

Tabla 2.3. Suficiencia de información por contaminante de las estaciones de monitoreo atmosférico, 2012.

Contaminante	Bomberos	Corregidora	El Marqués	Epigmenio González	Félix Osores
Ozono horario	62 %	15 %	58 %	85 %	51 %
Ozono 8 horas	54 %	15 %	58 %	85 %	51 %

¹² SEDESU, Sistema de Monitoreo Atmosférico, 2013.

Contaminante	Bomberos	Corregidora	El Marqués	Epigmenio González	Félix Osores
Monóxido de carbono 8 horas	39 %	7 %	50 %	72 %	47 %
Dióxido de azufre horario	58 %	1 %	55 %	92 %	40 %
Dióxido de nitrógeno horario	61 %	4 %	45 %	52 %	3 %
Trimestres que cumplen con suficiencia de datos de PST	1	0	2	4	2

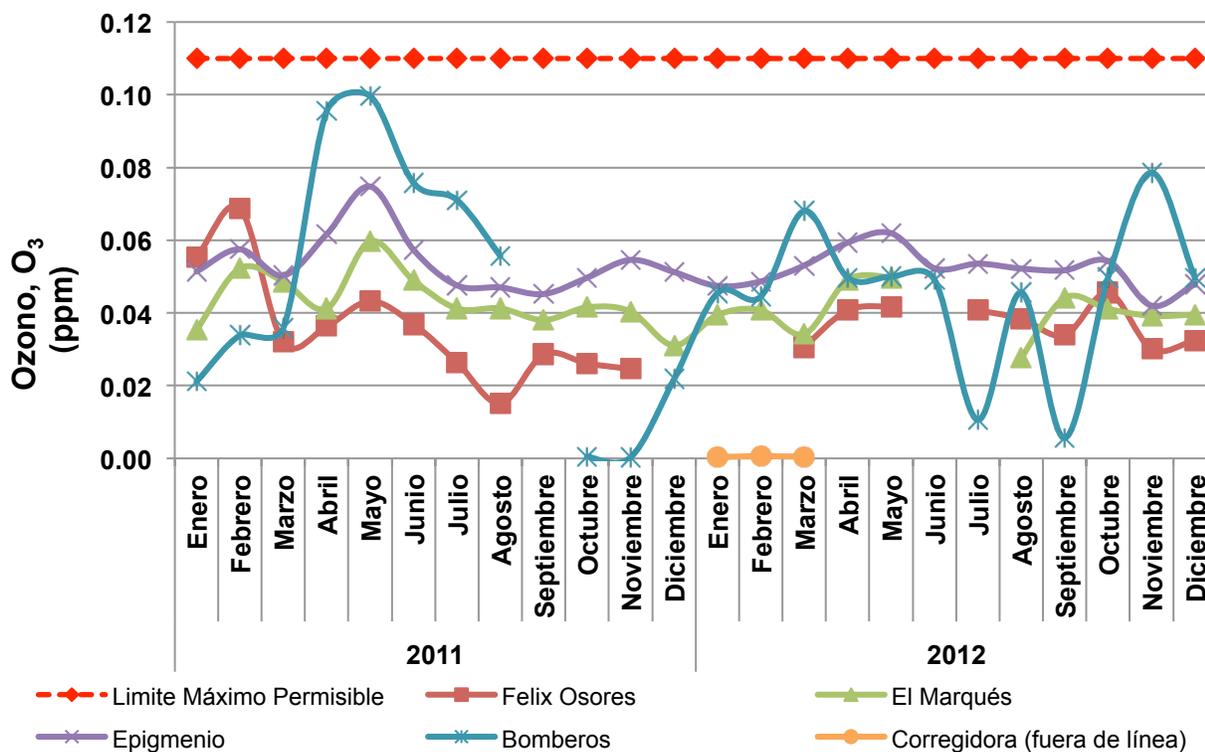
Fuente: SEDESU, 2013.

Si bien es cierto que los elementos citados anteriormente son problemas que afectan la consolidación de un Sistema de Monitoreo Atmosférico, y que por tal motivo a la fecha el Sistema de Monitoreo Automático de Querétaro (SIMAQ) no reporta al Sistema Nacional de Información de la Calidad del Aire (SINAICA), la implementación de las cinco estaciones Figura 2.3 Ubicación de las estaciones de monitoreo automáticas ha permitido que se cuente con información para emitir un diagnóstico de la calidad del aire.

Ozono, O₃

Para los años 2011 y 2012 los valores máximos mensuales horarios se reportaron en la estación Bomberos durante los meses de abril y mayo de 2011, en donde se registraron 0.095 ppm y 0.100 ppm, respectivamente (Gráfica 2.1) mientras que la estación Epigmenio González en general reportó las mayores concentraciones a lo largo del periodo de medición. Cabe mencionar que para el año 2012 esta última estación fue la única que cumplió con el criterio de datos validados superior al 75 por ciento (Tabla 2.4).

Gráfica 2.1. Máximos mensuales horarios de concentración de O₃, 2011-2012.



Fuente: SEDESU, 2013.

Tabla 2.4. Información anual horaria del ozono por estación, 2012.

Estaciones / Indicadores	Bomberos	Corregidora	El Marqués	Epigmenio González	Félix Osos
Suficiencia de datos	62 %	15 %	58 %	85 %	51 %
Máximos (ppm)	0.09	0.007	49.7	61.9	45.6
Cumple con la NOM	SI	SI	SI	SI	SI

Fuente: SEDESU, 2013.

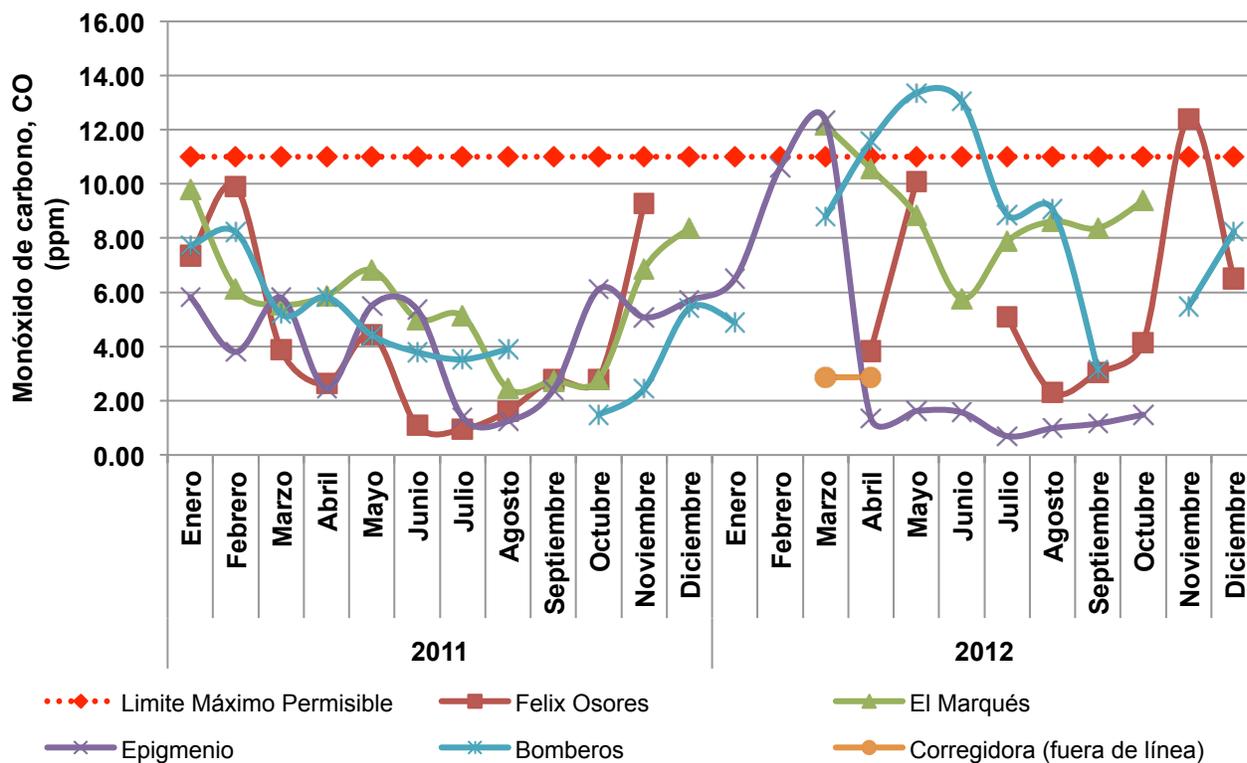
Durante estos dos años las concentraciones de ozono han cumplido con la norma.

Monóxido de carbono, CO

Las estaciones que reportaron los mayores promedios de 8 horas fueron Félix Osos y Bomberos con 27 ppm y 13 ppm, respectivamente. Las mayores concentraciones se registraron en el primer trimestre de los años 2011 y 2012 (Gráfica 2.2) y que son atribuidas al aumento de la quema de carbón y leña que se utilizan para la calefacción de hogares en la época invernal.

Durante el 2011 no se detectaron valores por encima de la norma, mientras que en el año 2012 en la mayoría de las estaciones se reportaron valores por encima del límite máximo permisible. En este mismo año, ninguna estación contó con la suficiencia de datos para este contaminante (Tabla 2.5).

Gráfica 2.2 Concentraciones máximas de promedio móvil de 8 horas de CO, 2011-2012.



Fuente: SEDESU, 2013.

Tabla 2.5. Información anual promedio 8 horas del monóxido de carbono por estación, 2012.

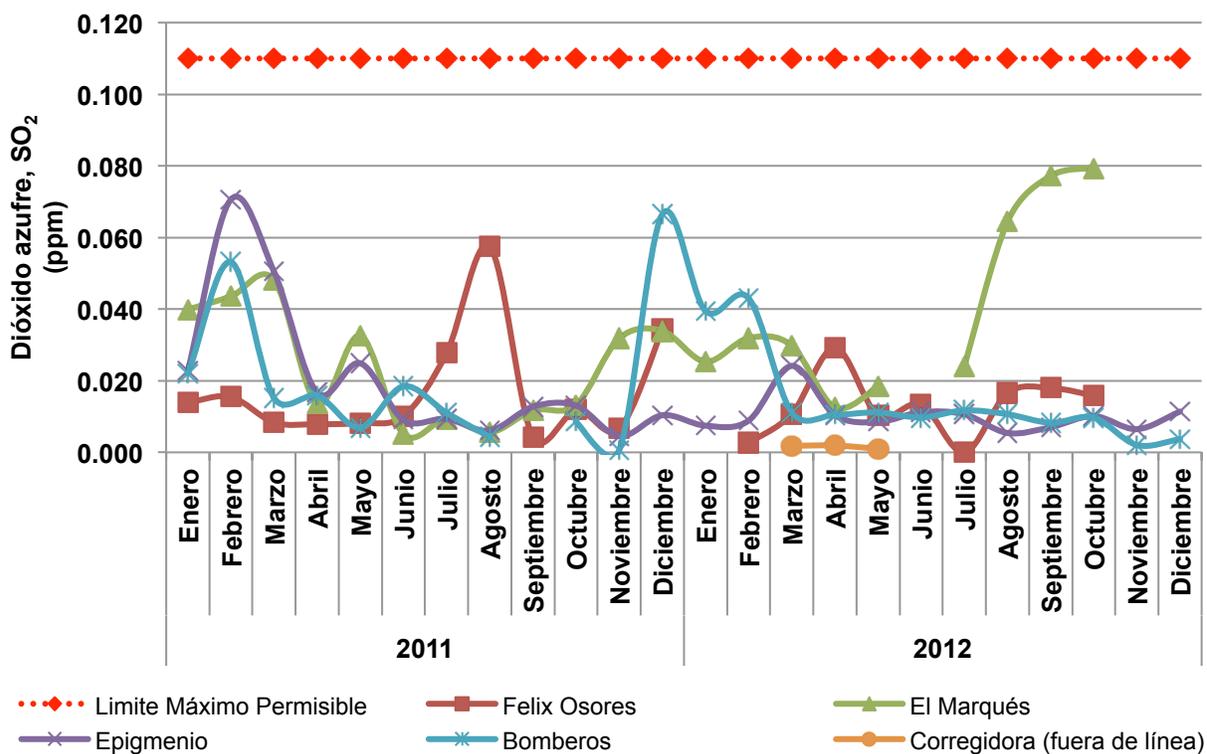
Estaciones / Indicadores	Bomberos	Corregidora	El Marqués	Epigmenio González	Félix Osoros
Suficiencia de datos	39 %	7 %	50 %	72 %	47 %
Máximos (ppm)	13	3	12	12	12
Cumple con la NOM	NO	SI	NO	NO	NO

Fuente: SEDESU, 2013.

Dióxido de azufre (SO₂)

Las concentraciones para este contaminante están por debajo de la norma correspondiente, que es de 0.110 ppm para un promedio de 24 horas (Gráfica 2.3). La estación que reportó los valores más altos fue la de El Marqués (0.080 ppm) en octubre del 2012. La única estación que cumplió con la suficiencia de información fue Epigmenio González con un 92 por ciento (Tabla 2.6).

Gráfica 2.3 Máximos mensuales de concentración promedio 24h de SO₂, 2011-2012.



Fuente: SEDESU, 2013.

Tabla 2.6. Información anual promedio 24 horas del dióxido de azufre por estación, 2012.

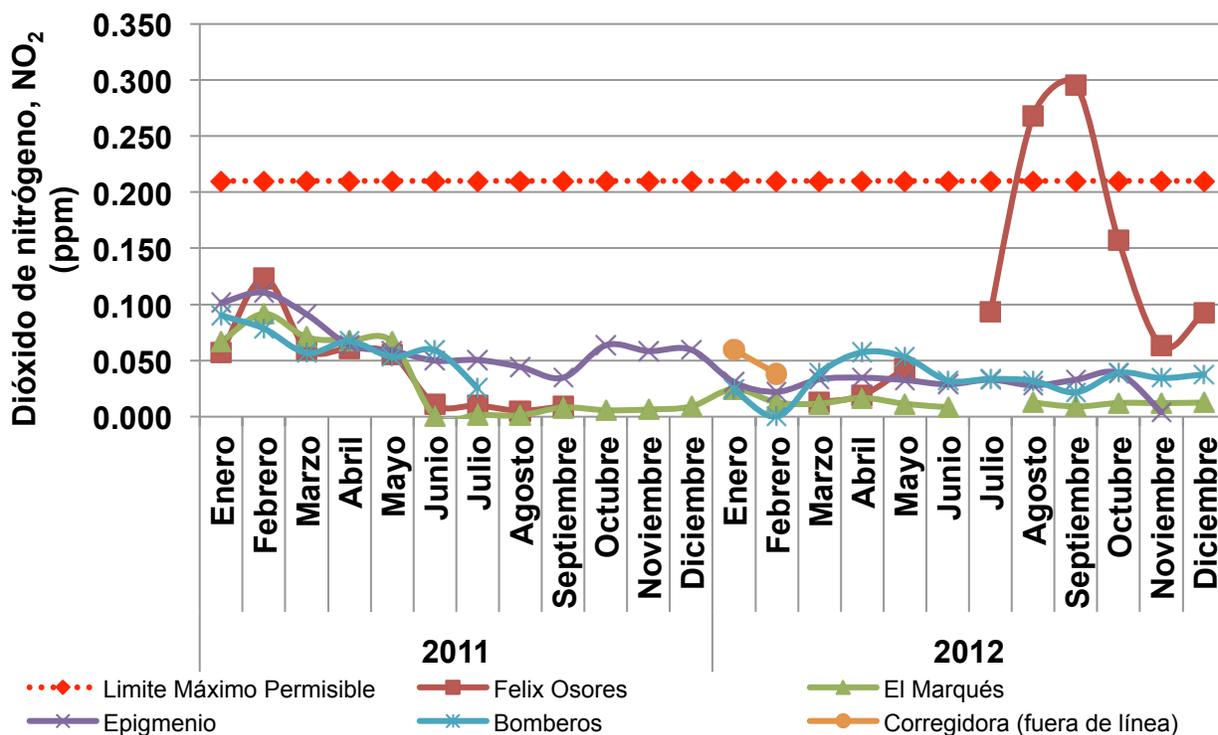
Estaciones / Indicadores	Bomberos	Corregidora	El Marqués	Epigmenio González	Félix Osores
Suficiencia de datos	58 %	1 %	55 %	92 %	40 %
Máximos (ppm)	0.043	0.002	0.079	0.024	0.029
Cumple con la NOM	SI	SI	SI	SI	SI

Fuente: SEDESU, 2013.

Dióxido de nitrógeno (NO₂)

Los niveles de NO₂ estuvieron por debajo de los límites de la norma de 0.210 ppm a excepción de los meses de agosto y septiembre del 2012 en la estación Félix Osores (Gráfica 2.4), en donde se presentaron valores de 0.268 ppm y 0.295 ppm, respectivamente. Para este parámetro ninguna estación cumplió con el límite mínimo de suficiencia de datos (Tabla 2.7).

Gráfica 2.4 Máximos mensuales de concentración horaria de NO₂, 2011-2012.



Fuente: SEDESU, 2013.

Tabla 2.7. Monitoreo de dióxido de nitrógeno por estación para el año 2012.

Estaciones / Indicadores	Bomberos	Corregidora	El Marqués	Epigmenio González	Félix Osoreos
Suficiencia de datos	61 %	4 %	45 %	52 %	3 %
Máximos (ppm)	0.057	0.059	0.024	0.038	0.295
Cumple con la NOM	SI	SI	SI	SI	NO

Fuente: SEDESU, 2013.

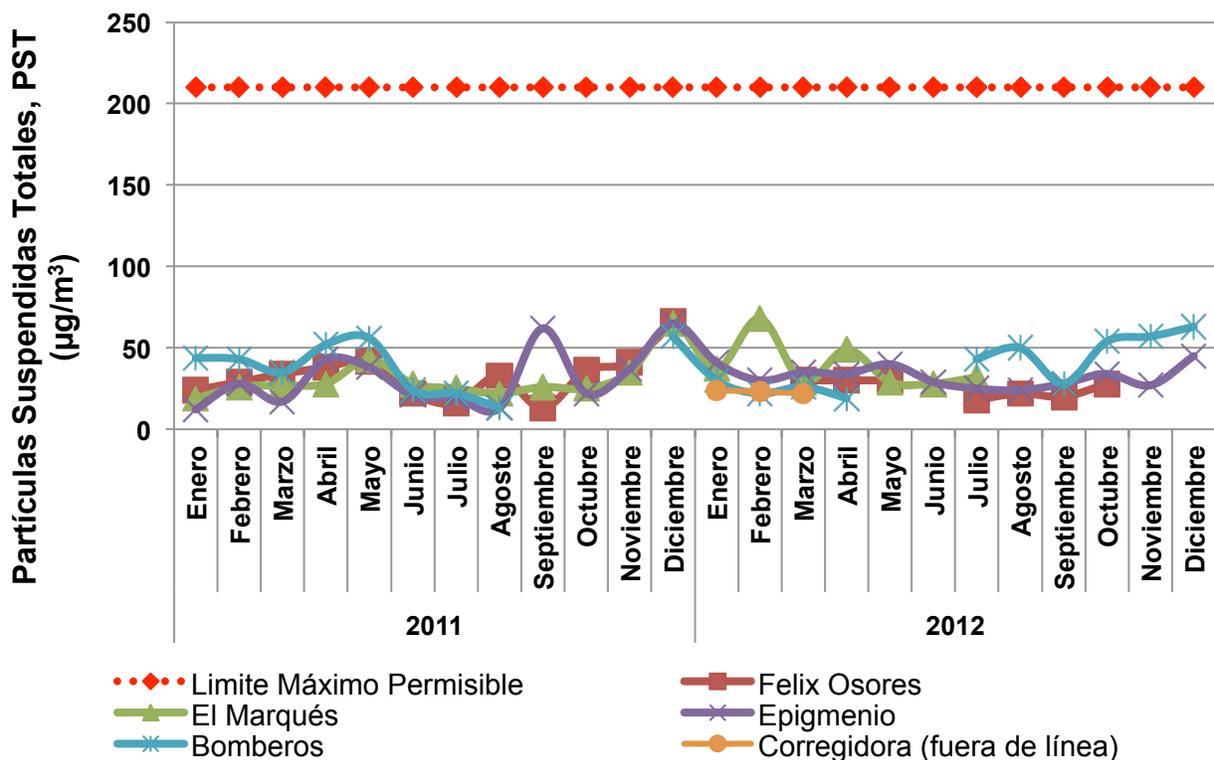
Partículas suspendidas totales

En los años 2011 y 2012, los valores reportados no superaron el valor de la norma; la concentración más elevada del promedio de 24 horas fue de 68 µg/m³ (Gráfica 2.5).

Al igual que el CO, la concentración de partículas suspendidas totales presenta las concentraciones máximas durante la época invernal.

Cabe destacar que la estación Epigmenio González fue la única que contó con la suficiencia de datos durante el año 2012 (Tabla 2.8).

Gráfica 2.5 Máximos mensuales promedio 24 horas en concentración de PST, 2011-2012.



Fuente: SEDESU, 2013.

Tabla 2.8. Información anual promedio 24 horas del Partículas suspensas totales por estación, 2012.

Estaciones / Indicadores	Bomberos	Corregidora	El Marqués	Epigmenio González	Félix Osos
Trimestres que cumplen con suficiencia de datos	1	-	3 y 4	1, 2, 3 y 4	1 y 2
Máximos(µg/m³)	63	24	68	45	30
Cumple con la NOM	SI	SI	SI	SI	SI

Fuente: SEDESU, 2013.

2.4. Valores máximos por contaminante

La SEDESU genera información de manera semanal de las estaciones automáticas de monitoreo atmosférico.

En la Tabla 2. se presentan los valores máximos de los años 2011 y 2012, de acuerdo con la información disponible en las estaciones de monitoreo.

Tabla 2.9. Valores máximos alcanzados en las estaciones de monitoreo, 2011-2012.

Contaminante atmosférico	Límite máximo permisible	Valores Máximos		Cumple	
		2011	2012	2011	2012
Monóxido de carbono CO	11 ppm Promedio de 8 h	9.8 ppm	13 ppm	SI	NO
Dióxido de nitrógeno NO ₂	0.21 ppm Promedio horario anual	0.12 ppm	0.29 ppm	SI	NO
Ozono O ₃	0.110 ppm Promedio horario anual	0.100 ppm	0.079 ppm	SI	SI
	0.080 ppm Quinto máximo anual	0.072 ppm	0.056 ppm	SI	SI
Dióxido de azufre SO ₂	0.110 ppm Promedio 24 horas	0.067 ppm	0.079 ppm	SI	SI
	0.25 ppm Promedio anual	0.004 ppm	0.030 ppm	SI	NO
Partículas suspendidas totales PST	210 µg/m ³ Percentil 98 Promedio 24 h	39 µg/m ³	68 µg/m ³	SI	SI

Fuente: SEDESU, 2013.

Uno de los principales problemas del sistema de monitoreo es la insuficiencia de datos.

Para el año 2011 no se registraron valores fuera de norma para ninguno de los contaminantes criterio, mientras que en el año 2012 se presentaron 14 días por encima de la norma de CO y 7 días para el caso del NO₂.

A pesar del incremento en las concentraciones de los contaminantes, en términos generales en la ZMQ no se exceden los valores de la norma de salud ambiental.

Capítulo 3
Inventario de emisiones

3. Inventario de emisiones

3.1. Descripción general del inventario

El inventario de emisiones (IE) es una herramienta esencial para la gestión de la calidad del aire a través de la cual se identifican, para un determinado año base, las principales fuentes de emisión, el tipo de contaminantes que generan, el orden de magnitud de las emisiones, entre otros. Por tanto, un IE es un instrumento básico para establecer políticas y estrategias de control y reducción de las emisiones contaminantes.

Para fines del presente ProAire se relaciona a las emisiones totales del estado de Querétaro con las que hay en la zona de estudio, y de esta forma se enfocarán los resultados para definir las acciones críticas.

3.2. Inventario de Emisiones del Estado de Querétaro

En esta sección se presenta el inventario estatal año base 2008, en el que se toma en cuenta a los 18 municipios (Tabla 3.1), cuyas características se describen a continuación:

Tabla 3.1 Características del Inventario de Emisiones de la ZM de Querétaro-San Juan del Río.

Característica	Descripción
Año base	2008
Cobertura geográfica	estado de Querétaro
Resolución espacial y temporal	Municipal - Anual
Contaminantes incluidos	Los siguientes contaminantes criterio y precursores: PM ₁₀ , PM _{2.5} , NO _x , SO ₂ , CO, COV, NH ₃ .
Categorías incluidas	Fuentes fijas. Fuentes móviles. Fuentes de área. Fuentes naturales.

3.3. Descripción de las categorías de fuentes de emisión

Fuentes fijas

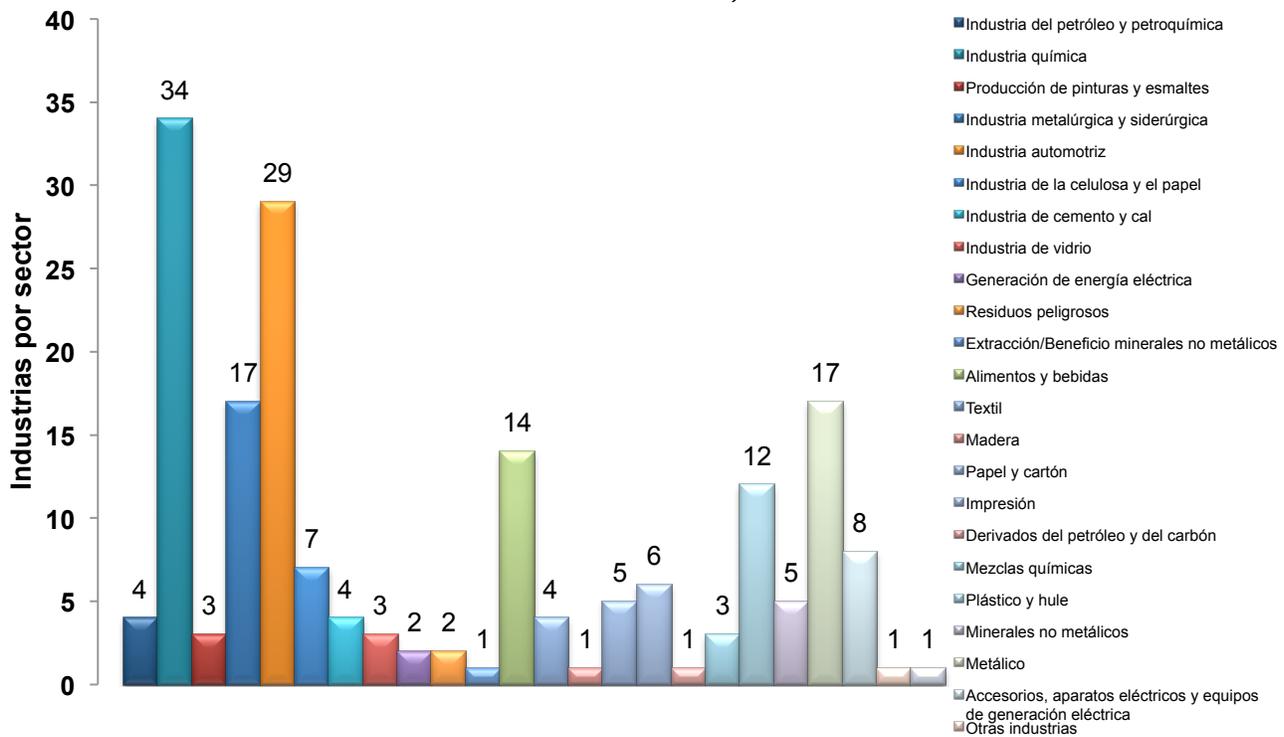
Las fuentes fijas son todas aquellas emisiones que generan las industrias tanto de proceso como de combustión y son conducidas por chimeneas o respiraderos. Este tipo de fuentes se dividen, de acuerdo a su jurisdicción, en estatales y federales.

Las fuentes fijas de jurisdicción federal incluyen establecimientos industriales de once sectores, más aquellos que se encuentran en zonas federales (independientemente del sector al que

pertenezcan), mientras que las fuentes fijas de jurisdicción estatal son aquellas industrias que no pertenecen a ninguno de los once sectores federales y que tampoco se localizan en una zona federal.

El IE del estado de Querétaro contiene la estimación de 184 fuentes fijas en materia de emisiones a la atmósfera, las cuales fueron desagregadas en 24 sectores industriales (Gráfica 3.1) tanto de jurisdicción federal como estatal y usa como información base la de las Cédulas de Operación Anual (COA) disponibles, tanto de la Dirección General de Gestión de la Calidad del Aire y Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (DGGCARETC) de la SEMARNAT como la información recabada por el Gobierno del Estado de Querétaro, a través de la SEDESU.

Gráfica 3.1 Clasificación de las 184 fuentes fijas divididas en 24 sectores.



Fuente: DGGCARETC de la SEMARNAT con datos del inventario de emisiones 2008.

Fuentes de área

Las fuentes de área se refieren a una serie de fuentes pequeñas, numerosas y dispersas, que no pueden ser incluidas de manera eficiente en un inventario de fuentes fijas pero que en conjunto pueden afectar la calidad del aire en una región, como ejemplo de estas fuentes se tienen: el uso de madera para cocinar y calentar la casa, imprentas, estaciones de servicio, tintorerías, etc.

Para este inventario se incluyen los establecimientos comerciales y de servicios de diferentes giros, los cuales fueron concentrados en 28 sub-categorías.

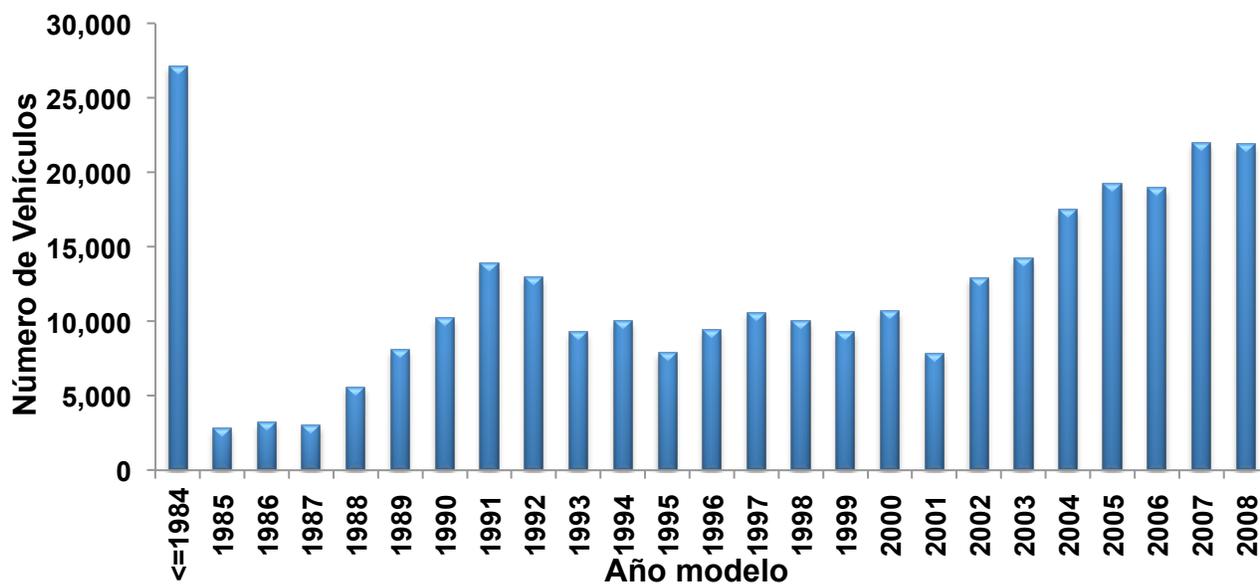
Fuentes móviles

Las fuentes móviles incluyen a las diversas formas de transporte tanto “móviles carreteras” como “móviles no carreteras”. La evaluación del sector transporte se realizó a partir de la aplicación del modelo MOBILE 6.2 modificado, el cual es utilizado para estimar las emisiones de vehículos automotores. Las fuentes móviles se dividen en 15 sub-categorías de vehículos (tanto de uso privado como para transporte público de pasajeros y de carga), incluidas las correspondientes a los sistemas ferroviario y de aviación.

La principal fuente de contaminación del aire en este rubro es el automóvil ya que produce grandes cantidades de monóxido de carbono (CO) y cantidades menores de óxidos de nitrógeno (NOx) y compuestos orgánicos volátiles (COV).

El estado cuenta con 298 611 unidades de las cuales 27124 (9 por ciento del parque vehicular) son del año 1984 o anteriores (Gráfica 3.2), y afectan en mayor proporción la calidad del aire al ser menos eficientes y quemar mayor cantidad de combustible.

Gráfica 3.2 Número de vehículos en el estado de Querétaro por año modelo.



Fuente: DGGCARETC de la SEMARNAT con datos del inventario de emisiones 2008.

Fuentes naturales

Las fuentes naturales son aquellas que emiten contaminantes atmosféricos que no provienen directamente de actividades humanas. Entre éstas se incluyen las emisiones provenientes de la

vegetación y suelos. Su estimación se llevó a cabo a partir de la aplicación del modelo GLOBEIS (Sistema Global de Emisiones e Interacciones de la Biosfera, por sus siglas en inglés), a través del cual se estiman las emisiones biogénicas de COV y las emisiones edáficas de NOx.

3.4. Inventario de emisiones estatal

En esta sección se presentan las emisiones totales del Estado por tipo de fuente (Tabla 3.2), así como de las distintas sub-categorías que las conforman (Tabla 3.3), lo cual permite conocer el origen de las emisiones y hacia dónde deben orientarse las acciones para reducirlas.

Tabla 3.2. Inventario de emisiones de Querétaro, año base 2008.

Tipo de Fuente	Toneladas emitidas						
	PM ₁₀	PM _{2.5}	NO _x	SO ₂	CO	COV	NH ₃
Área	4 797	3 598	5 350	236	25 825	43 523	14 745
Fijas	1 510	1 153	6 916	4 444	2 379	5 930	92
Móviles	361	292	13 635	483	99 498	9 818	339
Naturales			8 949			23 478	
Total General	6 668	5 045	34 851	5 163	127 701	82 748	15176

Fuente: DGGCARETC de la SEMARNAT con datos del inventario de emisiones 2008.

Tabla 3.3. Inventario de Emisiones de Querétaro, año base 2008 (valores en toneladas de contaminante).

SUBSECTOR	PM ₁₀	PM _{2.5}	NO _x	SO ₂	CO	COV	NH ₃
FUENTES DE ÁREA							
Combustión industrial	2.5	2.3	79.1	0	13.8	1.3	0.2
Combustión comercial	2.9	2.9	91.6	0	17.4	1.7	<0.1
Combustión agrícola	170.2	170.2	2419.5	158.9	520.7	0.8	0
Combustión doméstica	2 828	2 728.5	2 576.5	42.8	21 180.4	17 765.1	9.6
Artes gráficas	0	0	0	0	0	2 433.7	0
Asfaltado	0	0	0	0	0	130.1	0
Lavado en seco	0	0	0	0	0	261.7	0
Pintado automotriz	0	0	0	0	0	302.5	0
Pintura para señalización vial	0	0	0	0	0	21.7	0
Recubrimiento de superficies en la industria	0	0	0	0	0	1 243.9	0
Recubrimiento de superficies arquitectónicas	0	0	0	0	0	3 625.1	0
Uso comercial y doméstico de solventes	0	0	0	0	0	5350.7	0
Limpieza de superficies industriales	0	0	0	0	0	4 287.6	0
Manejo y distribución de gas LP	0	0	0	0	0	4 323.2	0

Manejo y distribución de gasolina y diesel	0	0	0	0	0	1 284.5	0
Asados al carbón	135.1	107.8	5	0	269	17.4	0
Panificación	0	0	0	0	0	64.2	0
Aplicación de fertilizantes	0	0	0	0	0	0	1668.2
Aplicación de plaguicidas	0	0	0	0	0	67.4	0
Emisiones ganaderas de amoniaco	0	0	0	0	0	0	10 568.8
Corrales de engorda	114.7	13.1	0	0	0	0	0
Labranza	1 172.4	259.9	0	0	0	0	0
Aguas residuales	0	0	0	0	0	2 070	0
Incendios en construcciones	0.4	0.4	0.1	0	6.2	0.4	0
Incendios forestales	370.6	314.5	109.5	34	3 678.1	256.8	36.9
Emisiones domésticas de amoniaco	0	0	0	0	0	0	2 460.8
Esterilización de material hospitalario	0	0	0	0	0	0.4	0
Terminales de autobuses	0.1	<0.1	69.1	0.5	139.1	12.6	<0.1
TOTAL FUENTES DE ÁREA	4 797	3 600	5 350	236	25 825	43 523	14 745
FUENTES FIJAS	PM₁₀	PM_{2.5}	NO_x	SO₂	CO	COV	NH₃
Accesorios, aparatos eléctricos y equipos de generación eléctrica	5	3.7	4.7	<0.1	3.9	522	0.1
Alimentos y bebidas	19	9	91	309.1	42.9	5.3	1.8
Derivados del petróleo y del carbón	<0.1	<0.1	0.3	0.1	0.1	4.2	0
Extracción/Beneficio minerales no metálicos	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Generación de energía eléctrica	401.8	398.6	4391.3	5.5	1 036.1	164.3	56.4
Impresión	3.2	2.3	0.6	<0.1	0.1	63.4	0
Industria automotriz	132.7	76.5	50.1	0.4	40.8	961.9	1.6
Industria de cemento y cal	70.4	31.4	85.8	1 287.5	6.7	0.6	0.2
Industria de la celulosa y el papel	132.9	97	309.3	1 444.7	160.6	412.4	7.6
Industria de vidrio	143.5	138.7	1 351.9	402	653.5	11	6.4
Industria del petróleo y petroquímica	0.5	0.5	6.8	<0.1	5.5	862.1	0.2
Industria metalúrgica y siderúrgica	115.8	61.8	175	1.5	146.5	909.1	5.6
Industria química	114.4	89.5	234.1	864.1	124.4	386.4	5.8
Madera	<0.1	<0.1	0.1	<0.1	<0.1	10.8	0
Manejo de desechos y remediación	4.1	2.7	6.8	74	0.6	0	0.1
Metálico	19.9	17.9	18.5	1	7.5	908.4	0.2

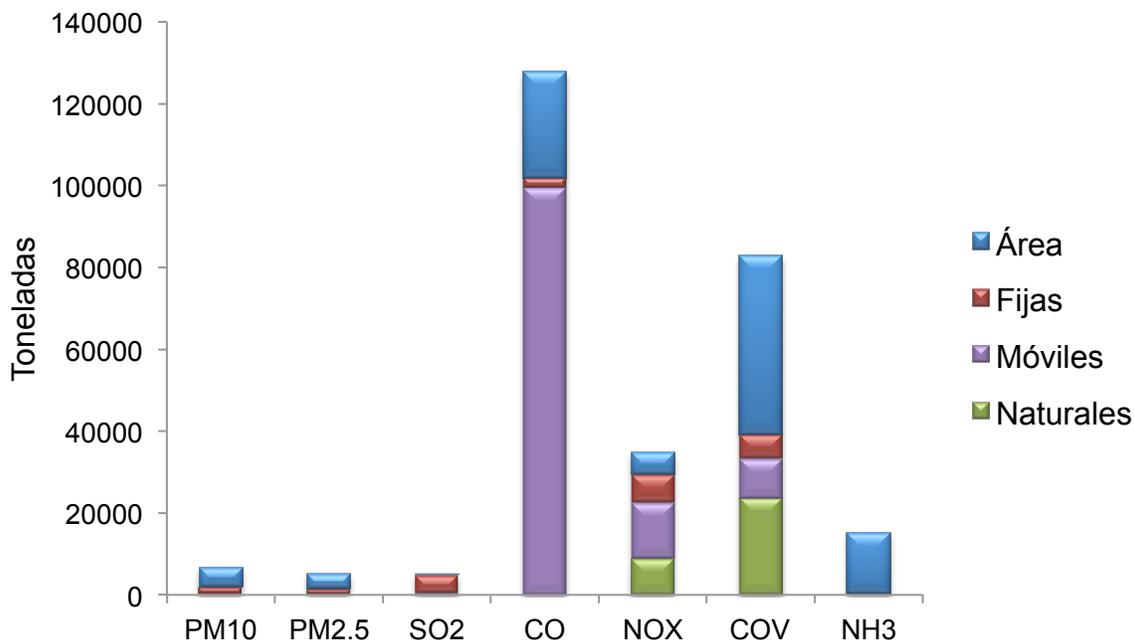
Mezclas químicas	0.1	0.1	2	<0.1	0.5	<0.1	<0.1
Minerales no metálicos	289.6	177.5	64.4	0.4	54.1	664.1	2.1
Otras industrias	<0.1	<0.1	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
Papel y cartón	18.6	14.4	7.1	52.8	0.8	6.7	<0.1
Plástico y hule	22.4	18.2	3.9	<0.1	1.1	19.4	<0.1
Producción de pinturas y esmaltes	0.8	0.3	0.1	<0.1	0	8.6	<0.1
Residuos peligrosos	0	0	0.3	<0.1	0.2	0	<0.1
Textil	15	13.1	111.7	0.7	92.8	9	3.5
TOTAL FUENTES FIJAS	1 509.7	1 153.2	6916	4 443.5	2 378.6	5 929.5	91.9
FUENTES MÓVILES	PM₁₀	PM_{2.5}	NO_x	SO₂	CO	COV	NH₃
Autobuses de transporte urbano	13	11	1 097	44	1965	182	2
Autos particulares	45	20	3 090	123	4 0013	3336	185
Aviación	1.9	1.9	80.5	9.9	124.4	31.7	0
Camionetas de transporte público de pasajeros	0	0	36	1	336	27	2
Equipo básico en aeropuertos	0.7	0.7	15	1.3	120.6	4.3	0
Locomotoras de arrastre	20.8	18.7	837.2	7.5	82.5	31	0
Locomotoras de patio	1.9	1.7	76.3	0.5	8	4.4	0
Maquinaria de uso agropecuario	147.3	142.8	828.5	11	584.9	139.5	0.1
Maquinaria para construcción	47.4	45.9	421.1	5.6	207.5	42.5	0.1
Motocicletas	8	4	106	7	7478	1 858	2
Pick-up	25	12	1 903	84	3 7976	3072	88
Taxis	2	1	167	5	1 335	93	8
Tractocamiones	21	13	3 233	103	3 316	426	6
Vehículos privados y comerciales con peso < 3 toneladas (incluye SUV)	10	5	573	40	4 653	358	43
Vehículos privados y comerciales con peso > 3 toneladas	17	14	1 171	40	1 298	212	3
TOTAL FUENTES MÓVILES	360.9	291.8	13 634.7	482.8	99 498	9 817.5	339.2
FUENTES NATURALES	PM₁₀	PM_{2.5}	NO_x	SO₂	CO	COV	NH₃
Biogénicas			8 949.40			23 478.00	
TOTAL FUENTES NATURALES			8 949.40			23 478.00	
TOTALES ESTATALES	6 668	5 045	34 851	5 163	127 701	82 748	15 176

Fuente: Inventario de Emisiones 2008, DGGCARETC de la SEMARNAT.

Municipios incluidos: Corregidora, Huimilpan, El Marqués, Pedro Escobedo, Querétaro, San Juan del Río y Tequisquiapan.

En el estado de Querétaro el contaminante que se emitió en mayor cantidad fue el CO con 127 701 toneladas de las emisiones totales, seguido por los COV con 82 747 (Gráfica 3.3).

Gráfica 3.3 Toneladas de contaminante emitido por tipo de fuente en el estado de Querétaro.



Fuente: DGGCARETC de la SEMARNAT con datos del inventario de emisiones 2008.

La principal fuente de emisión de CO son las fuentes móviles que aportan aproximadamente 100 mil toneladas de este contaminante, lo cual representa el 78 por ciento. Cabe mencionar, que el 30 por ciento de estas 100 mil toneladas son emitidas únicamente por los automóviles año modelo 1984 y anteriores.

