

COMISIÓN AMBIENTAL DE LA MEGALÓPOLIS



PROGRAMA DE GESTIÓN FEDERAL PARA MEJORAR LA CALIDAD DEL **AIRE DE LA MEGALÓPOLIS** PROAIRE DE LA MEGALÓPOLIS 2017-2030

© **Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales**
Av. Ejército Nacional 223.
Colonia Anáhuac. Delegación Miguel Hidalgo.
C.P. 11320. Ciudad de México
<http://www.gob.mx/semarnat>

DIRECTORIO

Ing. Rafael Pacchiano Alamán

Secretario de Medio Ambiente y Recursos Naturales

Q.F.B. Martha Garcíarivas Palmeros

Subsecretaria de Gestión para la Protección Ambiental

Dr. Rodolfo Lacy Tamayo

Subsecretario de Planeación y Política Ambiental

Ing. Cuauhtémoc Ochoa Fernández

Subsecretario de Fomento y Normatividad Ambiental

Dra. María Amparo Martínez Arroyo

Directora General del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático

Lic. Martín Gutiérrez Lacayo

Coordinador Ejecutivo de Vinculación Institucional

PARTICIPANTES

INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA Y CAMBIO CLIMÁTICO

Dra. María Amparo Martínez Arroyo
Dr. J. Víctor Hugo Páramo Figueroa
Dra. Margarita Caso Chávez
Dr. Miguel Gerardo Breceda Lapeyre
Mtra. Ileana Villalobos Estrada
Ing. Sergio Zirath Hernández Villaseñor
Ing. Valia Maritza Goytia Leal
Dr. Arturo Gavilán García
Bíol. Rodolfo Iniestra Gómez
M. en C. José Andrés Aguilar Gómez
Dra. María de la Luz Espinosa Fuentes
Ing. Oscar Alfredo Fentanes Arriaga
M. en C. Roberto Basaldud Cruz
Mtro. Jorge Iván Sigala Rodríguez-PNUD
Act. María Guadalupe Tzintzun Cervantes
M. en C. Laura Elizabeth Ramos Casillas
Dra. Ania Mendoza Cantú
Ing. Ingrid Katherinne Pérez Rivas
Ing. Daniel Ordoñez Carmona
Ing. Jorge David Santacruz Morhy
Lic. Mauricio Coronado Casillas
Ing. María de la Luz Pérez Tijerina
L.C.A. Yusif Salif Nava Assad
Mtro. Israel Laguna Monroy
M. en C. Aura Azalea Rodríguez Villamil
M. en C. Fanny López Díaz

INSTITUTO NACIONAL DE SALUD PÚBLICA

Dr. Horacio Riojas Rodríguez
M. en C. José Luis Texcalac Sangrador
MSP. Karla Cervantes Martínez
M. en C. Magali Hurtado Díaz
M. en C. Carlos Manuel Guerrero López
M. en C. Luz Angélica de la Sierra de la Vega
M. en C. Pamela Zuñiga
M. en C. Conrado Martínez Suárez

CENTRO DE ESTUDIOS SOBRE EQUIDAD Y DESARROLLO A. C.

Dr. Leonardo Martínez Flores

COORDINACIÓN EJECUTIVA DE VINCULACIÓN INSTITUCIONAL

Lic. Martín Gutiérrez Lacayo
Lic. César Reyna de la Madrid
Dr. Víctor Manuel Menéndez Flores
M. en A.P. Gloria Julissa Calva Cruz

DIRECCIÓN GENERAL DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE Y REGISTRO DE EMISIONES Y TRANSFERENCIA DE CONTAMINANTES

M. en C. Ana Patricia Martínez Bolívar
M. en C. Daniel López Vicuña
M. en C. Gloria Yañez Rodríguez
Ing. Hugo Landa Fonseca
Ing. Roberto Martínez Verde
Ing. Sulem Esmeralda González Oliva

CENTRO DE CIENCIAS DE LA ATMÓSFERA-UNAM

Dra. Telma Castro Romero
Dr. Luis Gerardo Ruiz Suárez
Dr. José Agustín García Reynoso
Dr. Aron Jazcilevich Diamant
Dr. Ricardo Torres Jardón
M. en C. Bertha Eugenia Mar Morales
Dr. Jorge Zavala Hidalgo
M. en C. José Santos García Yee
M. en C. Hugo Barrera Huertas
M. en C. Javier Omar Castillo Miranda
Dr. Oscar Peralta Rosales
M. en C. José Abraham Ortíz Álvarez

INSTITUTO DEL AIRE LIMPIO A.C.

Ing. Sergio Sánchez Martínez
M. en C. Ramiro Barrios Castrejón
Mtra. Joanne Green
Mtro. Juan J. Castillo Lugo
Mtra. Juliana Klakamp
Dr. Uriel González Macías
Mtra. Natalia Andrea Restrepo Vélez
Ing. Tania Patricia Martínez Soto
Ing. Saúl Rodríguez Rivera
M. en C. Claudia Márquez Estrada
Ing. Angélica Velázquez Montero

