

PROGRAMA DE GESTIÓN PARA MEJORAR LA CALIDAD DEL AIRE DEL ESTADO DE SONORA

2017-2026



PROGRAMA DE GESTIÓN PARA MEJORAR LA CALIDAD DEL AIRE PARA EL ESTADO DE SONORA 2017-2026

MÉXICO
GOBIERNO DE LA REPÚBLICA



SEMARNAT
SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE
Y RECURSOS NATURALES



Gobierno del
Estado de Sonora



CEDES
Comisión de Ecología y Desarrollo
Sustentable del Estado de Sonora



DIRECTORIO

Claudia Artemiza Pavlovich
Arellano
**Gobernadora Constitucional
del Estado de Sonora**

Enrique Peña Nieto
**Presidente Constitucional de los
Estados Unidos Mexicanos**

Luis Carlos Romo Salazar
**Comisionado de Ecología y
Desarrollo Sustentable**

Rafael Pacchiano Alamán
**Secretario de Medio Ambiente y
Recursos Naturales**

Héctor Lizárraga Dávila
**Director General de Gestión
Ambiental**

Martha Garcíarivas Palmeros
**Subsecretaria de Gestión para la
Protección Ambiental de la
Secretaría de Medio Ambiente y
Recursos Naturales**

Ana Patricia Martínez Bolívar
**Directora General de la DGGCARETC de la Secretaría del Medio
Ambiente y Recursos Naturales**

Jorge Andrés Suilo Orozco
**Delegado Federal de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos
Naturales en Sonora**



AGRADECIMIENTOS

Se agradece al personal de las diversas instancias del sector gubernamental social, privado, académico, de investigación y organizaciones no gubernamentales que con su participación, experiencia y conocimientos contribuyeron en los grupos de trabajo en la elaboración de las medidas y acciones que integran el *Programa de Gestión para Mejorar la Calidad del Aire para el Estado de Sonora*.

Dependencias Internacionales

Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (US EPA)

Dependencias Federales

Procuraduría Federal de Protección al Ambiente Del. Sonora (PROFEPA)
Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales Del. Sonora

Dependencias Estatales

Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora (CEDES)
Comisión Estatal de Protección Contra Riesgos Sanitarios del Estado de Sonora (COESPRISSON)
Comisión de Vivienda del Estado de Sonora (COVES)
Dirección General de Transporte del Estado de Sonora
Procuraduría Ambiental del Estado de Sonora (PROAES)
Secretaría de Agricultura, Ganadería, Recursos Hidráulicos, Pesca y Acuacultura (SAGARHPA)
Secretaría de Desarrollo Social (SEDESSON)
Secretaría de Educación y Cultura (SEC)
Secretaría de Infraestructura y Desarrollo Urbano (SIDUR)
Secretaría de Salud en Sonora

H. Ayuntamientos

Ayuntamiento Agua Prieta
Ayuntamiento de Caborca
Ayuntamiento Empalme
Ayuntamiento Guaymas
Ayuntamiento Hermosillo

Ayuntamiento de Navojoa
Ayuntamiento de Nogales
Ayuntamiento d San Luis Rio Colorado

Organismos descentralizados

Instituto Municipal de Investigación y Planeación de Nogales (IMIP)
Instituto Municipal de Planeación Urbana de Hermosillo (IMPLAN)

Instituciones educativas, organizaciones e industria

Cámara Nacional de la Industria de Transformación (CANACINTRA)
Colegio Sonorense de Ecólogos A.C.
Instituto Tecnológico de Nogales (ITN)
Red Sonorense de Educadores Ambientales (REDSEA)
Universidad Estatal de Sonora
Universidad Tecnológica de Hermosillo (UTH)

Agradecimientos especiales

Se agradece a los técnicos e investigadores por su participación en el desarrollo y escritura de este programa.

Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable (CEDES)

- Ing. Luis Carlos Romo Salazar
- Ing. Luis Fernando Santacruz Moreno
- Lic. Carolina Domínguez Romo
- Lic. Héctor Lizárraga Dávila
- Lic. Jorge Jamid Islas Mayorquin

DGGCARETC, Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)

- Ing. Gloria Yáñez Rodríguez
- Ing. Hugo Landa Fonseca
- Ing. Judith Trujillo Machado
- Geol. Pedro Miguel Ramírez Ramírez
- Hidrobióloga Samantha Navarro Apolonio
- Ing. Roberto Martínez Verde
- Ing. Sulem E. González Oliva
- Ing. Rodrigo Perrusquía Máximo
- M. I. Daniel López Vicuña

LT Consulting

- Ing. Adriana Guerrero Martínez
- Ing. Jessica Denisse Sotelo Solórzano

- Lic. José Efraín Gómez Ramírez
- Lic. Susana Patiño González
- Lic. Luis de los Santos Amaro
- M.C. Dzoara Damaris Tejeda Honstein
- M.C. María Tania López Villegas
- M.C. Mauro Alvarado Castillo
- M.C. Karla Cervantes Martinez



CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	II
CONTENIDO	V
CUADROS.....	VIII
FIGURAS.....	IX
GLOSARIO.....	XI
SIGLAS Y ÁCRONIMOS.....	XIII
RESUMEN EJECUTIVO	1
INTRODUCCIÓN.....	6
CAPÍTULO 1.....	11
DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	11
1.1 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA	11
1.2 ASPECTOS FÍSICOS.....	12
1.3 DINÁMICA POBLACIONAL.....	16
1.4 DESARROLLO ECONÓMICO.....	18
1.5 VÍAS DE COMUNICACIÓN	20
1.5.1 COMPORTAMIENTO DE PARQUE VEHICULAR EN EL ESTADO DE SONORA	21
CAPÍTULO 2.....	27
DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD DEL AIRE.....	27
2.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE MONITOREO ATMOSFÉRICO.....	27
2.2 NORMAS OFICIALES MEXICANAS VIGENTES	31
2.3 INDICADORES DE LA CALIDAD DEL AIRE EN SONORA.....	33
2.3.1 CUMPLIMIENTO DE LAS NORMAS OFICIALES MEXICANAS	34
2.3.2 <i>DISTRIBUCIÓN DE LOS DÍAS CON CALIDAD DEL AIRE BUENA, REGULAR Y MALA</i>	38
2.3.3 <i>COMPORTAMIENTO MENSUAL, SEMANAL Y DIARIO</i>	42
CAPÍTULO 3.....	47
INVENTARIO DE EMISIONES	47
3.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL INVENTARIO DE EMISIONES PARA EL ESTADO DE SONORA	48
3.2. RESULTADO DEL INVENTARIO DE EMISIONES	48
3.2.1. <i>INVENTARIO DE EMISIONES POR FUENTE DE EMISIÓN</i>	49
3.2.2. <i>PRINCIPALES CATEGORÍAS DE EMISIÓN POR CONTAMINANTE</i>	51
3.2.3. <i>PRINCIPALES MUNICIPIOS EMISORES POR CATEGORÍA</i>	54
3.2.4. <i>CONTRIBUCIÓN DE EMISIONES POR MUNICIPIO</i>	68
CAPÍTULO 4.....	72
IMPACTOS SOBRE LA SALUD.....	72
4.1 CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS Y SUS EFECTOS EN SALUD.....	74
4.1.1 <i>PARTÍCULAS SUSPENDIDAS MENORES A 10 MICRÓMETROS (PM₁₀)</i>	75
4.1.2 <i>PARTÍCULAS SUSPENDIDAS MENORES A 2.5 MICRÓMETROS (PM_{2.5})</i>	75
4.1.3 <i>OZONO (O₃)</i>	76
4.1.4 <i>BIÓXIDO DE AZUFRE (SO₂)</i>	76
4.1.5 <i>BIÓXIDO DE NITRÓGENO (NO₂)</i>	77
4.1.6 <i>MONÓXIDO DE CARBONO (CO)</i>	77

4.2 PRINCIPALES CAUSAS DE ENFERMEDADES REGISTRADAS EN LA POBLACIÓN DE SONORA 2015	77
4.2.1 PERFIL DE MORTALIDAD, 2015	77
4.2.2 PERFIL DE MORBILIDAD, 2015	78
4.3 IMPACTOS EN LA SALUD POR INCUMPLIR CON LA NOM DE PM _{2.5}	79
4.3.1 ESCENARIO DE EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS EN LA SALUD EN NOGALES... 80	
4.3.2 METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS EN LA SALUD	80
4.3.3 EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS A LA SALUD A TRAVÉS DEL MODELO BENMAP	81
4.3.3.1 FUNCIONES EXPOSICIÓN-RESPUESTA, FER	82
4.3.3.2 EVALUACIÓN DEL CAMBIO DE LA EXPOSICIÓN, Δ CJ	83
4.3.3.3 TASAS BASALES DE LOS IMPACTOS EN LA SALUD	84
4.3.4 RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS EN LA SALUD	85
4.3.5 VALORACIÓN ECONÓMICA POR INCUMPLIR CON LA NOM DE PM _{2.5}	86
CAPÍTULO 5.....	89
COMUNICACIÓN Y EDUCACIÓN AMBIENTAL	89
5.1 EL USO DE REDES SOCIALES EN EL TEMA AMBIENTAL	90
5.2 PERCEPCIÓN DE LA POBLACIÓN EN EL TEMA DE LA CALIDAD DEL AIRE	92
5.3 EDUCACIÓN AMBIENTAL.....	98
CAPÍTULO 6.....	101
ESTRATEGIAS Y MEDIDAS	101
6.1 INTRODUCCIÓN A ESTRATEGIAS Y MEDIDAS DEL PROAIRE	101
6.1.1 OBJETIVOS	102
6.1.2 ESTRATEGIAS Y MEDIDAS	102
6.2 ESTRATEGIA 1. REDUCCIÓN DE EMISIONES DE FUENTES FIJAS	104
MEDIDA 1. REGULACIÓN DE LAS INDUSTRIAS ESTATALES.....	104
MEDIDA 2. CONTROL DE EMISIONES A LA ATMÓSFERA EN EL SECTOR DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA.....	107
6.3 ESTRATEGIA 2. REDUCCIÓN DE LAS EMISIONES DE LAS FUENTES MÓVILES.....	109
MEDIDA 3. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA DE VERIFICACIÓN VEHICULAR ESTATAL.....	109
MEDIDA 4. DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA INTEGRAL DE MOVILIDAD URBANA SUSTENTABLE (PIMUS) EN LAS PRINCIPALES ZONAS URBANAS DE SONORA.....	112
6.4 ESTRATEGIA 3. REDUCCIÓN DE EMISIONES DE FUENTES DE ÁREA	115
MEDIDA 5. REGULACIÓN DE COMERCIOS Y SERVICIOS	115
MEDIDA 6. REGULACIÓN DEL SECTOR LADRILLERO.....	118
MEDIDA 7. CONTROL DE EMISIONES DE MATERIAL PARTICULADO EN SUPERFICIES DESPROVISTAS DE RECUBRIMIENTO	121
MEDIDA 8. REGULACIÓN DE QUEMAS AGRÍCOLAS.....	123
MEDIDA 9. PROMOCIÓN DE TÉCNICAS SUSTENTABLES DURANTE LA REALIZACIÓN DE ACTIVIDADES AGROPECUARIAS.....	126
6.5 ESTRATEGIA 4. PROTECCIÓN A LA SALUD.....	128
MEDIDA 10. CREACIÓN DE UN SISTEMA QUE RELACIONE ENFERMEDADES CON EL DETERIORO DE LA CALIDAD DEL AIRE	128
MEDIDA 11. ELABORACIÓN DEL PROGRAMA DE CONTINGENCIAS ATMOSFÉRICAS	130
6.6 ESTRATEGIA 5. COMUNICACIÓN Y EDUCACIÓN AMBIENTAL	132
MEDIDA 12. ELABORACIÓN DEL PROGRAMA DE COMUNICACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE DE SONORA (PCCS).....	132
MEDIDA 13. DESARROLLO DEL PROGRAMA DE EDUCACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE DE SONORA (PECAS)	135
6.7 ESTRATEGIA 6. FORTALECIMIENTO INSTITUCIONAL	137
MEDIDA 14. ACTUALIZACIÓN DEL INVENTARIO DE EMISIONES	137

<i>MEDIDA 15. AMPLIACIÓN DEL SISTEMA DE MONITOREO ATMOSFÉRICO</i>	<i>139</i>
<i>MEDIDA 16. SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN AL PROAIRE.....</i>	<i>142</i>
<i>MEDIDA 17. FORTALECIMIENTO DE LAS ESTRUCTURAS MUNICIPALES DE MEDIO AMBIENTE O ECOLOGÍA</i>	<i>144</i>
CAPÍTULO 7.....	147
FUENTES DE FINANCIAMIENTO.....	147
7.1 FUENTES DE FINANCIAMIENTO: NACIONAL E INTERNACIONAL.....	147
FUENTES DE INFORMACIÓN	157
ANEXO A.....	162
INVENTARIO DE EMISIONES DESAGREGADO POR CATEGORÍA PARA EL ESTADO DE SONORA	162
ANEXO B.....	164
INVENTARIO DE EMISIONES POR MUNICIPIO DEL ESTADO DE SONORA.....	164



CUADROS

CUADRO 1. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS NORMAS OFICIALES MEXICANAS VIGENTES.	31
CUADRO 2. CUMPLIMIENTO DEL LÍMITE DE 24 HORAS DE LAS PM ₁₀	34
CUADRO 3. CUMPLIMIENTO DEL LÍMITE ANUAL DE LAS PM ₁₀	35
CUADRO 4. INVENTARIO DE EMISIONES POR FUENTE PARA EL ESTADO DE SONORA.	49
CUADRO 5. PORCENTAJE DE PM ₁₀ EMITIDO POR MUNICIPIO, DESTACANDO LAS PRINCIPALES CATEGORÍAS DE EMISIÓN EN CADA UNO DE ELLOS.	54
CUADRO 6. PORCENTAJE DE PM _{2.5} EMITIDO POR MUNICIPIO, DESTACANDO LAS PRINCIPALES CATEGORÍAS DE EMISIÓN EN CADA UNO DE ELLOS.	56
CUADRO 7. PORCENTAJE DE SO ₂ EMITIDO POR MUNICIPIO, DESTACANDO LAS PRINCIPALES CATEGORÍAS DE EMISIÓN EN CADA UNO DE ELLOS.	58
CUADRO 8. PORCENTAJE DE NOX EMITIDO POR MUNICIPIO, DESTACANDO LAS PRINCIPALES CATEGORÍAS DE EMISIÓN EN CADA UNO DE ELLOS.	60
CUADRO 9. PORCENTAJE DE COV EMITIDO POR MUNICIPIO, DESTACANDO LAS PRINCIPALES CATEGORÍAS DE EMISIÓN EN CADA UNO DE ELLOS.	62
CUADRO 10. PORCENTAJE DE CO EMITIDO POR MUNICIPIO, DESTACANDO LAS PRINCIPALES CATEGORÍAS DE EMISIÓN EN CADA UNO DE ELLOS.	64
CUADRO 11. PORCENTAJE DE NH ₃ EMITIDO POR MUNICIPIO, DESTACANDO LAS PRINCIPALES CATEGORÍAS DE EMISIÓN EN CADA UNO DE ELLOS.	66
CUADRO 12. VALORES ANUALES DE PM _{2.5} (MEDIANAS) DE LOS ESCENARIOS DE MODELACIÓN DE LOS IMPACTOS EN LA SALUD.	80
CUADRO 13. EFECTOS EN SALUD Y FUNCIONES EXPOSICIÓN-RESPUESTA SELECCIONADAS.	82
CUADRO 14. TASAS DE MORTALIDAD POR ENFERMEDADES CARDIOVASCULARES, CARDIOPULMONARES Y CÁNCER DE PULMÓN EN LOS MUNICIPIOS DE NOGALES EN 2015.	84
CUADRO 15. PERCEPCIÓN DE LA POBLACIÓN SOBRE LAS PRINCIPALES FUENTES DE EMISIÓN POR MUNICIPIO.	97
CUADRO 16. ESTRATEGIAS Y MEDIDAS POR TIPO DE FUENTE CONTAMINANTE Y EJE TRANSVERSAL.	103
CUADRO 17. INSTITUCIONES NACIONALES QUE FINANCIAN PROYECTOS EN MATERIA DE CALIDAD DEL AIRE.	151
CUADRO 18. RESUMEN DE INSTITUCIONES INTERNACIONALES QUE FINANCIAN PROYECTOS EN MATERIA DE CALIDAD DEL AIRE.	153



FIGURAS

FIGURA 1. ETAPAS DEL PROAIRE	9
FIGURA 2. LOCALIZACIÓN Y COLINDANCIAS DEL ESTADO DE SONORA	11
FIGURA 3. RELIEVE DEL ESTADO DE SONORA	13
FIGURA 4. CLIMAS PREDOMINANTES EN SONORA	14
FIGURA 5. USO DE SUELO Y VEGETACIÓN DEL ESTADO DE SONORA	15
FIGURA 6. POBLACIÓN EN MÉXICO POR ENTIDAD FEDERATIVA.	16
FIGURA 7. PROYECCIÓN DE CRECIMIENTO DE LA POBLACIÓN EN EL ESTADO DE SONORA.	17
FIGURA 8. POBLACIÓN POR MUNICIPIO DEL ESTADO DE SONORA 2014.	17
FIGURA 9. ACTIVIDADES ECONÓMICAS DEL ESTADO DE SONORA.	18
FIGURA 10. NÚMERO DE CÉDULAS DE OPERACIÓN ANUAL REPORTADAS POR EL INDUSTRIAL A LA AUTORIDAD AMBIENTAL.	20
FIGURA 11. FLOTA VEHICULAR EN EL ESTADO DE SONORA	21
FIGURA 12. TASA DE MOTORIZACIÓN POR ENTIDAD.	22
FIGURA 13. ESTACIONES DE MONITOREO ATMOSFÉRICO EN EL ESTADO DE SONORA.	31
FIGURA 14. CUMPLIMIENTO DE LA NOM PARA PM ₁₀	36
FIGURA 15. DISTRIBUCIÓN DE LOS DÍAS CON CALIDAD DEL AIRE BUENA, REGULAR Y MALA PARA PM ₁₀ EN LA ESTACIÓN DE AGUA PRIETA.	38
FIGURA 16. DISTRIBUCIÓN DE LOS DÍAS CON CALIDAD DEL AIRE BUENA, REGULAR Y MALA PARA PM ₁₀ EN LAS ESTACIONES DE HERMOSILLO.	39
FIGURA 17. DISTRIBUCIÓN DE LOS DÍAS CON CALIDAD DEL AIRE BUENA, REGULAR Y MALA PARA PM ₁₀ EN LA ESTACIÓN SAN LUIS RÍO COLORADO.	40
FIGURA 18. DISTRIBUCIÓN DE LOS DÍAS CON CALIDAD DEL AIRE BUENA, REGULAR Y MALA PARA PM ₁₀ EN LA ESTACIÓN DE MONITOREO MANUAL DE NOGALES.	41
FIGURA 19. DISTRIBUCIÓN DE LOS DÍAS CON CALIDAD DEL AIRE BUENA, REGULAR Y MALA PARA PM ₁₀ EN LA ESTACIÓN DE MONITOREO AUTOMÁTICA DE NOGALES.	41
FIGURA 20. DISTRIBUCIÓN DE LOS DÍAS CON CALIDAD DEL AIRE BUENA, REGULAR Y MALA PARA PM _{2.5} EN LA ESTACIÓN DE MONITOREO AUTOMÁTICA DE NOGALES.	42
FIGURA 21. COMPORTAMIENTO DE PM ₁₀ Y PM _{2.5} DURANTE LOS MESES DEL AÑO EN NOGALES.	43
FIGURA 22. COMPORTAMIENTO DE PM ₁₀ Y PM _{2.5} DURANTE LOS DÍAS DE LA SEMANA EN NOGALES.	43
FIGURA 23. COMPORTAMIENTO DE PM ₁₀ Y PM _{2.5} DURANTE LAS HORAS DEL DÍA EN NOGALES.	44
FIGURA 24. CONTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE EMISIONES POR TIPO DE FUENTE.	50
FIGURA 25. PRINCIPALES FUENTES EMISORAS POR TIPO DE CONTAMINANTE EN EL ESTADO DE SONORA.	51
FIGURA 26. JERARQUIZACIÓN DE LAS CATEGORÍAS DE EMISIÓN EN EL ESTADO DE SONORA.	52
FIGURA 27. JERARQUIZACIÓN DE LAS EMISIONES POR CONTAMINANTE EN EL ESTADO DE SONORA.	53
FIGURA 28. EMISIÓN DE CONTAMINANTES POR MUNICIPIO EN EL ESTADO DE SONORA.	69
FIGURA 29. EFECTOS EN LA SALUD DE LOS CONTAMINANTES CRITERIO.	74
FIGURA 30. LAS DIEZ PRINCIPALES CAUSAS DE ENFERMEDADES QUE HAN OCASIONADO MUERTE EN SONORA.	78
FIGURA 31. LAS DIEZ PRINCIPALES CAUSAS DE ENFERMEDAD EN SONORA.	79
FIGURA 32. ÁREA DE ASIGNACIÓN DE LA EXPOSICIÓN EN EL RADIO DE INFLUENCIA DE 5 KM DE LA ESTACIÓN ITN.	84

FIGURA 33. MUERTES EVITABLES POR CAUSA DE MORTALIDAD EN NOGALES, Y SU CONTRIBUCIÓN A LA INCIDENCIA BASAL.	86
FIGURA 34. ETAPAS PARA LA DIFUSIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE.	91
FIGURA 35. ENCUESTA DE PERCEPCIÓN EN EL ESTADO DE SONORA.	92
FIGURA 36. EDADES DE LOS INFORMANTES DE ACUERDO A LAS ENCUESTAS DE PERCEPCIÓN.	93
FIGURA 37. PERCEPCIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE.	94
FIGURA 38. PERCEPCIÓN SOBRE LAS ENFERMEDADES QUE PUEDE OCASIONAR LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE.	94
FIGURA 39. QUÉ TANTO LE PREOCUPA A LA POBLACIÓN EL DETERIORO DE LA CALIDAD DEL AIRE.....	95
FIGURA 40. PRINCIPALES MEDIOS DE TRANSPORTE EN LOS MUNICIPIOS DE ACUERDO A LAS ENCUESTAS DE PERCEPCIÓN.	96
FIGURA 41. TIPOS DE VEHÍCULOS QUE CONTAMINAN MÁS SEGÚN ENCUESTA DE PERCEPCIÓN.	96
FIGURA 42. PORCENTAJE DE LA POBLACIÓN QUE SABE DÓNDE CONSULTAR LA CALIDAD DEL AIRE.	97
FIGURA 43. PORCENTAJE DE POBLACIÓN QUE PARTICIPARÍA EN ALGÚN PROGRAMA O ACTIVIDAD EN EDUCACIÓN AMBIENTAL.	98
FIGURA 44. GASTO PROGRAMABLE DEL SECTOR PÚBLICO PRESUPUESTAL POR CLASIFICACIÓN FUNCIONAL EN DESARROLLO SOCIAL EN MÉXICO.	149
FIGURA 45. COSTOS AMBIENTALES NACIONALES POR AGOTAMIENTO Y DEGRADACIÓN AMBIENTAL.	150



GLOSARIO

- Año base.** Año de referencia para calcular los elementos necesarios y conocer la cantidad de emisiones generadas.
- Atmósfera.** Capa gaseosa que rodea la Tierra y otros cuerpos celestes.
- Autoridades ambientales municipales.** Refiere a las direcciones de ecología o medio ambiente de cada uno de los municipios del Estado.
- Autorregulación.** Establecimiento de medidas voluntarias encaminadas a un mejor desempeño ambiental, enfocadas a fuentes fijas y/o al sector transporte.
- Calidad del aire.** Análisis de los distintos elementos presentes en el aire con el fin de determinar la idoneidad de sus concentraciones sin causar daños a los organismos o materiales.
- Cáncer de pulmón.** Cáncer que se forma en los tejidos del pulmón, por lo general, en las células que recubren las vías respiratorias. Los dos tipos más importantes de cáncer de pulmón son el cáncer de pulmón de células pequeñas y el cáncer de pulmón de células no pequeñas. Estos tipos de cáncer se diagnostican con base en el aspecto que tengan las células bajo un microscopio.
- Combustión.** Reacción química entre el oxígeno y un material oxidable, acompañada de desprendimiento de energía y que habitualmente se manifiesta por incandescencia o llama.
- Concentración.** Magnitud que expresa la cantidad de una sustancia por unidad de volumen.
- Contaminante atmosférico.** Sustancia presente en el aire que en altas concentraciones puede causar daños a organismos o materiales.
- Contaminante criterio.** Ciertos contaminantes conocidos como dañinos para la salud humana presentes en el aire y que constituyen los principales parámetros de la calidad del aire (monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, dióxido de azufre, material particulado, ozono, otros).
- Control de emisiones.** Conjunto de medidas o equipos orientados a la reducción de emisiones de contaminantes al aire.
- Convertidor catalítico.** Dispositivo para abatir emisiones de contaminantes producidos en los escapes de los vehículos automotores.
- Ecosistema.** Comunidad de los seres vivos cuyos procesos vitales se relacionan entre sí y se desarrollan en función de los factores físicos de un mismo ambiente.
- “Embotellamiento”.** Congestión de vehículos que dificulta el tráfico.
- Emisión.** Descarga de contaminantes a la atmósfera proveniente de fuentes de emisión naturales o antropogénicas.
- Emisiones antropogénicas.** Sustancias contaminantes producidas por las actividades humanas.
- Enfermedades cardiovasculares.** Las enfermedades cardiovasculares son un conjunto de trastornos del corazón y de los vasos sanguíneos. Se clasifican en: hipertensión arterial (presión alta), cardiopatía coronaria (infarto al miocardio), enfermedad cerebrovascular (apoplejía), enfermedad cardiovascular periférica, insuficiencia cardíaca, cardiopatía reumática, cardiopatía congénita y miocardiopatías.
- Enfermedades cardiopulmonares.** Las enfermedades cardiovasculares son un conjunto de trastornos del corazón y de los vasos sanguíneos.

Estudios epidemiológicos. Estudios en poblaciones humanas que intentan relacionar ciertos efectos sobre la salud.

Fisiografía. Descripción física de la Tierra y de los fenómenos localizados en ella.

Fuentes de área. Representan a todas aquellas fuentes de emisión que son muy pequeñas, numerosas y dispersas, lo cual dificulta que puedan ser incluidas como fuentes puntuales.

Fuentes fijas. Establecimientos industriales que liberan emisiones en puntos fijos.

Fuentes móviles. Cualquier vehículo que utiliza combustibles fósiles para su propulsión.

Fuentes móviles no carreteras. Incluyen todo el equipo automotor o portátil cuya operación en caminos públicos está prohibida. Como ejemplos de esta categoría está el equipo utilizado en actividades de construcción y agrícolas, aeronaves, locomotoras y embarcaciones marítimas comerciales.

Gestión ambiental. Proceso administrativo mediante la fijación de metas, la planificación, y la aplicación de mecanismos jurídicos para prevenir y corregir el deterioro ambiental.

Tasa de motorización. Mide la cantidad de vehículos motorizados por habitante en un lugar y periodo determinado.

Infraestructura vial. Conjunto de elementos que permite el desplazamiento de vehículos de un punto a otro.

Inventario de emisiones. Cálculo estimado de las emisiones de contaminantes provenientes de diversas fuentes: automóviles, industria, fuentes naturales y fuentes de área, en una zona de terminada.

Ladrilleras. Sector fabricante de ladrillos en micro y pequeño tamaño, con operación dentro o fuera de las zonas urbanas.

Morbilidad. Número de personas que enferman en una población y período determinados.

Mortalidad. Número de defunciones en una población y período determinado. .

Medio ambiente. Sistema constituido por elementos bióticos y artificiales en modificación permanente por elementos naturales o por el hombre que rigen la existencia del mismo.

Monitoreo. Medición periódica para determinar los niveles de contaminación en varios medios.

Pleuresía. Inflamación de la pleura, generalmente, a una infección de aparato respiratorio y cuyos síntomas principales son un dolor agudo en un lado del tórax y una tos seca.

Producto Interno Bruto. Magnitud macroeconómica que expresa el valor monetario de la producción de bienes y servicios de demanda final de un país o una región durante un tiempo determinado.

Programa de Calidad del Aire. Documento que enlista estrategias, medidas y acciones para controlar o reducir las emisiones originadas por las distintas fuentes.

Sector económico. Parte de la actividad económica de un área de interés, también llamados sectores de ocupación que a su vez pueden subdividirse en sectores parciales por actividad: primario (el que obtiene productos directamente de la naturaleza), secundario (el que transforma materias primas en productos terminados o semi elaborados) y terciario (o sector servicios el que no produce bienes, sino servicios).

Sintomatología. Conjunto de síntomas que presenta una persona en un momento dado y que obedece a la presencia de un trastorno específico de la salud.

Vehículos ostensiblemente contaminantes. Vehículo automotor que en su circulación es visible la emisión de contaminantes que pueden rebasar los límites permisibles por la normatividad ambiental.

Zona de estudio. Espacio de tierra comprendido entre ciertos límites geopolíticos.



SIGLAS Y ÁCRONIMOS

AGEB	Área Geoestadística Básica
BenMap	<i>Environment Benefits Mapping and Analysis Program</i>
CAP	Enfermedades cardiopulmonares
CEDES	Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora
CFE	Comisión Federal de Electricidad
CNP	Comité Núcleo ProAire
CO	Monóxido de carbono
COA	Cédula de Operación Anual
COCEF	Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza
COEPRIS	Comisión Estatal para la Protección contra Riesgos Sanitarios
CONAPO	Consejo Nacional de Población
COV	Compuestos orgánicos volátiles
CP	Cáncer de pulmón
DENUE	Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas
DGGCARETC	Dirección General de Gestión de la Calidad del Aire y Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes
DOF	Diario Oficial de la Federación
EC	Enfermedades cardiovasculares
EIS	Evaluación de Impactos en Salud
EPOC	Enfermedad pulmonar obstructiva crónica
FER	Función exposición - respuesta
HR	Humedad relativa
INECC	Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático
INEGI	Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática
IMIP	Instituto Municipal de Investigación y Planeación
IMPLAN	Instituto Municipal de Planeación
IRAs	Infecciones Respiratorias Agudas
ITN	Instituto Tecnológico de Nogales
LAI	Licencia Ambiental Integral
LEEPAS	Ley del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente del Estado de Sonora
LGEEPA	Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente
LMP	Límite Máximo Permissible
MOLIMEX	Compañía Molibdeno de México
NH₃	Amoniaco
NO₂	Bióxido de nitrógeno
NOM	Norma Oficial Mexicana
NOx	Óxidos de nitrógeno
O₃	Ozono
OMS	Organización Mundial de Salud
ONG	Organismos no gubernamentales
PAF	Programa Ambiental Fronterizo
PIB	Producto Interno Bruto
PIMUS	Programa de Infraestructura y Movilidad Urbana Sustentable
PM₁₀	Partículas menores a 10 micrómetros

PM_{2.5}	Partículas menores a 2.5 micrómetros
PCCS	Programa de Comunicación de la Calidad del Aire de Sonora
PECAS	Programa de Educación de la Calidad de Aire de Sonora
PEMCA	Programa de Evaluación y Mejoramiento de la Calidad del Aire
ProAire	Programa de Gestión para Mejorar la Calidad del Aire
PROAES	Procuraduría Ambiental del Estado de Sonora
PROFEPA	Procuraduría Federal de Protección al Ambiente
PAM	Programa Ambiental Mexicano
PP	Precipitación pluvial
PST	Partículas Suspendidas Totales
PVV	Programa de Verificación Vehicular
REIICA	Red Estatal de Información e Infraestructura sobre la Calidad del Aire
RETC	Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes
RR	Relación relativa
RS	Radiación solar
SAGARPA	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación
SAGARPHA	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Recursos Hidráulicos, Pesca y Acuicultura
SCT	Secretaría de Comunicaciones y Transportes
SEC	Secretaría de Educación y Cultura
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
SIG	Sistema de Información Geográfica
SINAICA	Sistema Nacional de Información de la Calidad del Aire
SO₂	Bióxido de azufre
SSA	Secretaría de Salud
TMP	Temperatura
USEPA	Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos Americanos



RESUMEN EJECUTIVO

La calidad del aire en las zonas urbanas depende de diversas variables, y una de las más importantes es la cantidad y tipos de combustibles que se utilizan en las actividades que se realizan en los centros urbanos, como por ejemplo: los sectores industrial y comercial para la producción de bienes y servicios; para la movilidad de las personas y el transporte de mercancías; así como la cocción de alimentos y el calentamiento de agua en los hogares. Otros factores que determinan la calidad del aire son el uso de suelo, como la agricultura, la ganadería y la extracción de minerales, además de las características fisiográficas y climáticas de la región entre otras.

Una mala calidad del aire significa problemas de salud para la población y afectaciones a los ecosistemas, así como daño a los materiales expuestos a la contaminación atmosférica, por este motivo, es necesario medir y dar seguimiento a su evolución. En el caso del Estado de Sonora, se han realizado esfuerzos para establecer un sistema de monitoreo atmosférico, el cual dio inicio en 1989; sin embargo, éste ha sido de forma intermitente, pues los equipos en –varios municipios– han dejado de operar.

En las principales zonas urbanas de esta entidad, como es el caso de Agua Prieta, Cananea, Cumpas, Guaymas, Hermosillo, Naco, Nacozari, Navojoa, Nogales, Puerto Peñasco y San Luis Río Colorado, se ha enfocado la medición de partículas menores de 10 micrómetros (PM_{10}); sin embargo, debido a diversos problemas de operación y mantenimiento, actualmente sólo se encuentran en funcionamiento tres estaciones manuales de PM_{10} localizadas en Hermosillo y una estación automática en Nogales, la cual mide PM_{10} y $PM_{2.5}$.

Los resultados de la evaluación del cumplimiento de la norma oficial mexicana NOM-025-SSA1-2014 de PM_{10} , muestran que en las estaciones de monitoreo manual de Agua Prieta (1999-2010), Hermosillo (4 estaciones, 2000 al 2016), Nogales (1998-2010) y San Luis Río Colorado (2009-2010), se incumplió con dicha norma, y sólo para los años 2005 y 2008 se cumplió en Hermosillo. Respecto a los registros del sistema automático de monitoreo atmosférico de Nogales, en el 2015 hubo 33 días fuera de la norma y en 2016, 59 días; ambos para PM_{10} .

Por otra parte, los resultados del inventario de emisiones para el Estado de Sonora –considerando únicamente las emisiones antropogénicas–, es decir, aquellas

generadas por las actividades humanas, muestran que las principales fuentes de contribución a la emisión de contaminantes atmosféricos son las siguientes:

- **Fuentes fijas.** Principal fuente de emisión de **bióxido de azufre (SO₂)**, **97%**.
- **Fuentes de área.** Principal fuente emisora de **amoníaco (NH₃)**, **99%**. Segundo emisor en importancia de **monóxido de carbono (CO)**, **31%**; **PM_{2.5}**, **25%**; **PM₁₀**, **11%**; y, **compuestos orgánicos volátiles (COV)**, **8%**.
- **Fuentes móviles.** Primera fuente emisora de **monóxido de carbono (CO)**, **67%**. Segunda fuente en importancia por la emisión de **óxidos de nitrógeno (NOx)**, **30%**.

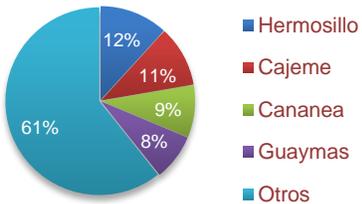
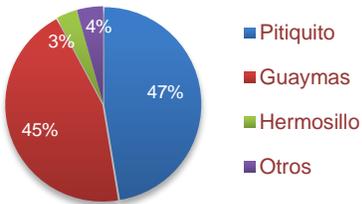
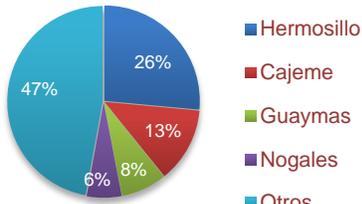
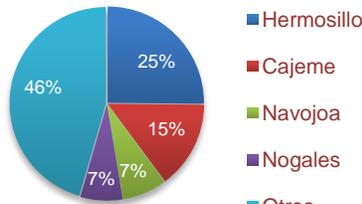
Por tipo de contaminante y categoría de emisión, resalta la emisión de partículas proveniente de las fuentes de área, mientras que las fuentes móviles contribuyen de manera importante en la emisión de óxidos de nitrógeno y monóxido de carbono. La industria es el principal emisor de bióxido de azufre.

A continuación se muestra un resumen de las categorías de emisión más importantes por tipo de contaminante:

Contaminante	Principales categorías de emisión
PM ₁₀	Labranza agrícola, 21%; caminos no pavimentados, 18%; incendios forestales, 13%.
PM _{2.5}	Incendios forestales, 22%; quemas agrícolas, 17%; labranza agrícola; 9%.
SO ₂	Generación de energía eléctrica, 91%; industria del cemento, 3%.
NOx	Camionetas y <i>pick up</i> , 22%; autos particulares y taxis, 16%; vehículos mayores a 3 toneladas y tractocamiones, 16%.
COV	Combustión doméstica, 15%; manejo y distribución de gas L.P., 14%; camionetas y <i>pick up</i> , 13%.
CO	Camionetas y <i>pick up</i> 32%; autos particulares y taxis, 25%; incendios forestales, 16%.
NH ₃	Emisiones ganaderas, 63%; aplicación de fertilizantes, 18%; emisiones domésticas, 12%.

Por municipios, los resultados del inventario de emisiones muestran los siguientes números:

Contaminante por municipio	Categoría de emisión														
<p>PM₁₀</p> <table border="1"> <caption>Distribución de PM₁₀ por municipio</caption> <thead> <tr> <th>Municipio</th> <th>Porcentaje</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Hermosillo</td> <td>18%</td> </tr> <tr> <td>Cajeme</td> <td>12%</td> </tr> <tr> <td>Guaymas</td> <td>7%</td> </tr> <tr> <td>Navojoa</td> <td>6%</td> </tr> <tr> <td>Cananea</td> <td>6%</td> </tr> <tr> <td>Otros</td> <td>51%</td> </tr> </tbody> </table>	Municipio	Porcentaje	Hermosillo	18%	Cajeme	12%	Guaymas	7%	Navojoa	6%	Cananea	6%	Otros	51%	<p>Hermosillo: Caminos pavimentados y no pavimentados, labranza agrícola.</p> <p>Cajeme: Labranza agrícola, caminos no pavimentados, quemas agrícolas.</p> <p>Guaymas: Generación de energía eléctrica, caminos no pavimentados, labranza agrícola.</p> <p>Navojoa: Labranza agrícola, quemas agrícolas y caminos no pavimentados.</p>
Municipio	Porcentaje														
Hermosillo	18%														
Cajeme	12%														
Guaymas	7%														
Navojoa	6%														
Cananea	6%														
Otros	51%														

<p>PM_{2.5}</p>	 <ul style="list-style-type: none"> ■ Hermosillo ■ Cajeme ■ Cananea ■ Guaymas ■ Otros 	<p>Hermosillo: Caminos pavimentados y no pavimentados, ladrilleras. Cajeme: Quemadas agrícolas, labranza agrícola, maquinaria agrícola, ladrilleras. Cananea: Incendios forestales, industria de la metalurgia. Guaymas: Generación de energía eléctrica, quemadas agrícolas, combustión doméstica.</p>
<p>SO₂</p>	 <ul style="list-style-type: none"> ■ Pitiquito ■ Guaymas ■ Hermosillo ■ Otros 	<p>Pitiquito: Generación de energía eléctrica. Guaymas: Generación de energía eléctrica. Hermosillo: Industria de alimentos y bebidas</p>
<p>NO_x</p>	 <ul style="list-style-type: none"> ■ Hermosillo ■ Cajeme ■ Guaymas ■ Nogales ■ Otros 	<p>Hermosillo: Camionetas <i>pick up</i>, autos particulares y taxis, vehículos mayores a 3 toneladas y tractocamiones. Cajeme: Camionetas <i>pick up</i>, autos particulares y taxis, maquinaria agrícola Guaymas: Generación de energía eléctrica, vehículos mayores a 3 toneladas y tractocamiones, camionetas y <i>pick up</i>. Nogales: camionetas y <i>pick up</i>, autos particulares y taxis.</p>
<p>Contaminante por municipio</p>		<p>Categoría de emisión</p>
<p>COV</p>	 <ul style="list-style-type: none"> ■ Hermosillo ■ Cajeme ■ Navojoa ■ Nogales ■ Otros 	<p>Hermosillo: Camionetas <i>pick up</i>, manejo y distribución de gas LP, autos particulares y taxis. Cajeme: Camionetas <i>pick up</i>, manejo y distribución de gas LP, uso doméstico de solventes. Navojoa: Combustión doméstica, manejo y distribución de gas LP. Nogales: camionetas y <i>pick up</i>, manejo y distribución de gas LP, autos particulares y taxis.</p>

CO	<ul style="list-style-type: none"> ■ Hermosillo ■ Cajeme ■ Nogales ■ Cananea ■ Navojoa ■ Imuris ■ Otros 	<p>Hermosillo: Camionetas <i>pick up</i>, autos particulares y taxis, vehículos menores a 3 toneladas.</p> <p>Cajeme: Camionetas <i>pick up</i>, autos particulares y taxis, quemas agrícolas.</p> <p>Nogales: Camionetas <i>pick up</i>, autos particulares y taxis, incendios forestales.</p> <p>Cananea: Incendios forestales, autos particulares y taxis, camionetas <i>pick up</i>.</p>
NH₃	<ul style="list-style-type: none"> ■ Hermosillo ■ Cajeme ■ Navojoa ■ Alamos ■ Otros 	<p>Hermosillo: Emisiones ganaderas, domésticas y aplicación de fertilizantes.</p> <p>Cajeme: Emisiones ganaderas, aplicación de fertilizantes y emisiones domésticas.</p> <p>Navojoa: Emisiones ganaderas, aplicación de fertilizantes y emisiones domésticas.</p> <p>Álamos: Emisiones ganaderas, aplicación de fertilizantes y emisiones domésticas.</p>

Como respuesta a los problemas de emisión de contaminantes y su impacto en la calidad del aire, es necesario diseñar políticas públicas orientadas a reducir la emisión de contaminantes atmosféricos, a fin de mejorar la calidad de vida de la población. Con este propósito, se elaboró el Programa de Gestión para Mejorar la Calidad del Aire (ProAire) del Estado de Sonora 2017-2026, el cual identifica, analiza y prioriza la atención a las fuentes de emisión, además de generar elementos para la toma de decisiones; como puede ser el análisis de la cantidad contaminantes a reducir, entre otros.

A continuación se listan las medidas que integran el ProAire del Estado de Sonora:

Estrategia 1. Reducción de emisiones de fuentes fijas	
Medida 1.	Regulación de las industrias estatales
Medida 2.	Control de emisiones a la atmósfera en el sector de generación de energía eléctrica
Estrategia 2. Reducción de emisiones de fuentes de móviles	
Medida 3.	Diseño e implementación de Programa de Verificación Vehicular Estatal
Medida 4.	Desarrollo e implementación del Programa Integral de Movilidad Urbana Sustentable (PIMUS) en las principales zonas urbanas de Sonora
Estrategia 3. Reducción de emisiones de fuentes de área	
Medida 5.	Regulación de comercios y servicios

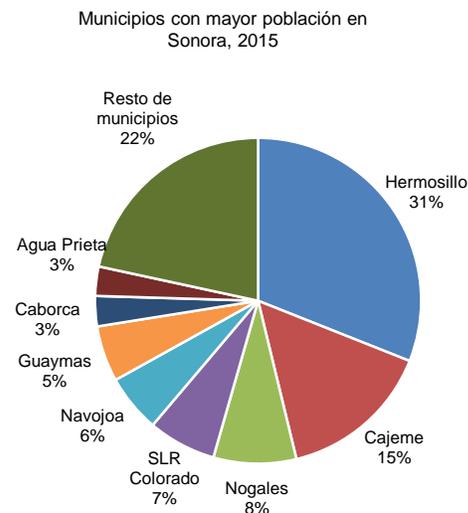
Medida 6.	Regulación del sector ladrillero
Medida 7.	Control de emisiones de material particulado en superficies desprovistas de recubrimiento
Medida 8.	Regulación de quemas agrícolas
Medida 9	Promoción de técnicas sustentables durante la realización de actividades agropecuarias.
Estrategia 4. Protección a la salud	
Medida 10.	Creación de un sistema que relacione enfermedades con el deterioro de la calidad del aire
Medida 11.	Elaboración del Programa de Contingencias Atmosféricas
Estrategia 5. Comunicación y educación ambiental	
Medida 12.	Elaboración del Programa de Comunicación de la Calidad del Aire de Sonora (PCCS)
Medida 13.	Desarrollo del Programa de Educación de la Calidad del Aire de Sonora (PECAS)
Estrategia 6. Fortalecimiento institucional	
Medida 14.	Actualización del inventario de emisiones
Medida 15.	Ampliación de la red de monitoreo
Medida 16.	Seguimiento y Evaluación al ProAire
Medida 17.	Fortalecimiento de las estructuras municipales de medio ambiente o ecología



INTRODUCCIÓN

El Estado de Sonora se localiza al noroeste de la República Mexicana y tiene una extensión territorial que representa el 9.15% del total nacional, la cual es ocupada por 72 municipios, entre los que se encuentra la capital Hermosillo.

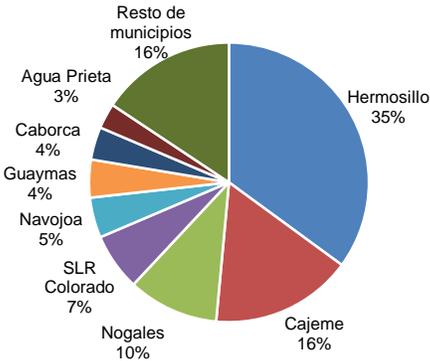
Información del INEGI reporta que en 2015 la entidad contaba con 2.85 millones de habitantes, lo que representaba el 2.4% de la población a nivel nacional. Por municipio, Hermosillo concentra el 31% de la población total a nivel estatal, mientras que, en 8 municipios, de los 72 que integran el Estado de Sonora, habita el 78% de la población de la entidad. La implementación del ProAire en los municipios del Estado en donde se concentra el mayor número de habitantes, permitirá reducir los niveles de contaminación de las principales zonas urbanas.



El constante crecimiento del número de habitantes en las zonas urbanas del Estado de Sonora, del año 2000 al 2015 la población de Hermosillo aumentó en un 31%, ha demandado un aumento de los servicios básicos para su vida cotidiana, como el uso de combustibles para la cocción de alimentos y calentamiento de agua en los hogares, comercios y servicios, así consumo de energía para el transporte de pasajeros y mercancías.

Uno de los aspectos más importantes en las zonas urbanas es el uso de los vehículos automotores. En 2015 el Estado de Sonora registró un parque vehicular en circulación de 851 mil automotores, de los cuales el 35% se localizaba en la capital y el 49% en 8 municipios. El crecimiento de la cantidad de automotores está relacionado directamente con el aumento de la población.

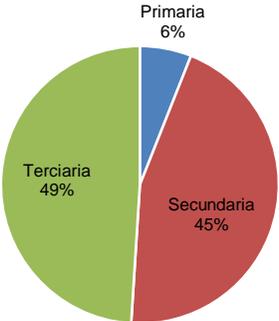
Municipios con mayor cantidad de automotores en Sonora, 2015



El índice de motorización, definido como la cantidad de vehículos automotores por cada mil habitantes, muestra que el año 2000 para el Estado de Sonora era de 232, mientras que para el año 2015 pasó a 299, lo que significó una tasa de crecimiento del 22%.

Por otra parte, en el ámbito económico, los principales sectores de actividad en el Estado de Sonora son la terciaria (49%), relacionada con el comercio, los servicios y la actividad gubernamental; secundaria o industrial (45%); y, la primaria representada por la agricultura, ganadería, pesca y minería (6%).

Actividades económicas en Sonora, 2015



Toda esta actividad ha ocasionado una presión sobre los aspectos ambientales, entre los que se encuentra la calidad del aire. El monitoreo de contaminantes atmosféricos en el Estado de Sonora se ha llevado a cabo en 11 municipios de la entidad: Agua Prieta, Cananea, Cumpas, Guaymas, Hermosillo, Naco, Nacozari, Navojoa, Nogales, Puerto Peñasco y San Luis Río Colorado. Sin embargo, debido a la falta de información, sólo se pudo evaluar el cumplimiento de calidad del aire en los municipios de Hermosillo, Nogales, Agua Prieta y San Luis Río Colorado, cuyos resultados muestran un incumplimiento de la norma para partículas PM₁₀ y PM_{2.5} en los años recientes. La exposición de la población a las altas concentraciones de partículas ocasiona que penetren profundamente en las vías respiratorias de los individuos, hasta llegar a los alveolos de los pulmones, incrementando los riesgos de daño a tejidos y órganos, entre otras afectaciones.

Ante esta situación, el Gobierno del Estado de Sonora, en coordinación con la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), impulsaron de manera decisiva la elaboración del Programa de para Mejorar la Calidad del Aire 2017 – 2026 para esta entidad, con el objetivo de contar con instrumento que oriente las acciones necesarias para mejorar la calidad del aire en esta entidad. Las estrategias, medidas y acciones establecidas en este documento, fueron el resultado del consenso y compromiso de los principales actores interesados, como fue el caso de los tres diferentes órdenes de gobierno (federal, estatal y municipal), las organizaciones no gubernamentales, el sector académico y de investigación, así como del sector industrial y comercial.

El Programa de Gestión para Mejorar la Calidad del Aire en el Estado de Sonora 2017 - 2026 está integrado de la siguiente manera:

Capítulo 1: Descripción de la zona de estudio.- Describe las características del área de estudio, tales como el relieve, el uso de suelo y cobertura vegetal, así como la climatología, información que influye en la dispersión o acumulación de contaminantes atmosféricos. Por otra parte, describe las actividades económicas y demográficas, el comportamiento de la flota vehicular y la demanda de productos, bienes y servicios, factores que determinan la calidad del aire en el Estado de Sonora.

Capítulo 2: Diagnóstico de la calidad del aire.- Presenta un diagnóstico exhaustivo y detallado del sistema de monitoreo atmosférico y los resultados de calidad del aire. Se muestran los resultados de cumplimiento de los límites máximos permisibles establecidos en las normas oficiales mexicanas, así como días fuera de norma y nivel de cumplimiento diario y horario.

Capítulo 3: Inventario de emisiones.- Muestra los resultados del inventario de emisiones de contaminantes criterio al aire desagregado por tipo de fuentes, categoría y tipo de contaminante (el ozono, O₃; material particulado, PM₁₀ y PM_{2.5}; bióxido de azufre, SO₂; dióxido de nitrógeno, NO₂; y, el monóxido de carbono, CO. También se presentan las contribuciones a nivel estatal y municipal.

Capítulo 4: Impactos sobre la salud.- En este capítulo de impactos a la salud, se describe los principales efectos en la salud de la población por la exposición a la contaminación atmosférica. Asimismo, se muestran los resultados de un análisis de cuál sería el impacto en la salud de la población si se redujeran los niveles de partículas PM_{2.5} al grado de cumplir con el límite anual, establecido por la normatividad en la materia.

Capítulo 5: Comunicación y educación ambientales.- Muestra el diagnóstico sobre la situación actual de comunicación y educación en materia de calidad del aire.

Capítulo 6: Estrategias y medidas.- Establece las estrategias, medidas y acciones que fueron propuestas por los diferentes grupos de trabajo para ser implementadas para reducir la emisión de contaminantes a la atmósfera y proteger la salud de la población.