El segundo contaminante más emitido en el estado son los COV con 82 748 toneladas y las fuentes de área contribuyen con el 52 por ciento de estas emisiones. Debido a la quema de gas natural y de leña, la combustión doméstica es la sub-categoría que contribuye con la mayor cantidad de este contaminante, el 21 por ciento (17 765 toneladas).

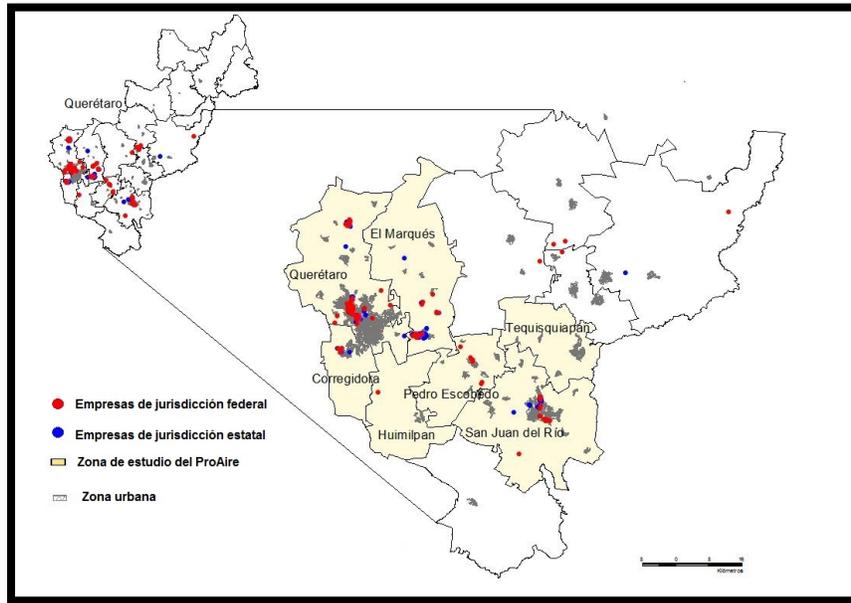
3.5. Inventario de Emisiones de la Zona Metropolitana de Querétaro-San Juan del Río

La estimación del inventario de emisiones de la zona de estudio permite identificar las acciones del ProAire necesarias para disminuir y controlar las emisiones atmosféricas de las fuentes críticas.

En este IE de la ZM de Querétaro-San Juan del Río, año base 2008, se tomaron en cuenta 7 municipios, que representan el 30 por ciento de la superficie estatal, y en donde se genera el 70 por ciento de las emisiones totales.

Uno de los principales problemas de la zona de estudio es la centralización de las actividades antropogénicas, al contar con 80 por ciento de la población estatal, 96 por ciento de las fuentes fijas del Estado (Figura 3.1) y 89 por ciento del parque vehicular.

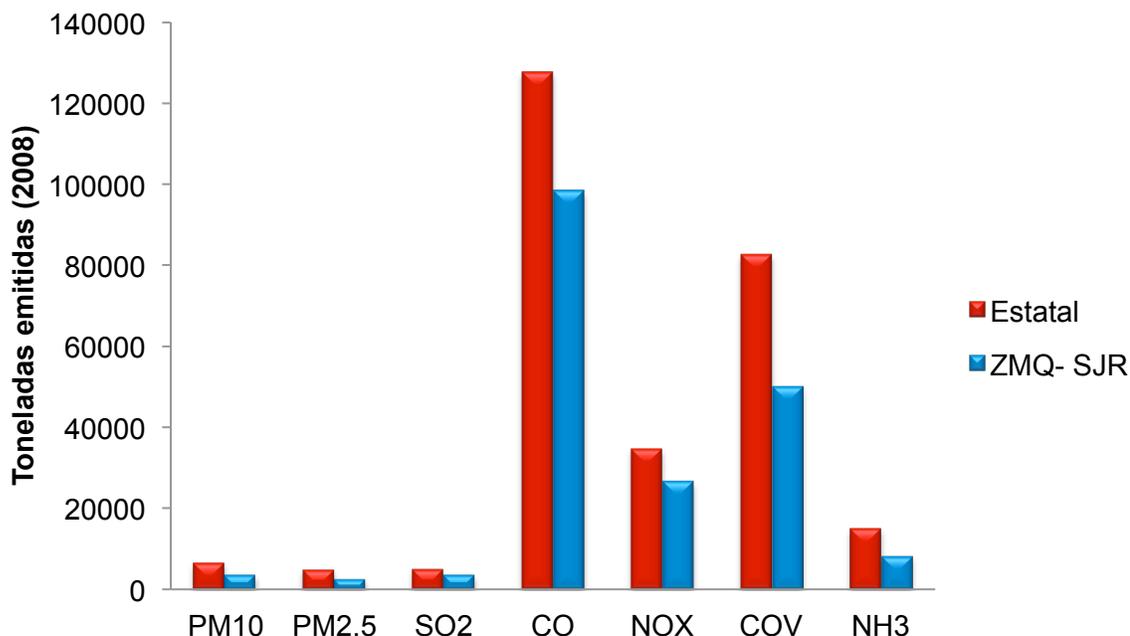
Figura 3.1. Distribución de las fuentes fijas en el estado de Querétaro con ampliación a la zona de estudio.



Fuente: Inventario de Emisiones 2008, DGGARETC de la SEMARNAT.

En la Gráfica 3.4, se muestra una comparación de la emisión total de contaminantes del Estado con respecto a la de la zona de estudio, en la que todos los contaminantes que se emiten en la zona aportan entre el 50 y el 70 por ciento de cada uno de los contaminantes con relación al total estatal.

Gráfica 3.4 Comparación de aportación de contaminante entre el Estado y la ZM de Querétaro – San Juan del Río.



Fuente: DGGCARETC de la SEMARNAT con datos del inventario de emisiones 2008.

El IE especifica las emisiones anuales estimadas de los contaminantes criterio y precursores por tipo de fuente (Tabla 3.4), también su respectiva contribución porcentual (Gráfica 3.5) así como las distintas sub-categorías que lo conforman (Tabla 3.5).

Tabla 3.4. Contribución por categoría del Inventario de emisiones de la ZM de Querétaro – San Juan del Río, año base 2008.

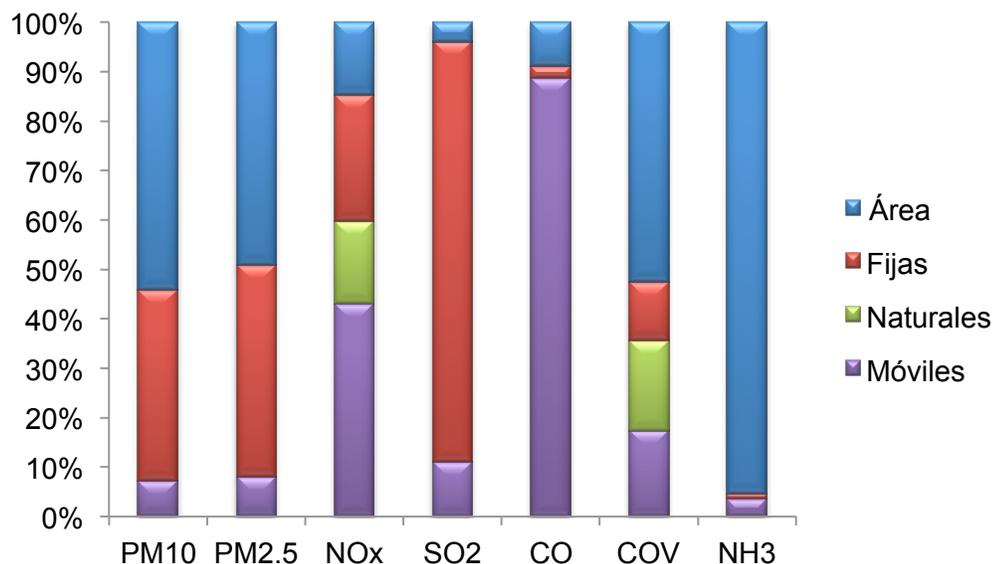
Tipo de Fuente	Toneladas						
	PM ₁₀	PM _{2.5}	NO _x	SO ₂	CO	COV	NH ₃
Área	2 016	1 291	3 927	146	8 721	26 321	7 946
Fijas	1 439	1 121	6 833	3 156	2 374	5 921	91
Naturales	0	0	4,460	0	0	9119	0
Móviles	272	212	11 520	411	87 120	8690	301
Total general	3 728	2 626	26 740	3 714	98 216	50 053	8 340

PM₁₀ PM_{2.5} SO₂ CO NO_x COV NH₃

Fuente: DGGCARETC, SEMARNAT, agosto de 2011.

Municipios incluidos: Corregidora, Huimilpan, El Marqués, Pedro Escobedo, Querétaro, San Juan del Río y Tequisquiapan.

Gráfica 3.5 Contribución porcentual por categoría, año base 2008.



Fuente: DGGCARETC de la SEMARNAT con datos del inventario de emisiones 2008.

Municipios incluidos: Corregidora, Huimilpan, El Marqués, Pedro Escobedo, Querétaro, San Juan del Río y Tequisquiapan.

Tabla 3.5. Inventario de Emisiones de la ZM de Querétaro-San Juan del Río por sub-sector, año base 2008 (Valores en Toneladas de contaminante).

SUBSECTOR	PM ₁₀	PM _{2.5}	NO _x	SO ₂	CO	COV	NH ₃
FUENTES DE ÁREA							
Combustión industrial	2.3	2.2	74.8	0.0	13.0	1.3	0.2
Combustión comercial	2.7	2.7	84.3	0.0	16.0	1.5	0.0
Combustión agrícola	118.4	118.4	1 684.3	110.6	362.4	0.6	0.0
Combustión doméstica	753.9	730.6	1 949.9	16.8	5 932.1	4 227.5	7.7
Artes gráficas	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2,408.2	0.0
Asfaltado	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	49.9	0.0
Lavado en seco	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	252.0	0.0
Pintado automotriz	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	277.1	0.0
Pintura para señalización vial	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.3	0.0
Recubrimiento de superficies en la industria	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1 215.6	0.0
Recubrimiento de superficies arquitectónicas	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2 903.1	0.0
Uso comercial y doméstico de solventes	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4 285.0	0.0
Limpieza de superficies industriales	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4 095.3	0.0
Manejo y distribución de gas LP	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3 537.5	0.0
Manejo y distribución de gasolina y diesel	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1 128.3	0.0

Asados al carbón	108.2	86.4	4.0	0.0	215.4	13.9	0.0
Panificación	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	55.3	0.0
Aplicación de fertilizantes	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1 017.8
Aplicación de plaguicidas	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	47.7	0.0
Emisiones ganaderas de amoníaco	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5257.0
Corrales de engorda	58.3	6.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Labranza	766.5	169.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Aguas residuales	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1 657.7	0.0
Incendios en construcciones	0.4	0.4	<0.1	0.0	6.2	0.4	0.0
Incendios forestales	205.2	174.1	60.5	18.8	2 036.9	142.2	20.4
Emisiones domésticas de amoníaco	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1 643.0
Esterilización de material hospitalario	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0
Terminales de autobuses	0.1	0.1	69.1	0.5	139.1	12.6	0.0
TOTAL FUENTES DE ÁREA	2 016	1 291	3 927	147	8 721	26 321	7 946
FUENTES FIJAS	PM₁₀	PM_{2.5}	NO_x	SO₂	CO	COV	NH₃
Industria del petróleo y petroquímica	0.5	0.5	6.8	0.0	5.5	862.1	0.2
Industria química	114.4	89.5	234.1	864.1	124.4	386.4	5.8
Producción de pinturas y esmaltes	0.6	0.3	0.0	0.0	0.0	8.6	0.0
Industria metalúrgica y siderúrgica	115.8	61.8	175.0	1.5	146.5	909.1	5.6
Industria automotriz	132.7	76.5	50.1	0.4	40.8	961.9	1.6
Industria de la celulosa y el papel	132.9	97.0	309.3	1 444.7	160.6	412.4	7.6
Industria de cemento y cal	0.2	0.2	3.2	0.0	2.7	0.2	0.1
Industria de vidrio	143.5	138.7	1 351.9	402.0	653.5	11.0	6.4
Generación de energía eléctrica	401.8	398.6	4391.3	5.5	1 036.1	164.3	56.4
Residuos peligrosos	0.0	0.0	0.3	0.0	0.2	0.0	0.0
Extracción/Beneficio minerales no metálicos	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Alimentos y bebidas	19.0	9.0	91.0	309.1	42.9	5.3	1.8
Textil	15.0	13.1	111.7	0.7	92.8	9.0	3.5
Madera	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	10.8	0.0
Papel y cartón	18.6	14.4	7.1	52.8	0.8	6.7	0.1
Impresión	3.2	2.3	0.6	0.0	0.1	63.4	0.0
Derivados del petróleo y del carbón	0.0	0.0	0.3	0.1	0.1	4.2	0.0
Mezclas químicas	0.1	0.1	2.0	0.0	0.5	0.0	0.0
Plástico y hule	22.4	18.2	3.9	0.0	1.1	11.2	0.0
Minerales no metálicos	289.6	177.5	64.4	0.4	54.1	664.1	2.1

Metálico	19.9	17.9	18.5	1.0	7.5	908.4	0.2
Accesorios, aparatos eléctricos y equipos de generación eléctrica	5.0	3.7	4.7	0.0	3.9	522.0	0.1
Otras industrias	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0
Manejo de desechos y remediación	4.1	2.7	6.8	74.0	0.6	0.0	0.1
TOTAL FUENTES FIJAS	1 439	1 122	6 833	3 156	2 375	5 921	92
FUENTES MÓVILES	PM₁₀	PM_{2.5}	NO_x	SO₂	CO	COV	NH₃
Autobuses de transporte urbano	12.6	10.7	1 059.1	42.2	1896.2	175.4	1.6
Autos particulares	41.8	18.7	2 883.3	115.1	37 341.6	3 113.3	172.7
Aviación	0.9	0.9	40.2	4.9	62.2	15.8	0.0
Camionetas de transporte público de pasajeros	0.4	0.2	35.5	1.4	328.9	25.9	1.6
Equipo básico en aeropuertos	0.3	0.3	7.5	0.7	60.3	2.2	0.0
Locomotoras de arrastre	19.4	17.4	782.8	7.0	77.2	29.0	0.0
Locomotoras de patio	1.8	1.6	71.4	0.5	7.5	4.1	0.0
Maquinaria de uso agropecuario	92.2	89.5	519.0	6.9	366.4	87.4	0.1
Maquinaria para construcción	33.1	32.1	293.9	3.9	144.8	29.7	0.0
Motocicletas	7.5	4.2	104.0	6.6	7 365.3	1 834.0	2.3
Pick-up	20.2	9.8	1 519.6	66.9	30 328.5	2 453.2	70.2
Taxis	1.8	0.8	160.3	4.9	1 279.1	89.1	7.4
Tractocamiones	17.1	10.8	2 585.0	82.3	2 651.8	340.5	4.4
Vehículos privados y comerciales con peso < 3 toneladas (incluye SUV)	9.5	4.2	519.2	35.8	4 167.1	320.8	39.5
Vehículos privados y comerciales con peso > 3 toneladas	13.9	11.1	939.4	32.2	1 043.7	170.3	2.1
TOTAL FUENTES MÓVILES	272	212	11 520	411	87 120	8 690	301
FUENTES NATURALES	PM₁₀	PM_{2.5}	NO_x	SO₂	CO	COV	NH₃
Biogénicas			4 460.0			9 119.9	
TOTAL FUENTES NATURALES			4 460			9 119	
TOTALES ZM Querétaro - San Juan del Río	3 728	2 626	26 740	3 714	98 216	50 053	8 340

Fuente: Inventario de Emisiones 2008, DGGCARETC de la SEMARNAT.

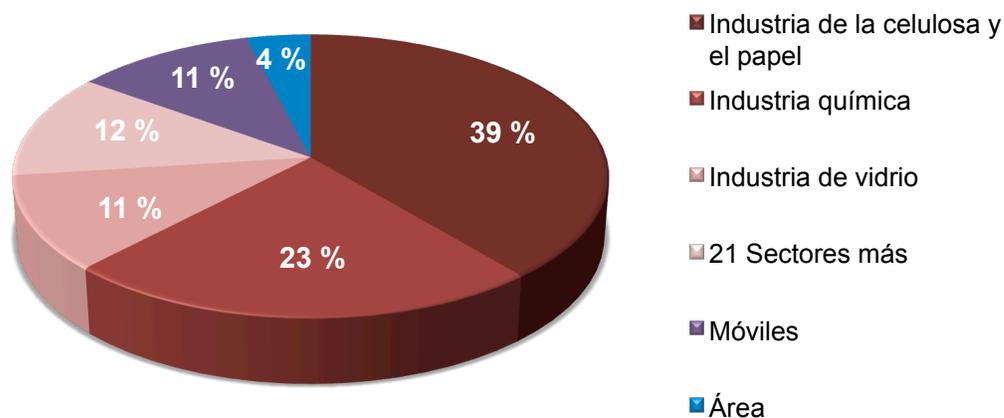
Municipios incluidos: Corregidora, Huimilpan, El Marqués, Pedro Escobedo, Querétaro, San Juan del Río y Tequisquiapan.

Al igual que en el estado, el principal contaminante en la zona de estudio es el CO con 98 216 toneladas, seguido por los COV con 50 052 toneladas.

Dióxido de azufre (SO₂)

De acuerdo al inventario de emisiones de la ZM de Querétaro-San Juan del Río, se emitieron 3 714 toneladas de dióxido de azufre, de éstas el 85 por ciento son generadas por las fuentes fijas (en donde destaca la industria de la celulosa y el papel), el 11 por ciento por las fuentes móviles y el 4 por ciento restante por las fuentes de área (Gráfica 3.6).

Gráfica 3.6. Porcentaje de SO₂ aportado por fuente y subcategoría en la ZM de Querétaro-San Juan del Río, año base 2008.

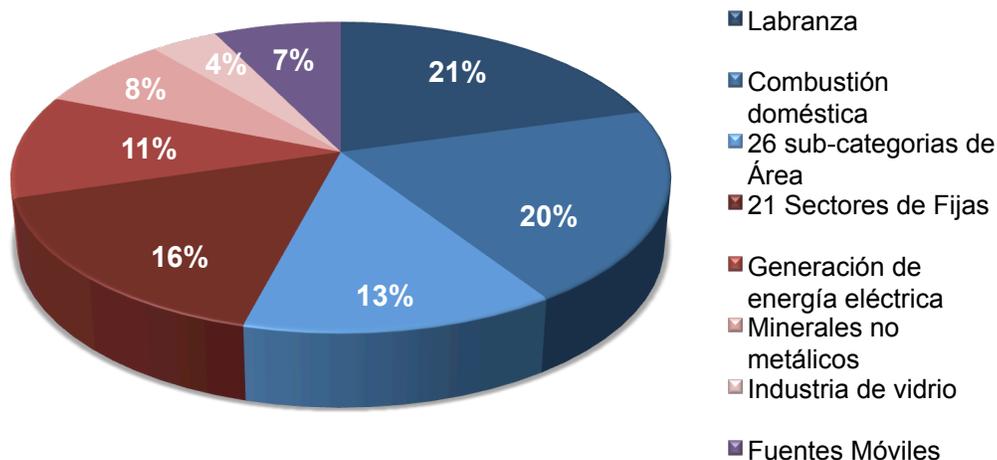


Fuente: DGGCARETC de la SEMARNAT con datos del Inventario de Emisiones 2008.

Partículas PM₁₀ y PM_{2.5}

En la zona de estudio se emiten 3 727 toneladas de PM₁₀; el 54 por ciento se genera por las fuentes de área, siendo la combustión doméstica y la labranza las sub-categorías de mayor aporte; por otra parte, el 39 por ciento de las emisiones de este contaminante se emite por las fuentes fijas en donde destacan los sectores de generación eléctrica, minerales no metálicos y la industria del vidrio. Finalmente, las fuentes móviles aportaron el 7 por ciento de las emisiones de PM₁₀ (Gráfica 3.7).

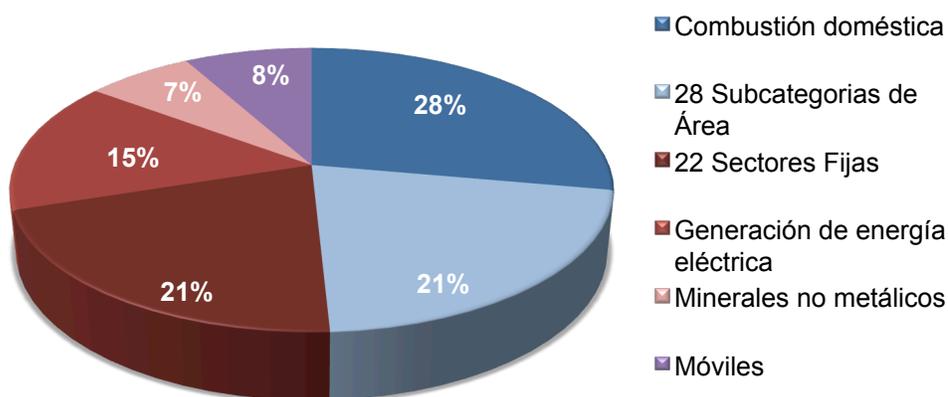
Gráfica 3.7. Porcentaje de aportación por fuente y subcategoría de PM₁₀ en la ZM de Querétaro-San Juan del Río, año base 2008.



Fuente: DGGCARETC de la SEMARNAT con datos del Inventario de Emisiones 2008.

En el caso de las PM_{2.5}, en la zona de estudio se emitió un total de 2 626 toneladas de las cuales el 49 por ciento son generadas por las fuentes de área, en donde la combustión doméstica fue la sub-categoría con mayor aporte. Por otra parte, las fuentes fijas contribuyeron con el 43 por ciento de las emisiones y en éstas los sectores de generación eléctrica, minerales no metálicos y la industria del vidrio fueron los principales aportadores. Por último, las fuentes móviles contribuyeron con el 8 por ciento del total de las emisiones (Gráfica 3.8).

Gráfica 3.8. Porcentaje de aportación por fuente y sub-categoría de PM_{2.5} en la ZM de Querétaro-San Juan del Río, año base 2008.



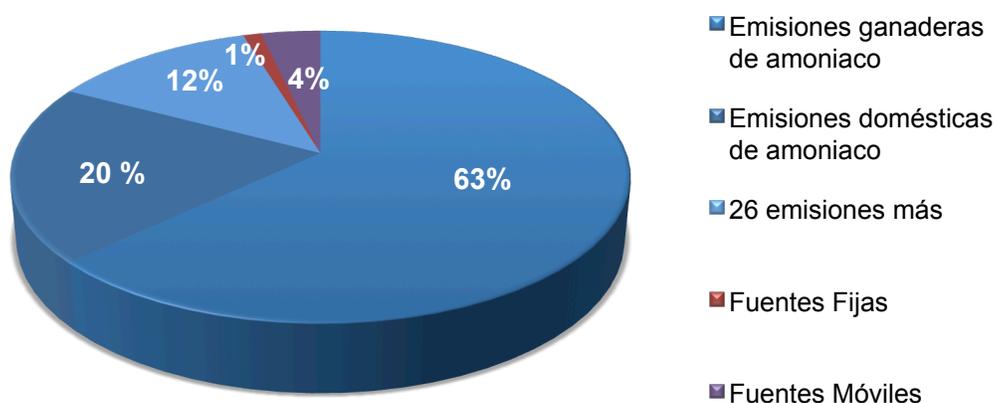
Fuente: DGGCARETC de la SEMARNAT con datos del Inventario de Emisiones 2008.

Amoniaco (NH₃)

De amoníaco se emitieron 8339 toneladas, 95 por ciento de éstas proviene de fuentes de área, el 4 por ciento de fuentes móviles, mientras que el 1 por ciento restante corresponde a fuentes fijas (Gráfica 3.9).

La sub-categoría de las fuentes de área que genera la mayor cantidad de emisiones es la de actividades ganaderas con 5 257 toneladas, seguida por las emisiones domésticas con 1 642 toneladas.

Gráfica 3.9. Porcentaje de aportación por fuente y subcategoría de NH₃ en la ZM de Querétaro-San Juan del Río, año base 2008.



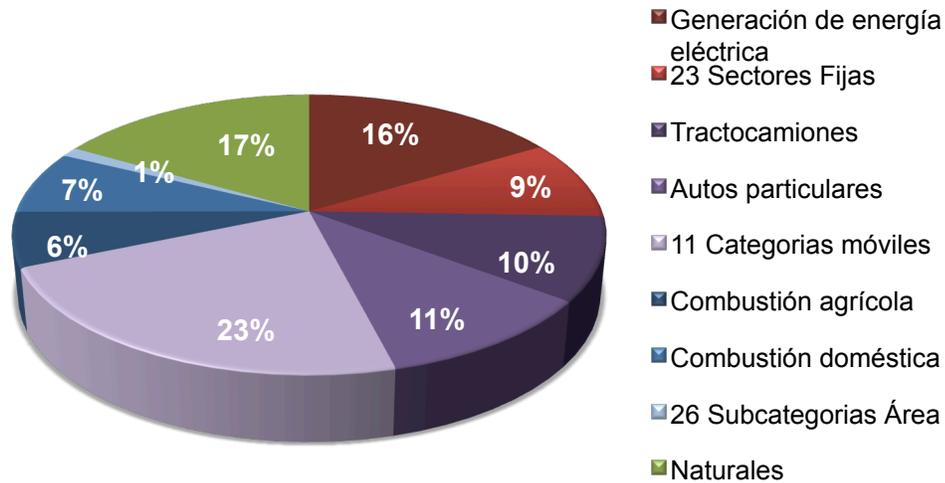
Fuente: DGGCARETC de la SEMARNAT con datos del Inventario de Emisiones 2008.

Óxidos de nitrógeno (NO_x)

De NO_x se emitieron 26 740 toneladas y el 43 por ciento de éstos proviene de fuentes móviles.

De los diferentes tipos de vehículos, los tractocamiones (40 76 unidades, 1.5 por ciento del parque de la zona) y los vehículos particulares (155 091 unidades, 58 por ciento del parque de la zona) son los que aportan mayor cantidad de NO_x con 10 y 11 por ciento, respectivamente (Gráfica 3.10).

Gráfica 3.10. Porcentaje de aportación por fuente y subcategoría de NOx en la ZM de Querétaro-San Juan del Río, año base 2008.



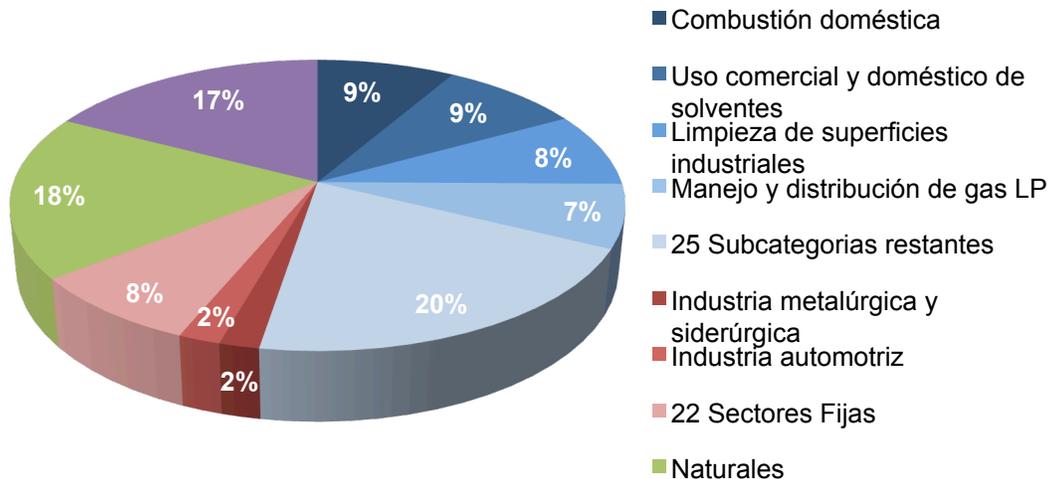
Fuente: DGGCARETC de la SEMARNAT con datos del Inventario de Emisiones 2008.

La segunda fuente en importancia de la zona son las fuentes fijas, las cuales aportan el 25 por ciento de las emisiones y de éstas el sector con mayor aporte es el de generación de energía eléctrica.

Compuestos Orgánicos Volátiles

Se emitió un total de 50 052 toneladas de Compuestos Orgánicos Volátiles (COV); el 52 por ciento de las fuentes de área, el 19 por ciento de las fuentes naturales, el 17 por ciento de las fuentes móviles y, finalmente, las fuentes fijas con 12 por ciento (Gráfica 3.11).

Gráfica 3.11. Porcentaje de aportación por fuente y subcategoría de COV en la ZM de Querétaro-San Juan del Río, año base 2008.



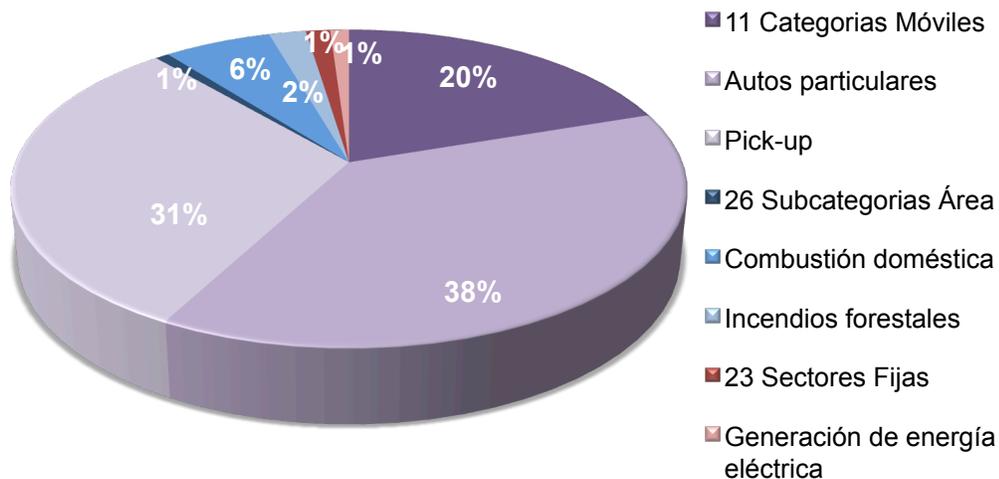
Fuente: DGGCARETC de la SEMARNAT con datos del Inventario de Emisiones 2008.

En este caso las actividades domésticas tienen una gran participación en la emisión de los COV, tal es el caso de la combustión y el uso de solventes en el hogar, las cuales generan alrededor del 20 por ciento de las emisiones debido principalmente al uso de leña.

Monóxido de Carbono (CO)

El CO fue el principal contaminante emitido en la zona de estudio, con un total de 127 701 toneladas, de las cuales el 88.7 por ciento proviene de las fuentes móviles (Gráfica 3.12).

Gráfica 3.12. Porcentaje de aportación por fuente y subcategoría de CO en la ZM de Querétaro-San Juan del Río, año base 2008.



Fuente: DGGCARETC de la SEMARNAT con datos del Inventario de Emisiones 2008.

Los vehículos con mayor aporte de contaminantes son los vehículos particulares (58 por ciento de los vehículos de la zona) y las pick-up (23 por ciento de los vehículos de la zona), los cuales contribuyen con el 38 y 31 por ciento de las emisiones totales, respectivamente.

Capítulo 4

Efectos en la salud de la población y el medio ambiente

4. Efectos en la salud de la población y el medio ambiente

La contaminación tanto en espacios interiores como al aire libre, constituye un grave problema de salud medioambiental que afecta a los países desarrollados y en desarrollo por igual. Las directrices sobre calidad del aire elaboradas por la Organización Mundial de la Salud (OMS)¹³ en 2005 están concebidas para ofrecer una orientación mundial a la hora de reducir las repercusiones sanitarias de la contaminación del aire. Las primeras directrices, publicadas en 1987¹⁴ y actualizadas en 1997¹⁵, se circunscribían al ámbito europeo. Las nuevas (2005), sin embargo, son aplicables a todo el mundo y se basan en una evaluación de pruebas científicas actuales llevada a cabo por expertos. En ellas se recomiendan nuevos límites de concentración de algunos contaminantes en el aire PM, O₃, NO₂ y SO₂ de aplicación en todas las regiones de la OMS.

Hallazgos fundamentales de las Directrices sobre Calidad del Aire de 2005:

- Existen graves riesgos para la salud derivados de la exposición a las PM y al O₃ en numerosas ciudades de los países desarrollados y en desarrollo. Es posible establecer una relación cuantitativa entre los niveles de contaminación y resultados concretos relativos a la salud como el aumento de la mortalidad o la morbilidad. Este dato resulta útil para comprender las mejoras que cabría esperar en materia de salud si se reduce la contaminación del aire.
- Los contaminantes atmosféricos, incluso en concentraciones relativamente bajas, se han relacionado con una serie de efectos adversos para la salud.
- La mala calidad del aire en espacios interiores puede suponer un riesgo para la salud de más de la mitad de la población mundial. En los hogares donde se emplea la combustión de biomasa y carbón para cocinar y calentarse los niveles de PM pueden ser entre 10 y 50 veces superiores a los recomendados en las directrices.
- Puede lograrse una considerable reducción de la exposición a la contaminación atmosférica si se reducen las concentraciones de varios de los contaminantes atmosféricos más comunes que se emiten durante la combustión de fósiles. Tales medidas reducirán también los GEI y contribuirán a mitigar el calentamiento global.

Además de los valores recomendados, las directrices proponen, en cuanto a la contaminación atmosférica al aire libre, unas metas provisionales para cada contaminante con el fin de fomentar la reducción gradual de las concentraciones. Si se alcanzaran estas metas, cabría esperar una considerable reducción del riesgo de efectos agudos y crónicos sobre la salud. En todo caso, el objetivo último debe consistir en avanzar hacia los valores fijados en las directrices.

¹³<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/es/index.html>. Actualizada a septiembre de 2011.

¹⁴Air quality guidelines for Europe. Copenhagen, World Health Organization Regional Office for Europe, 1987 (Who Regional Publications, European Series, No. 23).

¹⁵Air quality guidelines for Europe, 2nd ed. Copenhagen, World Health Organization Regional Office for Europe, 2000 (Who Regional Publications, European Series, No. 91).

4.1. Impactos en la salud pública

Se considera que el aire limpio es un requisito básico de la salud y el bienestar humano. Sin embargo, su contaminación sigue representando una amenaza importante para la salud en todo el mundo¹⁶. Según una evaluación de la OMS de la carga de enfermedad debida a la contaminación del aire, son más de dos millones las muertes prematuras que se pueden atribuir cada año a los efectos de la contaminación del aire en espacios abiertos urbanos y en espacios cerrados (producida por la quema de combustibles sólidos). Más de la mitad de esta carga de enfermedad recae en las poblaciones de los países en desarrollo¹⁷.

Dada la abundancia de nuevos estudios sobre los efectos de la contaminación del aire en la salud que se han incorporado a la bibliografía científica, la OMS ha comenzado a estudiar las pruebas acumuladas y examinar sus repercusiones para sus guías de calidad del aire.

Esta nueva información refiere a cuatro contaminantes comunes del aire: partículas suspendidas (PM₁₀ y PM_{2.5}), O₃, NO₂ y SO₂.

Con ello se pone de manifiesto la disponibilidad de nuevas pruebas sobre los efectos de los mencionados contaminantes en la salud y su importancia relativa con respecto a los efectos presentes y futuros de la contaminación del aire en la salud en cada una de las regiones de la OMS.

Partículas suspendidas, PM₁₀ y PM_{2.5}

Las partículas suspendidas se encuentran en estado sólido o líquido y suelen estar compuestas de polen, esporas, polvo, hollín y metales. Cuando existen bajos niveles de salubridad e higiene se le suman los polvos de materiales fecales; que son partículas entre 0.1 y 10 µm. Las partículas de fracciones respirables, PM₁₀ y PM_{2.5}, tienen un tamaño menor de las 10 micras, es por eso que su sedimentación es lenta y son fácilmente inhaladas por el hombre, convirtiéndolas en uno de los contaminantes más peligrosos para la salud, dada su acumulación en el organismo.

A diferencia de las partículas mayores a 10 micrómetros, estas partículas penetran directamente al aparato respiratorio sin ser capturadas por sus mecanismos de limpieza. Una vez que las partículas han entrado al tracto respiratorio, dependiendo de su tamaño, pueden acumularse en diferentes sitios.

Las PM₁₀ penetran hasta la zona traqueo-bronquial, mientras que las PM_{2.5} pueden penetrar hasta los alvéolos pulmonares¹⁸.

Los riesgos a la salud asociados con las partículas en el área pulmonar son mucho mayores que el riesgo por las partículas que se quedan en la garganta.

¹⁶OMS. Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre", 2006.

¹⁷ Informe sobre la salud en el mundo 2002. Reducir los riesgos y promover una vida sana. Ginebra, Organización Mundial de la Salud, 2002.

¹⁸ ProAire. Capítulo 4. Los efectos en salud por la contaminación del aire, 2002.

El aumento en las concentraciones de partículas PM_{10} y $PM_{2.5}$ generalmente se han relacionado con el aumento de visitas a servicios de urgencias, aumento de sintomatología respiratoria, hospitalización por incremento de los padecimientos respiratorios, bronquitis aguda en niños, bronquitis crónica en adultos y muerte prematura (Figura 4.1), principalmente en menores de edad y las personas adultas mayores¹⁹.

Entre los componentes de las partículas PM_{10} y $PM_{2.5}$ se encuentran compuestos orgánicos (como benceno, 1-3 butadieno, hidrocarburos aromáticos policíclicos, dioxinas, etc.) y compuestos inorgánicos (como carbono, sulfatos y nitratos), entre otros.

La investigación científica desarrollada en los últimos años ha demostrado la relación que existe entre la contaminación y los efectos en la salud, el sistema nervioso central (SNC) y la mortalidad²⁰.

Figura 4.1 Efectos en la salud por partículas suspendidas.



Fuente: Estudios de los efectos en salud causados por contaminación del aire en la ciudad de México. Castillejos, M.

El criterio para evaluar la calidad del aire con respecto a $PM_{2.5}$ y PM_{10} es el valor normado para la protección de la salud de la población en la NOM-025-SSA1-1993.

Ozono, O_3

El O_3 es un gas incoloro con altos niveles de toxicidad que cuando se encuentra en la troposfera es muy venenoso en altas concentraciones. Es el producto de la reacción entre NO_x con vapores de hidrocarburos en presencia de luz solar. Los efectos del O_3 troposférico en la salud de los

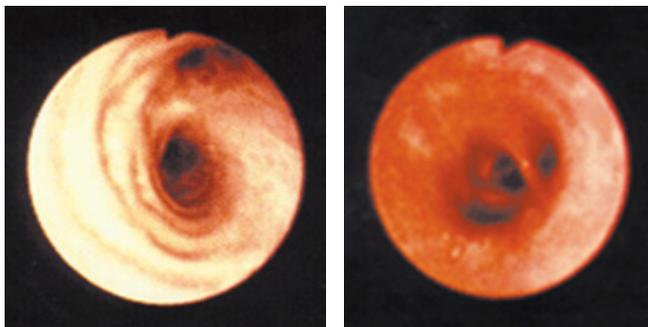
¹⁹Hernández L., A. Barraza, M. Ramírez, H. Moreno, P. Millar, L. Carvajal, I. Romeo. (2007). "Morbilidad infantil por causas respiratorias y su relación con la contaminación atmosférica en Ciudad Juárez, Chihuahua, México". Salud Pública de México. Vol. 49, No.1. pp. 27-36.

²⁰Naess O. P. Nafstad, G. Aamodt, B. Claussen, P. Rosland. (2006). "Relation between Concentration of Air Pollution and Cause-Specific Mortality: Four-Year Exposures to Nitrogen Dioxide and Particulate Matter Pollutants in 470 Neighborhoods in Oslo, Norway". American Journal of Epidemiology. Vol. 165, No. 4. pp. 435-443.

individuos de regiones urbanas consisten en un decremento de la capacidad respiratoria y dolores al respirar.

Largas exposiciones al O_3 pueden ocasionar graves complicaciones respiratorias como la inflamación pulmonar (Figura 4.2). En el caso de los individuos con problemas respiratorios crónicos se llegan a presentar complicaciones recurrentes en los síntomas de sus enfermedades²¹.

Figura 4.2 Inflamación pulmonar por O_3 .



Vía respiratoria pulmonar saludable (izquierda) y vía inflamada (derecha) provocada por O_3

Fuente: <http://www.airnow.gov/index.cfm?action=elozono.page1#3>

La bronquitis crónica puede ser causada por las prolongadas exposiciones a contaminantes del aire (Viscusi, *et al*, 1991²²). El O_3 suele irritar las vías respiratorias y las PM_{10} se alojan frecuentemente en estos conductos, provocando así la bronquitis crónica. Toda la población está expuesta a contraer bronquitis, aunque se ha encontrado que las personas con mayor propensión son aquellas que trabajan en minas, industrias metalúrgicas e industrias con altos niveles de contaminación ambiental. Los episodios de esta enfermedad empeoran visiblemente con altos niveles de contaminación ambiental, en particular, cuando los niveles de SO_2 , PM_{10} y O_3 sobrepasan los límites pertinentes.

Con respecto a los efectos en la salud debido a los compuestos tóxicos, en los estudios de la Agencia de Protección del Ambiente de los Estados Unidos (USEPA por su siglas en inglés), se estimó que los compuestos tóxicos que contribuyen en el desarrollo de cáncer son: los compuestos orgánicos policíclicos, como el 1,3-butadieno, el formaldehído, el benceno, los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP). Además, existen tóxicos que no causan necesariamente cáncer aunque están relacionados con efectos respiratorios, neurológicos y defectos al nacimiento.

El criterio para evaluar la calidad del aire con respecto al O_3 es el valor normado para la protección de la salud de la población en la NOM-020-SSA1-1993.

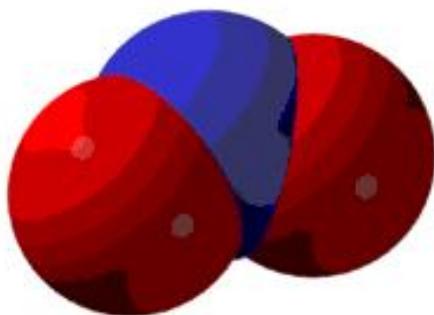
²¹Rosales J., V. Torres, G. Olaiz, V. Borja (2001). "Los efectos agudos de la contaminación del aire en la salud de la población: evidencias de estudios epidemiológicos". Salud Pública de México. Vol. 43, No. 6. pp. 544-555.

²²Viscusi, W.K., Magat, W.A. y J. Huber (1991). "Pricing environmental health risks: survey assessments of risk-risk and risk-dollar trade-offs for chronic bronchitis". Journal of Environmental Economics and Management. Vol. 21. pp. 32-51.

Óxidos de nitrógeno, NO_x

El NO₂, junto con las partículas suspendidas son los responsables de la capa café-rojiza que se puede ver con frecuencia sobre muchas áreas urbanas. Este gas pertenece a los NO_x, término genérico comúnmente empleado para referirse a un grupo de gases altamente reactivos, que contienen diferentes cantidades de oxígeno y nitrógeno. La Figura 4.3 muestra cómo es la molécula del NO₂.

Figura 4.3 Molécula de NO₂.



Fuente: <http://quimica.laguia2000.com/general/dioxido-de-nitrogeno>.

Los NO_x se forman cuando un combustible es quemado a altas temperaturas y/o cuando éste contiene compuestos nitrogenados. Las principales fuentes antropogénicas de NO_x son los vehículos automotores, plantas de generación de electricidad y otras fuentes industriales, comerciales y residenciales que queman combustibles. Los NO_x pueden formarse también naturalmente por la descomposición bacteriana de nitratos orgánicos, incendios forestales y de pastos y en menor grado en tormentas eléctricas.