CONTENIDO

DIRECTORIO	i
PARTICIPANTES	ii
CONTENIDO	iii
LISTA DE CUADROS	v
LISTA DE FIGURAS	vii
ACRÓNIMOS	xi
INTRODUCCIÓN	1
I. VISIÓN TERRITORIAL Y ECOSISTÉMICA	7
I.1. Componente natural	7
<i>Subsistema físico</i>	7
<i>Subsistema biótico</i>	9
<i>Áreas Naturales Protegidas y Regiones Terrestres Prioritarias</i>	15
<i>Corredor Ecológico Sierra Madre Oriental</i>	17
<i>Eje Neovolcánico Transversal</i>	18
<i>Áreas estratégicas para la conectividad en la Megalópolis</i>	19
<i>Áreas prioritarias para la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad</i>	20
<i>Áreas prioritarias para el mantenimiento de los bienes y servicios ambientales</i>	21
<i>Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre</i>	23
<i>Los ecosistemas y su relación con el cambio climático</i>	24
I.2. Componente socioeconómico	26
<i>Subsistema agropecuario</i>	26
<i>Subsistema urbano</i>	31
<i>Subsistema minero</i>	32
II. CALIDAD DEL AIRE DE LA MEGALÓPOLIS	35
II.1. Infraestructura actual de monitoreo de la calidad del aire	35
II.2. Evaluación del estado de la calidad del aire en el 2015	37
II.3. Evaluación del estado de la calidad del aire en 2016	41
II.4. Tendencias históricas de calidad del aire en la Megalópolis	43
II.5. Evaluación de la infraestructura de monitoreo de la calidad del aire	49
II.6. Climatología y meteorología de la región megalopolitana	52
II.7. Transporte de contaminantes en la Megalópolis	62
II.8. Química atmosférica	67
II.9. Emisiones de partículas por erosión eólica	77
II.10. Emisión de partículas por incendios forestales y prácticas de quema de residuos agrícolas	81
<i>Incendios forestales</i>	81
<i>Prácticas de quema de residuos y productos agrícolas</i>	84
II.11. Ceniza volcánica	85

III. IMPACTOS DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA.....	89
III.1. Impactos en la salud de la población	89
<i>Exposición a las partículas PM_{2.5} y PM₁₀ y a Ozono.....</i>	<i>91</i>
<i>Reducción de PM_{2.5}: mortalidad evitable y valoración económica</i>	<i>94</i>
<i>Reducción de PM₁₀: mortalidad evitable y valoración económica.....</i>	<i>97</i>
<i>Reducción de O₃: mortalidad evitable y valoración económica.....</i>	<i>100</i>
III.2. Impactos en cultivos y bosques	105
<i>Impactos en cultivos.....</i>	<i>105</i>
<i>Impactos en bosques.....</i>	<i>109</i>
III.3. Impactos en el patrimonio histórico - cultural y en materiales	112
IV. INVENTARIO DE EMISIONES	119
IV.1. Inventarios de emisiones por Entidad Federativa para el 2015	121
IV.2. Inventario de emisiones de la Megalópolis 2015	123
IV.3. Identificación de emisores de contaminantes estratégicos	137
IV.4. Definición de una línea base de emisiones al 2030	147
V. ANÁLISIS DE PROAIRES, CONTRIBUCIONES DE EXPERTOS Y ACCIONES EN CURSO.....	159
V.1. Acciones de los programas para mejorar la calidad del aire	159
V.2. Acciones propuestas por expertos y por la sociedad civil	164
V.3. Acciones en curso	166
<i>Acciones de la Estrategia Nacional de Calidad del Aire.....</i>	<i>169</i>
V.4. Identificación de acciones relevantes.....	175
VI. ANÁLISIS ECOSISTÉMICO DE EMISIONES	177
VI.1. Gestión de la calidad del aire en la Megalópolis	177
VI.2. Mapa ecosistémico de la Megalópolis.....	181
VII. ACCIONES ESTRATÉGICAS	187
VII.1. Marco programático de acciones de prevención y control de la contaminación atmosférica.....	187
VII.2. Reducción de las emisiones por el conjunto de medidas	283
VII.3. Diseño de un mecanismo de implementación, seguimiento y evaluación.....	283
REFERENCIAS.....	285
ANEXO 1. NORMAS DE CALIDAD DEL AIRE	299
ANEXO 2. INVENTARIOS DE EMISIONES DE LA MEGALÓPOLIS MÁS QUERÉTARO	300
ANEXO 3. ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS	304