Las etapas que permitieron la elaboración del ProAire se muestra en la siguiente figura:

Figura 1. Etapas del ProAire¹



¹ La etapa VI. Diagnóstico de la calidad del aire, considera el análisis de la red de monitoreo, inventario de emisiones, comunicación y educación ambiental, impactos a la salud y la legislación ambiental del Estado. Respecto a las etapas XII y XIII iniciarán una vez se cuente con la firma de convenio para para la publicación e implementación del ProAire (Etapa XI).

Se dará seguimiento y evaluación al programa de acuerdo a la Metodología de Marco Lógico durante la vigencia y término del ProAire 2017-2026.

CAPÍTULO 1

DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO



CAPÍTULO 1

DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

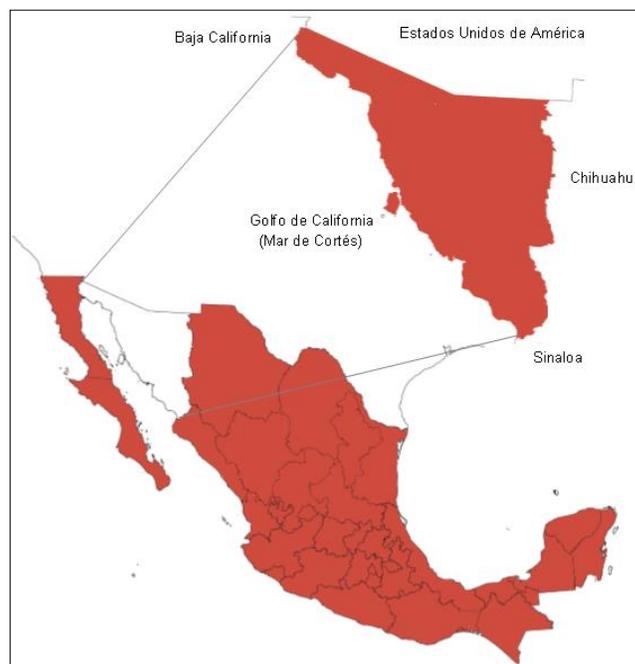
En el presente capítulo se muestran las características geográficas, físicas, demográficas, económicas y de transporte del Estado de Sonora, la finalidad es tener un primer acercamiento sobre cómo éstas determinan la calidad del aire.

La calidad del aire de una región determinada como es el caso de las principales zonas urbanas del Estado, es el resultado de 4 fuentes de emisión: fijas (industria), móviles (vehículos automotores), área (principalmente comercios y servicios) y naturales (biogénicas y erosivas). Por lo anterior, a lo largo de este apartado se relacionaran con las características propias del Estado para identificar, de manera general, las problemáticas que darán sustento a las medidas y acciones establecidas en el ProAire para el control, reducción y mitigación de emisiones a la atmósfera.

1.1 Localización geográfica

El Estado de Sonora colinda al Norte con la frontera de los Estados Unidos de América (con los Estados de Arizona y Nuevo México), al Sur con el Estado de Sinaloa, al Este limita con Chihuahua; y al Oeste con el Mar de Cortés o Golfo de California; en la parte Noroeste con el Estado de Baja California.

Figura 2. Localización y colindancias del Estado de Sonora



Fuente: Elaboración propia con información de INEGI 2015.

Sonora es uno de los 32 Estados que forman parte del territorio mexicano, está conformado por 72 municipios y 7, 268 localidades (INEE, 2010, pág. 7), cuenta una extensión territorial de 184, 934 km², 9.4% del territorio nacional (INAFED, 2015), ocupa el segundo lugar en extensión.

Hermosillo es la capital del Estado y ciudad con la superficie territorial más grande de Sonora (14, 880.21 km), además, concentra el mayor número de habitantes de la entidad.

1.2 Aspectos físicos

La superficie estatal de Sonora está constituido por sierras y llanuras: Llanura Sonorense (52.61%), Sierras y Llanuras del Norte (3.65%), Sierra Madre Occidental (38.1%) y Llanura Costera del Pacífico (5.64%) (INEGI, 2015) (Figura 3). Esta información es de relevancia ya que la disposición y exposición del relieve puede limitar la llegada de las masas de aire disminuyendo la posibilidad de dispersar los contaminantes.

La aridez que presenta el Estado se debe a su localización, al norte del Trópico de Cáncer donde altas presiones² provenientes del hemisferio norte influyen en un clima predominantemente seco-semiseco en un 48% y muy seco en un 46.5% (Figura 4). Este tipo de clima es el que predomina en el norte de México, el cual puede llegar a ser extremo con lluvias muy escasas.

De acuerdo con la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), Sonora en 2015 registró una sequía moderada (CONAGUA, 2015, pág. 14). Cabe destacar que este tipo de clima intensifica la concentración de contaminantes en el aire, además de que favorece la formación fotoquímica de Ozono (O₃).

La temperatura media anual es de alrededor de 22°C, la temperatura máxima promedio es de 38°C y se presenta en los meses de junio y julio, en el mes de enero la temperatura mínima promedio que se presenta es de 5°C.

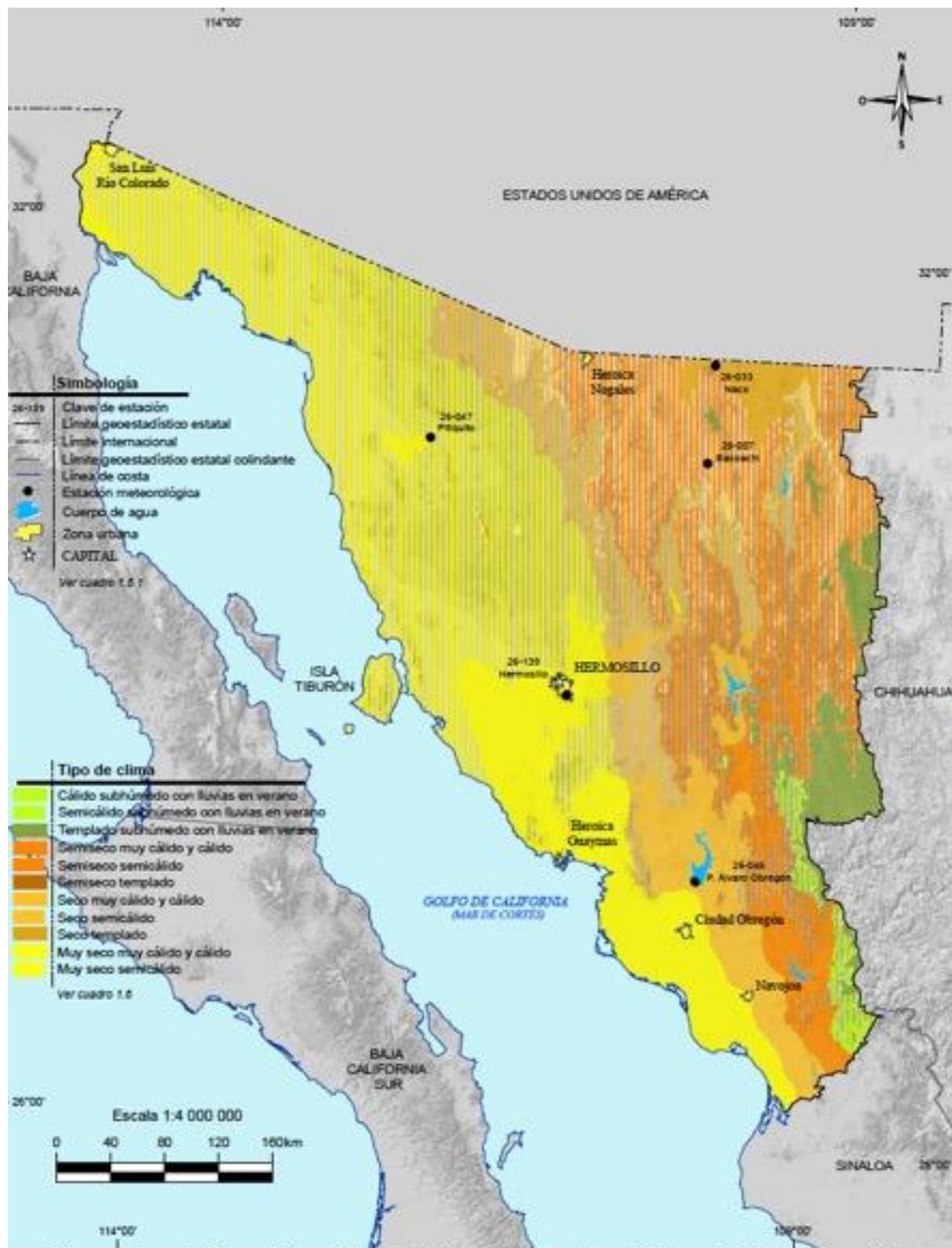
² La alta presión genera cielos despejados, áreas con poco viento, condiciones propensas a la contaminación atmosférica y ausencia de nubes y tormentas. Los sistemas de alta presión generan días soleados que pueden ser peligrosos en ciudades con altas emisiones de contaminantes.

Figura 3. Relieve del Estado de Sonora



Fuente: INEGI. Continuo Nacional del Conjunto de Datos Geográficos de la Carta Fisiográfica Escala 1: 1 000 000, serie 1.

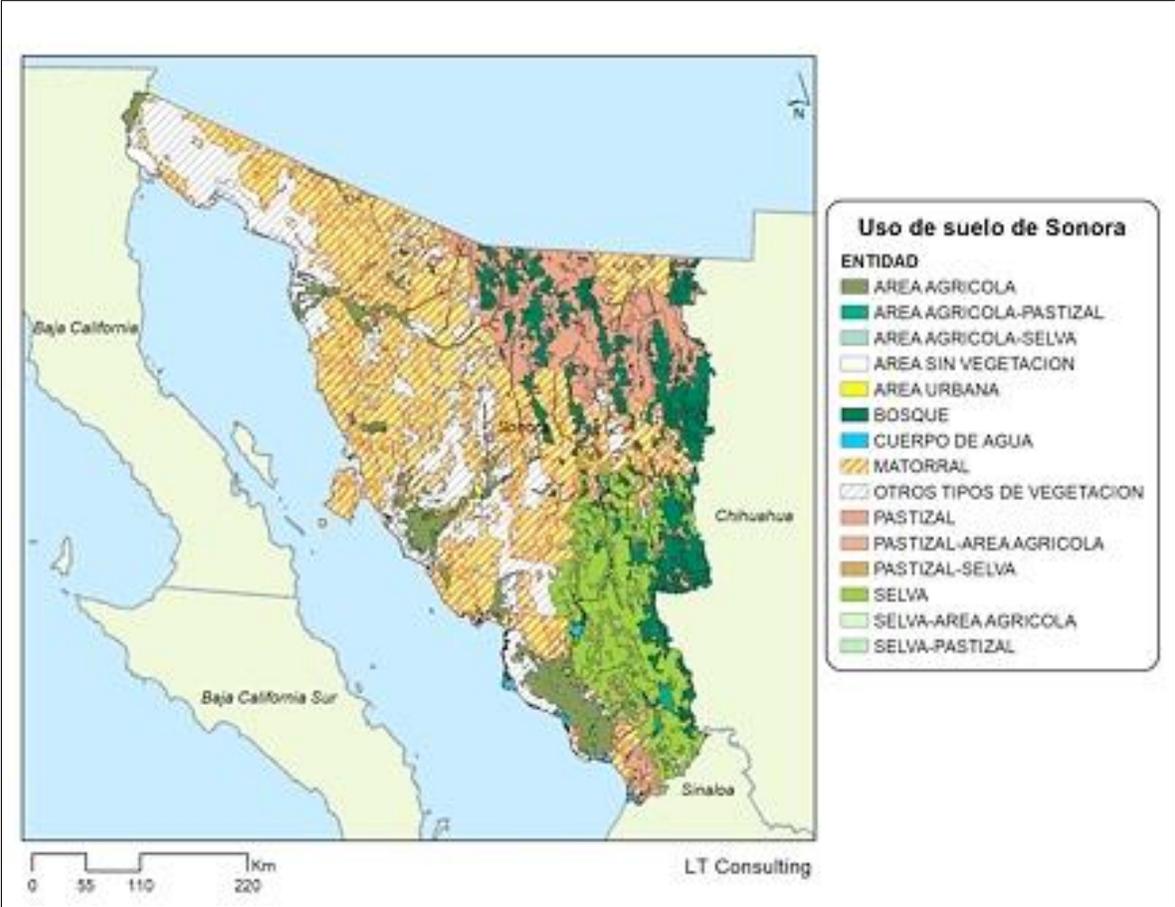
Figura 4. Climas predominantes en Sonora



Fuente: INEGI. Continuo Nacional del Conjunto de Datos Geográficos de la Carta de Climas Escala 1: 1 000 000, serie 1.

Respecto a la superficie total del Estado (179, 355 km²), el 49.30% es matorral, el cual, aunque es un tipo de recubrimiento, éstos no logran cubrir toda la superficie de suelo, lo que genera la emisión de partículas debido a la acción del viento sobre el suelo. El 17.90% es selva, 12.70% pastizal, 10.60% bosque y 7.10% agrícola. Estos usos de suelo cubren cerca del 98% de la superficie del Estado (Figura 5).

Figura 5. Uso de suelo y vegetación del Estado de Sonora

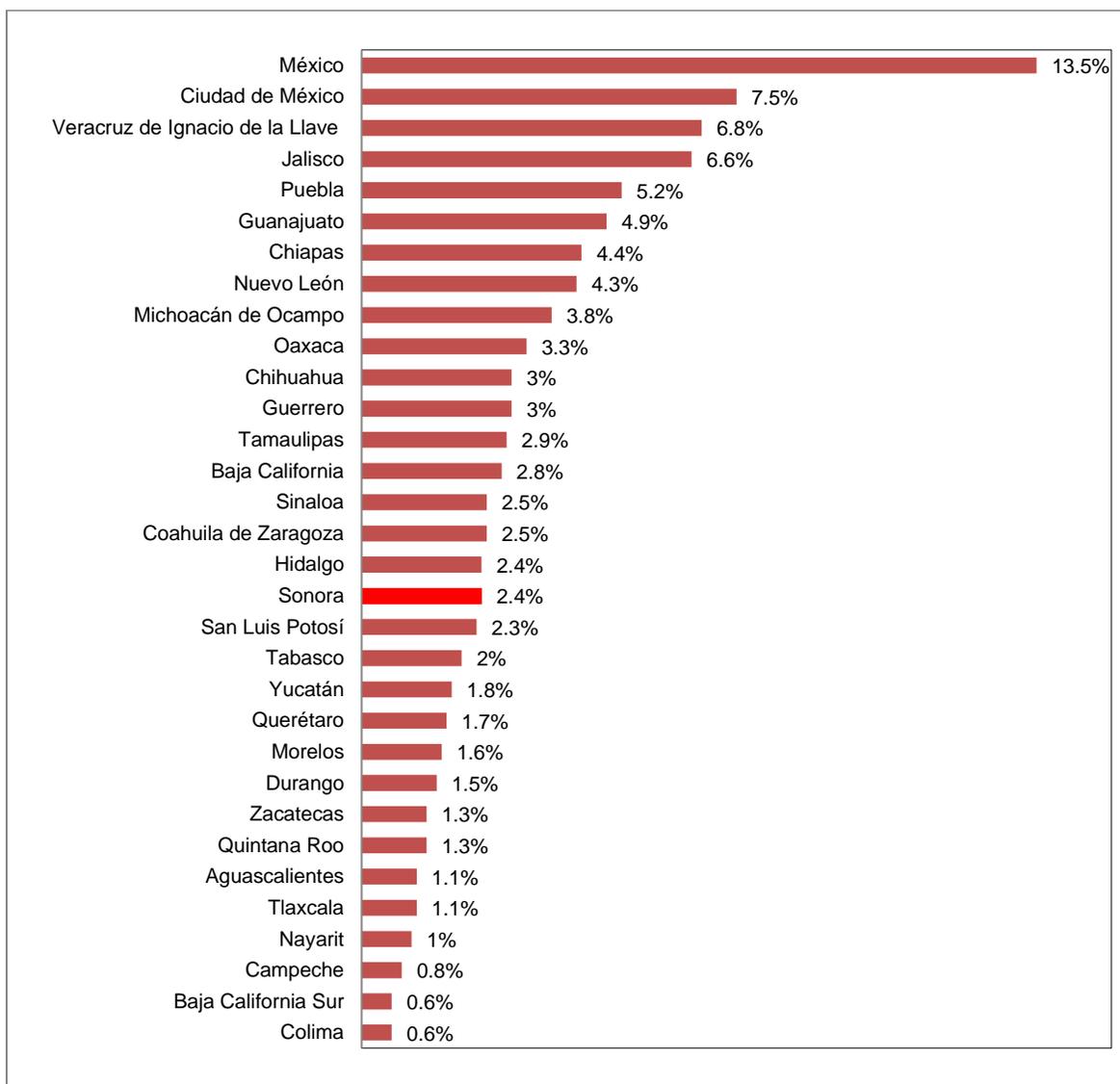


Fuente: Elaboración propia a partir de cartografía INEGI.

1.3 Dinámica poblacional

A nivel nacional el Estado de Sonora ocupa el lugar 18° con 2, 850, 330 habitantes en 2015 (Figura 6), lo que representa el 2.4% de la población de nuestro país (INEGI, 2015).

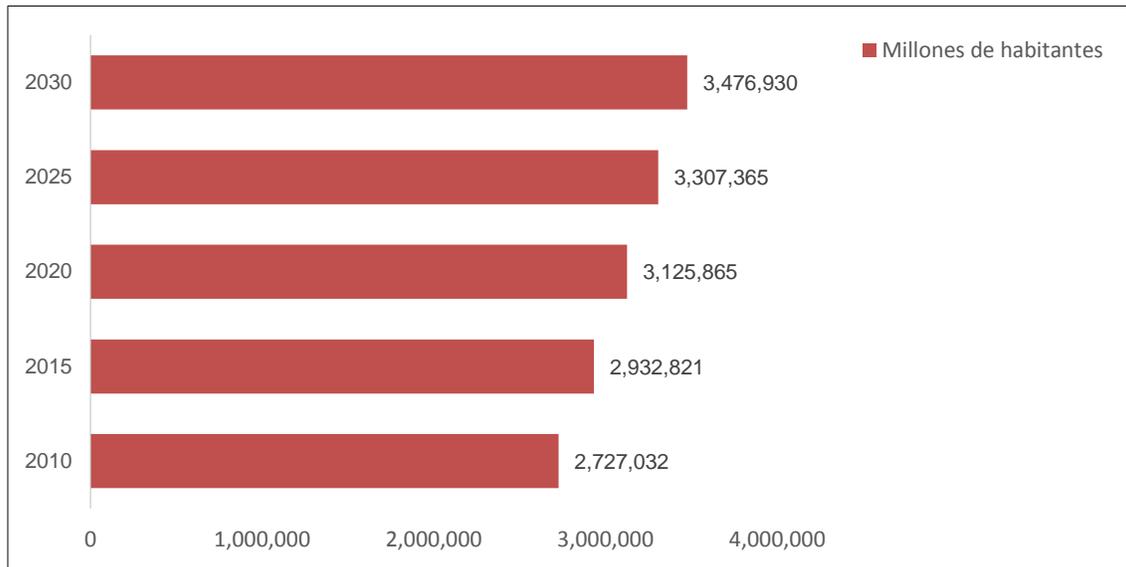
Figura 6. Población en México por entidad federativa.



Fuente: Elaboración propia con datos de población. INEGI 2015

Se prevé que la población continúe aumentando en décadas futuras, alcanzará en 2020 un volumen de 3, 125, 865 personas y en 2030 llegará a 3, 476, 930 habitantes (CONAPO, 2010-2030) (Figura 7).

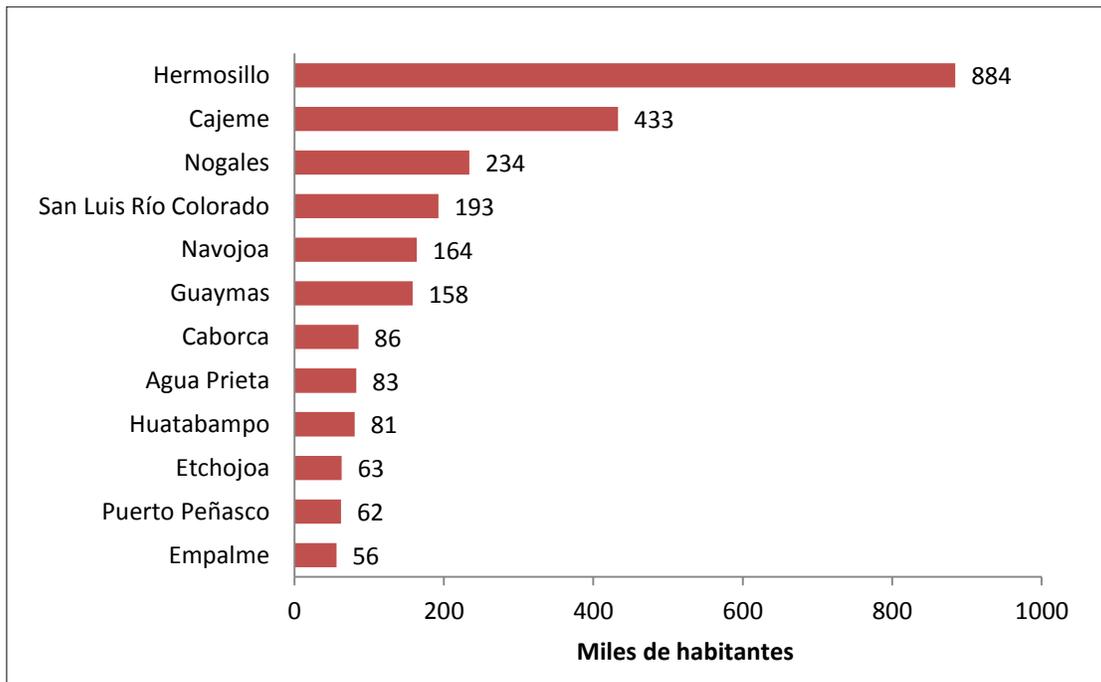
Figura 7. Proyección de crecimiento de la población en el Estado de Sonora.



Fuente: Elaboración propia con información de CONAPO, 2010-2030.

Los municipios con mayor número de habitantes son: Hermosillo (884 mil habitantes), Cajeme (433 mil), Nogales (234 mil); San Luis Río Colorado (193 mil), Navojoa (164 mil) y Guaymas (158 mil habitantes) (Figura 8).

Figura 8. Población por municipio del Estado de Sonora 2014.



Fuente: Elaboración propia con información de INEGI, Proyecciones de la Población 2010-2030.

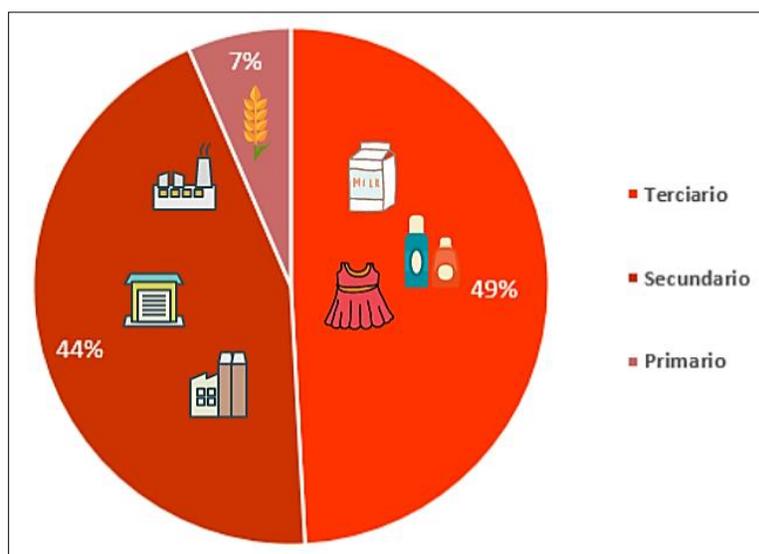
Los municipios mencionados forman parte del ProAire y participan en la implantación del mismo, además de los ayuntamientos de Agua Prieta, Caborca y Empalme³. Los habitantes beneficiados de la ejecución del programa corresponden al 75% del total de la población sonorense.

1.4 Desarrollo económico

El Producto Interno Bruto (PIB) de Sonora en 2014⁴ representó el 2.93% respecto al total nacional y, en comparación con el año anterior, tuvo un decremento del 0.10% (SE, 2014, pág. 6)

El sector que más aporta a la economía estatal es el terciario⁵ con el 49%, seguido de las actividades secundarias⁶ con un 44%, y por último las actividades primarias⁷ con un 7%. El Estado ocupó el lugar 11 en la producción bruta total nacional, siendo los municipios que concentraron las mayores participaciones en la producción bruta total los municipios de Hermosillo con 53.6%, Nacozari de García con 10.2% y Cajeme con 9.4% (INEGI, 2014).

Figura 9. Actividades económicas del Estado de Sonora.



Fuente: INEGI. Actividades Económicas 2014.

³ La definición de los municipios participantes en el ProAire fueron definidos por la autoridad estatal. El criterio de selección fueron aquellas localidades que presentan o pueden presentar un deterioro en la calidad del aire.

⁴ Año base del inventario de emisiones a la atmósfera para el Estado de Sonora.

⁵ El sector terciario de la economía no se producen bienes materiales; se reciben los productos elaborados para su venta. Asimismo, este sector incluye las comunicaciones y los transportes.

⁶ El sector secundario se caracteriza por el uso predominante de maquinaria y de procesos. Incluye las fábricas, talleres y los laboratorios de todos los tipos de industrias.

⁷ El sector primario incluye todas las actividades donde los recursos naturales se aprovechan tal como se obtienen de la naturaleza ya sea para alimento o para generar materias primas.

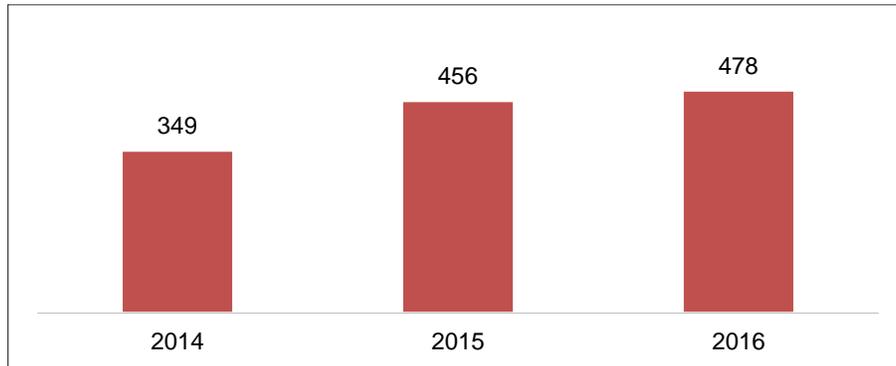
Aunque el clima en el Estado es muy seco y difícil para la agricultura; se cultiva una gran variedad de productos. Los municipios sonorenses más importantes por su producción agrícola son: Cajeme, Hermosillo, Caborca, Álamos, Benito Juárez y Navjoa. Cabe destacar que esta actividad genera una gran cantidad y tipos de contaminantes, por ejemplo: óxidos de nitrógeno (NO_x) por el uso de maquinaria agrícola; bióxido de azufre (SO_2) y material particulado (PM_{10} y $\text{PM}_{2.5}$) provenientes de quemas agrícolas, además de amoniaco originado por la aplicación de fertilizantes, entre otros.

Los sectores estratégicos en la entidad son: equipo de transporte, minería, industria alimentaria, industria química, fabricación de productos metálicos, maquinaria y equipo, electrónicos, electrónica, equipo de comunicación y equipo de medición. En el rubro de infraestructura productiva el Estado cuenta con 42 parques industriales y tecnológicos (SE, 2014, pág. 14). La industria manufacturera es una de las principales de la región, además se han instalado empresas del sector automotriz y de autopartes.

Como se mencionó anteriormente existen distintas variables que determinan la calidad del aire, una de ellas es el sector industrial que tiene gran presencia en el Estado, sí bien, es una fuente importante de emisión de contaminantes, también es un sector necesario para el crecimiento económico del Estado y del país. A continuación, y de manera general, se presenta el resumen de industrias que tienen presencia en Sonora.

De acuerdo al Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE) se tienen identificados en 2015, 449 establecimientos industriales en materia de atmósfera, 70 de ellos de jurisdicción federal y 379 estatal (DENUE, 2015). Respecto a las Cédulas de Operación Anual (COA) -instrumento de reporte y recopilación de información de emisiones y transferencia de contaminantes al aire que el industrial entrega a la autoridad estatal- se tiene para el mismo año (2015), 456 cédulas, 129 más que las reportadas en 2014, lo que nos permite inferir que anualmente hay un crecimiento de la industria en el Estado; por lo que existirá una mayor cantidad de emisiones contaminantes a la atmósfera, por ello, la importancia de implementar el ProAire.

Figura 10. Número de Cédulas de Operación Anual reportadas por el industrial a la autoridad ambiental.



Fuente: Elaboración propia con información de la Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable (CEDES).

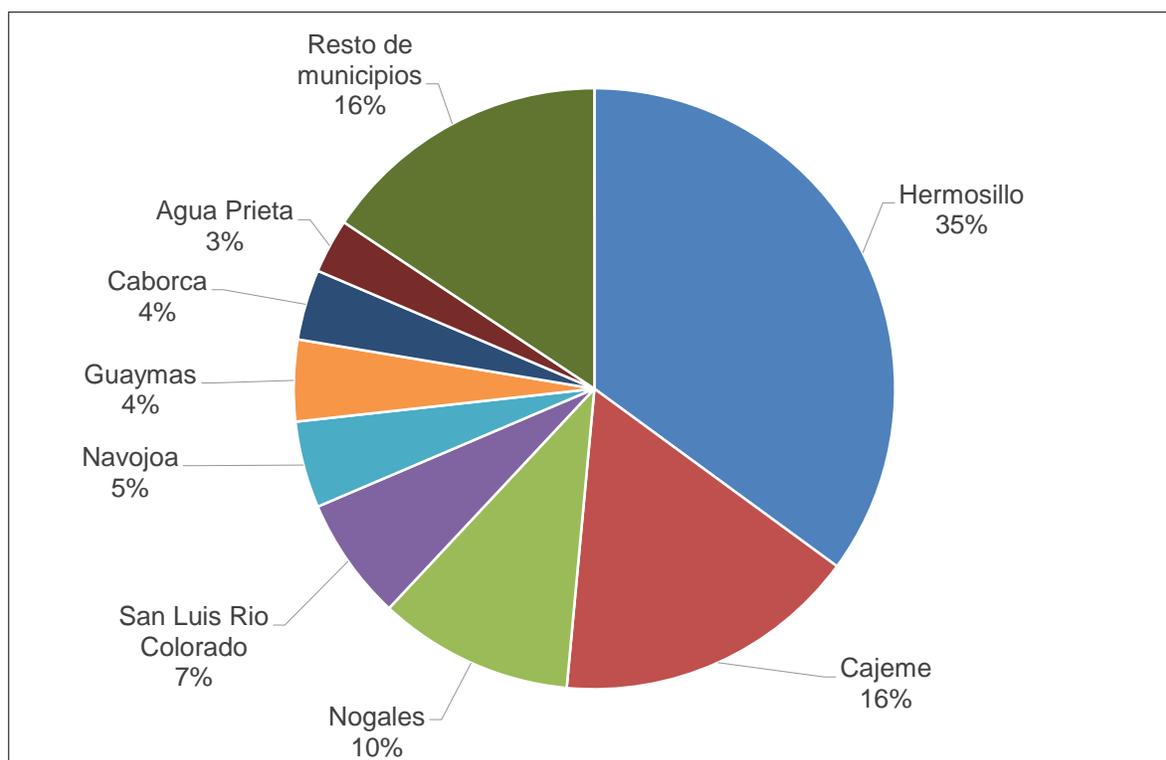
1.5 Vías de comunicación

De acuerdo con el Anuario Estadístico y Geográfico de Sonora, el Estado cuenta con 7, 557 kilómetros de red carretera, de los cuales 2,712 km corresponden a carretera federal pavimentada; y alimentadoras estatales pavimentadas 4,845 km (INEGI, 2015). También cuenta con 5 aeropuertos ubicados en los municipios de Cajeme, Guaymas, Hermosillo, Nogales y Puerto Peñasco.

Las fuentes móviles (transporte de carga, vehículos particulares, transporte público entre otros) que circulan por la infraestructura vial del Estado, representan una fuente importante de emisión de contaminantes al aire, generados por la combustión de vehículos motorizados, dependientes -casi en su totalidad- de combustibles fósiles (gasolina, diésel y gas natural), que son recursos naturales no renovables.

En lo que se refiere a la flota vehicular de Sonora, en 2015 existían un total de 850, 974 vehículos registrados, de los cuales el 35% se concentra en la capital del Estado (Figura 11). Cabe destacar que los municipios que concentran el mayor porcentaje de vehículos forman parte del ProAire, y participan en la implementación de medidas para reducir emisiones provenientes de las fuentes móviles.

Figura 11. Flota vehicular en el Estado de Sonora



Fuente: Elaboración propia con información de INEGI. Vehículos de motor registrados en circulación 2015.

1.5.1 Comportamiento de parque vehicular en el Estado de Sonora

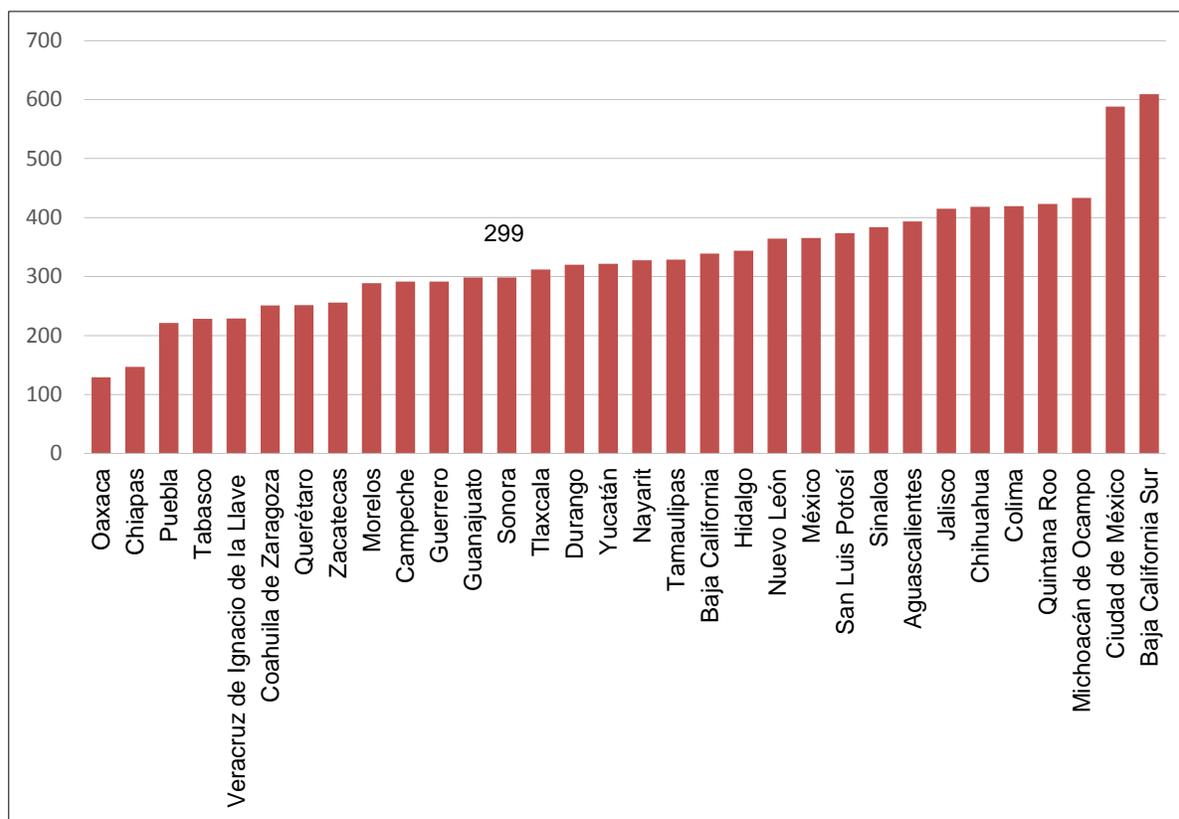
En términos generales, en las últimas décadas la problemática del incremento del parque vehicular ha traído severas problemáticas que van desde la construcción y demanda de nueva infraestructura vial, saturación de vialidades (embotellamientos), el aumento en la temperatura de las principales zonas urbanas, el ruido, la contaminación y el acaparamiento del espacio público, pero principalmente impactos a la salud⁸ por una mala calidad del aire.

En este sentido, el INEGI reportó que durante el periodo de 1980⁹ a 2015, el número de vehículos que circula en el Estado pasó de 176 mil 518 a 850 mil 974 unidades, es decir, hubo un incremento de 674 mil 456 vehículos en 35 años. Por otra parte, el incremento de la tasa de motorización (cantidad de vehículos por cada mil habitantes) pasó de 117 unidades en 1980 a 299 vehículos en 2015 (Figura 12). Lo que nos indica que por cada 10 habitantes en Sonora existen 3 vehículos.

⁸ Ver: Capítulo 4. Impactos a la Salud.

⁹ Año en que INEGI comenzó con el registro de vehículos.

Figura 12. Tasa de motorización por entidad



Fuente: Elaboración propia con información de INEGI. Vehículos de motor registrados en circulación 2015 y Censo de Población 2015.

1.6 Aspectos legales

El marco normativo mexicano establece leyes y normas que regulan las fuentes emisoras de contaminantes. Este marco regulatorio establece las reglas y las sanciones que deben obedecer las fuentes generadoras de contaminante al aire de acuerdo con su giro y su jurisdicción sea federal, estatal y/o municipal.

A continuación, se resumen las competencias de las autoridades federales, estatales y municipales en materia de emisiones de contaminantes al aire.

Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA, 2015).

Competencia Federal

De conformidad con el Artículo 111 de la LGEEPA, en su artículo 111 Bis establece las que fuentes fijas reservadas para la jurisdicción federal son: las industria química, del petróleo y petroquímica, de pinturas y tintas, automotriz, de celulosa y papel, metalúrgica, del vidrio, de generación de energía eléctrica, del asbesto, cementera y calera y de tratamiento de residuos peligrosos.

El Artículo 11 del Reglamento de la LGEEPA en materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera, establece que son fuentes de jurisdicción federal móviles los vehículos automotores hasta en tanto no salgan de la planta de producción y el transporte público federal, entendiéndose por estos últimos (los de pasajeros; los de turismo; y los de carga en términos de la Ley de Caminos, Puentes y Autotransporte Federal.

Asimismo, el Artículo 112 establece en materia de contaminación atmosférica que los gobiernos y los municipios integrarán y mantendrán actualizado el inventario de fuentes fijas de contaminación.

Ley del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente del Estado de Sonora (LEEPAS, 2011).

Competencia Estatal

La LEEPAS, puntualiza que las autoridades en materia ambiental son el Gobernador del Estado y la Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora (CEDES); siendo la Comisión la encargada de vigilar el debido cumplimiento de las disposiciones legales en materia de protección al ambiente y de preservación y restauración del equilibrio ecológico, otorgando las debidas licencias o permisos, vigilando las emisiones de contaminación atmosférica del Estado en el ámbito de su competencia.

Fuentes contaminantes de competencia estatal:

De conformidad con el artículo 7, 112, 119 y 175, de la LEEPAS, las fuentes emisoras de contaminación de competencia estatal son:

1. Las fuentes fijas que funcionan como establecimientos industriales, los sistemas de tratamiento, incineración, disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial, y zonas de aguas residuales.
2. Exploración, explotación y aprovechamiento de minerales o sustancias no reservadas a la Federación.
3. Los vehículos automotores destinados al servicio público estatal de transporte. (*única fuente móvil que regula*).

Fuentes fijas competencia estatal.

En la LEEPAS no se establece los sectores y subsectores de jurisdicción estatal de la industria, o alguna definición de la misma, lo que resultaría conveniente para otorgar una mayor seguridad jurídica en cuanto a la competencia entre el Estado y los Municipios.

Fuentes móviles competencia estatal.

El Estado de Sonora solo resulta competente sobre los vehículos automotores destinados al servicio público estatal de transporte, la LEEPAS no efectúa una clasificación de las fuentes móviles. Referente a la verificación vehicular de conformidad con el artículo 7 fracción XXI y artículo 116 el Estado solamente cuenta con la facultad de emitir recomendaciones a las autoridades competentes

en materia ambiental, con el objetivo que éstas cumplan con la legislación ambiental, asimismo cuenta con la facultad de supervisar y regular los centros de verificación, y verificar los vehículos de su competencia, siendo que la Ley en comento no establece que la Comisión pudiera intervenir en la regulación del funcionamiento y operación de los centros de verificación que competan a los Municipios, sino que, solamente hace mención sobre la verificación de los vehículos automotores destinados al servicio público estatal de transporte.

Competencia municipal

La competencia de los municipios en cuanto a la prevención y control de la contaminación de la atmósfera se refiere, la legislación local en concreto el artículo 8 Fracción III de la LEEPAS, establece que las Fuentes emisoras de competencia municipal se deriva en:

1. Las fuentes fijas, entre ellas establecimientos mercantiles o de servicios, dentro de la circunscripción territorial del municipio.
2. Las fuentes móviles que no sean consideradas de jurisdicción estatal o federal.

Es importante hacer mención, derivado del segundo punto de competencia para el municipio, convendría ser más efectivo que la competencia residual sea para el Estado, por su mayor alcance y capacidad dentro del territorio, sea el Estado quien determine el control de los vehículos particulares y de transporte público que conectan en las distintas zonas metropolitanas.

Del marco jurídico se puede concluir que existen aciertos, también faltas de regulación y una urgencia en mejorar la legislación del Estado, iniciando con el desarrollo del Reglamento Ambiental. También se observan otras áreas de oportunidad, tal como que el Estado efectúe un listado de las industrias de su competencia, mientras que para fuentes móviles el Estado tome la entera competencia de la vigilancia y regulación para la verificación de los vehículos automotores.

RESUMEN:

Los párrafos anteriores mencionan las distintas actividades y factores que determinan la calidad de aire en el Estado. Como podemos dar cuenta las actividades económicas de producción y de consumo inciden e impactan al medio ambiente, el crecimiento demográfico y de la flota vehicular que circula en el Estado afectan de manera gradual la calidad del aire que respira la población asentada en las principales zonas urbanas de Sonora.

Aspectos fisiográficos

La aridez que presenta el Estado se debe a su localización, al norte del Trópico de Cáncer donde altas presiones provenientes del hemisferio norte influyen en un clima predominantemente seco-semiseco en un 48% y muy seco en un 46.5%. La temperatura media anual es alrededor de 22°C, la temperatura máxima promedio es de 38°C y se presenta en los meses de junio y julio, en el mes de enero la temperatura mínima promedio que se presenta es de 5°C.

Crecimiento poblacional

A nivel nacional el Estado de Sonora ocupa el lugar 18° con 2, 850, 330 habitantes en 2015, lo que representa el 2.4% de la población de nuestro país. Se estima que para el año 2030 la población en el Estado llegue a 3, 476, 930 habitantes.

Desarrollo económico

El Estado de Sonora contribuyó al Producto Interno Bruto (PIB) del país, el 2.93% en 2014. El porcentaje de aportación al PIB estatal para ese mismo año, corresponde en un 49% a las actividades terciarias (comercio, servicios y transportes), 44% a las secundarias (construcción e industria manufacturera) y el 7% a las primarias (agricultura, ganadería y pesca).

Comportamiento de parque vehicular en el Estado de Sonora

Durante el periodo de 1980 a 2015 el número de vehículos que circula en el Estado pasó de 176, 518 a 850, 974 unidades, es decir, hubo un incremento de 674, 456 unidades en 35 años. Por otra parte, el incremento de la tasa de motorización (cantidad de vehículos por cada mil habitantes) pasó de 117 unidades en 1980 a 299 vehículos en 2015. En otras palabras, por cada 10 habitantes en el Estado existente 3 vehículos.

CAPÍTULO 2

DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD DEL AIRE



CAPÍTULO 2

DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD DEL AIRE

2.1 Descripción del sistema de monitoreo atmosférico

El monitoreo de contaminantes atmosféricos en Sonora se ha llevado a cabo de manera irregular a través de los años, inició desde 1989 en el marco de varios programas, entre ellos, el Programa Ambiental Fronterizo (PAM) y el Programa Ambiental Mexicano (PAM). La medición de contaminantes se ha realizado en 11 municipios de la entidad: Agua Prieta, Cananea, Cumpas, Guaymas, Hermosillo, Naco, Nacozari, Navojoa, Nogales, Puerto Peñasco y San Luis Río Colorado.

A continuación se describen de manera breve los esfuerzos por medir la calidad del aire en diferentes localidades de la entidad.

Agua Prieta

El Programa Ambiental Fronterizo (PAF), donó al municipio 4 muestreadores de alto volumen para partículas menores a 10 micrómetros (PM_{10}) y dos estaciones meteorológicas, este equipo fue parcialmente instalado y ha operado de manera irregular por falta de recursos desde sus inicios, y por los cambios de administración. La empresa Minera México operó en el municipio una red automática con únicamente la medición de bióxido de azufre (SO_2).

Cananea

En 1993, en el marco del Programa Ambiental de México (PAM), se otorgó al municipio un muestreador de alto volumen para PM_{10} , que ha operado irregularmente desde sus inicios, ya sea por carencia de presupuesto para operarlos y/o por cambios de administración. También, existe una red automática de monitoreo operada por la Compañía Mexicana de Cobre, S.A. de C.V., la red consta de cinco estaciones equipadas para medir SO_2 y meteorología, y reporta los resultados de sus mediciones a la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA).

Cajeme, Ciudad Obregón

El programa de monitoreo local inició en 2003, cuenta con dos muestreadores de alto volumen para PM_{10} , aportados, uno por el Instituto Tecnológico de Sonora y el otro por el Programa Ambiental de México. Los muestreadores fueron instalados y han operado de forma regular desde sus inicios.

Cumpas

La red de monitoreo local, instalada y operada por la Compañía Molibdeno de México (MOLIMEX), consta de tres estaciones mixtas para monitoreo de PM₁₀ por el método manual y de SO₂ por medio de analizadores automáticos, además dispone de una estación meteorológica.

Guaymas

Inicia operación en el 2009, dispone de 1 estación que mide partículas suspendidas totales (PST), y hasta el momento opera de forma regular.

Hermosillo

En 1989 inició la medición de calidad del aire con una red manual compuesta de tres estaciones para el muestreo de partículas suspendidas totales (PST), que han operado de forma irregular. También, en el marco del PAM, en 2003, fueron asignados analizadores para SO₂ y NO_x, además de una estación meteorológica para integrar una estación automática, los cuales no fueron instalados por falta de recursos.

Naco

En 1993, el PAM donó un muestreador de alto volumen para PM₁₀, así, el municipio de Naco inició sus operaciones, pero de manera irregular, debido a la carencia de presupuesto y por los cambios de administración.

Nacozari

En 1993, con apoyo del PAM, se asignaron dos muestreadores de alto volumen para PM₁₀, éstos fueron instalados e iniciaron operaciones a partir del año 2000, pero el monitoreo ha sido muy irregular por falta de presupuesto para operarlos y cambios de administración. También, en el perímetro de esta localidad, la Compañía Mexicana de Cobre instaló y opera una red automática de tres estaciones con analizadores continuos para SO₂ y equipo meteorológico, la cual reportaba sus resultados a la PROFEPA, actualmente ya no está operando.

Navojoa

Inicia operación en el 2009, dispone de 1 estación para medir PST, y opera de forma irregular.

Nogales

En 1993, con apoyo del PAM, se asignaron cuatro muestreadores de alto volumen para PM₁₀. Estos muestreadores dejaron de operar, y se instaló una estación de monitoreo automática con analizadores de PM₁₀ y PM_{2.5} que opera desde 2014.

Puerto Peñasco

Inicia operación en el 2009, con 1 estación que de PST. Actualmente el equipo está fuera de funcionamiento.

San Luis Río Colorado

Inició en 1993 con un muestreador de alto volumen para PM₁₀, donado por el PAM, cuya operación ha sido irregular por falta de recursos y cambios en la administración.

Con los antecedentes anteriores se identifican cuatro fases impulsoras en la operación del Sistema de Monitoreo de Atmosférico de Sonora:

Fase I. Años 90's con apoyo del PAM y el PAF, quienes donaron equipos para iniciar los programas locales en cada municipio.

Fase II. Año 2000, el Programa de Gestión y Evaluación de la Calidad del Aire, se recuperaron parte de los equipos donados, algunos de ellos fueron rehabilitados, después, se reinstalaron o fueron reubicados, dando continuidad a la medición por algunos años.

Fase III. Año 2008, la Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora (CEDES) crea la Red Estatal de Información e Infraestructura sobre la Calidad del Aire (REIICA), con lo cual se impulsó de nueva cuenta las mediciones en la entidad y se conformó un sitio Web en donde los participantes se comprometieron a difundir y compartir los resultados de calidad del aire de sus localidades. Actualmente dicha página no se encuentra disponible.

Fase IV. Sonora recibió apoyo del presupuesto del Programa de Egresos de la Federación, Ramo XVI, en 2008 y 2010, con lo cual se realizaron las siguientes adquisiciones:

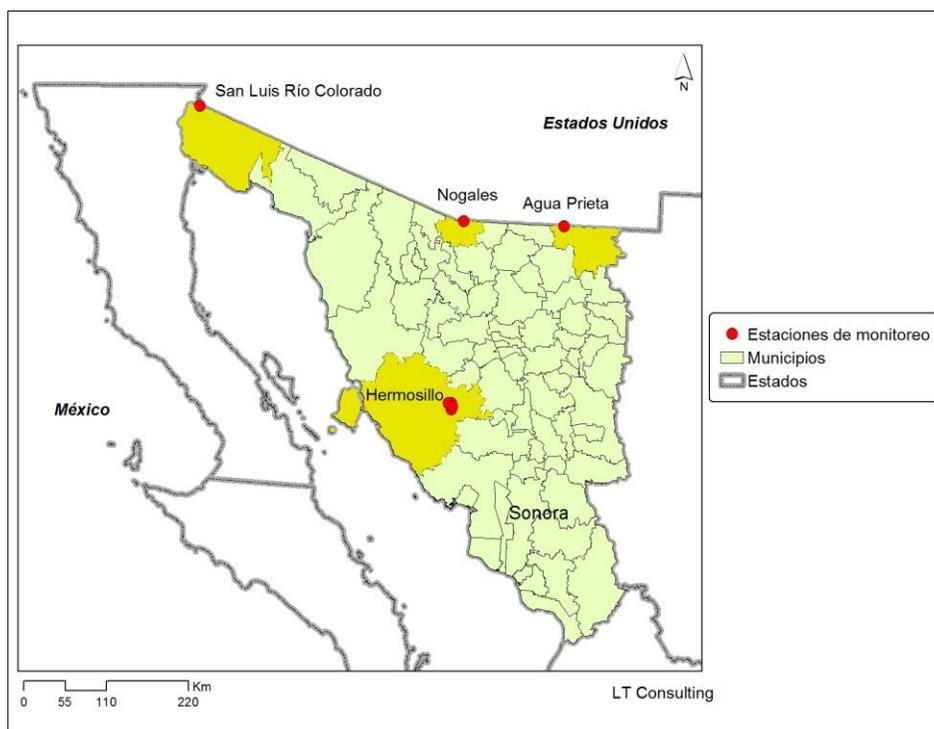
- 1) En 2008, muestreadores de PM₁₀, para renovar los equipos antiguos y obsoletos, además de ampliar la cobertura de la Red a otros 3 municipios: Guaymas, Navojoa y Puerto Peñasco.
- 2) En 2010, Se proyectó la instalación de cuatro estaciones automáticas en Agua Prieta, Cd. Obregón, Nogales y Hermosillo, las cuales empezarán a operar en 2011. Finalmente las estaciones fueron entregadas para su operación en las ciudades de Hermosillo, Agua Prieta, Nogales y Cajeme; a la Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable (CEDES): La inversión fue de 9 millones de pesos de recursos federales y estatales. Los parámetros que se consideraron medir son: PM₁₀ y PM_{2.5}, SO₂, ozono (O₃), monóxido de carbono (CO), y bióxido de nitrógeno (NO₂). Adicionalmente las estaciones fueron equipadas con una estación meteorológica para registrar: temperatura (TMP), humedad relativa (HR), velocidad y dirección del viento (VV, DV), precipitación pluvial (PP) y radiación solar (RS).