El aumento progresivo en la exposición al NO₂ puede producir problemas de percepción olfativa, molestias respiratorias, dolores respiratorios agudos y edema pulmonar.

El criterio para evaluar la calidad del aire con respecto al NO₂ en México es el valor normado para la protección de la salud de la población en la NOM-023-SSA1-1993²³.

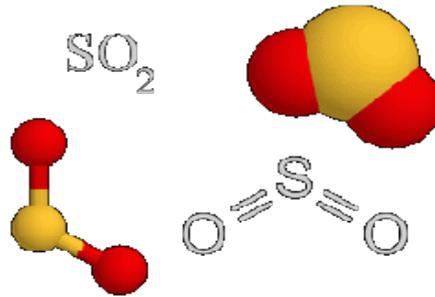
Dióxido de azufre, SO₂

El SO₂ (Figura 4.4) pertenece a la familia de los óxidos de azufre (SO_x) que son gases incoloros que se forman al quemar azufre y tienden a disolverse fácilmente en agua. La fuente primaria de SO_x es la quema de combustibles fósiles, que contienen azufre en su composición, como el combustóleo y en particular, el carbón. Sin embargo, dentro de los SO_x, se incluyen a otros compuestos de azufre de origen natural, como el ácido sulfhídrico (H₂S) y el di-metilsulfuro (CH₃SCH₃) proveniente de erupciones volcánicas y de la brisa marina²⁴.

²³<http://www.ine.gob.mx/calair-indicadores/523-calair-cont-criterio>.

²⁴Idem.

Figura 4.4 Molécula de SO₂.



Fuente: [http://www.ecured.cu/index.php/Di %C3 %B3xido_de_azufre](http://www.ecured.cu/index.php/Di%C3%B3xido_de_azufre)

La exposición a SO₂ produce irritación e inflamación aguda o crónica de las mucosas conjuntival y respiratoria.

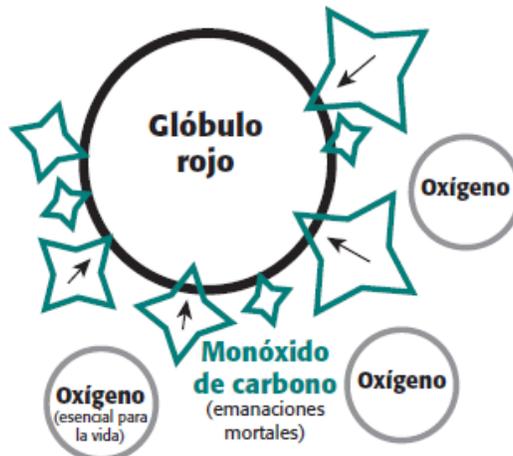
El SO₂ puede transformarse en otros productos, tales como partículas finas de sulfato (SO₄) y niebla de ácido sulfúrico (H₂SO₄). Se ha visto que bajo la combinación de partículas y SO₄, suele aumentar el riesgo en la salud al incrementar la morbilidad y mortalidad de enfermos crónicos del corazón y vías respiratorias. En individuos asmáticos puede producir bronco-constricción.

El criterio para evaluar la calidad del aire con respecto al SO₂ en México es el valor normado para la protección de la salud de la población en la NOM-022-SSA1-1993.

Monóxido de carbono, CO

El CO es un gas incoloro e inodoro que en concentraciones altas puede ser letal, pues impide el transporte del oxígeno a la sangre, lo que puede ocasionar una reducción significativa en la dotación de oxígeno al cerebro (Figura 4.5).

Figura 4.5. CO en la sangre.



Fuente: EPA. Cómo prevenir el envenenamiento por CO, 2009.

El CO se forma en la naturaleza mediante la oxidación del CH₄, que es un gas común producido por la descomposición de la materia orgánica. La principal fuente antropogénica de CO es la quema incompleta de combustibles como la gasolina por falta de oxígeno.

Una manera de reducir el CO en la atmósfera, es que los automóviles sean afinados debidamente para asegurar la mezcla del combustible con el oxígeno. Por ello, los programas como el de verificación vehicular y la introducción de convertidores catalíticos en algunas ciudades de México ha sido especialmente útil para controlar el CO.

El criterio para evaluar la calidad del aire con respecto al CO es el valor normado para la protección de la salud de la población en la NOM-021-SSA1-1993.

Compuestos Orgánicos Volátiles

Estos compuestos son motivo de preocupación tanto por su papel como precursores de O₃ y otros oxidantes como por la alta toxicidad de algunos de ellos. Debido a su gran variedad, no se conocen completamente sus efectos, sin embargo, para algunos de ellos, como el benceno, se ha reconocido su papel cancerígeno. Cuando las personas se exponen por periodos largos a concentraciones altas de benceno pueden sufrir edemas y hemorragias bronquio alveolares. Los efectos cardiovasculares producto de los mismos se expresan como extrasístoles o taquicardia ventricular. Los efectos gastrointestinales dependen de la dosis ingerida, pero pueden producir desde gastritis tóxica hasta estenosis pilórica. De los efectos a la salud producidos por los Compuestos Orgánicos Volátiles (COV)²⁵, los hematológicos son los más ampliamente documentados, dado que los componentes celulares de la sangre son muy susceptibles a estas sustancias produciendo pancitopenia, anemia aplásica y leucemia.

En la Tabla 4.1 se mencionan algunos COV presentes en el aire y que son cancerígenos reconocidos por diferentes agencias.

Tabla 4.1. Contaminantes del aire cancerígenos.

Sustancia	EPA	IARC	Fuentes Datos de Móviles Toxicidad Genética	Datos de Toxicidad Genética
Acetaldehído	B2	2B	SI	<i>in vivo, in vitro, bact.</i>
Benceno	A	1	SI	<i>in vivo, in vitro</i>
1,3 Butadieno	B2	2A	SI	<i>in vivo, bact.</i>
Formaldehído	B1	2A	SI	<i>in vitro, bact.</i>
Materia Policíclica Orgánica	A	1	SI	<i>bact.</i>

Fuente: Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer, (IARC por sus siglas en inglés). 2007.

²⁵http://app1.SEMARNAT.gob.mx/dgeia/estadisticas_2000/informe_2000/05_Aire/5.2_Normatividad/data_normatividad/contaminantes.html#dem.

4.2. Investigaciones recientes sobre el impacto de los contaminantes atmosféricos en la salud pública

Los efectos de la contaminación sobre la salud humana de largo plazo no son tan claros como los casos de exposición aguda, y suelen presentarse generalmente en áreas altamente industrializadas y urbanizadas. Algunos de los efectos de estas largas exposiciones son enfermedades respiratorias y cardiovasculares crónicas, alteraciones en las funciones de los pulmones como ventilación y el transporte de oxígeno, irritación de ojos, garganta y nariz, así como el empeoramiento de enfermedades como asma y en el peor de los casos, la muerte.

La contaminación del aire tiene distinto potencial para producir daño a la salud humana, lo cual depende de propiedades físicas y químicas, de las dosis que se inhala y del tiempo de exposición.

El nivel de riesgo individual está determinado por diversos factores que incluyen: la predisposición genética, edad, estado nutricional, presencia y severidad de condiciones cardíacas y respiratorias, y el uso de medicamentos; así como la actividad y el lugar de trabajo. En general, la población con mayor riesgo a la exposición de contaminantes está constituida por los niños menores de cinco años, las personas adultas mayores (mayores de 65 años), y personas con enfermedades cardíacas y respiratorias²⁶.

La exposición a los contaminantes se puede clasificar en aguda y crónica, de acuerdo al período de exposición y a la concentración de contaminantes. La exposición aguda es una exposición a concentraciones elevadas de contaminantes y de corto tiempo, que puede ocasionar daños sistémicos al cuerpo humano, que van desde el aumento de la mortalidad total, por causas respiratorias y cardiovasculares a las alteraciones del funcionamiento pulmonar y otros sistemas, pasando por un incremento en el número de visitas médicas e ingresos hospitalarios²⁷. Por otra parte, la exposición crónica involucra exposiciones de largo plazo a concentraciones relativamente bajas de contaminantes. En estas circunstancias, los contaminantes van ocasionando daños a la salud humana como respuesta a factores acumulados, interactuantes y recurrentes.

La morbilidad²⁸ también está asociada con la exposición aguda a los contaminantes. Las enfermedades del tracto respiratorio superior e inferior y asma; son un ejemplo de la morbilidad asociada a la exposición aguda, así como la bronquitis, neumonía y enfermedades pulmonares obstructivas.

Los efectos a la salud debidos a una exposición crónica a contaminantes atmosféricos se conocen menos, sin embargo son similares a los reportados para una exposición aguda. Existen estudios que indican un incremento en la mortalidad, principalmente en individuos de la tercera edad con

²⁶Martínez V. Silvia. Tesis doctoral: Externalidades ambientales asociadas a la contaminación del aire. UAB, España, 2008.

²⁷Ballester F., J. Tenías y S. Pérez (1999). "Efectos de la Contaminación Atmosférica sobre la Salud: Una Introducción". Revista Especializada en Salud Pública. Vol. 73, No. 2, pp. 109-121.

²⁸ Proporción de individuos de una población que padece una enfermedad en particular.

²⁸ Hernández L., A. Barraza, M. Ramírez, H. Moreno, P. Millar, L. Carvajal, I. Romieu. (2007). "Morbilidad infantil por causas respiratorias y su relación con la contaminación atmosférica en Ciudad Juárez, Chihuahua, México". Salud Pública de México. Vol. 49, No.1. pp. 27-36.

padecimientos respiratorios y cardiovasculares. El incremento de enfermedades respiratorias, como la bronquitis, se reporta como una consecuencia de la exposición crónica.

La investigación científica desarrollada durante las últimas décadas ha avanzado significativamente en el campo de la identificación y medición de los efectos de la contaminación en la salud humana; sin embargo, la mayor parte de los estudios realizados consiste en el análisis de casos y situaciones de exposición aguda. Recientemente se ha trabajado en la evaluación de los efectos de la contaminación en exposiciones de largo plazo, en donde se mide la relación entre la exposición de partículas y las causas de enfermedades.

Un trabajo reciente sin precedentes de recopilación de datos sobre la calidad del aire dado a conocer en 2011 por la OMS²⁹ revela que en muchas ciudades la contaminación del aire está alcanzando niveles que ponen en peligro la salud de la gente. La información analizada abarca datos de casi 1100 ciudades de 91 países, incluidas capitales y ciudades de más de 100 000 habitantes.

La OMS estima que más de 2 millones de personas mueren cada año a causa de la inhalación de pequeñas partículas contaminantes del aire de espacios interiores y exteriores. Las partículas PM₁₀ pueden penetrar en los pulmones y llegar al torrente sanguíneo y causar así cardiopatías, cáncer de pulmón, asma e infecciones agudas de las vías respiratorias inferiores. Las directrices de la OMS sobre calidad de aire establecen una cifra de 20 µg/m³ como media anual, pero los datos hoy publicados muestran que en algunas ciudades la media de PM₁₀ ha llegado hasta 300 µg/m³.

Con base en lo anterior se tienen las siguientes conclusiones:

- a) Los niveles persistentemente elevados de contaminación por partículas PM₁₀ y PM_{2.5} son comunes en muchas zonas urbanas. Esas partículas provienen a menudo de fuentes de combustión tales como centrales eléctricas y vehículos de motor.
- b) La gran mayoría de las poblaciones urbanas sufren una exposición media anual a partículas PM₁₀ que supera el nivel máximo de 20 µg/m³ recomendado en las directrices sobre calidad del aire de la OMS; pero son pocas las ciudades que respetan actualmente los valores de referencia de la OMS.
- c) En lo que respecta a 2008, la mortalidad estimada atribuible a la contaminación atmosférica en las ciudades del mundo asciende a 1.34 millones de muertes prematuras. Si se hubiesen aplicado universalmente las directrices de la OMS, ese año la cifra habría sido de 1.09 millones. El número de muertes atribuibles a la contaminación atmosférica en las ciudades ha aumentado desde la estimación anterior de 1.15 millones de muertes en 2004. El aumento de la mortalidad que según las estimaciones puede atribuirse a la contaminación del aire urbano se explica por los recientes aumentos de la concentración de contaminantes

²⁹http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2011/air_pollution_20110926/es/index.html

en la atmósfera y del tamaño de las poblaciones urbanas, así como por el hecho de que se dispone de más datos y se emplean mejores métodos.

Relaciones Concentración-Respuesta

El incremento en la contaminación del aire es atribuible al uso de combustibles fósiles, y aquellos formados subsecuentemente cuando las emisiones interactúan con el ambiente externo. Tanto los niveles de fondo como los incrementos en la contaminación varían en tiempo y espacio; el incremento en la contaminación también varía por la tecnología y la fuente de combustible.

Dada esta complejidad, no es sorprendente que no existan estudios apropiados del incremento en los efectos sobre la salud por la exposición a estas mezclas de contaminantes específicos. En el trabajo de Krupnick, de los Estados Unidos³⁰, la estrategia fue considerar los cuatro principales contaminantes: partículas, NO_x, SO₂, y O₃. Para cada uno de estos se tiene identificado, donde aplique, las relaciones dosis-respuesta que describen los cambios en los efectos o impactos en la salud asociados con cambios unitarios en la concentración del contaminante en cuestión. Todas las relaciones dosis-respuesta propuestas están basadas en estudios epidemiológicos de contaminantes atmosféricos en general; estudios experimentales (humanos o animales) que son utilizados para proporcionar información contextual únicamente.

De la literatura se han obtenido algunas funciones dosis-respuestas que son para cuantificar los impactos en la salud y que incluyen mortalidad, admisiones a hospitales, visitas a emergencia (ERV), días de actividad restringida (RAD), ataques de asma y síntomas (en su mayoría respiratorios). Éstas se resumen en las Tabla 4.2 y Tabla 4.3.

Tabla 4.2 Funciones exposición respuesta utilizadas para la estimación en los cambios en la mortalidad y morbilidad por la disminución en la contaminación por O₃.

$$\Delta Y = -[y_0 \cdot (e^{-\beta \Delta O_3} - 1)] \cdot \text{pop}$$

³⁰Krupnick, A. J., W. Harrington and B. Ostro. (1990). "Ambient Ozone and Acute Health Effects- Evidence From Daily Data". *Journal of Environmental Economics and Management*. Vol. 18 (1) pp. 1-18.

EFEECTO	ΔY	y_0	β	ΔO_3	ρ_{op}	σ_{β}	ESTUDIO
MORTALIDAD	Cambio en la mortalidad	Tasa de mortalidad no accidental	Coefficiente ozono = 0,5%	Cambio en la concentración anual 24h de O_3 en $\mu g/m^3$	Población todas las edades		Levy et al (2000)
MORTALIDAD	Cambio en la mortalidad	Tasa de mortalidad no accidental	Coefficiente ozono = 0,4%	Cambio en la concentración anual 24h de O_3 en $\mu g/m^3$	Población todas las edades		Borja Aburto (1998)
ADMISIÓN A HOSPITALES ENFERMEDADES RESPIRATORIAS (NEUMONÍA)	Cambio en Admisión por neumonía	Tasa de enfermedades respiratorias (neumonía)	Coefficiente ozono = 0,521 %	Cambio en la concentración anual 24 h de O_3 (ppb)	población todas las edades	Error estándar de $\beta = 0,13$	Schwartz (1995)
ADMISIÓN A HOSPITALES ENFERMEDAD PULMONAR OBSTRUCTIVA CRÓNICA (COPD)	Cambio en Admisión por (COPD)	Tasa de COPD	Coefficiente ozono = 0,6170	Cambio en la concentración anual 24 h de O_3 (ppb)	población todas las edades	Error estándar de $\beta = 0,2305$	Schwartz (1995)
ADMISIÓN A HOSPITALES ASMA	Cambio en Admisión por Asma	Tasa de Enfermedad - Asma	Coefficiente ozono = 0,00250	Cambio en la concentración anual 24 h de O_3 (ppb)	población todas las edades	Error estándar de $\beta = 0,000718$	Burnett et al (1999)
VISITAS A SALAS DE EMERGENCIA (ERV's) ASMA	Cambio ERV's por Asma		Coefficiente ozono = 0,75 %	Cambio en la concentración anual 1 h de O_3 (ppb)	población todas las edades	Error estándar de $\beta = 0,26$	Cody et al (1992)
DÍAS DE ACTIVIDAD RESTRINGIDA MENORES (MRAD's)	Cambio en MRAD	Tasa de Incidencia de MRAD	Coefficiente = 0,00220	Cambio en la concentración anual 1 h de O_3 (ppb)	población > 18 años < 65 años	Error estándar de $\beta = 0,000658$	Ostro y Rothschild (1989)
ATAQUES DE ASMA ENFERMOS DE ASMA	Cambio en Ataques de Asma	Tasa de Incidencia de Ataques de Asma	Coefficiente ozono = 0,00184	Cambio en la concentración anual 1 h de O_3 (ppb)	población todas las edades	Error estándar de $\beta = 0,000714$	Whittemore and Korn (1980)
SÍNTOMAS	Cambio en síntomas		Coefficiente = 0,0001370	Cambio en la concentración anual 1 h de O_3 (ppb)	población > 18 años y < 65 años	Error estándar de $\beta = 0,00007$	Krupnick et al (1990)

Tabla 4.3 Funciones exposición respuesta utilizadas para la estimación en los cambios en la mortalidad y morbilidad por la disminución en la contaminación por partículas.

EFEECTO	ΔY	y_0	β	ΔO_3	pop.	σ_β	ESTUDIO
MORTALIDAD	Cambio en la mortalidad	Tasa de mortalidad no accidental	Coefficiente PM_{10} - 1%	Cambio en la concentración anual de PM_{10} en $\mu g/m^3$	Población todas las edades		Molina (2002)
MORTALIDAD	Cambio en la mortalidad	Tasa de mortalidad no accidental	Coefficiente PM_{10} - 0,386 %	Cambio en la concentración anual de PM_{10} en $\mu g/m^3$	población > 30 años	Error estándar de $\beta = 0,091$	Pope et al (1995)
ADMISIÓN A HOSPITALES ENFERMEDADES RESPIRATORIAS (NEUMONÍA)	Cambio en Admisión por neumonía	Tasa de enfermedades respiratorias (neumonía)	Coefficiente PM_{10} - 0,00115	Cambio en la concentración anual de PM_{10} en $\mu g/m^3$	población todas las edades	Error estándar de $\beta = 0,00039$	Schwartz (1994)
ADMISIÓN A HOSPITALES ENFERMEDADES RESPIRATORIAS (NEUMONÍA)	Cambio en Admisión por neumonía	Tasa de enfermedades respiratorias (neumonía)	Coefficiente ozono - 0,6170	Cambio en la concentración anual de PM_{10} en $\mu g/m^3$	Ancianos > 65 años	Error estándar de $\beta = 0,000570$	Samet (2000)
ADMISIÓN A HOSPITALES ENFERMEDAD PULMONAR OBSTRUCTIVA CRÓNICA (COPD)	Cambio en Admisión por (COPD)	Tasa de COPD	Coefficiente PM_{10} - 0,227	Cambio en la concentración anual de PM_{10} en $\mu g/m^3$	población todas las edades	Error estándar de $\beta = 0,066$	Schwartz (1994) y Burnett et al (1994)
ADMISIÓN A HOSPITALES ASMA	Cambio en Admisión por Asma	Tasa de Enfermedad - Asma	Coefficiente PM_{10} - 0,00321	Cambio en la concentración anual de PM_{10} en $\mu g/m^3$	población todas las edades	Error estándar de $\beta = 0,00106$	Burnett et al (1999)
VISITAS A SALAS DE EMERGENCIA (ERV's) ASMA	Cambio ERV's por Asma	Tasa de visitas a salas de emergencia por Asma	Coefficiente PM_{10} - 0,016527	Cambio en la concentración anual de PM_{10} en $\mu g/m^3$	población < 18 años	Error estándar de $\beta = 0,004139$	Norris (1999)
DÍAS DE ACTIVIDAD RESTRINGIDA (RAD's)	Cambio en RAD	Tasa de Incidencia de RAD	Coefficiente PM_{10} - 0,00475	Cambio en la concentración anual de PM_{10} en $\mu g/m^3$	población > 18 años < 65 años	Error estándar de $\beta = 0,00029$	Ostro (1987)
DÍAS DE TRABAJO PERDIDO (WLD)	Cambio en WLD	Tasa de Incidencia de WLD	Coefficiente PM_{10} - 0,0046	Cambio en la concentración anual de PM_{10} en $\mu g/m^3$	población > 18 años < 65 años	Error estándar de $\beta = 0,00036$	Ostro (1987)
SÍNTOMAS	Cambio en síntomas		Coefficiente = 0,000461	Cambio en la concentración anual de PM_{10} en $\mu g/m^3$	población > 18 años y < 65 años	Error estándar de $\beta = 0,000239$	Krupnick et al (1990)

Efectos agudos y crónicos

Los efectos agudos son aquellos que ocurren en el mismo día por el incremento en la contaminación o inmediatamente después, y los efectos crónicos o efectos retardados son aquellos que se dan de exposiciones por largos periodos a concentraciones bajas. Como se describe abajo, los efectos agudos de diferentes contaminantes están bien identificados a través

de un rango de indicadores de salud, sin embargo, ninguna sobre el conocimiento establecido de los mecanismos por los cuales estos efectos ocurren.

Es más difícil establecer relaciones confiables en los estudios de efectos crónicos, y por tanto existen menos funciones dosis-respuesta potencialmente utilizables. Esto bien puede ser que en términos de impactos en la salud pública y su evaluación económica, los efectos crónicos son más importantes.

Estudios recientes han mostrado asociaciones entre efectos crónicos en salud y niveles ambientales de partículas. La cuantificación de los efectos crónicos es complicado y posiblemente comprometido por utilizar únicamente los niveles de contaminación recientes, en lugar de los niveles históricos más altos que pueden ser biológicamente relevantes para la mortalidad y morbilidad crónicas (utilizar sólo los niveles recientes sobrestimaré el riesgo por unidad de exposición en un alcance desconocido).

La evidencia de un efecto crónico en la mortalidad está dado por los estudios de Dockery, *et al.*, 1993³¹, Pope, *et al.*, 1995³² y Abbey, *et al.*, 1999³³. Estos dos primeros estudios de cohorte fundamentan claramente las relaciones con las partículas finas (PM_{2.5}) y con los sulfatos.

Los riesgos estimados de Pope³³, trasladando de PM_{2.5} a PM₁₀, se utilizan como el mejor estimado disponible de la mortalidad crónica. Ellos muestran que los efectos de la mortalidad crónica puede tener un impacto general sobre la evaluación total.

Los estudios de Dockery³² y Pope³³ fueron analizados por un grupo de investigadores para verificar la validez de sus conclusiones (Krewski, *et al* 2000)³⁴.

El primer estudio hace un análisis con más de 8000 jóvenes de seis ciudades del este medio de los Estados Unidos con edades de 15 a 17 años. Se midieron concentraciones tanto de material particulado como de contaminantes gaseosos con estaciones de monitoreo localizadas centralmente en cada una de las comunidades. Después del control de factores externos (*confounders*) como fumar, obesidad, educación y exposición ocupacional; los investigadores encontraron una relación estadísticamente significativa con las tasas de mortalidad y las mediciones de los tres diferentes tipos de partículas (PM₁₀, PM_{2.5} y sulfatos): Por cada 1µg/m³ que se incrementara la concentración promedio anual de PM_{2.5}, las tasas de mortalidad incrementaban en aproximadamente 1.3 por ciento.

³¹Dockery D.W., C.A. Pope, X.P. Xu, J. Spengler, J. Ware, M. Fay, B. Ferris, F. Speizer (1993). "An association between air pollution and mortality in six U.S. cities. *New England Journal Medical*. Vol.329 (24). Pp. 1753-1759.

³²Pope C., M. Thun, M. Namboodiri, D. Dockery, J. Evans, F. Speizer and C. Heath. (1995). "Particulate air pollution as a predictor of mortality in a prospective study of U.S. adults" *American Journal Respiratory Critical Care Medical*. Vol 151, No. 3. pp. 669-674.

³³Abbey D., R. Burchete, S. Knutsen, W. Donnell, M. Lebowitz, P. Enright. (1998). "Long-term Particulate and other Air Pollutants and Lung Function in Nonsmokers". *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*. Vol. 158. pp. 289-298.

³⁴Krewski, D., R. Burnett, M. Goldberg, K. Hoover, J. Siemiatycki, M. Jarret, M. Abrahamowicz, W. White (2000). "Reanalysis of the Harvard Six Cities Study and the American Cancer Society Study of Particulate Air Pollution and Mortality". Special Report; Health Effects Institute: Cambridge MA.

El riesgo relativo para mortalidad cardiovascular (que contribuye con el 54 por ciento de todas las muertes) fue levemente mayor que para la mortalidad total, con ninguna significancia estadística para los efectos de cáncer de pulmón y pequeñas evidencias de impactos sobre otras causas de muerte. Las limitaciones de este estudio son el número relativamente pequeño de las ciudades estudiadas, el grupo limitado de variables “confounders” analizadas y la suposición de que las concentraciones medidas durante el periodo de estudio reflejan una exposición crónica.

El estudio de Pope consideró un número mayor de individuos (552 138) y abarcó un área geográfica mayor (151 áreas metropolitanas de 50 Estados americanos). Este estudio incluyó personas de al menos 30 años de edad y consideró variables *confounders* como consumo de alcohol, fumadores pasivos y también consideró todas las causas de muerte y muertes específicas (cáncer de pulmón y muertes cardiovasculares). Para estimar las concentraciones a las cuales estaban expuestas las personas, la localización de las personas fueron correlacionadas con una base de datos de monitores ambientales. Las concentraciones de exposición fueron estimadas de las concentraciones al inicio del estudio (1979 a 1983 para PM₁₀ y 1980 a 1981 para sulfatos). Para PM_{2.5} el estimado central para la mortalidad fue la mitad del que estimó Dockery, con grandes diferencias para los sulfatos: por cada 1µg/m³ que se incrementara la concentración promedio anual de PM_{2.5}, las tasas de mortalidad incrementaban en aproximadamente 0.5 por ciento.

Las principales críticas son que este estudio se realizó con individuos con más edad y mayor nivel de estudios y menos fumadores que el promedio de los Estados Unidos de América y además que las variables como migración y vida sedentaria fueron omitidas como *confounders*.

Finalmente, el estudio de Abbey, *et al* (1999) estudió a 6 338 no fumadores residentes de California.

En un estudio realizado en Europa se aplicó una metodología de externalidades ambientales para evaluar los impactos que producen los contaminantes atmosféricos. Se aplicaron modelos de dispersión a escala regional y global. A nivel regional se utilizaron los datos del Programa Europeo de Monitoreo y Evaluación (EMEP, por sus siglas en inglés) para priorizar los impactos. Para el caso global utilizaron los resultados del modelo Harwell Global Ozone. Posteriormente utilizaron las funciones Dosis-Respuestas y la valoración económica recomendada en el proyecto ExternE de la Comisión Europea; para estimar los daños de los precursores del O₃. Los impactos valorados fueron la salud y la agricultura³⁵.

En un estudio realizado en Francia, se estimaron los costos de daños en la salud derivados de los principales contaminantes del aire, como son; las partículas, NO₂, SO₂ y O₃ en la ciudad de París. Para ello utilizaron estudios epidemiológicos de Francia y Estados Unidos de América. Para el caso de la morbilidad estimaron los costos de hospitalización, visitas médicas y enfermedades leves. En el caso de la valoración de la mortalidad, consideraron la reducción de la esperanza de

³⁵Rabl and Eyre (1998). “An Estimate of Regional and Global O₃ damage from precursor NO_x and VOC emissions”. Environment International. Vol. 24. No. 8. pp. 835-850.

vida. El autor presenta los beneficios en función de los beneficios que se obtendrían al obtener una disminución de las concentraciones de los contaminantes³⁶.

El estudio realizado por especialistas de la SEMARNAT y la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) tenía como objetivo estimar las externalidades de la generación de energía eléctrica a base de combustibles fósiles en México. Los impactos que evaluaron fueron sobre la salud, utilizaron la metodología vía de impactos del proyecto ExternE, así como el modelo Simplified Approach for Estimating Impacts of Electricity Generations (SIMPACTS) del Organismo Internacional de Energía Atómica (IOEA). El estudio se aplicó a 11 zonas de México con 13 plantas termoeléctricas. Para la estimación de costos de mortalidad utilizaron el enfoque de años de vida perdidos del proyecto ExternE, mediante la metodología de transferencia de beneficios. El valor europeo fue transferido a México mediante la relación de paridad del poder adquisitivo del ingreso nacional bruto con respecto al de la Unión Europea. Para la estimación de los datos de costos de morbilidad utilizaron datos del 2000³⁷.

El Instituto Mexicano del Petróleo (IMP) realizó un estudio del impacto ambiental por el uso del gas natural y gas LP en México, para ello realizaron un análisis del ciclo de vida de dos energéticos gas natural y gas LP (GN y GLP) desde su procesamiento en la región sur de México hasta los impactos relacionados con su uso en la zona metropolitana de la ciudad de México (ZMCM). En este estudio se estimaron los factores de emisión, se aplicaron los modelos de calidad del aire, se estimaron los impactos en salud a través de las funciones dosis-respuesta, se estimó la valoración económica y la prospectiva del uso del GN en México.

En la etapa de la estimación de las externalidades ambientales, específicamente los impactos en la salud asociados a los ciclos de combustibles, utilizaron la metodología del proyecto ExternE. Con respecto a la estimación del valor estadístico de la vida, utilizan la metodología de transferencia de beneficios y los datos del proyecto ExternE.

Para la estimación de los costos de morbilidad utilizaron los datos del año 2002. En este proyecto también aplicaron la metodología de valoración contingente para estimar la disposición a pagar que tienen los habitantes de la ZMCM por el mejoramiento de la calidad del aire³⁸.

El Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) realizó un estudio para estimar los beneficios en la salud debido a una disminución de la contaminación del aire. Para la estimación de los impactos en la salud utilizaron las funciones dosis-respuesta. Con respecto a la valoración monetaria de los impactos en la salud, utilizaron la metodología de transferencia de beneficios para extrapolar la disposición a pagar por evitar una mortalidad prematura y enfermedades respiratorias. Los datos utilizados fueron de Estados Unidos de América y de otros países, los resultados de esos países se extrapolaron a las condiciones de México con el ajuste de los diferentes niveles de ingresos.

³⁶Rabl (1999). "Les Bénéfices monétaires d'une amélioration de la qualité de l'air en Ile-de-France". Pollution Atmosphérique. janvier-mars. pp. 83-94.

³⁷Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales de México y la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (SEMARNAT - CEPAL), (2004). "Evaluación de las Externalidades Ambientales de la Generación Termoeléctrica en México".

³⁸Melgar E., M. Ruiz, M. Bauer, R. Villaseñor, M. Magdaleno, J. Ceballos, G. Yáñez. (2004). "Análisis Técnico Económico del Impacto Ambiental por el Uso del Gas Natural y Gas LP en México. Instituto Mexicano del Petróleo y Petróleos Mexicanos.

También utilizaron los resultados preliminares de un estudio que estima la valoración económica por disminución del riesgo de mortalidad, en el cual se aplica la metodología de salarios hedónicos. También realizan una comparación de los costos y beneficios que se obtendrían de aplicar tres políticas ambientales que contribuyan en la disminución de la contaminación del aire. Adicionalmente, aplican un modelo para estimar los costos y beneficios utilizando un software analítico, donde se requiere como datos de entrada la reducción de las emisiones en porcentajes para el período 2003-2010 y para el período 2003-2020, otros datos que el software requiere son los costos anuales para esos mismos periodos³⁹.

La Comisión Ambiental Metropolitana (CAM) y el Banco Mundial (BM) desarrollaron un estudio para evaluar los beneficios económicos por mejorar la calidad del aire en la ZMCM de México, evaluaron los impactos en la salud humana y en las actividades económicas. Plantearon cuatro escenarios de mejoras en la calidad del aire. En la estimación de los impactos a la salud realizaron un meta-análisis de los estudios publicados de los efectos de la salud por la contaminación del aire.

Finalmente, para estimar los costos de reducción de riesgo de mortalidad y evitar enfermedades aplicaron la metodología de transferencia de beneficios, para ello ajustaron el efecto ingreso a través de la elasticidad del ingreso de la disposición a pagar (el porcentaje de cambio en la disposición a pagar (DAP) corresponde a un porcentaje de cambio en el ingreso). Los autores emplearon una elasticidad del ingreso de la DAP de 1,0 y 0,4⁴⁰.

En la tesis “Externalidades ambientales asociadas a la contaminación del aire, Martínez, V. 2008⁴¹ se presentaron resultados de estimaciones de casos de mortalidad prematura y de morbilidad que se evitarían utilizando funciones concentración–respuesta seleccionadas de la literatura y bajo ciertos criterios que incluyeron los cambios en las concentraciones para cada uno de los escenarios propuestos para la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, ZMCM (Tabla 4.4 y Tabla 4.5).

³⁹McKinley G., M. Zuk, M. Hojer, M. Avalos, I. González, M. Hernández, R. Iniestra, I. Laguna, M. Martínez, P. Osnaya, L. Reynales, R. Valdés and J. Martínez (2003). “The Local Benefits of Global Air Pollution Control in Mexico City” Instituto Nacional de Ecología e Instituto Nacional de Salud Pública (INE –INSP). México.

⁴⁰Cesar, H., V. Borjas, P. Cicero, K. Dorland, R. Muñoz, L. Bryer, M. Cropper, A. González, G. Oaliz, A. Martínez, A. Olsthoorn, A. Rosales, G. Soto, V. Torres, R. Uribe, P. Van, E. Vega, M-M Niño, M-ANiño, A. Cruz, P. Montúfar (2000). “Ecosistema Urbano y Salud de los Habitantes de la Zona Metropolitana del Valle de México”. Comisión Ambiental Metropolitana y el Banco Mundial. México.

⁴¹Martínez V. Silvia. Tesis doctoral: Externalidades ambientales asociadas a la contaminación del aire. UAB, España, 2008.

Tabla 4.4. Impactos a la salud por O₃ en la ZMCM.

POBLACIÓN		ZMCM				ZMCM			
		Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 4	Escenario 5	Escenario 6	Escenario 7	Escenario 8
		Al 2010 sin programa	Disminución 10%	Disminución 17%	Disminución 24%	Al 2010 sin programa	Disminución 10%	Disminución 17%	Disminución 24%
MORTALIDAD	Toda	466	338	574	810	506	367	624	881
MORTALIDAD (A)	Toda	82	60	101	143	89	65	110	156
ADMISIONES A HOSPITALES									
ENFERMEDADES RESPIRATORIAS (NEUMONÍA)	Toda	459	333	566	799	500	362	616	869
ENFERMEDAD PULMONAR OBSTRUCTIVA CRÓNICA (COPD)	Toda	644	467	794	1.121	701	508	864	1.219
POR ASMA	Toda	513	373	631	887	558	405	686	965
VISITAS A SALAS DE EMERGENCIA									
POR ASMA	Asmáticos	13.352	9.425	15.708	22.620	14.518	10.248	17.080	14.348
ATAQUES DE ASMA	Toda	8.885	6.337	10.388	14.689	9.661	6.891	11.296	9.552
SÍNTOMAS	Toda	26.834.949	18.942.317	31.570.528	45.461.560	28.992.503	20.465.296	34.108.827	28.651.414
DÍAS DE ACTIVIDAD RESTRINGIDA MENOR (MRAD's)	Adultos	2.508.989	1.771.051	2.951.751	4.250.522	2.710.713	1.913.445	3.189.075	2.678.823

(a) Considerando mortalidad por enfermedades cardiovasculares.

Fuente: Martínez V. Silvia, 2008.

Tabla 4.5. Impactos a la salud por partículas en la ZMCM.

POBLACIÓN		ZMCM				ZMCM			
		Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 4	Escenario 5	Escenario 6	Escenario 7	Escenario 8
		Al 2010 sin programa	Disminución 10%	Disminución 18%	Disminución 24%	Al 2010 sin programa	Disminución 24%	Disminución 18%	Disminución 24%
MORTALIDAD									
MORTALIDAD	Toda	1.499	726	1.307	1.743	1.630	790	1.421	1.895
MORTALIDAD	> 30 años	5.605	2.716	4.890	6.519	6.043	2.929	5.272	7.029
ADMISIONES A HOSPITALES									
ENFERMEDADES RESPIRATORIAS (NEUMONÍA)	Toda	320	155	279	372	348	169	304	405
ENFERMEDADES RESPIRATORIAS (NEUMONÍA)	Adultos	31	15	27	36	33	16	29	38
ENFERMEDAD PULMONAR OBSTRUCTIVA CRÓNICA (COPD)	Toda	749	363	653	871	814	395	710	947
POR ASMA	Toda	2.033	1.001	1.780	2.353	2.211	1.088	1.936	2.559
VISITAS A SALAS DE EMERGENCIA									
ENFERMEDAD PULMONAR OBSTRUCTIVA CRÓNICA (COPD)	Toda	2.375	1.151	2.071	2.762	2.582	1.251	2.252	3.003
POR ASMA	< 65 años	2.190	1.080	1.919	2.533	2.383	1.175	2.088	2.757
DÍAS DE INSUFICIENCIA RESPIRATORIA									
POR ASMA	Asmáticos	294.123	142.537	256.566	342.088	319.811	154.985	278.974	371.965
SÍNTOMAS	Toda	153.360.884	74.321.044	133.777.879	178.370.505	166.755.185	80.812.128	145.461.831	193.949.108
DÍAS DE ACTIVIDAD RESTRINGIDA (RAD)	Adultos	9.351.637	4.704.834	8.233.153	10.749.669	10.103.517	5.083.107	8.895.106	11.613.952
DÍAS DE TRABAJO PERDIDO (WLD)	Adultos	3.284.409	1.650.478	2.890.761	3.776.779	3.548.479	1.783.178	3.123.180	4.080.435
DÍAS DE ACTIVIDAD RESTRINGIDA MENOR (MRAD 's)	Adultos	16.920.565	8.687.848	14.971.170	19.328.032	18.280.993	9.386.359	16.174.865	20.882.023
MORBILIDAD CRÓNICA									
BRONQUITIS CRÓNICA	> 30 años	26.158	12.677	22.818	30.424	28.202	13.667	24.600	32.801

(a) Considerando mortalidad por enfermedades cardiovasculares.

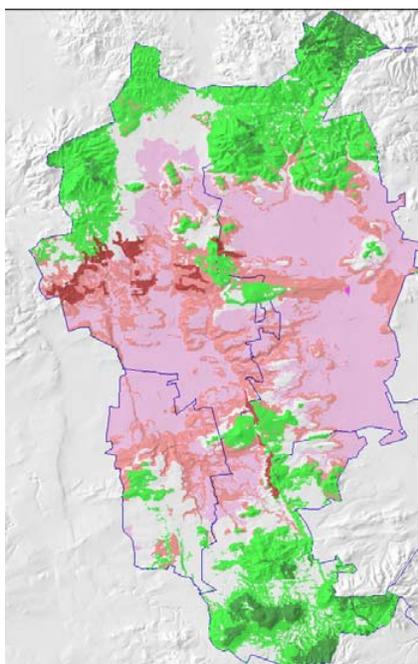
Fuente: Martínez V. Silvia, 2008.

4.3. Impactos en los ecosistemas y en la biodiversidad así como en la salud por la contaminación del aire en la ZM de Querétaro-San Juan del Río

Impactos en los ecosistemas y en la biodiversidad⁴²

Los impactos a los ecosistemas y la biodiversidad en la ZMQ no han sido investigados y evaluados con extensión y detalle, pero es posible inferir a través de mapas y documentos históricos así como son el procesamiento de datos en sistemas de información geográfica, los cambios y el deterioro de las áreas naturales que han sufrido en los cuatro municipios conurbados; proceso que en buena medida se ha dado también en el llamado corredor San Juan del Río-Querétaro y en todo el Bajío Guanajuatense, al poniente de la ZMQ. En la Figura 4.6 se muestra una distribución original hipotética de los bosques templados y su presencia actual en la ZMQ.

Figura 4.6 Distribución original hipotética de bosques templados (verde brillante) y su presencia actual en la ZMQ.



Fuente: CQRN, inédito.

Verde oscuro: Bosque tropical caducifolio, original (rosa intenso) y actual (rojo oscuro) y Mezquiteal, original (magenta) y actual (violeta).

En 1973 prácticamente se había eliminado el bosque denso espinoso, o mezquiteal, que cubrió las zonas aluviales, al menos en unas 90 000 ha; y habían sido desmontadas numerosas zonas con matorrales de huizache, cactáceas de gran porte y especies de afinidad tropical. Así también los bosques de encino, pino-encino y pino piñonero en El Cimatario, La Joya y otras zonas altas, habían sido talados a lo largo de los siglos coloniales y los posteriores, para la producción de

⁴²PNUMA. Perspectivas del medio ambiente urbano: Geo Ciudad de Querétaro, 2008.

carbón y la construcción de la ciudad. Estos bosques que abarcan hoy unas 7 900 ha (CQRN-SEDESU, 2006), frecuentemente en condiciones muy alteradas, llegaron a cubrir originalmente entre 55 000 y 75 000 ha en lo que hoy es la ZMQ (CQRN, inédito).

Un caso muy relevante es el de los bosques tropicales caducifolios, la vegetación con mayor biodiversidad en la región, que cubrían probablemente más de lo que hoy son áreas de matorrales (matorral subtropical, de acuerdo al INEGI, 1986), algunos pastizales y desarrollos urbanos recientes. Esta vegetación, de la que todavía quedan algunos manchones más o menos alterados en laderas y cañadas de la ZMQ (algo más de 3500 hectáreas, según el mapa de CQRN - SEDESU, 2006), llegaron a abarcar 50 000 ha (CQRN, inédito) en la zona, de acuerdo a la distribución actual de dichos matorrales, que se consideran (Rzedowski, 1987) como una forma de vegetación derivada de esos bosques, alterada históricamente por tala y actividades pecuarias.

El bosque tropical caducifolio de la región suroeste de Querétaro se encuentra en las condiciones climáticas más secas y a las mayores altitudes a las que estos bosques se encuentran, así como en la confluencia de tres grandes regiones fisiográficas del país. Es en este bosque y en los matorrales derivados de él, donde sobreviven, la mayor parte de las especies microendémicas de la zona, y un número considerable de especies amenazadas, lo que habla de una diversidad biológica notable, que ha sido significativamente alterada y que se encuentra en inminente peligro de ser eliminada en forma irreversible por el desarrollo urbano e industrial. Si bien el crecimiento de la Zona Metropolitana desde fines de la década de 1960 hasta 1995, se dio principalmente sobre zonas temporaleras y potreros (terrenos ejidales en buena proporción), en los últimos 12 años se ha desbordado crecientemente el Bajío Queretano para abarcar tierras de laderas, cañadas y pies de monte, frecuentemente con vegetación natural.

Estos terrenos, que se habían respetado anteriormente por su pendiente y otras condiciones desfavorables a la urbanización son, en general, zonas de recarga de los acuíferos y no pocas veces, de alta vulnerabilidad. De continuar el proceso de expansión de la zona urbana sobre ellos, especies microendémicas en la norma como *Mamillaria mathildaey* *Opuntia elizondoana*, entre otras, están condenadas a la extinción en el corto plazo, junto con los escasos manchones ocupados por ecosistemas en estado razonable de conservación.

Impactos en la salud

De acuerdo al reporte “Preventing Disease through Healthy Environments” (Pruss-Ustun and Corvalan, 2006), el 24 por ciento de la morbilidad y el 23 por ciento de las muertes a nivel mundial, se han debido a exposiciones a riesgos ambientales, la mayor parte de los cuales pudieron ser evitadas⁴³. Entre las enfermedades que se mencionan, que pueden atribuirse en gran parte a factores ambientales y que están presentes en este reporte, se tienen:

- a) Las infecciones intestinales, que se pueden atribuir en gran parte al uso de agua no potable y a la falta de sistemas de saneamiento.

⁴³PNUMA. Perspectivas del medio ambiente urbano: Geo Ciudad de Querétaro, 2008.