LISTA DE CUADROS

CUADRO I-1. UNIDADES DE MANEJO PARA LA CONSERVACIÓN DE LA VIDA SILVESTRE POR ENTIDAD FEDERATIVA	24
CUADRO I-2. PARTICIPACIÓN DE LAS ENTIDADES DE LA MEGALÓPOLIS EN EL VALOR DE LA PRODUCCIÓN MINERA NACIONAL	32
CUADRO II-1. NÚMERO DE ESTACIONES DE MONITOREO EN LAS ENTIDADES QUE CONFORMAN LA MEGALÓPOLIS POR SMCA Y CONTAMINANTE EN EL AÑO 2016.....	36
CUADRO II-2. EVALUACIÓN DE CUMPLIMIENTO DE NOMs POR SMCA, EN EL AÑO 2015	39
CUADRO II-3. ESTATUS DE CUMPLIMIENTO DE LAS NOM DE CALIDAD DEL AIRE, EN LA ZMVM, ZMVT Y MORELOS EN EL AÑO 2016	41
CUADRO II-4. TOTAL DE ESTACIONES CON EQUIPO AUTOMÁTICO POR SMCA QUE MONITOREAN CADA CONTAMINANTE Y EVALUACIÓN DE CUMPLIMIENTO DE LA NOM RESPECTIVA EN EL AÑO 2016.....	42
CUADRO II-5. ESTADO DE LA OPERACIÓN E INFRAESTRUCTURA DEL MONITOREO ATMOSFÉRICO DE LA MEGALÓPOLIS.....	50
CUADRO II-6. ESTADÍSTICOS BÁSICOS DE CALIDAD DEL AIRE EN SITIOS RURALES Y PERIURBANOS EN EL ESTADO DE MÉXICO, PUEBLA Y TLAXCALA.....	77
CUADRO II-7. EMISIONES DE CONTAMINANTES POR INCENDIOS FORESTALES EN LA REGIÓN CAME MÁS QUERÉTARO EN 2015.....	83
CUADRO II-8. EMISIONES DE CONTAMINANTES POR QUEMAS AGRÍCOLAS EN LA REGIÓN CAME MÁS QUERÉTARO EN 2015	85
CUADRO III-1. ESCENARIOS DE REDUCCIÓN DE CONCENTRACIONES DE CONTAMINANTES (ESCENARIOS DE GESTIÓN)	90
CUADRO III-2. POBLACIÓN INCLUIDA EN LA EIS EN LA REGIÓN CENTRO EN EL 2014	91
CUADRO III-3. MORTALIDAD EVITABLE PROMEDIO POR ESCENARIO Y CAUSA A CONSECUENCIA DE LA REDUCCIÓN DE PM _{2.5} EN LAS ENTIDADES DE LA REGIÓN CENTRO	96
CUADRO III-4. MORTALIDAD EVITABLE PROMEDIO POR ESCENARIO Y CAUSA A CONSECUENCIA DE LA REDUCCIÓN DE PM ₁₀ EN LAS ENTIDADES DE LA REGIÓN CENTRO.....	99
CUADRO III-5. MORTALIDAD EVITABLE PROMEDIO POR ESCENARIO Y CAUSA A CONSECUENCIA DE LA DISMINUCIÓN DE O ₃ EN LAS ENTIDADES DE LA REGIÓN CENTRO	102
CUADRO III-6. FUNCIONES EXPOSICIÓN-RESPUESTA A LA EXPOSICIÓN A OZONO DE CUATRO CULTIVOS DE IMPORTANCIA EN LA REGIÓN CENTRO DE MÉXICO	107
CUADRO III-7. PÉRDIDA ECONÓMICA EN CULTIVOS POR EXPOSICIÓN A OZONO EN LA REGIÓN CAME, JUNIO-SEPTIEMBRE 2011.....	108
CUADRO III-8. TIPOS DE BOSQUES Y ÁREA DE LOS MISMOS EN LA REGIÓN CENTRO DE MÉXICO.....	110
CUADRO III-9. FUNCIONES DOSIS-RESPUESTA PARA VARIAS ESPECIES ARBÓREAS	111
CUADRO III-10. ESTIMACIÓN DE RECESIÓN PARA PIEDRA VOLCÁNICA DE MONUMENTOS HISTÓRICOS EN LA CRCM, 2014	115
CUADRO III-11. ESTIMACIÓN DE RECESIÓN PARA PIEDRA VOLCÁNICA DE MONUMENTOS ARQUEOLÓGICOS EN LA CRCM, 2014	115
CUADRO IV-1. INVENTARIO DE EMISIONES 2015 DE LA MEGALÓPOLIS MÁS QUERÉTARO	124
CUADRO IV-2. CONTRIBUCIÓN PORCENTUAL EN EL INVENTARIO DE EMISIONES 2015 DE LA MEGALÓPOLIS MÁS QUERÉTARO	124
CUADRO IV-3. INVENTARIO DE EMISIONES DESGLOSADO 2015 DE LA MEGALÓPOLIS MÁS QUERÉTARO	127
CUADRO IV-4. CONTRIBUCIÓN PORCENTUAL EN EL INVENTARIO DE EMISIONES DESGLOSADO 2015 DE LA MEGALÓPOLIS MÁS QUERÉTARO.....	130
CUADRO IV-5. INVENTARIO DE EMISIONES DESGLOSADO 2030 DE LA MEGALÓPOLIS MÁS QUERÉTARO	149
CUADRO V-1. CANTIDAD TOTAL DE MEDIDAS Y ACCIONES PROPUESTAS EN CADA PROAIRE	160

CUADRO V-2. RESUMEN DE MEDIDAS POR PROAIRE Y POR CADA LÍNEA ESTRATÉGICA.....	161
CUADRO V-3. RESUMEN DE LÍNEAS ESTRATÉGICAS Y MEDIDAS DE LOS PROAIRE	162
CUADRO V-4. DOCUMENTOS TÉCNICOS ANALIZADOS PARA IDENTIFICACIÓN DE MEDIDAS	164
CUADRO V-5. RESUMEN DE LAS MEDIDAS OBTENIDAS DE LOS DOCUMENTOS TÉCNICOS ANALIZADOS	165