Por otra parte, cabe mencionar que durante las cuatro fases citadas, la delegación local de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) fue involucrada para participar en diversos roles, desde ejecutor, facilitador, hasta promotor de las actividades de medición de calidad del aire en la entidad, también ha participado con los municipios y las empresas mineras en diversos convenios o acuerdos de colaboración, favoreciendo que las actividades de medición prevalezcan.

A pesar de todos los esfuerzos que se han realizado en Sonora para medir la calidad del aire, actualmente sólo se cuenta con datos de partículas PM₁₀ y unos pocos de PM_{2.5} de las estaciones ubicadas en Nogales y Hermosillo. Para el análisis de la calidad del aire del presente programa, se recopiló información de las PM₁₀ de muestreos manuales de cada seis días de la página de la EPA de Estados Unidos, <https://www.epa.gov/outdoor-air-quality-data/interactive-map-air-quality-monitors>, información correspondiente a estaciones ubicadas en: una en Agua Prieta (1999-2010), una de Nogales (1998-2010) y una de San Luis Río Colorado (2009-2010). De Hermosillo se cuentan con datos de muestreos manuales de PM₁₀ de cuatro estaciones de monitoreo (2000-2012, 2016) que se generaron a partir del Programa de Evaluación y Mejoramiento de la Calidad del Aire (PEMCA). Adicionalmente se cuenta con información de monitoreo de la estación automática en Nogales en 2015 y 2016, en 2015 de las PM₁₀ y en 2016 de PM₁₀ y PM_{2.5}.

La siguiente figura muestra el mapa con la ubicación de las estaciones de monitoreo que se describieron en el párrafo anterior y de las que fue posible generar indicadores de calidad de aire.

Figura 13. Estaciones de monitoreo atmosférico en el Estado de Sonora



Fuente: Elaboración propia

2.2 Normas Oficiales Mexicanas vigentes

Para evaluar el cumplimiento de calidad del aire para la protección de la salud, existen Normas Oficiales Mexicanas, las cuales definen límites máximos permisibles (LMP) para diferentes contaminantes.

El Cuadro 1 muestra las especificaciones técnicas de las Normas Oficiales Mexicanas con las que se realizó la evaluación del cumplimiento de los límites de: las PM_{10} , y las $PM_{2.5}$. Se muestran también, aunque no se analicen, las especificaciones de los contaminantes criterio: O_3 , SO_2 , NO_2 y CO .

Cuadro 1. Especificaciones técnicas de las Normas Oficiales Mexicanas vigentes.

Contaminante	Dato base utilizado para la evaluación	Exposición	Frecuencia tolerada	Valor límite Indicador con el que se evalúa	Criterio de suficiencia anual	Norma Oficial Mexicana
Partículas PM_{10}	Promedio 24 horas	Aguda	No se permite	75 $\mu g/m^3$ Máximo	Por lo menos tres trimestres con al menos 75% de los	NOM-025-SSA1-2014(DOF, 2014)
		Crónica	---	40 $\mu g/m^3$ Promedio anual		

Partículas PM_{2.5}	Promedio 24 horas	Aguda	No se permite	45 µg/m³ Máximo	promedios de 24 h válidas (DOF, 2014)	
		Crónica	---	12 µg/m³ Promedio anual		
Ozono (O₃)	Dato horario	Aguda	No se permite	0.095 ppm Máximo	Al menos 75% de los datos horarios ^a	NOM-020-SSA1-2014(DOF, 2014)
	Promedios móviles de 8 horas		No se permite	0.070 ppm Máximo	Al menos 75% de los máximos diarias de los promedios móviles de 8 h (DOF, 2014)	
Bióxido de azufre (SO₂)	Promedio móvil de 8 horas	Aguda	1 vez al año	0.200 ppm Segundo máximo	Al menos 75% de los promedios móviles de 8 horas	NOM-022-SSA1-2010 (DOF, 2010) ^c
	Promedio 24 horas	Aguda	No se permite	0.110 ppm Máximo	Al menos 75% de los promedios de 24 horas	
	Dato horario	Crónica	---	0.025 ppm Promedio anual	Al menos 75% de los datos horarios	
Dióxido de nitrógeno (NO₂)	Dato horario	Aguda	1 vez al año	0.210 ppm Segundo máximo	Al menos 75% de los datos horarios	NOM-023-SSA1-1993(DOF, 1994) ^c
Monóxido de carbono (CO)	Promedio móvil de 8 horas	Aguda	1 vez al año	11 ppm Segundo máximo ^b	Al menos 75% de los promedios móviles de 8 horas	NOM-021-SSA1-1993(DOF, 1994) ^c

Fuente: Elaboración propia a partir de la Normatividad vigente.

NOM-025-SSA1-2014. DOF, NORMA Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-2014, Salud ambiental. Valores límites permisibles para la concentración de partículas suspendidas PM₁₀ y PM_{2.5} en el aire ambiente y criterios para su evaluación.

NOM-020-SSA1-2014. DOF, NORMA Oficial Mexicana NOM-020-SSA1-2014. Valor límite permisible para la concentración de ozono (O₃) en el aire ambiente y criterios para su evaluación.

NOM-021-SSA1-1993. DOF, NORMA Oficial Mexicana NOM-021-SSA1-1993, Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto al monóxido de carbono (CO).

NOM-022-SSA1-2010. DOF, 2010. NORMA Oficial Mexicana NOM-022-SSA1-2010, Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto al bióxido de azufre (SO₂).

NOM-023-SSA1-1993. DOF, NORMA Oficial Mexicana NOM-023-SSA1-1993, Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto al bióxido de nitrógeno (NO₂).

^a En el caso del dato horario del ozono en el numeral 4.3.1.1 de la NOM se especifica que aún en el caso en el que no se cumpla el criterio del 75% de los valores horarios, se incumplirá la norma cuando al menos uno de los valores horarios sea mayor a 0.110 ppm.

^b Calculado sin traslape de información con el que se obtuvo el máximo.

^c En estas NOM no se especifica cómo realizar el manejo de datos y tampoco criterios de suficiencia de información, pero en congruencia con las especificaciones de las NOM de Partículas y Ozono se aplica, en la agregación de cada dato, el criterio de 75% de suficiencia de información para obtener los indicadores.

2.3 Indicadores de la calidad del aire en Sonora

El principal propósito de la gestión de la calidad del aire, es proteger la salud de la población, lo que es posible mediante los registros de las concentraciones de los contaminantes medidos en las estaciones que conforman el sistema de monitoreo atmosférico, con las que se infiere a qué concentraciones está siendo expuesta la población.

En este apartado se muestran los indicadores de la calidad del aire de las mediciones manuales y automáticas de las partículas menores o iguales a 10 micrómetros (PM_{10}), así como de las partículas menores o iguales a 2.5 micrómetros ($PM_{2.5}$) de las localidades de Agua Prieta, Hermosillo, Nogales y San Luis Río Colorado.

Los indicadores para cada contaminante se generaron cuando se cumplieron con los criterios de completación de datos del 75% en cada agregación de datos, de acuerdo a los lineamientos establecidos en la NOM-025-SSA1-2014 (DOF, 2014). Asimismo, es importante señalar que en el caso de las bases de datos obtenidas a través del monitoreo automático, antes de generar los indicadores se llevó a cabo la limpieza, verificación y validación de cada uno de los contaminantes.

Mediante los indicadores se evaluó el estado de la calidad del aire con respecto a las Normas Oficiales Mexicanas (NOM), los cuales son:

a) Evaluación del cumplimiento de las NOM de calidad del aire.

Se evaluó el cumplimiento de los límites vigentes de 24 horas y anual de las PM_{10} y $PM_{2.5}$ para cada uno de los años en que se dispuso de información.

b) Distribución de días buenos regulares y malos en cada una de las localidades, de acuerdo con el criterio de completación de por lo menos el 75% por ciento de datos en el caso del monitoreo automático en cada día de cada uno de los años evaluados. Se utilizan gráficas con barras que representan cada uno de los años. Los colores indican el número de días en los que las concentraciones registradas cumplen con alguna de las siguientes condiciones:

- ✓ No excedieron el valor diario normado (verde).
- ✓ No excedieron el valor diario normado, pero se encuentran cercanas a este valor (amarillo).
- ✓ Excedieron el valor diario normado (rojo).
- ✓ No se contó con información suficiente para determinar si se excedió el valor normado (blanco, DI).

De manera complementaria también se generan indicadores que muestran el comportamiento temporal de los contaminantes.

c) Comportamiento durante las horas del día, los días de la semana y los meses del año.

- ✓ Comportamiento mensual.
- ✓ Comportamiento diario.
- ✓ Comportamiento horario.

Los indicadores de los días de la semana y los meses del año se generaron a partir de los datos diarios de cada contaminante, esto es: para las PM₁₀ y las PM_{2.5} de los promedios de 24 horas o los muestreos diarios.

2.3.1 Cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas

Los cuadros 2 y 3 muestran los valores máximos y los promedios anuales de los promedios de 24 horas de las PM₁₀, indicadores con los que se evaluó el cumplimiento de la NOM-025-SSA1-2014 en cada uno de los años, aunque dichos límites son vigentes a partir de 2015.

Cuadro 2. Cumplimiento del límite de 24 horas de las PM₁₀.

Año	Monitoreo manual							Monitoreo automático	Límite 24 horas (75 µg/m³)
	Agua Prieta	Hermosillo				Nogales	San Luis Río Colorado	Nogales	
		Norte	Noroeste	Sur	Centro				
1998						191			75
1999	DI					141			75
2000	170	281	337			174			75
2001	133	258	322			197			75
2002	164	DI	421			180			75
2003	156	DI	DI			166			75
2004	114	DI	DI			107			75
2005	141	36	59	DI		224			75
2006	141	DI	284	DI		183			75

2007	95	DI	149	323		157			75
2008	81	67	281	198		115			75
2009	97	DI	DI	DI		121	DI		75
2010	193	DI	DI	DI		DI	146		75
2011		90	DI	DI					75
2012		DI	DI	DI					75
2013									75
2014									75
2015								158	75
2016		DI	DI	DI	75			136	75

DI = Datos insuficientes para realizar el cálculo.

Las celdas en blanco indican que no hubo mediciones del contaminante para ese año.

Los valores en rojo indican que se incumplió el límite de 24 horas de 75 µg/m³.

Cuadro 3. Cumplimiento del límite anual de las PM₁₀.

Año	Monitoreo manual							Monitoreo automático	Límite anual (40 µg/m³)
	Agua Prieta	Hermosillo				Nogales	San Luis Río Colorado	Nogales	
		Norte	Noroeste	Sur	Centro				
1998						54			40
1999	DI					60			40
2000	72	44	94			69			40
2001	54	59	80			60			40
2002	60	DI	75			61			40
2003	53	DI	DI			56			40
2004	54	DI	DI			45			40
2005	57	19	31	DI		57			40
2006	47	DI	70	DI		70			40
2007	42	DI	58	93		57			40
2008	44	26	59	76		53			40
2009	42	DI	DI	DI		39	DI		40
2010	53	DI	DI	DI		DI	75		40
2011		27	DI	DI					40
2012		DI	DI	DI					40
2013									40
2014									40
2015								46	40
2016	DI	DI	DI	49				53	40

DI = Datos insuficientes para realizar el cálculo.

Las celdas en blanco indican que no hubo mediciones del contaminante para ese año.

Los valores en rojo indican que se incumplió el límite anual de 40 µg/m³.

De los cuadros se aprecia que la mayoría de los valores en ambos cuadros superan los valores límite de 24 horas y anual de las PM₁₀. De hecho la NOM se cumplió sólo en los años 2005 y 2008 en Hermosillo, en el primer año en las estaciones Norte y Noroeste; y en el segundo en la estación Norte. En el resto de los años y las estaciones se incumplió la NOM para ambos límites o en alguno de ellos. De acuerdo a los lineamientos de la NOM, para que ésta se cumpla deben de cumplirse ambos límites.

Para el límite de 24 horas el valor más alto se presentó en la estación Noroeste en el año 2002 en Hermosillo, alcanzando un valor de 421 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, más de 5 veces el valor límite vigente a partir de 2014 (75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). En la misma estación se presentó el valor más alto para el límite anual en el año 2000, alcanzando un promedio anual, 94 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, de más de dos veces el valor del límite vigente (40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Cabe destacar que no se contó con datos para evaluar los límites en los años 2013 y 2014. Aunado a lo anterior en varios años y varias estaciones no fue posible evaluar el cumplimiento de la NOM debido a que no se cumplió con los criterios de completación de datos.

Las Figuras 14a y 14b ilustran de manera gráfica el cumplimiento de la NOM para las PM_{10} .

Figura 14. Cumplimiento de la NOM para PM_{10} .

Figura 14a. PM_{10} . Límite de 24 h (Máximo de los promedios de 24 horas).

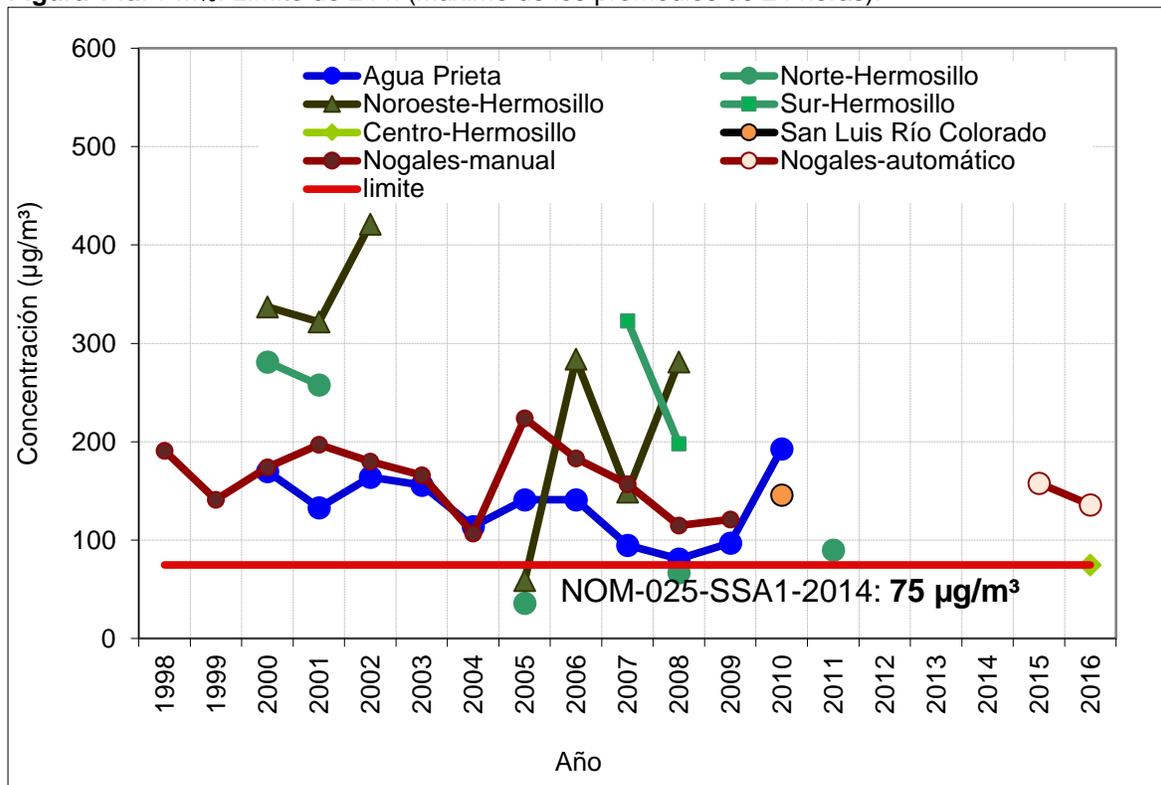
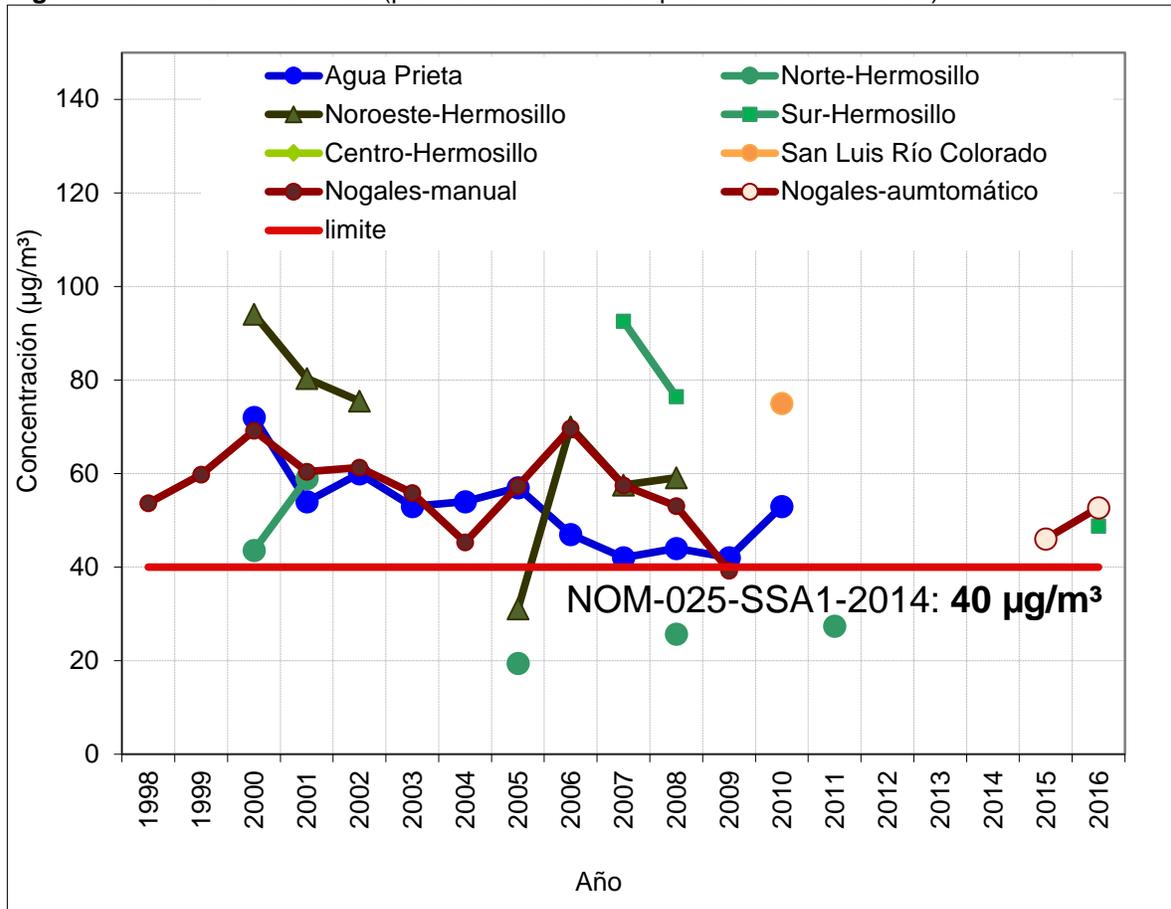


Figura 14b. PM₁₀. Límite anual (promedio anual de los promedios de 24 horas).



Fuente: Elaboración propia a partir de las mediciones manuales y automáticas.

Los indicadores obtenidos reflejan una problemática de PM₁₀ en la atmósfera de las cuatro localidades evaluadas, la cual en el caso de Nogales principalmente se atribuye a emisiones de partículas provenientes de suelos desprovistos de vegetación o de algún tipo de recubrimiento, generadas por la acción del viento o bien por el paso de vehículos automotores en caminos pavimentados y no pavimentados.

No se presentan indicadores para las PM_{2.5} porque se registraron muy pocos datos válidos en 2016 y no cumplieron con los criterios de suficiencia para realizar la evaluación.

2.3.2 Distribución de los días con calidad del aire buena, regular y mala

En esta sección se ilustra el comportamiento de las PM₁₀ y PM_{2.5} en cuanto a los días con calidad del aire buena, regular y mala.

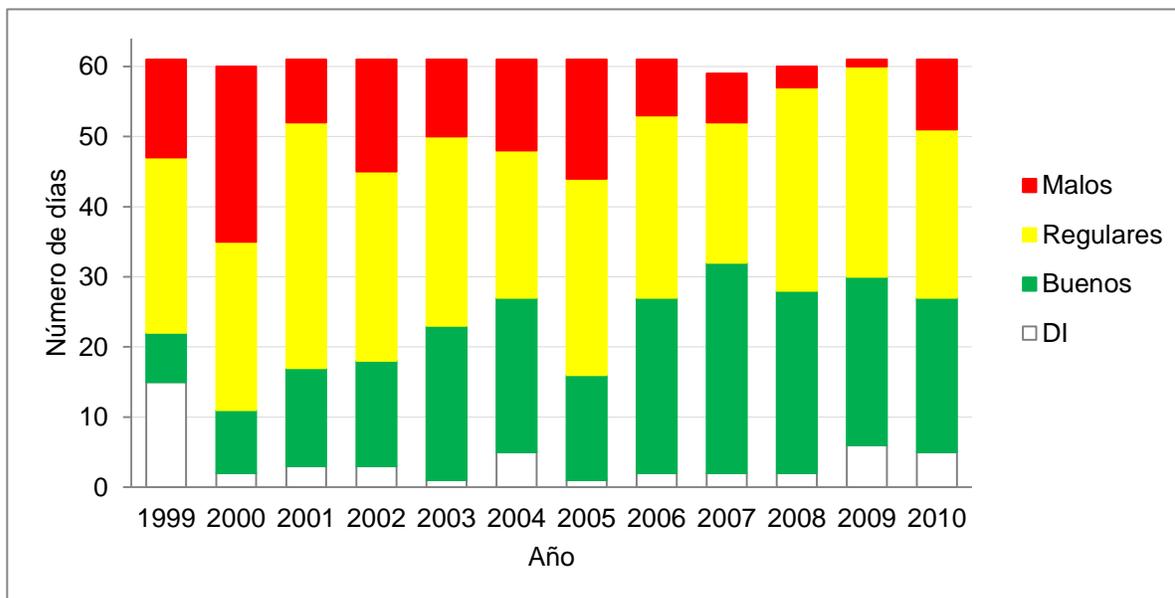
El indicador se obtuvo, en el caso de los muestreos manuales con los valores registrados cada seis días y en el caso de los muestreos automáticos a partir de los promedios de 24 horas de cada uno de los días que cumplieron con el criterio de completación, es decir aquellos que contaron con un mínimo de 18 registros horarios en cada uno de los días.

PM₁₀

En Agua Prieta se aprecia de la Figura 15 que en todos los años que se llevaron a cabo los muestreos de las PM₁₀, 1999-2010, se registraron días con calidad del aire mala, es decir que los valores superaron los 75 µg/m³. En el año 2000 se superaron el mayor número de días con calidad del aire mala, es decir, 25 de los 60 días que se debieron muestrear.

Distribución de los días con calidad del aire buena, regular y mala para PM₁₀ en la estación de Agua Prieta.

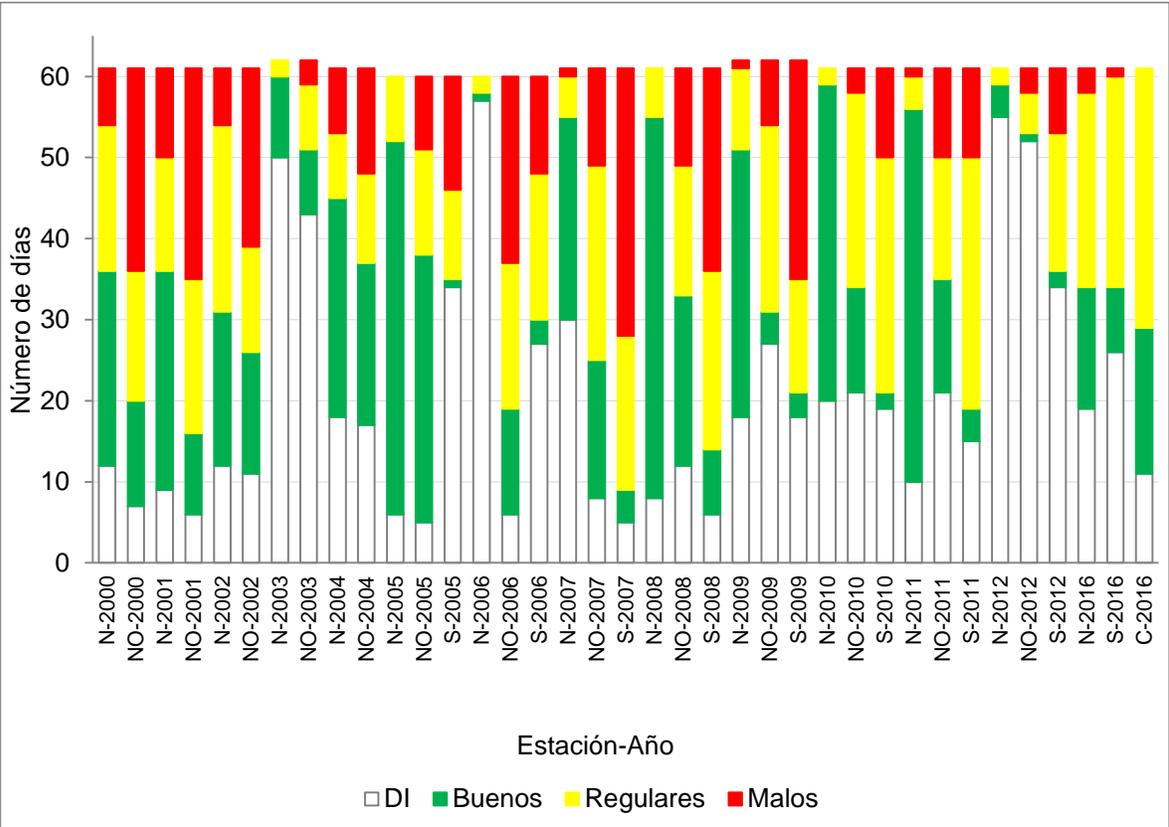
Figura 15. Distribución de los días con calidad del aire buena, regular y mala para PM₁₀ en la estación de Agua Prieta.



Fuente: Elaboración propia

En relación a las cuatro estaciones de Hermosillo, no en todos los años, ni en todas las estaciones se llevó a cabo el número de muestreos calendarizados. El período de tiempo que registró un mayor número de estaciones que midieron el contaminante va de 2005-2012 y en el año 2016. Sin embargo, de la Figura 16, destaca que el muestreo no se llevó a cabo de manera regular, presentándose muchos días sin calificar (DI), incluso entre el 2013 y 2014 no se llevaron a cabo mediciones. A pesar de la situación destaca el hecho de que el periodo 2000 a 2012 en la mayoría de las estaciones registró días con calidad del aire mala. El mayor número de días con esta condición se registró en el año 2007 en la estación Sur con un poco más de la mitad de los días en rojo (33) de los que debieron muestrearse en ese año. Para el año 2016 en dos de las tres estaciones en las que se realizaron muestreos se presentaron días con calidad del aire mala; sin embargo, en ambas se presentaron varios días sin registros (DI). Lo anterior indica que hay un problema de calidad del aire por las PM₁₀ en Hermosillo.

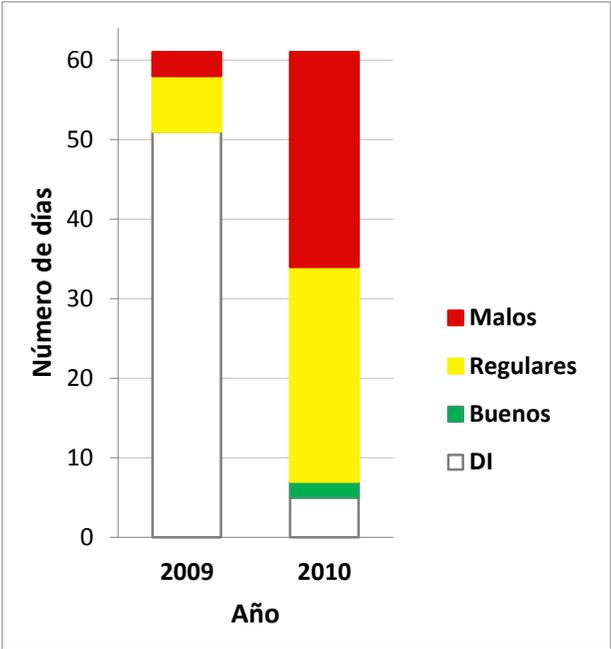
Figura 16. Distribución de los días con calidad del aire buena, regular y mala para PM₁₀ en las estaciones de Hermosillo.



N, estación norte. NO, estación noroeste. S, estación sur. C, estación centro.
Fuente: Elaboración propia

Con respecto de los muestreos manuales en San Luis Río Colorado, sólo se recopiló información de dos años, 2009 y 2010, el año con un mayor número de registros fue 2010. Se aprecia que en ambos años las PM₁₀ registraron días con calidad del aire mala. En 2010 se registraron 27 días con esta condición.

Figura 17. Distribución de los días con calidad del aire buena, regular y mala para PM₁₀ en la estación San Luis Río Colorado.

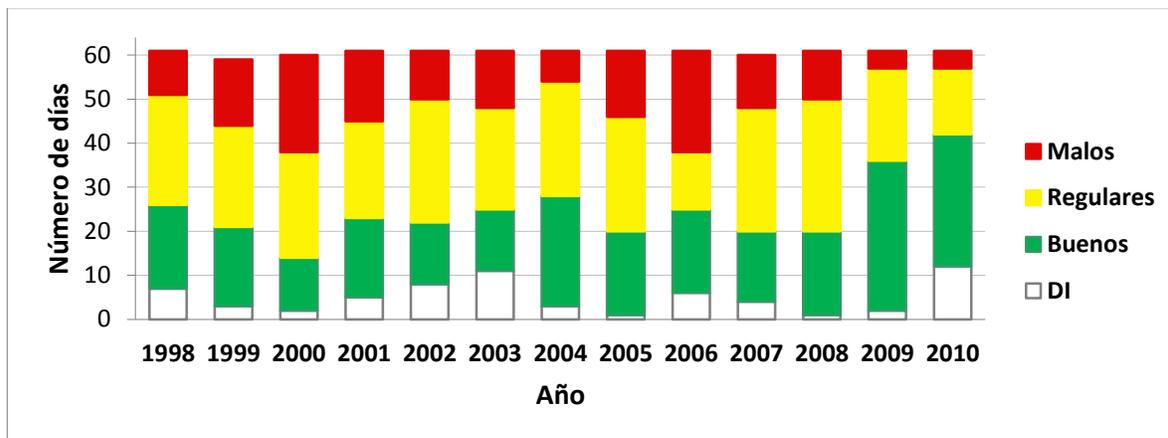


Fuente: Elaboración propia

Por último en Nogales, se tienen registros tanto de monitoreo manual como automático. Los registros del monitoreo manual van de 1998 a 2010, mientras que los registros de monitoreo automático corresponden a los años más recientes, 2015 y 2016. En las siguientes figuras se ilustra la distribución de cada uno de los tipos de monitoreo y los años en los que se realizaron.

En la Figura 18, de los muestreos manuales en Nogales se observa que al igual que en las localidades anteriores en todos los años se registraron muestreos con una calificación de calidad del aire mala, es decir, que sus valores superaron los 75 µg/m³. El año con la peor condición fue 2006 con 23 días con calidad del aire mala, seguido del año 2000 con 22 días.

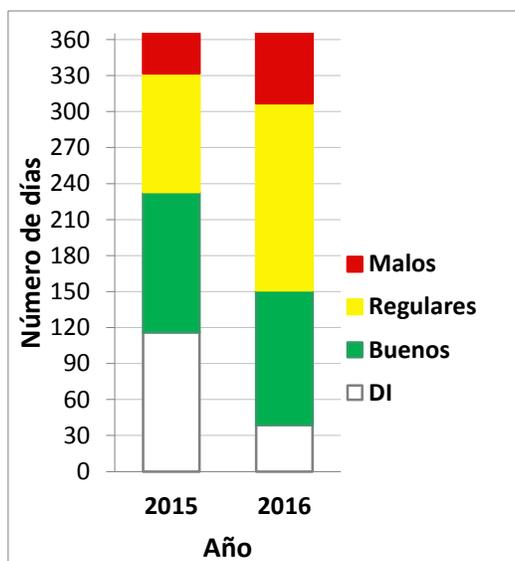
Figura 18. Distribución de los días con calidad del aire buena, regular y mala para PM₁₀ en la estación de monitoreo manual de Nogales.



Fuente: Elaboración propia

En la Figura 19 se ilustra la distribución de los días con calidad del aire buena, regular y mala de los promedios de 24 horas del monitoreo automático. Al igual que el monitoreo manual se aprecia que en los dos años se presentan días con calidad del aire mala. En 2015 se presentaron 33 días, mientras que en 2016 fueron 59. Lo anterior indica que no cambió la condición de calidad del aire del periodo 1998 a 2010 y de 2015 a 2016, pues en ambos periodos se presentaron días en los que se rebasaron los 75 µg/m³.

Figura 19. Distribución de los días con calidad del aire buena, regular y mala para PM₁₀ en la estación de monitoreo automática de Nogales.

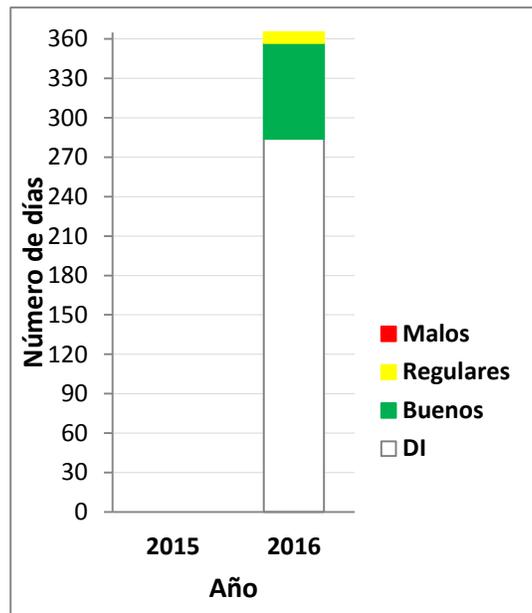


Fuente: Elaboración propia

PM_{2.5}

Con respecto de las PM_{2.5}, se cuenta con muy pocos registros válidos en el año 2016, se logró calcular alrededor de un 22% de promedios de 24 horas en el año. De éstos, ninguno de ellos rebasó el valor del límite de 24 horas, 40 µg/m³. Sin embargo, dada la poca cantidad de datos válidos registrados es difícil afirmar que no se tiene un problema de calidad del aire para este contaminante.

Figura 20. Distribución de los días con calidad del aire buena, regular y mala para PM_{2.5} en la estación de monitoreo automática de Nogales.



Fuente: Elaboración propia

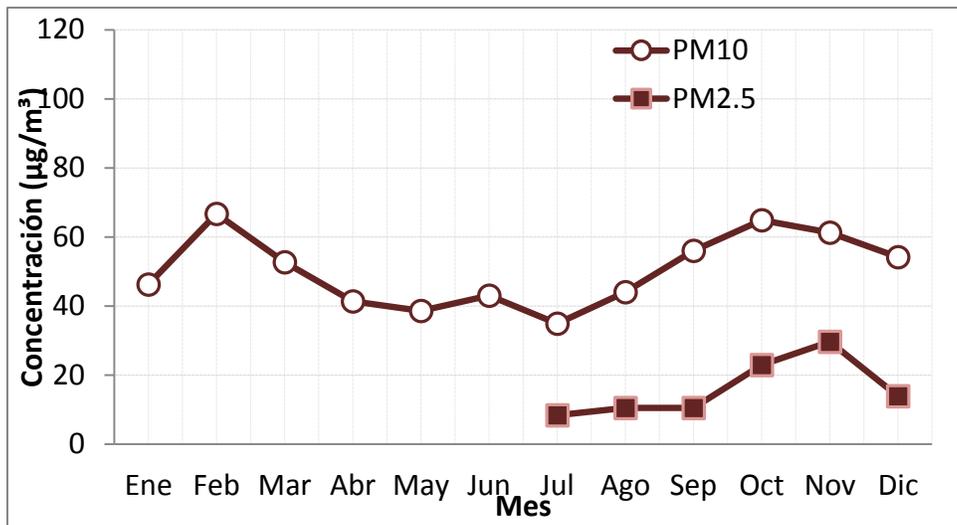
2.3.3 Comportamiento mensual, semanal y diario

En esta sección se muestra el comportamiento mensual, semanal y diario de las PM₁₀ y PM_{2.5} a partir de los registros de los analizadores automáticos ubicados en Nogales, ya que es la única ciudad que cuenta con estación de monitoreo automática.

Comportamiento durante los meses del año

De la Figura 21, se aprecia que tanto en las PM₁₀ como en las PM_{2.5} las mayores concentraciones se registran en los últimos meses del año, octubre, noviembre y diciembre, así como en el mes de febrero.

Figura 21. Comportamiento de PM₁₀ y PM_{2.5} durante los meses del año en Nogales.

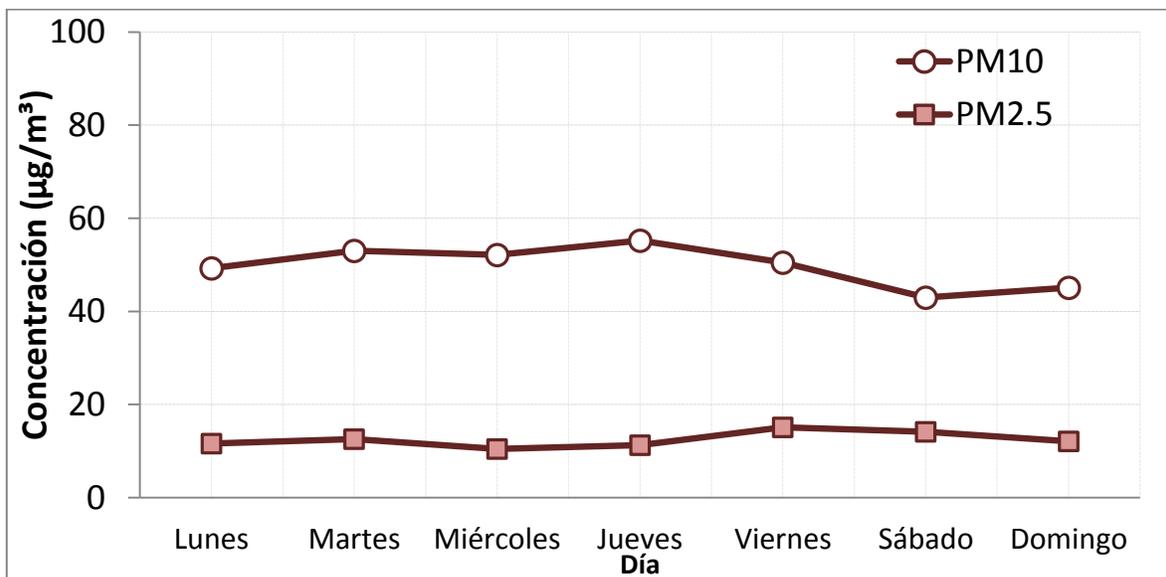


Fuente: Elaboración propia

Comportamiento durante los días de la semana

La Figura 22 muestra el comportamiento de las PM₁₀ y PM_{2.5}, de ésta se observa que para las PM₁₀, sus concentraciones aumentan entre semana mientras que en fin de semana tienden a disminuir, por lo que se infiere que puede estar relacionado principalmente con las actividades de trabajo en días laborables, es decir, con la movilidad de las personas para trasladarse a sus actividades de trabajo y escuelas. Referente a las PM_{2.5} las partículas aumentan principalmente en los días jueves y viernes.

Figura 22. Comportamiento de PM₁₀ y PM_{2.5} durante los días de la semana en Nogales.

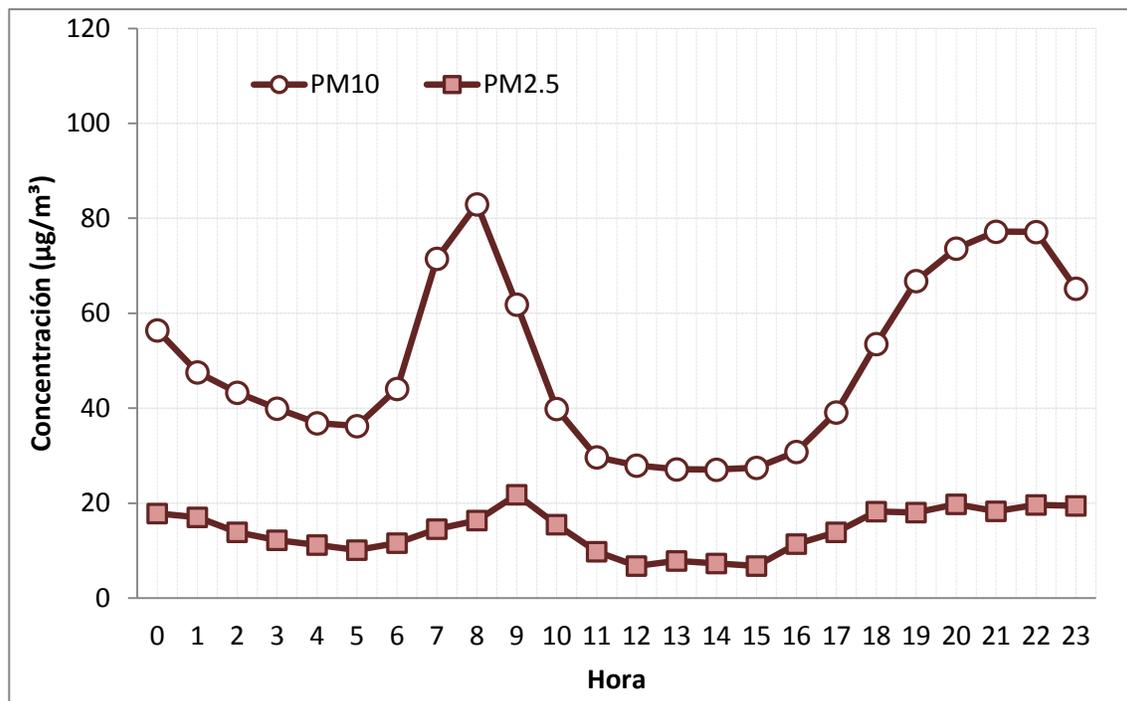


Fuente: Elaboración propia

Comportamiento durante las horas del día

La Figura 23 ilustra el comportamiento típico de las PM_{10} y $PM_{2.5}$, es decir distribuciones bimodales con las mayores concentraciones en las horas de la mañana y tarde-noche, las cuales corresponden a las horas de mayor tráfico vehicular. Por la mañana entre las 7:00 y 9:00 horas y por la tarde, entre las 16:00 a 23.00 horas, por lo que es probable que se atribuyan al paso de los vehículos automotores en caminos pavimentados y no pavimentados, así como a la re-suspensión de partículas por acción del viento.

Figura 23. Comportamiento de PM_{10} y $PM_{2.5}$ durante las horas del día en Nogales.



Fuente: Elaboración propia

RESUMEN:

Se ha realizado monitoreo atmosférico enfocado a PM_{10} en el Estado de Sonora en 11 municipios (Agua Prieta, Cananea, Cumpas, Guaymas, Hermosillo, Naco, Nacozeni, Navojoa, Nogales, Puerto Peñasco y San Luis Río Colorado). El monitoreo dio inicio en 1989, sin embargo, éste ha sido de forma intermitente y actualmente sólo operan 3 estaciones manuales en Hermosillo y una automática en Nogales.

De acuerdo a la evaluación del cumplimiento de la NOM-025-SSA1-2014 de PM_{10} , se incumplió esta norma, en las estaciones de monitoreo manual de Agua Prieta (1999-2010), Hermosillo (4 estaciones, 2000 al 2016), Nogales (1998-2010) y San Luis Río Colorado (2009-2010). Sólo en los años 2005 y 2008 se cumplió con la norma en Hermosillo.

Referente a los registros del sistema de monitoreo automático atmosférico, el cual se encuentra en Nogales, en el 2015 hubo 33 días fuera de norma para PM_{10} y en el 2016, 59 días.

Los indicadores obtenidos reflejan una problemática de PM_{10} en la atmósfera de las localidades evaluadas, la cual principalmente se atribuye a emisiones de partículas provenientes de suelos desprovistos de vegetación o de algún tipo de recubrimiento, generadas por la acción del viento o bien por el paso de vehículos automotores en caminos pavimentados y no pavimentados.

En los resultados de los indicadores de comportamiento mensual (realizados sólo para Nogales, ya que cuenta con estación automática), se observó que en los meses de enero a agosto las concentraciones promedio de PM_{10} y $PM_{2.5}$ presentan tendencia a la baja, mientras que en los meses de agosto a diciembre se muestra un incremento gradual. Éste último relacionado con el aumento de consumo de combustibles por la temporada de invierno

CAPÍTULO 3

INVENTARIO DE EMISIONES



CAPÍTULO 3 INVENTARIO DE EMISIONES

Un inventario de emisiones de contaminantes a la atmósfera es un instrumento estratégico para la gestión de la calidad del aire, permite conocer el tipo y cantidad de contaminantes que son emitidos al aire por los diferentes sectores o categorías. Asimismo, el inventario es una herramienta indispensable para diseñar, implementar y evaluar acciones de control encaminadas a la reducción de emisión de contaminantes al aire, su elaboración es parte fundamental para la integración del Programa de Mejorar de la Calidad del Aire (ProAire).

Con fines de reporte, los inventarios de emisiones están constituidos por las siguientes fuentes:

- **Fuentes fijas**, que están integradas por el sector industrial. El análisis de esta fuente lo integran 51 establecimientos de jurisdicción federal y 148 de giro estatal, todas en materia de atmósfera.
- **Fuentes móviles**, relacionadas con los vehículos automotores. Las categorías de emisión estimadas en el inventario para móviles carreteras son: motocicletas, automóvil, camioneta, *pick up*, veh <3.8 ton, veh >3.8 ton, autobús y tractocamión. Móviles no carreteras: aviación y servicios auxiliares, embarcaciones marinas, locomotoras, maquinaria agrícola y maquinaria de la construcción.
- **Fuentes de área**, para este inventario se estimaron emisiones de 30 categorías, algunas de ellas son: cocción de alimentos en casa habitación, uso de solventes, actividades ganaderas, agrícolas, incendios forestales, entre otras.
- **Fuentes naturales**, relacionadas con las emisiones biogénicas, provenientes del proceso de la fotosíntesis de las plantas, y aquellas emisiones que no dependen de la actividad del hombre, así como las emisiones erosivas.

La información utilizada para la integración de este inventario de emisiones fue obtenida de diversas fuentes: para las fuentes fijas, cédula de operación anual (COA) federal y estatal; fuentes móviles, información generada en trabajo de campo, uso de registros vehiculares y aplicación del modelo MOVES-México; fuentes móviles no carreteras, extrapolación del inventario de emisiones 2005 mediante el cambio en el consumo de combustible reportado por la Secretaría de Energía para el periodo 2005-2014. Respecto a las fuentes de área, cada uno de las categorías

utiliza diferente fuente de información, entre las que sobresalen INEGI, SAGARPA, SCT, DENU, entre otras.

Los resultados del inventario de emisiones que se presentan en esta sección están orientados a mostrar la contribución a nivel estatal, por municipio, por contaminante y categoría de emisión, con el objetivo que sean la base para el diseño de las medidas de control de emisiones contaminantes que ayuden a mejorar la calidad del aire en las zonas urbanas de esta entidad.

3.1. Características generales del inventario de emisiones para el Estado de Sonora

Uno de los aspectos más importantes de un inventario de emisiones es definir las características bajo las cuales se elaborará. Para el Estado de Sonora, se determinó realizar el inventario año base 2014, es decir, en para este periodo se generó la información con la que se realizó la estimación de emisiones a nivel municipal.

El presente inventario de emisiones reporta los resultados para los siguientes contaminantes criterio: partículas menores a 10 micrómetros, PM₁₀; partículas menores a 2.5 micrómetros, PM_{2.5}; bióxidos de azufre, SO₂; óxidos de nitrógeno, NO_x; monóxido de carbono, CO; compuestos orgánicos volátiles, COV; y, amoníaco, NH₃. Los resultados de la emisión de contaminantes se reportan en mega-gramos de contaminante por año (Mg/año).

3.2. Resultado del inventario de emisiones

Los resultados del inventario de emisiones contaminantes al aire para el Estado de Sonora se presentan bajo los siguientes análisis:

- a. Por fuente de emisión y contaminantes a nivel estatal.
- b. Por categorías de emisión para establecer a detalle quién emite en mayor medida contaminantes al aire.
- c. Por municipio, para observar quién contribuyen a la emisión de contaminantes por categoría.

3.2.1. Inventario de emisiones por fuente de emisión

El cuadro 4 muestra un resumen de la emisión de contaminantes atmosféricos por fuente de emisión en el Estado de Sonora, incluyendo las emisiones naturales y antropogénicas.