- b) Las infecciones de vías respiratorias, que se pueden atribuir en gran parte a la contaminación del aire.
- c) Las afecciones perinatales.

4.3.1.1. Morbilidad

Con el objeto de tener una visión amplia de las enfermedades que aquejan con mayor incidencia a la población de la región, se muestran en la Tabla 4.6 los casos presentados durante el 2005, en la ZMQ, así como en cada uno de los municipios que la forman y como referencia en todo el estado.

Tabla 4.6 Principales causas de morbilidad (en casos por cien mil habitantes) en la región, 2005.

Causas	Corregidora	Huimilpan	El Marqués	Querétaro	ZMQ	Resto del Estado
Infecciones respiratorias agudas	22,826.1	36,257.9	24,053.4	21,238.0	22,146.7	27,055.3
Infecciones intestinales por otros organismos y las mal definidas	2,611.2	3,759.3	3,333.9	4,577.0	4,262.8	4,820.1
Infección de vías urinarias	2,025.8	1,741.2	1,238.1	2,901.6	2,638.7	2,924.9
Úlceras, gastritis y duodenitis	954.8	1,270.5	768.2	861.2	876.0	1,231.6
Amibiasis intestinal	570.1	1,107.5	203.9	692.9	654.1	795.2
Conjuntivitis	477.4	1,473.6	921.1	304.1	413.5	620.5
Otitis media aguda		898.3	773.2	426.1	433.6	574.2
Gingivitis y enfermedad periodontal	238.1	163.0	192.7	544.2	472.9	542.3
Resto de Causas	3,178.9	1,476.7	2,066.0	2,016.7	2,108.0	3,296.4
Total	33,499.5	49,083.2	33,904.7	35,172.8	35,394.5	43,344.5

Fuente: Secretaría de Salud del estado de Querétaro 2007.

En la ZMQ se tiene como principal enfermedad, con una tasa de 22 146.7 casos por cada cien mil habitantes, a las infecciones respiratorias agudas, seguido por las infecciones intestinales por otros organismos, cuya tasa (4 262.8 por cada cien mil habitantes) es unas cinco veces menor a la anterior. A continuación, la infección de vías urinarias muestra una tasa de 2 638.7 por cada cien mil habitantes, seguida por úlceras, gastritis y duodenitis con una tasa de 876 por cada cien mil habitantes.

No se puede cuantificar de manera precisa el impacto que tiene la calidad del agua o del aire sobre las afecciones mencionadas; por ejemplo el consumo de alimentos contaminados contribuye en buena medida a tener infecciones intestinales, así como el clima es un factor importante en la presencia de infecciones respiratorias.

Sin embargo, las dos enfermedades más importantes en la región tienen una relación muy fuerte con el estado del medio ambiente y al mejorar la gestión de éste, se puede disminuir su incidencia.

La evolución de estas tasas en la ZMQ se presenta en la Tabla 4.7, en donde puede notarse que se ha tenido una disminución importante en la morbilidad en los últimos años.

Tabla 4.7 Principales causas de morbilidad (en casos por cien mil habitantes) en la ZMQ, de 1999 a 2005.

Padecimiento	Corregidora	Huimilpan	El Marqués	Querétaro
Infecciones Respiratorias Agudas	34,094.40	31,348.50	24,805.90	22,146.70
Infecciones Intestinales por otros organismos y las mal definidas	5,044.90	5,472.40	4,501.30	4,262.80
Infección de vías urinarias		3,250.10	2,574.30	2,638.70
Gastritis, duodenitis y úlcera		934.80	860.60	876
Amibiasis Intestinal	1,181.80	1,198.40	814.90	654.10
Otitis Media Aguda	338.90	407.60	448.30	433.50
Varicela	402.10	313.90	276.80	316.70
Hipertensión Arterial	393.50	507.90	293	291.10
Candidiasis urogenital	233.10	278	230	149.70
Todas	45,343.60	47,453.10	37,548.50	35,394.50

Fuente: Secretaría de Salud del estado de Querétaro 2000-2007.

Nota: Las celdas sombreadas son las que se relacionan con mala calidad del aire.

4.3.1.2. Mortalidad

Con respecto a este tema, en la Tabla 4.8 se presentan las tasas (en casos por cien mil habitantes) de las principales causas de mortalidad general, en el 2005 en la ZMQ, así como en cada uno de los municipios que la forman y como referencia en todo el estado.

Tabla 4.8. Principales causas de mortalidad general en casos por cien mil habitantes, 2005.

Padecimiento	Corregidora	Huimilpan	El Marqués	Querétaro	ZMQ	Estado
Tumores malignos	58.7	43.1	51	57.6	56.6	51
Enfermedades del corazón	69.2	40	54.7	54.9	55.6	59.3
Diabetes Mellitus	57.5	67.7	52.2	54.3	54.9	50.2
Enfermedades del hígado	29.3	80	34.8	25.1	28.2	38.8
Accidentes	24.6	36.9	37.3	24.4	26	31.9
Enfermedades Cerebrovasculares	14.1	12.3	19.9	16.9	16.8	19.9
Ciertas afecciones originadas en el periodo perinatal	15.2	24.6	23.6	12.5	14.1	14.7
Enfermedades pulmonares obstructivas crónicas	9.4	6.2	17.4	11.1	11.3	13.2
Influenza y Neumonía	12.9	9.2	11.2	10.4	10.7	12.4
Malformaciones congénitas, deformidades y anomalías cromosómicas	4.7	12.3	7.5	8.9	8.5	9.5
Agresiones (homicidio)	5.9	6.2	5	4.7	4.9	4.4
Desnutrición y otras deficiencias nutricionales	4.7	3.1	6.2	4.7	4.8	8.2
Bronquitis crónica y la no Especificada	7	9.2	6.2	3.3	4.1	5.4
Enfermedades infecciosas Intestinales	nd	6.2	8.7	2.6	3	3.7
Síndrome de dependencia del Alcohol	3.5	15.4	3.7	nd	1.2	4.1
Las demás causas	43.4	36.9	46	41.6	42	43.7
Total	389.5	458.4	416.4	357	368.8	396.9

Fuente: Secretaría de Salud del estado de Querétaro 2007.

Nota: Las celdas sombreadas son las que se relacionan con mala calidad del aire.

De entre las causas más generalizadas en la ZMQ en el 2005, los tumores malignos, las enfermedades del corazón y la diabetes Mellitus fueron las principales causas, con 56.6, 55.6 y 54.9 casos por cien mil habitantes respectivamente. También significativo es el caso de las afecciones originadas en el periodo perinatal, con una tasa de 14.1 casos por cien mil habitantes y que de acuerdo con la citada referencia de Pruss-Ustun and Corvalan, pueden también atribuirse en gran medida a factores ambientales.

La evolución de estas tasas en la ZMQ se presenta en la Tabla 4.9, en donde se puede ver una ligera disminución en la tasa general de mortalidad, pero también un aumento en las tasas registradas para las principales causas.

Para apreciar el impacto de los factores ambientales en la mortalidad infantil, se presenta la Tabla 4.10, en donde se puede observar que para el año 2005, las afecciones originadas en el periodo perinatal son la primera causa de mortalidad infantil y las enfermedades infecciosas intestinales se encuentran como la quinta causa.

Tabla 4.9. Principales causas de mortalidad general (en casos por cien mil habitantes) en la ZMQ, de 1999 a 2005.

Causa	1999	2001	2003	2005
Tumores malignos	47.3	43.6	45	56.6
Enfermedades del corazón	52.5	56.1	54.9	55.6
Diabetes Mellitus	47.2	44.4	56	54.9
Enfermedades del hígado	31.5	31	29.8	28.2
Accidentes	30.9	39	29.5	26
Enfermedades cerebrovasculares	22.6	18.3	18.7	16.8
Ciertas afecciones originadas en el período perinatal	23.6	20.6	14.9	14.1
Enfermedades pulmonares obstructivas crónicas	11.7	14	11.8	11.3
Influenza y Neumonía	10.4	7.4	11.1	10.7
Malformaciones congénitas, deformidades y anomalías Cromosómicas	14.8	13.3	11.2	8.5
Insuficiencia renal	5.2	8.1	8.4	7.2
Agresiones (homicidio)	5.6	6.5	3.7	4.9
Desnutrición y otras deficiencias nutricionales	6.4	7.2	6.5	4.8
Bronquitis crónica y la no especificada, enfisema y asma	5.7	4.7	4.8	4.1
Lesiones auto infligidas intencionalmente (suicidio)	3	4	3	4
Enfermedades infecciosas intestinales	5.2	3.8	2.3	3
Todas	400.2	383.5	375.4	368.6

Fuente: Secretaría de Salud del estado de Querétaro 2000-2007.

Nota: Las celdas sombreadas son las que se relacionan con mala calidad del aire.

Tabla 4.10. Principales causas de mortalidad infantil en casos por 100,000 habitantes en el año 2005.

Causas	Corregidora	Huimilpan	El Marqués	Querétaro	ZMQ	Resto del Estado
Afecciones originadas en el periodo perinatal	858.1		1104.7	727.9	743.4	778.0
Malformaciones congénitas	198.0	247.8	290.7	419.3	377.7	407.2
Neumonía e influenza	66.0	247.8	58.1	31.6	48.0	86.1

Causas	Corregidora	Huimilpan	El Marqués	Querétaro	ZMQ	Resto del Estado
Accidentes	66.0		174.4	150.3	137.9	178.8
Enfermedades. Infecciosas intestinales			232.6	31.6	48.0	66.2
Enfermedades del esófago				15.8	12.0	16.6
Septicemia			174.4	15.8	30.0	26.5
Desnutrición, def. nutricionales						6.6
Enfermedades. Respiratorias agudas						6.6
Enfermedades del hígado			58.1		6.0	3.3
Las demás causas	198		58.1	63.3	71.9	53
Todas	1,452.10	619.6	2,325.60	1,503.30	1,540.70	1,691.70
Población (nacidos vivos registrados)	1,515	807	1,720	12,639	16,681	30,207

Fuente: Secretaría de Salud del estado de Querétaro 2007.

Nota: Las celdas sombreadas son las que se relacionan con mala calidad del aire.

En la Tabla 4.11 se presentan los indicadores de impacto a la salud por enfermedades relacionadas con la contaminación del agua y del aire, de acuerdo con la información generada en el año 2005.

Tabla 4.11. Indicadores de impacto en el año 2005.

Tema	Indicador Unidad	Periodicidad	Valor
Agua	Incidencia de enfermedades gastrointestinales y de origen hídrico / 100,000 habitantes	Casos / 100,000 habitantes / Anual	5,615
	Daños por inundaciones	Miles de pesos / Anual 0	(2007)
Aire	Incidencia de enfermedades respiratorias / 100,000 habitantes	Casos / 100,000 habitantes / Anual	22,147

Fuente: SEDESU.

Nota: Las celdas sombreadas son las que se relacionan con mala calidad del aire.

Indicadores de salud en la ZM de Querétaro-San Juan del Río

De acuerdo con información proporcionada por la Dirección de Fomento y Regulación Sanitaria de la Secretaría de Salud del Estado de Querétaro (DFRS-SSEQ), en la Tabla 4.12 se muestran algunos indicadores de salud dentro del Estado y dentro de los municipios que conforman la región de estudio del ProAire.

Tabla 4.12. Indicadores de salud en la ZM de Querétaro-San Juan del Río, 2010.

CONCEPTO	ESTATAL		QUERETARO		CORREGIDORA		EL MARQUES		HUIMILPAN		PEDRO ESCOBEDO		SAN JUAN DEL RIO		TEQUISQUIAPAN	
	Casos	Tasa	Casos	Tasa	Casos	Tasa	Casos	Tasa	Casos	Tasa	Casos	Tasa	Casos	Tasa	Casos	Tasa
Mortalidad total	7887	450.4	3440	427.5	468	358.1	417	478.7	162	453.1	288	459.4	961	417.3	294	495.7
Mortalidad por enfermedad respiratoria	254	14.5	91	11.3	21	16.1	18	20.7	2	5.6	12	19.1	28	12.2	21	35.4
Mortalidad por enfermedad cardiovascular	945	54	507	63	62	47.4	47	53.9	20	55.9	30	47.9	72	31.3	28	47.2
Admisión en hospitales por enfermedad respiratoria	991	152.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Admisión en hospitales por afecciones cardíacas	557	85.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Visitas a salas de emergencia por enfermedades respiratorias	1288	198.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Visitas a salas de emergencia por afecciones cardíacas	696	107.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Enfermedades respiratorias	528636	30191.1	218630	27170.4	27693	21192.3	28395	32593.0	13862	38772.7	19977	31863.8	61371	26651.4	16788	28306.9
Neumonías y bronconeumonías	1918	109.5	1455	180.8	20	15.3	14	16.1	12	33.6	12	19.1	210	91.2	10	16.9
Asma u otras	2919	166.7	1483	184.3	134	102.5	69	79.2	47	131.5	95	151.5	421	182.8	94	158.5
Enfermedades cardíacas	682	38.9	509	63.3	28	21.4	4	4.6	6	16.8	30	47.9	25	10.9	9	15.2

Fuente: Elaboración de la Dirección de Fomento y Regulación Sanitaria en base a datos de morbilidad EPI-MORBI 2010; datos de mortalidad SED 2010. Hospitales de la zona de riesgo: Hospital General de Querétaro, Hospital de especialidades del niño y la mujer y Hospital General de San Juan del Río. Población para tasas hospitalarias: 650,254 de población abierta de las jurisdicciones 1 de Querétaro y 2 de San Juan del Río.

Aún no se cuenta con la posibilidad de asociar las enfermedades respiratorias reportadas por la Secretaría de Salud con los reportes del monitoreo de concentraciones de los contaminantes del aire dada la carencia de información continua de contaminantes y el tiempo de medición que tiene el actual Sistema de Monitoreo Atmosférico. Sin embargo, pueden sentarse las bases para realizar esta asociación en los años subsecuentes. En la Tabla 4.13 se presenta la población en la zona de estudio que podría estar en riesgo de padecer algún impacto en su salud por los niveles de contaminación del aire.

Tabla 4.13. Población de la zona de estudio del ProAire Querétaro, 2010.

Población de la zona de estudio	Población
Población total del estado de Querétaro	1,781,276
Municipios	7
Querétaro	818,781
Corregidora	136,538
El Marqués	88,547
Huimilpan	36,332
Pedro Escobedo	63,912
San Juan del Río	234,654
Tequisquiapan	60,109
Población de la zona de estudio	1,438,873

Fuente: Elaboración de la Dirección de Fomento y Regulación Sanitaria de Querétaro.

Capítulo 5

Sustancias agotadoras de la capa de ozono y cambio climático

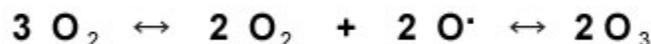
5. Sustancias agotadoras de la capa de ozono y cambio climático

Los cambios en la temperatura y los vientos en la estratósfera hacen variar el O₃ estratosférico. Por ejemplo, las bajas temperaturas y los fuertes vientos polares agudizan y prolongan el agotamiento del O₃ polar en invierno. Mientras la superficie terrestre se calienta por el forzamiento radiactivo positivo debido al aumento del CO₂, la estratósfera se enfría. Un leve enfriamiento debajo de la estratósfera está ocurriendo desde la década de los setenta.

Una estratósfera más fría puede prolongar el período en el que las nubes estratosféricas polares (NEP) estén en las regiones polares y como resultado, puede aumentar el agotamiento del O₃ invernal. Estas variaciones pueden retrasar la recuperación de la capa de ozono. En la parte alta de la estratósfera, sobre las NEP, una estratósfera más fría aumentaría la cantidad de O₃. Los cambios en la composición atmosférica que hacen a un clima más cálido pueden afectar el equilibrio de producción y procesos de pérdida del O₃ estratosférico⁴⁴.

5.1. Sustancias agotadoras de la capa de ozono

El O₃ es un gas formado por tres átomos de oxígeno. Las moléculas de O₃ se crean en una reacción fotoquímica, que se puede describir en forma simplificada de la siguiente manera:



Las moléculas de oxígeno reaccionan para formar moléculas de O₃ y, al mismo tiempo, las moléculas de O₃ reaccionan para formar moléculas de oxígeno. Si el número de moléculas de O₃ que se crean es el mismo que el número de moléculas de O₃ que se descomponen, la reacción está en equilibrio dinámico.

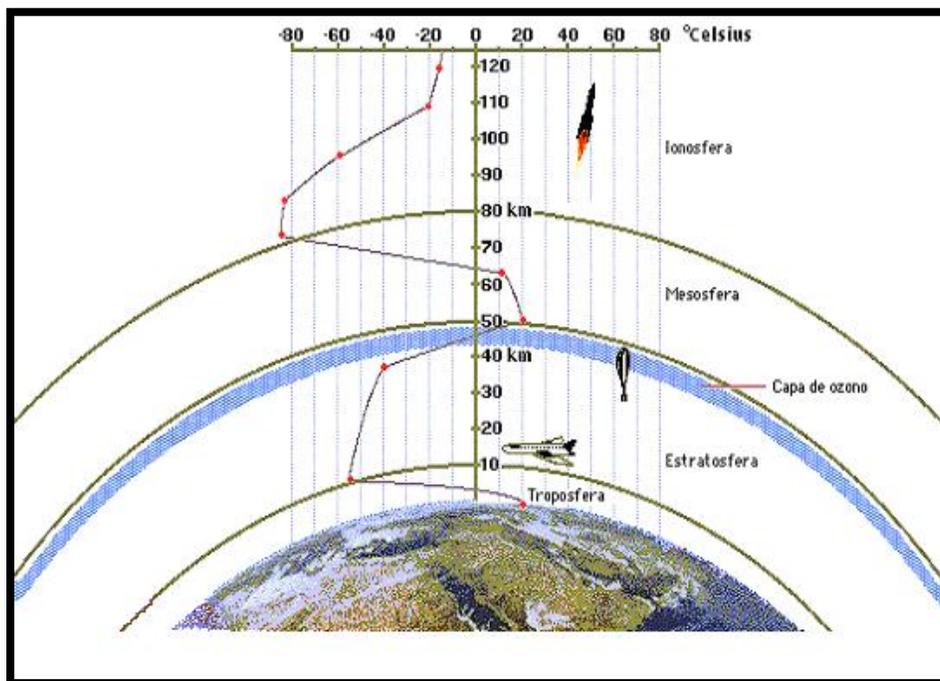
La capa de ozono es un término que se usa para describir la presencia de moléculas de O₃ en la estratosfera⁴⁵.

La estratósfera es aquella parte de la atmósfera que viene a continuación de la tropósfera. Comienza a una distancia comprendida entre 10 y 20 km por encima de la superficie de la tierra y continúa hasta una altura aproximada de 40 a 50 km (Figura 5.1).

Figura 5.1 Capas de la atmósfera terrestre.

⁴⁴Fahey, David W. Veinte Preguntas y Respuestas sobre la Capa de Ozono, 2002.

⁴⁵<http://www.SEMARNAT.gob.mx/temas/gestionambiental/calidaddelaire/Paginas/pco.aspx> Actualizada a 19 de abril de 2011.



Fuente: <http://www.cma.gva.es/web/indice.aspx?nodo=4555>.

Es importante aclarar que mientras el O_3 al nivel del suelo es un contaminante del aire que afecta la salud, la capa de ozono, ubicada a una altura de entre 40 y 50 km sobre el nivel del mar, protege la vida sobre la tierra.

El O_3 estratosférico es diferente al O_3 troposférico o superficial, éste último es producido por las emisiones procedentes de la industria y del tránsito combinado con condiciones meteorológicas específicas. Es parte del smog fotoquímico y, por ser un gas irritante, puede causar problemas respiratorios especialmente en las personas vulnerables.

La capa de ozono (en la estratósfera) se expande alrededor del globo completo de la Tierra como una burbuja y actúa como filtro de la radiación ultravioleta nociva (Uv-B). La radiación Uv-B es una luz altamente energética que se origina en el sol y que produce un impacto severo sobre la salud de los seres humanos y el medio ambiente.

Los efectos que produce el agotamiento de la capa de ozono en la salud de los seres humanos y en el medio ambiente son los siguientes:

- a) Supresión del sistema inmunológico dañando el Ácido Desoxirribonucleico (ADN). Esto resulta en un aumento en la frecuencia y en el número de casos de enfermedades infecciosas, así como en posibles efectos adversos en los programas de inoculación. Se sabe que la radiación Uv-B produce cáncer de piel, tanto del tipo no melanoma (el menos peligroso) como melanoma virulento maligno cutáneo. El aumento de la radiación Uv-B también daña los ojos, incluyendo cataratas, que en muchos países son una de las causas principales de ceguera.

- b) Efectos adversos serios sobre la agricultura y daña los bosques. La radiación ultravioleta produce cambios en la composición química de varias especies de plantas. Los experimentos en cultivos han mostrado que los más vulnerables a la radiación Uv-B son los melones, la mostaza y el repollo. El aumento de la radiación Uv-B también reduce la calidad de ciertos tipos de tomates, papas, remolachas dulces y soja. Las pruebas han mostrado que las semillas de las coníferas también se ven afectadas adversamente.
- c) Daño a los organismos acuáticos, en particular a los más pequeños como por ejemplo plancton, plantas acuáticas, larvas de peces, camarones y cangrejos, que son los que forman la base esencial de la red alimenticia acuática y marina. Por consiguiente, daña la industria pesquera.
- d) Los materiales empleados en la edificación, pinturas, gomas, madera y plásticos pierden calidad por la radiación Uv-B, particularmente los plásticos y las gomas que se usan a la intemperie. El daño sería severo en las regiones tropicales donde los efectos se ven aumentados por las altas temperaturas y por los altos niveles de luz solar. Daños parecidos podrían ascender a billones de dólares por año.
- e) La radiación Uv-B ocasiona un aumento en el nivel de smog superficial, especialmente en las ciudades donde las emisiones de la industria y de los automóviles proveen la base para las reacciones fotoquímicas. Esto produce sus propios efectos adversos en la salud de los seres humanos y en el medio ambiente.

Las moléculas de O_3 están dispersas en la estratosfera y por consiguiente el espesor físico de la capa de ozono es de decenas de kilómetros. No obstante, la presión y por lo tanto la concentración de moléculas en la estratosfera ya es muy pequeña en comparación con la que existe en la superficie.

En consecuencia, la concentración de las moléculas de O_3 en la estratósfera es tan pequeña que si se extrajeran todas las moléculas de O_3 de la estratosfera y se dispersaran alrededor de la Tierra al nivel del suelo, formarían una capa de ozono gaseoso de un par de milímetros de espesor.

Este espesor teórico de la capa de ozono superficial se usa como una medida de la cantidad de moléculas de O_3 en la estratósfera y se mide en Unidades Dobson (UD).

Cada UD equivale a 0,01 milímetro, por consiguiente 300 Unidades Dobson corresponden a un espesor calculado de la capa de ozono de 3 milímetros.

En los años setenta los científicos descubrieron que las sustancias agotadoras de la capa de ozono (SAO) liberadas dañan la capa de ozono. La concentración de O_3 sobre la Antártida disminuyó entre los años setenta y noventa hasta en un 70 por ciento comparada con la concentración que normalmente se encuentra en la Antártida. Este fenómeno de gran escala se llama habitualmente agujero de ozono. Los científicos han observado concentraciones de O_3 decrecientes sobre todo el globo.

Unas observaciones recientes muestran que las condiciones de la parte superior de la atmósfera en el Hemisferio Norte se están asemejando a las de la Antártida. La pérdida misma de O₃ y el efecto invernadero están haciendo que la parte superior de la atmósfera se enfríe, lo que facilita la destrucción del O₃. Esto podría dar como resultado la formación de un “agujero de ozono ártico” o un “evento de bajo ozono” en los próximos 20 años.

La diferencia alarmante es que existen millones de personas que viven en el área que será expuesta a esa radiación creciente de UV-B. Un “evento de bajo ozono” en el Ártico podría ser trasladado fácilmente hacia el sur por los vientos que se producen a gran altura, y aparecer sobre áreas pobladas de los Estados Unidos de América, Canadá, Europa y Asia.

El agotamiento del O₃ no es lo mismo que el cambio climático y el calentamiento global de la atmósfera. El calentamiento global de la atmósfera y cambio climático es producido por la emisión de GEI que atrapan el calor que sale de la Tierra, haciendo que la temperatura de la atmósfera aumente. Los GEI incluyen: CO₂, CH₄, CFC, HCFC y halones. El potencial de calentamiento global de la atmósfera (PCG) es la contribución de cada uno de los GEI en el calentamiento global de la atmósfera, relativa a la del CO₂ cuyo PCG tiene por definición el valor 1. Normalmente se refiere a un intervalo de tiempo de 100 años (PCG 100).

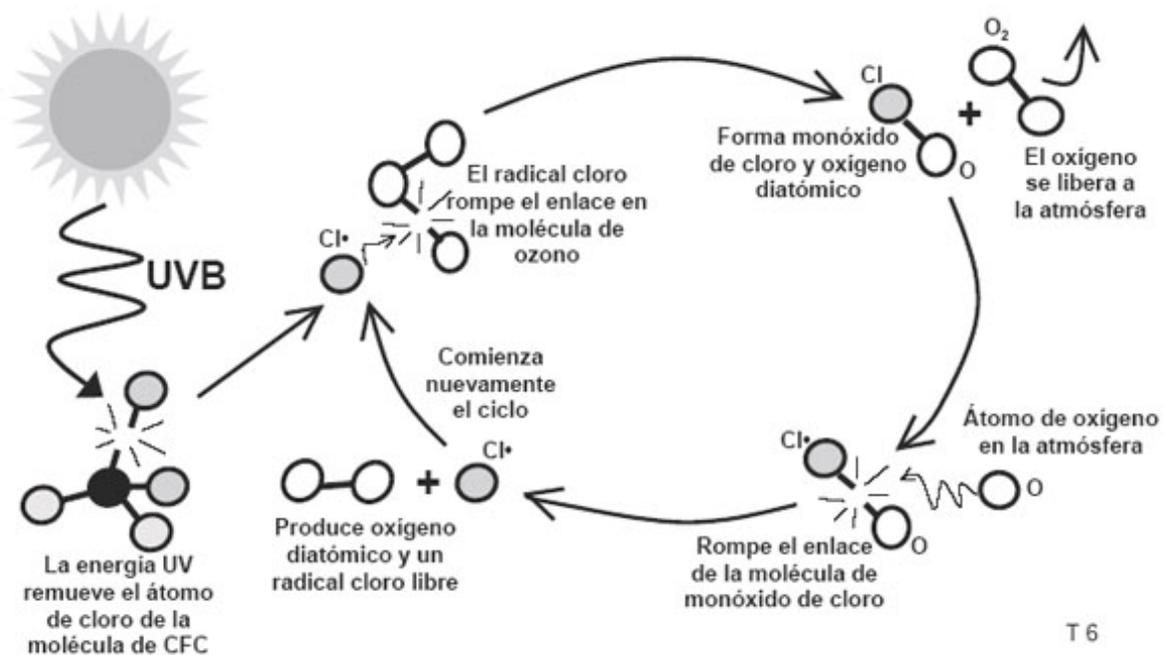
Los impactos producidos por el cambio climático mundial pueden incluir un aumento en el nivel del mar, resultando en una pérdida valiosa de áreas costales y en una mayor intrusión del agua de mar tierra adentro, así como efectos impredecibles en los ecosistemas y desastres naturales.

El equilibrio dinámico entre la creación y la descomposición de las moléculas de O₃ depende de la temperatura, la presión, las condiciones energéticas y la concentración de las moléculas. El equilibrio se puede perturbar, por ejemplo, por la reacción de otras moléculas con las moléculas de O₃, produciendo la consecuente destrucción de estas últimas. Si este proceso de destrucción es rápido y la creación de nuevas moléculas de O₃ es demasiado lento como para reponer las moléculas destruidas, se perderá el equilibrio. Como resultado, disminuirá su concentración.

En el marco del Protocolo de Montreal se identificó un número de SAO y se controla la producción y la utilización de las mismas. El poder destructivo de estas sustancias es enorme porque reaccionan con las moléculas de O₃ en una reacción fotoquímica en cadena. Una vez destruida una molécula de O₃, la SAO está disponible para destruir otras más.

La duración de la vida destructiva de una SAO puede extenderse entre los 100 y 400 años, dependiendo del tipo de SAO. Por consiguiente, una molécula de SAO puede destruir cientos de miles de moléculas de O₃. La Figura 5.2 ilustra el proceso mediante el cual los Clorofluorocarbonos (CFC) agotan la capa de ozono.

Figura 5.2. Destrucción de la capa de ozono causada por los CFC.



Fuente: <http://sissao.SEMARNAT.gob.mx/sissao/p8.htm>.

Las SAO son sustancias químicas que tienen el potencial de reaccionar con las moléculas de O_3 de la estratosfera. Las SAO son básicamente hidrocarburos clorinados, fluorinados o brominados e incluyen:

- Clorofluorocarbonos (CFC).
- Hidroclorofluorocarbonos (HCFC).
- Halones.
- Hidrobromofluorocarbonos (HBFC).
- Bromoclorometano.
- Metilcloroformo.
- Tetracloruro de carbono.
- Bromuro de metilo.

La capacidad que estas sustancias químicas tienen para agotar la capa de ozono se conoce como potencial de agotamiento del ozono (PAO). A cada sustancia se le asigna un PAO relativo al CFC -11, cuyo PAO por definición tiene el valor 1. Algunos ejemplos de PAO se muestran en la Tabla 5.1.

Tabla 5.1. Potencial de agotamiento del Ozono de algunas sustancias SAO seleccionadas.

Ejemplos de PAO	
CFC -11	1,0
CFC -12	1,0
Halon-1301	10,0

Tetracloruro de carbono	1,1
Metilcloroformo	0,1
Hcfc -22	0,055
Hbfc-22B1	0,74
Bromoclorometano	0,12
Bromuro de metilo	0,6

Fuente: <http://sissao.SEMARNAT.gob.mx/sissao/p9.htm>

En la mayoría de los países en desarrollo, el sector más grande que aún sigue empleando SAO es el de mantenimiento de equipos de refrigeración y aire acondicionado, donde los CFC y HCFC se utilizan como refrigerantes en los circuitos de enfriamiento.

Las SAO también se emplean como agentes espumantes en la fabricación de espumas, como solventes de limpieza en la industria de la electrónica, como propulsores en los productos en aerosol, como esterilizantes, como agentes para combatir el fuego, como fumigantes para controlar plagas y enfermedades y como materias primas.

Las SAO se emplean como refrigerantes en los sistemas de refrigeración y aire acondicionado y en los de bombas de calor. Los refrigerantes CFC se están reemplazando gradualmente por los siguientes, que son menos nocivos para la capa de ozono: refrigerantes HCFC (PAO y PCG>0), refrigerantes HBFC (PAO =0 pero PCG>0) y refrigerantes hidrocarburos (PAO y PCG=0).

Muchos refrigeradores domésticos emplean CFC -12. Los sistemas de refrigeración comercial que se usan para exhibir y almacenar alimentos frescos y congelados pueden utilizar como refrigerante: CFC -12, R-502 (mezcla de CFC -115 y H CFC -22) o H CFC -22. Los sistemas de refrigeración y aire acondicionado que se emplean en los recipientes para el transporte en ruta y en ferrocarril y en los barcos de carga o de pasajeros pueden contener CFC -11, CFC -12, CFC -14, HCFC -22 o mezclas que contienen los CFC siguientes: R-500 (mezcla de CFC -12 y HFC-152a) y R-502 (mezcla de CFC -115 y HCFC-22).

Los sistemas de aire acondicionado y de bombas de calor para edificios pueden contener grandes cantidades de HFCF-22, CFC-11, CFC-12 o CFC-114 como refrigerantes. La mayoría de los automóviles antiguos utilizan con frecuencia refrigerantes CFC para sus sistemas de aire acondicionado. Muchos de los refrigerantes utilizados para sustituir el CFC-12 están basados en mezclas que contienen HCFC.

Con anterioridad a los controles regulatorios, el CFC-11 era el agente espumante más común en la fabricación de espumas de poliuretano, fenólicas, de poliestireno y poliolefinas. Las espumas se emplean en una amplia variedad de productos y para el aislamiento. El CFC-11 se está reemplazando progresivamente con HCFC -141b o con sustancias alternativas que no agotan la capa de ozono.

El CFC-113 se ha usado ampliamente como solvente de limpieza en los procesos de producción en los que se arman productos electrónicos, en la limpieza de precisión y en el desengrase general de metales durante la fabricación. También se emplea en la industria textil para la limpieza en seco y para la limpieza de manchas. Otros solventes que agotan la capa de ozono incluyen el metilcloroformo y el tetracloruro de carbono.

El CFC-11 y el CFC-12 fueron usados ampliamente como propulsores de aerosoles porque no son inflamables, no son explosivos y no tienen propiedades tóxicas. El CFC-14 se ha usado para distribuir productos que contienen alcohol. CFC-113 se ha usado y se usa en aerosoles destinados a la limpieza. Se pueden producir en forma altamente pura y son buenos solventes.

Los productos que vienen en aerosol incluyen lacas, desodorantes, espumas de afeitarse, perfumes, insecticidas, limpiavidrios, limpiahornos, productos farmacéuticos, productos veterinarios, pinturas, gomas, lubricantes y aceites.

A mediados de los setenta la utilización de propulsores CFC en productos en aerosol representaba el 60 por ciento de todo el CFC-11 y CFC-12 usado en el mundo. A finales de los setentas, los países comenzaron a prohibir o restringir la utilización de los CFC en los productos en aerosol.

Las mezclas de CFC-12 y óxido de etileno se usan en la esterilización médica. El compuesto de CFC reduce la inflamabilidad y el riesgo de explosiones que presenta el óxido de etileno. La mezcla más común contiene 88 por ciento en peso de CFC-12 y se conoce comúnmente como 12/88. El óxido de etileno es particularmente útil para esterilizar objetos que son sensibles al calor y a la humedad, como por ejemplo catéteres y equipos médicos, que usan fibra óptica.

Los halones y los HBFC fueron usados ampliamente como extintores de incendio y en la mayoría de los casos se los reemplaza por espumas o CO₂.

El bromuro de metilo ha sido y es usado extensamente como plaguicida para la fumigación del suelo con el propósito de proteger las cosechas y prevenir pestes. También se emplea en las aplicaciones exentas para cuarentena y preembarque.

El HCFC y el tetracloruro de carbono se emplean comúnmente como materias primas en síntesis químicas. El tetracloruro de carbono se usa como agente de proceso. Las SAO que se usan como materias primas no suelen liberarse a la atmósfera y por ende no contribuyen al agotamiento de la capa de ozono.

Las SAO se liberan en la atmósfera de varias formas incluyendo las siguientes:

- uso tradicional de solventes de limpieza, pinturas, equipos para combatir el fuego y latas de aerosoles;
- despresurización y purga durante el mantenimiento de los sistemas de refrigeración y aire acondicionado;
- uso del bromuro de metilo en la fumigación del suelo y en las aplicaciones para cuarentena y pre embarque;
- eliminación de productos y de equipos que contienen SAO, como por ejemplo espumas o refrigeradores; y
- circuitos de refrigeración que presentan fuga.

Una vez liberadas a la atmósfera las SAO se diluyen en el aire ambiental y pueden alcanzar la estratosfera mediante las corrientes de aire, los efectos termodinámicos y la difusión. Debido a su larga vida, la mayoría de las SAO alcanzarán la estratosfera en algún momento.

Implementación del Protocolo de Montreal en México

México reafirmó su compromiso en materia de protección a la capa de ozono al cerrar de manera anticipada su producción de CFC.

Con el apoyo de los organismos internacionales, de 1989 a la fecha, se ha reducido el consumo de más del 90 por ciento de CFC.

En septiembre de 2005, México cerró su producción de CFC, utilizados en refrigeradores, aires acondicionados, aerosoles y en la producción de espumas de poliuretano, las cuales son sustancias que dañan la capa superior de ozono. Con esta acción México se adelanta en sus compromisos impactando en una reducción de un 12 por ciento la producción mundial de CFC, y en un 60 por ciento en la producción a nivel continental. Con este evento, el 16 de septiembre de 2005, México celebró el Día Internacional para la Protección de la Capa de Ozono.

El Protocolo de Montreal, firmado en 1987, está dirigido a atender uno de los problemas más graves que ha enfrentado la humanidad: la destrucción de la frágil capa de ozono estratosférico que protege la vida de los letales rayos ultravioleta del sol, debida al uso de CFC y otras sustancias químicas utilizadas como aerosoles, refrigerantes y algunos plaguicidas⁴⁶.

Es fundamental reconocer la trascendencia de las investigaciones científicas realizadas por el Dr. Mario Molina, quien junto con los doctores Sherwood Rowland y Paul Crutzen dieron la primera alerta sobre la importancia de enfrentar este serio problema. Estas investigaciones no solamente han sido reconocidas con el Premio Nobel de Química 1995, sino que han significado una sólida base para una acción internacional concertada hacia el logro de beneficios comunes a la humanidad.

Es oportuno recordar que cuando el Programa de las Naciones Unidas (PNUMA) propuso por primera vez, en la década de los setentas, el control de las sustancias químicas que los científicos habían identificado como responsables del daño a la capa de ozono, hubo fuertes resistencias internacionales. Pero las evidencias de la destrucción de la capa de ozono y un creciente clamor público acerca de las consecuencias potenciales, persuadió finalmente a los países a tomar acción.

Hoy en día, el Protocolo de Montreal es reconocido como uno de los esfuerzos internacionales más exitosos para proteger el medio ambiente mundial, con 196 países que forman parte de este acuerdo internacional y tienen el compromiso de eliminar todas las sustancias que agotan la capa de ozono, siguiendo estrictos calendarios. México ha sido un activo promotor del Protocolo de Montreal y un ejemplo a nivel internacional en el cumplimiento de sus compromisos.

⁴⁶DGGCARETC -SEMARNAT. México protege la capa de ozono, 2011.

En los últimos 15 años, el Protocolo de Montreal ha destinado alrededor de 1.5 billones de dólares a nivel mundial para apoyar a los países en desarrollo en la ejecución de proyectos para eliminar sustancias que agotan la capa de ozono. En particular, el Protocolo de Montreal ha otorgado apoyos a México por más de 75 millones de dólares.

Entre los logros más importantes de nuestro país destacan los siguientes:

- En los últimos 15 años se ha reducido en más de un 90 por ciento el consumo de CFC, debido a la ejecución de más de 100 proyectos para la sustitución en el uso de estas sustancias en los refrigeradores domésticos, comerciales, aires acondicionados, aerosoles, solventes y espumas de poliuretano.
- Desde 1990, los productos en aerosol distribuidos en México utilizan propelentes alternativos, y a partir de 1997, todos los refrigeradores domésticos y comerciales producidos en nuestro país se encuentran libres de CFC.
- A partir de 2005 se eliminó al 100 por ciento el uso de CFC en la producción de espumas de poliuretano, con lo que se han dejado de utilizar más de 600 toneladas de este compuesto en más de 200 empresas de nuestro país.
- En coordinación con el Fideicomiso de Ahorro de Energía se ha impulsado un mecanismo de financiamiento para la sustitución de enfriadores centrífugos, el cual ha sido reconocido dentro de las esferas del Protocolo de Montreal como el proyecto más exitoso en este tema.
- La SEMARNAT está ejecutando un plan para eliminar el consumo de CFC en la refrigeración, mediante la capacitación de técnicos, el establecimiento de centros de acopio para la recuperación y reciclaje de esta sustancia, así como la reconversión o sustitución de equipos que aún utilizan dicha sustancia como refrigerante.
- Se desarrolló y está implantando un sistema para vigilar la importación y exportación de sustancias agotadoras de la capa de ozono, en coordinación con la Administración General de Aduanas de la Secretaría de Hacienda y la Secretaría de Salud.
- Están en marcha proyectos para brindar asistencia técnica y capacitación a usuarios de bromuro de metilo, una sustancia que se utiliza como plaguicida para la fumigación de suelos y sistemas de almacenamiento de granos y harinas.

En el año 2005 se alcanzaron los siguientes avances:

- Se llevaron a cabo dos cursos de capacitación; el primero en materia de prevención de tráfico ilícito de CFC para personal de aduanas y la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), capacitando un total de 67 representantes. Asimismo, se equiparon 20 aduanas y el Laboratorio Central de Aduanas con detectores de CFC. El segundo en buenas prácticas de recuperación, manejo y almacenamiento de CFC, capacitando un total de 281 técnicos de centros de acopio, supervisores del FIDE/ASI, PROFEPA y SEMARNAT, y 90 centros de acopios recibieron en donación herramientas y equipos para realizar buenas prácticas de recuperación de CFC.

- El 9 de septiembre en México se realizó la ceremonia oficial del cierre de producción de CFC. Este es uno de los logros importantes reconocido a nivel mundial en materia de protección a la capa de ozono, ya que nuestro país suministraba el 60 por ciento del consumo de CFC de los países de Latinoamérica, y generaba el 12 por ciento de la producción a nivel mundial. Asimismo, nuestro país se adelantó cuatro años en el cumplimiento de este compromiso establecido ante el Protocolo de Montreal.
- Se firmaron seis convenios con las empresas de esterilizantes médicos para que reciban los recursos de NAFIN e inicien la reconversión de sus procesos. Con la firma de los convenios, las empresas de esterilizantes médicos están comprometidas a dejar de usar CFC para junio de 2006. Asimismo, se firmaron dos convenios con las empresas fabricantes de aerosoles con el mismo objetivo, que dejen de consumir CFC para el 2006.
- Se eliminó el consumo de 104.2 toneladas de CFC en la fabricación de espumas de poliuretano. Para cumplir el objetivo se otorgaron apoyos económicos a 85 empresas remanentes para que reconvirtieran sus procesos y dejarán de usar CFC en la fabricación de espumas. Con este proyecto se eliminó al 100 por ciento el consumo de CFC en la fabricación de espuma de poliuretano, garantizando con esto que en nuestro país ya no se producen espumas con CFC.
- Conforme a lo establecido en el Protocolo de Montreal, en México se redujo el 20 por ciento del consumo de bromuro de metilo. La reducción se controla mediante el sistema de cuotas que establece anualmente la DGGCARETC a las empresas que importan bromuro de metilo, ya que esta sustancia no se fabrica en nuestro país. Para ayudar a las empresas que utilizan el bromuro de metilo, se dieron dos cursos de capacitación sobre su uso eficiente y métodos opcionales para sustituirlo. Un curso fue para alrededor de 50 floricultores y el otro para alrededor de 50 productores de tomate.

El consumo de halones se ha eliminado al 100 por ciento desde el 2007.

Desde diciembre de 2004 se tiene en operación en la ciudad de San Juan del Río, Querétaro, el Banco de Halones Mexicano, cuya función es captar los halones que se han dejado de usar, reciclarlos y mantenerlos almacenados. Los halones reciclados solo se podrán usar en usos específicos que el gobierno defina.

Para octubre de 2011, se encuentran en operación dos centros de acopio y destrucción que forman parte del Programa de Sustitución de Equipos Electrodomésticos para el ahorro de energía. Uno de ellos en San Juan del Río y otro en la ciudad de Querétaro.

Conclusiones

No existen previsiones exactas de cuándo se recuperará la capa de ozono. Los científicos presumen que la concentración de las moléculas de O₃ en la estratósfera va a alcanzar niveles “normales” a mediados de este siglo, si todas la Partes en el Protocolo de Montreal y sus enmiendas cumplen con sus obligaciones de eliminación. Esto se debe parcialmente a la larga vida de las SAO y al tipo de reacción en cadena que destruye las moléculas de ozono.

Se anticipa que las incidencias de cáncer de piel y de cataratas van a demorar unos 20 a 50 años en disminuir hacia niveles “normales”, los cuales alcanzarán para finales de siglo. Independientemente del tipo de piel, los individuos se deberían aplicar una protección efectiva para la piel así como para los ojos para evitar daños en la salud. Esto es especialmente importante para los bebés y para los niños.

Es posible que los efectos del calentamiento global de la atmósfera vayan a retardar el proceso de recuperación de la capa de ozono. Por lo tanto, se debe prestar atención también a las emisiones de GEI. Las investigaciones recientes sugieren que el hielo que se está derritiendo en la Antártida va a liberar cantidades significativas de SAO y de GEI.