LISTA DE FIGURAS

FIGURA I.1. ENTIDADES QUE CONFORMAN LA MEGALÓPOLIS.....	8
FIGURA I.2. CUENCAS HIDROLÓGICAS DE LA MEGALÓPOLIS	9
FIGURA I.3. TIPOS DE BOSQUE EN LA MEGALÓPOLIS.....	11
FIGURA I.4. BOSQUE TEMPLADO	11
FIGURA I.5. SELVAS, MATORRAL, PASTIZAL Y OTROS TIPOS DE VEGETACIÓN.....	13
FIGURA I.6. SELVA HÚMEDA	13
FIGURA I.7. SELVA BAJA CADUCIFOLIA	14
FIGURA I.8. MATORRAL	15
FIGURA I.9. ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS Y REGIONES TERRESTRES PRIORITARIAS EN LA MEGALÓPOLIS	16
FIGURA I.10. REPRESENTACIÓN DE LOS POTENCIALES CORREDORES BIOLÓGICOS PARA LA MEGALÓPOLIS	19
FIGURA I.11. ÁREAS PRIORITARIAS PARA LA CONSERVACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS Y LA BIODIVERSIDAD.....	21
FIGURA I.12. ÁREAS PRIORITARIAS PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS BIENES Y SERVICIOS AMBIENTALES	22
FIGURA I.13. ZONAS AGRÍCOLAS (TEMPORAL Y RIEGO) EN LA MEGALÓPOLIS	27
FIGURA I.14. ZONAS CON ACTIVIDAD PECUARIA EN LA MEGALÓPOLIS.....	28
FIGURA I.15. ASENTAMIENTOS HUMANOS EN LA MEGALÓPOLIS	31
FIGURA I.16. MINERÍA METÁLICA, NO METÁLICA Y BANCOS DE MATERIAL EN LA MEGALÓPOLIS	33
FIGURA II.1. UBICACIÓN DE ESTACIONES DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE	36
FIGURA II.2. EVALUACIÓN DE CUMPLIMIENTO DE NOMs POR SMCA, ESTACIÓN DE MONITOREO Y LÍMITE NORMADO EN EL AÑO 2015	40
FIGURA II.3. EVALUACIÓN DE CUMPLIMIENTO DE NOMs POR SMCA, ESTACIÓN DE MONITOREO Y LÍMITE NORMADO EN EL AÑO 2016.....	43
FIGURA II.4. TENDENCIA DE LA CONCENTRACIÓN MÁXIMA DIARIA DE PM ₁₀	44
FIGURA II.5. TENDENCIA DE LA CONCENTRACIÓN MÁXIMA DIARIA DE PM _{2.5}	45
FIGURA II.6. TENDENCIA DE LA CONCENTRACIÓN MÁXIMA DIARIA DE O ₃	46
FIGURA II.7. DÍAS EN INCUMPLIMIENTO DE NORMA DE 24 HORAS DE PM ₁₀	47
FIGURA II.8. DÍAS EN INCUMPLIMIENTO DE NORMA DE 24 HORAS DE PM _{2.5}	47
FIGURA II.9. DÍAS EN INCUMPLIMIENTO DE NORMA DE UNA HORA DE O ₃	48
FIGURA II.10. DISTRIBUCIÓN DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS CON DATOS EFECTIVOS EN LAS ENTIDADES QUE CONFORMAN LA MEGALÓPOLIS MÁS QUERÉTARO	53
FIGURA II.11. SERIE DE DATOS DE TEMPERATURA.....	54
FIGURA II.12. DISTRIBUCIÓN DE LOS 6 GRUPOS (CLUSTERS) EN LA REGIÓN CENTRO DEL PAÍS	55
FIGURA II.13. CLIMOGRAMAS PARA LOS 6 CLÚSTER IDENTIFICADOS EN LA REGIÓN CENTRO DEL PAÍS	56
FIGURA II.14. COMPORTAMIENTO DE TMAX, TMIN Y PCP EN LOS GRUPOS DE LA REGIÓN CENTRO DEL PAÍS	58
FIGURA II.15. DISTRIBUCIÓN Y CLIMOGRAMAS DE LOS 6 GRUPOS IDENTIFICADOS	59
FIGURA II.16. ZONA CONTINUA DE BAJA PRECIPITACIÓN Y TEMPERATURAS MÁS FRÍAS	60
FIGURA II.17. INTERCAMBIO DE MASAS DE AIRE EN LA MEGALÓPOLIS.....	65
FIGURA II.18. MODELO CONCEPTUAL DE LA CIRCULACIÓN DEL VIENTO EN LA ZMVM.....	71
FIGURA II.19. PERFIL DIURNO DE PRECURSORES Y OXIDANTES O ₃ Y O _x =O ₃ +NO ₂ PARA EL PASO DE TENANGO DEL AIRE PARA DOS DÍAS TÍPICOS CON CONDICIONES DE BAJA Y ALTA PRESIÓN	73
FIGURA II.20. RELACIONES O ₃ vs NO _x * (PROXI DE NO _y), EN MORELOS DURANTE LA CAMPAÑA CARIEM, FEB-MAR 2009.....	74