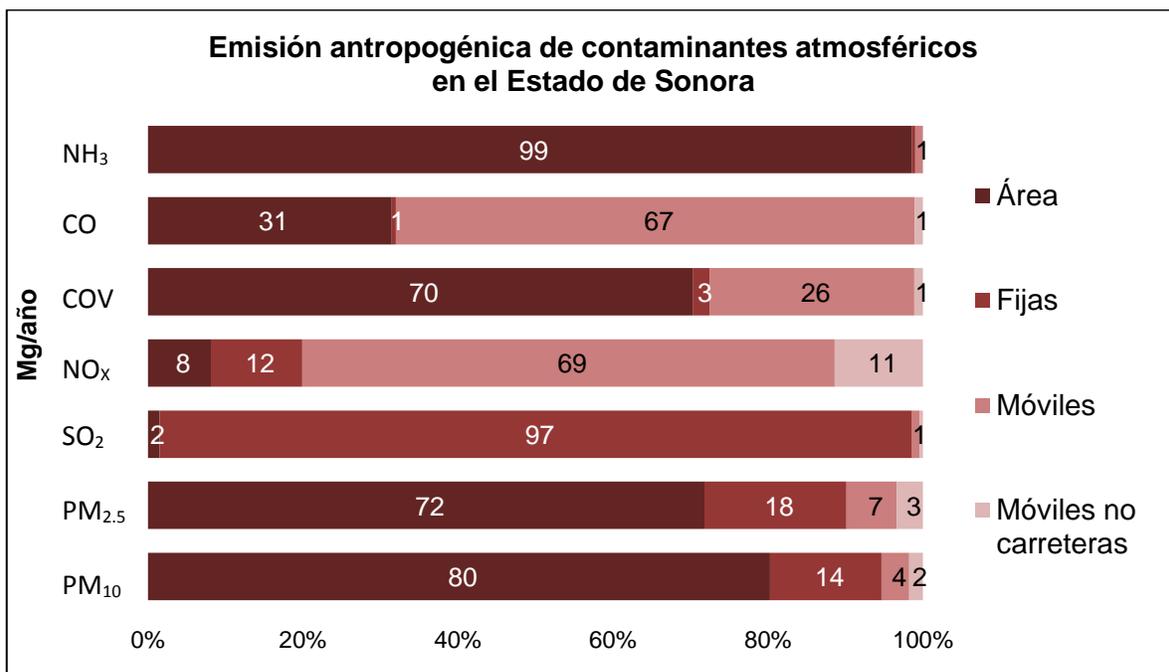
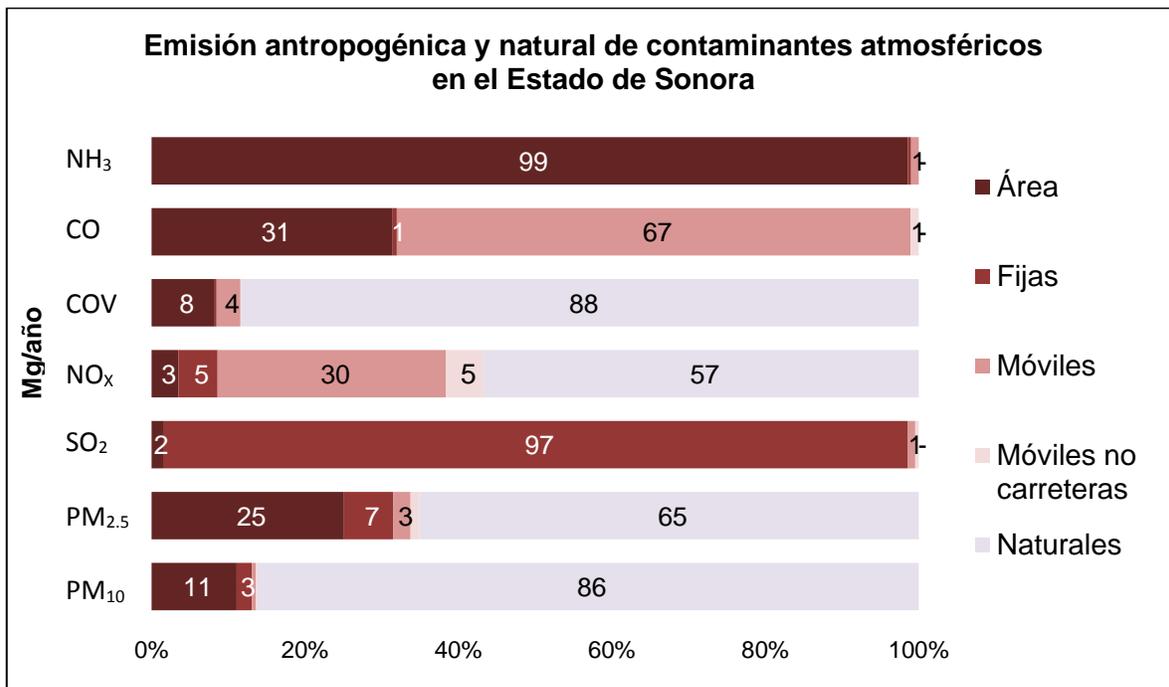
Cuadro 4. Inventario de emisiones por fuente para el Estado de Sonora.

Fuente	Contaminante (Mg/año)						
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	NO _x	COV	CO	NH ₃
Área	35,315.8	15,851.5	1,052.7	6,078.1	56,296.6	112,316.3	27,743.5
Fijas	6,327.4	4,054.5	67,355.7	8,829.5	1,737.0	1,884.5	113.7
Móviles carreteras	1,577.8	1,434.3	667.3	51,456.2	21,184.5	239,010.6	280.1
Móviles no carreteras	770.9	740.7	292.7	8,524.6	881.1	3,868.0	0.4
Naturales	274,122.4	41,118.4	-	98,129.2	604,213.7	-	-
Total	318,114.2	63,199.3	69,368.4	173,017.6	684,313.0	357,079.4	28,137.7
Fuente	Porcentaje						
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	NO _x	COV	CO	NH ₃
Área	11.1	25.1	1.5	3.5	8.2	31.5	98.6
Fijas	2.0	6.3	97.1	5.2	0.3	0.5	0.4
Móviles carreteras	0.5	2.3	1.0	29.7	3.1	66.9	1.0
Móviles no carreteras	0.2	1.2	0.4	4.9	0.1	1.1	0.0
Naturales	86.2	65.1	-	56.7	88.3	-	-
Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

NA= No aplica; NE = No estimado; NS = No significativo.

*Las diferencias pueden deberse al redondeo de las cifras.

Figura 24. Contribución porcentual de emisiones por tipo de fuente.



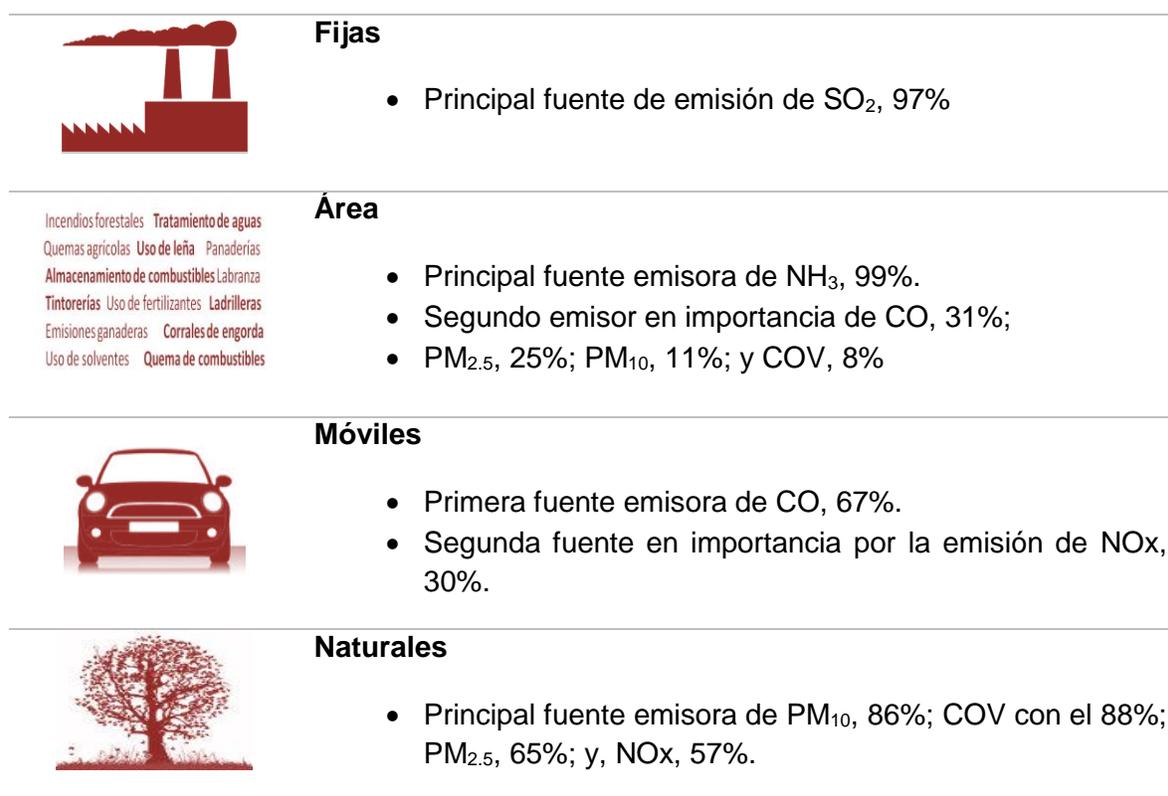
Fuente: Inventario de Emisiones del Estado de Sonora 2014, elaborado con información de SEMARNAT y LT Consulting.

Si se consideran para el análisis las emisiones naturales y antropogénicas, las fuentes de área contribuyen en forma importante a la emisión de partículas PM₁₀ y PM_{2.5}, amoníaco (NH₃), monóxido de carbono (CO) y compuestos orgánicos volátiles (COV), mientras que las fuentes fijas aportan una cantidad considerable de

bióxido de azufre (SO₂). Respecto a las fuentes móviles que circulan por carretera emiten, principalmente, monóxido de carbono (CO) y óxidos de nitrógeno (NO_x) proveniente del uso de combustibles fósiles como la gasolina y el diésel. Las fuentes naturales contribuyen de manera importante en la emisión de partículas, compuestos orgánicos volátiles y óxidos de nitrógeno.

Para mayor detalle en la contribución a las emisiones por categoría, ver Anexo B. *Inventario de emisiones desagregado por categoría para el Estado de Sonora.*

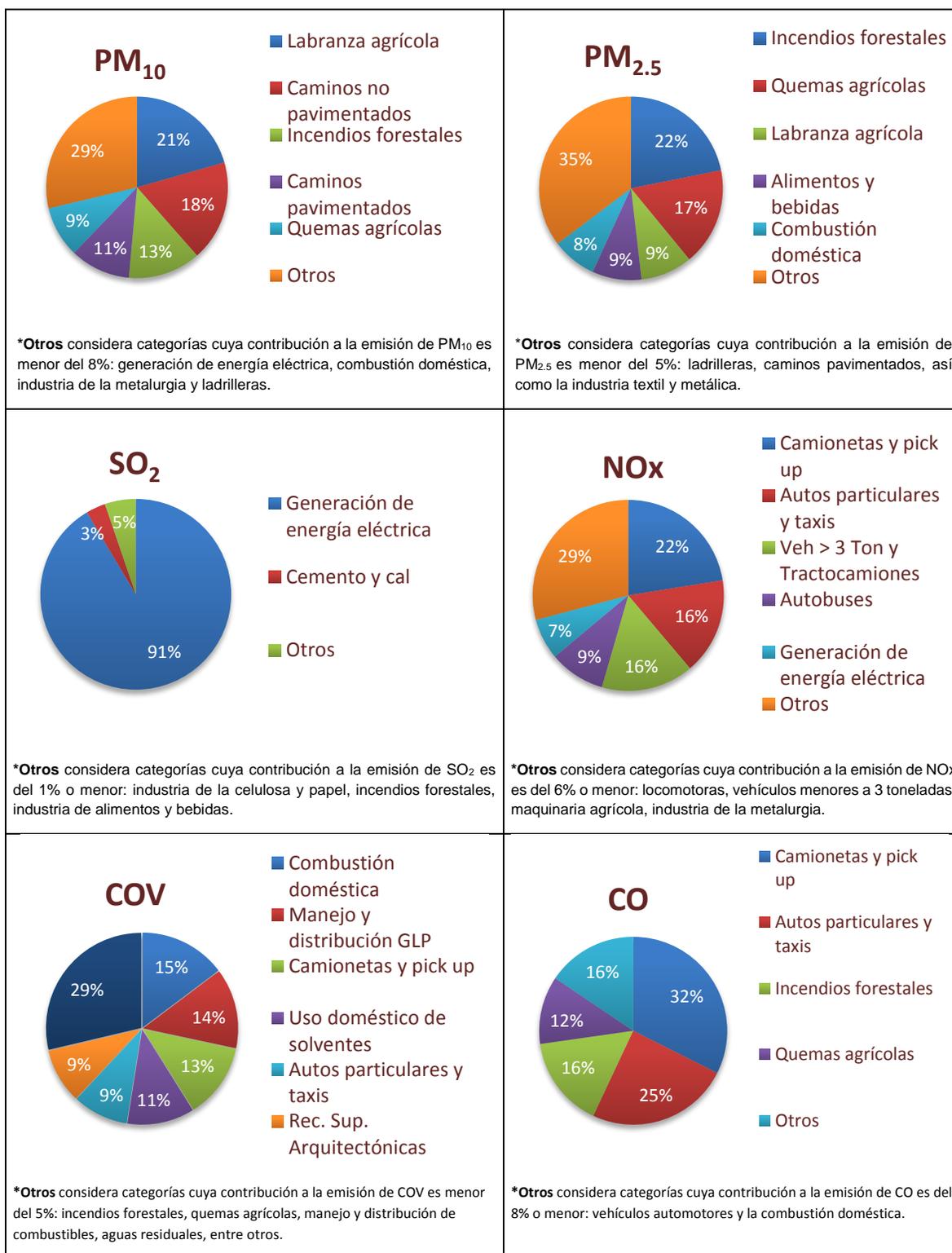
Figura 25. Principales fuentes emisoras por tipo de contaminante en el Estado de Sonora.



3.2.2. Principales categorías de emisión por contaminante

El siguiente análisis permite identificar las categorías específicas de emisión de contaminantes al aire en el Estado de Sonora, considerando las emisiones de origen antropogénico. Se analizan únicamente las principales categorías, es decir, aquellas que mayormente contribuyen a la emisión de contaminantes, el resto de las categorías se agregaron con el título de “otros”.

Figura 26. Jerarquización de las categorías de emisión en el Estado de Sonora.



Fuente: Inventario de Emisiones del Estado de Sonora 2014, elaborado con información de SEMARNAT y LT Consulting.

A continuación se presentan las principales categorías que contribuyen con el mayor aporte de emisiones:

Figura 27. Jerarquización de las emisiones por contaminante en el Estado de Sonora.

	1^{er} emisor	2^{do} emisor	3^{er} emisor
PM₁₀ Partículas menores a 10 Micrómetros	Labranza agrícola (21%)	Caminos no pavimentados (18%)	Incendios forestales (13%)
PM_{2.5} Partículas menores a 2.5 micrómetros	Incendios forestales (22%)	Quemas agrícolas (17%)	Labranza agrícola (9%)
SO₂ Bióxido de azufre	Generación de energía eléctrica (91%)	Industria del cemento y cal (3%)	-
NOx Óxidos de nitrógeno	Camionetas y <i>pick up</i> (22%)	Autos particulares y taxis (16%)	Vehículos mayores a 3 toneladas y tractocamiones (16%)
COV Compuestos orgánicos volátiles	Combustión doméstica (15%)	Manejo y distribución de gas L.P. (14%)	Camionetas y <i>pick up</i> (13%)
CO Monóxido de carbono	Camionetas y <i>pick up</i> (32%)	Autos particulares y taxis (25%)	Incendios forestales (16%)
NH₃ Amoniaco	Emisiones ganaderas (63%)	Aplicación de fertilizantes (18%)	Emisiones domésticas (12%)

Fuente: Inventario de Emisiones del Estado de Sonora 2014, elaborado con información de SEMARNAT y LT Consulting.

3.2.3. Principales municipios emisores por categoría

El porcentaje de emisiones por tipo de contaminante se muestra en los siguientes cuadros, en donde se destacan los municipios que generan la mayor cantidad, debido a la actividad que se realiza en la zona y que generan un impacto importante en su calidad del aire. En este cuadro, se han colocado los principales municipios que contribuyen con la emisión de contaminantes en el Estado, posteriormente para cada municipio se enlistan las principales categorías generadoras del contaminante, colocando el porcentaje de contribución de dicha categoría por municipio.

Cuadro 5. Porcentaje de PM₁₀ emitido por municipio, destacando las principales categorías de emisión en cada uno de ellos.

Municipio	Categoría	% de emisiones de PM ₁₀
Hermosillo	Camino no pavimentados	37.8
	Camino pavimentados	22.6
	Labranza agrícola	12.5
	Otros	27.1
Cajeme	Labranza agrícola	31.1
	Camino no pavimentados	21.8
	Quemas agrícolas	18.5
	Camino pavimentados	13.1
	Otros	15.5
Guaymas	Generación de energía eléctrica	53.2
	Camino no pavimentados	11.7
	Labranza agrícola	11.0
	Otros	24.1
Navojoa	Labranza agrícola	35.0
	Quemas agrícolas	16.9
	Camino no pavimentados	12.6

	Combustión doméstica	12.1
	Otros	23.4
Cananea	Incendios forestales	70.6
	Industria metalúrgica	17.1
	Caminos no pavimentados	5.5
	Otros	6.8
Agua Prieta	Caminos no pavimentados	40.5
	Caminos pavimentados	24.2
	Cemento y cal	10.6
	Otros	24.7
Nogales	Caminos no pavimentados	40.1
	Caminos pavimentados	24.0
	Incendios forestales	21.8
	Otros	14.1
Ímuris	Incendios forestales	91.4
	Otros	8.6
San Luis Río colorado	Caminos no pavimentados	27.5
	Labranza agrícola	25.1
	Quemas agrícolas	17.1
	Caminos pavimentados	16.5
	Otros	13.8

- En 9 municipios se genera el 63% de las emisiones de PM₁₀, proveniente de los caminos pavimentados y no pavimentados, quema de biomasa y labranza.
- En los 63 municipios restantes se generan el 37% de este contaminante.

Fuente: LT Consulting, 2017. Información del Inventario de Emisiones Contaminantes a la Atmósfera para el Estado de Sonora.

Cuadro 6. Porcentaje de PM_{2.5} emitido por municipio, destacando las principales categorías de emisión en cada uno de ellos.

Municipio	Categoría	% de emisiones de PM _{2.5}
Hermosillo	Caminos pavimentados	16.3
	Ladrilleras	13.3
	Caminos no pavimentados	11.1
	Otros	59.3
Cajeme	Quemas agrícolas	40.2
	Labranza agrícola	15.8
	Maquinaria agrícola	10.2
	Ladrilleras	7.7
	Otros	26.1
Cananea	Incendios forestales	80.8
	Metalúrgica	14.0
	Otros	5.2
Guaymas	Generación de energía eléctrica	62.7
	Quemas agrícolas	9.1
	Combustión doméstica	7.8
	Otros	20.4
Ímuris	Incendios forestales	95.9
	Otros	4.1
Navojoa	Quemas agrícolas	30.9
	Combustión doméstica	22.4
	Labranza agrícola	14.9
	Maquinaria agrícola	8.7

	Otros	23.1
Nogales	Incendios forestales	45.9
	Caminos pavimentados	14.4
	Ladrilleras	13.8
	Otros	25.9
San Luis Río Colorado	Quemas agrícolas	39.7
	Labranza agrícola	13.6
	Ladrilleras	11.5
	Otros	35.2
Agua Prieta	Ladrilleras	18.6
	Caminos pavimentados	17.8
	Veh > 3 Ton y Tractocamiones	14.1
	Cemento y cal	13.2
	Caminos no pavimentados	12.0
	Otros	24.3

- En 9 municipios se genera el 60% de las emisiones de PM_{2.5}, proveniente de los caminos pavimentados y no pavimentados, labranza agrícola, quemas agrícolas, incendios forestales, combustión doméstica, entre otras.
- En los 63 municipios restantes se generan el 35% de este contaminante.

Fuente: LT Consulting, 2017. Información del Inventario de Emisiones Contaminantes a la Atmósfera para el Estado de Sonora.

Cuadro 7. Porcentaje de SO₂ emitido por municipio, destacando las principales categorías de emisión en cada uno de ellos.

Municipio	Categoría	% de emisiones de SO ₂
Pitiquito	Generación de energía eléctrica	99.9
	Otros	0.1
Guaymas	Generación de energía eléctrica	98.4
	Otros	1.6
Hermosillo	Industria de alimentos y bebidas	81.2
	Otros	18.80
Navojoa	Industria de celulosa y papel	90.5
	Otros	9.5
Cajeme	Quemas agrícolas	25.1
	Industria de alimentos y bebidas	21.4
	Camionetas y <i>pick up</i>	18.0
	Autos particulares y taxis	15.0
	Otros	20.5
Nogales	Incendios forestales	31.3
	Camionetas y <i>pick up</i>	25.8
	Autos particulares y taxis	25.1
	Otros	17.8
San Luis Río Colorado	Autos particulares y taxis	27.6
	Quemas agrícolas	26.0
	Camionetas y <i>pick up</i>	24.4
	Otros	22.0
Agua Prieta	Camionetas y <i>pick up</i>	34.7

	Autos particulares y taxis	32.3
	Ladrilleras	11.6
	Otros	21.4

- En 8 municipios se concentra el 97% de las emisiones de SO₂, proveniente de la generación de energía eléctrica, la industria de alimentos y bebidas, las quemas agrícolas, los incendios forestales y vehículos automotores.
- En los 64 municipios restantes se genera el 3% de este contaminante.

Fuente: LT Consulting, 2017. Información del Inventario de Emisiones Contaminantes a la Atmósfera para el Estado de Sonora.

Cuadro 8. Porcentaje de NOx emitido por municipio, destacando las principales categorías de emisión en cada uno de ellos.

Municipio	Categoría	% de emisiones de NOx
Hermosillo	Camionetas y <i>pick up</i>	33.1
	Autos particulares y taxis	24.3
	Veh > 3 Ton y Tractocamiones	10.1
	Autobuses	9.8
	Otros	22.7
Cajeme	Camionetas y <i>pick up</i>	29.1
	Autos particulares y taxis	19.7
	Maquinaria agrícola	14.2
	Autobuses	13.6
	Otros	23.4
Guaymas	Generación de energía eléctrica	48.5
	Veh > 3 Ton y Tractocamiones	11.7
	Camionetas y <i>pick up</i>	10.2
	Otros	29.6
Nogales	Camionetas y <i>pick up</i>	40.1
	Autos particulares y taxis	32.2
	Otros	27.7
Navojoa	Camionetas y <i>pick up</i>	19.9
	Maquinaria agrícola	18.7
	Autos particulares y taxis	14.7
	Veh > 3 Ton y Tractocamiones	12.6
	Autobuses	12.0

	Otros	22.1
San Luis Río Colorado	Camionetas y <i>pick up</i>	24.7
	Autos particulares y taxis	23.6
	Veh > 3 Ton y Tractocamiones	23.4
	Autobuses	10.7
	Otros	17.6
Agua Prieta	Veh > 3 Ton y Tractocamiones	29.9
	Camionetas y <i>pick up</i>	26.6
	Autos particulares y taxis	20.2
	Otros	23.3

- En 7 municipios se genera el 65% de las emisiones de NO_x, proveniente de los vehículos automotores, la generación de energía eléctrica y la maquinaria agrícola.
- En los 65 municipios restantes se generan el 35% de este contaminante.

Fuente: LT Consulting, 2017. Información del Inventario de Emisiones Contaminantes a la Atmósfera para el Estado de Sonora.

Cuadro 9. Porcentaje de COV emitido por municipio, destacando las principales categorías de emisión en cada uno de ellos.

Municipio	Categoría	% de emisiones de COV
Hermosillo	Camionetas y <i>pick up</i>	18.6
	Manejo y distribución GLP	16.2
	Autos particulares y taxis	14.3
	Otros	50.9
Cajeme	Camionetas y <i>pick up</i>	15.0
	Manejo y distribución GLP	14.7
	Uso doméstico de solventes	11.9
	Otros	58.4
Navojoa	Combustión doméstica	36.5
	Manejo y distribución GLP	10.2
	Otros	53.3
Nogales	Camionetas y <i>pick up</i>	17.5
	Manejo y distribución GLP	15.4
	Autos particulares y taxis	14.6
	Uso doméstico de solventes	13.4
	Otros	39.1
Guaymas	Combustión doméstica	22.0
	Manejo y distribución GLP	14.4
	Uso doméstico de solventes	12.0
	Otros	51.6
San Luis Río Colorado	Manejo y distribución GLP	17.4
	Uso doméstico de solventes	14.5

	Camionetas y <i>pick up</i>	12.7
	Autos particulares y taxis	12.5
	Otros	42.9
Agua Prieta	Manejo y distribución GLP	17.6
	Camionetas y <i>pick up</i>	16.3
	Uso doméstico de solventes	15.1
	Autos particulares y taxis	12.4
	Otros	38.6

- En 7 municipios se genera el 67% de las emisiones de COV, proveniente principalmente de vehículos automotores, uso doméstico de solventes y manejo de distribución de gas L.P.
- En los 65 municipios restantes se genera el 33% de este contaminante.

Fuente: LT Consulting, 2017. Información del Inventario de Emisiones Contaminantes a la Atmósfera para el Estado de Sonora.

Cuadro 10. Porcentaje de CO emitido por municipio, destacando las principales categorías de emisión en cada uno de ellos.

Municipio	Categoría	% de emisiones de CO
Hermosillo	Camionetas y <i>pick up</i>	46.0
	Autos particulares y taxis	36.2
	Veh < 3 Ton	10.6
	Otros	7.2
Cajeme	Camionetas y <i>pick up</i>	38.2
	Autos particulares y taxis	26.3
	Quemas agrícolas	20.9
	Veh < 3 Ton	9.5
	Otros	5.1
Nogales	Camionetas y <i>pick up</i>	40.6
	Autos particulares y taxis	33.7
	Incendios forestales	13.9
	Veh < 3 Ton	9.9
	Otros	1.9
Cananea	Incendios forestales	84.5
	Autos particulares y taxis	8.0
	Camionetas y <i>pick up</i>	6.3
	Otros	1.2
Navojoa	Camionetas y <i>pick up</i>	27.7
	Quemas agrícolas	27.2
	Autos particulares y taxis	21.0
	Combustión doméstica	12.6

	Otros	11.5
San Luis Río Colorado	Autos particulares y taxis	36.6
	Camionetas y pick up	36.5
	Quemas agrícolas	16.2
	Otros	10.7
Guaymas	Autos particulares y taxis	33.4
	Camionetas y <i>pick up</i>	32.9
	Quemas agrícolas	14.0
	Otros	19.7
Agua Prieta	Camionetas y <i>pick up</i>	46.8
	Autos particulares y taxis	36.5
	Veh < 3 Ton	12.1
	Otros	4.6

- En 8 municipios se genera el 72% de las emisiones de CO, proveniente, principalmente, de los vehículos automotores, los incendios forestales y las quemas agrícolas.
- En los 64 municipios restantes se generan el 28% de este contaminante.

Fuente: LT Consulting, 2017. Información del Inventario de Emisiones Contaminantes a la Atmósfera para el Estado de Sonora.

Cuadro 11. Porcentaje de NH₃ emitido por municipio, destacando las principales categorías de emisión en cada uno de ellos.

Municipio	Categoría	% de emisiones de NH ₃
Hermosillo	Emisiones ganaderas	71.3
	Emisiones domésticas	17.5
	Aplicación de fertilizantes	8.6
	Otros	2.6
Cajeme	Emisiones ganaderas	62.4
	Aplicación de fertilizantes	22.1
	Emisiones domésticas	10.0
	Otros	5.5
Navojoa	Emisiones ganaderas	69.1
	Aplicación de fertilizantes	19.8
	Emisiones domésticas	7.1
	Otros	4.0
Álamos	Emisiones ganaderas	87.0
	Aplicación de fertilizantes	9.3
	Emisiones domésticas	2.8
	Otros	0.9
Guaymas	Emisiones ganaderas	56.1
	Aplicación de fertilizantes	20.0
	Emisiones domésticas	16.3
	Otros	7.6
San Luis Río Colorado	Emisiones domésticas	43.6
	Aplicación de fertilizantes	38.9

	Quemas agrícolas	8.3
	Otros	9.2
Nogales	Emisiones domésticas	58.8
	Emisiones ganaderas	27.1
	Incendios forestales	8.3
	Otros	5.8
Agua Prieta	Emisiones ganaderas	47.3
	Emisiones domésticas	47.0
	Aplicación de fertilizantes	3.0
	Otros	2.7

- En 8 municipios se genera el 59% de las emisiones de NH₃, proveniente de las emisiones ganaderas y domésticas, así como de la aplicación de fertilizantes.
- En los 64 municipios restantes se generan el 41% de este contaminante.

Fuente: LT Consulting, 2017. Información del Inventario de Emisiones Contaminantes a la Atmósfera para el Estado de Sonora.

Los resultados del análisis por municipio y categoría de emisión muestran que la emisión de contaminantes atmosféricos está ligada a las actividades propias de la zona, por lo que para áreas urbanas predominan actividades industriales y vehiculares, en municipios rurales lo son la siembra, emisiones ganaderas, resuspensión de polvos, mientras que las emisiones de CO, NO_x y COVS son relevantes por las actividades urbanas. En el caso de material particulado y NH₃ provienen principalmente de actividades en zonas rurales.

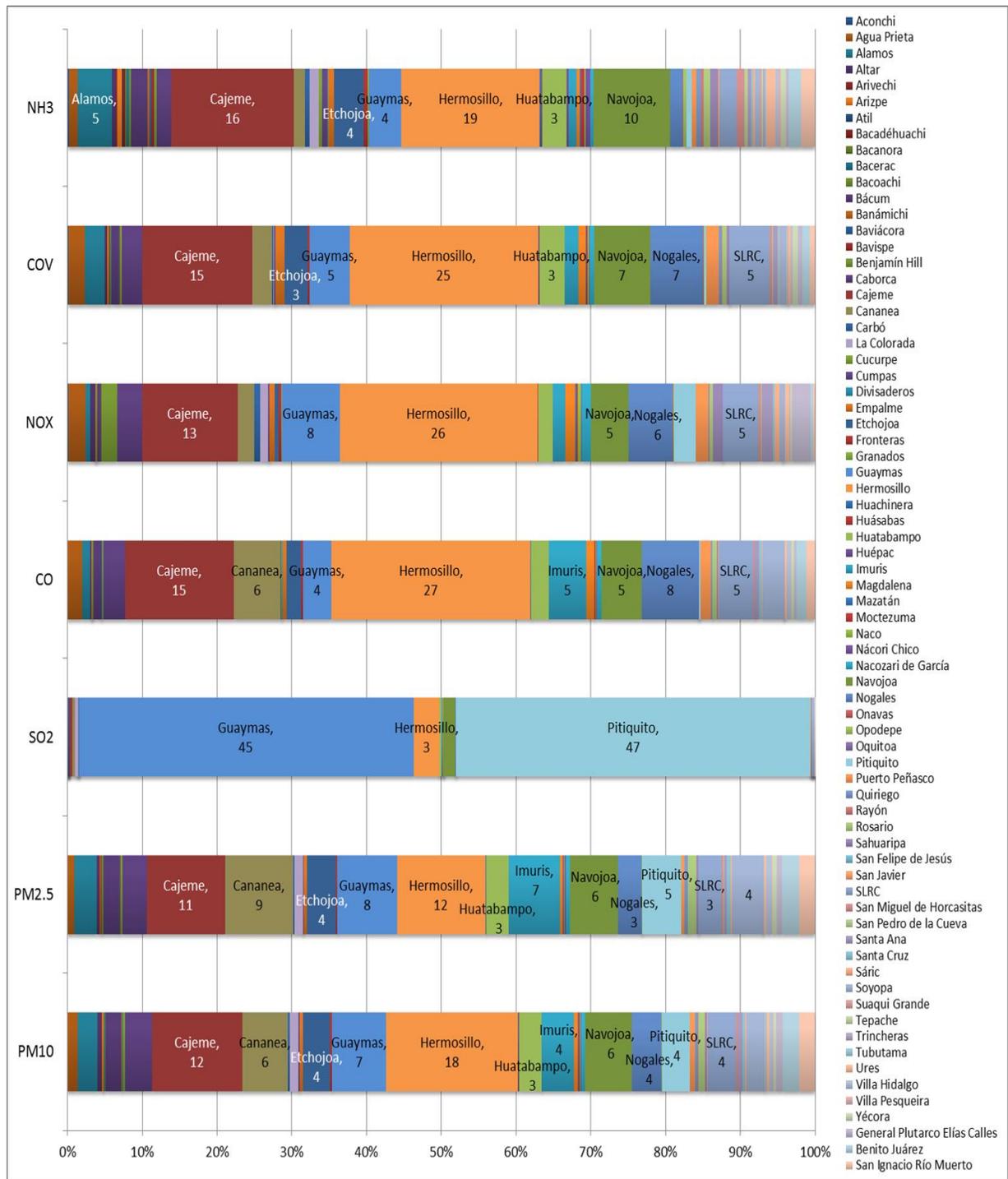
3.2.4. Contribución de emisiones por municipio

La contribución a las emisiones por municipio muestra la diferencia de las fuentes de emisión, es decir, que tipo de actividad es la que predomina. La siguiente figura presenta la contribución de emisión de contaminantes atmosféricos por municipio en donde:

- El municipio de Hermosillo se constituye como el principal emisor de contaminantes atmosféricos en el Estado de Sonora, contribuye con el 19% de amoníaco (NH_3); 25% de compuestos orgánicos volátiles (COV); 26% de óxidos de nitrógeno (NO_x); 27% de monóxido de carbono (CO); 18% y 12% de partículas PM_{10} y $\text{PM}_{2.5}$, respectivamente.
- En cuanto a la emisión de dióxido de azufre (SO_2), el municipio de Pitiquito es el principal emisor con el 47% del total, seguido por Guaymas con el 45%. En ambos municipios, este contaminante es liberado por la industria de la generación de energía eléctrica.

Otros municipios que sobresalen por su contribución a la emisión de contaminantes al aire destacando emisiones generadas por actividades agrícolas, caminos pavimentados y no pavimentados, son: Cajeme, Nogales, Navojoa, Cananea, Agua Prieta y San Luis Río Colorado. En especial en los municipios de Cajeme y Nogales los vehículos automotores son uno de las principales fuentes emisoras (Ver Figura 28).

Figura 28. Emisión de contaminantes por municipio en el Estado de Sonora.



RESUMEN:

El inventario de emisiones para el Estado de Sonora fue elaborado para el año base 2014, y considera la estimación de emisiones de contaminantes criterio (PM₁₀, PM_{2.5}, SO₂, NO_x, CO, COV y NH₃) para fuentes fijas, de área, móviles carreteras y no carreteras, así como naturales con una desagregación a nivel municipal.

Si se consideran únicamente las emisiones antropogénicas, es decir, aquellas generadas por las actividades humanas y sobre las que se puede tener alguna intervención para su control, los resultados muestran lo siguiente:

1. Por fuente de emisión:

Fijas. Principal fuente de emisión de bióxido de azufre (SO₂), 97%

Área. Principal fuente emisora de amoníaco (NH₃), 99%; monóxido de carbono (CO), 31%; PM_{2.5}, 72%; PM₁₀, 80%; y, compuestos orgánicos volátiles (COV), 70%

Móviles. Primera fuente emisora de monóxido de carbono (CO), 67%; y, óxidos de nitrógeno (NO_x), 69%.

2. Por contaminante:

PM₁₀. Labranza agrícola, 21%; caminos no pavimentados, 18%; e, incendios forestales, 13%

PM_{2.5}. Incendios forestales, 22%; quemas agrícolas, 17%; y, labranza agrícola, 9%.

SO₂. Generación de energía eléctrica, 91%; y, industria de cemento y cal, 3%.

NO_x.- Camionetas y *pick up*, 22%; autos particulares y taxis, 16%; y, vehículos mayores a 3 toneladas y tractocamiones, 16%.

COV.- Combustión doméstica, 15%; manejo y distribución de gas L.P., 14%; y, camionetas y *pick up*, 13%.

CO.- Camionetas y *pick up*, 32%; autos particulares y taxis, 25%; e, incendios forestales, 16%.

3. Por municipio:

El municipio de Hermosillo se constituye como el principal emisor de contaminantes atmosféricos en el Estado de Sonora, contribuye con el mayor aporte de contaminantes criterio generados en el Estado, excepto el bióxido de azufre (SO₂), el cual es emitido en un 47 y 45% en Pitiquito y Guaymas, respectivamente. Otros municipios que sobresalen por su contribución a la emisión de contaminantes al aire son Cajeme, Nogales, Navojoa, Cananea, Agua Prieta y San Luis Río Colorado.

CAPÍTULO 4

IMPACTOS SOBRE LA SALUD



CAPÍTULO 4

IMPACTOS SOBRE LA SALUD

En este capítulo se describen los principales efectos en la salud por la exposición a los contaminantes del aire normados en nuestro país. Enseguida se presentan las 10 causas principales de enfermedad de mortalidad y morbilidad, y su posible relación con la exposición a contaminantes del aire en Sonora a través de la aplicación de un modelo de impacto a la salud tomando como año de estudio el 2015, del cual se describen los resultados de la evaluación de los casos de mortalidad evitable en el escenario hipotético de que en la ciudad de Nogales se cumpliera con el límite anual de la NOM-025-SSA1-2014 establecido para las PM_{2.5} (partículas suspendidas con un diámetro menor o igual a 2.5 micras).

Se han realizado esfuerzos por medir la calidad del aire en 11 municipios del Estado de Sonora (Agua Prieta, Cananea, Cumpas, Guaymas, Hermosillo, Naco, Nacoziari, Navjoa, Nogales, Puerto Peñasco y San Luis Río Colorado), sin embargo, sólo se cuenta con información suficiente para la evaluación del cumplimiento de la norma de partículas suspendidas con un diámetro menor a 10 micras, PM₁₀ (NOM-025-SSA1-2014) en los municipios de Agua Prieta, Hermosillo, Nogales y San Luis Río Colorado. Esta evaluación indica que existe un problema histórico con las partículas suspendidas en estas localidades, y los indicadores recientes de 2015 y 2016 en Nogales reportan valores que rondan el doble del valor límite de 24 horas e incumplen con el límite anual para este contaminante (Ver Capítulo 2).

La situación de contaminación por partículas suspendidas en Sonora ha sido ampliamente estudiada por diferentes grupos de investigación en el Estado. Los datos analizados de las concentraciones de PST (partículas suspendidas totales) disponibles en 2010 para los municipios de Agua Prieta, Nogales, Puerto Peñasco, Hermosillo, Guaymas y Obregón exponen una calidad del aire pobre respecto al límite de 24 h (210 µg/m³) establecido en la norma de partículas anterior NOM-025-SSA1-1993 (Campas, Álvarez, Núñez, & Salazar, 2013; Cruz-Campas et al., 2010). Adicionalmente, trabajos de caracterización fisicoquímica de las PST han revelado un componente importante de elementos de origen geológico, que a su vez, se relacionan con actividades del hombre, como actividades agrícolas, sitios de construcción, tránsito de vehículos en calles pavimentadas, entre otras, que influyen en una alta suspensión de polvos en la atmósfera de dichas localidades (R Ramirez-Leal, Valle-Martinez, & Cruz-Campas, 2014b).

En cuanto a las PM₁₀ en la ciudad de Hermosillo, los estudios reportan elementos abundantes de origen geológico en estas partículas, como Aluminio, Silicio, Fierro, etc. Aunque también se presenta evidencia de sales de cloruro de sodio relacionado con la brisa marina y la formación de partículas secundarias; sulfato de calcio relacionado con la producción de cemento y la desulfuración de gas natural; metales como Fierro, Zinc, Titanio, Cobre, Plomo y Cromo, asociados con resuspensión de polvo en carreteras y procesos industriales; así como Bario, relacionado con el polvo de la resuspensión de carreteras proveniente del desgaste del material de las balatas del sistema de frenado de los autos, y finalmente se ha detectado la presencia de elementos como el cloro que se asocian a procesos de combustión y de incineración (R Ramirez-Leal, Valle-Martinez, & Cruz-Campas, 2014a; Roberto Ramirez-Leal, Valle-Martinez, & Cruz-Campas, 2014). En cuanto a las PM_{2.5}, los elementos de origen geológico fueron abundantes, aunque se reporta la detección de una proporción alta de Carbono (20.8 % de masa) que se relaciona con la combustión incompleta de combustibles fósiles (R Ramirez-Leal, Valle-Martinez, & Cruz-Campas, 2016; R Ramirez-Leal, Valle-Martinez, & Cruz Campas, 2017).

El Programa de Gestión para Mejorar la Calidad del Aire del Estado de Sonora tiene el objetivo fundamental el instrumentar acciones para reducir los niveles de contaminantes del aire que implican riesgos en la salud de la población. Los beneficios sociales de reducir la contaminación del aire no solamente se traducen en una mejora en la salud de la población, sino también en un ahorro en los gastos que incurre el sector salud. Los costos relacionados con la atención de los incrementos en enfermedades y de muertes prematuras se podrían reducir si se cumpliera con las normas mexicanas para la protección de la salud. Además, mejorar la calidad del aire contribuye a garantizar el derecho de toda persona a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar, consagrado en el Artículo 4to. de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

Los niveles de contaminantes del aire normados deben reducirse a niveles aceptables que resulten en un mínimo riesgo para la salud de la población. Estos niveles corresponden a los límites de las normas de calidad del aire nacionales en materia de calidad del aire para la protección a la salud, (Ver Capítulo 2), o en su caso, los establecidos en las guías de calidad del aire de la Organización Mundial de la Salud (OMS).

Finalmente, la ciudadanía puede reducir su exposición a los contaminantes del aire, y con ello su riesgo, considerando las acciones recomendadas en los medios de difusión a través de los índices de calidad del aire. De ahí la importancia de publicar los niveles de contaminación del aire a través de instrumentos de comunicación accesibles a todo el público.

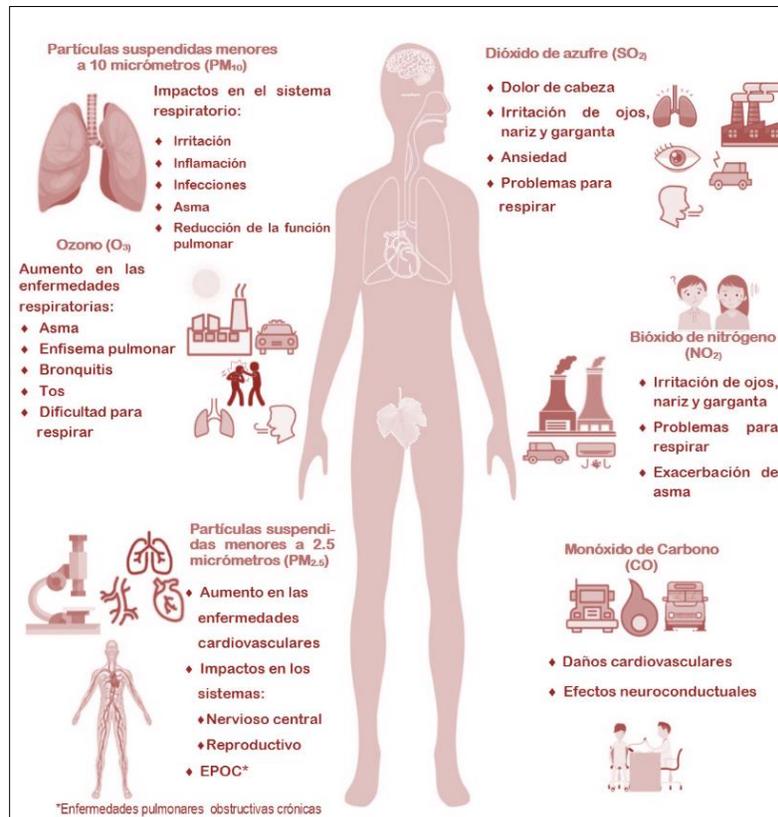
4.1 Contaminantes atmosféricos y sus efectos en salud

En esta sección se describen las principales características de los contaminantes criterio, así como la sintomatología y efectos en la salud asociada con la exposición de la población. En la Figura 29 se presentan los principales efectos en la salud humana, como consecuencia de la exposición a los contaminantes atmosféricos.

Los contaminantes normados en nuestro país son los denominados contaminantes criterio, los cuales son contaminantes que se usan para evaluar el estado de la calidad del aire considerando sus potenciales efectos adversos en la salud humana (US EPA, 2013). Los contaminantes criterio son los siguientes: el material particulado (partículas con diámetro menor de 2.5 micrómetros, $PM_{2.5}$, y partículas menores de 10 micrómetros, PM_{10}), el ozono (O_3), el bióxido de azufre (SO_2) el bióxido de nitrógeno (NO_2) y el monóxido de carbono (CO).

En el mundo y en México la exposición de la población a la contaminación de aire constituye el primer factor de riesgo ambiental asociado con la mortalidad prematura de la población (IHME, 2016).

Figura 29. Efectos en la salud de los contaminantes criterio.



4.1.1 Partículas suspendidas menores a 10 micrómetros (PM₁₀)

Las partículas suspendidas son una mezcla de compuestos microscópicos o muy pequeños en forma de líquidos y sólidos suspendidos en el aire. Esta mezcla varía en tamaño, forma y composición, dependiendo de su origen. Las partículas están constituidas principalmente por metales, compuestos orgánicos, material de origen biológico, iones, gases reactivos y la estructura misma de las partículas, normalmente formada por carbón elemental (el llamado carbono negro) (Rojas-Bracho & Garibay-Bravo, 2003).

Las PM₁₀ son aquellas partículas que poseen un diámetro aerodinámico menor a 10 micrómetros, y se pueden dividir por su tamaño a saber en: la fracción gruesa (cuyo diámetro aerodinámico se encuentra entre 2.5 y 10 micrómetros, PM_{10-2.5}) (Rojas-Bracho & Garibay-Bravo, 2003).

En 2015 la Organización Mundial de la Salud, a través del proyecto de la Carga Global de Enfermedad, reportó que en México casi 29 mil muertes son atribuidas a la contaminación ambiental de las partículas suspendidas (IHME, 2016).

4.1.2 Partículas suspendidas menores a 2.5 micrómetros (PM_{2.5})

Las PM_{2.5} también llamadas partículas finas o fracción respiratoria son aquellas partículas con un diámetro igual o menor a 2.5 µm. Mientras más pequeñas son las partículas, pueden penetrar profundamente en las vías respiratorias de los individuos, hasta llegar a los alveolos de los pulmones. Inclusive, la proporción de la superficie de contacto es mayor con respecto a su volumen, con lo que aumenta la probabilidad de que la partícula entre en contacto con el organismo, incrementando los riesgos de daño a tejidos y órganos (Rojas-Bracho y Garibay-Bravo, 2003).

Existe evidencia sobre los impactos negativos en la salud a corto y largo plazo de las PM_{2.5} en estudios epidemiológicos y toxicológicos en todo el mundo. Los efectos más documentados son la mortalidad y la hospitalización de pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), exacerbación de los síntomas y aumento de la necesidad de terapia en asmáticos, mortalidad y hospitalización de pacientes con enfermedades cardiovasculares, mortalidad y hospitalización de pacientes con diabetes mellitus, aumento del riesgo de infarto al miocardio, inflamación de los pulmones, inflamación sistémica, disfunción endotelial y vascular, desarrollo de aterosclerosis, aumento en la incidencia de infecciones y cáncer de pulmón (Nadadur & Hollingsworth, 2015; Pope III & Dockery, 2006).

4.1.3 Ozono (O₃)

El ozono a nivel del piso es un contaminante secundario que se forma en la atmósfera por la reacción que se lleva cabo entre los óxidos de nitrógeno (procedentes, principalmente, de las emisiones de vehículos automotores, la industria e inclusive de la actividad biogénica) y de los compuestos orgánicos volátiles (emitidos, principalmente, por los vehículos automotores, la industria, evaporación de solventes, así como la actividad biogénica) en presencia de luz solar.

La exposición a ozono en periodos cortos puede causar una variedad de efectos en el sistema respiratorio, incluyendo inflamación del revestimiento de los pulmones (conocido como pleuresía) y reducción de la capacidad pulmonar, así como síntomas respiratorios, por ejemplo: tos, sibilancias, dolor en el pecho, ardor en el pecho y dificultad para respirar.

Algunos estudios también han encontrado que la exposición a ozono en largos periodos puede contribuir al desarrollo de asma, especialmente entre niños con ciertas susceptibilidades genéticas y niños quienes frecuentemente se ejercitan en exteriores, también puede causar daños permanentes en el tejido del pulmón (US EPA, 2013).

En 2015 la Organización Mundial de la Salud, a través del proyecto de la Carga Global de Enfermedad, reportó que en México casi 1860 muertes se atribuyen a la contaminación ambiental de ozono (IHME, 2016).

4.1.4 Bióxido de azufre (SO₂)

El SO₂ es un gas incoloro con un olor penetrante que se genera en la combustión de combustibles fósiles (carbón y petróleo) y en la fundición de minerales que contienen azufre. La principal fuente antropogénica de este contaminante es la quema de combustibles fósiles que contienen azufre empleados para la generación de electricidad y en los vehículos de motor a diésel.

El principal efecto del SO₂ sobre la salud es la afectación a la función pulmonar, además de la irritación ocular. Otro efecto importante, es la inflamación del sistema respiratorio que provoca tos, secreción mucosa, agravamiento del asma y bronquitis crónica. Es común que los ingresos hospitalarios por cardiopatías y la mortalidad aumentan en los días en los que los niveles de SO₂ son más elevados (US EPA, 2013).

4.1.5 Bióxido de nitrógeno (NO₂)

Las principales fuentes de emisiones antropogénicas de NO₂ son los procesos de combustión (calefacción, generación de electricidad y motores de vehículos). “Estudios epidemiológicos han revelado que los síntomas de bronquitis en niños asmáticos aumentan en relación con la exposición prolongada; la disminución del desarrollo de la función pulmonar también se asocia con las concentraciones de NO₂ registradas (u observadas) actualmente en ciudades europeas y norteamericanas” (OMS, 2016).

4.1.6 Monóxido de carbono (CO)

El monóxido de carbono es un gas incoloro, inodoro e insípido, producto de una combustión incompleta de los motores de los vehículos que emplean gasolina como combustible. Los convertidores catalíticos han reducido las emisiones de CO, así como los controles de emisiones, como el caso de los programas de inspección y mantenimiento. Otras fuentes de producción de CO son los incendios forestales y las quemaduras de la actividad agrícola.

Por su estructura molecular, este contaminante presenta afinidad con la hemoglobina y desplaza el oxígeno en la sangre, pudiendo ocasionar daños cardiovasculares y efectos neuroconductuales. Este contaminante es peligroso en altitudes más elevadas, donde la presión del oxígeno es más baja y en donde la gente carece de un suministro adecuado de oxígeno (US EPA, 2013).

4.2 Principales causas de enfermedades registradas en la población de Sonora 2015

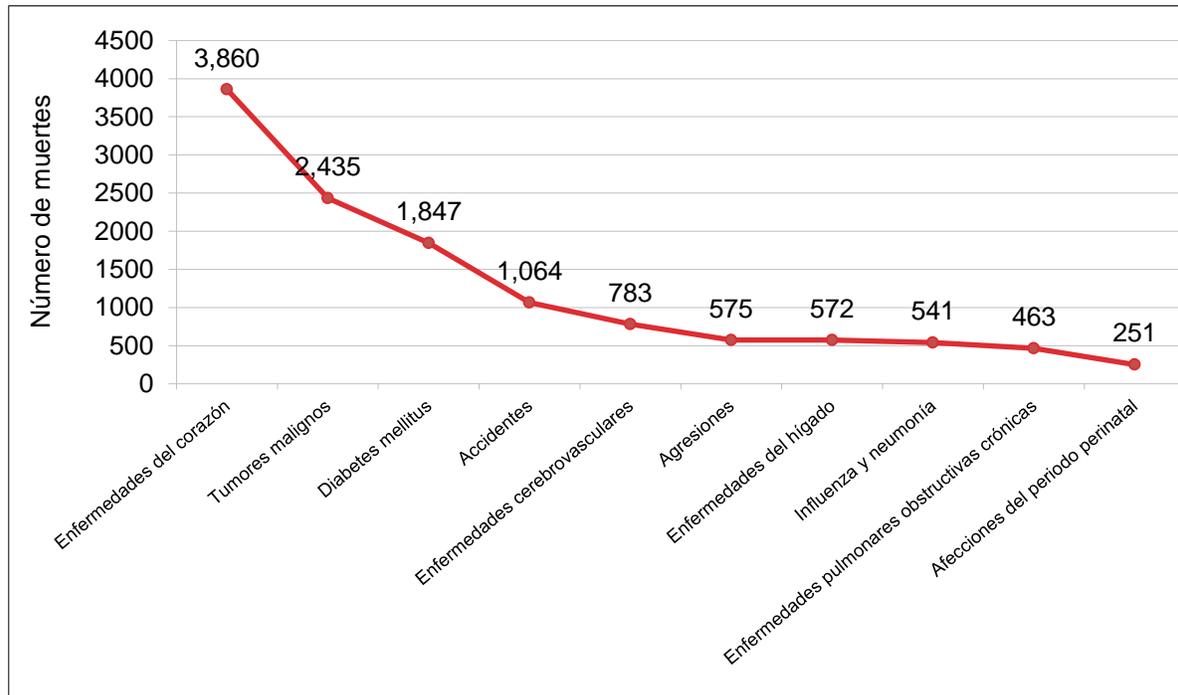
A continuación se presentan las 10 causas principales de enfermedad de mortalidad y morbilidad de acuerdo con los registros disponibles en 2015 (INEGI, 2015; Secretaría de Salud, 2015). Este perfil de salud es importante para establecer la situación base de salud y describir la ocurrencia de muertes y enfermedades que podría estar relacionadas con la exposición crónica y aguda a los contaminantes del aire.