5.2. Cambio climático y mitigación de gases de efecto invernadero

El cambio climático constituye, junto con la degradación de ecosistemas y la pérdida de la biodiversidad, el problema ambiental más trascendente del siglo XXI y uno de los mayores desafíos globales que enfrenta la humanidad.

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) reconoce que el clima es un recurso mundial compartido por todos los países, cuya estabilidad puede verse afectada por las emisiones de CO₂ y otros GEI producidos por la actividad humana. De acuerdo con la misma CMNUCC: “por cambio climático se entiende un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante periodos comparables”.

La energía recibida del Sol (radiación solar o de onda corta) calienta la superficie de la Tierra y los océanos, éstos a su vez, reflejan esa energía de vuelta hacia el espacio exterior en forma de calor (radiación infrarroja); sin embargo, la atmósfera atrapa y retiene una parte de ese calor. Este fenómeno de efecto invernadero se presenta de manera natural, como consecuencia de la presencia de los GEI en la atmósfera. El vapor de agua y el dióxido de carbono (CO₂) son los principales GEI de origen natural.

Durante los últimos 150 años, el empleo generalizado y creciente de combustibles fósiles ha ocasionado que los GEI (especialmente el CO₂) incrementen su concentración atmosférica de manera significativa. Lo anterior se debe a que el CO₂ es uno de los productos principales de la combustión de combustibles fósiles.

La CMNUCC considera que la principal contribución antropogénica al cambio climático son las emisiones de los siguientes GEI: CO₂, CH₄, N₂O, los hidrofluorocarbonos (HFC), el hexafluoruro de azufre (SF₆) y los perfluorocarbonos (PFC). Recientemente, se ha encontrado que la contribución del carbono negro elemental (black carbon) al cambio climático había sido subestimada, y en la actualidad se le señala como el segundo GEI en la importancia de su contribución a este cambio, sólo después del CO₂. Adicionalmente, la CMNUCC alienta a los países no incluidos en el Anexo del

Protocolo de Kioto (es el caso de México y los demás países en desarrollo) a informar sobre las emisiones antropogénicas de gases indirectos de efecto invernadero, como el CO, NO_x, compuestos orgánicos volátiles diferentes al metano (COVDM) y SO₂.

En los años recientes, se ha confirmado inequívocamente la relación entre el incremento de GEI en la atmósfera y el incremento de las temperaturas promedio del planeta. Este cambio en las temperaturas promedio a nivel global significa la alteración de los patrones de clima a nivel regional y local, y no un incremento de las temperaturas en todo el planeta, por lo que el término “calentamiento global” resulta impreciso.

El carbono negro y su efecto en el cambio climático

El carbono negro (*blackcarbon*) es un aerosol o material particulado, que se produce en la combustión incompleta e ineficiente de combustibles fósiles, biocombustibles y biomasa. Según lo señala el Dr. Mario Molina, es un término operacional empleado muchas veces como sinónimo del hollín (*soot*) que se forma en la combustión a flama o en motores de combustión interna. Las emisiones de partículas de los procesos de combustión se conocen en general como material particulado, y se agrupan según su tamaño sea inferior a 10 micrómetros o a 2.5 micrómetros en PM₁₀ y PM_{2.5}, respectivamente⁴⁷.

El carbono negro es un componente de PM_{2.5} capaz de retener la luz y de transformar esa luz en calor. Con un elevado potencial de calentamiento climático, el carbono negro sólo se mantiene suspendido en la atmósfera por días a semanas antes de ser lavado por las lluvias, por lo que su regulación presenta llamativas ventajas estratégicas como medida de mitigación frente al cambio climático. Estudios recientes indican que la reducción del carbono negro podría ser la forma más rápida de mitigar el calentamiento global.

Actualmente las emisiones de carbono negro provienen en su mayoría de países en vías de desarrollo, ya que los países desarrollados, fuente primaria del contaminante en los años cincuenta, adoptaron tecnologías de control que redujeron significativamente sus emisiones. Las fuentes del carbono negro varían según continentes y regiones. Diferentes insumos para la combustión y diferentes procesos de combustión determinan la concentración de carbono negro por sectores. En términos generales, el carbono negro proviene de la combustión de:

- Combustibles fósiles en el transporte;
- Biocombustibles sólidos para cocina y calefacción residencial;
- Biomasa en quemas agrícolas controladas e incendios forestales.

⁴⁷AIDA c/o CEMDA, México. Carbono Negro: Concepto, Efectos Climáticos y Oportunidades en su Control, 2010.

Como se señaló inicialmente, el carbono negro se produce en combustiones ineficientes e incompletas. Si bien el sector de generación termoeléctrica juega un rol principal en el cambio climático por sus emisiones de CO₂, su participación es menor en las emisiones de carbono negro, ya que al ser quemado el combustible – de manera más eficiente y a altas temperaturas –, las partículas de carbono negro se consumen y en su lugar son emitidas en forma de CO₂.

En Latinoamérica, la fuente más significativa de carbono negro son las quemas abiertas con un 70 por ciento, seguido por la quema de combustibles fósiles en el sector de transporte terrestre con un 14 por ciento. Sin embargo, el potencial de calentamiento es mucho mayor en este último, ya que en las quemas abiertas y en la combustión de biodiesel, la emisión de otros aerosoles enfriantes que reflejan la radiación del sol en dirección opuesta a la superficie de la Tierra – como el “carbono orgánico” – es mayor, contrarrestando parte de su efecto de calentamiento.

El carbono negro actúa sobre el clima principalmente de dos maneras:

1. Aumenta la temperatura atmosférica global: Una vez emitido y mientras se encuentra en suspensión, el carbono negro absorbe la radiación solar y la transforma en energía calórica que es liberada en la atmósfera; y
2. Derrite nieves y hielos: El carbono negro se mantiene en suspensión sólo días o semanas, y luego al depositarse en los hielos y nieves, reduce su albedo acelerando el derretimiento de estos cuerpos sólidos de agua. El problema es especialmente grave en el Ártico, los Himalayas y los Andes, con mayores impactos aproximándose a las zonas tropicales donde se concentra mayormente.

La reducción significativa de emisiones de carbono negro que puede fácilmente obtenerse de su regulación, y del cumplimiento efectivo de la normativa existente, resultará en beneficios sinérgicos para la salud humana, el clima y el medio ambiente.

En el año 2008 se realizó un inventario de emisiones de GEI y carbón negro de la Zona Metropolitana del Valle de México (Z_{MVM})⁴⁸. En este inventario, el sector transporte carretero emitió el 90 por ciento (1 510 ton/año) de las emisiones totales de carbón negro, de las cuales el Distrito Federal fue la entidad que más contribuyó (68 por ciento) ya que concentra más de la mitad de la flota pesada a diesel y genera las mayores emisiones de PM_{2.5}, que se componen, entre otros, de carbón negro. Desagregando las emisiones del sector transporte, se tiene que los vehículos pesados a diesel generaron el 83 por ciento del total, los tractocamiones son los más emisores, en segundo lugar se tiene a los autobuses y a los vehículos de carga de más de tres toneladas.

⁴⁸ Inventario de emisiones de gases de efecto invernadero y carbón negro de la ZMVM 2008.

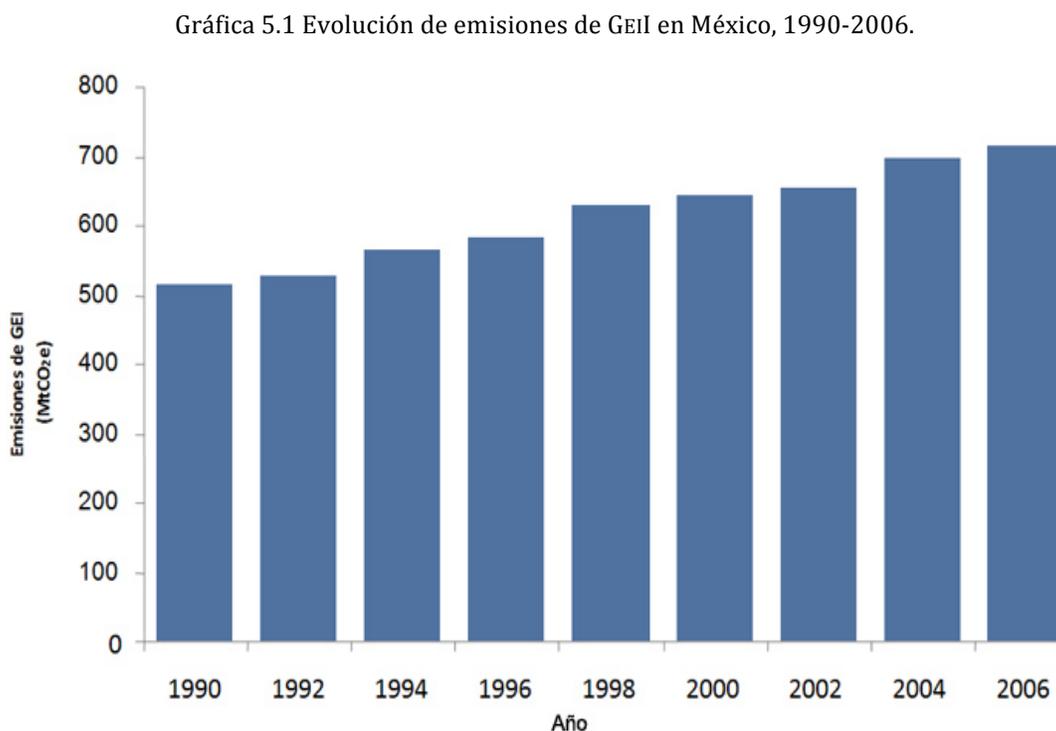
El cambio climático en México

En 2005, entre los 194 países miembros de la CMNUCC, México se localizaba entre los 25 países con mayor población, mayor PIB y mayores emisiones (se consideran sólo emisiones de CO₂ por quema de combustibles fósiles).

En el contexto mundial, México contribuye con alrededor del 1.6 por ciento a las emisiones de GEI, que en el 2006 éstas fueron de 715 millones de toneladas de CO₂ (M tCO₂e).

En el rango de países emisores, México se ubica en la posición número 13; sus emisiones per cápita en 2006, ascendieron a 6.2 tCO₂ eq /{

Gráfica 5.1), y sin incluir la categoría de Uso de Suelo y Cambio de Uso de Suelo y Silvicultura, (Uscuss) fueron de 5.9 tCO₂ eq⁴⁹ (Tabla 5.1)⁵⁰.



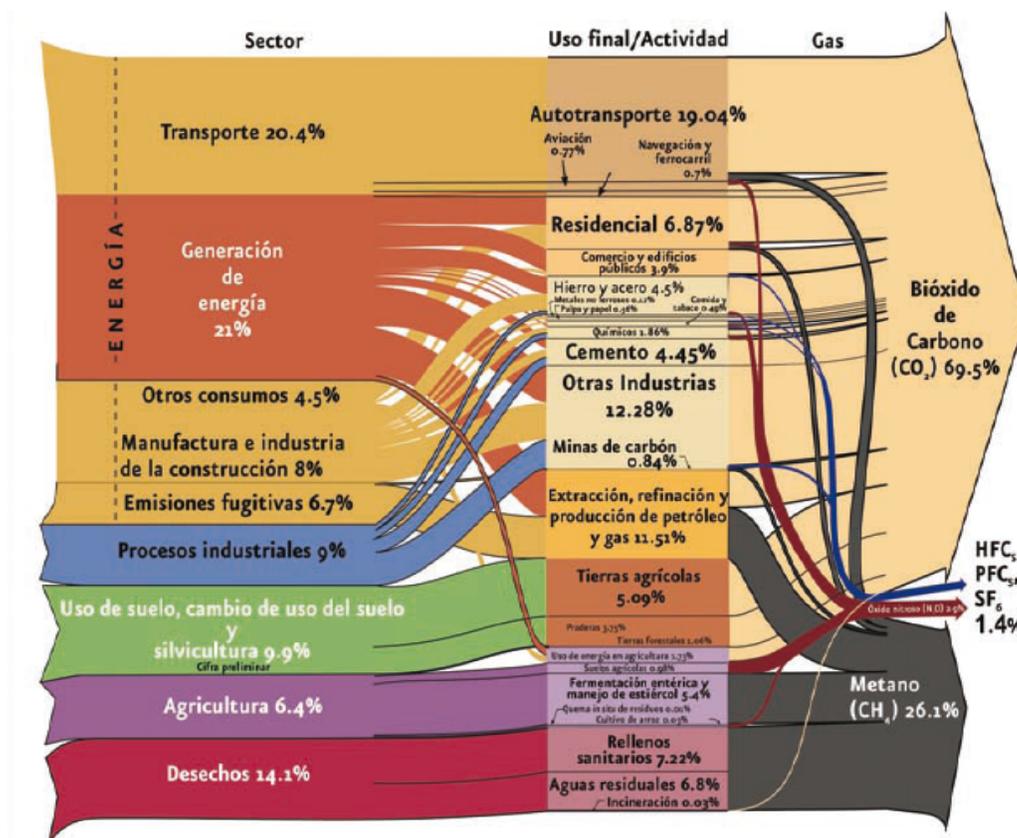
Fuente: Elaboración propia con datos preliminares del Inventario Nacional de GEI 1990-2006 del INECC.

⁴⁹ <http://www.cambioclimatico.gob.mx/index.php/fundamentos.html>. Actualizada a agosto de 2010.

La Figura 5.3 muestra los sectores de la economía responsables de las emisiones de GEI en el país. Puede verse cómo el sector de energía, que incluye la generación eléctrica y el transporte, juega un papel preponderante.

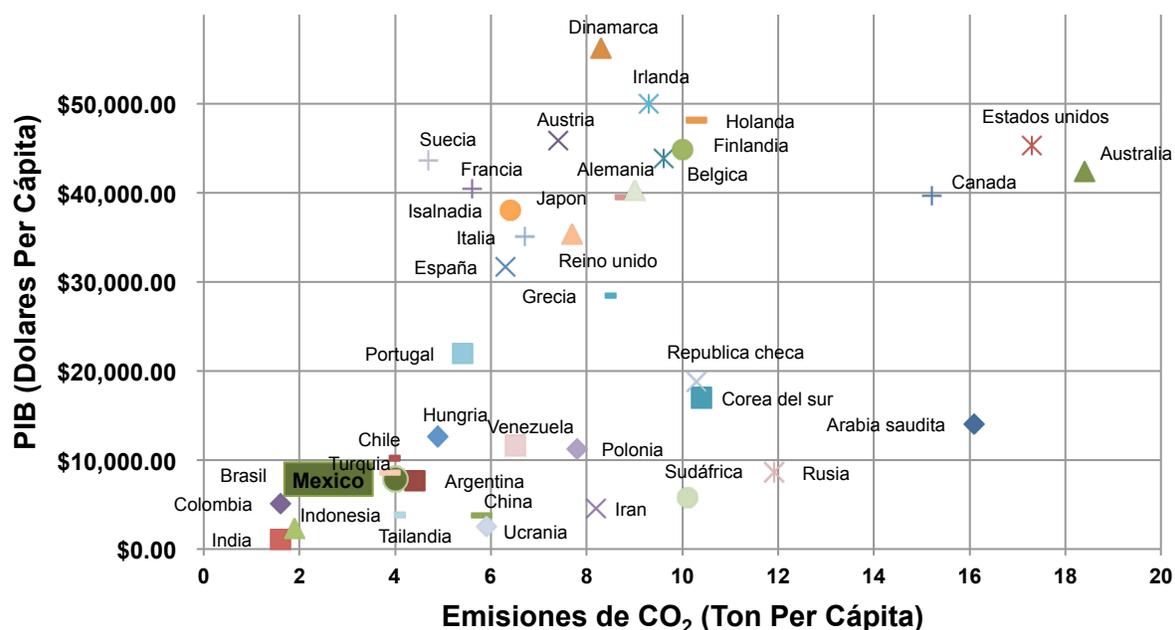
La Gráfica 5.2 muestra una comparación del PIB per cápita y de las emisiones per cápita de CO₂ de un grupo de 37 países; la economía de estos países representa el 86 por ciento del PIB mundial y sus emisiones el 88 por ciento de las de CO₂ por quema de combustibles fósiles a nivel mundial. Se puede apreciar que los países que gozan de un mayor nivel de ingreso per cápita son aquéllos que igualmente emiten una mayor cantidad de CO₂ por habitante, debido a la quema de combustibles fósiles.

Figura 5.3. Emisiones de GEI para México.



Fuente: Elaborado por la Subsecretaría de Planeación y Política Ambiental de la SEMARNAT con información del INECC.

Gráfica 5.2 Comparación internacional de emisiones CO₂ per cápita vs. PIB per cápita, 2009



Elaborada por la DGGCARETC, con datos del Banco mundial.
<http://datos.bancomundial.org/indicador/EN.ATM.CO2E.PC>; Consulta Junio 2013.

El cambio climático en Querétaro

Los resultados preliminares obtenidos del Inventario Estatal de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero de Querétaro muestran, por sector, lo siguiente:

- Energía. En el Año 2007 el estado de Querétaro estableció estrategias de gestión energética local, siendo los resultados de este ejercicio de suma importancia en la elaboración del Inventario de Gases de Efecto Invernadero del sector energético. Dicha estrategia contiene los consumos de energéticos en el Estado desagregados por sector durante el año 2003, razón por la cual resultó necesario recurrir a estimaciones para la obtención de datos del año 2006⁵¹.

El reporte y las tablas de resultados han sido preparados en concordancia con las Directrices y la Guía de Buenas Prácticas del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change por sus siglas en inglés) 1996, utilizando un nivel metodológico de complejidad básico Tier 1. En el estado de Querétaro no se cuenta con factores de emisión propios para la región, por lo que se adoptaron los sugeridos en el libro de trabajo y manual de referencia del IPCC.

⁵¹SEDESU. Inventario Estatal de Emisiones de Gases de Efecto de Invernadero, 2011.

El reporte refiere la estimación de las emisiones de GEI derivadas de las principales fuentes de combustión definidas por el IPCC para el estado de Querétaro. En estas se incluye a las industrias de la energía, industrias de manufactura y a los subsectores transporte, comercial, residencial y agropecuario. Entre las emisiones estimadas se consideran gases como CO₂, CH₄, N₂O, NO_x, CO, COVDM y SO₂ calculadas a partir del consumo de combustibles fósiles, así como el obtenido de fuentes de energía renovable como la leña.

La mayor parte del consumo de energía en el estado de Querétaro se presenta en el subsector transporte con el 38.12 por ciento, seguida de industrias de la energía con el 26.47 por ciento e industrias de la manufactura con el 21.61 por ciento. Los subsectores residencial y agropecuario participan con el 9.22 por ciento y 2.78 por ciento, respectivamente, en tanto que el comercial representa tan sólo el 1.79 por ciento.

La mayor contribución de emisiones de GEI del sector energético está dada por el transporte, el cual representa el 43.67 por ciento de las emisiones totales, seguido de la industria de la energía con un 21.92 por ciento y de las industrias manufactureras con un 19.22 por ciento. Los subsectores residencial, comercial y agropecuario contribuyen en su conjunto con el 15.19 por ciento.

Tomando como base el año 2006, se encontró que las fuentes clave para el estado de Querétaro son el transporte seguido de las industrias de la energía y las industrias manufactureras, ya que sus emisiones son considerablemente mayores que las de las subcategorías restantes.

- Procesos industriales. Para este sector se consideraron las emisiones de GEI provenientes de la transformación de la materia prima para la manufactura de productos sin tomar en cuenta las emisiones de GEI derivadas de procesos energéticos, es decir, se cuantificaron las emisiones de las actividades de procesos industriales no-energéticos. Para el estado de Querétaro, las categorías de industria de la cal, del papel, del vidrio, química y pintura, fundición de aluminio, alimentos y bebidas, y asfalto, son consideradas dentro de las Directrices del IPCC.

Entre los gases emitidos por procesos industriales se encuentran el CO₂, CH₄, N₂O, COVDM, SO₂, halocarburos (PFC y HFC), SF₆ y CO.

Las fuentes clave para el Estado son la industria de la cal y la industria de alimentos y bebidas; la primera debido a su volumen de producción, mientras que la segunda lo es debido al número elevado de industrias del giro presentes dentro del territorio estatal.

En general, la adquisición de datos de información para este sector fue obtenida directamente de los giros industriales catalogados como fuentes de emisión dentro de las Directrices del IPCC en su versión revisada en 1996.

Las emisiones por procesos industriales calculadas en el estado de Querétaro se concretan a emisiones COVDM, CO₂ y SO₂; con una cantidad en miles de toneladas de 289.49 de CO₂ eq para COVDM, 121.25 para CO₂ eq y 8.09 para SO₂.

- Agrícola y pecuario. El subsector agrícola evalúa las emisiones de N₂O procedentes de los sistemas agrícolas. El subsector pecuario trata de las emisiones de CH₄ y N₂O procedentes de la fermentación entérica y el manejo de estiércol.

Para el subsector agrícola se utilizó la información de los Cierres Agrícolas proporcionados por la Secretaría Desarrollo Agropecuario (SEDEA) del estado en Querétaro, que contiene información de las temporadas otoño-invierno y primavera-verano 2006 y se emplearon los factores de emisión marcados por la metodología del IPCC (1996).

Para el subsector pecuario se utilizaron dos bases de datos oficiales sobre el número de cabezas por municipio: los anuarios estadísticos del sector rural para el Estado de los años 2007-2009 y el censo agropecuario de INEGI de 2007. Estas bases de datos no son consistentes en el número de cabezas y tampoco en la definición de clases de ganado. Los factores de emisión por fermentación y manejo de excretas para cada especie y sus clases de ganado se determinaron según el IPCC para el Tier I en consideración al nivel productivo y función zootécnica predominante en cada uno los municipios.

Las emisiones provenientes de las fuentes directas e indirectas del sector agrícola suman un total de 765.824 Gg de CO₂ eq.

Las emisiones principales del sector pecuario son por el ganado bovino: el lechero y el de carne en segundo lugar. Las emisiones provienen de los municipios de San Juan del Río, El Marqués y Corregidora, principalmente. El promedio de emisiones de CH₄ de las dos bases de datos de ganadería en Querétaro es de 405 174 toneladas de CO₂ eq al año.

- Desechos. Los desechos generados a diario en hogares, industrias y el campo contribuyen a las emisiones de GEI. En este apartado se calculan las emisiones de GEI dentro del sector de desechos los cuales comprenden desechos urbanos e industriales, aguas residuales y lodos residuales.

Debido a las características de disposición de los rellenos y a la poca o nula cantidad de oxígeno presente, la materia orgánica se degrada generando GEI, principalmente CH₄. Este también es el caso de las aguas y lodos residuales provenientes del tratamiento de aguas de desecho, industriales y municipales, compuestos principalmente de materia orgánica, la cual se degrada de la misma manera que los residuos sólidos produciendo GEI.

Otro factor importante para el inventario de emisiones de GEI es la producción de óxido nítrico (N_2O) procedente de los excrementos humanos. La producción de este gas es proporcional al tipo de alimentos que consume la población, ya que a mayor cantidad de proteínas consumidas son mayores las emisiones de N_2O .

En el sector de desechos la mayor contribución de emisiones de CH_4 se encuentra dada por los vertederos y las aguas y lodos residuales municipales, los cuales contribuyen con 7 584 y 5 711 Gg, respectivamente; mientras que las emisiones por aguas y lodos industriales aportan una contribución de 11 Gg. Por otro, lado las emisiones de N_2O proveniente de excretas humanas son de 1 Gg.

Acciones para mitigar el cambio climático

La adaptación y mitigación son estrategias igualmente necesarias; ninguna de ellas puede ir en detrimento de la otra. La falta de acciones para reducir las emisiones de GEI en el presente, elevará exponencialmente los costos de adaptación en el futuro, además de limitar el alcance de la adaptación posible.

La complejidad implícita en el diseño de instrumentos de política adecuada para este tema, hace que se vincule con la actuación de los gobiernos en prácticamente todos los sectores de manera transversal y no sólo en la agenda del sector ambiental.

Por otra parte, las estrategias y medidas incluidas en el ProAire de la ZM de Querétaro-San Juan del Río resultan coincidentes con algunas de las estrategias de mitigación del cambio climático. Por ejemplo, las que impulsan el aumento de la eficiencia energética en la industria y las de reforestación tienen una implicación positiva desde la perspectiva de la mejora de la calidad del aire y de la mitigación del cambio climático.

A continuación se presenta una revisión general de diversos instrumentos legales municipales, nacionales e internacionales, que regulan aspectos relacionados al cambio climático, ya sea de manera directa o mediante actividades relacionadas.

5.2.1.1. Gobierno Federal

La Ley General de Cambio Climático, que entró en vigor en octubre de 2012 además de constituir un referente internacional contribuye a la consolidación de una Política de Estado en materia de cambio climático. Tiene como objetivo garantizar el derecho a un medio ambiente sano y establecer las facultades de los tres órdenes de gobierno en la elaboración de políticas públicas para combatir el cambio climático y mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero. La LGCC determina de manera clara el alcance y contenido de la política nacional de cambio climático, define las obligaciones de las autoridades del Estado y las facultades de los tres órdenes de gobierno, además establece los mecanismos institucionales necesarios para enfrentar este reto.

5.2.4.1.1. Comisión Intersecretarial de Cambio Climático

Para coordinar la formulación de políticas de acción climática, el 25 de abril de 2005 se creó la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático (CICC)⁵².

En noviembre de 2006 la CICC publicó el documento "Hacia una Estrategia Nacional de Acción Climática (HENAC)", con base en el cual se formuló la "Estrategia Nacional de Cambio Climático" (ENACC) que la Presidencia de de la República presentó públicamente el viernes 25 de mayo de 2007.

Misión. Promover y coordinar, en el marco del Plan Nacional de Desarrollo 2007–2012 y sus Programas, la instrumentación de las políticas y estrategias nacionales de cambio climático en los respectivos ámbitos de competencia, de acuerdo con los compromisos internacionales de México en el contexto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático.

Visión. Hacia el 2030 México es un país de leyes que garantiza la libertad, la seguridad y los derechos de las personas, las familias, sus ingresos y su patrimonio; los mexicanos poseen una cultura de respeto y conservación del medio ambiente que —en el marco de una cooperación internacional equitativa y justa que abre camino al desarrollo sustentable— nutre políticas públicas y privadas para maximizar la descarbonización de la economía nacional y minimizar la vulnerabilidad ante los impactos adversos del calentamiento global.

5.2.4.1.2. Programa Especial de Cambio Climático

El Programa Especial de Cambio Climático (PECC)⁵³ es el instrumento de política transversal del Gobierno Federal, elaborado de manera voluntaria y con recursos propios, que muestra el interés de México para contribuir a la solución del problema del cambio climático.

⁵²<http://www.cambioclimatico.gob.mx/index.php/politica-nacional-sobre-cambio-climatico.html>. Actualizada a julio, 2010.

El PECC compromete a las dependencias del Gobierno Federal con objetivos y metas nacionales vinculantes en mitigación y adaptación para el periodo 2009-2012 que contribuyen a frenar el cambio climático y además a:

- Impulsar el desarrollo sustentable.
- Procurar la seguridad energética.
- Fomentar procesos productivos limpios, eficientes y competitivos.
- Garantizar la preservación de los recursos naturales, entre otros.

El programa presenta una visión de largo plazo en la que se plantean trayectorias deseables de mitigación hacia los horizontes 2020, 2030 y 2050.

Objetivo. A través de los 105 objetivos y 294 metas el Gobierno de México pretende mostrar que es posible mitigar el cambio climático y adaptarse a él sin comprometer el proceso de desarrollo, e incluso con algunos beneficios económicos.

El PECC se compone de cuatro capítulos y tres anexo.

- El capítulo 1 especifica la visión de largo plazo en la que se sustenta el programa. En todo el mundo, los sistemas políticos, administrativos y financieros se encuentran mal adaptados para enfrentar un proceso de las dimensiones globales y temporales inherentes al cambio climático. Se necesita modificar una serie de prácticas que normalmente atienden cuestiones coyunturales urgentes y diseñar una nueva política sustentada en una visión de largo plazo y de convergencia real de intereses de todos los países del mundo, en torno de los múltiples retos que plantea el cambio climático. Este capítulo aborda el panorama de la mitigación y la adaptación en el largo plazo.
- El capítulo 2 describe las acciones de mitigación, es decir, de reducción de las emisiones de GEI. Se estructura en función de las recientes guías desarrolladas por el PICC para la realización de inventarios nacionales de emisiones, distinguiendo cuatro amplias categorías o secciones: Generación de energía⁵⁴; Uso de energía⁵⁵ Agricultura, bosques y otros usos del suelo⁵⁶; Desechos⁵⁷; y Sector Privado. El capítulo contiene 39 objetivos y 86 metas.
- El capítulo 3 presenta políticas públicas para la adaptación al cambio climático. La estructura de «sistemas» corresponde al enfoque desarrollado por el Grupo de Trabajo II del PICC que, ajustado a las especificidades mexicanas, resulta en ocho sistemas, de los cuales siete corresponden a sistemas humanos y naturales, y uno al enfoque de gestión de riesgo. Para el tema de adaptación se plantean 37 objetivos y 142 metas.
- El capítulo 4 diseña y agrupa los elementos fundamentales de las políticas y acciones de carácter transversal en torno al cambio climático, que deben apoyar los esfuerzos en materia de mitigación y adaptación. El capítulo se integra con cinco secciones que abordan la política exterior, el fortalecimiento institucional, la economía del cambio climático, la educación,

⁵³SEMARNAT. Programa Especial de Cambio Climático 2009-2012. 2010.

⁵⁴Corresponde a la categoría (1) de las Guías 2006 del PICC.

⁵⁵Corresponde a la categoría (1) de las Guías 2006 del PICC.

⁵⁶Corresponde a la categoría (3) de las Guías 2006 del PICC.

⁵⁷Corresponde a la categoría (4) de las Guías 2006 del PICC.

capacitación, información y comunicación y las actividades de investigación y desarrollo tecnológico. En materia de transversalidad se plantean 29 objetivos y 66 metas.

- El anexo incluye una breve síntesis de los fundamentos del cambio climático, específicamente a través de tres temas: el tema global del cambio climático antropogénico, el régimen internacional, y algunos aspectos del marco institucional de México (estructura de la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático; el PECC y su relación con el Plan Nacional de Desarrollo).

5.2.4.1.3. Estrategia Nacional de Cambio Climático

La Ley General de Cambio Climático mandata la elaboración de una Estrategia Nacional de Cambio Climático, como el instrumento rector y orientador de la política nacional. Esta Estrategia define una ruta a largo plazo y establece prioridades nacionales de atención para combatir el cambio climático en materia de adaptación y mitigación.

La Estrategia Nacional de Cambio Climático señala los hitos a cumplir en una visión a los próximos 10, 20 y 40 años. Esta estrategia define 6 pilares de la política nacional de cambio climático.

5.2.4.2 Gobierno del Estado de Querétaro

5.2.4.2.1. Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático de Querétaro

Investigadores de la Universidad Autónoma de Querétaro (UAQ) y el gobierno estatal unieron esfuerzos para hacer las consultas públicas y el análisis técnico para crear a partir del 2011 el Plan Estatal de Acciones contra el Cambio Climático (PEACC)⁵⁸. El Plan ofrece escenarios climáticos para 2020, 2050 y 2080, así como planes de mitigación y adaptación.

La UAQ posee modelos que se desarrollaron basados en el clima de toda la Tierra; se tomó la parte que corresponde a México y en especial en Querétaro. La información que se tiene es de hace 10 años y con base en las proyecciones de entonces, es que se tiene un escenario actual para poder tomar decisiones de adaptación.

Para poder desarrollar un modelo con información local que permita proyectar escenarios presentes y saber si coinciden con la realidad, y futuros para aplicar acciones de adaptación, se necesita la información meteorológica histórica a partir de 1960 a la fecha, como se ha aplicado en todo el mundo. Actualmente hay más de 60 estaciones de monitoreo ambiental, pero la información que se tiene es incompleta e insuficiente ya que no se contaba con monitoreo de toda la zona: hay estaciones que empezaron a funcionar hace dos años, otras tienen 20, muy pocas hace 40; es decir, no hay un registro completo de todo el Estado que represente con la suficiente calidad qué es lo que está pasando.

⁵⁸ <http://eloficiodehistoriar.com.mx/2011/02/21/la-crisis-climatica-en-queretaro-y-sus-consecuencias/>

En febrero de 2011 alrededor de 500 funcionarios, científicos y ciudadanos participaron en el taller regional del Programa Estatal de Acción ante el Cambio Climático, a través del cual se reunieron las opiniones y propuestas de los diferentes sectores, a fin de generar estrategias que permitan enfrentar esta problemática desde las necesidades específicas que se tienen en la entidad⁵⁹.

El taller consistió en cuatro sesiones, mientras que los resultados obtenidos permitirán establecer el Plan Estatal de acción contra el Cambio Climático. Con este taller se cerraron las actividades que se han desarrollado en todo el Estado, ya que de forma regional se han ido recogiendo las opiniones, inquietudes, propuestas y puntos de vista de un grupo interdisciplinario, formado por académicos y científicos, así como de los ciudadanos y los legisladores.

En ese sentido los principales puntos a atender son: la preocupación entre el sector agropecuario al ser quien se verá más dañado con el cambio, la necesidad de fomentar la participación ciudadana, así como de tener fortalecimiento jurídico para la implementación de políticas públicas que puedan apoyar al medio ambiente y de una mejor educación ambiental entre la niñez.

5.2.4.2.2. Comisión Estatal de Cambio Climático

El 13 de enero de 2012 se publicó en el periódico oficial del Gobierno del Estado el acuerdo que crea a la Comisión estatal de Cambio Climático (CECCQ) como órgano desconcentrado de la Administración Pública del estado de Querétaro, jerárquicamente subordinado a la Secretaría de Desarrollo Sustentable del Poder Ejecutivo del estado de Querétaro.

5.2.4.2.3. Escenarios de cambio climático

En la entidad predomina un clima templado (con temperatura media de 17 a 18°C) subhúmedo, con poca lluvia: 500 a 600 mm anuales. Son frecuentes las heladas invernales en las partes altas de las sierras; la zona más seca se localiza en la cuenca del río Extóraz y la más húmeda en la vertiente oriental de la Sierra Madre. Vientos dominantes del noreste en otoño y del este el resto del año.

Los escenarios de emisiones que proyectan las concentraciones de gases de efecto invernadero (SRES) (Figura 5.4) contemplan diversas hipótesis relativas al desarrollo socioeconómico del planeta (Gráfica 5.3 y Gráfica

Gráfica 5.4). Estos escenarios se clasifican en:

⁵⁹<http://rotativo.com.mx/tequisquiapan/estrategias-para-enfrentar-cambio-climatico-en-queretaro/50897/html/>

A1B: Emisiones Media-Alta. Rápido crecimiento económico regional con la introducción de tecnologías nuevas y eficientes. Existe un balance entre el uso de fuentes de energía fósil y no fósil.

A2: Emisiones Altas. Existe crecimiento constante de la población, el desarrollo económico está regionalmente orientado y el cambio tecnológico es muy fragmentado y más lento que en otros escenarios.

B1: Emisiones Media-Baja. Misma población global y cambio en las estructuras económicas. Uso de fuentes de energía eficientes y soluciones globales hacia la economía, la sociedad y el ambiente sustentable.

B2: Emisiones bajas. Soluciones locales para la economía, la sociedad y el ambiente sustentable. Está orientado hacia la protección ambiental y la igualdad social que se enfoca en niveles locales y regionales.

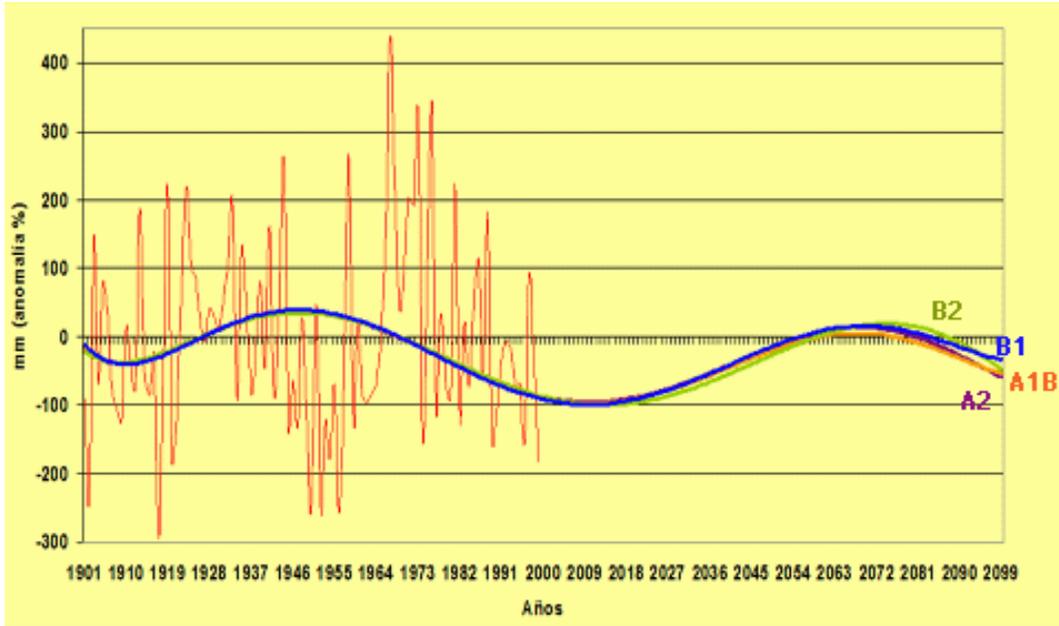
Figura 5.4 Escenarios de precipitación y temperatura media anual.

Escenario 2020	
Precipitación total anual	Temperatura media anual aumentará:
disminuirá entre 5 y 10 %	entre 0.8 y 1.2°C

Escenario 2050	
Precipitación total anual	Temperatura media anual aumentará:
disminuirá entre 5 y 15 %	entre 1.0 y 2.5°C

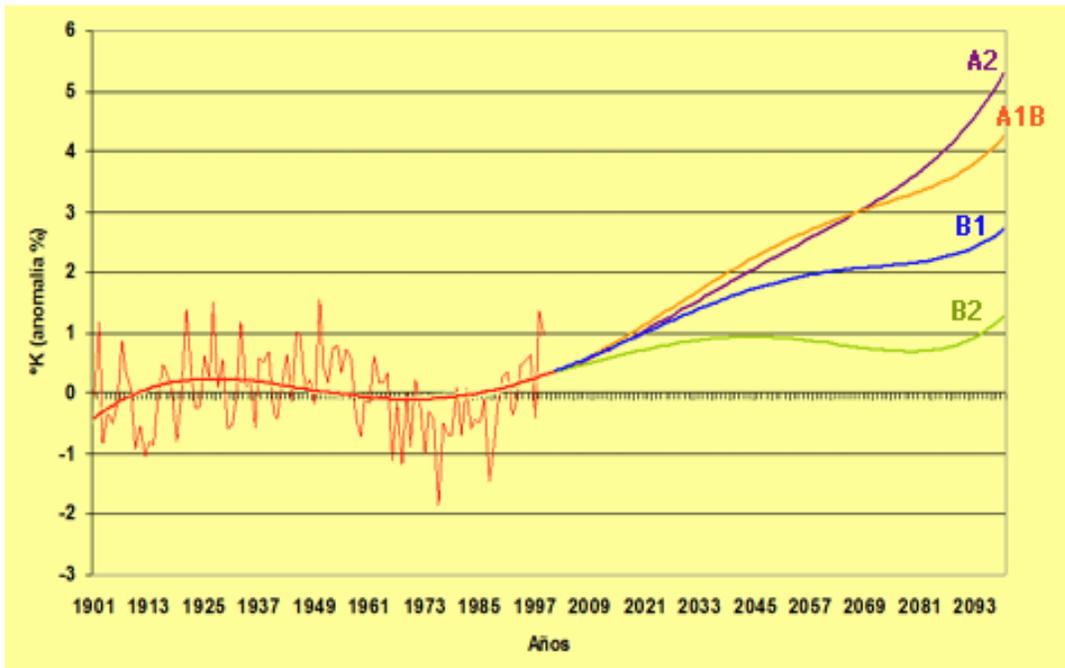
Escenario 2080	
Precipitación total anual	Temperatura media anual aumentará:
disminuirá entre 5 y 20 %	entre 2 y 4°C

Gráfica 5.3 Precipitación.



Fuente: http://www2.inecc.gob.mx/cclimatico/edo_sector/estados/futuro_queretaro.html

Gráfica 5.4. Temperatura.



Fuente: http://www2.inecc.gob.mx/cclimatico/edo_sector/estados/futuro_queretaro.html

Las amenazas hidroclimáticas en esta entidad se presentan en la Tabla 5.2.

Tabla 5.2. Amenazas hidroclimáticas en Querétaro.

Evento	Impactos	Fuente	Evento	Impactos	Fuente	Evento
Sequía	Sin registro	2000	Sequía	Sin registro	2000	Sequía
Sequía	Sin registro	2001	Sequía	Sin registro	2001	Sequía

Fuente: CENAPRED.

En la Tabla 5.3 se priorizan los sectores de vulnerabilidad del Estado.

Tabla 5.3. Sectores de vulnerabilidad del estado de Querétaro.

Sector	Vulnerabilidad	Referencia
Agua	El Estado se encontrará con presión media (20-40 %) del recurso agua para 2025.	INECC-SEMARNAT. Tercera Comunicación de Cambio Climático
Centros urbanos	Los cambios climáticos ocurrirán en un contexto de cambios no climáticos propios de regiones con crecimiento de población, mismos que pueden exacerbar el efecto del cambio climático. Las condiciones de vulnerabilidad están dadas entonces por una alta concentración demográfica, procesos de industrialización, incremento de vehículos automotores e incremento de población con niveles de pobreza altos.	Aguilar G. 1995. México ante cambio climático. Segundo Taller de Estudio de País, México. In SEMARNAP-UNAM-US Country Studies. México ante cambio climático. Segundo Taller de Estudio de País, México.
Desertificación	El 50 % de su superficie se verá afectada por desertificación bajo cambio climático.	SEMARNAP. 1997. México. Primera Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático.
Vegetación	Los cambios en la temperatura (+2° C) y precipitación (-10 %) favorecerán los climas cálidos y húmedos con bosques tropicales perennifolios. Aumentarán los climas cálidos subhúmedos con bosques tropicales caducifolios y subcaducifolios.	Villers, L y Trejo, I. 1995. Vegetación actual de México y escenario aplicando un incremento de 2°C en temperatura y disminución del 10 % en la precipitación. In SEMARNAP-UNAM-US Country Studies. México ante cambio climático. Segundo Taller de Estudio de País, México.

Fuente: http://www2.inecc.gob.mx/climatico/edo_sector/estados/vulne_queretaro.html

En Querétaro se están ejecutando las acciones y proyectos para abatir el cambio climático que se muestran en la Tabla 5.4.

Tabla 5.4. Acciones y proyectos de cambio climático en Querétaro.

Proyecto	Objetivo	Institución / referencias
Repoblación forestal de la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda	Reforestación de áreas degradadas.	Grupo Ecológico Sierra Gorda
Adaptación y vulnerabilidad frente a la variabilidad del clima y el cambio climático en la gestión del agua en algunas zonas rurales de México	El presente proyecto fue parte de las actividades de investigación del Programa Agua, Medio Ambiente y Sociedad, del Programa de Investigadores Asociados de El Colegio de México, A.C. (PAMAS-COLMEX).	caro.neri@gmail.com

Fuente: http://www2.inecc.gob.mx/climatico/edo_sector/estados/queretaro.html

5.2.4.2.4. Información de cambio climático

Del 3 al 5 de junio de 2009, se llevó a cabo el 6º Congreso Estatal de Educación Ambiental para la Sustentabilidad llamado "Aire y su relación con el cambio climático", en el cual se impartieron tres conferencias magistrales, 15 ponencias, un foro universitario, 60 talleres para niños, un taller para adultos, dos mesas redondas y una exposición⁶⁰.