FIGURA II.21. RELACIONES O_x CON NO_x PARA SITIOS URBANOS (UAM IZTAPALAPA -UIZ) Y PERIURBANOS (TENANGO DEL AIRE - TEN Y AMECAMECA - AME).....	75
FIGURA II.22. CORRELACIONES O_x vs NO_x EN VARIOS SITIOS DE LA CUENCA PUEBLA-TLAXCALA. AMOZOC, CHIPILO, HUAQUECHULA, ZALCALTENANGO Y CALPULALPAN.....	76
FIGURA II.23. ZONAS AGRÍCOLAS Y PERIURBANAS: NORTE, TEXCOCO Y TENANGO DEL AIRE, FUENTES DE PM_{10} POR EROSIÓN EÓLICA.....	78
FIGURA II.24. CAMPOS DE CONCENTRACIÓN DE PM_{10} Y LÍNEAS DE FLUJO DE VIENTO EN SUPERFICIE EN EL VALLE DE MÉXICO PARA UN EPISODIO DE PM_{10} EN MARZO 2006 DURANTE MILAGRO ..	79
FIGURA II.25. DIFERENCIA DE CONCENTRACIONES SUPERFICIALES MODELADAS DE PM_{10} EN (A) EL 20 DE JUNIO Y EN (B) PARA EL 21 DE JUNIO, 2011.....	80
FIGURA II.26. CAUSAS DE LOS INCENDIOS FORESTALES EN MÉXICO, 2014.....	82
FIGURA II.27. ENTIDADES FEDERATIVAS CON MAYOR NÚMERO DE INCENDIOS FORESTALES, 2016 ..	82
FIGURA II.28. NÚMERO DE INCENDIOS FORESTALES EN EL PERÍODO 1995 - 2016	83
FIGURA II.29. PROBABILIDADES DE CAÍDA DE CENIZA PARA UN PERÍODO DE 12 MESES. ERUPCIÓN CON UNA ALTURA DE 3 KM (IZQ.), DE 5 KM (CENTRO) Y DE 10 KM (DER.).....	86
FIGURA III.1. ESTIMACIÓN DE EXPOSICIÓN A $PM_{2.5}$ EN LA REGIÓN CENTRO EN EL 2014	92
FIGURA III.2. ESTIMACIÓN DE EXPOSICIÓN A PM_{10} EN LA REGIÓN CENTRO EN EL 2014	93
FIGURA III.3. ESTIMACIÓN DE EXPOSICIÓN A O_3 EN LA REGIÓN CENTRO EN EL 2014	94
FIGURA III.4. MUERTES EVITABLES PROMEDIO (IC 95%) POR ESCENARIO Y CAUSA A CONSECUENCIA DE LA REDUCCIÓN DE $PM_{2.5}$ EN LA REGIÓN CENTRO (AÑO BASE 2014)	95
FIGURA III.5. VALORACIÓN ECONÓMICA DE LAS MUERTES EVITABLES POR CAUSAS GENERALES ASOCIADAS A LA REDUCCIÓN DE $PM_{2.5}$ EN LA REGIÓN CENTRO.....	97
FIGURA III.6. MUERTES EVITABLES PROMEDIO (IC 95%) POR ESCENARIO EN ADULTOS A CONSECUENCIA DE LA REDUCCIÓN DE PM_{10} EN LA REGIÓN CENTRO (AÑO BASE 2014)	98
FIGURA III.7. MUERTES EVITABLES PROMEDIO (IC 95%) POR ESCENARIO Y CAUSA EN INFANTES A CONSECUENCIA DE LA REDUCCIÓN DE PM_{10} EN LA REGIÓN CENTRO (AÑO BASE 2014)	99
FIGURA III.8. VALORACIÓN ECONÓMICA DE LAS MUERTES EVITABLES POR CAUSAS GENERALES ASOCIADAS A LA REDUCCIÓN DE PM_{10} EN LA REGIÓN CENTRO	100
FIGURA III.9. MUERTES EVITABLES PROMEDIO (IC 95%) EN EL ESCENARIO OMS Y POR CAUSA EN ADULTOS A CONSECUENCIA DE LA REDUCCIÓN DE O_3 EN LA REGIÓN CENTRO (AÑO BASE 2014)	101
FIGURA III.10. VALORACIÓN ECONÓMICA DE LAS MUERTES EVITABLES POR CAUSAS GENERALES ASOCIADAS A LA REDUCCIÓN DE O_3 EN LA REGIÓN CENTRO	103
FIGURA III.11. MORTALIDAD EVITABLE POR CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA Y SU VALORACIÓN ECONÓMICA EN LA REGIÓN CENTRO DEL PAÍS DURANTE EL 2014. SÍNTESIS DE RESULTADOS	104
FIGURA III.12. EXPOSICIÓN ACUMULADA DE OZONO EN CULTIVOS AGRÍCOLAS (AOT40 - TEMPORADA JUNIO-SEPTIEMBRE 2011).....	106
FIGURA III.13. EFECTO DE LA EXPOSICIÓN ACUMULADA AL OZONO DURANTE EL CULTIVO USANDO EL INDICADOR AOT40.....	107
FIGURA III.14. EXPOSICIÓN ACUMULADA A OZONO DE BOSQUES (AOT40)	110
FIGURA III.15. REDUCCIÓN DE BIOMASA DE LOS BOSQUES DENTRO DEL ÁREA DE ESTUDIO	112
FIGURA III.16. TOLUCA.....	113
FIGURA III.17. TULA	113
FIGURA III.18. CATEDRAL DE PUEBLA.....	113
FIGURA III.19. CATEDRAL DE PUEBLA.....	113
FIGURA III.20. TASAS DE RECESIÓN EN MONUMENTOS ARQUEOLÓGICOS, 2014	114
FIGURA III.21. TASAS DE RECESIÓN EN MONUMENTOS HISTÓRICOS, 2014	114
FIGURA III.22. FOTOGRAFÍAS QUE MUESTRAN PARTES DE LA INFRAESTRUCTURA PÚBLICA CON DIFERENTE GRADO DE DAÑO	117
FIGURA IV.1. CONTRIBUCIÓN PORCENTUAL SECTORIAL EN EL INVENTARIO DE EMISIONES 2015 DE LA MEGALÓPOLIS MÁS QUERÉTARO.....	125