4.2.1 Perfil de mortalidad, 2015

En la Figura 30 se aprecia que las tres primeras causas de muerte en el Estado fueron las enfermedades del corazón, los tumores malignos y la diabetes mellitus. Los contaminantes del aire, específicamente las PM_{2.5}, se han asociado con

aumentos en el riesgo de muerte por enfermedades cardiovasculares, cáncer de pulmón y, recientemente con el desarrollo de diabetes mellitus tipo II (Eze et al., 2015; Hamra et al., 2014; He et al., 2017; Hoek et al., 2013; Pope et al., 2015).

Figura 30. Las diez principales causas de enfermedades que han ocasionado muerte en Sonora.



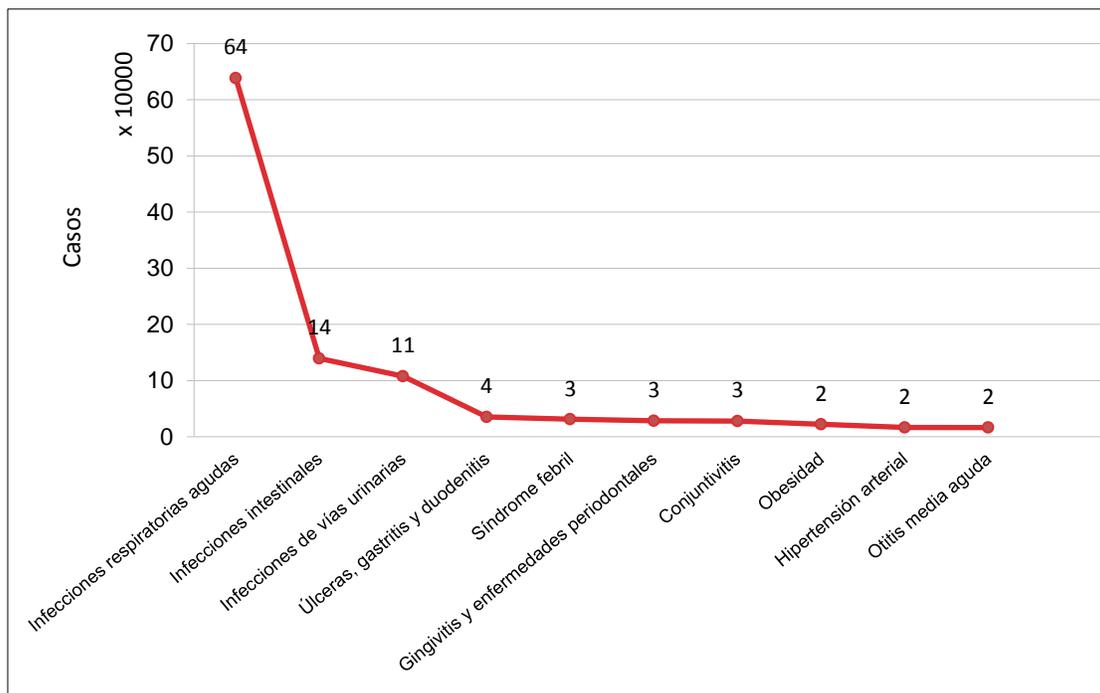
Fuente: Elaboración propia con información del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2015).

4.2.2 Perfil de morbilidad, 2015

Las tres principales causas de enfermedad en la población general de Sonora en 2015 fueron las infecciones respiratorias agudas (IRAs), las infecciones intestinales y las infecciones de vías urinarias (Figura 39). Cabe destacar la mayor incidencia de IRAs en el grupo de niños de 1-4 años con 125,918 casos que representan el 20% del total, este padecimiento se ha correlacionado significativamente con la exposición aguda a contaminantes del aire (Ramírez-Sánchez, Andrade-García, González-Castañeda, & Celis-de La Rosa, 2006).

La contaminación atmosférica es un factor de riesgo de las enfermedades respiratorias; así como de la mortalidad por enfermedades cardiovasculares y cáncer de pulmón, por lo que vale la pena controlar ese factor de riesgo para disminuir la carga de enfermedad potencial en grupos vulnerables como niños y adultos mayores.

Figura 31. Las diez principales causas de enfermedad en Sonora.



Fuente: Elaboración propia con información del anuario de morbilidad 2015, del SUIVE-DIGS. Disponible (Secretaría de Salud, 2015).

4.3 Impactos en la salud por incumplir con la NOM de PM_{2.5}

El objetivo de esta evaluación es proporcionar a las autoridades y al público información sobre los beneficios en la salud y económicos que se obtendrían si se redujeran los niveles de las PM_{2.5}, a través de la aplicación de un modelo de impacto a la salud. Esta evaluación sólo se ha realizado para la ciudad de Nogales, ya que es la única ciudad donde se tienen registros de monitoreo automático de PM₁₀ y PM_{2.5}. Dicha evaluación implica el considerar escenarios en los cuales los valores registrados de PM_{2.5} por la estación de monitoreo, pudieran cumplir con la normatividad correspondiente, relacionando la exposición de la población con los valores de concentración de PM_{2.5}, con respecto a los incrementos de casos de mortalidad prematura por causa de las enfermedades cardiovasculares (EC), enfermedades cardiopulmonares (CAP), y cáncer de pulmón (CP) (Ver el apartado 4.4.3.1). Dada la escasez de datos de PM_{2.5} en años recientes en el Estado, no fue posible incluir otro municipio en esta evaluación.

4.3.1 Escenario de evaluación de los impactos en la salud en Nogales

Se consideraron dos escenarios de evaluación, el escenario base que contempla la exposición anual que prevalece en Nogales con respecto a las concentraciones ambientales de PM_{2.5}, más actuales y con mayor porcentaje de información (año 2015); y el escenario de control que considera la reducción al límite anual (12 µg/m³) establecido para las PM_{2.5} en la NOM-025-SSA1-2014 (Cuadro 12). Bajo el supuesto de que la población que habita esta ciudad ha estado expuesta crónicamente a las PM_{2.5}.

El escenario base implicó el cálculo del valor anual de las PM_{2.5} a partir del indicador anual (52.7 µg/m³) de PM₁₀ reportado en 2016 para Nogales, cuyos datos corresponden a los registrados en la estación automática de Instituto Tecnológico de ITN de Nogales (Ver Capítulo 2). La aproximación de las PM_{2.5} mediante las PM₁₀ se realizó mediante la relación de PM_{2.5}/PM₁₀. Esta relación se obtuvo de los datos reportados en la estación de monitoreo de Post Office en Nogales, Arizona, en el periodo 2013-2015¹⁰, debido a que el porcentaje de datos recuperados simultáneamente de PM₁₀ y PM_{2.5} en ITN fue muy bajo (27%), por lo que no se consideró representativo. La relación estimada en Post Office fue de 0.29, y este valor fue empleado para estimar el valor anual de 15.3 µg/m³.

Cuadro 12. Valores anuales de PM_{2.5} (medianas) de los escenarios de modelación de los impactos en la salud.

Ciudad	Valor anual en el escenario base, µg/m ³	Valor anual en el escenario de control, µg/m ³
Nogales	15.3	12

4.3.2 Metodología de evaluación de los impactos en la salud

La metodología empleada fue la llamada *Evaluación de Impactos en Salud* (EIS). La EIS es una metodología derivada del enfoque de la evaluación de riesgos y se define como: “una combinación de procedimientos, métodos y herramientas por las cuales una política, programa o proyecto puede ser evaluado en función de sus potenciales efectos sobre la salud de la población y de la distribución de los mismos en dicha población” (OMS, 2014). Esta metodología se ha empleado en distintos

¹⁰ Para el cálculo de la relación PM_{2.5}/PM₁₀ se utilizaron 13 163 datos horarios, que fueron los registros que contaron con mediciones simultáneas de PM₁₀ y PM_{2.5}, en el periodo de 2013-2015, fuente: <https://www.epa.gov/outdoor-air-quality-data/interactive-map-air-quality-monitors>

países para facilitar la toma de decisiones de las autoridades de medioambiente, de salud y de los ciudadanos (Medina, Le Tertre, Saklad, & on behalf of the Apehis Collaborative Network, 2009).

La metodología EIS consta de cuatro etapas:

1. La selección del contaminante que tiene efectos adversos en la salud de la población, así como la selección de los efectos en la salud que se evaluarán, basado en evidencia epidemiológica y toxicológica.
2. La selección de la función exposición-respuesta que relaciona cuantitativamente el cambio del contaminante del aire y con los cambios en los efectos en la salud seleccionados.
3. La evaluación del cambio de la exposición potencial de la población bajo un supuesto de reducción de concentraciones, que integra tanto los datos de población como las concentraciones del contaminante
4. La caracterización o cuantificación de los casos evitados por impacto identificado (INE, 2012).

Adicionalmente, la quinta etapa evalúa monetariamente los casos evitados del impacto identificado, aunque esta es opcional, pero importante en los análisis costo-beneficio.

4.3.3 Evaluación de los impactos a la salud a través del modelo BenMap

En la evaluación de los impactos en la salud de la ciudad de Nogales se empleó la herramienta BenMap (*Environmental Benefits Mapping and Analysis Program*). Esta herramienta permite implementar los procesos de cálculo implicados en la metodología de las EIS y facilita la sistematización de la información de insumos y resultados con lo que se reducen los errores humanos y se asegura su reproducibilidad. Adicionalmente, incluye un Sistema de Información Geográfica (SIG) que permite calcular los impactos potenciales en la salud a diferentes niveles de agregación geográfica. BenMap es recomendado por la Agencia para la Protección Ambiental de Estados Unidos y puede ser descargado de su página de manera gratuita (EPA, 2015).

4.3.3.1 Funciones exposición-respuesta, FER

Las funciones exposición-respuesta (FER) relacionan los cambios en el impacto en la salud seleccionado (ej. Incrementos de mortalidad cardiovascular) con los cambios en la exposición del contaminante estudiado (ej. Decremento de la concentración de un contaminante). Las FER se obtienen de los riesgos relativos (RR) reportados en los estudios epidemiológicos que estudian las asociaciones entre la exposición al contaminante y los efectos en la salud de la población. Esta pieza de información es fundamental en las EIS.

En el Cuadro 13 se presentan los valores de riesgo relativo (FER) con sus respectivos intervalos de confianza del 95 % (IC 95 %) de los incrementos en la mortalidad prematura por causa de las enfermedades cardiovasculares (EC), enfermedades cardiopulmonares (CAP), y cáncer de pulmón (CP), que fueron seleccionados e introducidos las modelo BenMap. Asimismo, se presentan los intervalos de edad de la población considerada para cada impacto y su referencia bibliográfica.

Cuadro 13. Efectos en salud y funciones exposición-respuesta seleccionadas.

Causa de mortalidad Clasificación CIE	Grupo etario	Autor, año y diseño	FER	Uc**
Cardiovasculares (CV) CIE-10*: I00-I99	>15 años	(Hoek et al., 2013) Metanálisis de cohortes	1.15 (1.04, 1.27)	10 µg/m ³
Cardiopulmonares (CP) CIE-10*: I10-I70 y J00- J98	>15 años	(Krewski et al., 2009) Cohorte de la American Cancer Society	1.09 (1.06–1.12)	10 µg/m ³
Cáncer de pulmón (CAP) CIE-10*: C34	>=30 años	(Hamra et al., 2014) Metanálisis	1.09 (1.04, 1.14)	10 µg/m ³

*Abreviaturas: CIE Clasificación Internacional de Enfermedades, versión 10, OMS. **Uc unidades de cambio.

Como se indica en el Cuadro 13, la población considerada en la evaluación de los impactos en la salud de acuerdo los estudios epidemiológicos seleccionados fue la población general mayor de 15 años en el caso de la mortalidad por enfermedades cardiovasculares y cardiopulmonares. Para la mortalidad por cáncer de pulmón se utilizaron los datos de población general de 30 años y más. Los datos de población de 2010 por AGEB (Áreas Geoestadísticas Básicas) se ajustaron a los totales de 2015 proyectados por población del Consejo Nacional de Población(CONAPO, 2014). Estos datos se introdujeron al modelo BenMap a nivel de AGEB.

4.3.3.2 Evaluación del cambio de la exposición, ΔC_j

La evaluación del cambio en los impactos en la salud requiere de la cuantificación del cambio de la exposición del contaminante bajo los escenarios descritos al inicio de esta sección (Cuadro 13). Para ello es necesario seleccionar la población expuesta a las $PM_{2.5}$ y asignarle la exposición de acuerdo con las mediciones disponibles en la zona de estudio.

La asignación de la exposición se realizó a nivel de las AGEB, y se supuso que los valores anuales representan la exposición de la población alrededor de un radio de influencia de la estación de monitoreo. El radio de influencia considerado fue de 5 km y se seleccionó con bases en dos criterios:

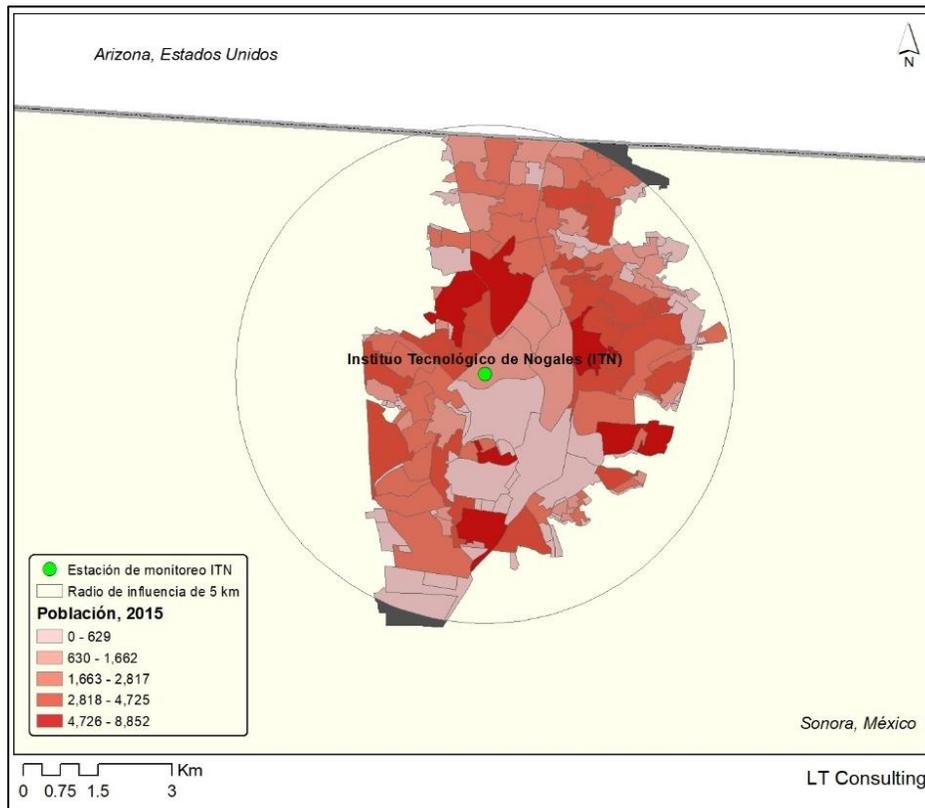
1. El radio seleccionado estuviera dentro del intervalo sugerido por las USEPA de las estaciones clasificadas como urbanas¹¹, y
2. El radio considera la mayor proporción de población con respecto a la extensión de las áreas urbanas.

En la Figura 32 se presenta el mapa que ilustran en color rojo el área de AGEB urbanos incluidos en el radio de influencia de 5km en los que fue cuantificada la población expuesta (INEGI, 2010).

Finalmente, el cambio de la exposición se obtuvo en cada AGEB como la diferencia de los valores de las $PM_{2.5}$ prevalecientes (Cuadro 13) y el valor de $12 \mu g/m^3$ límite anual de la NOM. Este proceso de cálculo lo realiza internamente en el modelo BenMap utilizando en SIG que tiene incorporado.

¹¹ Para las estaciones de monitoreo que pertenecen a la clasificación urbana, la USEPA sugiere que su representación espacial de las concentraciones medidas en un radio de 4 a 50 km (USEPA, 2013).

Figura 32. Área de asignación de la exposición en el radio de influencia de 5 km de la estación ITN.



4.3.3.3 Tasas basales de los impactos en la salud

Las tasas basales de incidencia de los impactos estudiados indican la ocurrencia de casos de defunciones o enfermedades por las causas de enfermedad estudiadas en un periodo específico del año.

Utilizando la información identificada en la sección 4.3.1 del Perfil de mortalidad, 2015, se calcularon las tasas de mortalidad en el municipio de Nogales por cada 100,000 habitantes para los impactos estudiados (Cuadro 14).

Cuadro 14. Tasas de mortalidad por enfermedades cardiovasculares, cardiopulmonares y cáncer de pulmón en los municipios de Nogales en 2015.

Municipio	Tasas de mortalidad (casos/100,000 habitantes)		
	Cardiovasculares	Cardiopulmonares	Cáncer de pulmón
Nogales	136	257	16

Esta información junto con la población es utilizada en el modelo BenMap para estimar los casos de mortalidad basal por las causas de enfermedad estudiadas que se presentaron en 2015.

4.3.4 Resultados de la evaluación de los impactos en la salud

Finalmente, el modelo BenMap realiza el cálculo de los casos de mortalidad atribuible a las PM_{2.5} mediante la ecuación 1. En este cálculo se integran los datos de los pasos anteriores. Estos casos de mortalidad atribuible son los casos potenciales de mortalidad evitable (por las tres causas seleccionadas) si se cumpliera con la NOM para las PM_{2.5}.

$$\sum I_{ij} = \Delta C_j \cdot FER_i \cdot P_j \cdot T_i \quad \text{Ecuación 1}$$

En donde:

I_{ij} [número de casos]. Número de casos del impacto en la salud i [donde i es mortalidad cardiovascular, cardiopulmonar y cáncer de pulmón] asociada con el cambio en la concentración de PM_{2.5}, en el AGEB j .

ΔC_j [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]. Cambio de la exposición del contaminante de PM_{2.5} si el nivel de este contaminante cumpliera con límite anual de la NOM-025-SSA1-2014, ponderado por la población que está expuesta en el AGEB j .

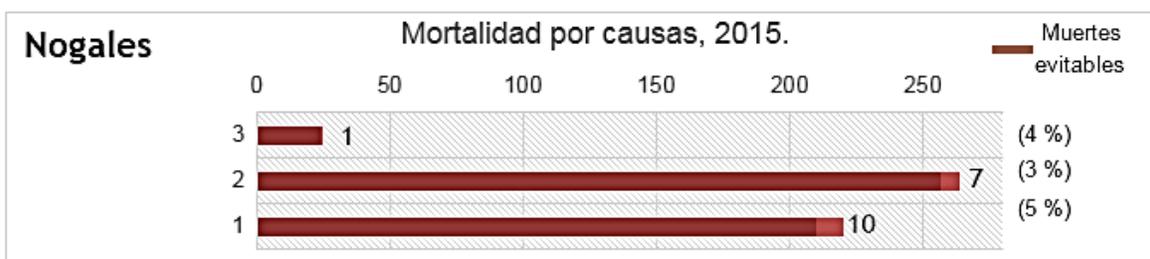
FER_{ij} [%/ $1\mu\text{g}/\text{m}^3$]. Función exposición-respuesta (FER) expresada como el incremento relativo del riesgo para el efecto i por un cambio en una unidad en la concentración de PM_{2.5}.

P_j [número de personas]. Población expuesta a PM_{2.5}, en el AGEB j .

T_i [número de casos/personas/año]. Tasa basal de mortalidad municipal asociada con el impacto i para la población P .

Los resultados de la evaluación de la mortalidad evitables por las causas estudiadas se presentan en la Figura 33. En la ciudad de Nogales, Sonora, se podrían evitar 10, 7 y 1 casos de mortalidad por enfermedades cardiovasculares, cardiopulmonares y cáncer de pulmón, respectivamente.

Figura 33. Muertes evitables por causa de mortalidad en Nogales, y su contribución a la incidencia basal.



En la Figura 33 se distingue en color rojo, la proporción de los casos que serían evitables con respecto a los casos de mortalidad basal. Las muertes evitables por enfermedades cardiovasculares en Nogales ascienden al 5%, enfermedades cardiopulmonares relativa a la incidencia basal resultó en 3%, y finalmente, en lo que se refiere a la mortalidad evitable por cáncer de pulmón fue de 4%.

4.3.5 Valoración económica por incumplir con la NOM de PM_{2.5}

El cálculo efectuado mediante el uso del modelo BenMap para la valoración económica de la mortalidad evitable se realizó a través de la siguiente ecuación:

$$VE = \sum ME_i \cdot VEV \quad \text{Ecuación 2}$$

En donde:

VE [pesos mexicanos a precios de 2015]. Valor monetario del número total de casos de la mortalidad evitable estimado para las tres causas estudiadas.

$\sum ME_i$ [casos de mortalidad]. Sumatoria de los casos de cada causa de mortalidad estudiada *i* [donde *i* es mortalidad por enfermedades cardiovasculares, mortalidad por cáncer de pulmón y mortalidad por enfermedades cardiopulmonares].

VEV [pesos mexicanos a precios de 2015¹²]. Valor estadístico de una vida utilizada en la evaluación fue de \$1, 655,423 de dólares americanos de 2015¹³ (ajustando el

¹² Se utilizó el promedio del tipo de cambio diaria de \$18.67 pesos por dólar, de 2016. Disponible en: <http://www.banxico.org.mx/portal-mercado-cambiario/index.html>.

¹³ Para mayor detalle de su estimación, consultar (López-Villegas & Pérez-Rivas, 2014).

valor por inflación a precios de 2015¹⁴). Esta cifra corresponde a \$30, 908,927 pesos mexicanos.

En la evaluación económica en los casos de mortalidad evitable de Nogales se contabilizaron solamente los casos de enfermedades cardiovasculares y de cáncer de pulmón. Los casos de mortalidad de enfermedades cardiopulmonares no se consideraron en la valoración porque este grupo comparte causas de enfermedad con el grupo de enfermedades cardiovasculares y si se sumaran se estarían contando dos veces.

Tomando en cuenta lo anterior, los casos totales de mortalidad evitable considerados en la valoración económica de las tres ciudades fueron 11, lo que resulta en un valor económico alrededor de 340 millones de pesos (mdp).

¹⁴ El cálculo de la inflación de 2010 a 2017 se consultó en la calculadora del índice de precios y cotizaciones del Departamento de Estadísticas del Trabajo de Estados Unidos (BLS, 2015), disponible en: https://www.bls.gov/data/inflation_calculator.htm.

RESUMEN:

No se logró realizar el estudio de evaluación de impacto a la salud para el resto de las ciudades en Sonora, salvo para Nogales. Lo anterior debido a que no se cuenta con información suficiente de PM_{10} y/o $PM_{2.5}$ para realizar este tipo de evaluaciones, por lo que es importante reforzar la infraestructura y operación del monitoreo atmosférico en el Estado. Los datos de calidad del aire son indispensables tanto para evaluar asociaciones con efectos en la salud como para evaluar el impacto potencial en la población de los efectos con mayor evidencia epidemiológica.

En la evaluación de impacto a la salud realizada en la ciudad de Nogales, los resultados nos indican que si se redujeran los niveles de $PM_{2.5}$ al grado de cumplir con el límite anual, de $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$, en la ciudad de Nogales, se evitarían un total de 18 casos de mortalidad por enfermedades cardiovasculares, cardiopulmonares y por cáncer de pulmón. Considerando solamente los casos por enfermedades cardiovasculares y por cáncer de pulmón los beneficios económicos ascenderían en su conjunto a los \$340 millones de pesos.

Las concentraciones de $PM_{2.5}$ en la ciudad de Nogales fueron estimadas a partir de la relación $PM_{2.5}/PM_{10}$, a partir de esta relación se estimó de los valores diarios de tres años de la estación Post Office de Nogales, Arizona, debido a la escasez de datos simultáneos en la estación ITN. Es probable que el valor de la relación $PM_{2.5}/PM_{10}$ esté subestimado o sobreestimado, por lo tanto, es esencial contar con información suficiente y de calidad a fin de reducir la incertidumbre de las estimaciones. Asimismo, es importante contar con monitoreo automático y de $PM_{2.5}$ en las principales zonas urbanas de Sonora, que de acuerdo al inventario de emisiones a la atmósfera nos indica una alta importante generación de contaminantes a la atmósfera, en las principales ciudades como: Hermosillo, Ciudad Obregón, Guaymas, San Luis Río Colorado, y Agua Prieta.

Es importante realizar estudios epidemiológicos que evalúen asociaciones entre los niveles de contaminación, en particular de ozono y partículas suspendidas, e incrementos en las tasas de morbilidad y mortalidad de la población vulnerable residente en las ciudades de Sonora que cuentan con monitoreo atmosférico a fin de contribuir a la evidencia científica sobre los efectos en la salud de la población.

CAPÍTULO 5

COMUNICACIÓN Y EDUCACIÓN AMBIENTAL



CAPÍTULO 5

COMUNICACIÓN Y EDUCACIÓN AMBIENTAL

En la actualidad los problemas de la contaminación del aire son más visibles y con mayor presencia, en su mayoría causan daños irreparables que afectan la salud de la población, el medio ambiente y los ecosistemas.

A lo largo de este programa se presentaron distintas fuentes generadoras de contaminantes a la atmósfera, provenientes principalmente de las ciudades y su crecimiento acelerado en términos de urbanización. Como se describió en capítulos anteriores, el desarrollo económico de una entidad y/o región y el incremento de la población asentada en las zonas urbanas, resultará en una mayor demanda de productos, bienes y servicios que impactarán indudablemente en la calidad del aire que respiran diariamente los habitantes. Por ello, no solo se requiere de desarrollo urbano integral que haga frente a los problemas y retos ambientales, también demanda, *mejorar a las personas y las sociedades con la capacidad de entender la crisis ambiental que se vive, y actuar en consecuencia* (Aparicio, 2016, pág. 210). En otras palabras, debemos asumir una responsabilidad ambiental que logre revertir las tendencias de deterioro de la calidad del aire.

Para que exista un compromiso, organización y participación de la población que haga frente a la contaminación del aire, se requiere de información base para prevenir y controlar las emisiones de contaminantes. Por esta razón, es de suma importancia que las autoridades ambientales en todos los niveles de gobierno, informen a la ciudadanía sobre los niveles de contaminación en el aire, pues esto permitirá la implementación de medidas sobre qué hacer en caso de una mala calidad del aire; y en contraste con lo anterior: evitar o reducir la contaminación con acciones que nosotros mismos llevemos a cabo, como: la utilización del transporte público, el mantenimiento periódico a nuestro vehículo, el uso de la bicicleta, un consumo responsable, el ahorro de energía en nuestro hogar y trabajo, el uso de fuentes de energía alternativas, entre otras.

Los compromisos adquiridos durante la elaboración del programa -y considerando la necesidad de informar a la población sobre la calidad del aire- fueron diseñar una estrategia de comunicación que informe a la ciudadanía los niveles de contaminación en las localidades donde existen estaciones de monitoreo además de ampliar la red a las principales zonas urbanas del Estado, pues en la actualidad no se informa a la ciudadanía sobre el monitoreo de la calidad del aire, aun cuando existen información insumo.

Una de las plataformas que muestra la calidad del aire es el Sistema Nacional de Información de la Calidad del Aire (SINAICA¹⁵) perteneciente a la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), sin embargo, no existen datos recientes de las estaciones que operan en el Estado, por lo que se requiere de una estrategia a corto plazo que solvente tal problemática, pues su implementación hará que la población se informe sobre los niveles de contaminación y en el caso de una mala calidad del aire adoptar las medidas necesarias para el cuidado de su salud.

5.1 El uso de redes sociales en el tema ambiental

Hoy en día el uso de las redes sociales e internet constituyen un elemento necesario de información, disponible para un gran número de personas, su utilidad permite que el mensaje llegue a más individuos, no solo con el fin de informar sino también el de actuar, movilizar y protestar ante las problemáticas ambientales locales y globales. Es debido a esto que se requiere que las instituciones federales, estatales y municipales informen y difundan los temas y problemas ambientales, específicamente los de la calidad del aire, pues esto dará credibilidad y reconocimiento a las acciones y labores que llevan a cabo las autoridades ambientales en el cuidado y preservación del medio ambiente, pues en su mayoría, éstas son del desconocimiento público.

El uso de las redes sociales por ejemplo: para informar la calidad del aire, podría ser una herramienta que permita sensibilizar y concientizar a la población sobre el problema de la contaminación del aire y los impactos en la salud y cómo es que todos contribuimos en este problema ambiental.

De acuerdo a diversos autores, las redes sociales en el ámbito ambiental se utilizan para informar, movilizar, actuar, educar y concientizar, por ello, el uso de estas plataformas son necesarias para la implementación de la estrategia de comunicación de la calidad del aire, y en general para transmitir información en el tema ambiental.

A continuación se presentan las 6 etapas que deben de considerarse para la estrategia de comunicación de la calidad del aire (Figura 36).

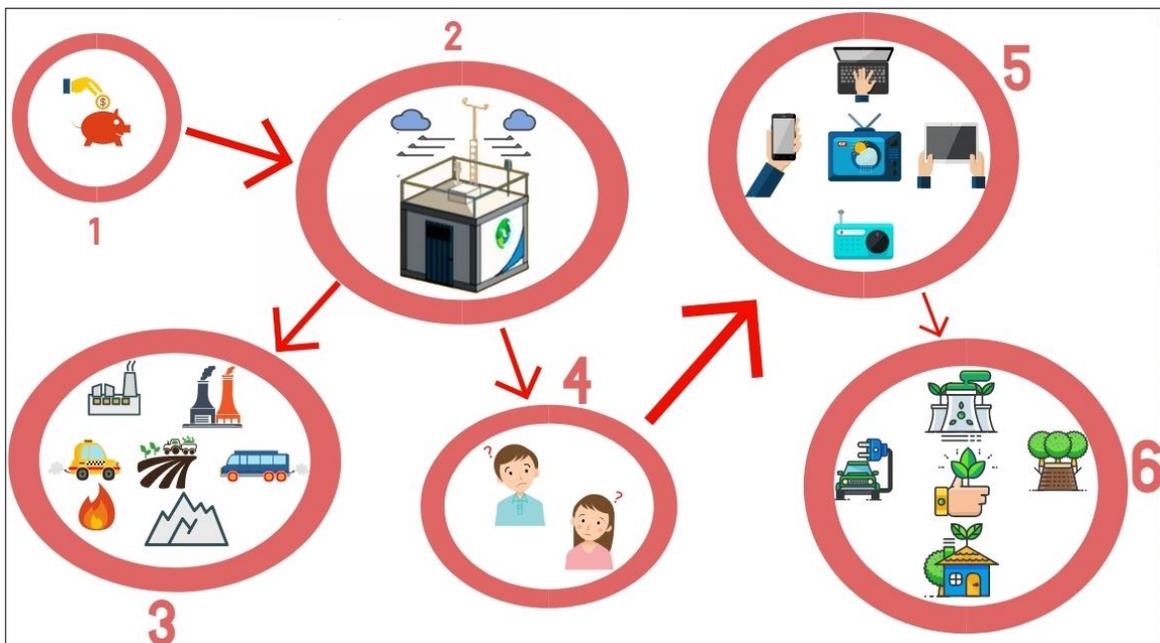
- 1. Recursos económicos.** Garantizar la ampliación de la red de monitoreo en las principales zonas urbanas del Estado, además de asignar los recursos

¹⁵ El SINAICA es una serie de programas informáticos que permiten recabar, transmitir y publicar la información de calidad del aire que se genera en las estaciones de monitoreo ubicadas en las diversas entidades federativas que disponen de la infraestructura adecuada para tal tipo de medición. La información proviene de Sistemas de Monitoreo de Calidad del Aire, SMCA, que son manejados por diferentes órdenes de gobierno, estatal y municipal.

necesarios para la operación, funcionamiento y mantenimiento de las estaciones.

2. **Sistema de monitoreo de la calidad del aire operando.** Instrumento que sirve para medir de forma continua, la concentración de contaminantes en el aire, para evaluar su calidad en un lugar determinado.
3. **Medición de la calidad del aire.** Medición de los contaminantes criterio en las principales zonas urbanas del Estado a fin de implementar estrategias y políticas públicas para mejorar la calidad del aire.
4. **Informar y prevenir a la población sobre los niveles de contaminación y sus riesgos a la salud.** Incorporar el tema de la contaminación del aire en el interés público, con el objetivo de hacer partícipe a la sociedad con acciones que reviertan el deterioro de la calidad del aire.
5. **Medios de comunicación masiva.** Proporcionar información inmediata, confiable y de fácil entendimiento sobre los niveles de contaminación en el aire.
6. **Generar una cultura en el cuidado del medio ambiente.** Informar a la población sobre los problemas de la contaminación del aire, permitirá que niños, jóvenes y adultos adopten medidas en el cuidado y preservación del medio ambiente. Además de despertar el interés y crear conciencia por el cuidado de nuestro entorno.

Figura 34. Etapas para la difusión de la calidad del aire.

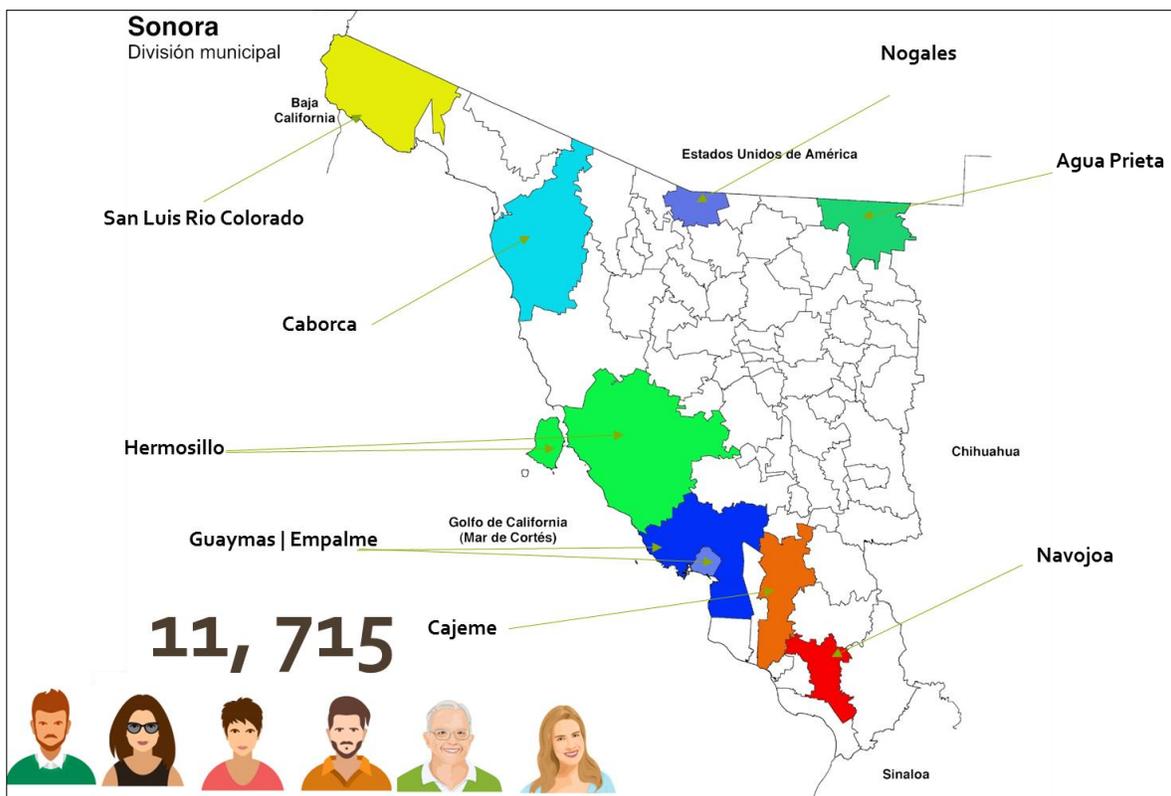


5.2 Percepción de la población en el tema de la calidad del aire

Para el ProAire del Estado de Sonora se realizaron las *Encuestas de Percepción de la Calidad del Aire*¹⁶. El número de informantes fue de 11,715 (Figura 35) distribuidos en los siguientes municipios: Agua Prieta (1.74%), Caborca (0.92%), Cajeme (12.43%), Guaymas-Empalme (13.84%), Hermosillo (27.05%), Navojoa (0.11%), Nogales (43.16%) y San Luis Rio Colorado (0.69%). El objetivo principal: conocer la percepción de la población en el tema de la calidad del aire.

Cabe destacar que la implementación de las medidas y acciones establecidas en este programa buscan resolver las problemáticas mencionadas por los informantes, a través de las encuestas de percepción.

Figura 35. Encuesta de percepción en el Estado de Sonora.



Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de las Encuestas de Percepción de la Calidad del Aire en Sonora.

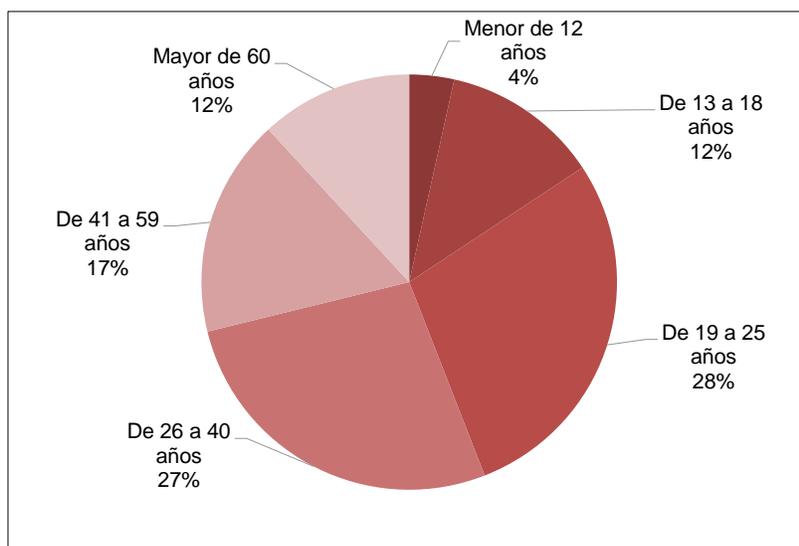
Los cuestionarios constaron de 9 preguntas basadas en 4 ejes: percepción de la calidad del aire, fuentes de emisión, impactos a la salud y educación ambiental. Es

¹⁶ La aplicación de las encuestas fue definida por los municipios y CEDES. El criterio de selección fueron los municipios que presentan o pueden presentar mayor deterioro en su calidad del aire.

importante mencionar el llenado de los formularios fue de manera electrónica¹⁷ y su difusión estuvo a cargo de CEDES y las direcciones de ecología y/o medio ambiente de los municipios. Además se contó con el apoyo de la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESSON) y el Instituto Tecnológico de Nogales (ITN).

En cuanto a los resultados, las edades de los informantes fueron muy diversas (Ver Figura 36), el mayor porcentaje fueron *personas de 19 a 25 años de edad (28%)* y el porcentaje menor fueron individuos de *12 años (4%)*. En muchas ocasiones las edades de los informantes influyen en diversos aspectos como puede ser: la percepción que se tiene sobre la contaminación del aire, la información obtenida acerca del tema y que tan consientes somos ante la problemática del deterioro de la calidad del aire.

Figura 36. Edades de los informantes de acuerdo a las encuestas de percepción.



Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de las Encuestas de Percepción de la Calidad del Aire en Sonora.

En la siguiente gráfica se muestran los resultados de la percepción de la calidad del aire (Figura 37). Los municipios de *Cajeme, Guaymas — Empalme y Navojoa* presentan una calidad del aire entre muy buena y buena; *Caborca, Hermosillo, Nogales y San Luis Rio Colorado* muestran una calidad del aire regular, y por último,

¹⁷ Encuestas electrónicas difundidas por la autoridad estatal y municipal en las plataformas:

Agua Prieta: <https://goo.gl/forms/CFTuFRdoceOnxw9x2>

Caborca: <https://goo.gl/forms/nd6ckPQ1tBiU2dbo1>

Cajeme <https://goo.gl/forms/J1wCTUElaTRKmunG2>

Guaymas-Empalme: <https://goo.gl/forms/YRy8clblyBBZcPC93>

Hermosillo: <https://goo.gl/forms/J0EoGGCtsFDJxG2g1>

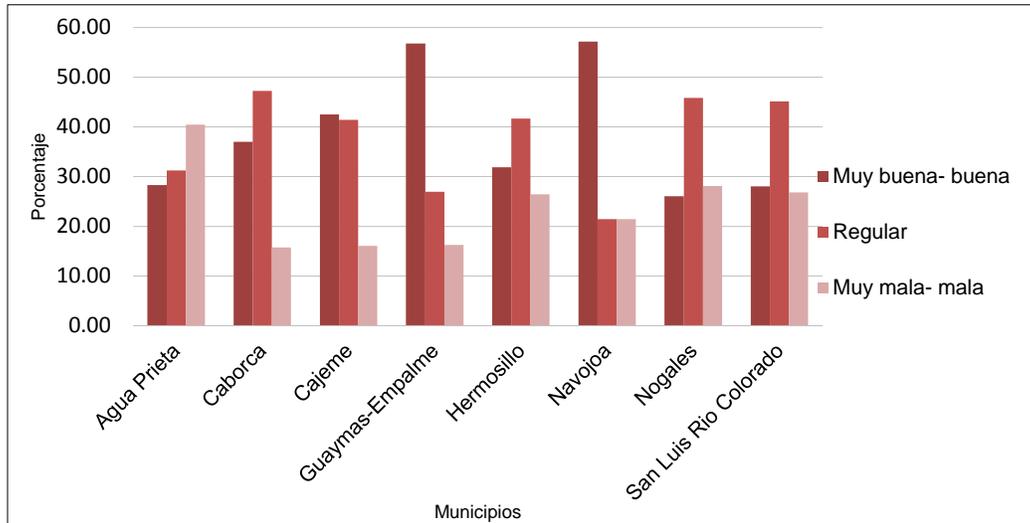
Navojoa: <https://goo.gl/forms/5Fil9SruoMJeZkak1>

Nogales: <https://goo.gl/forms/ovfX6kzZhL4VdmVw2>

San Luis Rio Colorado: <https://goo.gl/forms/Dgx20snzsXvvlv2v>

Agua Prieta presenta el porcentaje más alto con una calidad del aire entre muy mala y mala.

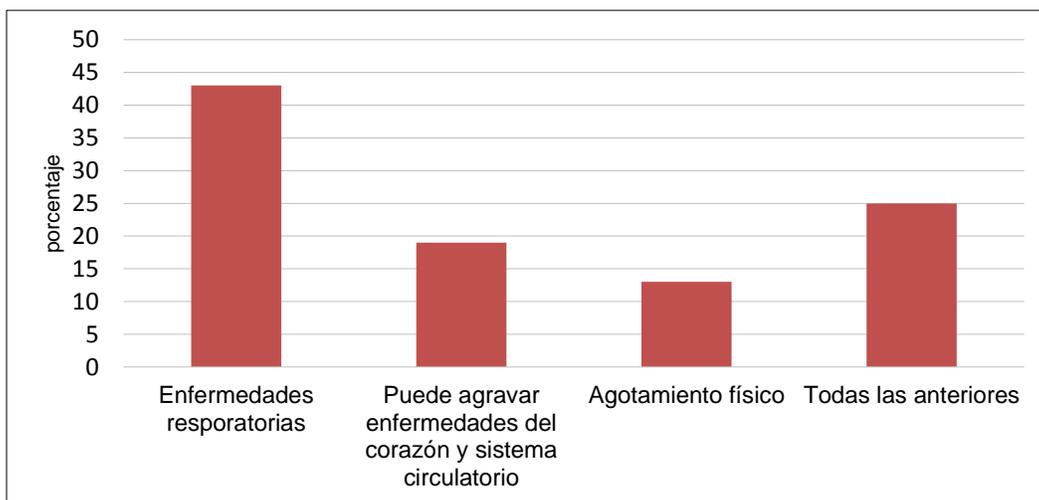
Figura 37. Percepción de la calidad del aire.



Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de las Encuestas de Percepción de la Calidad del Aire en Sonora.

De acuerdo a los informantes el 43% mencionó que la contaminación del aire puede ocasionar enfermedades respiratorias (Figura 38). Este dato es importante debido a que la población relaciona la contaminación del aire con impactos a la salud, sin embargo, los efectos adversos a la salud que tiene la contaminación son muy variados (Ver Capítulo 4), por lo que es recomendable diseñar e implementar una campaña de información sobre los impactos a la salud, resultado del deterioro de la calidad del aire; y las medidas que se deben de adoptar en caso de niveles altos de contaminación a fin de que la población esté mejor informada.

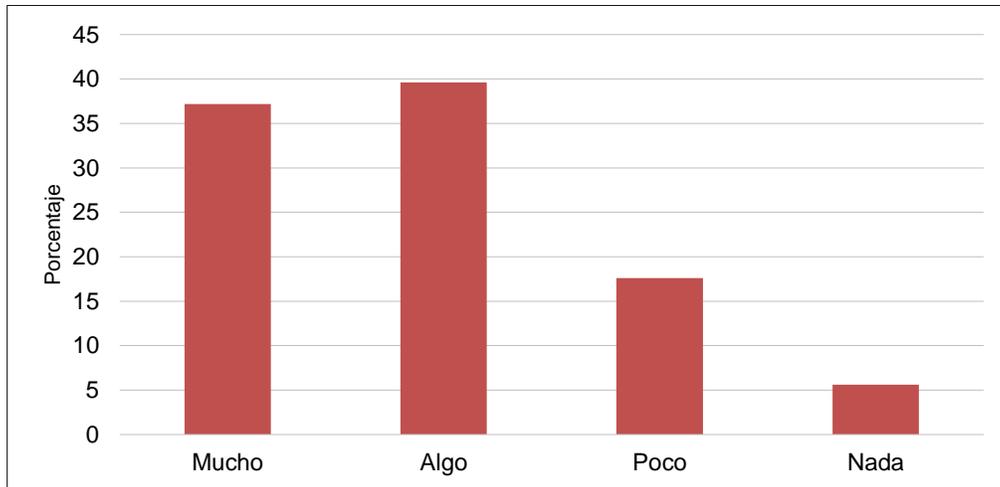
Figura 38. Percepción sobre las enfermedades que puede ocasionar la contaminación del aire.



Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de las Encuestas de Percepción de la Calidad del Aire en Sonora.

Los resultados de las encuestas muestran que al 39% de los encuestados les preocupa algo el tema de la calidad del aire, el 37% mucho, el 18% poco y el 6% nada (Figura 39). Al igual que la gráfica anterior, se recomienda diseñar e implementar una estrategia de sensibilización y concientización con el objetivo de que el tema de la contaminación del aire sea del interés público, además de generar una cultura de consulta de la calidad del aire.

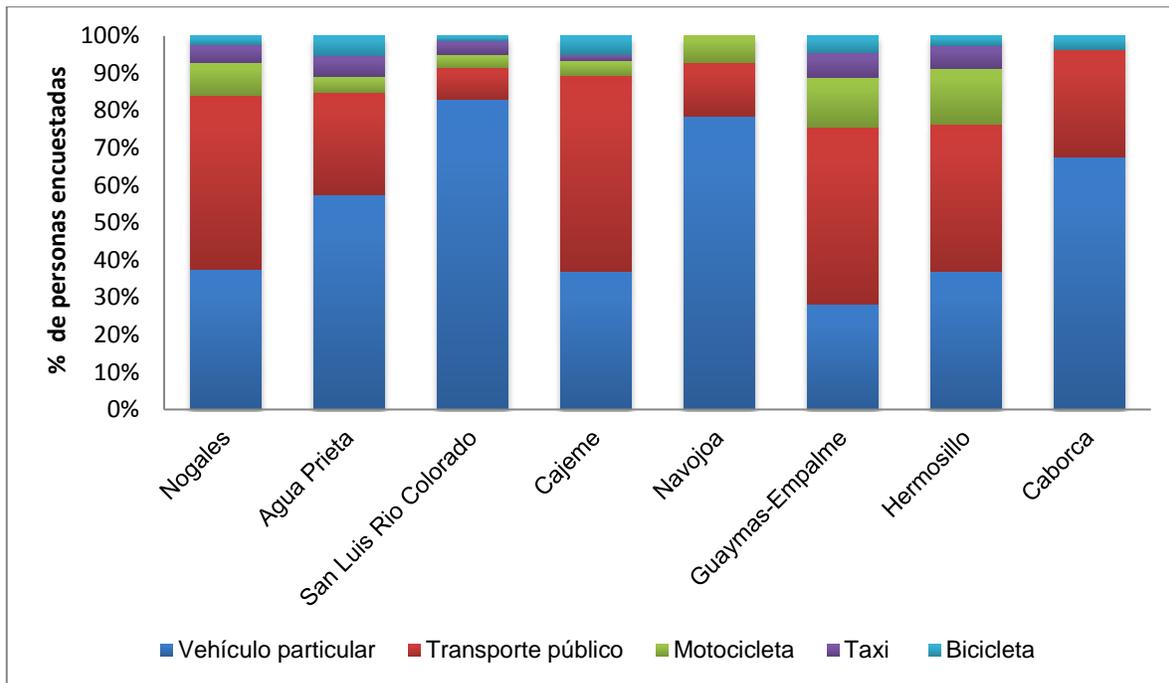
Figura 39. Qué tanto le preocupa a la población el deterioro de la calidad del aire.



Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de las Encuestas de Percepción de la Calidad del Aire en Sonora.

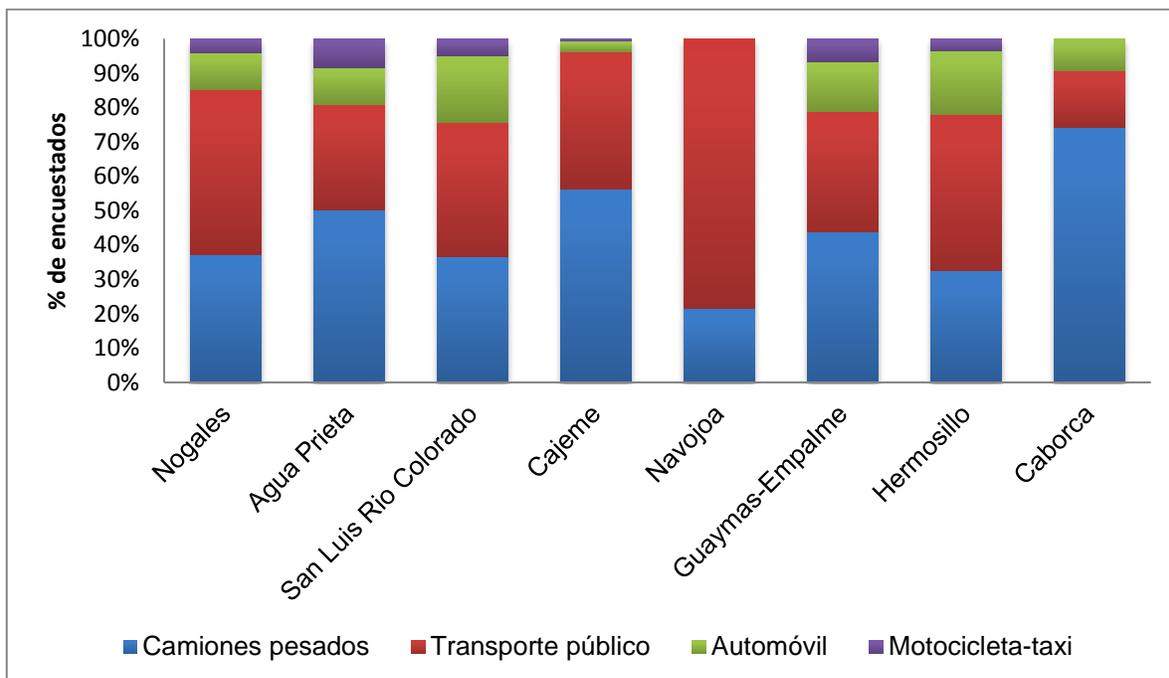
Las siguientes Figuras 40-41, muestran que el principal medio de transporte para los municipios de *Agua Prieta, San Luis Rio Colorado, Navojoa y Caborca* es el *vehículo particular*, mientras que para *Nogales, Cajeme, Guaymas-Empalme y Hermosillo* es el *transporte público*. Cabe destacar que una fuente importante de emisión de contaminantes son los vehículos automotores, inclusive en algunos municipios es la principal fuente de emisión. No obstante, cuando se les pregunta sobre cuál es vehículo que contamina más, los informantes mencionaron que el *transporte público (44%)*, seguido de los *camiones de carga pesada (40%)*, -y hasta un tercer sitio- el *automóvil (12%)* y finalmente la *motocicleta-taxi (4%)*. Evidentemente los resultados muestran dos principales problemáticas, la primera de ellas es un desconocimiento o desinformación sobre el impacto que tienen los vehículos particulares en el deterioro de la calidad del aire, segundo, la falta de responsabilidad y compromiso con el medio ambiente; asignando esta problema a otros vehículos que no necesariamente son los que contaminan más. Por ello, la campaña que se busca implementar resultado del ProAire, busca sensibilizar y concientizar a la población sobre la contaminación del aire producto de las fuentes móviles, así como generar una cultura de mantenimiento a los vehículos automotores.