La asistencia general fue de 2 184 personas atendidas que van desde el nivel preescolar hasta el profesional.

Los efectos del cambio climático requieren del desarrollo de capacidades preventivas y de respuesta inmediata ante los impactos adversos. La generación de información y conocimiento sobre la vulnerabilidad y riesgo del Estado, es necesaria para prevenir y mitigar los posibles daños. Por ello es vital la gestión integral del manejo del agua.

⁶⁰ SEDESU. Anuario económico, 2009.

Capítulo 6

Metas y Estrategias para el ProAire Querétaro 2014-2023

6. Metas y Estrategias para el ProAire Querétaro 2014-2023

Se presentan las estrategias y medidas que se proponen para la reducción de las emisiones contaminantes a la atmósfera de la Zona Metropolitana de Querétaro-San Juan del Río, así como sus respectivas acciones y análisis.

Para el cumplimiento de esta meta se plantean cinco estrategias, las cuales suman un total de 30 medidas que a su vez incluyen varias acciones específicas.

ESTRATEGIA I. REDUCCIÓN DE LAS EMISIONES DE LAS FUENTES MÓVILES

- Medida 1 Impulsar la movilidad sustentable en la Zona Metropolitana de Querétaro-San Juan del Río.
- Medida 2 Impulsar la construcción de líneas de transporte público masivo.
- Medida 3 Fortalecer el Programa de Control de Emisiones Vehiculares.
- Medida 4 Implementar un programa de detención de vehículos visiblemente contaminantes y/o no verificados.
- Medida 5 Reforzar los programas de verificación vehicular para vehículos pesados de autotransporte.
- Medida 6 Promover la renovación, retro-adaptación e incorporación de vehículos con bajas emisiones en la flota vehicular de uso intensivo.

ESTRATEGIA II. REDUCCIÓN DE LAS EMISIONES DE LAS FUENTES FIJAS

- Medida 7 Fomentar el uso de las mejores prácticas y la instalación de tecnologías de control de emisiones en las industrias, comercios y servicios.
- Medida 8 Fortalecer la inspección y vigilancia en la industria.
- Medida 9 Promover la autorregulación y mejora continua en la industria.
- Medida 10 Promover el uso de energías y combustibles alternos.
- Medida 11 Fortalecer el Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes federal, estatal y municipal.
- Medida 12 Implementar un programa de control de vapores por el manejo de combustibles en terminales de almacenamiento y reparto (TAR) y en estaciones de servicio de combustibles.

ESTRATEGIA III. REDUCCIÓN DE LAS EMISIONES DE LAS FUENTES DE ÁREA

- Medida 13 Regular las actividades de elaboración artesanal de ladrillos y fomentar el uso de mejores prácticas en las ladrilleras.
- Medida 14 Fomentar el uso de mejores prácticas en las actividades de recubrimiento de superficies y desengrasado.
- Medida 15 Regular las actividades de extracción en bancos de materiales y de preparación de sitios en construcción.

Medida 16 Establecer los lineamientos, regulaciones y buenas prácticas para reducir las emisiones generadas por incendios forestales, quemas agrícolas y de residuos urbanos.

ESTRATEGIA IV. PROTECCIÓN A LA SALUD DE LA POBLACIÓN

Medida 17 Desarrollar un Sistema de Vigilancia Epidemiológica estatal en materia de calidad del aire.

Medida 18. Desarrollar un Sistema de Vigilancia Epidemiológica en materia de cambio climático.

Medida 19 Reducir la exposición de la población a partículas por medio de la ampliación de cubierta vegetal y la creación de barreras físicas.

Medida 20 Realizar estudios de exposición personal a contaminantes para conocer los efectos que tienen sobre la salud de la población.

Medida 21 Crear el sistema de alerta temprana en materia de salud ambiental (SATSA).

Medida 22 Desarrollar y aplicar un Programa de Contingencias Atmosféricas.

ESTRATEGIA V. FORTALECIMIENTO INSTITUCIONAL

Medida 23 Establecer el Comité Núcleo del ProAire (CNP) para la implementación, seguimiento y evaluación del ProAire.

Medida 24 Comunicar a la población sobre la calidad de aire en tiempo real a través herramientas comprensibles.

Medida 25 Establecer un Sistema de Comunicación de Riesgos por Efectos de Contaminación Atmosférica.

Medida 26 Actualizar el inventario de emisiones de Querétaro de acuerdo a los criterios establecidos en el INEM.

Medida 27 Desarrollar las capacidades para generar el pronóstico de la calidad del aire, analizar la dispersión de contaminantes y desarrollar escenarios utilizando herramientas de modelación.

Medida 28 Desarrollar el Programa Estatal de Educación Ambiental en materia de calidad del aire.

Medida 29 Diseño e instrumentación de la Estrategia de Comunicación Pública de la Calidad del Aire.

Medida 30 Ampliar la cobertura del Sistema de Monitoreo Atmosférico y asegurar su funcionamiento de manera eficiente, confiable y oportuna.

ESTRATEGIA I REDUCCIÓN DE LAS EMISIONES DE LAS FUENTES MÓVILES

Medida 1 Impulsar la movilidad sustentable en la Zona Metropolitana de Querétaro-San Juan del Río

Objetivo: Desarrollar un plan integral de movilidad que garantice la calidad, seguridad y coordinación de los distintos medios de transporte para mejorar la eficiencia energética, la calidad del aire, disminución de tiempos de recorrido para mejorar la calidad de vida urbana.

Justificación: La infraestructura vial y los sistemas de transporte en la ZM de Querétaro-San Juan del Río presentan fuertes limitaciones debido al acelerado crecimiento de la mancha urbana que tuvo lugar durante las últimas dos décadas, lo anterior involucra un elevado consumo de energía, altos costos económicos y mayores emisiones de contaminantes al aire. Como indica el IE, las fuentes móviles generan el 43 por ciento de los NO_x y 88 por ciento de las emisiones de CO en la zona de estudio, por lo que se requiere optimizar la eficiencia energética y reducir las emisiones provenientes de este rubro.

Adicionalmente, se requiere crear mayor infraestructura para transporte no motorizado y de pasajeros, para atender las necesidades de accesibilidad de la población mediante una buena planeación, ofreciendo transporte público confiable y de calidad donde la infraestructura favorezca y dé prioridad a las personas y a los servicios y bienes que éstas necesitan.

Beneficios esperados: Contar con una herramienta de planeación que integre los sistemas de transporte en la Zona Metropolitana de Querétaro-San Juan del Río que permitan mejorar la calidad de vida urbana a través del incremento de transporte público eficiente para la reducción del uso del automóvil particular.

Beneficio en la reducción de contaminantes							
PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	Tóxicos	GEI
X	X	X	X	X	-	-	X

Acciones y cronograma de ejecución

No.	Acciones	Responsable principal	Indicador de cumplimiento	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
1	Desarrollar e implementar un Plan integral para mejorar la movilidad orientado a garantizar la calidad y seguridad del transporte, así como a reducir el impacto ambiental y mejorar la calidad de vida.	SDUOP Municipios*	Plan Integral de Movilidad elaborado e implementado.	X		X							
2	Desarrollar y mantener una red de infraestructura	SDUOP	Tipo de infraestructura	X	X	X	X	X	X	X	X		

No.	Acciones	Responsable principal	Indicador de cumplimiento	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
	para peatones y transporte no motorizado.	Municipios*	desarrollada anualmente. km de infraestructura no motorizada desarrollada anualmente.									X	X
3	Ampliar el programa de préstamo de bicicletas en los municipios de la zona de estudio.	Secretaría de Seguridad Ciudadana Gobierno estatal* Municipios*	% de la ZM cubierto con el programa anualmente. No. de préstamos de bicicletas realizados anualmente.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
4	Promover y difundir conceptos de cultura vial y movilidad no motorizada entre la población en general.	Secretaría de Seguridad Ciudadana Gobierno estatal* Municipios* SEDESU	Campañas de promoción y difusión de cultura vial implementadas. No. de personas informadas anualmente.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
5	Actualizar los aforos vehiculares existentes.	Secretaría de Seguridad Ciudadana Municipios*	Indicadores de aforo vehicular actualizados.		X		X		X		X		X
6	Diseñar e implementar rutas ordinarias en zonas habitacionales de nuevo desarrollo.	Secretaría de Gobierno del Estado	No. de rutas diseñadas e implementadas anualmente por cada zona habitacional de nuevo desarrollo.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
7	Establecer rutas ordinarias y exprés, locales y metropolitanas de transporte público, evitando que por su operación, sus bases o sus terminales, afecten a escuelas y hospitales.	Secretaría de Gobierno del Estado SDUOP Municipios*	No. de rutas ordinarias y exprés establecidas anualmente.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
8	Desarrollar e implementar un programa de reordenamiento para el transporte público de pasajeros y de carga.	Secretaría de Gobierno del Estado SDUOP Municipios*	Programa de reordenamiento implementado. No. de rutas reordenadas anualmente.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

*Las áreas administrativas que correspondan de acuerdo a los diferentes reglamentos.

Actores relevantes: SEDESU, Secretaría de Desarrollo Urbano y Obras Públicas (SDUOP), Secretaría de Seguridad Ciudadana, Secretaría de Gobierno del Estado, Secretaría de Comunicaciones y Transporte (SCT), áreas administrativas estatales y municipales que correspondan.

Descripción: Realizar trabajos de coordinación con las diferentes autoridades de transporte y vialidad, para promover la planeación integrada de los sistemas de transporte de la ZM de Querétaro-San Juan del Río.

Costo estimado: 1 500 000 000.00 (Mil quinientos millones de pesos).

Medida 2 Impulsar la construcción de líneas de transporte público masivo

Objetivo: Minimizar el uso del vehículo particular a través de la implementación de un sistema integrado de transporte público, con calidad y bajas emisiones.

Justificación: La cantidad de emisiones por el sistema de transporte público se ha incrementado dado el número de camiones que se requieren para cumplir con la demanda de los usuarios. La demanda del transporte público se cubre incrementando el número de unidades de baja capacidad, generando un alto impacto en los consumos energéticos, que se reflejan en altos costos económicos, sociales y ambientales. Debido a esto, es indispensable el desarrollo de un sistema integrado de transporte público, donde la prioridad sea atender las necesidades de las personas con servicios de calidad y confiables, que al mismo tiempo minimicen el impacto ambiental negativo, desincentive el uso del vehículo privado y permitan una operación eficiente. Este sistema puede estar organizado alrededor de rutas de transporte masivo, tipo *bus rapid transit* –BRT- y deberá incluir las rutas auxiliares o alimentadoras para dar servicio en las zonas de baja densidad poblacional o de difícil acceso.

Beneficios esperados: Contar con un sistema de transporte público integrado y de calidad, que cubra las necesidades de movilidad de las personas y desincentive el uso del vehículo privado, a través de bajos costos y menores tiempos de recorrido.

Beneficio en la reducción de contaminantes							
PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	Tóxicos	GEI
X	X	X	X	X	-	-	X

Acciones y cronograma de ejecución

No.	Acciones	Responsable principal	Indicador de cumplimiento	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
1	Diseñar e implementar un sistema integrado de transporte público que considere nuevas rutas troncales, pre-troncales y auxiliares.	Secretaría de Gobierno del Estado	Diseño del sistema integrado terminado. % anual de avance en la implementación del sistema.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2	Implementar un sistema de peaje unificado en el sistema integrado de transporte público masivo.	Secretaría de Gobierno del Estado	Sistema de peaje unificado implementado.	X									
3	Establecer nuevas rutas troncales, pre-troncales y auxiliares.	Secretaría de Gobierno del Estado	No. de nuevas rutas troncales, pre-troncales y auxiliares establecidas anualmente.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
4	Promover el establecimiento de nuevas líneas en el sistema de	Secretaría de Gobierno del Estado	No. de líneas establecidas anualmente.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

No.	Acciones	Responsable principal	Indicador de cumplimiento	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
	transporte público (urbano y suburbano).												
5	Crear un sistema de rutas integradas que se complemente con terminales, estaciones intermedias, patios de encierro, talleres de mantenimiento.	Secretaría de Gobierno del Estado	No. de terminales y/o estaciones intermedias creadas anualmente. No. de patios de encierro establecidos anualmente. No. de talleres de mantenimiento establecidos anualmente.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

*Las áreas administrativas que correspondan de acuerdo al reglamento.

Actores relevantes: SEDESU, Secretaría de Gobierno del Estado, SDUOP, áreas administrativas estatales y municipales que correspondan y organizaciones no gubernamentales (ONG).

Descripción: La Secretaría de Gobierno realizará trabajos de coordinación con las diferentes autoridades de transporte y vialidad, para promover la implementación de un sistema unificado de peaje, así como la implantación de nuevas líneas en transporte público y, además, establecerán nuevas líneas de transporte masivo de bajas emisiones y mediana capacidad y centros de transferencia modales donde confluyan diversos tipos de transporte (motorizado y no motorizado) y espacios para estacionarse.

Costo estimado: 115 000 000.00 (Ciento quince millones de pesos).

Medida 3 Fortalecer el Programa de Control de Emisiones Vehiculares

Objetivo: Evaluar el desempeño del Programa de Control de Emisiones Vehiculares vigente e implementar las acciones correctivas conducentes para garantizar una reducción efectiva de las emisiones provenientes de los vehículos automotores en circulación.

Justificación: Los programas de verificación vehicular representan una de las medidas más eficaces para mejorar la calidad del aire, sin embargo es indispensable que cada programa cuente con un sistema de aseguramiento y control de calidad en los métodos de prueba así como una estricta vigilancia en las diferentes etapas del proceso que garanticen al público su confiabilidad. Además se estima que los vehículos carburados a gasolina que tienen un buen mantenimiento preventivo pueden alcanzar reducciones del orden del 50 por ciento en las emisiones de partículas, CO y COV principalmente, y del orden del 40 por ciento en vehículos a diesel.

Beneficios esperados: Que los vehículos que circulan en los municipios de la zona de estudio reciban el mantenimiento preventivo y correctivo adecuado, contribuyendo a la reducción de emisiones, mejorando su eficiencia y desempeño con lo que el usuario tendrá ahorros económico-energéticos en el corto, mediano y largo plazo.

Beneficio en la reducción de contaminantes							
PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	Tóxicos	GEI
X	X	X	X	X	X	X	X

Acciones y cronograma de ejecución

No.	Acciones	Responsable principal	Indicador de cumplimiento	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
1	Realizar un diagnóstico de la operación del programa de control de emisiones vehiculares vigente.	SEDESU	Diagnóstico elaborado.	X		X					X		
2	Implementar un programa de inspección a los centros de verificación autorizados.	SEDESU	Programa de inspección a los centros de verificación elaborado e implementado. No. de inspecciones realizadas anualmente.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
3	Impartir periódicamente capacitación técnica y otorgar una certificación a los técnicos verificadores de los centros de verificación autorizados.	SEDESU Centros de verificación autorizados	No. de técnicos certificados anualmente.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
4	Elaborar un análisis de	SEDESU	Análisis de	X							X		

No.	Acciones	Responsable principal	Indicador de cumplimiento	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
	factibilidad para el establecimiento de la verificación semestral para vehículos particulares.		factibilidad elaborado.										
5	Implementar un sistema de obtención de niveles de contaminantes de vehículos automotores a través de la verificación vehicular mediante la vigilancia y enlace en tiempo real con los centros de verificación.	SEDESU	Sistema implementado y actualizado. Reporte anual de los niveles de contaminantes a partir de los vehículos verificados.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
6	Establecer la verificación vehicular vigente como requisito ante la solicitud de refrendo vehicular anual.	SEDESU Secretaría de Planeación y Finanzas	Verificación vehicular establecida como requisito.		X								
7	Fortalecer la campaña de difusión permanente del programa de verificación vehicular.	SEDESU	Diferencia porcentual anual de vehículos verificados con la campaña de difusión.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

*Las áreas administrativas que correspondan de acuerdo al reglamento.

Actores relevantes: SEDESU, Secretaría de Planeación y Finanzas, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), Procuraduría Estatal de Protección al Medio Ambiente y Desarrollo Urbano (PEPMADU), centros de verificación, centros de investigación e instituciones de educación superior.

Descripción: La SEDESU en coordinación con la PEPMADU realizará visitas de inspección y capacitación a los talleres acreditados así como una campaña de concientización a la sociedad buscando el incrementar el cumplimiento al programa de verificación vehicular.

La SEDESU se coordinará con el INECC para realizar el diagnóstico de la operación del programa de control de emisiones vehiculares vigente. Así también se coordinará con la Secretaría de Planeación y Finanzas para establecer la verificación vehicular como requisito para realizar el trámite de refrendo anual.

Costo estimado: Gasto corriente.

Medida 4 Implementar un programa de detención de vehículos visiblemente contaminantes y/o no verificados

Objetivo: Promover el mantenimiento preventivo y correctivo del parque vehicular visiblemente contaminante.

Justificación: Los vehículos que no tienen un adecuado mantenimiento, liberan a la atmósfera emisiones contaminantes que normalmente son mucho mayores que las de aquellos que reciben un buen mantenimiento. Los contaminantes emitidos son principalmente CO, NO_x y COV, debido a procesos de combustión incompleta o a la operación incorrecta de sus sistemas electromecánicos, por lo que es necesario evaluar sus emisiones periódicamente para recibir el mantenimiento adecuado o en su defecto, restringir su circulación, a fin de disminuir las emisiones contaminantes a la atmósfera.

Beneficios esperados: Que los vehículos que circulan en los municipios de Querétaro reciban un mantenimiento preventivo y correctivo, contribuyendo a la reducción de emisiones, mejorando su eficiencia y desempeño con lo que el usuario tendrá ahorros económico-energéticos en el corto, mediano y largo plazo.

Beneficio en la reducción de contaminantes							
PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	Tóxicos	GEI
X	X	X	X	X	-	-	X

Acciones y cronograma de ejecución

No.	Acciones	Responsable principal	Indicador de cumplimiento	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
1	Revisar y adecuar el marco jurídico para crear el programa de detención y retiro de vehículos visiblemente contaminantes.	Secretaría de Seguridad Ciudadana SEDESU Legislatura Secretaría de Gobierno	Adecuaciones realizadas al marco jurídico.	X									
2	Destinar recursos humanos, financieros y tecnológicos para la implementación del programa.	Secretaría de Seguridad Ciudadana Municipios* SEDESU	Recursos humanos, financieros y tecnológicos destinados anualmente.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
3	Diseñar e implementar el programa de detención y retiro de vehículos visiblemente contaminantes y/o no verificados.	Secretaría de Seguridad Ciudadana Municipios* SEDESU	Programa de detención y retiro de vehículos visiblemente contaminantes implementado.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
4	Implementar una línea de	SEDESU	Línea de denuncia	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

No.	Acciones	Responsable principal	Indicador de cumplimiento	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
	denuncia ciudadana para reportar vehículos visiblemente contaminantes, sin verificación y/o talleres corruptos.		implementada. No. de reportes ciudadanos atendidos anualmente.										
5	Realizar una campaña temporal de monitoreo para la detección y retiro de la circulación de vehículos visiblemente contaminantes.	SEDESU	Campaña temporal diseñada e implementada. No. de autos detectados. No. de autos retirados de la circulación.		X		X		X		X		X
6	Asesorar y capacitar al personal técnico encargado de la operación y supervisión del programa.	Secretaría de Seguridad Ciudadana Municipios* SEDESU	No. de personas capacitadas anualmente tanto para el Programa como para los centros de verificación.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

*Las áreas administrativas que correspondan de acuerdo al reglamento.

Actores relevantes: SEDESU, SEMARNAT, Secretaría de Seguridad Ciudadana, PEPMADU y áreas administrativas municipales correspondientes.

Descripción: La SEDESU en coordinación con la PEPMADU y las autoridades municipales coordinarán las actividades necesarias dentro del marco legal y sus ámbitos de competencia para la aplicación y correcta operación de los Programas de Detección de Vehículos Visiblemente Contaminantes y de Control de Emisiones Vehiculares.

Con apoyo de la SEMARNAT, la SEDESU diseñará e instrumentará cursos de capacitación para la correcta aplicación de los Programas de Detección de Vehículos Visiblemente Contaminantes y de Control de Emisiones Vehiculares para la detección de vehículos visiblemente contaminantes.

Para garantizar el buen funcionamiento de los programas anteriormente mencionados será necesario llevar a cabo una evaluación y detectar las áreas de oportunidad.

Costo estimado: 1 000 000.00 (Un millón de pesos).

Medida 5 Reforzar los programas de verificación vehicular para vehículos pesados de autotransporte

Objetivo: Reducir las emisiones y mejorar la eficiencia energética de los vehículos pesados mediante la verificación vehicular y la implementación de buenas prácticas operativas.

Justificación: El autotransporte de carga y de pasajeros de jurisdicción federal o estatal, contribuye significativamente a las emisiones de PM_{2.5} y PM₁₀. La verificación de este tipo de vehículos se rige por la NOM-045-SEMARNAT-2006, que es una norma que requiere una evaluación cuantitativa de la emisión de partículas.

Beneficios esperados: Reducir las emisiones de los vehículos pesados al cumplir con los límites máximos permisibles especificados en la normatividad aplicable.

Beneficio en la reducción de contaminantes							
PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	Tóxicos	GEI
X	X	X	X	X	X	X	X

Acciones y cronograma de ejecución

No.	Acciones	Responsable principal	Indicador de cumplimiento	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
1	Elaborar y mantener actualizado un inventario de los vehículos del transporte de carga en el Estado.	Secretaría de Planeación y Finanzas	Inventario elaborado y actualizado.	X			X			X		X	
2	Analizar si la capacidad instalada de verificación para vehículos pesados de carga es suficiente.	SCT SEDESU	Número de líneas actuales vs número de líneas requeridas.	X							X		
3	Fortalecer el Programa de Control de Emisiones para los vehículos pesados de carga y pasajeros.	SCT SEDESU	Número de vehículos verificados anualmente vs número de vehículos verificados en el año base.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
4	Incluir a los vehículos pesados a diesel en el programa de detención y retiro de vehículos visiblemente contaminantes y/o no verificados.	SEDESU Municipios*	No. de vehículos detectados anualmente. No. de vehículos retirados anualmente.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
5	Promover las buenas prácticas de manejo eficiente y modernización del transporte de carga mediante la aplicación del	SEMARNAT SCT SEDESU	No. de vehículos pesados de autotransporte estatales y federales que participan	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

No.	Acciones	Responsable principal	Indicador de cumplimiento	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
	Programa de Transporte Limpio.		anualmente en el Programa de Transporte Limpio.										

**Las áreas administrativas que correspondan de acuerdo al reglamento.*

Actores relevantes: SEDESU, Secretaría de Planeación y Finanzas, SEMARNAT, SCT, municipios, centros de investigación e instituciones de educación superior.

Descripción: La SEDESU en coordinación con la Secretaría de Planeación y Finanzas y la Secretaría de Transporte promoverán la modernización del transporte de carga y pasaje que circula en la región, así como su incorporación al Programa de Control de Emisiones Vehiculares. La SCT evaluará la necesidad de incorporar más centros de verificación vehicular para vehículos de jurisdicción Federal en el Estado.

La SEDESU con el apoyo técnico de la SEMARNAT, implementará la componente urbana del Programa Transporte Limpio.

Costo estimado: 150 000.00 (Ciento cincuenta mil pesos).

Medida 6 Promover la renovación, retro-adaptación e incorporación de vehículos con bajas emisiones en la flota vehicular de uso intensivo

Objetivo: Aumentar la tasa de renovación y la retro-adaptación de tecnologías de control en las unidades que integran la flota vehicular de uso intensivo e incrementar el número de unidades en circulación con bajas emisiones.

Justificación: Los vehículos más viejos tienen mayores emisiones debido a la falta de tecnologías de control y al desgaste de los motores así como menor eficiencia energética que los vehículos de modelos más recientes. Esto se agrava cuando estos vehículos funcionan como parte de una flota de servicio intensivo (taxis, transporte público, vehículos de reparto, transporte escolar y de personal).

El convertidor catalítico de tres vías ha sido considerado como un dispositivo eficiente para el tratamiento de los gases de combustión cuya finalidad es la de reducir las emisiones contaminantes de HC, CO y NO_x.

Por otro lado, renovar los vehículos más viejos por unidades que estén equipadas con sistemas de control de emisiones genera la oportunidad de reducirlas e incrementar la eficiencia energética de manera simultánea con el consecuente ahorro en el consumo de combustibles. Una oportunidad adicional de reducción de emisiones puede derivarse del cambio de combustible de diesel a gas natural.

Beneficios esperados: Prevenir, controlar y reducir las emisiones a la atmósfera por el transporte de uso intensivo.

Beneficio en la reducción de contaminantes							
PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	Tóxicos	GEI
X	X	X	X	X	X	X	X

Acciones y cronograma de ejecución

No.	Acciones	Responsable principal	Indicador de cumplimiento	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
1	Elaborar y mantener actualizado un inventario de la flota vehicular de uso intensivo en circulación.	Secretaría de Planeación y Finanzas	Inventario de la flota vehicular de uso intensivo elaborado y actualizado.	X			X			X		X	
2	Elaborar un estudio de costo-beneficio para determinar la edad, tipo y tecnología de las unidades susceptibles de ser renovadas o retro-adaptadas.	SEDESU	Estudio de costo-beneficio elaborado.	X							X		

Programa de Gestión para Mejorar la Calidad del Aire de la Zona Metropolitana de Querétaro-San Juan del Río 2014-2023

No.	Acciones	Responsable principal	Indicador de cumplimiento	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
3	Establecer un programa de renovación y retro-adaptación de flota vehicular en base al estudio de costo-beneficio.	Secretaría de Planeación y Finanzas. Secretaría de Gobierno	Programa de renovación y retro-adaptación establecido. No. de unidades renovadas y/o retro-adaptadas anualmente.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
4	Identificar y promover esquemas de financiamiento para la retro-adaptación de equipos de control y la renovación de las unidades que integran la flota vehicular de uso intensivo en base al estudio de costo-beneficio.	Secretaría de Gobierno SEDESU	No. y tipos de financiamientos otorgados anualmente. No. de unidades renovadas y/o retro-adaptadas anualmente por medio de los financiamientos otorgados.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
5	Desarrollar un programa de creación de infraestructura de servicio y recarga para la flota vehicular de uso intensivo con bajas emisiones.	Secretaría de Gobierno	Programa desarrollado de infraestructura.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
6	Formular convenios con la iniciativa privada para la creación de infraestructura de recarga de combustibles alternativos.	Secretaría de Gobierno	Convenios elaborados y firmados.	X	X								
7	Incorporar un holograma especial para vehículos con bajas o cero emisiones.	SEDESU	Holograma incorporado al PVO. No. de hologramas entregados anualmente.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
8	Estudiar la implementación de zonas de libre circulación y otros incentivos para este tipo de hologramas.	Secretaría de Gobierno SEDESU Secretaría de Seguridad Ciudadana	Estudio elaborado.		X	X							
9	Impulsar un programa de renovación de convertidores catalíticos en vehículos de año modelo 1992 y posteriores por medio de un esquema de financiamiento.	SEDESU	Programa establecido. No. de convertidores catalíticos renovados anualmente. Tipo de financiamiento otorgado.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

*Las áreas administrativas que correspondan de acuerdo a los reglamentos.

Actores relevantes: SEDESU, Secretaría de Planeación y Finanzas, Secretaría de Gobierno, Secretaría de Seguridad Ciudadana, SEMARNAT, SEDESU, Petróleos Mexicanos (PEMEX), municipios, centros de verificación, centros de investigación e instituciones de educación superior.

Descripción: La Secretaría de Planeación y Finanzas mantendrá actualizado el inventario de la flota vehicular de uso particular.

La Secretaría de Gobierno en colaboración con la SEDESU promoverá una serie de acciones que permitan la sustitución de la flota vehicular de uso intensivo, dando prioridad a aquellas unidades de mayor antigüedad.

Costo estimado: 400 000 000.00 (Cuatrocientos millones de pesos).

ESTRATEGIA II. REDUCCIÓN DE LAS EMISIONES DE LAS FUENTES FIJAS

Medida 7 Fomentar el uso de las mejores prácticas y la instalación de tecnologías de control de emisiones en las industrias, comercios y servicios

Objetivo: Promover la implementación de sistemas de control de emisiones y el uso de las mejores prácticas en instalaciones industriales, comerciales y de servicios.

Justificación: Los equipos de control permiten una reducción considerable de emisiones a la atmósfera que contribuye a la mejora de la calidad del aire en la zona. De acuerdo con el inventario de emisiones presentado en este ProAire se estima que durante el año 2008 se emitieron a la atmósfera 3 727 toneladas de PM₁₀ y 26 740 toneladas de NO_x.

Beneficios esperados: Mejorar el control y reducir la emisión de contaminantes a la atmósfera proveniente de las industrias, comercios y servicios en la Zona Metropolitana de Querétaro-San Juan del Río.

Beneficio en la reducción de contaminantes							
PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	Tóxicos	GEI
X	X	X	X	X	X	X	X

Acciones y cronograma de ejecución

No.	Acciones	Responsable principal	Indicador de cumplimiento	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
1	Identificar empresas y sectores industriales con las mayores emisiones, susceptibles a la implementación de mejores prácticas para reducción de emisiones y la instalación de equipos de control (en particular de COV y de productos de la combustión).	SEDESU SEMARNAT	Inventario elaborado de empresas susceptibles a la implementación de equipos de control.	X			X			X		X	
2	Fortalecer el Programa de Liderazgo Ambiental para la Competitividad con el fin de que las fuentes identificadas adopten la instalación de mejores tecnologías y/o buenas prácticas.	SEDESU SEMARNAT	No. de empresas que a través de este Programa han adoptado mejores tecnologías o implementado buenas prácticas anualmente.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
3	Establecer convenios con sectores industriales clave para la reducción de emisiones atmosféricas.	SEDESU SEMARNAT	No. de convenios establecidos anualmente con los sectores industriales.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Actores relevantes: SEMARNAT, SEDESU, municipios, cámaras y asociaciones industriales, empresas, comercios y servicios.

Descripción: La SEMARNAT y la SEDESU promoverán el uso de buenas prácticas y de tecnologías verdes. Así mismo, a través del Programa de Liderazgo Ambiental para la Competitividad, capacitarán en coordinación con los establecimientos industriales, comerciales y de servicios sobre el uso de equipos de control de emisiones.

Costo estimado: 10 000 000.00 (Diez millones de pesos).

Medida 8 Fortalecer la inspección y vigilancia en la industria

Objetivo: Mejorar la coordinación y la eficacia en los programas de inspección a los establecimientos de jurisdicción federal y estatal.

Justificación: Es necesario evaluar el cumplimiento de la normatividad y realizar las visitas de inspección para detectar áreas de oportunidad de regulación y de reducción de emisiones principalmente en los establecimientos de jurisdicción federal y estatal ubicados en la Zona Metropolitana de Querétaro-San Juan del Río para asegurar el cumplimiento de la normatividad vigente.

Beneficios esperados: Una mejor vigilancia permitirá incrementar el cumplimiento de la normatividad con lo que se espera reducir las emisiones a la atmósfera de las fuentes fijas de jurisdicción federal y estatal.

Beneficio en la reducción de contaminantes							
PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	Tóxicos	GEI
X	X	X	X	X	X	X	X

Acciones y cronograma de ejecución

No.	Acciones	Responsable principal	Indicador de cumplimiento	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
1	Establecer un programa estratégico y coordinado de inspección y vigilancia.	PROFEPA Poder Ejecutivo del Estado* SEDESU Municipios* PEPMADU	Programa de inspección y vigilancia implementado. No. de establecimientos inspeccionados anualmente.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2	Revisar y homologar los criterios de inspección y de sanción para hacer más eficaces los programas de inspección y vigilancia.	PROFEPA PEPMADU SEDESU Poder Ejecutivo del Estado* Municipios*	Criterios de inspección y de sanción revisados y homologados.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
3	Promover el cumplimiento de la normatividad a través de talleres para la industria.	SEMARNAT SEDESU PROFEPA PEPMADU	No. de talleres realizados anualmente. No. de personas capacitadas anualmente. % anual de reducción de sanciones a la industria.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

No.	Acciones	Responsable principal	Indicador de cumplimiento	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
4	Dar seguimiento a los establecimientos con mayor número de denuncias.	PROFEPA PEPMADU Poder ejecutivo del Estado* Municipios*	Número de denuncias recibidas. Número de denuncias por establecimiento. Número de denuncias atendidas.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
5	Establecer programas de capacitación continua sobre el cumplimiento normativo en materia de atmósfera, dirigidos al personal responsable de la inspección y vigilancia.	SEMARNAT PROFEPA PEPMADU SEDESU Poder Ejecutivo del Estado*	Programa de capacitación establecido. No. de personas capacitadas anualmente.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
6	Compilar y publicar periódicamente los resultados de los programas de inspección y vigilancia.	PROFEPA PEPMADU SEDESU CNP	Informe anual de resultados publicado, que incluya el número de industrias reguladas derivado de la inspección. Toneladas de emisiones contaminantes potencialmente reducidas.		X	X	X	X	X	X	X	X	X

*Las áreas administrativas que correspondan de acuerdo al reglamento.

Actores relevantes: SEMARNAT, PROFEPA, SEDESU, PEDMADU, Poder Ejecutivo del Estado, CNP y municipios.

Descripción: Para hacer más eficiente la inspección y vigilancia de fuentes fijas la SEMARNAT, PROFEPA, SEDESU, PEPMADU y municipios revisarán los programas de acuerdo a su jurisdicción.

Costo estimado: Gasto corriente.

Medida 9 Promover la autorregulación y mejora continua en la industria

Objetivo: Incrementar la participación de la industria en programas de autorregulación que ayuden a mejorar el control sobre sus procesos y a reducir sus emisiones atmosféricas.

Justificación: Los programas de autorregulación se basan en el cumplimiento de la legislación vigente apoyada en la gestión ambiental y la mejora continua de procesos y productos voluntariamente; dando como resultado un aumento en la eficiencia económica, ambiental y legal de la empresa y en consecuencia una mejora en la competitividad e imagen pública de las mismas.

Beneficios esperados: Reducción de las emisiones contaminantes por medio de un mejor desempeño ambiental e impulso de una cultura de prevención de la contaminación mediante nuevos esquemas, estímulos y capacitación para la aplicación de medidas de control y eficiencia energética.

Beneficio en la reducción de contaminantes							
PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	Tóxicos	GEI
X	X	X	X	X	X	X	X

Acciones y cronograma de ejecución

No.	Acciones	Responsable principal	Indicador de cumplimiento	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
1	Actualizar periódicamente el inventario de fuentes de jurisdicción federal, estatal y municipal del Estado.	SEMARNAT SEDESU Municipios*	Inventario de fuentes actualizado.	X			X			X		X	
2	Identificar y gestionar esquemas de financiamiento para las acciones que se comprometan en los programas.	PROFEPA SEMARNAT SEDESU Municipios*	Esquemas de financiamiento identificados y gestionados.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
3	Incrementar el número de empresas de jurisdicción federal, estatal y de servicios que ingresen al Programa Nacional de Auditoría Ambiental para obtener la certificación de Industria Limpia de PROFEPA.	PROFEPA SEDESU Municipios*	No. de empresas inscritas anualmente en el PNA No. de empresas certificadas anualmente como Industria Limpia.	X		X	X		X	X	X	X	X
4	Incrementar la incorporación de empresas de jurisdicción federal y estatal al Programa de Liderazgo Ambiental para la	SEDESU PROFEPA	No. de empresas de jurisdicción federal y estatal inscritas en el PLAC.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

No.	Acciones	Responsable principal	Indicador de cumplimiento	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
	Competitividad.												
5	Establecer convenios de colaboración con centros de investigación e instituciones de educación superior para desarrollar proyectos de producción más limpia en el Estado.	SEDESU Municipios*	No. de convenios de colaboración firmados y vigentes. No. de proyectos desarrollados.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
6	Implementar en la industria programas de capacitación sobre métodos de producción más limpia.	SEDESU SEMARNAT	Programas de capacitación implementados. No. de industriales capacitados anualmente en métodos de producción más limpia.		X	X	X	X	X	X	X	X	X
7	Estimar la reducción de emisiones a la atmósfera a partir de la implementación del Programa de Autorregulación.	SEMARNAT PROFEPA SEDESU	Toneladas bianuales reducidas por empresas que cuentan con un Programa de Autorregulación.		X		X		X		X		X

*Las áreas administrativas que correspondan de acuerdo al reglamento.

Actores relevantes: SEMARNAT, PROFEPA, SEDESU, municipios, industriales, comercios y servicios, centros de investigación e instituciones de educación superior.

Descripción: La SEMARNAT, PROFEPA y SEDESU promoverán la incorporación y generación de sistemas de autorregulación, mejora continua y auditoría para las fuentes presentes en los municipios que integran el ProAire.

La SEDESU se coordinará con la SEMARNAT y los municipios para desarrollar un inventario trianual de emisiones que servirá de insumo para elaborar el inventario estatal y federal. La PROFEPA y SEDESU promoverán en diversos medios de comunicación (talleres, presentaciones, reuniones, estudios, propaganda, etc.) el tema de la autorregulación, mejora continua y auditoría.

Costo estimado: 400 000.00 (Cuatrocientos mil pesos).

Medida 10 Promover el uso de energías y combustibles alternos

Objetivo: Disminuir las emisiones de contaminantes mediante el uso de energías y combustibles alternos que permitan la reducción de las emisiones de partículas, NO_x y SO₂, minimizando los impactos al medio ambiente.

Justificación: En los municipios de la zona de estudio se encuentran establecimientos de diversas actividades, los cuales consumen combustibles fósiles, generando emisiones altamente contaminantes para el aire.

Beneficios esperados: Reducción en las emisiones de PM₁₀, SO₂ y NO_x.

Beneficio en la reducción de contaminantes							
PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	Tóxicos	GEI
X	-	X	-	X	-	-	-

Acciones y cronograma de ejecución

No.	Acciones	Responsable principal	Indicador de cumplimiento	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
1	Elaborar un diagnóstico sobre el uso de combustibles y energéticos alternos en las fuentes fijas, sus tendencias, escenarios futuros y factibilidad de cambio en función de su disponibilidad, precio, emisiones atmosféricas y relación costo-beneficio.	SEDESU	Diagnóstico de uso de combustibles elaborado.	X	X						X	X	
2	Elaborar un programa de reconversión para que las fuentes fijas con las mayores emisiones utilicen energéticos alternos.	SEMARNAT SEDESU	Programa de reconversión elaborado.	X	X								
3	Implementar el Programa de reconversión.	SEMARNAT SEDESU	Emisiones reducidas anualmente por la aplicación del programa de reconversión.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

*Las áreas administrativas que correspondan de acuerdo al reglamento.

Actores relevantes: SEDESU, PROFEPA, SEMARNAT, SENER, centros de investigación e instituciones de educación superior.

Descripción: Las autoridades ambientales y del sector energético elaborarán un diagnóstico del uso de combustibles y energéticos alternos empleados en los municipios en estudio y sus

impactos sobre la calidad del aire. Adicionalmente, buscarán sinergias y convenios con centros de investigación o instituciones de educación superior especializados en temas de energía y combustibles alternos, promoviendo la investigación y posibles alternativas de financiamiento así como la implementación de estímulos fiscales.

Costo estimado: 5 000 000.00 (Cinco millones de pesos).

Medida 11 Fortalecer el Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes federal, estatal y municipal

Objetivo: Contar con información actualizada y confiable de las sustancias contaminantes emitidas a la atmósfera por el sector industrial de jurisdicción federal, estatal y municipal.

Justificación: La información contenida en el Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC) permitirá proponer políticas eficaces para preservar y proteger el medio ambiente, además, al disponer de información de emisiones contaminantes que se generan, se podrá conocer con mayor certeza la infraestructura de protección ambiental que se requiera en el estado. Las fuentes emisoras evaluarán su desempeño y podrán identificar sus áreas de oportunidad para la reducción de las emisiones y transferencias.

Beneficios esperados: Conocer con precisión las fuentes fijas de la región con la finalidad de generar información para elaborar el inventario de emisiones y fortalecer el RETC. Regular a las fuentes fijas asentadas en la región y como consecuencia tener menores emisiones a la atmósfera. Promover el establecimiento de programas de prevención y control de las emisiones contaminantes a la atmósfera de las fuentes fijas de jurisdicción federal, estatal y municipal. Con lo anterior, será posible incrementar el cumplimiento de la normatividad y la integración del RETC a nivel nacional.

Beneficio en la reducción de contaminantes							
PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	Tóxicos	GEI
X	X	X	X	X	X	X	X

Acciones y cronograma de ejecución

No.	Acciones	Responsable principal	Indicador de cumplimiento	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
1	Evaluar el formato estatal de entrega de la LAU-QRO y el software de entrega de la COA en materia de calidad del aire.	SEDESU	Resultados de la evaluación de formatos de la COA y LAU. Nuevo formato de la COA. Nuevo formato de la LAU.	X	X								
2	Actualizar el marco normativo para la incorporación de la COA estatal y creación del sistema de regulación estatal.	SEDESU	Actualizaciones realizadas al marco normativo aplicable.	X	X								
3	Difundir el uso del sistema de regulación entre los sectores industriales aplicables.	SEDESU	No. de campañas de difusión realizadas anualmente. No. de Industrias que	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

No.	Acciones	Responsable principal	Indicador de cumplimiento	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
			reportan al sistema de regulación estatal anualmente.										
4	Revisar y publicar el informe del RETC estatal.	SEDESU	Publicación del RETC Estatal.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
5	Integrar los datos del RETC estatal al RETC nacional.	SEDESU SEMARNAT	Publicación del RETC nacional con los datos estatales integrados.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
6	Firma del Convenio del RETC entre los tres órdenes de gobierno.	SEMARNAT SEDESU Municipios*	Convenio firmado.	X									
7	Establecer el Comité de Trabajo del RETC.	SEMARNAT SEDESU Municipios*	Comité del RETC conformado.	X									
8	Elaborar un Programa de Trabajo de RETC municipal.	SEMARNAT SEDESU Municipios*	Programa de trabajo elaborado.	X									
9	Modificar el marco legal municipal para instrumentar el RETC.	SEMARNAT SEDESU Municipios*	Modificaciones realizadas al marco legal para la instrumentación del RETC.	X									
10	Construir las capacidades técnicas necesarias para la instrumentación del RETC municipal.	SEMARNAT SEDESU Municipios*	Capacidades técnicas establecidas en el Estado para la instrumentación del RETC.	X	X								
11	Establecer el trámite de la Cédula de Operación Anual a nivel municipal.	SEMARNAT SEDESU Municipios*	Trámite de la COA implementado.	X	X								
12	Integrar el directorio de fuentes fijas y difusas de competencia municipal.	Municipios*	Directorio integrado de fuentes fijas y difusas de competencia municipal.	X	X								
13	Mantener actualizado el directorio de fuentes fijas y difusas de competencia municipal.	Municipios*	Directorio actualizado de fuentes fijas y difusas de competencia municipal.	X			X			X		X	
14	Revisar y publicar el Informe del RETC municipal.	SEDESU Municipios*	Publicación del RETC municipal.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
15	Integrar los datos del RETC municipal al RETC estatal y nacional.	SEMARNAT SEDESU Municipios*	RETC municipal integrado al RETC estatal y nacional.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

**Las áreas administrativas que correspondan de acuerdo al reglamento.*

Actores relevantes: SEDESU, SEMARNAT y áreas administrativas estatales y municipales que correspondan.

Descripción: La SEDESU creará y mantendrá actualizado el padrón de fuentes fijas de jurisdicción estatal asentadas en los municipios que comprenden la región de la ZM de Querétaro-San Juan del Río para analizar si existe factibilidad en la simplificación de trámites administrativos. Además, establecerán programas de prevención en la generación de emisiones y les proporcionarán un seguimiento puntual y periódico.

A través de los instrumentos jurídicos aplicables, la SEDESU continuará con la instrumentación del RETC. A partir de su información se establecerán programas de prevención en la emisión y transferencia de sustancias tóxicas y contaminantes provenientes de procesos de combustión y gases de efecto invernadero.