FIGURA IV.2. EMISIONES DE PM ₁₀ EN 2015 EN LAS ENTIDADES QUE CONFORMAN LA MEGALÓPOLIS MÁS QUERÉTARO.....	133
FIGURA IV.3. EMISIONES DE PM _{2.5} EN 2015 EN LAS ENTIDADES QUE CONFORMAN LA MEGALÓPOLIS MÁS QUERÉTARO.....	133
FIGURA IV.4. EMISIONES DE SO ₂ EN 2015 EN LAS ENTIDADES QUE CONFORMAN LA MEGALÓPOLIS MÁS QUERÉTARO.....	134
FIGURA IV.5. EMISIONES DE NO _x EN 2015 EN LAS ENTIDADES QUE CONFORMAN LA MEGALÓPOLIS MÁS QUERÉTARO.....	134
FIGURA IV.6. EMISIONES DE COV EN 2015 EN LAS ENTIDADES QUE CONFORMAN LA MEGALÓPOLIS MÁS QUERÉTARO.....	135
FIGURA IV.7. EMISIONES DE CARBONO NEGRO EN 2015 EN LAS ENTIDADES QUE CONFORMAN LA MEGALÓPOLIS MÁS QUERÉTARO	135
FIGURA IV.8. EMISIONES DE CO ₂ EN 2015 EN LAS ENTIDADES QUE CONFORMAN LA MEGALÓPOLIS MÁS QUERÉTARO.....	136
FIGURA IV.9. EMISIONES DE CONTAMINANTES PRIORITARIOS EN LA MEGALÓPOLIS MÁS QUERÉTARO (TON/AÑO).....	138
FIGURA IV.10. CONTRIBUCIÓN RELATIVA DE CONTAMINANTES PRIORITARIOS EN LA MEGALÓPOLIS MÁS QUERÉTARO.....	139
FIGURA IV.11. CONTRIBUCIÓN RELATIVA DE LAS FUENTES EMISORAS DE CONTAMINANTES PRIORITARIOS EN LA MEGALÓPOLIS MÁS QUERÉTARO	140
FIGURA IV.12. CONTRIBUCIÓN DE LAS FUENTES EMISORAS DE PM ₁₀ POR ENTIDAD INTEGRANTE DE LA CAME.....	141
FIGURA IV.13. CONTRIBUCIÓN DE LAS FUENTES EMISORAS DE PM _{2.5} POR ENTIDAD INTEGRANTE DE LA CAME.....	142
FIGURA IV.14. CONTRIBUCIÓN DE LAS FUENTES EMISORAS DE COV POR ENTIDAD INTEGRANTE DE LA CAME	143
FIGURA IV.15. CONTRIBUCIÓN DE LAS FUENTES EMISORAS DE NO _x POR ENTIDAD INTEGRANTE DE LA CAME	144
FIGURA IV.16. CONTRIBUCIÓN DE LAS FUENTES EMISORAS DE CO POR ENTIDAD INTEGRANTE DE LA CAME	144
FIGURA IV.17. CONTRIBUCIÓN DE LAS FUENTES EMISORAS DE SO ₂ POR ENTIDAD INTEGRANTE DE LA CAME	145
FIGURA IV.18. CONTRIBUCIÓN DE LAS FUENTES EMISORAS DE CO ₂ POR ENTIDAD INTEGRANTE DE LA CAME	146
FIGURA IV.19. CONTRIBUCIÓN DE LAS FUENTES EMISORAS DE CARBONO NEGRO POR ENTIDAD INTEGRANTE DE LA CAME	146
FIGURA IV.20. PROYECCIÓN DE LAS EMISIONES DE PM ₁₀ DEL 2015 AL 2030 EN LAS ENTIDADES QUE CONFORMAN LA MEGALÓPOLIS MÁS QUERÉTARO.....	148
FIGURA IV.21. PROYECCIÓN DE LAS EMISIONES DE PM _{2.5} DEL 2015 AL 2030 EN LAS ENTIDADES QUE CONFORMAN LA MEGALÓPOLIS MÁS QUERÉTARO.....	152
FIGURA IV.22. PROYECCIÓN DE LAS EMISIONES DE SO ₂ DEL 2015 AL 2030 EN LAS ENTIDADES QUE CONFORMAN LA MEGALÓPOLIS MÁS QUERÉTARO.....	153
FIGURA IV.23. PROYECCIÓN DE LAS EMISIONES DE NO _x DEL 2015 AL 2030 EN LAS ENTIDADES QUE CONFORMAN LA MEGALÓPOLIS MÁS QUERÉTARO.....	154
FIGURA IV.24. PROYECCIÓN DE LAS EMISIONES DE COV DEL 2015 AL 2030 EN LAS ENTIDADES QUE CONFORMAN LA MEGALÓPOLIS MÁS QUERÉTARO.....	155
FIGURA IV.25. PROYECCIÓN DE LAS EMISIONES DE CARBONO NEGRO DEL 2015 AL 2030 EN LAS ENTIDADES QUE CONFORMAN LA MEGALÓPOLIS MÁS QUERÉTARO	156
FIGURA IV.26. PROYECCIÓN DE LAS EMISIONES DE CO ₂ DEL 2015 AL 2030 EN LAS ENTIDADES QUE CONFORMAN LA MEGALÓPOLIS MÁS QUERÉTARO.....	157
FIGURA VI.1. REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA DE LA DIFERENCIA DE CONCENTRACIONES DE CONTAMINANTES COMO RESULTADO DEL DISEÑO CLIMÁTICO LOCAL.....	180

FIGURA VI.2. ESQUEMA DE LOS EFECTOS MECÁNICOS Y TÉRMICOS DEL DISEÑO CLIMÁTICO LOCAL	180
FIGURA VI.3. SISTEMA DE GENERACIÓN DE EMISIONES DE CONTAMINANTES	183
FIGURA VI.4. MAPA ECOSISTÉMICO DE ALGUNAS CIUDADES DE LA MEGALÓPOLIS.....	184
FIGURA VI.5. EJEMPLO DE FUENTES DE EMISIÓN Y SU TRANSPORTE EN UNA ÉPOCA DEL AÑO	185
FIGURA VII.1 MARCO DE IMPLEMENTACIÓN, SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN	284