Figura 40. Principales medios de transporte en los municipios de acuerdo a las encuestas de percepción.



Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de las Encuestas de Percepción de la Calidad del Aire en Sonora.

Figura 41. Tipos de vehículos que contaminan más según encuesta de percepción.



Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de las Encuestas de Percepción de la Calidad del Aire en Sonora.

En el siguiente cuadro se exhiben por orden prioritario las principales fuentes de emisión por municipio, según la encuesta de percepción. La información obtenida permitirá a las autoridades ambientales implementar planes de trabajo a fin de reforzar la regulación e inspección de las fuentes identificadas por la población. Así como generar una cultura de denuncia ambiental por parte de la población.

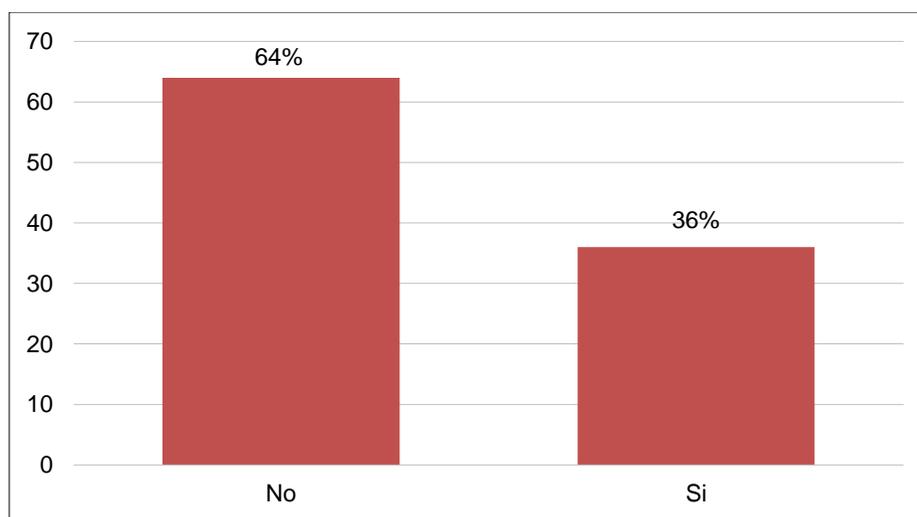
Cuadro 15. Percepción de la población sobre las principales fuentes de emisión por municipio.

Municipios	Principales fuentes de emisión por municipio		
Nogales	1. Quemadas (llantas y basura)	2. Industria	3. Transporte público
Agua Prieta	1. Industria	2. Falta de pavimentación	3. Vehículos automotores
San Luis Río Colorado	1. Quemadas (llantas y basura)	2. Ladrilleras	3. Manejo de basura
Cajeme	1. Quemadas agrícolas	2. Uso de pesticidas	3. Quema de basura
Navojoa	1. Quemadas agrícolas	2. Uso de pesticidas	3. Industria
Guaymas-Empalme	1. Termoeléctrica	2. Industria	3. Vehículos particulares
Hermosillo	1. Vehículos particulares	2. Transporte público	3. Uso de pesticidas
Caborca	1. Quemadas agrícolas	2. Quema de basura	3. Uso de pesticidas

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de las Encuestas de Percepción de la Calidad del Aire en Sonora.

Por último, los resultados de las encuestas muestran que el 64% de los encuestados no saben dónde consultar la calidad de aire en sus localidades (Figura 42), por lo que es necesario diseñar e implementar una estrategia que informe a la población de manera fácil y oportuna la calidad del aire (considerando redes sociales y portales institucionales), además, de ampliar la cobertura de las estaciones de monitoreo a fin de contar con la información insumo.

Figura 42. Porcentaje de la población que sabe dónde consultar la calidad del aire.



Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de las Encuestas de Percepción de la Calidad del Aire en Sonora.

5.3 Educación ambiental

En la actualidad se presenta un deterioro en nuestro medio ambiente el cual exige programas y medidas que resulten en una nueva forma de educar, pues de no ser así, no se dará una transformación a fondo del actuar de la sociedad frente a los problemas ambientales. Por ello, el Programa de Gestión para Mejorar la Calidad del Aire del Estado de Sonora surge como un proyecto que busca promover la participación ciudadana en la mejora de la calidad del aire, así como generar conciencia y una actitud activa en favor del medio ambiente.

El objetivo de la medida de educación ambiental es sensibilizar a todos los sectores de la sociedad sobre el impacto que tenemos sobre el medio ambiente, los ecosistemas y los recursos naturales.

Asimismo, se busca que el ProAire sea integrado y difundido en los departamentos y áreas de educación ambiental de CEDES y los municipios, así como de los programas educativos del Estado a fin de que se garantice y mejoren los talleres, exposiciones, ferias, celebraciones y conferencias en el tema de la calidad del aire y sus efectos en la salud.

Retomando la encuesta de percepción de la calidad de aire, se preguntó a los informantes si participarían en algún programa y/o actividad que incentive y promueva la educación ambiental. Los resultados muestran que el 43% de los encuestados afirman *tal vez* participar en algún programa y/o actividad, mientras que el 21% mencionó no participar (Figura 43). Los resultados son preocupantes ya que si sumamos los porcentajes de *tal vez* y *no*, más del 60% de los encuestados no les interesaría participar en alguna actividad, por ello se requiere sensibilizar y concientizar a la población sobre la importancia de la educación ambiental.

Figura 43. Porcentaje de población que participaría en algún programa o actividad en educación ambiental.



Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados de las Encuestas de Percepción de la Calidad del Aire en Sonora.

RESUMEN:

La Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora (CEDES), es la responsable de la ejecución y evaluación de la política ambiental del Estado a través de la promoción de la participación y responsabilidad de la sociedad civil e iniciativa privada en la formulación de la política ecológica, la aplicación de sus instrumentos, acciones de información y vigilancia y, en general, en las acciones ecológicas que emprenda el Estado.

La CEDES además es la responsable de realizar y promover estudios e investigaciones de carácter científico y tecnológico en materia de ecología y medio ambiente, así como difundir y promover la cultura y los valores ecológicos.

Respecto a la encuesta de percepción de la calidad del aire implementada en los municipios de: Agua Prieta, Caborca, Cajeme, Guaymas-Empalme, Hermosillo, Navojoa, Nogales y San Luis Rio Colorado, se tuvo respuesta de 11, 715 informantes; y el objetivo fue conocer la percepción de la población en el tema de la calidad del aire. La difusión de la encuesta estuvo a cargo de CEDES y los municipios que integran el ProAire.

El llenado del formulario fue de manera electrónica y constó de 9 preguntas en 4 ejes: percepción de la calidad del aire, impactos a la salud, fuentes de emisión de contaminantes y educación ambiental.

Los resultados más sobresalientes son:

- La calidad del aire que se respira en los municipios de Cajeme, Guaymas- Empalme y Navojoa presentan una calidad del aire entre muy buena y buena; Caborca, Hermosillo, Nogales y San Luis Rio Colorado muestran una calidad del aire regular, y por último, Agua Prieta presenta el porcentaje más alto con una calidad del aire entre muy mala y mala.
- El 43% mencionó que la contaminación del aire puede ocasionar enfermedades respiratorias y el 19% considera que la contaminación del aire puede ocasionar enfermedades respiratorias, agrava enfermedades de corazón y sistema circulatorio.
- Los resultados de las encuestas muestran que al 39% de los encuestados les preocupa algo el tema de la calidad del aire, el 37% mucho, el 18% poco y el 6% nada.

CAPÍTULO 6

ESTRATEGIAS Y MEDIDAS



6.1 Introducción a estrategias y medidas del ProAire

Considerando los resultados del diagnóstico que precede a este capítulo, se definieron las siguientes líneas estratégicas para reducir la emisión de contaminantes en esta entidad:

1. Emisiones de fuentes fijas
2. Emisiones de fuentes móviles
3. Emisiones de fuentes de área
4. Protección a la salud de la población
5. Comunicación y educación ambiental
6. Fortalecimiento institucional.

A su vez, las estrategias se desagregaron en medidas específicas, estas últimas resultantes de una serie de reuniones y talleres realizadas con los diversos sectores involucrados (instituciones gubernamentales, no gubernamentales, industrial, académico, investigación, etc.). Para cada medida se ha planteado una meta y se han establecido indicadores cualitativos y cuantitativos para su evaluación. Para la realización de las medidas seleccionadas, se han definido acciones para cada una de ellas, a través de una ruta crítica.

La estructura de la ficha técnica que describe cada una de las medidas definidas bajo cada línea estratégica, está integrada de la siguiente manera:

1. Medida.
2. Objetivo.
3. Justificación.
4. Beneficios esperados.
5. Responsable y participantes de la medida.
6. Metas e indicador de la medida.
7. Acciones de la medida.
8. Costo estimado.

En este capítulo se muestran las medidas definidas para el Programa de Calidad del Aire del Estado de Sonora, de acuerdo a la estructura antes mencionada. Se espera que esta serie de medidas y acciones permitan alcanzar una mejora en la calidad del aire, y por consecuencia en la calidad de vida de los habitantes de esta región del país.

6.1.1 Objetivos

El Programa de Gestión para Mejorar la Calidad del Aire del Estado de Sonora, tiene como objetivo principal proteger la salud de la población, a través de la reducción de las emisiones de contaminantes a la atmósfera.

6.1.2 Estrategias y medidas

Para el diseño de medidas a implementar se utilizaron distintos diagnósticos los cuales se presentan a lo largo del presente ProAire (calidad del aire, inventario de emisiones, impactos a la salud, comunicación y educación ambiental). Como se mencionó al inicio de este apartado son 6 las estrategias bajo las cuales se diseñaron las medidas y acciones y sustentadas en 2 ejes (fuentes emisoras y ejes transversales). La primera de ellas hace referencia a la reducción, control y mitigación de fuentes fijas, móviles y área. Para los ejes transversales su finalidad es indirecta, es decir, no buscan reducir las emisiones, pero sí obtener otro tipo de resultados, los cuales pueden ser: contar con la obtención de información sobre impactos a la salud por la contaminación del aire, la elaboración del programa de contingencias atmosféricas, la aplicación programas de educación ambiental, así como la implementación del sistema de monitoreo atmosférico.

Para el diseño de las medidas de fuentes emisoras se utilizó una de las herramientas más importantes; el inventario de emisiones. Este instrumento ha sido la base principal para definir las medidas. De acuerdo al inventario del Capítulo 3 se han identificado la necesidad de mejorar la regulación de la industria estatal, el controlar las emisiones del sector de energía eléctrica (principalmente bióxidos de azufre), el tomar medidas con respecto a las emisiones generadas por fuentes móviles (principal emisor de monóxido de Carbono, CO y de óxidos de nitrógeno, NOx), así como de las fuentes emisoras de actividades agrícolas (labranza y quema agrícola, principales emisores de material particulado), de regular los comercios y servicios y el realizar acciones para mitigar emisiones por suelos erosionados y el paso de vehículos en caminos pavimentados y no pavimentados, por mencionar alguna.

Las medidas establecidas en este ProAire han sido bajo las seis líneas estratégicas: 3 de fuentes emisoras (fijas, móviles y área), y las otras 3 referente a los ejes transversales (impacto a la salud, educación y comunicación ambiental y fortalecimiento institucional), los cuales fortalecen las medidas de fuentes emisoras. Las medidas establecidas en el presente ProAire son el resultado de una serie de reuniones en donde los participantes del ProAire¹⁸ han definido las mismas en base

¹⁸ Diversos sectores de los tres órdenes de gobierno: ambiental, transporte, salud, agropecuario, desarrollo urbano, entre otros; así como los sectores de la academia, investigación y asociaciones civiles.

a los resultados del diagnóstico presentado en los capítulos anteriores de este documento. Las medidas definidas se enlistan en el siguiente cuadro:

Cuadro 16. Estrategias y medidas por tipo de fuente contaminante y eje transversal.

Estrategia 1. Reducción de emisiones de fuentes fijas	
Medida 1.	Regulación de las industrias estatales
Medida 2.	Control de emisiones a la atmósfera en el sector de generación de energía eléctrica
Estrategia 2. Reducción de emisiones de fuentes de móviles	
Medida 3.	Diseño e implementación de Programa de Verificación Vehicular Estatal
Medida 4.	Desarrollo e implementación del Programa Integral de Movilidad Urbana Sustentable (PIMUS) en las principales zonas urbanas de Sonora
Estrategia 3. Reducción de emisiones de fuentes de área	
Medida 5.	Regulación de comercios y servicios
Medida 6.	Regulación del sector ladrillero
Medida 7.	Control de emisiones de material particulado en superficies desprovistas de recubrimiento
Medida 8.	Regulación de quemas agrícolas
Medida 9.	Promoción de técnicas sustentables durante la realización de actividades agropecuarias
Estrategia 4. Protección a la salud	
Medida 10.	Creación de un sistema que relacione enfermedades con el deterioro de la calidad del aire
Medida 11.	Elaboración del Programa de Contingencias Atmosféricas
Estrategia 5. Comunicación y educación ambiental	
Medida 12.	Elaboración del Programa de Comunicación de la Calidad del Aire de Sonora (PCCS)
Medida 13.	Desarrollo del Programa de Educación de la Calidad del Aire de Sonora (PECAS)
Estrategia 6. Fortalecimiento institucional	
Medida 14.	Actualización del inventario de emisiones
Medida 15.	Ampliación de la red de monitoreo
Medida 16.	Seguimiento y Evaluación al ProAire
Medida 17.	Fortalecimiento de las estructuras municipales de medio ambiente o ecología

6.2 Estrategia 1. Reducción de emisiones de fuentes fijas

Medida 1. Regulación de las industrias estatales

Objetivo:

Contar con una regulación de las industrias estatales más eficiente.

Justificación:

La Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora (CEDES), regula al sector industrial de su jurisdicción a través de sus instrumentos de gestión, tales como la Licencia Ambiental Integral (LAI) y la Cédula de Operación Anual (COA), apoyados con el programa de inspección y el programa de vigilancia que ejecuta la Procuraduría Ambiental del Estado de Sonora (PROAES).

Las COA's entregadas a CEDES por los industriales con actividad 2014 fueron 349, sólo 168 (48%) contaban con información válida para estimar las emisiones. por lo que del 52% es necesario identificar y mejorar sus reportes a través de la COA se realiza la estimación de emisiones a la atmósfera de los contaminantes, por lo que la calidad de la información en la misma, es de suma importancia.

Por otra parte, en el Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE) se cuenta con un registro de 379 unidades económicas estatales en materia de atmósfera, siendo necesario el establecer alguna acción para que incremente el número de COA recibidas de forma anual.

También se requiere mantener actualizados tanto a los empresarios, como a las autoridades reguladoras, en el manejo y revisión de los instrumentos de regulación (LAI, COA, lineamientos de inspección y vigilancia, entre otros), por lo que la capacitación continuara en instrumentos de gestión, lo cual es de gran importancia.

Finalmente, de acuerdo a su legislación (Ver Capítulo 1), CEDES es quien regula la industria de competencia estatal, sin embargo, en su legislación no menciona la obligatoriedad del instrumento de reporte de Cédula de Operación Anual, además de que carecer del reglamento ambiental. Por lo anterior, es importante incluir la obligatoriedad de un instrumento de reporte como la COA.

Términos legales

En la Ley del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente del Estado de Sonora (LEEPAES), Artículo 111, en las siguientes fracciones se establecen los lineamientos de la regulación de fuentes fijas:

Fracción I.- Prevendrán y controlarán la contaminación a la atmósfera en los bienes y zonas de sus respectivas jurisdicciones, así como en fuentes fijas que no sean competencia de la Federación.

Fracción III.- Requerirán a los responsables de las fuentes fijas el cumplimiento de los límites máximos permisibles de emisión, de conformidad con lo dispuesto en las normas oficiales mexicanas.

Fracción IV.- Integrarán un registro de emisiones y transferencia de contaminantes al aire, agua, suelo y subsuelo, materiales y residuos de su competencia;

El registro a que se refiere la fracción anterior, se integrará con los datos y documentos contenidos en las autorizaciones, cédulas, informes, reportes, licencias, permisos y

concesiones que en materia ambiental se tramiten ante la Comisión. La información registrada será pública y tendrá efectos declarativos. Los responsables de las fuentes contaminantes están obligados a proporcionar la información, datos y documentos necesarios para la integración del registro.

Responsable de la medida:

Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora (CEDES)

Participantes:

Procuraduría Ambiental del Estado de Sonora (PROAES) y sector industrial estatal

Beneficios esperados:

- Incrementar el padrón de establecimientos de fuentes fijas estatales.
- Mantener actualizado el padrón de establecimientos de fuentes fijas estatales.
- Mejorar la calidad de la información que presentan los establecimientos de fuentes fijas estatales en sus Cédulas de Operación Anual (COA).

Se tendrá el control del número de fuentes fijas de jurisdicción estatal, lo que permitirá mejorar el padrón y contar con información de calidad que permitirá tener un mejor control sobre las emisiones que se generan en las industrias estatales.

Meta e indicador de la medida

Indicador	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Porcentaje de industrias que entregan COA		60%	65%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	90%

Acciones

Acciones y descripción	Indicador	Cronograma (años)									
		2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
1. Generar el reglamento estatal ambiental. Incluir los apartados de la obligatoriedad de la entrega de la COA. <i>Responsable: CEDES</i>	Reglamento generado										
2. Desarrollar el Programa Soy Industria ProAire. Diseño del Programa en el que las industrias se comprometan a mantener el control sobre sus emisiones, además de implementar acciones ambientales tales como: adopción de predios, reforestación, talleres entre otras. <i>Responsable: CEDES</i>	Programa desarrollado										
3. Implementar el Programa Soy Industria ProAire. Implementación del programa <i>Responsable: CEDES</i>	Programa implementado										
4. Actualizar el padrón industrial. Mantener actualizado el padrón industrial a través de las licencias, COA, denuncias y otras fuentes y conformar una base de datos. <i>Responsable: CEDES</i>	Padrón actualizado										

Medida 2. Control de emisiones a la atmósfera en el sector de generación de energía eléctrica

Objetivo:

Controlar emisiones a la atmósfera en el sector de generación de energía eléctrica

Justificación:

En el 2015 la capacidad de generación de electricidad por la Comisión Federal de Electricidad (CFE) estaba integrada por 188 centrales de generación eléctrica, diversificadas en diez tipos de tecnología: vapor (combustóleo y gas), carboeléctrica, geotermoeléctrica, ciclo combinado, turbo gas, combustión interna, hidroeléctrica, eololéctrica, nucleoléctrica y solar fotovoltaica. Esta capacidad instalada fue de 41,899.4 Mega watts (MW), de la cual el 10% es de las carboeléctricas.

Por la naturaleza de los procesos incluidos en la generación de energía eléctrica a través de plantas termoeléctricas, este sector industrial es uno de los principales generadores de contaminantes criterio a la atmósfera, principalmente material particulado (PM₁₀ y PM_{2.5}, así como bióxido de azufre (SO₂), ver capítulo 3.

Utiliza combustibles tal y tal.....

CFE está trabajando en la conversión de las termoeléctricas a ciclo combinado, así como en la construcción de sus nuevas plantas el utilizar combustibles limpios y equipos más eficientes. En Sonora, CFE en el 2014 construyó una planta de generación a partir de gas natural, Agua Prieta II, además se dio el inicio de dos nuevas centrales de generación que utilizan gas natural, en Empalme I y II.

Aún falta por modernizar las plantas de Guaymas y Pitiquito, y sustituir el uso de combustóleo por combustibles más limpios.

Términos legales

De acuerdo a la Ley General de Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) en su Art. 11 Bis, le compete a la federación regular la industria de Generación de Energía Eléctrica, a través de su Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA).

Responsable de la medida:

Comisión Federal de Electricidad (CFE)

Participantes: Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)

Beneficios esperados:

Disminución en las emisiones de gases de combustión y material particulado, como resultado de la implementación de mejores prácticas ambientales.

Meta e indicador de la medida

Indicador	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Acciones de autorregulación implementadas (si/no)										

Acciones											
Acciones y descripción	Indicador	Cronograma (años)									
		2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
1. Mantener el sistema de gestión ambiental. A través de diversas acciones de que permitan operar dentro de los rangos establecidos de calidad de la planta. <i>Responsable: CFE</i>	Reporte del Sistema de Gestión.										
2. Garantizar el régimen térmico en los equipos de combustión. A través del régimen térmico, se busca el control de temperaturas para una combustión eficiente que reduzca la emisión de gases de combustión. <i>Responsable: CFE</i>	Régimen térmico dentro del 80% de eficiencia										
3. Realizar de forma continua mantenimiento en equipos fijos y móviles. El mantenimiento se realizará de forma anual como forma preventiva para el buen funcionamiento de los equipos. <i>Responsable: CFE</i>	Mantenimiento realizado										
4. Puesta a punto de la combustión. Realizar la adopción de esta buena práctica para que los equipos de combustión se encuentren calibrados estequiométricamente y se logre una combustión más eficiente. <i>Responsable: CFE</i>	Número de puestas a punto de combustión por caldera										
5. Control de emisiones indirectas. A través de la verificación vehicular de la flota en uso por las áreas operativas de CFE. <i>Responsable: CFE</i>	Total de vehículos en uso verificados.										
Costo estimado											
Acciones	Monto estimado (M.N.)										
1. Mantener el sistema de gestión ambiental.	-										
2. Garantizar el régimen térmico en los equipos de combustión.	-										
3. Realizar de forma continua mantenimiento en equipos fijos y móviles.	-										
4. Puesta a punto de la combustión.	-										
5. Control de emisiones indirectas.	-										
Total	-										

Nota: Los costos de la implementación de cada acción serán absorbidos por CFE.

6.3 Estrategia 2. Reducción de las emisiones de las fuentes móviles

Medida 3. Diseño e implementación del Programa de Verificación Vehicular Estatal

Objetivo:

Contar con un instrumento para verificar el cumplimiento de la normatividad ambiental en materia de emisión de gases contaminantes provenientes de los vehículos en circulación.

Justificación:

Los vehículos automotores son una de las principales fuentes de emisión de gases contaminantes a la atmósfera. Los resultados del inventario de emisiones 2014 para el Estado de Sonora indican que el 67% del monóxido de carbono (CO), el 69% de los óxidos de nitrógeno (NOx) y el 26% de los compuestos orgánicos volátiles (COV), proviene del escape de los automotores en circulación (Ver Capítulo 3). Los COV y los NOx son precursores de la formación de ozono, uno de los contaminantes de mayor interés en las zonas urbanas, debido a sus efectos adversos hacia la salud humana, los ecosistemas y los bienes materiales.

Para regular la emisión de contaminantes al aire, que son originados por los vehículos automotores en circulación, a nivel nacional se cuenta con las normas oficiales mexicanas NOM-041-SEMARNAT-2015¹⁹ y NOM-047-SEMARNAT-2014²⁰, que establecen los límites máximos permisibles de emisión y el procedimiento de medición, respectivamente, para vehículos a gasolina; y la NOM-045-SEMARNAT-2006²¹ que define los límites máximos permisibles de emisión y el procedimiento de medición para vehículos a diésel. La observancia de estas normas es obligatoria para el propietario, o legal poseedor de los vehículos automotores que circulan en el país, así como responsabilidad de las entidades federativas y municipios su implementación.

En el Estado de Sonora se han realizado esfuerzos importantes por implementar un programa de verificación vehicular. En el año 2014 se dio inicio al *Programa piloto de verificación vehicular* por parte de la Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora (CEDES), iniciando en los municipios de Hermosillo, Nogales, San Luis Río Colorado y Obregón, por ser las ciudades con un mayor padrón vehicular. El piloto se planteó de forma gratuita para todos aquellos propietarios de vehículos automotores que desearan realizar la verificación de gases de su automotor.

¹⁹ NOM-041-SEMARNAT-2015, Que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 10 de mayo de 2015.

²⁰ NOM-047-SEMARNAT-2014, Que establece las características del equipo y el procedimiento de medición para la verificación de los límites de emisión de contaminantes, provenientes de los vehículos automotores en circulación, que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural u otros combustibles alternos. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 26 de noviembre de 2014.

²¹ NOM-045-SEMARNAT-2006, Protección ambiental.- Vehículos en circulación que usan diésel como combustible.- Límites máximos permisibles de opacidad, procedimiento de prueba y características técnicas del equipo de medición. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 13 de septiembre de 2007.

Ante esta situación, y con el propósito de regular la emisión de gases contaminantes provenientes de vehículos automotores en circulación, esta medida plantea la necesidad de diseñar e implementar un programa de verificación vehicular obligatorio para los vehículos ligeros y pesados que circulan en el Estado de Sonora. Aunque se plantea un programa de alcance estatal, inicialmente se enfocará a los municipios con mayor parque vehicular: Agua Prieta, Hermosillo, Ciudad Obregón, Guaymas, Nogales y San Luis Río Colorado.

Términos legales

En la Ley del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente del Estado de Sonora (LEEPAES), Artículo 111 Fracción V, se especifica que el Estado y el ayuntamiento establecerán y operarán sistemas de verificación de emisiones de vehículos automotores en circulación. Sección III. De la emisión de contaminantes a la atmósfera generada por fuentes móviles de contaminación atmosférica.

Responsable de la medida:

Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora (CEDES)

Participantes:

Dirección de Transporte Estatal, tránsito, autoridades de medio ambiente municipales.

Beneficios esperados:

De acuerdo a la literatura, la reducción de emisiones al implementar un programa de verificación vehicular obligatorio con prueba dinámica para vehículos ligeros es de aproximadamente 20% para CO, 19% para los COV y 13% para NOx.

Meta e indicador de la medida

Indicador	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Programa de verificación operando										

Acciones

Acciones y descripción	Indicador	Cronograma (años)									
		2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
1. Incluir en el reglamento ambiental del Estado la regulación de vehículos. CEDES gestionará en su reglamento ambiental la regulación de emisiones a la atmósfera de vehículos automotores, a través de la aplicación del programa de verificación vehicular. <i>Responsable: CEDES</i>	Reglamento ambiental estatal publicado										
2. Realizar convenio entre autoridades estatales y municipales. Convenio entre la Dirección de Transporte Estatal, los municipios y CEDES para coordinarse en la operación del PVV. <i>Responsable: CEDES</i>	Convenio firmado										
3. Diseñar el PVV.	Programa diseñado										

<p>Establecer las reglas de operación de programa de verificación vehicular, en cuanto al tipo y periodicidad de la prueba, cantidad y tipo de centros de verificación, costos, incentivos, multas, administración, entre otros aspectos. <i>Responsable: CEDES</i></p>																				
<p>4. Desarrollar infraestructura. Definir la cantidad de centros de verificación vehicular por municipio, así como las características con las que deberán cumplir en cuanto a espacios, equipamiento y líneas de verificación. <i>Responsable: Dirección de Transporte</i></p>	Número de Centros de verificación vehicular																			
<p>5. Implementar el PVV estatal Operación del programa de verificación vehicular en el cual ya se realicen actividades de venta de holograma, la prueba de emisiones, vigilancia y seguimiento por parte de la autoridad. <i>Responsable: CEDES</i></p>	Programa de verificación vehicular implementado																			
<p>6. Diseñar campaña de sensibilización de las bondades sobre el mantenimiento vehicular y el PVV. Realizar campaña de sensibilización hacia la población en general, enfatizando en los beneficios ambientales y de salud de la población. <i>Responsable: CEDES</i></p>	Campaña desarrollada																			
<p>7. Crear fondo para cuidado del medio ambiente. Con los recursos económicos obtenidos por la autoridad como parte de la operación del programa de verificación vehicular crear un fondo orientado a apoyar programas y actividades de índole ambiental. <i>Responsable: CEDES</i></p>	Informe del Fondo Ambiental																			

Costo estimado

Acciones	Monto estimado (M.N.)
1. Incluir en el reglamento de ambiental del Estado la regulación de vehículos.	-
2. Realizar convenio entre autoridades estatales y municipales.	-
3. Diseñar el PVV.	\$1,000,000.00
4. Desarrollar infraestructura (1)	\$1,500,000.00
5. Implementar el PVV estatal (2)	\$3,000,000.00
6. Diseñar campaña de sensibilización de las bondades sobre el mantenimiento vehicular y el PVV.	\$3,000,000.00
7. Crear fondo para cuidado del medio ambiente.	-
Total	\$8,500,000.00

Nota: (1) Costo aproximado de la infraestructura por centro de verificación vehicular. (2) considera la compra de equipo de cómputo para seguimiento del programa, almacenamiento y análisis de información, equipo de vigilancia, capacitación de personal. No considera pago sueldos.

Medida 4. Desarrollo e implementación del Programa Integral de Movilidad Urbana Sustentable (PIMUS) en las principales zonas urbanas de Sonora

Objetivo:

Implementar el Programa de Infraestructura y Movilidad Urbana Sustentable (PIMUS) en las principales zonas urbanas del estado.

Justificación:

El crecimiento de las zonas urbanas se ha dado de una forma dispersa, inconexa y expansiva, fragmentando el espacio urbano y aumentando las distancias y tiempos de traslado. Asimismo, el modelo de movilidad que ha acompañado a este proceso de crecimiento urbano es claramente insostenible. Esta tendencia implica un aumento de impactos negativos como la emisión de contaminantes atmosféricos de impacto local y global, congestión y ruido, accidentes, entre otros (ITDP, 2013). Por ejemplo, en México, el sector autotransporte utiliza cerca de una tercera parte de la energía generada a partir de combustibles fósiles, y emite una quinta parte de los gases efecto invernadero, además de consumir el 8% del tiempo de traslado de la habitante de las grandes metrópolis del país (Molina, 2016).

En las sociedades modernas, la movilidad ocupa un papel central, dado que permite la comunicación, las actividades económicas e integra los espacios y las actividades; es una necesidad de todas las personas para tener acceso a los bienes y servicios (ITDP, 2015). Sin embargo, como se ha actuado hasta ahora es con una falta de visión a largo plazo para responder a necesidades futuras, por lo que es necesario articular los planes de desarrollo urbano y los proyectos de inversión en transporte público.

Ante esta situación, es necesario establecer criterios de diseño, zonificación y planeación urbana en función de la capacidad de una zona para realizar una movilidad sustentable. Se debe dar prioridad a la implementación de un sistema integrado de transporte urbano, considerando la movilidad no motorizada, el uso racional del automóvil particular y el respeto al espacio público; así, como potenciar la inversión en infraestructura de transporte urbano.

Para el caso del Estado de Sonora, esta medida se enfocará a las ciudad de Hermosillo, Ciudad Obregón (cabecera municipal de Cajeme) y Nogales, dada su alta densidad poblacional y problemas de movilidad y emisión de contaminantes atmosféricos. Información de INEGI muestra que Hermosillo 31%; Cajeme, 15%; y, Nogales 8% son los municipios con la mayor cantidad de habitantes; en conjunto concentraban en el año 2015 el 54% del total de la población estatal. Adicionalmente, en estos mismos municipios circula la mayor cantidad de vehículos automotores: Hermosillo, 35%; Cajeme, 16%; y, Nogales, 10%, lo cual es congruente con los resultados del inventario de emisiones para el Estado de Sonora, año 2014, lo que muestra que estos municipios son los principales emisores de contaminantes de origen vehicular (Ver Capítulo 3).

Dado lo anterior y con la finalidad de proponer soluciones de movilidad que mejoren la calidad del aire y la movilidad en los municipios de Hermosillo, Cajeme (Ciudad Obregón) y Nogales, es que se propone la medida de Desarrollo e Implementación del Programa de Infraestructura y Movilidad Urbana Sustentable (PIMUS).

Términos legales

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos y la Ley General de Asentamientos Humanos establecen que a la Federación le corresponden las siguientes facultades, de acuerdo al Artículo 7º: asesoría financiera, asesoría técnica, y planeación del desarrollo urbano y la política de suelo a nivel nacional. Mientras que a las entidades federativas les otorga la gestión del transporte masivo y de las vialidades primarias; a los municipios les corresponde la gestión de las vialidades secundarias.

En la Ley del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente del Estado de Sonora (LEEPAES), Artículo 22 Fracción IV.- Se deberá promover y privilegiar el uso y el establecimiento de sistemas de transporte colectivo de alta eficiencia energética y ambiental.

Responsable de la medida: Instituto de Planeación Urbana de Hermosillo, (IMPLAN de Hermosillo), Instituto Municipal de Planeación Urbana de Cajeme (IMIP Cajeme), e Instituto Municipal de Planeación Urbana de Nogales (IMIP Nogales)

Participantes: Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora (CEDES), Dirección de Transporte Estatal.

Beneficios esperados

Contar con un sistema de transporte eficiente, seguro y amigable con el medio ambiente, que reduzca los tiempos de recorrido, la cantidad de accidentes viales, el consumo energético y la emisión de contaminantes atmosféricos, lo que otorgará a los habitantes del Estado de Sonora una mejor calidad de vida.

Meta e indicador de la medida

Indicador	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
PIMUS Implementado										

Acciones

Acciones y descripción	Indicador de la acción	Cronograma (años)									
		2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
1. Reformar la Ley de Transporte 149 del Estado de Sonora Reformar la ley para incluir apartado de movilidad sustentable <i>Responsable: Dirección de transporte estatal</i>	Ley reformada										
2. Adecuar el reglamento municipal de acuerdo a la acción anterior. <i>Responsable: IMPLAN de Hermosillo, IMIP de Cajeme y Nogales</i>	Reglamento municipal actualizado										
3. Realizar convenio entre autoridades estatales y municipales. El convenio a realizar es para coordinarse entre las autoridades para mejorar la movilidad. <i>Responsable: IMPLAN de Hermosillo, IMIP de Cajeme y Nogales</i>	Convenio realizado										
4. Desarrollar el estudio PIMUS. El estudio contemplará la planeación de: <i>a. Car pool</i>	Estudio PIMUS desarrollado										

<p>b. Transporte público sustentable: eficiente, con las mejores tecnologías de control de emisiones, seguro, carril confinado (BRT), con la mejor cobertura.</p> <p>c. Estudio de rutas <i>Reorganización de rutas</i></p> <p>d. Análisis de desarrollo de infraestructura para transporte no motorizado</p> <p>e. Costos y posibles fuentes de financiamiento.</p> <p>f. Propuesta de indicadores de gestión y desempeño para monitoreo y evaluación de acciones.</p> <p>Este estudio se realizará para las ciudades de Hermosillo, Ciudad Obregón en Cajeme y Nogales. <i>Responsable: IMPLAN de Hermosillo, IMIP de Cajeme y Nogales</i></p>											
<p>5. Implementar el estudio PIMUS. Una vez que se cuente con los resultados del <i>Programa de Infraestructura y Movilidad Urbana Sustentable</i>, las autoridades decidirán su ejecución en función de sus prioridades. <i>Responsable: IMPLAN de Hermosillo, IMIP de Cajeme y Nogales</i></p>	<p>PIMUS implementado</p>										

Costo estimado

Acciones	Monto estimado (M.N.)
1. Reformar la Ley de Transporte Número 149 del Estado de Sonora	-
2. Adecuar el reglamento municipal de acuerdo a la acción anterior.	-
3. Realizar convenio entre autoridades estatales y municipales.	-
4. Desarrollar el estudio PIMUS (1)	\$20,000,000.00
5. Implementar el estudio PIMUS (2)	-
Total	\$20,000,000.00

Nota: (1) el estudio PIMUS incluye a los tres municipios: Hermosillo, Cajeme y Nogales; (2) el monto de la implementación de las acciones dependerá del resultado del estudio PIMUS.

6.4 Estrategia 3. Reducción de emisiones de fuentes de área

Medida 5. Regulación de comercios y servicios

Objetivo:

Regular a las fuentes de área (comercios y servicios) de jurisdicción municipal, a través de la normatividad ambiental aplicable.

Justificación:

Las fuentes de área se definen como aquellos establecimientos que son numerosos, y sus emisiones en forma individual no son grandes, pero en conjunto contribuyen de manera importante a la emisión de contaminantes atmosféricos. En esta fuente se encuentran categorías como los restaurantes, los hoteles, los talleres mecánicos, las tintorerías, las tortillerías, las ladrilleras: en general lo referente a comercios y servicios.

Resultado del inventario de emisiones 2014 para el Estado de Sonora, muestran la importancia de los comercios y servicios, principalmente en la emisión de compuestos orgánicos volátiles (COV).

La diversidad y cantidad de este tipo de categorías de emisión dificulta tener un registro de cada una de ellas, así como sus características específicas en cuanto al tipo y cantidad de combustible o materias primas utilizadas, horas de operación, número de empleados y por su puesto su contribución a la emisión de contaminantes atmosféricos. Esta falta de precisión en la información con que se cuenta actualmente acerca de ciertas categorías de fuentes de área, se ve reflejada en la estimación del inventario de emisiones, cuya incertidumbre pudiera ser muy alta para algunas categorías.

Una de las principales fuentes de información para obtener un padrón de algunas categorías de fuentes de área es el Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE) publicado por el INEGI, el cual contiene información de la cantidad, actividad, localización, número de empleados, entre otros datos; sin embargo, carece de información de consumo de combustible, vital para la estimación de emisiones contaminantes al aire.

Ante esta necesidad de información, esta medida de regulación de comercios y servicios propone recopilar datos técnicos de este tipo de establecimientos, no sólo en cuanto a un padrón pero también en relación a contar con la cantidad y tipo de combustible utilizado, horas de operación por día de la semana, insumos y productos. Esta información mejoraría sustancialmente el entendimiento de la contribución de las fuentes de área a la emisión de contaminantes atmosféricos en el Estado de Sonora.

Términos legales

En la Ley del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente del Estado de Sonora (LEEPAES), establece en su Artículo 111 Fracción IV.- (Integrar un registro de emisiones y transferencia de contaminantes al aire, agua, suelo y subsuelo, materiales y residuos de su competencia.

El registro a que se refiere la fracción IV de este artículo se integrará con los datos y documentos contenidos en las autorizaciones, cédulas, informes, reportes, licencias, permisos y concesiones que en materia ambiental se tramiten ante la Comisión o los ayuntamientos.

La información registrada será pública y tendrá efectos declarativos. Los responsables de las fuentes contaminantes están obligados a proporcionar la información, datos y documentos necesarios para la integración del registro.

Responsable de la medida: Municipios de Agua Prieta, Cajeme, Caborca, Empalme, Guaymas, Hermosillo, Navojoa, Nogales y San Luis Rio Colorado.

Participantes: Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora (CEDES).

Beneficios esperados:

Generar información para estimar con mayor precisión la contribución de emisión de contaminantes a la atmósfera por las fuentes de área, con la finalidad de regular la actividad de los establecimientos comerciales y de servicios.

Meta e indicador de la medida

Indicador	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Porcentaje de comercios y servicios regulados			20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	80%

Acciones

Acciones y descripción	Indicador de la acción	Cronograma (años)									
		2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
1. Actualizar los reglamentos ambientales municipales en materia de comercios y servicios de jurisdicción municipal y con emisiones a la atmósfera. Definir los instrumentos de regulación y el cómo aplicarlos. <i>Responsable: Autoridades ambientales municipales</i>	Reglamento actualizado										
2. Generar reglamentos ambientales municipales en aquellos municipios que aún no cuentan con este instrumento. Definir los instrumentos de regulación y el cómo aplicarlos. <i>Responsable: Autoridades ambientales municipales</i>	Reglamento generado										
3. Crear instrumento de reporte de emisiones a la atmósfera. A través de la Licencia de Funcionamiento de Operación de fuentes fijas, adecuarla para que los comercios y servicios reporten datos de actividad para que las autoridades municipales puedan estimar sus emisiones. Para los casos donde la licencia de funcionamiento no permita	Instrumento de reporte implementado para los establecimientos										

Medida 6. Regulación del sector ladrillero

Objetivo:

Regular al sector ladrillero, a través de un padrón confiable que contenga las características generales y de operación este tipo de establecimientos.

Justificación:

En México, la fabricación artesanal de ladrillo es una práctica común en gran parte del país, por lo que se estima que en el año 2013 existía un padrón de aproximadamente 17 mil hornos ladrilleros tradicionales (CCAC, 2013). Sin embargo, su manufactura y cocción se basan en tecnologías y procedimientos ineficientes en el aprovechamiento de la energía y con un alto riesgo para la salud de los trabajadores y la calidad del aire de la región.

Uno de los problemas principales es que en los hornos tradicionales se quema todo tipo de combustibles, desde leña, madera, aserrín, bagazo, aceites gastados, combustóleo hasta plásticos, tela, llantas y residuos urbanos en general. Esta situación ha ocasionado que la determinación de la contribución de las emisiones contaminantes al aire por esta actividad sea poco precisa y aún más, que los trabajadores directos en esta actividad estén expuestos a una gran diversidad de gases contaminantes.

Los resultados del inventario de emisiones, año base 2014, para el Estado de Sonora (Ver el Capítulo 3 de este documento), indican que la actividad de fabricación artesanal de ladrillo contribuye, principalmente, con el 3% de PM_{10} y 5% de $PM_{2.5}$; sin embargo, el impacto directo sobre la salud de los trabajadores pudiera ser aún más importante.

Mejores tecnologías para la cocción de ladrillos son utilizadas actualmente en México, como por ejemplo, túneles que queman gas natural, los hornos verticales VSBK, así como hornos MK-2 (Cárdenas, Aréchiga, Munguía, Márquez, & Campos, 2012, pág. 54). La ventaja de este tipo de hornos es debido a su proceso de quemado continuo, consumen menos combustible aumentando la eficiencia en el consumo de energía y reduciendo la emisión de contaminantes a la atmósfera, dando como resultado un menor impacto en la salud de los trabajadores que laboran directamente en el mismo sitio de la cocción.

Investigaciones realizadas por el Instituto Nacional de Ecología (ahora Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, INECC) muestran un horno tipo MK2 podía alcanzar una reducción en las emisiones de contaminantes de hasta un 50% con respecto a un horno tradicional. Incluso, un simple cambio en el dosificador o alimentador de combustible al horno puede inducir un ahorro hasta del 20%.

Para abordar este problema, se propone la medida de regulación del sector ladrillero, la cual además de proponer la disminución de contaminantes al aire, considera la generación de información acerca de esta actividad para su mejor caracterización y seguimiento.

Términos legales

La Ley del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente del Estado de Sonora (LEEPAES), establece en su Artículo 8º Fracción III.- La aplicación de las disposiciones

jurídicas en materia de prevención y control de la contaminación atmosférica generada por fuentes fijas que funcionen como establecimientos mercantiles o de servicios [...] que no sean consideradas de jurisdicción federal o estatal, con la participación que de acuerdo con esta ley corresponda al Estado.

Artículo 110.- Para la protección de la atmósfera se considerarán los siguientes criterios:
Fracción II.- Las emisiones de contaminantes de la atmósfera, sean de fuentes artificiales o naturales, fijas o móviles, deben ser reducidas y controladas para asegurar una calidad del aire satisfactoria para el bienestar de la población y el equilibrio ecológico.

Artículo 111 Fracción IV.- Integrar un registro de emisiones y transferencia de contaminantes al aire, agua, suelo y subsuelo, materiales y residuos de su competencia.

El registro a que se refiere la fracción IV de este artículo se integrará con los datos y documentos contenidos en las autorizaciones, cédulas, informes, reportes, licencias, permisos y concesiones que en materia ambiental se tramiten ante la Comisión o los ayuntamientos.

La información registrada será pública y tendrá efectos declarativos. Los responsables de las fuentes contaminantes están obligados a proporcionar la información, datos y documentos necesarios para la integración del registro.

Responsable de la medida: Gobiernos municipales de Cajeme, Caborca, Empalme, Hermosillo, Navojoa y San Luis Río Colorado

Participantes: CEDES

Beneficios esperados

Reducción entre un 20-50% de emisiones locales CO, HC, PM_{2.5}, gases efecto invernadero CO₂ y CH₄, así como contaminantes climáticos de vida corta como el carbono negro (BC).

Meta e indicador de la medida

Indicador	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Padrón de ladrilleras actualizado										

Acciones

Acciones y descripción	Indicador	Cronograma (años)									
		2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
1. Actualizar el reglamento municipal ambiental Incluir en el reglamento municipal los instrumentos para la regulación de la actividad de fabricación artesanal de ladrillo. <i>Responsable: Autoridades ambientales municipales</i>	Reglamento actualizado										
2. Generar un padrón de ladrilleras. Generar un padrón de unidades de fabricación artesanal de ladrillo y actualizarlo periódicamente. El padrón	Padrón de ladrilleras generado										

<p>incluirá datos técnicos del proceso de producción de ladrillos. (P. Ej. Consumo por tipo de combustible, materia prima, capacidad, horas de operación, producción, georreferenciación). <i>Responsable: Autoridades ambientales municipales</i></p>																			
<p>3. Realizar estudio de factibilidad. Realizar un estudio de factibilidad económica para la sustitución de hornos tradicionales por nuevas tecnologías más eficientes y menos contaminantes.</p>	Estudio de factibilidad realizado																		
<p>4. Implementar un programa de inspección y vigilancia. Elaborar un programa permanente de vigilancia, con la finalidad de verificar el cumplimiento de las ladrilleras en cuanto a la emisión de contaminantes atmosféricos. <i>Responsable: Autoridades ambientales municipales</i></p>	Programa implementado / Número de inspecciones realizadas por año																		
Costo estimado																			
Acciones															Monto estimado (M.N.)				
1. Actualizar el reglamento municipal ambiental.															-				
2. Generar un padrón de ladrilleras.															\$500,000.00				
3. Realizar estudio de factibilidad															\$500,000.00				
4. Implementar un programa de inspección y vigilancia.															\$250,000.00				
Total															\$1,250,000.00				

Medida 7. Control de emisiones de material particulado en superficies desprovistas de recubrimiento

Objetivo:

Localizar, identificar y recubrir las zonas desprovistas de algún tipo de recubrimiento en las zonas urbanas.

Justificación

Por sus características fisiográficas, en específico por su clima y su tipo de suelo (regiones semi-áridas y áridas) en el Estado de Sonora predominan las emisiones de material particulado, debido a la acción del viento sobre el suelo que no cuenta con una cubierta vegetal, o bien la vegetación es muy escasa.

Mediciones históricas y recientes de partículas de las estaciones de monitoreo de calidad del aire en las ciudades de Agua Prieta, Hermosillo, Nogales y San Luis Río Colorado, registran que las concentraciones de PM₁₀ superan el límite máximo permisible establecido en la NOM-025-SSA1-2014 de Salud (Ver Capítulo 2). Asimismo, resultados del inventario de emisiones 2014 para el Estado de Sonora muestran que las principales categorías de emisión de partículas son la erosión eólica sobre suelos desprovistos de algún tipo de recubrimiento y/o vegetación, así como por caminos no pavimentados (Ver Capítulo 3).

Se propone esta medida en la que se identifiquen y prioricen dentro de las zonas urbanas de Agua Prieta, Cajeme, Caborca, Guaymas, Hermosillo, Navojoa, Nogales y San Luis Río Colorado, los predios desprovistos de algún tipo de recubrimiento, se realice el inventario de éstos, partiendo de imágenes de satélite y con levantamiento directo para corroborar las condiciones actuales de los mismos.

A partir de los resultados del levantamiento de predios por municipio, el cual deberá incluir el tipo de suelo y la superficie, se propondrá algún tipo de recubrimiento natural, incluyendo sus costos y el escenario de reducción de emisiones debido al recubrir a colocar.

Términos legales

En la Ley del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente del Estado de Sonora (LEEPAES):

Artículo 110.- Para la protección de la atmósfera se considerarán los siguientes criterios: Fracción II.- Las emisiones de contaminantes de la atmósfera, sean de fuentes artificiales o naturales, fijas o móviles, deben ser reducidas y controladas para asegurar una calidad del aire satisfactoria para el bienestar de la población y el equilibrio ecológico.

Responsable de la medida: Autoridades de desarrollo urbano de los municipios de Agua Prieta, Cajeme, Caborca, Guaymas, Hermosillo, Navojoa, Nogales y San Luis Río Colorado.

Participantes: Autoridades ambientales municipales, los Institutos Municipales de Planeación Urbana (IMIP), y los Institutos de Planeación Urbana de los Municipios (IMPLAN) y la Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora (CEDES)

Beneficios esperados: Disminución de la emisión de partículas en zonas urbanas.

Meta e indicador de la medida											
Indicador	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	
Superficie recubierta			30%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	40%	
Acciones											
Acciones y descripción	Indicador	Cronograma (años)									
		2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
1. Realizar un estudio de levantamiento de superficies desprovistas de recubrimiento. El estudio incluirá el inventario de vialidades pavimentadas y no pavimentadas para cada municipio, así como los métodos sustentables para el recubrimiento de las áreas. Cada municipio realizará su estudio. <i>Responsable: Autoridades de desarrollo urbano municipales</i>	Estudio realizado										
2. Realizar estudio de suelos erosionados y con probabilidad de ser erosionados. El estudio sirve para identificar aquellos suelos erosionados o proclives a erosionarse para recuperarlos o bien recubrirlos. <i>Responsable. SAGARPHA</i>	Estudio realizado										
3. Realizar el recubrimiento de vialidades y/o predios descubiertos. De acuerdo a los resultados del estudio de levantamiento de superficies desprovistas de recubrimiento, realizar las acciones de recubrimiento necesarias. <i>Responsable: Autoridades de desarrollo urbano municipales</i>	Porcentaje de superficie recubierta										
4. Establecer lineamientos para la regulación del desmonte de predios. Estos lineamientos deberán incluirse en el reglamento de desarrollo urbano y ambiental de los municipios, como parte del otorgamiento de las autorizaciones de construcción o pagos prediales. <i>Responsable: Autoridades de desarrollo urbano municipales</i>	Lineamientos establecidos										
Costo estimado											
Acciones		Monto estimado (M.N.)									
1. Realizar un estudio de levantamiento de superficies desprovistas de recubrimiento (1)		\$4,000,000.00									
2. Realizar estudio de suelos erosionados y con probabilidad de ser erosionados.		\$4,000,000.00									
3. Realizar el recubrimiento de vialidades y/o predios descubiertos.		-									
4. Establecer lineamientos para la regulación del desmonte de predios.		-									
Total		\$8,000,000.00									

Nota: (1) Costo por municipio, (2) Se considera un costo promedio de 500 mil pesos por estudio en cada municipio.