Asimismo, se coordinarán la SEMARNAT y la SEDESU para revisar los procedimientos operativos establecidos con la finalidad de analizar la simplificación de trámites administrativos para la regulación de fuentes fijas de jurisdicción federal y estatal. A fin de analizar la posibilidad de reubicación de parques industriales, se llevará a cabo la coordinación entre estas dependencias para conjuntar información que permita detectar zonas críticas por actividades industriales o económicas en áreas urbanas.

Costo estimado: 1 000 000.00 (Un millón de pesos).

Medida 12 Implementar un programa de control de vapores por el manejo de combustibles en terminales de almacenamiento y reparto (TAR) y en estaciones de servicio de combustibles

Objetivo: Reducir las emisiones de COV en las operaciones de manejo y distribución de combustibles.

Justificación: Los COV son emitidos a la atmósfera por la evaporación proveniente del manejo y distribución de combustibles en las TAR y las estaciones de servicio. Reducir las emisiones de COV es de suma importancia al ser precursores de O₃, además son nocivos para la salud humana y el medio ambiente.

Es importante implementar programas de control de vapores en las TAR así como en las estaciones de servicio (fase 0, fase I y fase II), identificando todos los componentes que serán objeto de control, destaca que las emisiones de COV se presentan con mayor frecuencia en los accesorios y tuberías que conducen el combustible.

Beneficios esperados: Reducción de las emisiones de COV.

Beneficio en la reducción de contaminantes							
PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	Tóxicos	GEI
-	-	-	-	-	X	X	X

Acciones y cronograma de ejecución

No.	Acciones	Responsable principal	Indicador de cumplimiento	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
1	Elaborar un inventario de emisiones derivado de las actividades del manejo y distribución de combustibles.	PEMEX SEDESU Municipios* Concesionarios	Inventario de emisiones elaborado.	X	X								
2	Mantener actualizado el inventario de emisiones derivado de las actividades del manejo y distribución de combustibles.	PEMEX SEDESU Municipios* Concesionarios	Inventario de emisiones actualizado.	X			X			X		X	
3	Generar un padrón de los sistemas de control implementados en las TAR y estaciones de servicio de combustibles.	PEMEX SEDESU Municipios* Concesionarios	Padrón de sistemas de control de vapores en las TAR y estaciones de servicio.	X	X								
4	Mantener actualizado el padrón de los sistemas de control implementados en las TAR y estaciones de servicio de combustibles.	PEMEX SEDESU Municipios* Concesionario	Padrón de sistemas de control en las TAR y estaciones de servicio actualizado.	X			X			X		X	

No.	Acciones	Responsable principal	Indicador de cumplimiento	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
		os											
5	Desarrollar un estudio de factibilidad para aplicar nuevas técnicas y/o tecnologías para minimizar emisiones fugitivas en el manejo y distribución de combustibles.	PEMEX SEDESU Municipios* Concesionarios	Estudio de factibilidad realizado. Estimación anual de reducción de emisiones fugitivas. No. de estaciones de servicio susceptibles para la aplicación de nuevas técnicas y/o tecnologías para minimizar emisiones fugitivas. No. y tipo de equipos de control sustituidos anualmente.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
6	Promover convenios de colaboración con PEMEX y las estaciones de servicio para mejorar el control de emisiones de vapores en el manejo y distribución de combustibles.	PEMEX SEMARNAT SEDESU Municipios* Concesionarios	No. de convenios elaborados y firmados.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
7	Crear un programa permanente de inspección y verificación a los sistemas de control en el manejo y distribución de combustibles (fase 0, I y II).	PROFEPA SEDESU PEMEX Municipios*	Programa de inspección y verificación creado. No. de visitas de inspección realizadas anualmente.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
8	Desarrollar un programa de buenas prácticas operativas.	SEDESU Municipios*	Programa de buenas prácticas operativas desarrollado.	X	X								
9	Implementar el programa de buenas prácticas operativas en estaciones de servicio de combustibles.	SEDESU Municipios* Concesionarios	No. de estaciones por año que han implementado el programa de buenas prácticas operativas.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
10	Informar periódicamente del mantenimiento y de la eficiencia de control de estos sistemas al CNP.	SEDESU Municipios*	Informe anual de mantenimiento y eficiencia presentado.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

*Las áreas administrativas que correspondan de acuerdo al reglamento.

Actores relevantes: SEMARNAT, PEMEX, PROFEPA, SEDESU, asociaciones y gremios de empresarios de distribución de combustibles, gasolineras y responsables de las estaciones de autoconsumo.

Descripción: La SEDESU se coordinará con PEMEX para la firma de convenios de colaboración en conjunto con los distribuidores de combustibles para la adquisición y optimización de sistemas de recuperación de vapores en las estaciones de servicio. Así mismo, establecerá los mecanismos para su control e inspección para evitar fuga en el manejo y distribución de combustibles.

Costo estimado: 750 000.00 (Setecientos cincuenta mil pesos).

ESTRATEGIA III. REDUCCIÓN DE LAS EMISIONES DE LAS FUENTES DE ÁREA

Medida 13 Regular las actividades de elaboración artesanal de ladrillos y fomentar el uso de mejores prácticas en las ladrilleras

Objetivo: Disminuir las emisiones de PM₁₀, PM_{2.5} y contaminantes tóxicos generadas por las ladrilleras mediante el control y regulación en sus procesos.

Justificación: Se sabe que los hornos ladrilleros pueden contribuir significativamente a las emisiones de PM₁₀, PM_{2.5} y contaminantes tóxicos, lo que hace necesario contar con un programa específico para reducir emisiones del sector ladrillero.

También se reconoce que controlar las emisiones de compuestos conocidos como forzantes climáticos de vida corta (FCVC) puede lograrse con medidas de control que han probado su eficacia y que se pueden implementar relativamente rápido, lo que tendrá como resultado beneficios tanto en la mitigación del cambio climático como en la reducción de la contaminación del aire.

Una de las consecuencias más significativas en la producción de ladrillo es la emisión de partículas finas resultantes de la combustión deficiente de combustibles fósiles (diesel y combustóleo) y biomasa. Un componente de las emisiones de partículas finas es el carbono negro (blackcarbon-BC), que una vez en el aire absorbe la luz solar convirtiéndola en calor que es liberado a la atmósfera.

Beneficios esperados: Regular la operación de hornos ladrilleros y mejorar el proceso de elaboración del ladrillo cocido; reducir emisiones de PM₁₀, PM_{2.5} y contaminantes tóxicos y fortalecer el sector ladrillero en el ámbito productivo y empresarial mediante buenas prácticas de elaboración de este producto.

Beneficio en la reducción de contaminantes							
PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	Tóxicos	GEI
X	X	X	X	X	X	X	X

Acciones y cronograma de ejecución

No.	Acciones	Responsable principal	Indicador de cumplimiento	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
1	Actualizar periódicamente el inventario de hornos ladrilleros.	Municipios*	Inventario de hornos ladrilleros actualizado.	X			X			X		X	
2	Proporcionar a la federación el inventario de emisiones actualizado de hornos ladrilleros.	SEDESU Municipios*	Inventario de emisiones actualizado y entregado.	X			X			X		X	
3	Desarrollar un	Municipios*	Diagnóstico		X			X			X		X

No.	Acciones	Responsable principal	Indicador de cumplimiento	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
	diagnóstico detallado del impacto en la calidad del aire de este sector que incluya el uso de sistemas de información geográfica.		desarrollado. Mapa actualizado de la ubicación de ladrilleras.										
4	Elaborar e implementar un esquema de regulación en la fabricación de ladrillo.	SEDESU Municipios*	Instrumento legal elaborado e implementado.		X	X	X	X	X	X	X	X	X
5	Establecer un programa de visitas de verificación y de inspección.	PROFEPA PEPMADU Municipios*	Programa implementado. No. de visitas de verificación e inspección realizadas anualmente.			X	X	X	X	X	X	X	X
6	Crear una cooperativa con habitantes de las comunidades ladrilleras a fin de establecer estrategias para crear oportunidades de crecimiento regional en actividades u oficios diversos.	SEDESU	No. de participantes inscritos en la cooperativa.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
7	Revisar y modificar los planes de desarrollo urbano para la instalación y/o reubicación de ladrilleras fuera de las zonas urbanas.	Municipios*	Planes de desarrollo revisados anualmente.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
8	Identificar y proponer opciones de organización, profesionalización y financiamiento para el sector ladrillero.	SEDESU Municipios*	Propuesta de opciones de organización y profesionalización presentadas. No. de instituciones financieras identificadas.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

*Las áreas administrativas que correspondan de acuerdo al reglamento.

Actores relevantes: SEDESU, SEMARNAT, municipios, centros de investigación, instituciones de educación superior y productores artesanales de ladrillo.

Descripción: La SEDESU y las áreas administrativas del municipio que correspondan tendrán actualizado el padrón de hornos con la finalidad de conocer las características de cada uno y el tipo de combustible que emplean dentro del proceso de fabricación de ladrillos.

Con base en la información recopilada en el padrón, la SEDESU elaborará, publicará y ejecutará una norma que regule las actividades desarrolladas para la elaboración de ladrillo, con la finalidad de reducir los impactos de las emisiones y regular las prácticas para su elaboración. Para vigilar el buen cumplimiento de la norma será necesario que se implemente un programa permanente de visitas de inspección y verificación por parte de la PROFEPA y PEPMADU; así mismo, la SEDESU en coordinación con los municipios, diseñará y difundirá un programa de capacitación el cual será impartido a los fabricantes de ladrillo, con la finalidad de fomentar sus capacidades para desarrollarse como empresarios, para lo cual será necesaria la investigación de las tecnologías alternativas para el empleo de combustibles más limpios y generar una conciencia ambiental entre los fabricantes de ladrillo.

Costo estimado: 10 000 000.00 (Diez millones de pesos).

Medida 14 Fomentar el uso de mejores prácticas en las actividades de recubrimiento de superficies y desengrasado

Objetivo: Disminuir las emisiones de COV generadas por el uso de recubrimientos base solvente en las actividades de pintado y desengrasado.

Justificación: En Querétaro existe una gran variedad de actividades comerciales y de servicios orientadas principalmente a abastecer al sector industrial de productos y materias primas que contienen solventes. Asimismo, existen también numerosos talleres dedicados al repintado automotriz, los cuales no realizan buenas prácticas, emitiendo una gran cantidad de contaminantes al aire.

Los materiales usados como insumo en ambos sectores generan emisiones de partículas (aerosoles), COV y compuestos carcinogénicos durante diversos procesos de limpieza, recubrimiento de superficies, manufactura y distribución. Además, en el caso de las pinturas, éstas contienen un alto porcentaje de sustancias que al evaporarse y en presencia de radiación solar producen cantidades importantes de contaminantes secundarios como el O₃.

Beneficios esperados: Contar con un manual de buenas prácticas en técnicas de repintado y limpieza aunado a la capacitación sobre el uso de equipos alternos los cuales permitirán un ahorro económico en la ejecución de las tareas de repintado y una reducción importante en la cantidad de emisiones de COV a la atmósfera.

Beneficio en la reducción de contaminantes							
PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	Tóxicos	GEI
-	-	-	-	-	X	X	-

Acciones y cronograma de ejecución

No.	Acciones	Responsable principal	Indicador de cumplimiento	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
1	Elaborar un inventario de distribuidores y manejadores de solventes, así como de talleres de repintado automotriz.	Municipios* SEDESU	Inventario elaborado.	X	X								
2	Actualizar el inventario de distribuidores y manejadores de solventes, así como de talleres de repintado automotriz.	Municipios* SEDESU	Inventario actualizado.	X			X			X		X	
3	Ubicar los establecimientos de repintado existentes en un Sistema de Información Geográfica.	Municipios* SEDESU	Mapa de ubicación de talleres de repintado automotriz.	X		X			X		X		X

No.	Acciones	Responsable principal	Indicador de cumplimiento	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
4	Generar un banco de datos sobre el tipo y cantidad de recubrimientos adquiridos, usados así como contar con una estimación de COV generados mensualmente.	Municipios* SEDESU	Banco de datos implementado. Reporte de la información recopilada.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
5	Generar e implementar un manual de buenas prácticas de limpieza y repintado de superficies en sus diferentes modalidades.	Municipios* SEDESU	Manual elaborado de buenas prácticas. No. de establecimientos que han implementado buenas prácticas en su proceso.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
6	Realizar cursos de capacitación sobre buenas prácticas de repintado y limpieza de superficies en sus diferentes modalidades.	Municipios* SEDESU	No. de cursos impartidos. No de personas capacitadas.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
7	Desarrollar campañas de concientización a los usuarios sobre los daños potenciales a la salud por el uso inadecuado de los solventes.	Municipios* SEDESU	Campañas de concientización implementadas. Personas capacitadas.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
8	Promover el uso de pistolas HVLP para los talleres mediante la realización de cursos de capacitación.	Municipios* SEDESU	No. de cursos impartidos. No. de talleres que adquirieron pistolas HVLP.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
9	Analizar la factibilidad de reglamentar a nivel municipal la comercialización, manejo y transporte de solventes.	Municipios* SEDESU	Análisis de factibilidad elaborado.		X	X							

*Las áreas administrativas que correspondan de acuerdo al reglamento.

Actores relevantes: SEMARNAT, SEDESU, municipios, centros de investigación e instituciones de educación superior.

Descripción: Las direcciones de ecología de los municipios pertenientes a la zona de estudio y la SEDESU de manera coordinada con las cámaras de comercio e industria, centros de investigación e instituciones de educación superior, tendrán actualizado un inventario de talleres de pintado (formales e informales) y un banco de datos en el que se identifiquen las principales sustancias utilizadas, su tipo, volúmenes y grado de volatilidad. Con la información anterior se elaborará un mapa de su ubicación en un Sistema de Información Geográfica (SIG) así como el

manual de buenas prácticas para el proceso de repintado. También diseñarán y llevarán a cabo una estrategia integral para el uso de mejores prácticas e identificarán las diversas opciones de financiamiento que puedan apoyar para la adquisición de equipos de control de repintado.

Con apoyo de la SEDESU, los municipios buscarán reglamentar la comercialización, manejo y transporte de solventes y recubrimientos base solvente.

Costo estimado: Gasto corriente.

Medida 15 Regular las actividades de extracción en bancos de materiales y de preparación de sitios en construcción

Objetivo: Disminuir la emisión de partículas asociadas con las actividades de exploración, explotación y transporte de materiales pétreos no consolidados así como de la preparación de sitios para construcción.

Justificación: La explotación de bancos de materiales tiene como consecuencia la emisión de partículas suspendidas que son resultados del manejo de materiales y la acción del viento. También se presenta un deterioro de los terrenos que fueron usados como bancos de materiales debido a que no se realizan acciones de rehabilitación, quedando expuestos a la acción erosiva del viento y la lluvia.

El desmonte y despalme de sitios contribuye a la erosión del suelo, lo cual impacta la calidad del aire por la generación de material particulado. Así mismo, modifica el paisaje original por lo que es necesario promover la rehabilitación de los sitios.

Beneficios esperados: Regularización de los bancos de materiales que operan informalmente y en consecuencia una disminución de emisiones de PM₁₀ y PM_{2.5}.

Beneficio en la reducción de contaminantes							
PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	Tóxicos	GEI
X	X	-	-	-	-	-	-

Acciones y cronograma de ejecución

No.	Acciones	Responsable principal	Indicador de cumplimiento	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
1	Actualizar el inventario de bancos de materiales.	Municipios* SEDESU	Inventario actualizado de bancos de materiales activos y fuera de servicio.	X			X			X		X	
2	Ubicar los bancos de materiales que operan de manera regular e irregular en el Sistema de Información Geográfica existente.	Municipios* SEDESU	Mapa de ubicación de bancos de materiales actualizado. No. de bancos de materiales irregulares reportados en el mapa de ubicación.	X			X			X		X	
3	Actualizar el Inventario de Emisiones para este tipo de fuentes.	SEDESU Municipios*	Inventario de emisiones de bancos de materiales actualizado.	X			X			X		X	

No.	Acciones	Responsable principal	Indicador de cumplimiento	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
4	Realizar visitas de inspección y vigilancia para asegurar el cumplimiento del reglamento en cuanto a la explotación y rehabilitación de los bancos de materiales.	SEDESU Municipios* PEPMADU	No. de visitas de inspección y vigilancia realizadas anualmente.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
5	Implementar un programa de rehabilitación por medio de cubierta vegetal en los sitios que ya no estén en servicio.	SEDESU Municipios*	No. de sitios rehabilitados anualmente.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

*Las áreas administrativas que correspondan de acuerdo al reglamento.

Actores relevantes: SEMARNAT, SEDESU, PEPADU, áreas administrativas del estado y municipios que correspondan de acuerdo al reglamento y los propietarios de bancos de materiales y minas.

Descripción: Los órdenes de gobierno federal, estatal y municipal se coordinarán para generar y actualizar la información de bancos de materiales y de los sitios sujetos a desmonte para lograr la transversalidad con actividades establecidas, aplicar la normatividad para regular las actividades de extracción de bancos de materiales y de los sitios sujetos a desmonte y establecer el tipo de medidas necesarias para mitigar los efectos en la atmósfera generados por esta actividad.

Costo estimado: Gasto corriente.

Medida 16 Establecer los lineamientos, regulaciones y buenas prácticas para reducir las emisiones generadas por incendios forestales, quemas agrícolas y de residuos urbanos

Objetivo: Reducir las emisiones generadas en la preparación de terrenos agrícolas, quema de esquilmos, residuos agrícolas y urbanos.

Justificación: Actividades tales como la preparación rápida de las tierras para aprovechar el nuevo ciclo agrícola, propicia la quema de esquilmos en los campos de cultivo, lo que ocasiona emisiones de contaminantes al aire como el CO, NO₂, COV, hidrocarburos policíclicos aromáticos (HAP), PM_{2.5} y PM₁₀; por esta razón se vuelve prioritario aplicar acciones para controlar y prevenir estas prácticas. Es necesario promover acciones para la aplicación adecuada de la NOM-015-SEMARNAT/SAGARPA-2007, que establece las especificaciones técnicas de métodos de uso del fuego en los terrenos forestales y en los terrenos de uso agropecuario.

Adicionalmente, se requiere mejorar las prácticas de manejo y disposición de recipientes y envases contenedores de insecticidas y fertilizantes, así como proveer la infraestructura correcta para la disposición de los residuos urbanos, previniendo que sean incinerados a cielo abierto.

Beneficios esperados: Evitar la afectación por la generación de contaminantes que se emiten por la quema de residuos agrícolas y/o quema de pastizales; reducir las emisiones de PM₁₀, PM_{2.5} y de material tóxico; evitar la afectación por la generación de contaminantes que se emiten por la quema de residuos y aumentar la disposición correcta de los residuos.

Beneficio en la reducción de contaminantes							
PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	Tóxicos	GEI
X	X	-	X	X	X	X	X

Acciones y cronograma de ejecución

No.	Acciones	Responsable principal	Indicador de cumplimiento	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
1	Actualizar el inventario de emisiones por quemas agrícolas, forestales y de residuos urbanos.	SEDESU Municipios* SEDEA SAGARPA	Inventario de emisiones de quemas agrícolas, forestales y de residuos urbanos actualizado.	X			X			X		X	
2	Analizar la factibilidad para implementar tecnologías alternativas que sustituyan las malas prácticas de preparación de la tierra.	SEDEA SAGARPA Municipios*	Análisis de factibilidad elaborado.	X	X								
3	Diseñar esquemas de financiamiento para la implementación de tecnologías alternativas.	SEDEA SAGARPA Municipios*	Esquemas de financiamiento diseñados y otorgados.	X	X								

No.	Acciones	Responsable principal	Indicador de cumplimiento	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
4	Diseñar e implementar un programa de capacitación sobre buenas prácticas agrícolas, manejo de desechos agrícolas así como de recipientes y contenedores de fertilizantes.	SEDEA SAGARPA Municipios*	Programa de capacitación implementado. No. de personas capacitadas anualmente. Reducción estimada anual de emisiones por la implementación de buenas prácticas.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
5	Desarrollar e implementar un programa para minimizar la quema al aire libre de residuos sólidos urbanos que pueda incluirse en los programas municipales de gestión integral de residuos sólidos.	SEDESU Municipios* PEPMADU	Programa para minimizar la incineración de residuos sólidos urbanos implementado. Reducción estimada anual de emisiones por la implementación del programa.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
6	Desarrollar una campaña de conscientización a la población sobre la correcta disposición de los residuos sólidos.	SEDESU Municipios* IMPLAN	Campaña de conscientización desarrollada. No. de personas informadas anualmente a través de la campaña.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
7	Establecer un programa de vigilancia para evitar la quema al aire libre de residuos sólidos.	SEDESU Municipios* PEPMADU	Programa de vigilancia implementado. No. de quemas denunciadas anualmente.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
8	Elaborar una norma técnica estatal que regule las quemas urbanas.	SEDESU Protección Civil	Norma técnica elaborada y publicada.	X	X								

*Las áreas administrativas que correspondan de acuerdo al reglamento.

Actores relevantes: SEMARNAT, PROFEPA, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), SEDEA, el Instituto de Planeación del Municipio de Querétaro (IMPLAN), gobierno estatal y autoridades municipales en el ámbito de sus respectivas competencias.

Descripción: Para la realización de las acciones descritas es imprescindible promover la coordinación entre las dependencias de los niveles de gobierno estatal y municipal enfocadas al fortalecimiento del campo con asesoría de la federación (SAGARPA y SEMARNAT), con el objeto de establecer un programa de buenas prácticas para reducir las emisiones generadas por la quema

de desechos agrícolas, capacitación para el manejo correcto de residuos urbanos, así como asegurar la aplicación estricta de la normatividad vigente y fortalecer las acciones de inspección.

Costo estimado: 200 000.00 (Doscientos mil pesos).

ESTRATEGIA IV. PROTECCIÓN A LA SALUD DE LA POBLACIÓN

Medida 17 Desarrollar un Sistema de Vigilancia Epidemiológica estatal en materia de calidad del aire

Objetivo: Elaborar e implementar un programa de vigilancia epidemiológica que genere insumos para evaluar los efectos a la salud de la población derivada de la exposición a contaminantes atmosféricos.

Justificación: Mediante programas de vigilancia epidemiológica es posible conocer y evaluar de manera continua los efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud de los habitantes.

Beneficios esperados: La información generada permite la toma de decisiones puntuales para implementar medidas preventivas que protejan la salud de la población.

Beneficio en la reducción de contaminantes							
PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	Tóxicos	GEI
-	-	-	-	-	-	-	-

Acciones y cronograma de ejecución

No.	Acciones	Responsable principal	Indicador de cumplimiento	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
1	Diseñar el Sistema de Vigilancia Epidemiológica (SVE) en materia de calidad del aire.	Secretaría de Salud del Estado	SVE diseñado.	X	X								
2	Implementar el SVE en materia de calidad del aire.	Secretaría de Salud del Estado Municipios*	SVE en operación. Reporte de información generada por el SVE	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
3	Evaluar la posibilidad de unificar el SVE con sistemas existentes en el Estado.	Secretaría de Salud del Estado	Resultados de la evaluación.	X									
4	Establecer un sistema de registro de estadísticas de ingresos hospitalarios.	Secretaría de Salud del Estado Municipios*	Reporte estadístico de ingresos hospitalarios.		X	X	X	X	X	X	X	X	X
5	Analizar, integrar y correlacionar las bases de datos de salud pública y calidad del aire.	CNP	Reporte del análisis de calidad del aire y su correlación con la salud pública.			X	X	X	X	X	X	X	X
6	Definir áreas de investigación en salud pública con base en la	Secretaría de Salud del Estado	Áreas de investigación prioritarias			X	X	X	X	X	X	X	X

No.	Acciones	Responsable principal	Indicador de cumplimiento	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
	información de calidad del aire.	Municipios*	detectadas.										
7	Implementar un programa para desarrollar la infraestructura de apoyo al SVE.	Secretaría de Salud del Estado Municipios*	Programa de infraestructura presentado.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
8	Capacitar periódicamente al personal del Gobierno del Estado y Municipios en temas de salud y vigilancia epidemiológica.	Secretaría de Salud	No. de personas capacitadas anualmente a nivel municipal y estatal.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

*Las áreas administrativas que correspondan de acuerdo al reglamento.

Actores relevantes: La Secretaría de Salud, SEMARNAT, SEDESU, áreas administrativas del Estado y municipios que correspondan.

Descripción: El diseño de este programa estará a cargo de la Secretaría de Salud del estado de Querétaro en coordinación con la Dirección de Protección contra Riesgos Sanitarios.

Costo estimado: 3 000 000.00 (Tres millones de pesos).

Medida 18 Desarrollar un Sistema de Vigilancia Epidemiológica en materia de cambio climático

Objetivo: Identificar y proteger a la población en sitios vulnerables a los efectos del cambio climático ante cambios extremos de temperatura y exposición a contaminantes atmosféricos (GEI).

Justificación: Los riesgos sanitarios del cambio climático sobre la salud son de naturaleza diversa y van desde el aumento del riesgo de fenómenos meteorológicos extremos hasta modificaciones de la dinámica de las enfermedades infecciosas. La Organización Mundial de la Salud (OMS) afirma que las repercusiones "afectarán de forma desproporcionada a las poblaciones vulnerables" y principalmente a las poblaciones urbanas.

Beneficios esperados: Disminuir los efectos adversos de la variabilidad climática que afecta a la población que habita en Querétaro.

Beneficio en la reducción de contaminantes							
PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	Tóxicos	GEI
-	-	-	-	-	-	-	-

Acciones y cronograma de ejecución

No.	Acciones	Responsable principal	Indicador de cumplimiento	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
1	Conformar el comité experto que estará a cargo del SVECC.	Secretaría de Salud del Estado COFEPRIS Protección Civil estatal y municipal	Comité experto conformado.			X							
2	Desarrollar y evaluar el sistema de prevención y alerta sanitaria para efectos de la contaminación.	Secretaría de Salud del Estado COFEPRIS Protección Civil estatal y municipal	Establecimiento y operación del sistema de prevención y alerta sanitaria ante el cambio climático.				X	X	X	X	X	X	X
3	Dar seguimiento y evaluar la funcionalidad del sistema de prevención y alerta sanitaria ante el cambio climático.	Comité Experto Secretaría de Salud COFEPRIS	Informes periódicos de evaluación.				X	X	X	X	X	X	X

Actores involucrados: Secretaría de Salud estatal y municipal, COFEPRIS, centros de investigación e instituciones de educación superior, Protección Civil estatal y municipal.

Descripción: El diseño de este sistema estará a cargo de la Secretaría de Salud del Estado, COFEPRIS, centros de investigación e instituciones de educación superior, protección civil del Estado y municipios en coordinación con instituciones de medio ambiente (SEMARNAT, Secretaría de Desarrollo Sustentable, etc.). El comité experto y la sociedad civil organizada serán las encargadas de vigilar el cumplimiento de la aplicación del sistema y definirán la estrategia de comunicación que dará a conocer a la población las medidas de prevención ante eventos extremos de la variabilidad climática en la zona.

Costo estimado: Gasto corriente.

Medida 19 Reducir la exposición de la población a partículas por medio de la ampliación de cubierta vegetal y la creación de barreras físicas

Objetivo: Proteger la salud de la población reduciendo la exposición personal a las PM₁₀ y PM_{2.5}.

Justificación: La exposición de la población por fuentes antropogénicas se ve agravada por la presencia de PM₁₀ y PM_{2.5} de fuentes naturales. De este modo, es necesario tomar medidas para reducir la exposición dada la dificultad de disminuir las emisiones del material particulado de las fuentes naturales.

Beneficios esperados: Contar con un programa de rescate de áreas erosionadas y paisajes con lo cual se obtendrá un aumento en el número de áreas con cubierta vegetal para la ejecución de actividades de recreación en la población. Se reducirá la exposición personal al material particulado y se identificará en donde se localizan las poblaciones más vulnerables y las de mayor exposición. Se podrán rescatar espacios y paisajes de la zona.

Beneficio en la reducción de contaminantes							
PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	Tóxicos	GEI
X	X	-	-	-	-	-	-

Acciones y cronograma de ejecución

No.	Acciones	Responsable principal	Indicador de cumplimiento	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
1	Elaborar y actualizar el inventario de áreas verdes.	Municipios* SEDESU	Inventario de áreas verdes actualizado.	X			X			X		X	
2	Desarrollar e implementar programas municipales de forestación, reforestación y conservación de áreas verdes y crear barreras naturales en centros públicos y privados con especies nativas de árboles y arbustos.	Municipios* SEDESU SEDEA	No. de programas municipales de forestación, reforestación y conservación de áreas verdes implementados.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
3	Identificar incentivos y opciones de financiamiento para mantener estos programas.	Municipios*	Número de incentivos identificados. Número de programas financiados.		X		X		X		X		X
4	Modificar los planes de ordenamiento municipal para establecer criterios mínimos de cobertura y	Municipios* Desarrollo Urbano	Planes de ordenamiento municipal actualizados.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

No.	Acciones	Responsable principal	Indicador de cumplimiento	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
	ubicación de áreas verdes y mantenimiento de las mismas en desarrollos inmobiliarios y de servicios.												

**Las áreas administrativas que correspondan de acuerdo al reglamento.*

Actores relevantes: SEDESU, Secretaría de Salud, SEMARNAT, SEDEA, áreas administrativas estatales y municipales que correspondan.

Descripción: La ejecución de estas acciones tendrá la finalidad de incrementar la superficie arbolada en áreas urbanas.

Costo estimado: 10 000 000.00 (Diez millones de pesos).

Medida 20 Realizar estudios de exposición personal a contaminantes para conocer los efectos que tienen sobre la salud de la población

Objetivo: Obtener información confiable sobre los efectos a la salud por la exposición a la contaminación atmosférica.

Justificación: Los estudios de exposición a contaminantes atmosféricos permiten el desarrollo y aplicación de políticas ambientales apropiadas, actuación en caso de contingencia de acuerdo a la ubicación de fuentes emisoras así como apoyar proyectos de investigación sobre los efectos en la salud, principalmente en los grupos más vulnerables de la población.

Beneficios esperados: Contar con información confiable y oportuna que permita implementar políticas públicas ambientales apropiadas que atiendan las necesidades de salud en grupos vulnerables y en la población en general.

Beneficio en la reducción de contaminantes							
PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	Tóxicos	GEI
-	-	-	-	-	-	-	-

Acciones y cronograma de ejecución

No.	Acciones	Responsable principal	Indicador de cumplimiento	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
1	Realizar estudios sobre los efectos en la salud pública por la exposición a contaminantes criterio y tóxicos.	Secretaría de Salud COFEPRIS Estado*	Reporte de los estudios elaborados.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2	Realizar estudios de impacto en la salud por las emisiones de COV.	Secretaría de Salud COFEPRIS Estado*	Resultados de los estudios de impacto a la salud por COV.	X		X		X		X		X	
3	Evaluar el impacto en la calidad del aire y la salud de la población por el uso de agroquímicos.	Secretaría de Salud COFEPRIS Estado*	Resultados de los estudios.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
4	Difundir los resultados de estos estudios al público en general.	CNP Secretaría de Salud	Informes publicados en diversos medios.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

*Las áreas administrativas que correspondan de acuerdo al reglamento.

Actores relevantes: La Secretaría de Salud, SEMARNAT, COFEPRIS, SEDESU, áreas administrativas del Estado y municipios que correspondan, centros de investigación e instituciones de educación superior.

Descripción: La información obtenida de estos estudios permitirá a la Secretaría de Salud conocer los efectos y el impacto por la exposición a contaminantes criterio, tóxicos, COV y los generados a partir del uso de agroquímicos, lo cual facilitará la toma de decisiones para proteger la salud de la población.

Costo estimado: 10 000 000.00 (Diez millones de pesos).

Medida 21 Crear el sistema de alerta temprana en materia de salud ambiental (SATSA)

Objetivo: Contar con un sistema oportuno que permita activar medidas preventivas a fin de proteger la salud de la población contra posibles riesgos ocasionados por los contaminantes atmosféricos.

Justificación: Los riesgos sanitarios ocasionados por la contaminación atmosférica sobre la salud son de naturaleza diversa. La contaminación atmosférica afecta principalmente a la población vulnerable. Un sistema de alerta temprana es una herramienta complementaria a la información proporcionada por el sistema de monitoreo atmosférico. Esto permitirá una rápida reacción en cuanto a la aplicación de acciones que permitan minimizar los daños que pueda producir la contaminación atmosférica en la salud de la población y los ecosistemas.

Beneficios esperados: Reducción de los efectos a la salud de la población en el corto y mediano plazo por la exposición a los contaminantes atmosféricos.

Beneficio en la reducción de contaminantes							
PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	Tóxicos	GEI
-	-	-	-	-	-	-	-

Acciones y cronograma de ejecución

No.	Acciones	Responsable principal	Indicador de cumplimiento	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
1	Diseñar el manual de procedimientos de operación y actuación del SATSA.	COFEPRIS SEDESU	Manual de procedimientos elaborado.	X	X								
2	Definir el Índice de calidad del aire estatal basado en las NOM vigentes.	Secretaría de Salud	Índice de calidad del aire establecido.	X	X								
3	Elaborar un mapa o plano de la cuenca atmosférica considerando comunidades y zonas vulnerables con un sistema de información geográfica (SIG).	Comité del SATSA (COSATSA)	Mapa de la cuenca atmosférica creado y referenciado con un SIG.	X	X								
4	Evaluar y analizar la información proporcionada por el Sistema de Monitoreo Atmosférico para determinar los posibles daños a la población.	COSATSA	Informes de análisis de la información de calidad del aire.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
5	Implementar herramientas de difusión	COSATSA	Número y tipo de herramientas	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

No.	Acciones	Responsable principal	Indicador de cumplimiento	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
	de la calidad del aire en caso de contingencia como: abanderamiento en escuelas, hospitales, taxis.	COFEPRIS SEDESU	implementadas.										
6	Difundir la información a la población en general cuando existan riesgos a la salud por mala calidad del aire, precontingencia y contingencias.	COSATSA	Campañas de difusión realizadas anualmente.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
7	Construir un sitio web para el SATSA.	COSATSA	Página web funcionando.		X								

Actores relevantes: Secretaría de Salud, Protección Civil, COFEPRIS, SEDESU, SEMARNAT, centros de investigación e instituciones de educación superior.

Descripción: El diseño del SATSA y su comité estará a cargo de la Secretaría de Salud del Estado, la COFEPRIS y la SEDESU en coordinación con la SEMARNAT.

Establecer un grupo de trabajo al interior del sector salud para identificar la problemática de los efectos de la contaminación atmosférica, la salud de la población y una estrategia para prevenir y mitigar los efectos en poblaciones vulnerables de la Zona Metropolitana de Querétaro-San Juan del Río. Asimismo, se desarrollarán indicadores de medición para evaluar el sistema de prevención y alerta temprana.

Costo estimado: 300 000.00 (Trescientos mil pesos).

Medida 22 Desarrollar y aplicar un Programa de Contingencias Atmosféricas

Objetivo: Contar con una herramienta que incluya las estrategias, acciones y procedimientos para atender los episodios con elevadas concentraciones de contaminantes atmosféricos.

Justificación: El Programa de Contingencias Atmosféricas busca proteger y alertar a la población sobre episodios de elevadas concentraciones de contaminantes que puedan afectar su salud así como reducir las emisiones de contaminantes durante el período de contingencia mediante acciones coordinadas entre los tres órdenes de gobierno y la sociedad.

Beneficios esperados: Disminuir los efectos adversos en la población de Querétaro derivados de la exposición a altas concentraciones de contaminantes durante episodios de contingencia.

Beneficio en la reducción de contaminantes							
PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	Tóxicos	GEI
-	-	-	-	-	-	-	-

CRCA

Acciones y cronograma de ejecución

No.	Acciones	Responsable principal	Indicador de cumplimiento	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
1	Establecer el Comité de Respuesta a Contingencias Atmosféricas (CRCA).	Municipios* SEDESU	Comité creado.	X	X								
2	Especificar los procedimientos de operación y actuación del Programa de Contingencias de acuerdo al Índice de calidad del aire y al SATSA.	CRCA	Procedimientos de operación especificados.	X	X								
3	Difundir las medidas preventivas de protección a la salud de la población en general.	CRCA COFEPRIS SEDESU	No. de campañas de difusión realizadas anualmente. No. de personas informadas anualmente.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
4	Actualizar periódicamente los límites de activación del programa.	CRCA COFEPRIS SEDESU	Revisión y actualización de los límites de activación del programa.	X			X			X		X	
5	Informar a la población sobre el cumplimiento del Programa de Contingencias.	CRCA	Informe sobre cumplimiento del programa de contingencias realizado.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

*Las áreas administrativas que correspondan de acuerdo al reglamento.

Actores involucrados: La SEMARNAT, COFEPRIS, SEDESU, Secretaría de Salud del Estado, áreas administrativas del Estado y municipios que correspondan, centros de investigación e instituciones de educación superior y COSATSA.

Instrumentación: El diseño de este programa estará a cargo de la SEDESU y las áreas correspondientes de los municipios con apoyo del COSATSA. En coordinación con la COFEPRIS y la SEMARNAT elaborarán el programa de contingencias atmosféricas. Estas dependencias serán las encargadas de vigilar el cumplimiento de la aplicación del programa y definirán la estrategia de comunicación que dará a conocer a la población las alertas de activación del programa.

Costo estimado: Gasto corriente.

ESTRATEGIA V. FORTALECIMIENTO INSTITUCIONAL

Medida 23 Establecer el Comité Núcleo del ProAire (CNP) para la implementación, seguimiento y evaluación del ProAire

Objetivo: Contar con un Comité Núcleo del ProAire (CNP) que sea responsable de impulsar el cumplimiento del ProAire, así como de evaluar y dar seguimiento a las acciones propuestas.

Justificación: Para lograr el cumplimiento en las metas y objetivos, es indispensable definir los mecanismos de evaluación, revisión y seguimiento al desempeño del ProAire a lo largo de los años de su vigencia. El CNP permitirá conocer con efectividad el grado de cumplimiento de las diferentes líneas de acción establecidas en el programa, con lo que se identificarán también áreas de mejora. Será el principal promotor para la integración del marco jurídico y políticas ambientales a nivel local y regional que permitan el cumplimiento y la continuidad del Programa.

Beneficios esperados: Verificar y promover los avances del ProAire, buscando la aplicación efectiva y consensuada de las medidas propuestas.

Beneficio en la reducción de contaminantes							
PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	Tóxicos	GEI
-	-	-	-	-	-	-	-

Acciones y cronograma de ejecución

No.	Acciones	Responsable principal	Indicador de cumplimiento	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
1	Crear el CNP de seguimiento y evaluación.	Municipios* SEDESU SEMARNAT	Acta constitutiva firmada.	X									
2	Establecer los procedimientos operativos del CNP.	Municipios* SEDESU SEMARNAT	Documento que establece procedimientos.	X									
3	Recopilar información anual del cumplimiento y avance en las medidas.	CNP	Informe semestral presentado.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
4	Evaluar y reorientar en su caso los objetivos, metas y acciones del programa de acuerdo a los resultados obtenidos.	CNP	Medidas y/o acciones reorientadas.	X			X		X		X		X
5	Enviar un informe anual a SEMARNAT sobre los avances de las medidas y acciones incluidas.	CNP	Informes recibidos anualmente por SEMARNAT.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

No.	Acciones	Responsable principal	Indicador de cumplimiento	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
6	Difundir los resultados del ProAire en todos los sectores de la sociedad.	CNP	Resultados del programa publicados anualmente.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
7	Evaluar el impacto del ProAire en emisiones comparando el inventario de inicio del ProAire.	CNP	Impacto del ProAire evaluado.	X			X			X	X	X	X
8	Evaluar el costo de las medidas del ProAire.	CNP	Estudio de evaluación de costos del ProAire realizado.	X	X								

*Las áreas administrativas que correspondan de acuerdo al reglamento.

Actores relevantes: SEMARNAT, Secretaría de Seguridad Ciudadana (SSC), PROFEPA, SSA, COFEPRIS, Secretaría de Salud del Estado, SCT, SEP, SEDESU, Protección Civil, centros de investigación e instituciones de educación superior, organizaciones de la sociedad civil, organismos nacionales e internacionales, las áreas administrativas de los municipios que correspondan de acuerdo al reglamento y cualquier otro que el CNP considere necesario.

Descripción: La SEMARNAT en coordinación con la SEDESU coordinará y dirigirá la creación y el funcionamiento de dicho programa y para garantizar la operatividad del CNP se integrarán grupos de trabajo por cada tipo de fuente considerada en el ProAire, que permita la implementación de las estrategias establecidas a través del cumplimiento de las acciones comprometidas; cada grupo tendrá un responsable. Los responsables de cada grupo de trabajo realizarán el seguimiento de cada una de las medidas acordadas y deberán aplicar los indicadores definidos para cada estrategia.

El CNP convocará a los diversos sectores que participan en la implementación del programa para establecer grupos de trabajo. Para el buen funcionamiento de éstos, se deberá nombrar un representante de cada instancia involucrada de acuerdo a las medidas consideradas para cada grupo, de manera que participe permanentemente y verifique el cumplimiento de los compromisos adquiridos.

Costo estimado: 500 000.00 (Quinientos mil pesos).

Medida 24 Comunicar a la población sobre la calidad del aire en tiempo real a través de herramientas comprensibles

Objetivo: Mantener informada a la población sobre la calidad del aire, así como de su importancia y los riesgos para la salud pública y las acciones para su prevención o mejora.

Justificación: La información sobre la calidad del aire es básica para que las personas puedan proteger su salud. La sociedad juega un papel importante en el éxito de los programas implementados para mejorar el medio ambiente, por esta razón es indispensable reforzar la divulgación de los efectos derivados por la contaminación atmosférica, así como de las medidas tomadas para mejorar la calidad del aire, los beneficios y riesgos de no tomar acciones. Un canal de comunicación apropiado entre las instituciones involucradas y los habitantes del Estado permitirán la toma de decisiones políticas oportunas en materia de calidad del aire.

Beneficios esperados: Población informada, consciente y comprometida a colaborar en la ejecución y propuesta de acciones que contribuyan al mejoramiento de la calidad del aire.

Beneficio en la reducción de contaminantes							
PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	Tóxicos	GEI
-	-	-	-	-	-	-	-

Acciones y cronograma de ejecución

No.	Acciones	Responsable principal	Indicador de cumplimiento	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
1	Realizar un diagnóstico sobre la percepción y conocimiento de la calidad del aire que permita identificar el público prioritario y las rutas críticas de comunicación.	SEDESU Secretaría de Salud del Estado	Rutas críticas de comunicación e identificación de público prioritario.	X	X								
2	Desarrollar e implementar una estrategia de comunicación de los riesgos a largo plazo.	SEDESU Secretaría de Salud del Estado	Estrategia de comunicación de riesgos implementada.	X	X								
3	Realizar una campaña de difusión del ProAire para socializar el tema de calidad del aire.	SEDESU Secretaría de Salud del Estado	Campaña de socialización realizada. No. de personas informadas anualmente.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
4	Crear y actualizar periódicamente un sitio web de información en tiempo real sobre la calidad del aire.	SEDESU Municipios*	Sitio web operando.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

No.	Acciones	Responsable principal	Indicador de cumplimiento	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
5	Desarrollar herramientas de comunicación alternativa (como Twitter, Facebook u otros) para difundir la información de la calidad del aire, sus impactos y consecuencias así como acciones para prevenirla.	SEDESU Municipios*	No. y tipo de herramientas de comunicación en funcionamiento. No. de seguidores registrados anualmente por herramienta de comunicación.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
6	Ampliar el número de pantallas de información sobre la calidad del aire en tiempo real en la Zona Metropolitana de Querétaro-San Juan del Río.	SEDESU Secretaría de Salud del Estado	No. de pantallas nuevas instaladas anualmente. No. de pantallas operando anualmente.		X	X	X	X	X	X	X	X	X
7	Crear concursos dirigidos a estudiantes de artes gráficas y comunicación, para generar proyectos de difusión de la información en tiempo real sobre contaminación atmosférica y salud.	SEDESU Municipios*	No. de concursos realizados anualmente. Nombre del proyecto y expositor ganador del concurso.	X		X		X		X		X	
8	Fortalecer la difusión de acciones preventivas del operativo invernal para mejorar la calidad del aire en temporada de invierno y estiaje.	SEDESU	No. de personas informadas anualmente.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

*Las áreas administrativas que correspondan de acuerdo al reglamento.