ACRÓNIMOS

AEQUUM	Centro de Estudios sobre la Equidad y Desarrollo, A.C.
ANP	Áreas Naturales Protegidas
ANPACT	Asociación Nacional de Productores de Autobuses, Camiones y Tractocamiones
AOT40	Índice de exposición de la vegetación a ozono, que se define como la cantidad acumulada de ozono sobre el valor umbral de 40 ppb
As	Arsénico
ASEA	Agencia de Seguridad, Energía y Ambiente
BRT	Autobuses de Tránsito Rápido, por sus siglas en inglés
CAI	Instituto de Aire Limpio, por sus siglas en inglés
CAMe	Comisión Ambiental de la Megalópolis
CARB	Consejo de Recursos del Aire de California, por sus siglas en inglés
CARIEM	Calidad del Aire Regional en el Estado de Morelos
CCA-UNAM	Centro de Ciencias de la Atmósfera – Universidad Nacional Autónoma de México
Cd	Cadmio
CDMX	Ciudad de México
CENACE	Centro Nacional de Control de Energía
CENAPRED	Centro Nacional de Prevención de Desastres
CESCM	Consejo Económico y Social de la Ciudad de México
CESMO	Corredor Ecológico de la Sierra Madre Oriental
CFE	Comisión Federal de Electricidad
CN	Carbono Negro
CNS	Comisión Nacional de Seguridad
CO	Monóxido de Carbono
CO ₂	Dióxido de Carbono
COA	Cédula de Operación Anual
COFEPRIS	Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios
CONABIO	Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad
CONAFOR	Comisión Nacional Forestal
CONAGUA	Comisión Nacional del Agua
CONANP	Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas
CONAVI	Comisión Nacional de Vivienda
COV	Compuestos Orgánicos Volátiles
Cr	Cromo
CRCM	Corona Regional del Centro de México
CRE	Comisión Reguladora de Energía
CTFPR	Central Termoeléctrica Francisco Pérez Ríos
DGGLP	Dirección General de Gas Licuado de Petróleo
DOF	Diario Oficial de la Federación

EDOMEX	Estado de México
EIS	Evaluación de Impactos a la Salud
ENCA	Estrategia Nacional de Calidad del Aire
FCR	Función Concentración - Respuesta
FONADIN	Fondo Nacional de Infraestructura
GIZ	Cooperación Alemana al Desarrollo Sustentable en México, por sus siglas en alemán
GLP	Gas Licuado de Petróleo
HAP	Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos
HCl	Ácido Clorhídrico
Hg	Mercurio
HPS	Sistema de alta presión, por sus siglas en inglés
INECC	Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
INEM	Inventario Nacional de Emisiones
INSP	Instituto Nacional de Salud Pública
LEED	Liderazgo en Energía y Diseño Ambiental, por sus siglas en inglés
LGVS	Ley General de Vida Silvestre
LMP	Límite Máximo Permisible
LPS	Sistema de Baja Presión, por sus siglas en inglés
M.E.	Muertes Evitables
MCMA	Área Metropolitana de la Ciudad de México, por sus siglas en inglés
MDP	Millones de pesos
MILAGRO	Iniciativa de una Megaciudad: Observaciones científicas locales y globales, por sus siglas en inglés
Mn	Manganeso
MOVES-MEX	Simulador de Emisiones de Vehículos a Motor versión México, por sus siglas en inglés
MRV	Medición, Reporte y Verificación
NAFIN	Nacional Financiera
NAMA	Acciones Nacionales Apropriadas de Mitigación, por sus siglas en inglés
NH ₃	Amoniaco
Ni	Níquel
NIFC	Centro Nacional Inter-agencias para los Incendios, por sus siglas en Inglés
NO ₂	Dióxido de Nitrógeno
NO _x	Óxidos de Nitrógeno
NOM	Norma Oficial Mexicana
O ₃	Ozono
OMS	Organización Mundial de la Salud
OTC	Cámaras de Techo Descubierta, por sus siglas en inglés
PAC	Prácticas de Agricultura de Conservación

PAN	Peroxiacetilnitrato
PAP	Programa de Apoyo para la Productividad
Pb	Plomo
Pcp	Precipitación
PEMEX	Petróleos Mexicanos
PIIRCE	Programa Indicativo para la Instalación y Retiro de Centrales Eléctricas
PM	Partículas Suspendidas
PM ₁₀	Partículas Suspendidas con diámetro aerodinámico menor o igual a 10 micrometros
PM _{2.5}	Partículas Suspendidas con diámetro aerodinámico menor o igual a 2.5 micrometros
PMTSP	Programa de Manejo de Tierras para la Sustentabilidad Productiva
PN	Parques Nacionales
PNPIF	Programa Nacional de Protección contra Incendios Forestales
ppb	Partes por billón
ppm	Partes por millón
PROAIRE	Programa para Mejorar la Calidad del Aire
PRODESEN	Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional
PROFECO	Procuraduría Federal del Consumidor
PROFEPA	Procuraduría Federal de Protección al Ambiente
RB	Reserva de la Biosfera
SAGARPA	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación
SCAQMD	Distrito de Gestión de la Calidad del Aire de la Costa Sur de California, por sus siglas en inglés
SCT	Secretaría de Comunicaciones y Transportes
SE	Secretaría de Economía
SEDATU	Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano
SEDEMA	Secretaría de Medio Ambiente del Gobierno de la Ciudad de México
SEGOB	Secretaría de Gobernación
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
SENER	Secretaría de Energía
SEP	Secretaría de Educación Pública
SGM	Servicio Geológico Mexicano
SIAP	Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera
SiO ₂	Óxido de Silicio
SMCA	Sistemas de Monitoreo de la Calidad del Aire
SMCE	Sistemas de Monitoreo Continuo de Emisiones
SNC	Sistema Nacional de Competencias
SO ₂	Dióxido de Azufre
SSA	Secretaría de Salud
STPS	Secretaría del Trabajo y Previsión Social
SUMA	Sistema de Unidades de Manejo y Aprovechamiento Sustentable para la Vida Silvestre
Tmax	Temperatura máxima