Medida 8. Regulación de quemas agrícolas

Objetivo:

Regular la actividad de quemas agrícolas, a través de la promoción de técnicas alternativas del uso de la biomasa resultante de la cosecha agrícola.

Justificación:

En 2010, se estimó que una superficie de 22 millones de hectáreas fue cultivada en México (SAGARPA, 2013). Sin embargo, con el propósito de facilitar el proceso de limpieza del terreno para preparar nuevamente la tierra para una nueva siembra, los residuos de biomasa son quemados.

Una propuesta técnica para el aprovechamiento de toda la biomasa resultante de la cosecha, es utilizar maquinaria que recupere la mayor cantidad de este material de los campos de cultivo y de esta manera evitar su quema. Asimismo, la biomasa también puede utilizarse para la labranza de conservación, que consiste en un sistema de laboreo que realiza la siembra sobre una superficie del suelo cubierta con residuos del cultivo anterior, con lo cual se conserva la humedad y se reduce la pérdida de suelo causada por la lluvia y el viento en suelos agrícolas con riesgo de erosión. Este sistema mantiene por lo menos un 30% de la superficie del suelo cubierta con residuos de cultivos (rastreo) después de la siembra (SAGARPA, 2013).

Información del inventario de emisiones 2014 para el Estado de Sonora muestran que las quemas agrícolas contribuyeron con el 9% de la emisión de partículas PM₁₀, el 17% de las PM_{2.5}, el 12% del monóxido de carbono, el 4% de los compuestos orgánicos volátiles, el 3% del amoníaco y el 2% de los óxidos de nitrógeno. Los municipios que mayormente contribuyen a la emisión por quemas agrícolas en el Estado de Sonora son Cajeme con 25% de PM₁₀ y Navjoa con el 12% (Ver Capítulo 3).

Términos legales

De acuerdo a los reglamentos municipales, los ayuntamientos son los principales reguladores de las quemas agrícolas. Sin embargo, también la Ley del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente del Estado de Sonora (LEEPAES), contempla la regulación de esta actividad en el siguiente artículo:

Artículo 116. Sólo se permitirá la combustión a cielo abierto en zonas de jurisdicción estatal o municipal, cuando la misma se efectúe con permiso expedido por la Comisión o por el Ayuntamiento respectivo.

La Comisión o el Ayuntamiento correspondiente, no permitirán quemas a cielo abierto cuando se encuentren dentro de los supuestos del artículo 113 de esta Ley.

Podrán suspender de manera total o parcial, temporal o definitiva el permiso que hubieren otorgado cuando se presente algún evento extraordinario de contingencia ocasionado por las combustiones, o cuando las condiciones ambientales no permitan una adecuada dispersión de los contaminantes.

En el Reglamento en Materia de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente para el Municipio de Cajeme

Artículo 147. El Ayuntamiento, no permitirá quemas a cielo abierto cuando se genere contaminantes tóxicos que puedan causar alteraciones, daños o molestias a la salud de la población expuesta, o para quemar residuos sólidos urbanos. Se podrá suspender de manera total o parcial, temporal o definitiva el permiso que hubieren otorgado cuando se presente algún evento extraordinario de contingencia ocasionado por las combustiones, o cuando las condiciones ambientales y meteorológicas no permitan una adecuada dispersión de los contaminantes.

Artículo 130. Se prohíbe realizar quemas a cielo abierto de cualquier material o residuo peligroso, no peligroso, en estado sólido, líquido o gaseoso o con fines de desmonte y/o deshierbe dentro del territorio municipal.

En el Reglamento de Ecología, Protección al Ambiente e Imagen Urbana para el Municipio de Navojoa, Sonora

Artículo 42. Queda prohibida la quema de cualquier tipo de residuo sólido o líquido, incluyendo la basura doméstica, hojarasca, hierba seca, esquilmos agrícolas (gavilla), llantas, plásticos, lubricantes, solventes y otros.

Responsable de la medida: Municipios de Cajeme y Navojoa

Participantes: Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora (CEDES), Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), Secretaría de Agricultura, Ganadería, Recursos Hidráulicos, Pesca y Acuicultura (SAGARHPA).

Beneficios esperados: Reducción en la emisión de contaminantes atmosféricos como las partículas, CO, COV, NOx y amoníaco. Además de la reducción en la emisión de gases efecto invernadero y contaminantes climáticos de vida corta como el carbono negro.

Meta e indicador de la medida

Indicador	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Reglamentos actualizados										

Acciones

Acciones y descripción	Indicador	Cronograma (años)									
		2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
1. Incluir en reglamentos municipales la regulación de quemas agrícolas. Cada municipio incluirá en los reglamentos ambientales la regulación de las quemas agrícolas y los lineamientos de la misma. <i>Responsable: Autoridades ambientales municipales</i>	Reglamento actualizado										
2. Definir técnicas sustentables para la eliminación y/o uso de biomasa (rastrojo). Generar un documento que especifique las características de las nuevas técnicas sustentables para el uso de la biomasa resultante del cultivo. <i>Responsable: Autoridades ambientales municipales</i>	Documento realizado										

3. Definir protocolo para quemas. Establecer la programación de quemas autorizadas de forma anual, y los lineamientos bajo los cuales se realicen. <i>Responsable: Autoridades ambientales municipales</i>	Protocolo de quemas definido											
4. Implementar capacitación en el uso de técnicas sustentables para la eliminación y/o uso de biomasa (rastreo). Ofrecer cursos de capacitación a los agricultores para que apliquen las nuevas técnicas sustentables para el uso de la biomasa resultante del cultivo.	Cursos impartidos											
Costo estimado												
Acciones											Monto estimado (M.N.)	
1. Incluir en reglamentos municipales la regulación de quemas agrícolas.											-	
2. Definir técnicas sustentables para la eliminación y/o uso de biomasa (rastreo).											\$1,000,000.00	
3. Definir protocolo para quemas.											-	
4. Implementar capacitación en el uso de técnicas sustentables para la eliminación y/o uso de biomasa (rastreo),											\$2,000,000.00	
Total											\$3,000.000.00	

Medida 9. Promoción de técnicas sustentables durante la realización de actividades agropecuarias

Objetivo:

Promover el uso de técnicas sustentables y amigables con el medio ambiente durante la realización de actividades agropecuarias.

Justificación:

De acuerdo al inventario de emisiones (Capítulo 3) las emisiones de contaminantes provenientes del sector agropecuario son de relevancia ya que la labranza agrícola es la principal precursora de PM_{10} (21%) de lo que se genera en el Estado. Asimismo, las quemas agrícolas y la labranza agrícola (17% y 9% respectivamente) aportan una gran cantidad de $PM_{2.5}$. Por último, las quemas agrícolas -acción que utiliza para la limpieza del terreno- aportan el 12% de CO.

México cuenta con una superficie territorial de 198 millones de hectáreas, de las cuales el 11% es de cultivo (SAGARPA, 2013). Existen dos actividades básicas durante la producción agrícola: por una parte, la labranza, consistente en altera la estructura del suelo con el fin de proporcionar las condiciones adecuadas para la siembra; y, por otra el uso de fertilizantes para obtener un buen rendimiento del producto.

Durante la labranza, se emiten contaminantes a la atmósfera, principalmente de material particulado, ocasionando por la re-suspensión de polvo. Por otra parte, los fertilizantes químicos pueden causar daños, como saturar el suelo y anular la eficacia de otros nutrientes, así como aumento de la acidez, aumento en la población de microorganismos, contaminación de aguas subterráneas (SACSA, 2015), así como la liberación de amoníaco a la atmósfera.

Una alternativa es la labranza de conservación, que consiste en un sistema de laboreo que realiza la siembra sobre una superficie del suelo cubierta con residuos del cultivo anterior, con lo cual se conserva la humedad y se reduce la pérdida de suelo causada por la lluvia y el viento en suelos agrícolas con riesgo de erosión. Este sistema mantiene por lo menos un 30% de la superficie del suelo cubierta con residuos de cultivos (rastrojo) después de la siembra. Los residuos pueden provenir de cultivos forrajeros, de cobertura de invierno, o de un grano pequeño (SAGARPA, 2013).

En cuanto a los biofertilizantes, éstos son productos elaborados con base en bacterias y hongos, que viven en asociación o simbiosis con las plantas y ayudan a su proceso natural de nutrición, fijando el nitrógeno de la atmósfera; asimismo, contribuyen extrayendo nutrientes del suelo como fósforo, potasio y azufre, cediéndolo a las plantas para su desarrollo y producción. Estos productos biotecnológicos han probado su efectividad en diversos cultivos agrícolas en México, como maíz de temporal, chile, jitomate, cebolla, cebada maltera y papa, entre otros. En este caso, los biofertilizantes permiten que los nutrientes que no están en una forma asimilable, sean aprovechables por las plantas.

Estas dos técnicas descritas ayudan a la conservación y la capacidad productiva del suelo, aumentan los rendimientos, reducen los costos de producción y la emisión de contaminantes.

Responsable de la medida: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Recursos Hidráulicos, Pesca y Acuicultura del Estado de Sonora (SAGARHPA).											
Participantes: Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora (CEDES) y autoridades ambientales municipales.											
Beneficios esperados: Disminución de la emisión a la atmósfera de partículas por re-suspensión y erosión eólica, así como de amoniaco. Por otra parte, se favorece también la conservación y capacidad productiva del suelo.											
Meta e indicador de la medida											
Indicador	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	
Programa de mejores prácticas en el sector agropecuario											
Acciones											
Acciones y descripción	Indicador	Cronograma (años)									
		2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
1. Realizar campaña para promover el uso de mejores prácticas de producción agrícola. Dar a conocer, a través de demostraciones a los productores, las ventajas del uso de nuevas técnicas de producción agrícola. <i>Responsable: SAGARHPA</i>	Campaña realizada										
2. Elaboración del programa de mejores prácticas en el sector agropecuario. <i>Responsable: SAGARHPA</i>	Programa elaborado										
3. Capacitar en el uso y manejo de fertilizantes. Realizar cursos de capacitación a productores para que apliquen las nuevas técnicas sustentables en el uso y manejo de fertilizantes. <i>Responsable: SAGARHPA</i>	Cursos realizados										
Costo estimado											
Acciones										Monto estimado (M.N.)	
1. Realizar campaña para promover el uso de mejores prácticas de producción agrícola.										\$5,000,000.00	
2. Elaboración del programa de mejores prácticas en el sector agropecuario.										\$1,000,000.00	
3. Capacitar en el uso y manejo de fertilizantes.										\$10,000,000.00	
Total										\$16,000,000.00	

6.5 Estrategia 4. Protección a la salud

Medida 10. Creación de un sistema que relacione enfermedades con el deterioro de la calidad del aire										
Objetivo: Contar con un sistema que relacione las enfermedades de la población asociadas a las altas concentraciones de contaminantes en el aire.										
Justificación: De acuerdo a los resultados mostrados en el Capítulo 2 de este documento, claramente se sustenta que en las principales ciudades del Estado de Sonora donde se cuenta o se ha contado con monitoreo de calidad del aire, se tienen problemas del deterioro de la misma, por la presencia de partículas menores a 10 micrómetros (PM ₁₀). Resultados que han indicado el incumplimiento constante de la NOM-025-SSA1-2014 de PM ₁₀ en las ciudades de Hermosillo, Nogales, Agua Prieta, San Luis Río Colorado, éstas dos últimas ya fuera de operación. En términos del impacto en la salud, la presencia conjunta de partículas suspendidas y de ozono potencia el riesgo en la población de presentar efectos agudos y crónicos, que van desde irritación de ojos, cefaleas, dolor de garganta, hasta incrementos en la mortalidad por enfermedades cardiovasculares y cáncer de pulmón. De acuerdo con lo establecido en el Capítulo 4. Impactos a la salud, los beneficios sociales de reducir la contaminación del aire no solamente se traducen en una mejora en la salud de la población, sino también en un ahorro en los gastos que incurre el sector salud. Sin embargo, no existe evidencia epidemiológica en Sonora, que relacione enfermedades con exposición de la población a altas concentraciones de contaminantes, por lo que es importante estudiar si las altas concentraciones de partículas y de ozono está teniendo un efecto adverso en la salud de la población.										
Responsable de la medida: Secretaría de Salud Pública del Estado de Sonora										
Participantes: CEDES, Universidades e instituciones de salud en el Estado.										
Beneficios esperados Contar con un registro de enfermedades e ingresos causados por la contaminación del aire. Dicho registro dará la base para establecer un programa de vigilancia y prevención de enfermedades, el cual ayudará a disminuir las enfermedades ocasionadas por la exposición de la población a una atmósfera contaminada.										
Meta e indicador de la medida										
Indicador	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Sistema operando										
Acciones										
Acciones y descripción	Indicador de la acción	Cronograma (años)								
		2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
		2	2	2	2	2	2	2	2	2
		0	0	0	0	0	0	0	0	0
		1	1	1	2	2	2	2	2	2
		7	8	9	0	1	2	3	4	5
										6

<p>1. Crear convenio entre dependencias de salud, de protección civil, academia y ambientales, secretaría de trabajo. Convenios para generar y compartir información <i>Responsable: CEDES</i></p>	Convenio firmado																				
<p>2. Conformar consejo para proyectos en materia salud-calidad del aire. Grupo técnico de especialistas para el desarrollo de estudios de impacto a la salud. <i>Responsable: CEDES</i></p>	Consejo conformado																				
<p>3. Generar registros de enfermedades relacionados con la exposición a contaminantes atmosféricos. Contar con una base de datos de enfermedades provocadas por mala calidad del aire. <i>Responsable: Secretaría de Salud Pública.</i></p>	Base de datos generada																				
<p>4. Crear sistema de enfermedades-calidad del aire. Sistema que integre los estudios que se han desarrollado y los que se desarrollarán en materia de impacto a la salud. Que el sistema permita identificar a la población más vulnerable. <i>Responsable: Secretaría de Salud Pública.</i></p>	Sistema creado																				
<p>5. Realizar campaña de difusión sobre impactos a la salud por el deterioro de la calidad del aire. Informar a la población sobre el impacto a la salud que ocasiona la mala calidad del aire. <i>Responsable: CEDES</i></p>	Campaña realizada																				
Costo estimado																					
																		Acciones		Monto estimado (M.N.)	
1. Crear convenio entre dependencias de salud, de protección civil, academia y ambientales, secretaría de trabajo.																				-	
2. Conformar consejo para proyectos en materia salud-calidad del aire.																				-	
3. Generar registros de enfermedades relacionados con la exposición a contaminantes atmosféricos.																				\$5,600,000.00	
4. Crear sistema de enfermedades-calidad del aire.																				\$4,000,000.00	
5. Realizar campaña de difusión sobre impactos a la salud por el deterioro de la calidad del aire.																				\$600,000.00	
Total																				10,200,000.00	

Medida 11. Elaboración del Programa de Contingencias Atmosféricas

Objetivo:

Elaborar un programa de contingencias atmosféricas

Justificación:

Como ya se mencionó en el Capítulo 2, se ha realizado monitoreo atmosférico enfocado a PM₁₀ en el Estado de Sonora en 11 municipios (Agua Prieta, Cananea, Cumpas, Guaymas, Hermosillo, Naco, Nacozari, Navojoa, Nogales, Puerto Peñasco y San Luis Río Colorado). Siendo que en la actualidad sólo operan equipos manuales de PM₁₀ en Hermosillo, y una estación automática que mide PM₁₀ y PM_{2.5} en Nogales.

Todas las estaciones de monitoreo ubicadas en los diferentes municipios de Sonora han presentado valores arriba de la norma, tanto en las estaciones que ya no operan, como en las que actualmente están operando. Estos contaminantes (material particulado) pueden ocasionar efectos adversos en la salud de la población, que van desde irritación de ojos, cefaleas, dolor de garganta, hasta incrementos en la mortalidad por enfermedades cardiovasculares y cáncer de pulmón.

Lo anterior nos indica que en varios sitios del Estado de Sonora se tiene cierto deterioro en la calidad del aire, por lo cual es importante no sólo tomar acciones para reducir las emisiones y mejorar la calidad del aire, sino realizar un programa que informe a la población y de indicaciones, a las fuentes generadoras de emisiones, así como a las personas que están expuestos a estas concentraciones, de qué se requiere realizar para minimizar el impacto a la salud.

Se recomienda que este programa de inicio en las ciudades que cuentan con estaciones de monitoreo, extendiéndose al resto de las ciudades en las que se establezcan equipos de monitoreo.

Responsable de la medida: Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora (CEDES)

Participantes: Secretaría de Salud Pública del Estado, establecimientos de comercios y servicios, autoridades ambientales del municipio, sector industrial, Dirección de Transporte, Tránsito, Protección civil, Procuraduría Ambiental del Estado de Sonora (PROAES), sector educativo y de investigación en el Estado.

Beneficios esperados

Con la ejecución del programa, se busca reducir la exposición de la población mediante la alerta ambiental y disminuir la realización de actividades que pongan en peligro la salud de los habitantes.

Meta e indicador de la medida

Indicador	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Programa operando										

Acciones

Acciones y descripción	Indicador de la acción	Cronograma (años)									
		2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		1	1	1	2	2	2	2	2	2	2
		7	8	9	0	1	2	3	4	5	6

<p>1. Crear convenio de coordinación para la operación del Programa de Contingencias Atmosféricas. Convenio entre dependencias de salud, de protección civil, academia y ambientales. <i>Responsable: CEDES</i></p>	Convenio firmado																		
<p>2. Diseñar el programa de contingencias atmosférica. Diseñar el programa de contingencias estableciendo los niveles de activación, desactivación y acciones. <i>Responsable: CEDES</i></p>	Programa de Contingencia Atmosférica diseñado y publicado																		
<p>3. Implementar el Programa de Contingencias Atmosféricas <i>Responsable: CEDES</i></p>	Programa implementado																		
<p>4. Realizar campaña de difusión del Programa de Contingencias Atmosféricas. Campaña sobre los beneficios del programa de contingencias atmosféricas, dirigida a la población en general, para sensibilizar e incentivar la participación. <i>Responsable: CEDES</i></p>	Campaña realizada																		
<p>5. Realizar campaña de difusión dirigida a los industriales. Campaña sobre los beneficios del programa de contingencias atmosféricas, para sensibilizar al sector industrial de la importancia de su participación en el mismo. <i>Responsable: CEDES</i></p>	Campaña realizada																		

Costo estimado

Acciones	Monto estimado (M.N.)
1. Crear convenio de coordinación para la operación del Programa de Contingencias Atmosféricas.	-
2. Diseñar el Programa de Contingencias Atmosférica.	\$250,000.00
3. Implementar el Programa de Contingencias Atmosféricas	\$400,000.00
4. Realizar campaña de difusión del Programa de Contingencias Atmosféricas.	\$300,000.00
5. Realizar campaña de difusión dirigida a los industriales.	\$150,000.00
Total	\$1,100,000.00

6.6 Estrategia 5. Comunicación y Educación Ambiental

Medida 12. Elaboración del Programa de Comunicación de la Calidad del Aire de Sonora (PCCS)											
Objetivo: Contar con un Programa de Comunicación de la Calidad del Aire de Sonora (PCCS) con el fin de contar con una población informada sobre la calidad del aire y el impacto a la salud.											
Justificación: Es de importancia crear conciencia en la población sobre la problemática que representa la mala calidad del aire, estableciendo canales de información y definiendo los contenidos para la difusión mediante campañas y programas de alcance masivo. Las dependencias de medio ambiente, de salud y de los municipios, deberán fomentar la participación y divulgación de la información mediante un lenguaje adecuado para la población en general. Con ello, se fomentará una cultura ambiental que concientice a los habitantes del Estado y promueva mejores prácticas en sus actividades cotidianas, además de generar una cultura de consulta de la calidad del aire. Actualmente no se tiene un programa de este tipo.											
Responsable de la medida: Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora (CEDES).											
Participantes: Municipios del Estado de Sonora, Secretaría de Salud Pública del Estado de Sonora, sector académico y organizaciones no gubernamentales (ONG's).											
Beneficios esperados La población será sensible a los temas de calidad del aire, conociendo la problemática que ocasionan las diversas fuentes emisoras, así como los daños a la salud que provocan los contaminantes generados por dichas fuentes.											
Meta e indicador de la medida											
Indicador	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	
Programa implementado											
Acciones											
Acciones y descripción	Indicador	Cronograma (años)									
		2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
1. Crear convenios con medios de comunicación. Convenio con medios de comunicación para la difusión de las campañas y/o los índices de calidad del aire. <i>Responsable: CEDES</i>	Convenio firmado										
2. Elaboración del Programa de Comunicación de la Calidad del Aire. <i>Responsable: CEDES</i>	Programa elaborado										
3. Realizar taller de medios en tema de calidad del aire.	Taller realizado										

Taller dirigido a personal de los medios de comunicación con el fin de que se familiaricen con el tema de calidad del aire, y difundan la información de forma entendible para toda la población. <i>Responsable: CEDES</i>																			
4. Crear grupo de calidad del aire que coordine la difusión y comunicación de la información. Consejo multidisciplinario que revise y coordine la información a ser publicada, con el fin, de evitar interpretaciones erróneas a la misma. <i>Responsable: CEDES</i>	Grupo creado																		
5. Realizar campaña de difusión y concientización de temas de calidad del aire. Campaña que sensibilice y concientice a la población en el tema de calidad del aire. <i>Responsable: Municipios</i>	Campaña realizada																		
6. Crear plataforma y apps para difusión de información de calidad del aire. Página web y apps (aplicación para tabletas y teléfonos) a través de la cual se difunda la información de calidad del aire. <i>Responsable: CEDES</i>	Página web y aplicación operando																		
7. Crear plataforma web de los resultados del ProAire. Plataforma a través de la cual se tenga acceso a toda la información que se genere por las acciones del ProAire. <i>Responsable: CEDES</i>	Plataforma operando																		
8. Actualizar las campañas contra incendios forestales. Revisar y actualizar las campañas de incendios forestales conjuntamente entre CEDES y CONAFOR. <i>Responsable: CEDES</i>	Campañas actualizadas																		
9. Crear campaña de sensibilización sobre la quema de leña en cocción de alimentos y calentadores. Difundir información sobre los riesgos de utilizar la leña y sus efectos en la salud <i>Responsable: Municipios</i>	Campaña operando																		
Costo estimado																			
Acciones															Monto estimado (M.N.)				
1. Crear convenios con medios de comunicación.															-				
2. Elaboración del Programa de Comunicación de la Calidad del Aire.															\$500,000.00				
3. Realizar taller de medios en tema de calidad del aire.															\$60,000.00				
4. Crear grupo de calidad del aire que coordine la difusión y comunicación de la información.															-				
5. Realizar campaña de difusión y concientización de temas de calidad del aire.															\$250,000.00				

6. Crear plataforma y <i>apps</i> para difusión de información de calidad del aire.	\$350,000.00
7. Crear plataforma <i>web</i> de los resultados del ProAire.	\$350,000.00
8. Actualizar las campañas contra incendios forestales.	\$100,000.00
9. Crear campaña de sensibilización sobre la quema de leña en cocción de alimentos y calentadores.	\$200,000.00
Total	\$1,810,000.00

Medida 13. Desarrollo del Programa de Educación de la Calidad del Aire de Sonora (PECAS)

Objetivo:

Contar con el Programa de Educación de la Calidad del Aire de Sonora en materia de calidad del aire.

Justificación:

A través de la educación ambiental la comunidad adquiere conciencia de la importancia del medio ambiente. Es importante desarrollar programas educativos ambientales en materia de la calidad del aire, que permitan que los estudiantes y sociedad en general conozcan las implicaciones del deterioro de la calidad del aire, y el cómo podemos evitarlo.

Contar con un programa de educación ambiental que integre el área de calidad del aire, creará conciencia en los niños y jóvenes de la importancia de una atmósfera limpia, formándolos para evitar el deterioro ambiental. Actualmente no se cuenta con algún programa de este tipo.

Responsable de la medida: Secretaría de Educación y Cultura en el Estado de Sonora (SEC).

Participantes: Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora (CEDES), Autoridades ambientales de los municipios, Secretaría de Salud del Estado de Sonora, sector académico.

Beneficios esperados

Que la población cuente con una conciencia en materia de calidad del aire, identificando la problemática que representa la contaminación atmosférica en los ecosistemas y en la salud de la población.

Meta e indicador de la medida

Indicador	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Programa de educación ambiental en materia de calidad del aire implementado										

Acciones

Acciones y descripción	Indicador	Cronograma (años)									
		2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
1. Convenios entre sector educativo y ambiental. Realizar convenios para desarrollar e implementar el PECAS. Responsable: CEDES	Convenio firmado										
2. Elaborar el Programa de Educación de la Calidad del Aire Responsable: SEC	Programa elaborado										

<p>3. Diseñar material en el tema de calidad del aire. El material incluirá la problemática ambiental de cada localidad, dirigido a todos los niveles educativos públicos y privados. Cada año se revisará y en su caso actualizar el material generado para difundir el tema de la calidad del aire. <i>Responsable: SEC</i></p>	Material de calidad del aire diseñado										
<p>4. Incluir información de calidad del aire en los programas de estudios. Incluye desde el contenido de los programas, hasta capacitar a los profesores para la impartición del tema, en educación básica, media y superior. <i>Responsable: SEC</i></p>	Plan de estudio actualizado										
<p>5. Realizar capacitaciones de forma continua a autoridades, empresarios y educadores en materia de calidad del aire. Aumentar el número de personas que se capacitan en educación ambiental considerando el tema de calidad del aire. <i>Responsable: SEC</i></p>	Capacitación realizada										

Costo estimado	
Acciones	Monto estimado (M.N.)
1. Convenios entre sector educativo y ambiental.	-
2. Elaborar el Programa de Educación de la Calidad del Aire	\$1,000,000.00
3. Diseñar material en el tema de calidad del aire.	\$1,200,000.00
4. Incluir información de calidad del aire en los programas de estudios.	\$1,000,000.00
5. Realizar Capacitaciones de forma continua a autoridades, empresarios y educadores en materia de calidad del aire.	\$180,000.00
Total	\$3, 380,000.00

6.7 Estrategia 6. Fortalecimiento institucional

Medida 14. Actualización del inventario de emisiones											
Objetivo: Contar con un inventario de emisiones a la atmósfera											
Justificación: El inventario de emisiones a la atmósfera es una de las herramientas base de gestión de calidad del aire, a través de éste se identifica el tipo de fuente que genera mayor cantidad de contaminantes a la atmósfera (fijas, móviles, área y naturales), así como en dónde está ubicada. El inventario nos permite conocer la efectividad de la aplicación de las medidas, por lo que es necesario actualizar el inventario cada dos años, ya que a través de éste conoceremos si los contaminantes se han disminuido o aumentado, e incluso para verificar si se han retirado o incluido otras fuentes emisoras.											
Responsable de la medida: Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora (CEDES)											
Participantes: Autoridades ambientales de los municipios del Estado de Sonora y Semarnat, sector académico y de investigación											
Beneficios esperados El inventario de emisiones actualizado permitirá conocer con las fuentes emisoras de contaminantes en el Estado, así como la cantidad de contaminantes que generan, además de que permitirá evaluar la efectividad de las medidas del ProAire.											
Meta e indicador de la medida											
Indicador	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	
Inventario actualizado											
Acciones											
Acciones y descripción	Indicador	Cronograma (años)									
		2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
1. Realizar convenios para el flujo de información para el desarrollo del inventario. Establecer convenios de colaboración para el flujo de información entre dependencias, así como de apoyo en la estimación del inventario. <i>Responsable: CEDES</i>	Convenio firmado										
2. Crear plataforma para el manejo de la información del inventario. Implementar una plataforma que permita el intercambio de información a fin de que sea más eficiente, así como será de utilidad en la organización de la información. <i>Responsable: CEDES</i>	Plataforma implementada										

3. Actualizar inventario de emisiones. Cada jurisdicción realizará la estimación de emisiones de su competencia. <i>Responsable: CEDES será el responsable de integrar el inventario.</i>	Inventario actualizado											
4. Capacitar en el desarrollo del inventario de emisiones. Capacitar y actualizar al personal encargado de inventario de emisiones. <i>Responsable: CEDES</i>	Talleres realizados											
5. Publicar el inventario de emisiones. CEDES integrará y publicará el inventario de forma bianual. La publicación será a través de medios electrónicos.	Inventario de emisiones publicado											
Costo estimado												
Acciones											Monto estimado (M.N.)	
1. Realizar convenios para el flujo de información para el desarrollo del inventario.											-	
2. Crear plataforma para el manejo de la información del inventario.											\$250,000.00	
3. Actualizar inventario de emisiones.											\$2,500,000.00	
4. Capacitar en el desarrollo del inventario de emisiones.											\$600,000.00	
5. Publicar el inventario de emisiones.											-	
Total											\$3,350,000.00	

Medida 15. Ampliación del sistema de monitoreo atmosférico

Objetivo:

Ampliar la cobertura de la red de monitoreo,

Justificación:

A través del monitoreo atmosférico se conoce el estado de la calidad del aire con respecto a la concentración de los contaminantes criterio, permitiendo conocer si la calidad del aire es mala, regular o buena para la salud de la población.

Actualmente el Estado de Sonora cuenta con tres estaciones de monitoreo manuales en la ciudad de Hermosillo y una automática en la ciudad de Nogales. En todas las estaciones se monitorea partículas menores a 10 micrómetros (PM₁₀), y en la automática de Nogales, también se monitorea partículas menores a 2.5 micrómetros (PM_{2.5}). Los datos evaluados de estas estaciones en términos del cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas de calidad del aire, mostraron incumplimiento en material particulado (PM₁₀ y PM_{2.5}) durante todos los años analizados (ver capítulo 2).

Es importante conocer los niveles de calidad del aire en las principales zonas urbanas del Estado, de esta forma conoceremos el estado real que guarda la calidad del aire, así como de la tendencia de la misma. Lo anterior es un indicador que nos permitirá evaluar si las medidas establecidas en el ProAire están siendo efectivas, ya que a través de estas mediciones sabremos si la tendencia de las concentraciones de los contaminantes en la atmósfera es ascendente o descendente.

Términos legales

De acuerdo a la Ley General del Equilibrio y Protección al Ambiente en su Artículo 112.- En materia de prevención y control de la contaminación atmosférica, los gobiernos de los Estados, del Distrito Federal y de los Municipios [...], establecerán y operaran, con el apoyo técnico en su caso, de la Secretaría, sistemas de monitoreo de la calidad del aire. Los gobiernos locales remitirán a la Secretaría los reportes locales de monitoreo atmosférico, a fin de que aquélla los integre al Sistema Nacional de Información Ambiental;

Responsable de la medida: Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora (CEDES).

Participantes: Autoridades ambientales municipales, e Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC).

Beneficios esperados

- Conocer la calidad del aire en el Estado.
- Cumplimiento de la NOM-156-SEMARNAT-2012
- Cumplimiento de las normas oficiales mexicanas
- Contar con un instrumento de gestión de la calidad del aire que permita la ejecución de políticas públicas ambientales y de salud.
- La red de monitoreo permite medir el impacto de las medidas del ProAire.

Meta e indicador de la medida

Indicador	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Número de estaciones										

incrementadas al sistema											
Acciones											
Acciones y descripción	Indicador de la acción	Cronograma (años)									
		2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
1. Realizar estudio para la ampliación del sistema de monitoreo atmosférico. El estudio determinará el número y lugar para la instalación de las estaciones. También el estudio estimará el costo de la ampliación de la red. <i>Responsable: CEDES</i>	Estudio realizado										
2. Ampliar el sistema de monitoreo atmosférico. Instalar estaciones de monitoreo de acuerdo a lo definido en el estudio de la acción anterior. <i>Responsable: CEDES</i>	Número de estaciones integradas al sistema										
3. Realizar convenios con dependencias para la operación de las estaciones de monitoreo. CEDES se apoyará con dependencias (autoridades municipales, instituciones académicas) para la operación de las estaciones de monitoreo. <i>Responsable: CEDES</i>	Convenios firmados										
4. Capacitar a personal encargado de las estaciones de monitoreo. Capacitar al personal encargado de las estaciones, respecto al mantenimiento y operación, así procesamiento de datos de calidad del aire. <i>Responsable: CEDES</i>	Talleres impartidos										
5. Integrar el sistema de monitoreo atmosférico de Sonora al SINAICA. Integrar la red de monitoreo al sistema de SINAICA para la publicación a nivel nacional de los datos de calidad del aire. <i>Responsable: CEDES</i>	Red de monitoreo incorporado a SINAICA										
6. Crear el fondo ambiental. Definir el porcentaje de contribución de fondos de programas tales como PVV a la operación y mantenimiento de estaciones de monitoreo. Así como fomentar la red de cooperación técnica para la operación del sistema de monitoreo. <i>Responsable: CEDES</i>	Fondo ambiental creado										
Costo estimado											
Acciones										Monto estimado (M.N.)	
1. Realizar estudio para la ampliación del sistema de monitoreo atmosférico.										\$400,000.00	
2. Ampliar el sistema de monitoreo atmosférico.										-	

3. Realizar convenios con dependencias para la operación de las estaciones de monitoreo.	-
4. Capacitar a personal encargado de las estaciones de monitoreo.	\$400,000.00
5. Integrar el sistema de monitoreo atmosférico de Sonora al SINAICA.	-
6. Crear el fondo ambiental.	-
Total	\$800,000.00

Nota: El costo estimado no incluye el valor del equipo de monitoreo que formará parte de la ampliación del sistema, éste se establecerá a partir de los estudios o diagnósticos que se elaboren.

Medida 16. Seguimiento y Evaluación al ProAire

Objetivo:

Implementar el seguimiento y evaluación a las medidas establecidas en el ProAire para evaluar la efectividad de las mismas.

Justificación:

El seguimiento y evaluación de las medidas del ProAire permitirá identificar los avances en las medidas, así como conocer las posibles causas que no permiten tener resultados y con ello generar las propuestas de soluciones.

El seguimiento y evaluación del ProAire se realizará siguiendo la metodología establecida por SEMARNAT, la cual permitirá obtener resultados de la eficiencia de las medidas y sus acciones, de tal forma, que si alguna acción o medida no está logrando su objetivo, ésta puede ser reorientada.

Responsable de la medida: Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora (CEDES).

Participantes: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), autoridades ambientales de los municipios, sector académico y de investigación, Dirección Estatal de Transporte, Secretaría de Educación y Cultura, Secretaría de Salud Pública e Institutos de Planeación Municipales.

Beneficios esperados

- Implementación eficaz y eficiente del ProAire.
- Mejorar la calidad del aire en el Estado de Sonora.
- Reorientar las medidas y acciones a fin de garantizar el éxito del programa.

Meta e indicador de la medida

Indicador	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Informe de resultados del seguimiento y evaluación										

Acciones

Acciones y descripción	Indicador	Cronograma (años)									
		2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
1. Conformar grupo de seguimiento y evaluación. Conformar comité técnico encargado de recabar información del estado de las medidas que conforman el ProAire. Así como generará el reporte de avances y cumplimiento en el ProAire. <i>Responsable: CEDES</i>	Grupo de Seguimiento y Evaluación conformado										
2. Definir programa para el Grupo de Seguimiento y Evaluación del ProAire. Definir programa de trabajo para el grupo de seguimiento y evaluación, en el que se establezcan las funciones de los participantes y los mecanismos para dar el seguimiento y evaluación del ProAire. <i>Responsable: CEDES</i>	Programa definido										

<p>3. Capacitar en el uso de la plataforma de seguimiento y evaluación de SEMARNAT. Contar con personal capacitado en el comité de seguimiento y evaluación, para que alimenten el Sistema de Seguimiento y Evaluación. <i>Responsable: SEMARNAT</i></p>	<p>Número de talleres en el seguimiento y evaluación del ProAire.</p>	
<p>4. Fortalecer el recurso financiero. Contar con recurso económico para la realización de las medidas. Evaluar los mecanismos de financiamiento para aplicar a éstos y obtener el recurso económico. <i>Responsable: CEDES</i></p>	<p>Fondos recibidos</p>	
<p>5. Publicar los avances del ProAire. Publicar periódicamente los resultados del seguimiento y evaluación del ProAire <i>Responsable: CEDES</i></p>	<p>Resultado publicados</p>	
<p>Costo estimado</p>		
<p>Acciones</p>		<p>Monto estimado (M.N.)</p>
<p>1. Conformar grupo de seguimiento y evaluación.</p>	<p>-</p>	
<p>2. Definir programa para el Grupo de Seguimiento y Evaluación del ProAire.</p>	<p>\$20,000.00</p>	
<p>3. Capacitar en el uso de la plataforma de seguimiento y evaluación de SEMARNAT.</p>	<p>\$100,000.00</p>	
<p>4. Fortalecer el recurso financiero.</p>	<p>-</p>	
<p>5. Publicar los avances del ProAire.</p>	<p>\$100,000.00</p>	
<p>Total</p>	<p>\$220,000.00</p>	

Medida 17. Fortalecimiento de las estructuras municipales de medio ambiente o ecología

Objetivo:

Fortalecer a las dependencias municipales por medio de la estructura y organización.

Justificación:

Los municipios son los responsables de regular varias de las fuentes emisoras (Ver sección de marco jurídico, competencia municipal, Capítulo 1), tales como: La responsabilidad que les compete es grande, y compleja, demandando de éstos una excelente estructura y personal que realice estas actividades.

Con frecuencia los municipios carecen de un departamento y/o dirección ambiental, y estas actividades son asignadas a las áreas de desarrollo urbano, las cuales por si solas ya cuentan con una gran responsabilidad, dejando la parte ambiental en un segundo plano.

Es recomendable fortalecer las áreas ambientales municipales, tanto en su estructura jurídica, como de personal, para que de esta forma se opere de mejor forma la regulación de las fuentes emisoras de jurisdicción municipal.

Responsables de la medida: Municipios del Estado de Sonora.

Se enfocará en los principales municipios del Estado (Hermosillo, Cajeme, Nogales, San Luis Rio Colorado, Agua Prieta y Guaymas).

Participantes: Gobierno del Estado de Sonora

Beneficios esperados

Que las dependencias ambientales municipales puedan realizar sus funciones para controlar o prevenir las emisiones a la atmósfera, a través de la regulación de fuentes emisoras de su jurisdicción.

Meta e indicador de la medida

Indicador	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Dependencia ambiental municipal fortalecida										

Acciones

Acciones y descripción	Indicador	Cronograma (años)									
		2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
1. Realizar diagnóstico de las direcciones de medio ambiente y/o ecología. Evaluar la estructura jurídica y de recursos humanos de las direcciones de medio ambiente y/o ecología para identificar áreas de oportunidad y mejorar las dependencias. <i>Responsable: Autoridad ambiental del municipio.</i>	Documento del diagnóstico realizado										
2. Actualizar reglamentos municipales.	Reglamentos actualizado en										

<p>Actualizar los reglamentos ambientales de acuerdo a las áreas de oportunidad encontradas en la acción anterior. <i>Responsable: Autoridad ambiental del municipio.</i></p>	materia de atmósfera																		
<p>3. Fortalecer presupuesto de las dependencias de ecología y/o medio ambiente municipales. Fortalecer a recursos humanos técnicamente, e incrementar si es necesario el personal. También fortalecer en materia financiera). <i>Responsable: Autoridad ambiental del municipio.</i></p>	Fondo económico recibido																		
<p>4. Capacitar técnicamente a personal de las direcciones de ecología y/o ambientales municipales. Capacitar al personal en material de herramientas de gestión ambiental, tales como: licencias, informes de emisiones, inventario de emisiones, otros. Por los municipios en materia de herramientas de gestión <i>Responsable: Autoridad ambiental del municipio.</i></p>	Talleres recibidos																		

Costo estimado

Acciones	Monto estimado (M.N.)
1. Realizar diagnóstico de las direcciones de medio ambiente y/o ecología.	\$40,000.00
2. Actualizar reglamentos municipales.	\$60,000.00
3. Fortalecer presupuesto de las dependencias de ecología y/o medio ambiente municipales.	-
4. Capacitar técnicamente a personal de las direcciones de ecología y/o ambientales municipales.	\$300,000.00
Total	\$400,000.00

Nota: El costo estimado es por municipio.

CAPÍTULO 7

FUENTES DE FINANCIAMIENTO



7.1 Fuentes de financiamiento: nacional e internacional

Las grandes concentraciones de contaminantes del aire generan graves impactos en el deterioro de la calidad de vida de la población causando muertes prematuras y enfermedades respiratorias, así como daños a los ecosistemas; afectando la economía nacional y frenando el desarrollo económico y social.

La gestión de calidad del aire es de suma importancia pues se necesitan definir estrategias exitosas para la reducción de emisiones y el mejoramiento de la calidad del aire. Para ello, se requiere de monitoreos efectivos de la calidad del aire, que deben ser alentados, financiados y apoyados por las autoridades ambientales y los gobiernos federales, estatales y municipales, además de los fondos nacionales e internacionales a los que se pueden recurrir. Esto con la finalidad de evitar las situaciones vistas en el Capítulo 2 de este programa: falta de recursos para la adquisición, operación y mantenimiento de estaciones, equipos necesarios para la medición de contaminantes en el aire entre otros.

Dentro del desarrollo y crecimiento de las ciudades, no sólo es necesario considerar el valor económico de obras públicas, seguridad, servicios, entre otros, sino que también es de importancia el considerar la medición del gasto en protección ambiental, con el fin de movilizar recursos hacia proyectos encaminados a proteger la calidad del aire y con ello la salud de los habitantes.

La prevención y educación ambiental son ejes fundamentales que se tienen que tomar en cuenta al diseñar las políticas públicas que ayuden a frenar el impacto negativo que las actividades económicas puedan ejercer en nuestro deterioro de la calidad del aire y no sólo diseñar infraestructura que ayude a limpiar los desastres ecológicos o el deterioro del medioambiente.

Se necesitan crear programas que ayuden a integrar a todos los sectores de la sociedad, gobierno, empresas, ONG's, para comunicar las acciones que se deben llevar a cabo para la prevención del deterioro ambiental y la reparación del daño de alguna actividad económica. De ahí la importancia del ProAire y su financiamiento, pues se trabaja con autoridades gubernamentales y ambientales para diseñar políticas ambientales concretas para combatir los problemas ecológicos a los que se enfrentan los gobiernos.

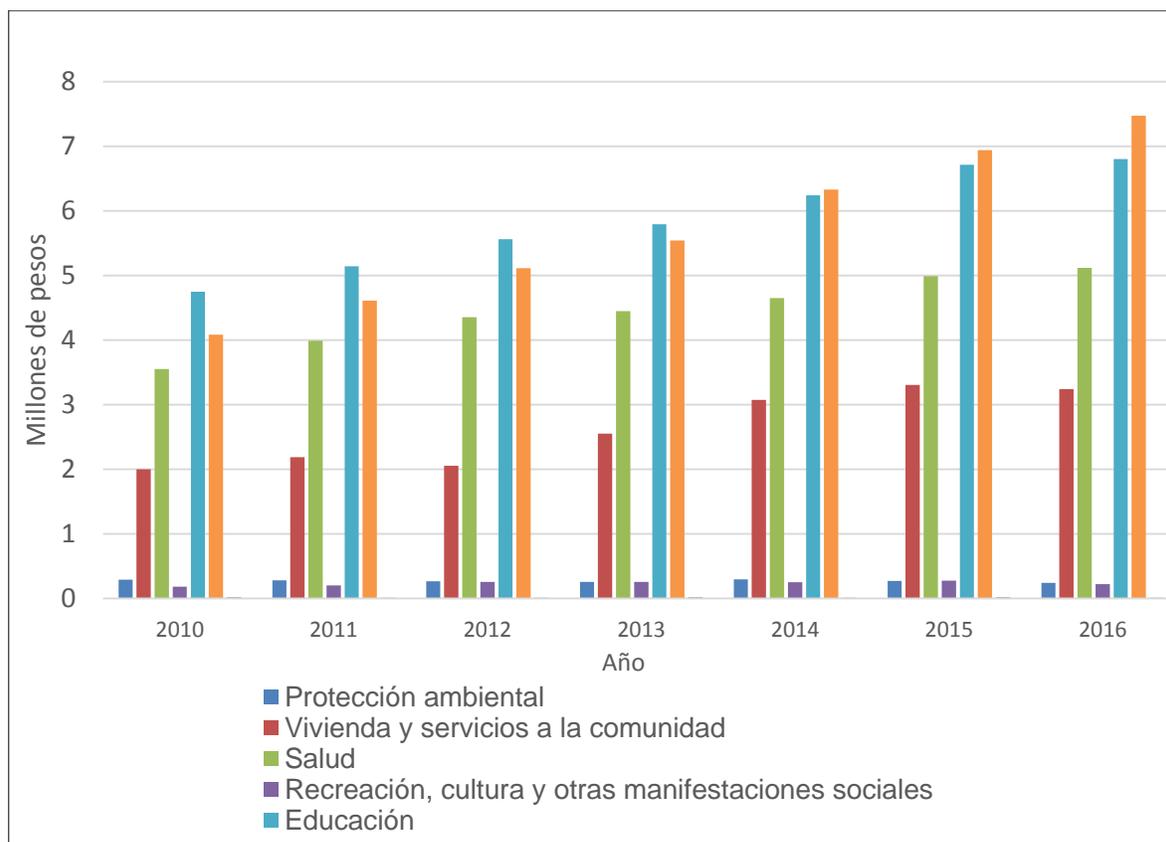
Una de las principales herramientas que tienen los gobiernos a su disposición para lograr un equilibrio entre medio ambiente y el dinamismo de la economía son generar estadísticas del medio ambiente, indicadores de desempeño ambiental, la contabilidad de los recursos naturales y el medio ambiente. Por ello, es muy importante destinar presupuesto para desarrollar este tipo de herramientas que permitan implementar medidas y proyectos que ayuden a mantener un equilibrio sostenido sin perjudicar el desarrollo económico, los recursos naturales y la salud de la población.

De acuerdo al INEGI los gastos en protección ambiental del sector público en el año 2013 se distribuyeron en remediación 54.4%, en prevención 25%, 10.8% en investigación y desarrollo; y un 9.8% en administración (INEGI, 2013).

Como se observa en la Figura 44. El gasto programable del sector público presupuestal en desarrollo social en México ha seguido una tendencia ascendente, sin embargo, el gasto destinado a la protección ambiental ha disminuido en los últimos años. En los años 2011, 2012 y 2013 ha tenido caídas del 3%, 4% y 5% respectivamente. Sólo en el 2014 alcanzó una tasa de crecimiento del 15%, sin embargo, para 2016 tiene su caída más fuerte con el 11% de disminución respecto al 2015. En el caso de gasto destinado a la salud se observa que ha ido incrementándose a lo largo del periodo en gran medida por el aumento de enfermedades respiratorias, que bajo el supuesto que sean provocadas por la mala calidad del aire se podrían prevenir al financiar proyectos para mejorar las condiciones ambientales.

De acuerdo con la OCDE, la contaminación del aire será la principal causa ambiental de mortalidad y se prevé que se *duplique en el mundo el número de muertes prematuras derivadas de la exposición a material particulado, pasando de más de un millón hoy en día, a aproximadamente 3.6 millones al año en 2050* (OCDE, 2012).

Figura 44. Gasto programable del sector público presupuestal por clasificación funcional en desarrollo social en México.



Fuente: Elaboración propia con información de INEGI. Cuentas nacionales. Finanzas Públicas.

Los recursos naturales deben verse como bienes escasos que al ser explotados rápidamente generaran que su disponibilidad se vea disminuida y por ende la productividad de la economía se frene. Sin dejar a un lado las implicaciones que tendrá en la salud y en el bienestar de la población.

El cálculo del gasto en protección ambiental ayuda a estimar la eficacia y el impacto que tienen las políticas ambientales dentro de la conservación y degradación del medio ambiente. Los costos ambientales se relacionan al crecimiento económico de una región, país, ciudad, Estado, etc., ya sean como consecuencia del agotamiento de los recursos forestales, hídricos, mineros, hidrocarburos, otros; o por degradación del aire, cuerpos de agua, suelo.

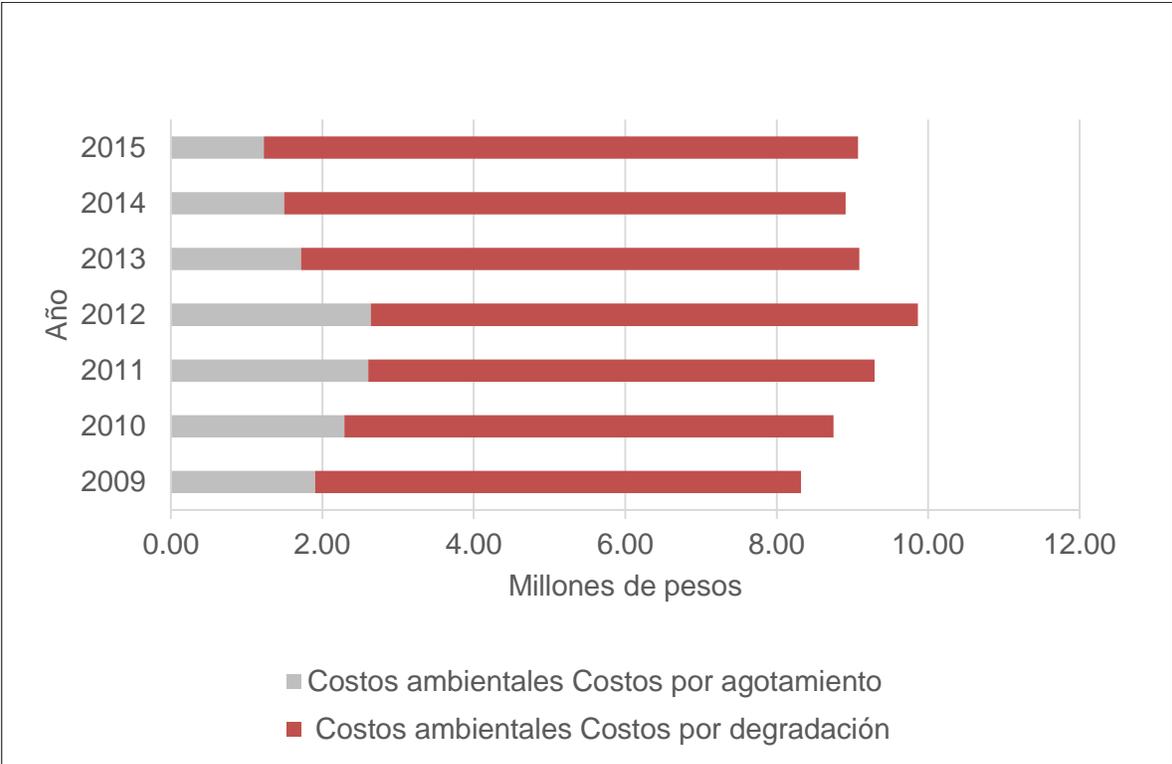
El proceso productivo genera costos ambientales procedentes del agotamiento de los recursos naturales²² y por la degradación del medio ambiente²³. En el año 2015

²² Son los cálculos monetarios que expresan el desgaste o pérdida de los recursos naturales como consecuencia de su utilización en actividades productivas.

²³ Son las estimaciones monetarias requeridas para restaurar el deterioro del ambiente ocasionado por el proceso productivo.

a nivel nacional los costos ambientales fueron de 907,473 millones de pesos, representando los costos por agotamiento del 14% y, los costos por degradación del 86% del total. Esto demuestra que el costo por restaurar el deterioro ocasionado por las actividades económicas ha sido el más representativo y el que mayor presupuesto necesita. Como se observa en la Figura 45, ha tendido a incrementarse su porcentaje de participación dentro de los costos ambientales.

Figura 45. Costos ambientales nacionales por agotamiento y degradación ambiental.



Fuente: Elaboración propia con información de INEGI. Cuentas nacionales. Cuentas Económicas y Ecológicas de México (INEGI, 2015).