Actores relevantes: SEMARNAT, medios de comunicación estatales, Secretaría de Educación del Gobierno del Estado, SEDESU, centros de investigación e instituciones educativas, asociaciones civiles y comunidad en general.

Descripción: Los municipios y la SEDESU coordinarán los grupos de trabajo sobre este tema recibiendo apoyo de la SEP, SEMARNAT e INECC. El fortalecimiento del canal de comunicación se realizará con la participación de los diversos sectores involucrados a fin de establecer las estrategias y acciones específicas.

Las instituciones educativas plantearán los requisitos necesarios para la promoción del concurso para los proyectos de difusión de la contaminación atmosférica y sus efectos.

Costo estimado: 5 000 000.00 (Cinco millones de pesos) (para una campaña de dos años).

Medida 25 Establecer un Sistema de Comunicación de Riesgos por Efectos de Contaminación Atmosférica

Objetivo: Elaborar y difundir campañas de comunicación de riesgos a los habitantes de la ZM de Querétaro-San Juan del Río para promover una cultura de protección a la salud, que contribuyan a disminuir los efectos de la contaminación del aire y sobre la salud de la población.

Justificación: Es necesario difundir y socializar la información sobre los efectos de la contaminación atmosférica en la salud de los habitantes de la Zona Metropolitana de Querétaro-San Juan del Río y las acciones que puede realizar la población para modificar su comportamiento y consecuentemente ampliar su protección ante niveles de pre contingencia y contingencia atmosférica. Las actividades de comunicación del riesgo de la contaminación del aire requieren del apoyo y actuación comunitaria, promoviendo la participación de los habitantes de la zona en el mejoramiento de las condiciones de su comunidad. En este contexto es importante conocer cómo se perciben los riesgos ambientales y con base en ello desarrollar un programa de comunicación de riesgos que responda a las necesidades planteadas en el ProAire.

Beneficios esperados: Mejorar la salud de la población de Querétaro a través de la comunicación y organización comunitaria para la gestión ambiental y de protección a la salud humana, así como la construcción de una cultura integral entre el ciudadano y su entorno, fortaleciendo la relación entre los gobiernos locales y la ciudadanía a través del establecimiento de vínculos de corresponsabilidad entre una sociedad altamente participativa y las distintas instancias de gobierno.

Beneficio en la reducción de contaminantes							
PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	Tóxicos	GEI
-	-	-	-	-	-	-	-

Acciones y cronograma de ejecución

No.	Acciones	Responsable principal	Indicador de cumplimiento	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
1	Establecer un Comité de Comunicación de Riesgos en Salud.	Secretaría de Salud Estatal COFEPRIS Municipios*	Comité establecido.	X									
2	Análisis de la información existente para definir prioridades de comunicación del riesgo.	Secretaría de Salud Estatal COFEPRIS Municipios* Universidades	Procedimientos y metodologías aplicadas.	X	X								
3	Identificación de grupos y sitios de acción prioritarios y altamente	Secretaría de Salud Estatal	Diagnóstico de sitios y acciones		X	X							

No.	Acciones	Responsable principal	Indicador de cumplimiento	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
	vulnerables.	COFEPRIS Municipios*	prioritarias.										
4	Vinculación con el sector de educación, ONG's, centros de investigación e instituciones de educación superior, sector empresarial, etc.	Secretaría de Salud Estatal COFEPRIS Municipios* Universidades	No. de instancias participantes en el proceso de comunicación.				X	X	X	X	X	X	X
5	Aplicación y seguimiento del programa de comunicación de riesgos.	Comité de Comunicación de riesgos en salud.	No. de acciones aplicadas para prevenir y controlar el riesgo de exposición a la contaminación atmosférica.					X	X	X	X	X	X

*Las áreas administrativas que correspondan de acuerdo al reglamento.

Actores involucrados: Secretaría de Salud federal, COFEPRIS, Secretaría de Salud del estado, SEDESU, panel de expertos (centros de investigación e instituciones de educación superior), con la finalidad de diseñar y establecer una forma de comunicación expedita y directa del riesgo en salud ante la exposición a concentraciones de contaminantes atmosféricos.

Instrumentación: El diseño de este sistema estará a cargo de la Secretaría de Salud estatal, COFEPRIS, municipios y centros de investigación e instituciones de educación superior, en coordinación con protección civil de la entidad, con el fin de establecer un proceso de comunicación del riesgo en la salud humana por los efectos de la mala calidad del aire en la ZM de Querétaro-San Juan del Río, ampliando la información sobre los efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud, y las acciones que puede realizar la población para modificar su comportamiento y con ello ampliar su protección ante niveles altos de contaminantes atmosféricos. La vigilancia de la operación adecuada del sistema estará a cargo del Comité de Comunicación de Riesgos en Salud.

Costo estimado: 500 000.00 (Quinientos mil pesos)

Medida 26 Actualizar el inventario de emisiones de Querétaro de acuerdo a los criterios establecidos en el Inventario Nacional de Emisiones

Objetivo: Contar con información confiable y actualizada de las emisiones generadas, a través de la actualización del inventario de emisiones.

Justificación: El Inventario de Emisiones en el Estado y en los municipios, es un instrumento que permite identificar y cuantificar las emisiones generadas por cada una de las fuentes. Con ello se podrá evaluar la eficacia de las medidas implementadas y reorientar las líneas de acción de acuerdo al tipo de contaminante y fuente generadora.

Beneficios esperados: Identificar la contribución y tipo de contaminantes por fuente que se generan en la zona de estudio para gestionar las acciones necesarias de mejora de la calidad del aire.

Beneficio en la reducción de contaminantes							
PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	Tóxicos	GEI
-	-	-	-	-	-	-	-

Acciones y cronograma de ejecución

No.	Acciones	Responsable principal	Indicador de cumplimiento	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
1	Elaborar el Plan de Actualización del inventario de emisiones de Querétaro, de acuerdo con los lineamientos para el INEM.	SEDESU Municipios*	Plan de trabajo elaborado y actualizado.	X			X			X		X	
2	Destinar recursos humanos, financieros y tecnológicos para la actualización periódica del inventario de emisiones.	SEDESU Municipios*	Recursos financieros y humanos asignados.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
3	Capacitar periódicamente al personal para realizar la actualización de los inventarios de emisiones, conforme a la metodología establecida.	SEMARNAT SEDESU	No. de capacitaciones realizadas anualmente.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
4	Proporcionar al gobierno federal el inventario de emisiones de las fuentes de jurisdicción estatal y municipal para su integración en el INEM.	SEDESU	Inventario de emisiones entregado.		X			X			X		
5	Publicar periódicamente el inventario de emisiones para el estado de	SEDESU SEMARNAT	Inventarios publicados.		X			X			X		

No.	Acciones	Responsable principal	Indicador de cumplimiento	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
	Querétaro.												

*Las áreas administrativas que correspondan de acuerdo al reglamento.

Actores relevantes: SEMARNAT, SEDESU, CNP, áreas administrativas del municipio que corresponda de acuerdo al reglamento, centros de investigación e instituciones de educación superior.

Descripción: Efectuar la revisión y actualización del Inventario de emisiones 2008 y versiones posteriores, estableciendo la formación de grupos de trabajo integrados por las autoridades de los tres órdenes de gobierno y especialistas de la iniciativa privada e instituciones de educación superior. Adicionalmente esta información servirá como insumo para modelación y pronóstico de la calidad del aire.

Costo estimado: 3 000 000.00 (Tres millones de pesos).

Medida 27 Desarrollar las capacidades para generar el pronóstico de la calidad del aire, analizar la dispersión de contaminantes y desarrollar escenarios utilizando herramientas de modelación

Objetivo: Generar escenarios para la gestión de la calidad del aire, a través de estudios de modelación.

Justificación: La modelación es una herramienta que permite analizar y evaluar la dispersión y las reacciones en la atmósfera que dan origen a contaminantes secundarios, a nivel local y regional. Esto será posible con ayuda de modelos matemáticos que resuelvan las ecuaciones meteorológicas y de transporte. Con la modelación se podrá también evaluar la eficacia de medidas implementadas y hacer pronósticos de la calidad del aire.

Beneficios esperados: Conocimiento del comportamiento de contaminantes y su impacto en la región de la ZM de Querétaro-San Juan del Río; mejor y más rápida toma de decisiones para implementar estrategias adecuadas para la gestión de la calidad del aire.

Beneficio en la reducción de contaminantes							
PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	Tóxicos	GEI
-	-	-	-	-	-	-	-

Acciones y cronograma de ejecución

No.	Acciones	Responsable principal	Indicador de cumplimiento	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
1	Establecer convenios con el INECC, centros de investigación e instituciones de educación superior para desarrollar proyectos de investigación específicos en materia de modelación de la calidad del aire.	SEDESU UAQ Centros de Investigación INECC	Convenios firmados. No. de proyectos desarrollados. Reporte parcial y/o final por proyecto.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2	Diseñar un plan estratégico de modelación atmosférica en Querétaro, homologado con la federación.	SEDESU Municipios* SEMARNAT	Plan estratégico de modelación atmosférica en Querétaro presentado.	X	X								
3	Destinar recursos humanos, financieros y tecnológicos para crear un área de modelación atmosférica.	SEDESU UAQ	Recursos financieros y humanos asignados anualmente.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
4	Capacitar al personal técnico en materia de modelación meteorológica y atmosférica.	SEDESU SEMARNAT	No. de personas capacitadas anualmente.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

No.	Acciones	Responsable principal	Indicador de cumplimiento	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
5	Adaptar el inventario de emisiones para su uso en modelación de meteorología, dispersión y calidad del aire.	SEDESU	Inventario adaptado para modelación.		X			X			X		
6	Iniciar con la modelación meteorológica y de calidad del aire.	SEDESU	Reporte de avances anual en la modelación meteorológica y de calidad del aire.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
7	Analizar los resultados de las modelaciones para determinar el impacto en la región de los contaminantes atmosféricos.	SEDESU	Informe de Resultados.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
8	Realizar pronósticos de calidad del aire y análisis de escenarios de reducción de emisiones.	SEDESU	Modelaciones de escenarios futuros desarrolladas..	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
9	Publicar regularmente los resultados de la modelación y los pronósticos de meteorología y de calidad del aire.	SEDESU	Informe anual de Meteorología y Modelación de Calidad del Aire. Publicación en la página web de calidad del aire.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

*Las áreas administrativas que correspondan de acuerdo al reglamento.

Actores relevantes: SEDESU, SEMARNAT, centros de investigación e instituciones de educación superior.

Descripción: La SEDESU desarrollará en coordinación y con apoyo de la SEMARNAT un programa estratégico de modelación atmosférica homologado que opere de forma permanente. Asimismo, buscará establecer convenios de cooperación con organismos nacionales e internacionales para conseguir financiamiento.

Efectuar la revisión y actualización del Inventario de emisiones 2008 y versiones posteriores, estableciendo la transformación del inventario a datos útiles para modelación.

Se coordinará con la SEMARNAT, centros de investigación e instituciones de educación superior para capacitar al personal y analizar la información.

Costo estimado: 3 000 000.00 (Tres millones de pesos).

Medida 28 Desarrollar el Programa Estatal de Educación Ambiental en materia de calidad del aire

Objetivo: Fomentar la conciencia y cultura ambiental en la población de Querétaro sobre la problemática de la contaminación atmosférica y sus repercusiones a través de la implementación de un programa de educación ambiental formal y no formal que permita la promoción y desarrollo de proyectos y acciones a corto y mediano plazo.

Justificación: El desarrollo económico y poblacional acelerado de Querétaro ha traído consigo un aumento en la problemática ambiental. La implementación de medidas ambientales ayudan a mitigar el problema, sin embargo, es necesario fomentar la conciencia ambiental en los habitantes de la región implementando un programa de educación ambiental en todos los niveles de enseñanza que permita comprender la magnitud de la problemática y de apertura al desarrollo de proyectos y/o propuestas ambientales a corto y mediano plazo.

Beneficios esperados: Población capacitada y consciente de los efectos de una mala calidad del aire generada por las actividades de los diversos sectores. Un sector educativo comprometido en la implementación de medidas que contribuyan al mejoramiento de la calidad del aire. Desarrollo de proyectos educativos y de investigación que permitan disminuir las emisiones de contaminantes al aire y los daños causados por la contaminación atmosférica.

Beneficio en la reducción de contaminantes							
PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	Tóxicos	GEI
-	-	-	-	-	-	-	-

Acciones y cronograma de ejecución

No.	Acciones	Responsable principal	Indicador de cumplimiento	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
1	Definir las necesidades de capacitación en materia de calidad del aire en los diversos niveles de la educación.	Secretaría de Educación del Estado SEDESU	Necesidades de capacitación identificadas anualmente.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2	Desarrollar y actualizar el Programa Estatal de Educación Ambiental en materia de calidad del aire.	Secretaría de Educación del Estado SEDESU	Programa Estatal de Educación Ambiental desarrollado y actualizado.		X	X					X		
3	Capacitar al magisterio estatal, en materia de calidad del aire.	Secretaría de Educación del Estado SEDESU	No. y tipo de cursos impartidos anualmente. No. de personas capacitadas anualmente.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
4	Establecer convenios de colaboración con la SEP y	Secretaría de Educación del	Convenios	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

No.	Acciones	Responsable principal	Indicador de cumplimiento	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
	otras instituciones para influir en la educación informal por medio de programas existentes.	Estado SEDESU	firmado. Talleres impartidos anualmente. No. de personas capacitadas anualmente.										
5	Participar con escuelas del Estado en el programa de certificación de Escuela Verde.	Secretaría de Educación del Estado SEDESU Municipios* SEMARNAT	No. de escuelas certificadas en los municipios anualmente.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
6	Difundir los temas relacionados en materia de calidad del aire en eventos informales (cursos, talleres, foros, días mundiales del medio ambiente).	SEDESU	No. de eventos de difusión anuales. No. de participantes en cursos, talleres, foros, etc. anuales.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

*Las áreas administrativas que correspondan de acuerdo al reglamento.

Actores relevantes: CNP, SEMARNAT, SEP, Secretaría de Educación del Gobierno del Estado, SEDESU, centros de investigación e instituciones de educación superior, asociaciones civiles y comunidad en general.

Descripción: El diseño del Programa de Educación Ambiental se realizará con la participación de los diferentes sectores involucrados a fin de establecer las estrategias y acciones específicas. La educación formal se trabajará coordinadamente con docentes y alumnos de los diferentes niveles. Para el fomento de la cultura ambiental se propiciará la participación de la sociedad civil a fin de captar las necesidades y sugerencias de educación y cultura ambiental. Se contará con canales telefónicos y electrónicos para la recepción de propuestas y de atención de demandas. Las dependencias involucradas serán las encargadas de vigilar el cumplimiento de la aplicación del programa y deberán estimar los costos de las acciones e incluirlos en sus programas operativos anuales.

Costo estimado: 1 400 000.00 (Un millón cuatrocientos mil pesos).

Medida 29 Diseño e instrumentación de la Estrategia de Comunicación Pública de la Calidad del Aire

Objetivo: Instrumentar una Estrategia de Comunicación Pública que promueva la información y la participación ciudadana en las tareas de prevención y mejoramiento de la calidad del aire para fomentar y desarrollar una cultura ambiental.

Justificación: La participación de la sociedad, a través de las organizaciones civiles y de los consejos ciudadanos municipales, es una de las herramientas más valiosas para sumar los esfuerzos de la sociedad y de los diferentes órdenes de gobierno en la realización de las acciones para mejorar la calidad del aire.

Beneficios esperados: Población informada de manera permanente sobre la calidad del aire que respira y sobre los resultados de la aplicación de las medidas de control propuestas en el ProAire.

Beneficio en la reducción de contaminantes							
PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	Tóxicos	GEI
-	-	-	-	-	-	-	-

Acciones y cronograma de ejecución

No.	Acciones	Responsable principal	Indicador de cumplimiento	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
1	Elaborar estudios cualitativos y cuantitativos de la percepción social sobre la calidad del aire en la región.	Municipios* SEMARNAT SEDESU Secretaría de Educación del Estado	Estudios cualitativos y cuantitativos realizados.	X			X			X		X	
2	Desarrollar una plataforma de comunicación de ProAire junto con las organizaciones ciudadanas.	Municipios* SEMARNAT SEDESU Secretaría de Educación del Estado	Plataforma de comunicación operando.	X	X								
3	Hacer una campaña informativa sobre los daños de la contaminación del aire en la salud de la población y otros costos sociales.	Municipios* SEMARNAT SEDESU Secretaría de Educación del Estado	Informe de resultados de la campaña.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

No.	Acciones	Responsable principal	Indicador de cumplimiento	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
4	Desarrollar una plataforma permanente de comunicación digital y de aplicaciones que informen puntualmente a la sociedad sobre la calidad del aire.	Municipios* SEMARNAT SEDESU	Aplicaciones desarrolladas en operación.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
5	Diseño y desarrollo de el Programa de Educación en escuelas, sobre el índice de calidad del aire.	Municipios* SEDESU SEP SEMARNAT	Programa de Educación aplicado en las escuelas de la Zona Metropolitana de Querétaro-San Juan del Río	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

*Las áreas administrativas que correspondan de acuerdo al reglamento.

Actores relevantes: SEDESU, SEMARNAT, SEP, Secretaría de Educación del Gobierno del Estado, centros de investigación e instituciones de educación superior, asociaciones civiles, organizaciones de participación ciudadana y comunidad en general.

Descripción: El diseño de una estrategia de comunicación pública se realizará con la participación de los diferentes sectores sociales involucrados en la vigilancia de la gestión de la calidad del aire en la ZMQ-San Juan del Río. La participación ciudadana es necesaria para impulsar la realización de las metas específicas planteadas en el ProAire a partir de una sociedad bien informada a través de una plataforma permanente de comunicación. La SEMARNAT será la encargada de implementar la estrategia de comunicación a nivel estatal y nacional por lo cual vigilará el cumplimiento de la aplicación de dicha estrategia.

Costo estimado: 2 500 000.00 (Dos millones quinientos mil pesos).

Medida 30 Ampliar la cobertura del Sistema de Monitoreo Atmosférico y asegurar su funcionamiento de manera eficiente, confiable y oportuna

Objetivo: Contar con un Sistema de Monitoreo Atmosférico que permita obtener información confiable, de calidad y con cobertura total en la Zona Metropolitana de Querétaro-San Juan del Río.

Justificación: El monitoreo de la calidad del aire tiene como finalidad conocer el comportamiento de los contaminantes criterio en la zona de estudio lo cual permite apoyar en la toma de decisiones para proteger la salud de la población.

Beneficios esperados: Obtener datos de calidad del aire que sean confiables y continuos así como útiles para la toma de decisiones.

Beneficio en la reducción de contaminantes							
PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	Tóxicos	GEI
-	-	-	-	-	-	-	-

Acciones y cronograma de ejecución

No.	Acciones	Responsable principal	Indicador de cumplimiento	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
1	Destinar recursos humanos, financieros y tecnológicos para la operación y mantenimiento de la red, y la validación de datos y análisis de la información de monitoreo.	SEDESU Municipios*	Recursos humanos, financieros y tecnológicos asignados anualmente.	X		X		X		X		X	
2	Realizar un diagnóstico técnico operativo del Estado de Sistema de Monitoreo Atmosférico de Querétaro (SIMAQ).	SEDESU	Diagnóstico elaborado.	X		X		X		X		X	
3	Adquirir equipos analizadores de gases (O ₃ , NO ₂ , CO y SO ₂) y partículas (PM ₁₀ y PM _{2.5}) con métodos de referencia EPA.	SEDESU	No. de analizadores con métodos de referencia EPA adquiridos.	X		X		X		X		X	
4	Realizar un diagnóstico del radio de cobertura y contaminantes del SIMAQ.	SEDESU	Diagnóstico elaborado.	X		X	X			X	X		
5	Instalación y/o	SEDESU	No. de estaciones	X		X	X			X	X	X	X

No.	Acciones	Responsable principal	Indicador de cumplimiento	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
	reubicación de estaciones de monitoreo.		instaladas y/o reubicadas.										
6	Establecer sistemas de aseguramiento y control de calidad para la operación del SIMAQ.	SEDESU	Sistema de calidad establecido.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
7	Aplicar las metodologías establecidas por el INECC para la validación y transferencia de datos al SINAICA.	SEDESU INECC	Información presentada de acuerdo a lo establecido por el INECC.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
8	Transferir datos de manera permanente y en tiempo real al SINAICA.	SEDESU INECC	Información reportada al SINAICA.	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Actores relevantes: SEMARNAT, INECC, SEDESU, las áreas administrativas de los municipios que correspondan de acuerdo a reglamentos e instituciones de educación superior.

Descripción: La SEDESU en coordinación con la SEMARNAT, INECC e instituciones de educación superior gestionará los recursos financieros, humanos y tecnológicos necesarios para lograr el objetivo de esta medida.

Costo estimado: 40 000 000.00 (Cuarenta millones de pesos).

Capítulo 7
Seguimiento y evaluación

7. Seguimiento y evaluación

Con la finalidad de dar seguimiento y conocer el nivel de cumplimiento de las medidas planteadas en los ProAire, la SEMARNAT cuenta con una Metodología de Seguimiento y Evaluación mediante la cual se busca garantizar el logro de los objetivos planteados. Para ello también es importante que cada uno de las dependencias e instituciones involucradas participen de manera activa con un claro compromiso social que conlleve una participación social efectiva.

La evaluación deberá realizarse de manera integral y sistémica, tal y como se analiza el problema de la contaminación atmosférica, incorporando resultados que conjunten aspectos económicos, sociales, políticos y ambientales; de la misma manera se deberá tomar en cuenta las experiencias entre los municipios, incorporando en sus estrategias y acciones los mecanismos de benchmarking.

Así, se prevé que el CNP sea el encargado de la supervisión general y cumplimiento de las estrategias del programa, por lo que deberá:

- Definir los grupos de trabajo necesarios para el cumplimiento de medidas y acciones planteadas.
- Evaluar, fortalecer y reorientar los objetivos, metas y acciones de acuerdo a los resultados obtenidos.
- Elaborar un informe anual de resultados.
- Emitir las recomendaciones necesarias relacionadas con la instrumentación del programa.
- Desarrollar programas de información ambiental para difundir los objetivos del programa y su avance, a fin de contar con una sociedad bien informada que participe en el proceso de evaluación, calificando principalmente las acciones en las que le corresponda colaborar activamente.
- Promover la integración de las políticas ambientales locales y regionales, en las medidas contenidas en el programa.

Para el buen funcionamiento de los grupos de trabajo, cada entidad deberá nombrar un representante que participe permanentemente y se encargue de dar seguimiento al programa e informar a sus integrantes de los avances o ajustes elaborados.

8. ANEXO

Anexo. Programa Estatal de Verificación Vehicular

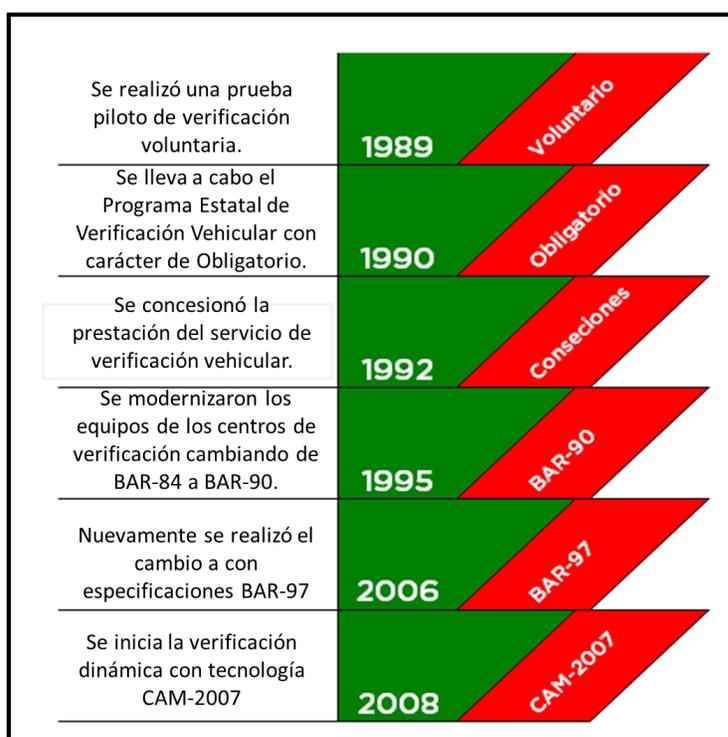
Antecedentes

En 1989 se realizó una prueba piloto de verificación voluntaria para la aplicación del Programa Estatal de Verificación Vehicular, no fue hasta 1990 cuando éste ya adquiere un carácter de obligatorio, prestándose el servicio por parte del Gobierno del Estado.

En 1992 se concesionó la prestación del servicio de verificación vehicular a particulares.

En tres ocasiones se han cambiado los equipos de los centros de verificación:

- En 1995 de BAR-84 a BAR -90.
- En 2006 a BAR -97.
- En 2008 se inicia la verificación dinámica con tecnología CAM-2007.

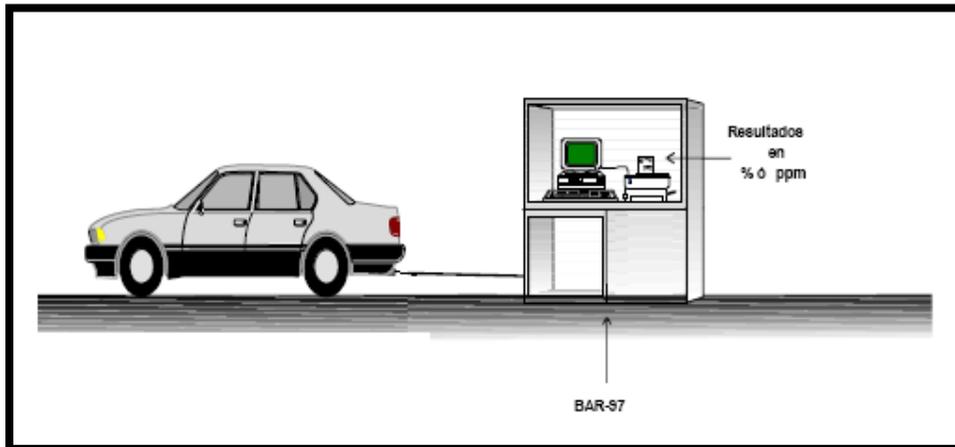


Cronograma del Programa Estatal de Verificación.

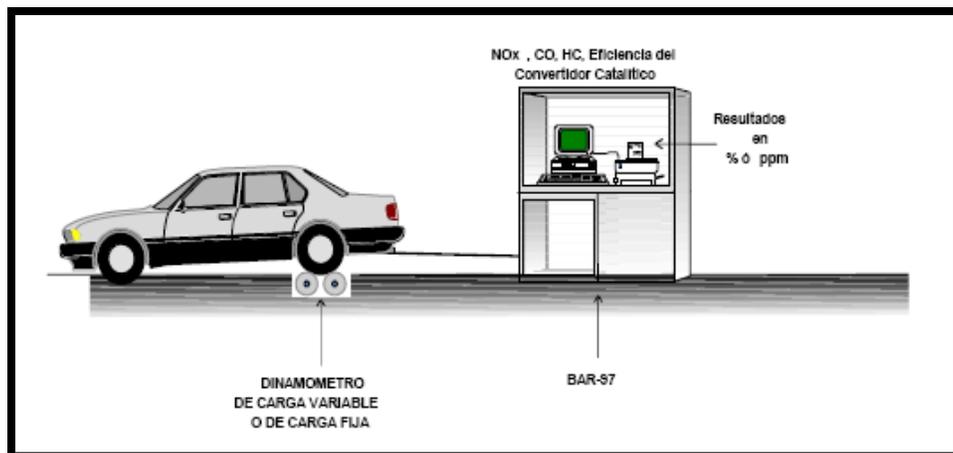
Pruebas de verificación

En el Estado existen dos pruebas de verificación vehicular:

- Estática
- Dinámica



Prueba Estática (BAR -97).



Prueba Dinámica (CAM -2007).

Periodicidad de las pruebas en el Programa Estatal de Verificación Vehicular.

Prueba	Uso de los vehículos	Periodicidad
Estática	Particular	1 año
	Intensivo	6 meses
	Pesado	6 meses
Dinámica ⁶¹	Particular	6 meses

Costo por uso de vehículo y certificado.

Tipo de certificado		TARIFA (pesos)
Estatal	Particular anual	135.00
	Vehículos de uso intensivo, Pesados y Servicio Público de Transporte (dos veces al año)	125.00
Rechazo		65.00
Cero		288.00
Doble Cero		575.00

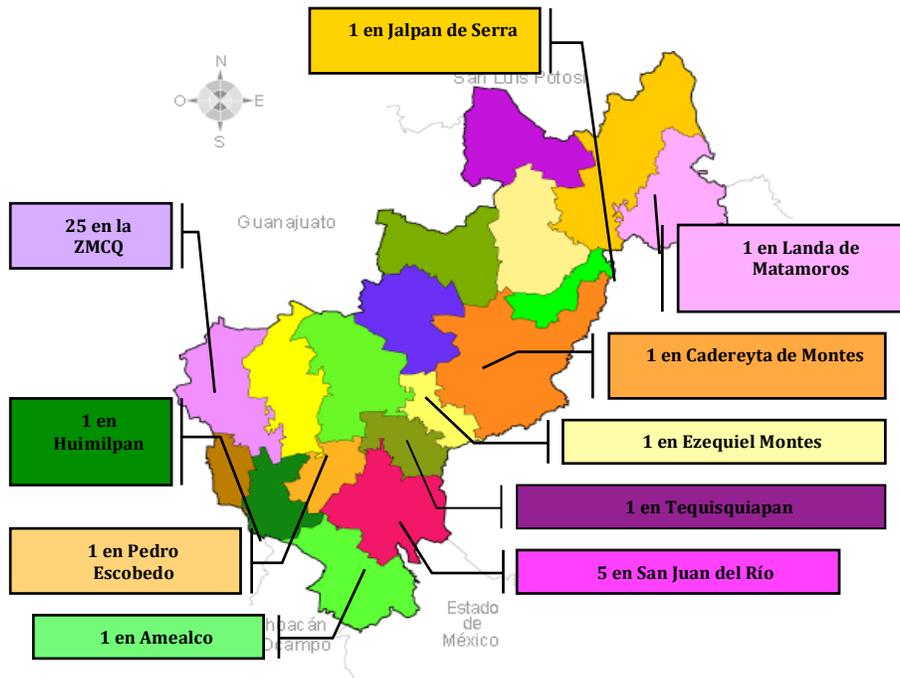
Número de centros existentes

En el Estado ahí un total de 38 centros de verificación vehicular autorizados:

- 31 expiden certificados estatal
- 5 expiden estatal, "0" y "00"
- 1 sólo expide "0" y "00"

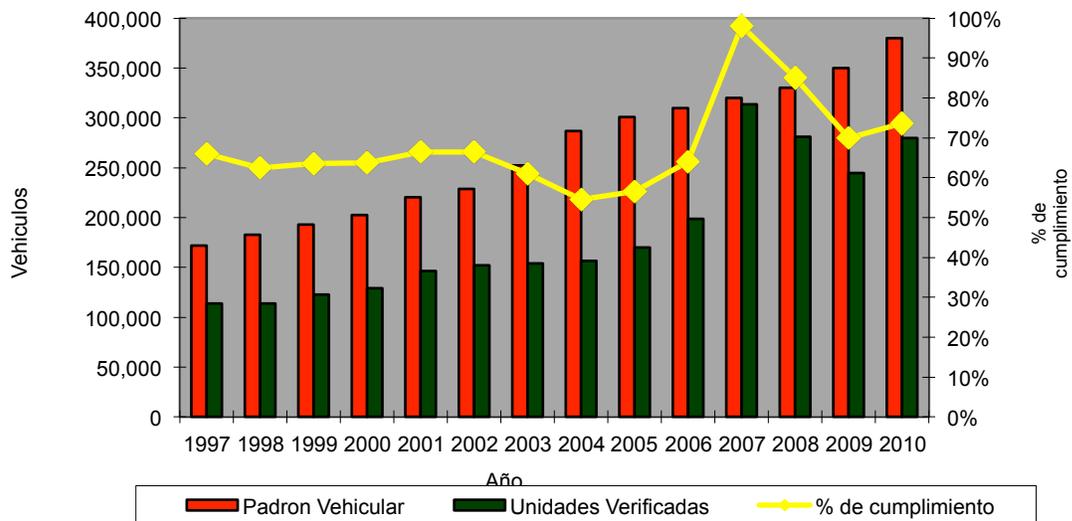
⁶¹ En la prueba dinámica se pueden obtener dos tipos de certificados el cero y doble cero, los cuales exentan el Programa "Hoy no circula" de la ZMCM y la restricción de horario. El Doble Cero puede tener vigencia de hasta dos años de verificación vehicular próximos inmediatos al de su adquisición con cero kilómetros, el certificado cero sólo se otorga a los vehículos hasta con ocho años de antigüedad contados a partir de su año modelo.

Ubicación en el Estado de los Centros de Verificación.



Número de autos verificados

Cumplimiento del Programa Estatal de Verificación Vehicular



Número de vehículos verificados por año.

Vehículos verificados por año.

Año	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Unidades Verificadas	113,638	114,146	122,915	129,082	146,150	152,267	154,035
Año	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Unidades Verificadas	156,563	170,099	198,761	313,685	281,000	244,895	279,528

Vehículos verificados del 1 de enero hasta el 30 de junio de 2011.

CERTIFICADO	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Total
Estatal	34,344	39,366	41,989	28,025	26,222	18,353	188,299
"0"	3,331	3,424	5,353	6,600	4,097	2,454	25,259
"00"	728	554	567	568	641	625	3,683
Subtotal	38,403	43,344	47,909	35,193	30,960	21,432	217,241

Fuentes consultadas de información

1. Abbey D., R. Burchete, S. Knutsen, W. Donnell, M. Lebowitz, P. Enright. (1998). "Long-term Particulate and other Air Pollutants and Lung Function in Nonsmokers". American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine. Vol. 158. pp. 289-298.
2. AIDA c/o CEMDA, México. Carbono Negro: Concepto, Efectos Climáticos y Oportunidades en su Control, 2010.
3. Air quality guidelines for Europe. Copenhagen, World Health Organization Regional Office for Europe, 1987 (WHO Regional Publications, European Series, No. 23).
4. Air quality guidelines for Europe, 2nd ed. Copenhagen, World Health Organization Regional Office for Europe, 2000 (WHO Regional Publications, European Series, No. 91).
5. Ballester F., J. Tenías y S. Pérez (1999). "Efectos de la Contaminación Atmosférica sobre la Salud: Una Introducción". Revista Especializada en Salud Pública. Vol. 73, No. 2, pp. 109-121.
6. Cesar, H., V. Borjas, P. Cicero, K. Dorland, R. Muñoz, L. Bryer, M. Cropper, A. González, G. Oaliz, A. Martínez, A. Olsthoorn, A. Rosales, G. Soto, V. Torres, R. Uribe, P. Van, E. Vega, M-M Niño, M-A Niño, A. Cruz, P. Montúfar (2000). "Ecosistema Urbano y Salud de los Habitantes de la Zona Metropolitana del Valle de México". Comisión Ambiental Metropolitana y el Banco Mundial. México.
7. DGGCARETC -SEMARNAT. México protege la capa de ozono, 2011.
8. Dirección de Transporte. Secretaría de Seguridad Ciudadana. Gobierno del Estado de Querétaro. 2011.
9. Dockery D.W., C.A. Pope, X.P. Xu, J. Spengler, J. Ware, M. Fay, B. Ferris, F. Speizer (1993). "An association between air pollution and mortality in six U.S. cities. New England Journal Medical. Vol. 329 (24). Pp. 1753-1759.
10. Fahey, David W. Veinte Preguntas y Respuestas sobre la Capa de Ozono, 2002.
11. Hernández L., A. Barraza, M. Ramírez, H. Moreno, P. Millar, L. Carvajal, I. Romieu. (2007). "Morbilidad infantil por causas respiratorias y su relación con la contaminación atmosférica en Ciudad Juárez, Chihuahua, México". Salud Pública de México. Vol. 49, No.1. pp. 27-36.
12. Informe sobre la salud en el mundo 2002. Reducir los riesgos y promover una vida sana. Ginebra, Organización Mundial de la Salud, 2002.
13. Inventario de emisiones de gases de efecto invernadero y carbón negro de la ZMVM 2008.
14. Krewski, D., R. Burnett, M. Goldberg, K. Hoover, J. Siemiatycki, M. Jarret, M. Abrahamowicz, W. White (2000). "Reanalysis of the Harvard Six Cities Study and the American Cancer Society Study of Particulate Air Pollution and Mortality". Special Report; Health Effects Institute: Cambridge MA.
15. Krupnick, A. J., W. Harrington and B. Ostro. (1990). "Ambient Ozone and Acute Health Effects – Evidence From Daily Data". Journal of Environmental Economics and Management. Vol. 18 (1) pp. 1-18.
16. Martínez V. Silvia. Tesis doctoral: Externalidades ambientales asociadas a la contaminación del aire. UAB, España, 2008.
17. McKinley G., M. Zuk, M. Hojer, M. Avalos, I. González, M. Hernández, R. Iniestra, I. Laguna, M. Martínez, P. Osnaya, L. Reynales, R. Valdés and J. Martínez (2003). "The Local Benefits of Global Air Pollution Control in Mexico City" Instituto Nacional de Ecología e Instituto Nacional de Salud Pública (INE -INSP). México.

18. Melgar E., M. Ruiz, M. Bauer, R. Villaseñor, M. Magdaleno, J. Ceballos, G. Yáñez. (2004). "Análisis Técnico Económico del Impacto Ambiental por el Uso del Gas Natural y Gas LP en México. Instituto Mexicano del Petróleo y Petróleos Mexicanos.
19. Naess O. P. Nafstad, G. Aamodt, B. Claussen, P. Rosland. (2006). "Relation between Concentration of Air Pollution and Cause-Specific Mortality: Four-Year Exposures to Nitrogen Dioxide and Particulate Matter Pollutants in 470 Neighborhoods in Oslo, Norway". American Journal of Epidemiology. Vol. 165, No. 4. pp. 435-443.
20. OMS. Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre", 2006.
21. PNUMA, SEDESU, CONCYTEQ. GEO Ciudad de Querétaro, 2008.
22. Pope C., M. Thun, M. Thun, M. Namboodiri, D. Dockery, J. Evans, F. Speizer and C. Heath. (1995). "Particulate air pollution as a predictor of mortality in a prospective study of U.S. adults" American Journal Respiratory Critical Care Medical. Vol 151, No. 3. pp. 669-674.
23. PROAIRE. Capítulo 4. Los efectos en salud por la contaminación del aire, 2002.
24. Rabl (1999). "Les Bénéfices monétaires d'une amélioration de la qualité de l'air en Ile-de-France". Pollution Atmosphérique. janvier-mars. pp. 83-94.
25. Rabl and Eyre (1998). "An Estimate of Regional and Global O₃ damage from precursor NO_x and VOC emissions". Environment International. Vol. 24. No. 8. pp. 835-850.
26. Romieu. (2007). "Morbilidad infantil por causas respiratorias y su relación con la contaminación atmosférica en Ciudad Juárez, Chihuahua, México". Salud Pública de México. Vol. 49, No.1. pp. 27-36.
27. Rosales J., V. Torres, G. Olaiz, V. Borja (2001). "Los efectos agudos de la contaminación del aire en la salud de la población: evidencias de estudios epidemiológicos". Salud Pública de México. Vol. 43, No. 6. pp. 544-555.
28. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales de México y la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (SEMARNAT - CEPAL), (2004). "Evaluación de las Externalidades Ambientales de la Generación Termoeléctrica en México".
29. SEDESU. Anuario económico, 2009.
30. SEDESU. Inventario Estatal de Emisiones de Gases de Efecto de Invernadero, 2011.
31. SEDESU. Programa de Ordenamiento Ecológico Regional del estado de Querétaro, 2009.
32. SEDESU. Red de monitoreo atmosférico, 2011.
33. SEMARNAT. Programa Especial de Cambio Climático 2009-2012. 2010.
34. USTRAN. Características técnicas, jurídicas y administrativas de un sistema de recaudo de tarifas Zona Metropolitana de Querétaro, p16, 2009.
35. Viscusi, W.K., Magat, W.A. y J. Huber (1991). "Pricing environmental health risks: survey assessments of risk-risk and risk-dollar trade-offs for chronic bronchitis". Journal of Environmental Economics and Management. Vol. 21. pp. 32-51.

Sitios Web

1. <http://www.ine.gob.mx/calair-indicadores/523-calair-cont-criterio>. Actualizada a agosto de 2009.
2. <http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/libros/113/cap11.html>. Actualizada a 2007.
3. SEDESU, Red de monitoreo atmosférico, 2011.
4. <http://www.SEMARNAT.gob.mx/temas/gestionambiental/calidaddelaire/Paginas/InventarioNacionaldeEmisiones.aspx>, actualizada a julio de 2011.
5. <http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/libros/396/tipos.html>. Actualizada a septiembre de 2007.
6. <http://www.cec.org/Page.asp?PageID=122&ContentID=2873>
7. <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/es/index.html>. Actualizada a septiembre de 2011.
8. http://app1.SEMARNAT.gob.mx/dgeia/estadisticas_2000/informe_2000/05_Aire/5.2_Normatividad/data_normatividad/contaminantes.htm
9. http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2011/air_pollution_20110926/es/index.html
10. <http://www.SEMARNAT.gob.mx/temas/gestionambiental/calidaddelaire/Paginas/pco.aspx>. Actualizada a 19 de abril de 2011.
11. <http://www.cambioclimatico.gob.mx/index.php/fundamentos.html>. Actualizada a agosto de 2010.
12. <http://www.cambioclimatico.gob.mx/index.php/politica-nacional-sobre-cambio-climatico.html>. Actualizada a julio, 2010.
13. <http://eloficiodehistoriar.com.mx/2011/02/21/la-crisis-climatica-en-queretaro-y-sus-consecuencias/>
14. <http://rotativo.com.mx/tequisquiapan/estrategias-para-enfrentar-cambio-climatico-en-queretaro/50897/html/>

Directorio

ING. JUAN JOSÉ GUERRA ABUD
Secretario de Medio Ambiente y Recursos
Naturales

LIC. JOSÉ E. CALZADA ROVIROSA
Gobernador del estado
de Querétaro

ING. RAFAEL PACCHIANO ALAMÁN
Subsecretario de Gestión para la
Protección Ambiental

LIC. MARCELO LÓPEZ SÁNCHEZ
Secretario de Desarrollo Sustentable de
Querétaro

M. en I. ANA PATRICIA MARTÍNEZ
BOLIVAR
Directora General de Gestión de la
Calidad del Aire y RETC

LIC. JORGE LÓPEZ PORTILLO TOSTADO
Secretario de Gobierno
de Querétaro

LIC. ROBERTO LOYOLA VERA
Presidente Municipal de Santiago
de Querétaro

LIC. ANTONIO ZAPATA GUERRERO
Presidente Municipal de
Corregidora

LIC. ENRIQUE VEGA CARRILES
Presidente Municipal de
El Marqués

LIC. MARÍA GARCÍA PÉREZ
Presidenta Municipal de
Huimilpan

LIC. FABIÁN PINEDA MORALES
Presidente Municipal de
San Juan del Río

LIC. ANTONIO MACÍAS TREJO
Presidente Municipal de
Tequisquiapan

C. MARÍA DE LOS ÁNGELES TISCAREÑO
VILLAGRÁN
Presidenta Municipal de
Pedro Escobedo