La contaminación atmosférica representó en el año 2015 el mayor costo ambiental, ya que se destinaron 577,698 millones de pesos, representando el 3.2% como porcentaje respecto del PIB, indicando que es una de las principales áreas en las que se debe destinar recursos para crear proyectos que ayuden a disminuir la contaminación del aire (INEGI, 2015).

En Sonora dio inicio la implementación del programa de Ciudades Emergentes y Sostenibles (CES) del Banco Interamericano de Desarrollo en la ciudad de Hermosillo con el fin de diseñar infraestructura verde para que se pueda aplicar a obras públicas. Se realizaron seminarios y foros para hablar sobre el cambio climático y sus implicaciones en los recursos hídricos y en infraestructura verde (BECC & COCEF, 2017, pág. 17).

En 2016, la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (US EPA) autorizó recursos no reembolsables por \$761,383 dólares para apoyar 19 iniciativas, principalmente en las áreas de manejo de residuos de diversos tipos (urbanos, electrónicos y peligrosos), así como calidad del aire y respuesta binacional a emergencias. Siendo Hermosillo la primera ciudad fronteriza en patrocinar el esquema de sostenibilidad urbana, para después ser implementada en otras ciudades de la zona fronteriza (BECC & COCEF, 2017).

Al implementar más acciones y planes enfocados a la protección ambiental y concretamente a la calidad del aire se protege la salud pública, los costos económicos como consecuencia del ausentismo laboral por enfermedades respiratorias disminuye, hay menos costos por agotamiento y degradación del medio ambiente. Para los gobiernos es fundamental diseñar estrategias para la reducción de emisiones y el mejoramiento de la calidad del aire con el fin de proteger el medio ambiente, la salud pública, fomentar el desarrollo social y económico.

En los siguientes cuadros se resumen algunos de los fondos de financiamiento a nivel nacional e internacional.

Cuadro 17. Instituciones nacionales que financian proyectos en materia de calidad del aire.

Banco Nacional de Comercio Exterior (BANCOMEX).	
Es una institución bancaria gubernamental que se encarga de otorgar apoyos financieros, crédito y financiamiento a sectores como: automotriz, energético, transporte, minero-metalúrgico entre otros. La institución cuenta con apoyos directos mayores a 3 millones de dólares.	http://www.bancomext.com/  Periférico Sur 4333, Col. Jardines en la Montaña. Tlalpan. Ciudad de México, C.P.14210.  +52 (55) 5449-9000, 01800 (397-6782)
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)	
CONACYT ha apoyado a diversas instituciones académicas en el desarrollo y fortalecimiento de capacidades para diversos actores. Los fondos en los cuales se puede aplicar para el fortalecimiento de proyectos ambientales son: <ol style="list-style-type: none"> Fondo Institucional de Fomento Regional para el Desarrollo Científico, Tecnológico y de Innovación (FORDECyT). Programas de Estímulos para la Innovación. Fondos Sectoriales de Energía 	http://www.conacyt.mx/index.php  Av. Insurgentes Sur 1582, Col. Crédito Constructor. Benito Juárez, C.P. 03940.CDMX.  +52 (55) 5322-7700  cst@conacyt.mx
Fondo Nacional de Infraestructura (FONADIN)	

<p>El FONADIN es el vehículo de coordinación del Gobierno de México para el desarrollo de infraestructura en los sectores de comunicaciones, transporte, agua, medio ambiente y turismo. El fondo apoya en la planeación, diseño, construcción y transferencia de proyectos de infraestructura con impacto social o rentabilidad económica.</p>	<p>http://www.fonadin.gob.mx/</p> <p> Av. Javier Barros Sierra no. 515, Col. Lomas de Santa Fe. Álvaro Obregón, C.P. 01219. Ciudad de México</p> <p> +52 (55) 5270-1630</p> <p> francisco.gonzalez@banobras.gob.mx</p>
Financiera para el desarrollo económico de Sonora (FIDESON)	
<p>Otorga crédito en apoyo para empresas que produzcan, comercialicen o adquieran equipos y servicios en relación con los rubros de energía renovable, aguas residuales, reciclaje de desechos y reducción de emisión de contaminantes.</p>	<p>http://fideson.gob.mx/SitioPublico/index.php</p> <p> Centro de Gobierno, edificio Sonora, Ala Norte, Primer Nivel Comonfort y Paseo Río Sonora. Hermosillo, Sonora, Mexico. C.P. 83280.</p> <p> 01 800 230 7171</p>
Nacional Financiera (NAFIN)	
<p>NAFIN ha impulsado proyectos que están enfocados a atender el problema de contaminación ambiental de forma integral, tal es el caso del Programa de Apoyo a Proyectos Sustentables el cual es un producto que brinda apoyo financiero a largo plazo a empresas que promuevan proyectos orientados al uso y conservación sustentable de los recursos naturales.</p>	<p>http://www.nafin.com/portalnfc/content/home/home.html</p> <p> Av. Insurgentes Sur 1971, Col. Guadalupe Inn, C.P. 01020. CDMX.</p> <p> 01800 (623-4672)</p> <p> info@nafin.gob.mx</p>
La Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA)	
<p>Maneja diferentes tipos de apoyos a fondo perdido. Apoya programas de acciones con las entidades federativas en materia de inversión, sustentabilidad y desarrollo de capacidades, proyectos estratégicos y sustentabilidad de los recursos naturales.</p>	<p>https://www.gob.mx/sagarpa</p> <p> Municipio Libre 377, Santa Cruz Atoyac, Ciudad de México. C.P. 03310.</p> <p> +52 (55) 38711000</p> <p> contacto@sagarpa.gob.mx</p>
Programa de Liderazgo Ambiental para la Competitividad (PLAC), PROFEPA	
<p>Es un programa del Gobierno Federal, está dirigido principalmente a empresas dedicadas a actividades de manufactura y/o transformación. A través de la metodología Liderazgo Ambiental para la Competitividad</p>	<p>https://www.gob.mx/profepa</p> <p> Carretera Picacho Ajusco 200, Col. Jardines en la Montaña. C.P. 14210. Tlalpan. Ciudad de México.</p>



<p>se busca mejorar el desempeño de las empresas en sus procesos de producción, mediante la reducción del consumo de agua, energía y materiales, evitando emisiones, residuos y descargas de contaminantes. Consiste en:</p> <ol style="list-style-type: none"> Capacitar en los conceptos y herramientas de la ECO-eficiencia Acompañar técnicamente, en el desarrollo de proyectos de ECO-eficiencia a las empresas participantes. 	<p>+52 (55) 5449-6300  auditoria_ambiental@profepa.gob.mx</p>
--	---

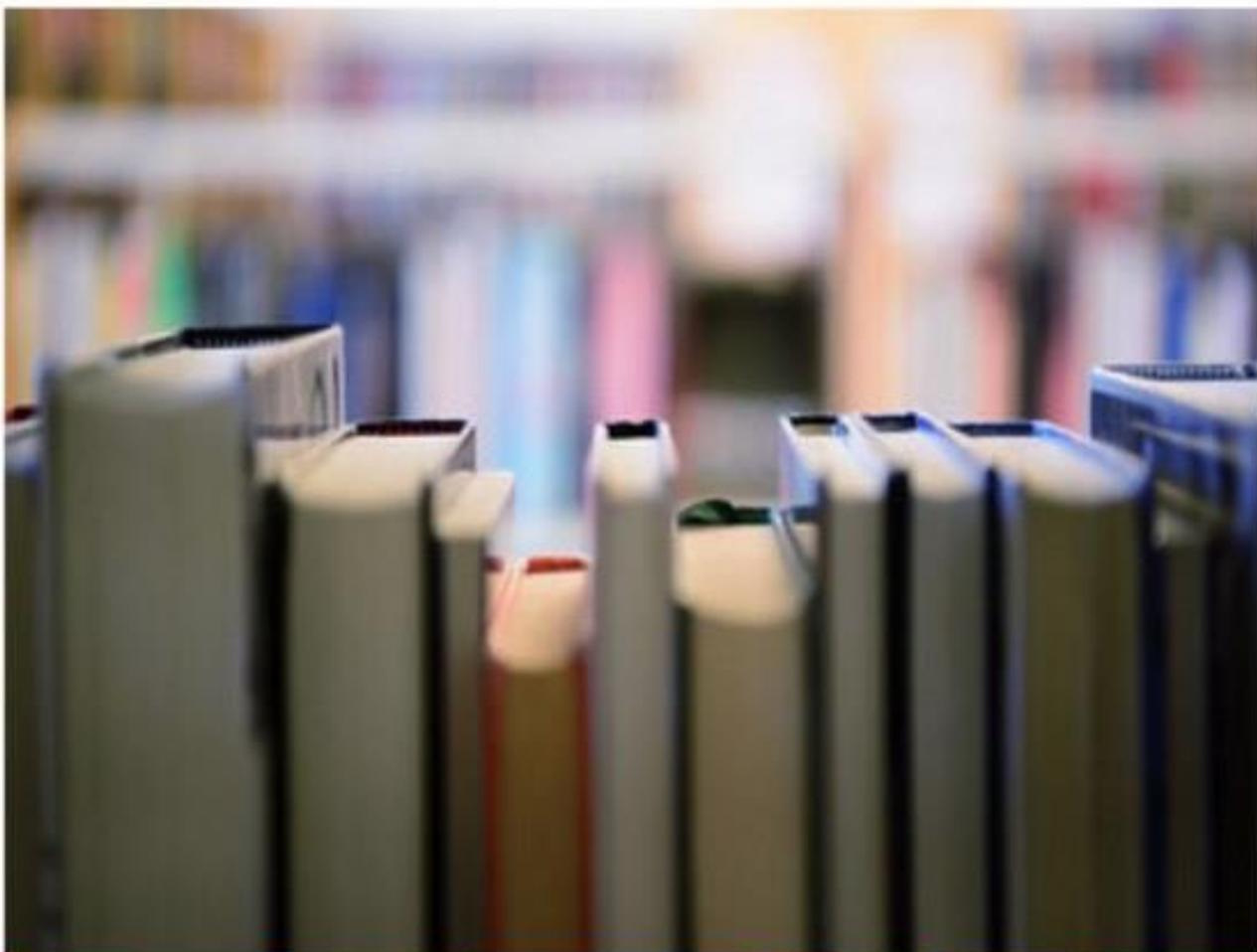
Cuadro 18. Resumen de instituciones internacionales que financian proyectos en materia de calidad del aire.

Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos Americanos (US EPA)	
<p>Trabaja en el Programa Ambiental México-Estados Unidos esta colaboración tiene como finalidad mejorar el medio ambiente y proteger la salud.</p> <p>El programa binacional se centra en la limpieza del aire, proporcionando agua potable, reduciendo el riesgo de exposición a residuos peligrosos, y asegurar la preparación de emergencia a lo largo de la frontera entre Estados Unidos y México.</p>	<p>https://www.epa.gov/  San Diego Border Office 610 West Ash St., Suite 905, San Diego, CA 92101  (619) 235-4765  r9.info@epa.gov</p>
Agencia para el Desarrollo Internacional (USAID)	
<p>Agencia del gobierno de los Estados Unidos encargada de administrar programas de cooperación y asistencia en 80 países alrededor del mundo, incluido México.</p> <p>La USAID apoya temas como el crecimiento económico, la salud, la educación, la democracia, la agricultura, la prevención de conflictos, iniciativas de salud, el cambio climático mundial, y la sostenibilidad del medio ambiente</p>	<p>https://www.usaid.gov/  Paseo de la Reforma 305. Cuauhtémoc. Ciudad de México, C.P. 06500.  +52 (55) 5080-2000  usaidmexico@usaid.gov</p>
Banco Europeo de Inversiones (BEI)	
<p>Es un banco de préstamo a largo plazo de la Unión Europea (UE), el cual presta dinero a los sectores público y privado para proyectos de interés europeo como por ejemplo: proyectos de cohesión y convergencia de las regiones de la UE, apoyo a pequeñas y medianas empresas, programas de</p>	<p>http://www.eib.org/  98-100, Boulevard Konrad Adenauer, L-2950 Luxemburgo.  (+352) 43791, (+352) 437 704  complaints@eib.org ,  investor.relations@eib.org</p>

<p>sustentabilidad del medio ambiente, investigación, desarrollo e innovación, transporte y energía.</p> <p>El BEI, concede préstamos en condiciones favorables para proyectos que contribuyan a los objetivos como: apoyar las medidas para mitigar el cambio climático.</p>	
Banco Interamericano de Desarrollo (BID)	
<p>El BID facilita el acceso a México de fondos que se pueden emplear para contratar servicios de consultoría, compra de bienes necesarios para llevar a cabo estudios.</p> <p>El trabajo entre el BID y México contempla el financiamiento de programas y proyectos relacionados con disminuir la pobreza, apoyar reformas al sistema financiero, consolidar la agenda de México en áreas como educación, salud, agua y cambio climático, y fortalecer los gobiernos de Estados y municipios.</p> <p>El BID apoya al gobierno de México para definir y consolidar la agenda de cambio climático mediante la aprobación de una serie de préstamos.</p>	<p>http://www.iadb.org/en/inter-american-development-bank,2837.html</p> <p> 98-100, Boulevard Konrad Adenauer, L-2950 Luxemburgo.</p> <p> (+352) 43791, (+352) 437 704</p> <p> complaints@eib.org, investor.relations@eib.org</p>
Banco Mundial (World Bank)	
<p>Cuenta con varias iniciativas enfocadas a la reducción de emisiones provenientes de diversas fuentes. Existe una institución afiliada al Banco Mundial ocupada de las iniciativas del sector privado, denominada Corporación Financiera Internacional (<i>International Finance Corporation o IFC</i>). El IFC otorga préstamos, capital accionario, financiamiento estructurado e instrumentos de gestión de riesgos, y presta servicios de asesoría para fortalecer el sector privado en los países en desarrollo.</p> <p>El compromiso financiero del Banco Mundial en México se enfoca principalmente en una agenda de crecimiento verde, integrada por proyectos de energía, medio ambiente, agua, agricultura y transporte.</p>	<p>http://www.bancomundial.org/</p> <p> Insurgentes Sur No. 1605 Piso 24, Col. San José Insurgentes, México, C.P. 03900.</p> <p> +52 (55) 5480-4200</p> <p> cmolinahernandez@worldbank.org</p>
Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza (COCEF)	
<p>Su propósito principal es ayudar a las comunidades fronterizas a identificar,</p>	<p>http://www.cocef.org/</p> <p></p>

<p>desarrollar y lograr la certificación de la COCEF y el financiamiento del BDAN para proyectos de infraestructura ambiental que mejoren la salud humana, promuevan al desarrollo sustentable y contribuyan a mejorar la calidad de vida en la región fronteriza.</p> <p>a. Agua y drenaje. c. Calidad del aire. b. Residuos sólidos. d. Eficiencia energética.</p>	<p>Blvd. Tomás Fernández 8069, Ciudad Juárez, Chihuahua. C.P. 32470.</p> <p> 01 152 (656) 688 4600</p> <p> becc@cocef.org</p>
Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ)	
<p>Es una organización sin fines de lucro. Es un proveedor de servicios globales de cooperación internacional para el desarrollo sostenible. La organización desarrolla, planifica y ejecuta ideas para lograr cambios políticos, sociales y económicos que se vean reflejados en mejorar permanente las condiciones de vida de la población.</p> <p>Ha implementado más de 1,200 proyectos en todo el mundo, 350 de los cuales eran directamente o indirectamente contribuyendo a la mitigación de emisiones de gases de invernadero o a la adaptación al cambio climático.</p>	<p>https://www.giz.de/de/html/index.html</p> <p> Friedrich-Ebert-Allee 36 + 40, 53113 Bonn.</p> <p> +49 228 4460-0</p> <p> info@giz.de</p>
Fondo Francés para el Medioambiente Mundial (FFEM)	
<p>Es un fondo público bilateral creado por el Gobierno Francés, tiene como objetivo favorecer a la protección de medio ambiente mundial en los países de desarrollo y en transición.</p> <p>Concede donaciones y financiación en los siguientes temas:</p> <p>a. Biodiversidad d. Capa de ozono b. Cambio climático e. Aguas internacionales c. Contaminantes orgánicos persistentes f. Degradación de los suelos</p>	<p>http://www.afd.fr/lang/es_ES/home</p> <p> 5 Rue Roland Barthes 75598, Paris CEDEX 12. Francia.</p> <p> +33 153 443 131</p> <p> site@afd.fr, ong@afd.fr</p> <p> +33 144 879 939</p>

FUENTES DE INFORMACIÓN



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Aparicio, R. (Enero-Junio de 2016). *Comunicación ambiental: aproximaciones conceptuales para un campo emergente*. Recuperado el Agosto de 08 de 2017, de Scientific Electronic Library Online: <http://www.scielo.org.mx/pdf/comso/n25/n25a9.pdf>
- BECC, & COCEF. (2017). Informe de Avance Trimestral. Recuperado el 04 de Agosto de 2017, de Banco de Desarrollo de América del Norte y Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza: http://www.cocef.org/uploads/files/03-31-17_informe_de_avance_trimestral_de_bdan-cocef.pdf
- Campas, M. E. C., Álvarez, A. G., Núñez, M. Q., & Salazar, J. V. (2013). Evaluación de la calidad del aire respecto de partículas suspendidas totales (PST) y metales pesados (PB, CD, NI, CU, CR) en la ciudad de Hermosillo, Sonora, México, durante un periodo anual. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 29(4), 269-283. Recuperado a partir de <http://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/view/31393/39175>
- Cárdenas, B., Aréchiga, U., Munguía, J., Márquez, C., & Campos, A. (2012). *Evaluación preliminar del impacto ambiental por la producción artesanal de ladrillo: cambio climático, eficiencia energética y calidad del aire: segunda etapa. Informe Final del Convenio de Colaboración INE/ADA-110071*. México: Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa, Instituto Nacional de Ecología.
- CCAC. (2013). *Supporting National Planning of Short-lived Climate Pollutants in Mexico. Climate and Clean Air Coalition, Molina Center for Energy and the Environment and National Institute of Ecology and Climate Change*.
- CEDES, Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable, 2016. <http://www.cedes.gob.mx/>
- CONAGUA. (2015). *Reporte del Clima en México*. Recuperado el 02 de Agosto de 2017, de <http://smn1.conagua.gob.mx/climatologia/analisis/reporte/Anual2015.pdf>
- CONAPO. (23 de Diciembre de 2010-2030). *Datos de proyección*. Obtenido de http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Proyecciones_Datos
- CONAPO. (2014). *Proyecciones de la población 2010-2050*. Recuperado 15 de junio de 2016, a partir de <http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Proyecciones>
- Cruz-Campas, M. E., Gómez-Álvarez, A., Quintero-Núñez, M., Ramírez-Leal, R., Varela-Salazar, J., Monge-Amaya, O., & Cruz-Campas, M. E. (2010). Air Quality Regarding to TSP in Six Cities of Sonora, Mexico, a Criticism to the NOM-025-SSA1-1993 and a Proposed Criterion for Its Non-Compliance. *Journal of Environmental Protection*, 5(5), 862-873. <http://doi.org/10.4236/jep.2014.510088>
- DENUE. (2015). *Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas*. Recuperado el 03 de Agosto de 2017, de <http://www.beta.inegi.org.mx/app/mapa/denue/>
- DOF (Diario Oficial de la Federación). 2014. Secretaría de Salud. Norma Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-2014. Publicada en el Diario Oficial de la Federación en 2014.
- DOF (Diario Oficial de la Federación). 2014. Secretaría de Salud. Norma Oficial Mexicana NOM-020-SSA1-2014. Publicada en el Diario Oficial de la Federación en 2014.
- DOF (Diario Oficial de la Federación). 1994a. Secretaría de Salud. Norma Oficial Mexicana NOM-021-SSA1-1993. Publicada en el Diario Oficial de la Federación en 1994.
- DOF (Diario Oficial de la Federación). 2010. Secretaría de Salud. Norma Oficial Mexicana NOM-022-SSA1-2010. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 8 de septiembre de 2010.
- DOF (Diario Oficial de la Federación). 1994b. Secretaría de Salud. Norma Oficial Mexicana NOM-023-SSA1-1993. Publicada en el Diario Oficial de la Federación en 1994.
- EPA. (2015). Environmental Benefits Mapping and Analysis Program (BenMAP). *User Manual*. North Carolina, US: EPA. Recuperado a partir de <http://www.epa.gov/air/benmap/>
- Eze, I. C., Hemkens, L. G., Bucher, H. C., Hoffmann, B., Schindler, C., Künzli, N., ... Probst-Hensch, N. M. (2015). Association between Ambient Air Pollution and Diabetes Mellitus in Europe and North America: Systematic Review and Meta-Analysis. *Environmental Health Perspectives*. <http://doi.org/10.1289/ehp.1307823>

- Federico, N. (s.f.). *Alta presión*. Recuperado el 02 de Agosto de 2017, de Centro Científico Tecnológico Mendoza: <http://www.cricyt.edu.ar/enciclopedia/terminos/AltaPre.htm>
- Hamra, G. B., Guha, N., Cohen, A., Laden, F., Raaschou-Nielsen, O., Samet, J. M., ... Loomis, D. (2014). Outdoor Particulate Matter Exposure and Lung Cancer: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Environmental Health Perspectives*, 122(9), 906-911. <http://doi.org/10.1289/ehp/1408092>
- He, D., Wu, S., Zhao, H., Qiu, H., Fu, Y., Li, X., & He, Y. (2017). Association between Particulate Matter 2.5 and Diabetes Mellitus- a Meta-Analysis of Cohort Studies. *Journal of Diabetes Investigation*. <http://doi.org/10.1111/jdi.12631>
- Hoek, G., Krishnan, R. M., Beelen, R., Peters, A., Ostro, B., Brunekreef, B., & Kaufman, J. D. (2013). Long-term air pollution exposure and cardio- respiratory mortality: a review. *Environmental health*, 12(1), 43. <http://doi.org/10.1186/1476-069X-12-43>
- IHME. (2016). GBDCCompareDataVisualization. Recuperado 28 de noviembre de 2016, a partir de <https://vizhub.healthdata.org/gbd-compare/>
- INE. (2012). *Guía para evaluar los impactos en la salud por la instrumentación de medidas de control de la contaminación atmosférica* (Primera). Mexico, D.F.: INE-SEMARNAT. Recuperado a partir de http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/consultaPublicacion.html?id_pub=682
- INE, 2012. Diagnóstico de la Medición de la Calidad del Aire en México. Instituto Nacional de Ecología, México
- INE, 1998. Segundo Informe sobre la Calidad del Aire en Ciudades Mexicanas.
- INEE. (2010). *Número de localidades según su tamaño*. Recuperado el 01 de Agosto de 2017, de Intituto Nacional para la Evaluación de la Educación: http://www.inee.edu.mx/bie/mapa_indica/2011/PanoramaEducativoDeMexico/CS/CS02/2011_CS02__ab.pdf
- INEGI. (2010). Censo de Población y Vivienda 2010. Recuperado 15 de octubre de 2015, a partir de http://www.inegi.org.mx/sistemas/olap/Proyectos/bd/censos/cpv2010/PT.asp?s=est&c=27770&proy=cpv10_pt
- INEGI. (2015). Consulta interactiva de datos: Mortalidad. Recuperado 10 de enero de 2016, a partir de http://www.inegi.org.mx/est/lista_cubos/consulta.aspx?p=adm&c=4
- INEGI. (2013). *Finanzas públicas estatales y municipales*. Recuperado el 04 de Agosto de 2017, de Inetituto Nacional de Estadística y Geografía: <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/registros/economicas/finanzas/default.aspx>
- INEGI. (2014). *Censos económicos*. Recuperado el 03 de Agosto de 2017, de Intituto Nacional de Estadística y Geografía: http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/Proyectos/ce/ce2014/doc/minimonografias/mson_ce2014.pdf
- INEGI. (2015). *Anuario estadístico y geográfico de Sonora*. Recuperado el 02 de Agosto de 2017, de Fuente: Principales climas en Sonora. INEGI
- INEGI. (2015). *Banco de Información Económica*. Recuperado el 04 de Agosto de 2017, de Instituto Nacional de Estadística y Geografía: <http://www.inegi.org.mx/sistemas/bie/?idserPa%20dre=10200170%20-%20D10200170>
- INEGI. (2015). *Número de habitantes*. Recuperado el 02 de Agosto de 2017, de Instituto Nacional de Estadística y Geografía: <http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/son/poblacion/>
- INEGI. (2015). *PIB y Cuentas Nacionales Económicas y Ecológicas*. Recuperado el 04 de Agosto de 2017, de Instituto Nacional de Estadística y Geografía: <http://www.inegi.org.mx/sistemas/bie/?idserPa%20dre=10200170%20-%20D10200170>
- INEGI. (2017). *Intituto Nacional de Estadística y Geografía*. Recuperado el 01 de Junio de 2017, de <http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/coah/territorio/default.aspx?tema=m&e=05>
- Krewski, D., Jerrett, M., Burnett, R. T., Ma, R., Hughes, E., Shi, Y., ... Tempalski, B. (2009). Extended follow-up and spatial analysis of the American Cancer Society study linking particulate air pollution and mortality. *Research report (Health Effects Institute)*, (140), 5-114-36. Recuperado a partir de <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19627030>
- López-Villegas, M. T., & Pérez-Rivas, I. K. (2014). *Valoración económica de los beneficios a la salud*

- de la población que se alcanzarían por la reducción de las PM_{2.5} en tres zonas metropolitanas mexicanas. Recuperado a partir de http://www.inecc.gob.mx/descargas/dgicur/2014_pm2.5_ccsa_inecc.pdf
- Medina, S., Le Terre, A., Saklad, M., & on behalf of the Apehis Collaborative Network, on behalf of the A. C. (2009). The Apehis project: Air Pollution and Health-A European Information System. *Air quality, atmosphere, & health*, 2(4), 185-198. <http://doi.org/10.1007/s11869-009-0050-2>
- Nadadur, S. S., & Hollingsworth, J. W. (2015). *Air Pollution and Health Effects*. (M. and I. Toxicology, Ed.) (1.^a ed.). Springer London Heidelberg New York Dordrecht: Humana Press.
- OCDE. (2012). *OECD Environmental Outlook to 2050: The Consequences of Inaction*. doi:http://www.oecd-ilibrary.org/docserver/download/env_outlook-2012-sum-es.pdf?expires=1501874709&id=id&acname=guest&checksum=F6B9ECFC4F8A81B1DC1185F4EEC874A4
- OMS. (2014). WHO | Health Impact Assessment. Recuperado 17 de abril de 2017, a partir de <http://www.who.int/hia/en/>
- OMS. (2016). OMS | Calidad del aire (exterior) y salud.
- Osornio-Vargas, A. R., Hernández-Rodríguez, N. A., Yáñez-Buruel, A. G., Ussler, W., Overby, L. H., & Brody, A. R. (1991). Lung cell toxicity experimentally induced by a mixed dust from Mexicali, Baja California, Mexico. *Environmental research*, 56(1), 31-47. Recuperado a partir de <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1655401>
- CONAPO. (2014). Proyecciones de la población 2010-2050. Recuperado 15 de junio de 2016, a partir de <http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Proyecciones>
- Cruz-Campas, M. E., Gómez-Álvarez, A., Quintero-Núñez, M., Ramírez-Leal, R., Varela-Salazar, J., Monge-Amaya, O., & Cruz-Campas, M. E. (2010). Air Quality Regarding to TSP in Six Cities of Sonora, Mexico, a Criticism to the NOM-025-SSA1-1993 and a Proposed Criterion for Its Non-Compliance. *Journal of Environmental Protection*, 5(5), 862-873. <http://doi.org/10.4236/jep.2014.510088>
- EPA. (2015). Environmental Benefits Mapping and Analysis Program (BenMAP). *User Manual*. North Carolina, US: EPA. Recuperado a partir de <http://www.epa.gov/air/benmap/>
- Eze, I. C., Hemkens, L. G., Bucher, H. C., Hoffmann, B., Schindler, C., Künzli, N., ... Probst-Hensch, N. M. (2015). Association between Ambient Air Pollution and Diabetes Mellitus in Europe and North America: Systematic Review and Meta-Analysis. *Environmental Health Perspectives*. <http://doi.org/10.1289/ehp.1307823>
- Hamra, G. B., Guha, N., Cohen, A., Laden, F., Raaschou-Nielsen, O., Samet, J. M., ... Loomis, D. (2014). Outdoor Particulate Matter Exposure and Lung Cancer : A Systematic Review and Meta-Analysis. *Environmental Health Perspectives*, 122(9), 906-911. <http://doi.org/10.1289/ehp/1408092>
- He, D., Wu, S., Zhao, H., Qiu, H., Fu, Y., Li, X., & He, Y. (2017). Association between Particulate Matter 2.5 and Diabetes Mellitus- a Meta-Analysis of Cohort Studies. *Journal of Diabetes Investigation*. <http://doi.org/10.1111/jdi.12631>
- Hoek, G., Krishnan, R. M., Beelen, R., Peters, A., Ostro, B., Brunekreef, B., & Kaufman, J. D. (2013). Long-term air pollution exposure and cardio- respiratory mortality: a review. *Environmental health*, 12(1), 43. <http://doi.org/10.1186/1476-069X-12-43>
- IARC. (2012). *IARC: DIESEL ENGINE EXHAUST CARCINOGENIC*. Lyon, Francia. Recuperado a partir de https://www.iarc.fr/en/media-centre/pr/2012/pdfs/pr213_E.pdf
- IHME. (2016). GBDCmpareDataVisualization. Recuperado 28 de noviembre de 2016, a partir de <https://vizhub.healthdata.org/gbd-compare/>
- INE. (2012). *Guía para evaluar los impactos en la salud por la instrumentación de medidas de control de la contaminación atmosférica* (Primera). Mexico, D.F.: INE-SEMARNAT. Recuperado a partir de http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/consultaPublicacion.html?id_pub=682
- INEGI. (2010). Censo de Población y Vivienda 2010. Recuperado 15 de octubre de 2015, a partir de http://www.inegi.org.mx/sistemas/olap/Proyectos/bd/censos/cpv2010/PT.asp?s=est&c=27770&proy=cpv10_pt
- INEGI. (2015). Consulta interactiva de datos: Mortalidad. Recuperado 10 de enero de 2016, a partir de http://www.inegi.org.mx/est/lista_cubos/consulta.aspx?p=adm&c=4
- ITDP. (2013 de Julio de 2013). *Instituto de Políticas para Transporte y el Desarrollo. Movilidad Urbana Sustentable: Hacia una estrategia nacional integral de movilidad urbana.*

- Recuperado el 21 de Agosto de 2017, de http://mexico.itdp.org/wp-content/uploads/Movilidad-Urbana-Sustentable-MUS_.pdf
- Krewski, D., Jerrett, M., Burnett, R. T., Ma, R., Hughes, E., Shi, Y., ... Tempalski, B. (2009). Extended follow-up and spatial analysis of the American Cancer Society study linking particulate air pollution and mortality. *Research report (Health Effects Institute)*, (140), 5-114-36. Recuperado a partir de <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19627030>
- LEEPAS. (07 de Noviembre de 2011). *Ley del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente del Estado de Sonora*. Recuperado el 21 de Agosto de 2017, de Comisión de Ecología y Desarrollo Sustentable del Estado de Sonora: <http://transparencia.esonora.gob.mx/NR/rdonlyres/B2229113-C5F9-4F3C-A927-4A908F233FA7/81604/modificacionleydeequilibrioecologico7nov11.pdf>
- LGEEPA. (09 de Enero de 2015). *Ley General del Equilibrio y la Protección al Ambiente*. Recuperado el 21 de Agosto de 2017, de Biblioteca SEMARNAT: <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documents/Ciga/agenda/DOFs/148.pdf>
- López-Villegas, M. T., & Pérez-Rivas, I. K. (2014). *Valoración económica de los beneficios a la salud de la población que se alcanzarían por la reducción de las PM_{2.5} en tres zonas metropolitanas mexicanas*. Recuperado a partir de http://www.inecc.gob.mx/descargas/dgicur/2014_pm2.5_ccsa_inecc.pdf
- Molina, C. M. (2016). *Transporte sustentable*. Recuperado el 21 de Agosto de 2017, de <https://centromariomolina.org/el-impacto-del-cambio-climatico-en-la-agricultura/>
- Medina, S., Le Tertre, A., Saklad, M., & on behalf of the Apehis Collaborative Network, on behalf of the A. C. (2009). The Apehis project: Air Pollution and Health-A European Information System. *Air quality, atmosphere, & health*, 2(4), 185-198. <http://doi.org/10.1007/s11869-009-0050-2>
- Nadadur, S. S., & Hollingsworth, J. W. (2015). *Air Pollution and Health Effects*. (M. and I. Toxicology, Ed.) (1.ª ed.). Springer London Heidelberg New York Dordrecht: Humana Press.
- OMS. (2014). WHO | Health Impact Assessment. Recuperado 17 de abril de 2017, a partir de <http://www.who.int/hia/en/>
- OMS. (2016). OMS | Calidad del aire (exterior) y salud.
- Osornio-Vargas, A. R., Hernández-Rodríguez, N. A., Yáñez-Buruel, A. G., Ussler, W., Overby, L. H., & Brody, A. R. (1991). Lung cell toxicity experimentally induced by a mixed dust from Mexicali, Baja California, Mexico. *Environmental research*, 56(1), 31-47. Recuperado a partir de <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1655401>
- Pope, C. A., Turner, M. C., Burnett, R. T., Jerrett, M., Gapstur, S. M., Diver, W. R., ... Brook, R. D. (2015). Relationships between fine particulate air pollution, cardiometabolic disorders, and cardiovascular mortality. *Circulation Research*, 116(1). <http://doi.org/10.1161/CIRCRESAHA.116.305060>
- Pope III, C. A., & Dockery, D. W. (2006). Health Effects of Fine Particulate Air Pollution: Lines that Connect. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 56(January 2015), 709-742. <http://doi.org/10.1080/10473289.2006.10464485>
- Ramirez-Leal, R., Valle-Martinez, M., & Cruz-Campas, M. (2014). Chemical and Morphological Study of PM₁₀ Analysed by SEM-EDS. *Open Journal of Air Pollution*, 3(4), 121-129. <http://doi.org/10.4236/ojap.2014.34012>
- Ramirez-Leal, R., Valle-Martinez, M., & Cruz-Campas, M. (2014a). Morphology and Chemical Composition of PM₁₀ by SEM-EDS. *Microsc. Microanal*, 20(Suppl 3), 1982-1983. <http://doi.org/10.1017/S1431927614011647>
- Ramirez-Leal, R., Valle-Martinez, M., & Cruz-Campas, M. (2014b). Physico-chemical characterization of total suspended particles (TSP) analysis by sem-eds. *International Journal of Advanced Research Journalwww.journalijar.com INTERNATIONAL JOURNAL OF ADVANCED RESEARCH*, 2(5), 815-817. Recuperado a partir de http://www.journalijar.com/uploads/781_IJAR-2989.pdf
- Ramirez-Leal, R., Valle-Martinez, M., & Cruz-Campas, M. (2016). Elemental Analysis of Particles PM_{2.5} by SEM-EDS. *Microscopy and Microanalysis*, 22(S3), 2058-2059. <http://doi.org/10.1017/S1431927616011120>
- Ramirez-Leal, R., Valle-Martinez, M., & Cruz Campas, M. (2017). Characterization of Individual Particles in Air Quality Program with Sem-Eds. *Microsc. Microanal*, 21(Suppl3), 2099-2100. <http://doi.org/10.1017/S1431927615011277>

- Ramírez-Sánchez, H. U., Andrade-García, M. D., González-Castañeda, M. E., & Celis-de La Rosa, A. de J. (2006). Contaminantes atmosféricos y su correlación con infecciones agudas de las vías respiratorias en niños de Guadalajara, Jalisco. *Salud Pública Mex*, 48(5), 385-394. <http://doi.org/10.1590/S0036-36342006000500005>
- Reyna C., M. A., Quintero N., M., & Collins, K. (2005). Correlation study of the association of PM10 with the main respiratory diseases in the populations of Mexicali, Baja California and imperial county, California. *Revista Mexicana de Ingeniería Biomédica*, 26(1), 22-36.
- Rojas-Bracho, L., & Garibay-Bravo, V. (2003). Las partículas suspendidas , aeropartículas o aerosoles : ¿ hacen daño a la salud ?; ¿ podemos hacer algo ? *Gaceta Ecológica*, 69(octubre-diciembre), 29-44.
- SACSA, G. (2015). *Conozca los efectos ambientales de los fertilizantes químicos*. Recuperado el 21 de Agosto de 2017, de Servicios Agropecuarios de la Costa: <http://www.gruposacsa.com.mx/conozca-los-efectos-ambientales-de-los-fertilizantes-quimicos/>
- SAGARPA. (2013). *Reglas de Operación y Programa Sectorial 2007-2012*. México: SAGARPA.
- SAGARPA. (2013). *Tecnologías de la mitigación*. México: SAGARPA.
- Supporting National Planning of Short-lived Climate Pollutants in Mexico. Climate and Clean Air Coalition, Molina Center for Energy and the Environment and National Institute of Ecology and Climate Change.* . (s.f.).
- Secretaría de Salud. (2015). Sistema Único Automatizado para la Vigilancia Epidemiológica en Línea. Recuperado 27 de mayo de 2017, a partir de http://www.sinave.gob.mx/SUAVE/Inicio_sesion.aspx
- SE. (2014). *Información Económica y Estatal*. Recuperado el 03 de Agosto de 2017, de Secretaría de Economía: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/97611/sonora.pdf>
- US EPA. (2013). *America's Children and the Environment, Third Edition. Population (French Edition)* (Vol. 13). Recuperado a partir de <http://www.jstor.org/stable/1525447?origin=crossref>
- USEPA. (2013). *Quality Assurance Handbook for Air Pollution Measurement Systems Volume II Ambient Air Quality Monitoring Program*. North Carolina. Recuperado a partir de <https://www3.epa.gov/ttnamti1/files/ambient/pm25/qa/QA-Handbook-Vol-II.pdf>

ANEXO A

INVENTARIO DE EMISIONES DESAGREGADO POR CATEGORÍA PARA EL ESTADO DE SONORA

Fuente/categoría de emisión	Emisión en Mg/año						
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	NO _x	COV	CO	NH ₃
Total	318,114.2	63,199.3	69,368.4	173,017.6	684,313.0	357,079.4	28,137.7
Fuentes fijas	6,327.4	4,054.5	67,355.7	8,829.5	1,737.0	1,884.4	113.6
Accesorios, aparatos eléctricos y equipos de generación eléctrica	5.4	3.9	0.0	4.2	49.4	2.1	NS
Alimentos y bebidas	49.2	24.8	500.3	61.8	0.5	41.4	0.9
Automotriz	1.6	1.6	0.1	20.3	1.9	16.9	0.6
Celulosa y papel	54.2	35.3	974.0	90.9	105.8	8.8	1.3
Cemento y cal	1,008.8	520.1	2,291.5	1,247.4	6.0	65.8	0.9
Derivados del petróleo y carbón	3.7	0.8	0.4	0.2	NS	0.1	NS
Extracción/Beneficio minerales no metálicos	11.2	2.1	9.0	132.2	8.6	28.5	0.1
Generación de energía eléctrica	3,464.9	2,450.8	63,436.4	5,190.8	66.2	921.1	85.2
Industria textil	0.3	0.2	NS	0.1	250.5	0.1	NS
Madera	NS	NS	NE	0.1	0.5	NS	NE
Manejo de desechos y remediación	NS	NS	NE	0.1	NS	NS	NE
Metálico	4.6	3.4	NS	4.5	78.3	3.6	0.1
Metalúrgica (incluye la siderúrgica)	1,695.8	993.9	142.7	2,043.7	184.9	776.7	24.0
Mezclas químicas	NA	NA	NA	NA	11.5	NA	NA
Minerales no metálicos	20.6	12.4	NS	0.4	NS	0.1	NE
Papel y cartón	0.3	0.3	NS	6.1	1.2	3.4	NE
Petróleo y petroquímica	1.5	1.2	0.4	19.8	204.4	13.8	0.5
Piel, cuero y materiales sucedáneos	NA	NA	NA	NA	0.1	NA	NA
Plástico y hule	5.0	3.7	NS	0.7	758.8	0.4	NS
Química	0.4	0.1	0.9	6.3	8.4	1.5	0.1
Fuentes de área	35,315.8	15,851.5	1,052.7	6,078.1	56,296.6	112,316.3	27,743.5
Aguas residuales	NA	NA	NA	NA	2,244.7	NA	NA
Aplicación de fertilizantes	NA	NA	NA	NA	NA	NA	5,086.7
Aplicación de plaguicidas	NA	NA	NA	NA	437.6	NA	NA
Artes gráficas	NA	NA	NA	NA	1,570.4	NA	NA
Asados al carbón	231.3	184.6	NA	8.5	29.7	460.4	NA
Asfaltado	NA	NA	NA	NA	379.0	NA	NA
Caminos no pavimentados	7,889.0	774.3	NA	NA	NA	NA	NA

Caminos pavimentados	4,720.8	1,142.1	NA	NA	NA	NA	NA
Combustión agrícola	132.3	132.3	122.3	1,906.4	1.4	408.2	NE
Combustión comercial	5.6	5.6	0.1	170.0	3.3	36.0	0.1
Combustión doméstica	1,802.2	1,735.7	21.1	731.2	11,808.8	13,138.6	0.2
Emisiones domésticas de NH ₃	NA	NA	NA	NA	NA	NA	3,512.6
Emisiones ganaderas	488.9	55.8	NA	NA	NA	NA	17,744.9
Esterilización de material hospitalario	NA	NA	NA	NA	2.8	NA	NA
Incendios en construcciones	1.0	0.9	NA	0.4	1.0	16.1	NA
Incendios forestales	5,683.0	4,822.2	528.4	1,700.9	3,927.2	56,238.6	563.5
Labranza agrícola	9,057.9	2,008.1	NA	NA	NA	NA	NA
Ladrilleras	1,279.8	1,168.2	97.0	53.6	26.1	231.6	NA
Lavado en seco	NA	NA	NA	NA	205.8	NA	NA
Limp. Sup. Industriales	NA	NA	NA	NA	0.0	NA	NA
Manejo y distribución de combustibles	NA	NA	NA	NA	2,947.6	NA	NA
Manejo y distribución GLP	NA	NA	NA	NA	10,903.9	NA	NA
Panificación	NA	NA	NA	NA	233.7	NA	NA
Pintado automotriz	NA	NA	NA	NA	738.3	NA	NA
Pintura para señalización vial	NA	NA	NA	NA	164.5	NA	NA
Quemas a cielo abierto	20.0	18.3	0.5	3.2	4.5	44.8	NA
Quemas agrícolas	4,003.9	3,803.2	283.3	1,504.2	3,488.4	41,742.0	835.4
Rec. Sup. Arquitectónicas	NA	NA	NA	NA	7,474.2	NA	NA
Rec. Sup. Industriales	NA	NA	NA	NA	546.1	NA	NA
Uso doméstico de solventes	NA	NA	NA	NA	9,157.5	NA	NA
Fuentes móviles carreteras	1,577.8	1,434.3	667.3	51,456.2	21,184.5	239,010.6	280.1
Autobuses	426.3	392.2	4.3	7,084.1	380.1	2,180.4	8.7
Autos particulares y taxis	197.2	174.5	274.9	12,244.0	7,585.9	87,736.1	113.0
Camionetas y pick up	252.8	224.3	304.9	16,836.6	10,187.6	115,796.1	105.6
Motocicletas	3.9	3.5	7.7	122.8	261.0	2,422.3	6.3
Veh < 3 Ton	58.3	51.7	65.8	3,463.1	1,993.9	27,715.3	22.0
Veh > 3 Ton y Tractocamiones	639.3	588.2	9.6	11,705.7	776.0	3,160.4	24.4
Fuentes móviles no carreteras	770.9	740.7	292.7	8,524.6	881.1	3,868.0	0.4
Aviación y servicios auxiliares	9.8	9.7	43.6	348.5	114.9	924.9	NE
Embarcaciones marinas	20.5	20.1	164.6	294.3	3.0	28.1	NE
Locomotoras	103.7	93.2	36.6	4,171.0	161.8	413.4	NE
Maquinaria agrícola	582.0	564.6	41.4	3,224.0	552.2	2,261.7	0.4
Maquinaria de la construcción	54.8	53.2	6.5	486.8	49.2	239.9	0.1
Fuentes naturales	274,122.4	41,118.4	NA	98,129.2	604,213.7	NA	NA
Biogénicas	NA	NA	NA	98,129.2	604,213.8	NA	NA
Erosivas	274,122.4	41,118.4	NA	NA	NA	NA	NA

ANEXO B

INVENTARIO DE EMISIONES POR MUNICIPIO DEL ESTADO DE SONORA

Municipio	Emisión en Mg/año						
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	NOX	COV	CO	NH ₃
Aconchi	355.2	62.4	1.1	280.1	3,075.5	135.2	49.6
Agua Prieta	1,720.5	360.1	25.0	2,579.2	6,508.0	7,012.9	329.9
Álamos	20,067.7	3,504.5	54.8	7,462.5	61,210.2	3,540.7	1,298.5
Altar	4,818.0	765.0	2.9	1,929.6	2,501.2	649.7	137.2
Arivechi	641.1	103.0	1.2	366.8	5,024.3	79.4	56.6
Arizpe	1,130.1	185.6	2.5	804.2	7,411.8	213.9	179.0
Atil	387.8	60.1	0.4	107.5	165.0	43.1	14.1
Bacadéhuachi	250.5	42.8	1.5	381.6	6,152.0	46.6	100.3
Bacanora	457.8	97.2	4.1	625.8	10,632.1	407.5	57.6
Bacerac	345.5	64.8	1.4	276.5	3,739.4	114.6	88.3
Bacoachi	463.2	78.3	1.2	274.9	1,567.5	95.4	71.5
Bácum	8,316.2	1,571.2	26.8	1,915.6	6,872.6	3,932.7	632.5
Banámichi	507.5	79.6	0.9	463.8	6,675.2	57.2	78.1
Baviácora	500.7	82.1	1.6	576.3	8,548.2	178.6	73.6
Bavispe	640.4	103.5	1.4	378.7	3,238.6	65.8	94.7
Benjamín Hill	248.5	87.5	10.2	2,701.4	2,242.1	441.3	95.5
Caborca	18,844.9	3,310.2	59.7	7,352.4	12,756.5	10,595.2	545.3
Cajeme	28,918.9	5,861.1	284.4	16,530.7	46,573.0	51,836.4	4,622.3
Cananea	3,867.6	2,167.1	189.6	1,966.6	5,338.2	22,282.3	425.0
Carbó	1,435.4	244.7	2.5	3,509.3	7,019.0	337.0	159.4
La Colorada	2,009.2	473.8	323.0	3,826.6	28,390.0	189.7	338.8
Cucurpe	1,106.4	169.0	1.1	350.3	1,502.5	44.7	124.3
Cumpas	1,424.9	226.8	5.2	741.8	5,433.2	263.2	216.2
Divisaderos	252.7	39.4	0.5	196.0	2,485.9	25.0	25.7
Empalme	4,207.2	685.0	9.1	1,122.0	2,239.1	2,165.1	223.9
Etchojoa	17,842.4	3,307.6	46.9	3,036.2	8,140.0	6,950.3	1,113.6
Fronteras	1,690.6	276.0	5.0	886.1	3,182.9	631.9	154.5
Granados	149.7	24.2	0.7	200.9	3,184.3	30.5	50.5
Guaymas	14,731.2	3,496.8	31,045.4	9,696.0	17,174.8	13,790.0	1,211.0
Hermosillo	50,697.6	9,040.9	2,417.8	30,883.2	45,368.1	95,029.4	5,209.3
Huachinera	219.7	46.5	1.0	199.7	2,867.7	138.3	56.6
Huásabas	248.9	44.6	1.6	366.3	4,197.2	123.7	41.6
Huatabampo	16,791.1	2,977.5	137.1	3,929.1	8,024.7	8,515.9	914.0
Huépac	337.2	53.2	0.8	224.9	3,107.6	58.9	78.6

Continuación del Anexo B. . .

Ímuris	3,006.3	1,681.5	161.5	1,798.4	3,337.9	17,923.3	281.3
Magdalena	1,384.2	254.4	21.3	1,402.9	2,063.0	3,575.6	120.1
Mazatán	763.8	124.6	1.4	467.6	2,039.8	119.6	52.6
Moctezuma	589.5	99.8	3.3	879.4	10,551.3	495.3	144.4
Naco	301.6	60.8	2.7	528.2	651.0	451.4	41.2
Nácori Chico	669.4	117.3	2.6	956.5	16,089.1	194.7	162.0
Nacozari de García	360.0	138.8	12.2	1,177.6	3,432.2	2,289.8	121.7
Navojoa	16,856.1	3,545.9	1,076.2	8,714.8	19,162.4	19,250.1	2,890.9
Nogales	1,809.1	712.9	112.0	4,661.6	8,479.8	27,211.3	456.8
Onavas	285.4	45.4	0.4	396.2	5,570.8	28.9	26.0
Opodepe	792.6	129.6	2.0	1,836.4	9,619.6	131.6	127.2
Oquitoa	290.3	44.2	0.2	182.5	206.1	16.8	17.3
Pitiquito	3,778.8	1,458.5	32,880.2	4,537.4	4,011.3	676.7	179.0
Puerto Peñasco	10,213.3	1,585.7	19.1	2,151.9	3,011.3	4,873.6	169.5
Quiriego	3,120.3	543.0	4.1	4,419.7	35,974.7	583.5	188.6
Rayón	705.8	112.1	1.1	560.4	8,379.3	107.2	91.7
Rosario	4,659.8	893.4	26.3	2,761.8	33,861.7	2,243.8	258.9
Sahuaripa	1,709.7	282.1	63.2	3,170.6	38,515.3	679.5	280.5
San Felipe de Jesús	170.4	26.6	0.3	100.1	1,327.9	18.6	18.2
San Javier	136.3	22.3	0.4	354.9	5,395.5	48.6	35.5
San Luis Río Colorado	24,485.1	4,106.8	68.6	6,030.8	8,791.7	16,551.1	642.1
San Miguel de Horcasitas	1,912.8	327.2	2.7	1,073.6	3,541.1	488.6	300.0
San Pedro de la Cueva	414.3	66.6	2.1	1,235.3	21,571.0	106.5	119.2
Santa Ana	1,755.1	316.8	8.7	1,864.7	2,042.4	2,285.8	127.8
Santa Cruz	465.3	149.7	12.6	349.2	1,684.6	1,139.3	92.6
Sáric	521.2	103.4	1.2	731.9	396.3	220.8	65.0
Soyopa	2,838.1	1,181.3	108.0	1,422.5	19,687.3	10,524.9	184.0
Suaqui Grande	468.1	72.6	0.7	677.2	8,408.3	53.7	60.6
Tepache	388.6	60.4	0.8	391.2	5,525.3	46.3	49.2
Trincheras	3,670.1	564.8	2.5	1,840.9	2,974.8	198.4	85.2
Tubutama	1,310.5	202.5	0.7	394.4	610.7	105.8	33.3
Ures	1,819.6	309.0	6.8	1,963.5	19,332.0	772.9	352.3
Villa Hidalgo	713.5	236.3	17.8	354.2	1,808.1	1,907.7	108.5
Villa Pesqueira	969.5	165.1	3.8	662.7	8,178.8	352.3	89.4
Yécora	1,210.0	280.6	8.4	1,271.8	17,104.5	1,175.7	209.3
Gral. Plutarco Elías Calles	2,266.4	446.7	5.9	2,630.3	1,431.2	1,427.8	102.4
Benito Juárez	6,789.5	1,372.2	31.2	1,220.1	2,879.2	4,738.8	466.0
San Ignacio Río Muerto	8,887.3	1,666.4	27.1	1,701.8	4,117.5	4,040.7	519.6
Total	318,114.2	63,199.3	69,368.4	173,017.6	684,313.0	357,079.4	28,137.7