Tmin	Temperatura mínima
UMA	Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre
UNECE	Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa, por sus siglas en inglés
USEPA	Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, por sus siglas en inglés
VVE	Valor de una Vida Estadística
ZMVM	Zona Metropolitana del Valle de México
ZMVT	Zona Metropolitana del Valle de Toluca
Zn	Zinc

INTRODUCCIÓN

La Megalópolis es una gran concentración urbana que se encuentra en la región centro de México, que está conformada por la Ciudad de México, el Estado de México y los estados de Hidalgo, Puebla, Morelos, y Tlaxcala. En las últimas tres décadas esta zona urbana -la más grande del país- ha tenido un gran crecimiento que obedece a factores económicos y a la fuerte tendencia hacia el centralismo que caracteriza a nuestro país, concentrando algunas de las áreas económicas más importantes en la Zona Metropolitana del Valle de México “ZMVM”.

En este sentido, estudios recientes (Suárez et al., 2011; INECC, 2015; CESC y Centro Geo, 2016), muestran que la reconfiguración de los procesos productivos, particularmente de la industria, hacia zonas periurbanas del Valle de México, está fomentando la creación de “ciudades secundarias” dentro y fuera de la periferia de las principales ciudades que conforman la Megalópolis.

Esta dinámica de crecimiento ocasiona flujos de habitantes en ambos sentidos entre las principales ciudades de la región y estas ciudades secundarias. Estos flujos de población se dividen en dos tipos, continuos y semicontinuos, con dos tendencias diferenciadas: una orientada hacia el desarrollo económico de la población y otra hacia el crecimiento económico de las zonas urbanas. Concretamente, los flujos continuos están relacionados con el traslado de personas entre los sistemas urbanos y los semicontinuos al movimiento de bienes.

Los flujos continuos contribuyen de manera significativa a la motorización, al incremento de las distancias que las personas recorren para poder llegar a su trabajo, a la saturación de las vialidades y a otros procesos que se traducen en mayores emisiones de contaminantes y en el deterioro de la calidad de vida de las poblaciones. En este sentido, un estudio reciente, realizado por el Centro de Investigación en Geografía y Geomática “CentroGeo” para la ZMVM, muestra que los viajes que se realizan para acudir al lugar de trabajo y la búsqueda de empleo constituyen el principal factor de movilidad de personas en la región metropolitana (CESC y Centro Geo, 2016).

Por su parte, los flujos semicontinuos tienen un comportamiento intermitente, pues están sujetos a la demanda de los bienes que son transportados en ellos. Existe en este proceso una variante importante, y es que la mayor parte del transporte de mercancías se lleva a cabo por vehículos carreteros medianos y pesados a diésel -a diferencia del traslado de personas- que se realiza sobre todo en vehículos particulares a gasolina y del transporte público, por medio de autobuses a diésel y microbuses a gas licuado de petróleo “GLP” y gasolina.

Como ambos flujos confluyen en las mismas vialidades, el resultado suele ser que las vías de comunicación se saturan, propiciando un desplazamiento poco eficiente ocasionado por una inadecuada planeación urbana y de ordenamiento territorial. Estos factores incrementan la emisión de contaminantes generada por el sector transporte. Los estudios también muestran que la situación de los contaminantes se agravará en el futuro. Por lo anterior, se requieren impulsar opciones de movilidad sustentable, en particular de un transporte público metropolitano, que eviten llegar a situaciones de inmovilidad vial.

Un factor más que agrava la calidad del aire es la pérdida de las zonas agrícolas por la expansión urbana, que ha fomentado la fragmentación y el abandono del suelo agrícola, lo cual se traduce en suelos descubiertos, cuya erosión contribuye a la emisión de partículas suspendidas. Este tipo de externalidades son acumulativas en la Megalópolis y aumentan de manera significativa los impactos negativos de la contaminación atmosférica en la población.

Estas y otras actividades se reflejan en la calidad del aire que respiramos. En el uso de un automóvil, por ejemplo, están involucradas las emisiones provocadas por el solvente que se usó para pintarlo, además de los gases de combustión por el escape, los vapores que se emiten durante su operación y los vapores de gasolina cuando se le suministra el combustible al tanque. Otros aspectos socio-culturales también pueden dejar una huella negativa en la calidad del aire; por ejemplo, las emisiones extraordinarias por festividades cuando se realizan fogatas y quemas de juegos pirotécnicos.

A lo anterior se suman los efectos que tiene el cambio climático sobre México, en particular sobre su región central, como cambios en el clima, en la temperatura, en los vientos, en la estabilidad de la atmósfera y en las emisiones, tanto antropogénicas como biogénicas. Por ello, es importante considerar que reducir las emisiones -de contaminantes criterio y de vida corta, como el carbono negro- no sólo ayudará a mejorar la calidad del aire; además contribuirá a mitigar el cambio climático y sus impactos sobre la calidad del aire. Se requiere de una visión integral en la gestión territorial y ambiental de la región, la cual implica reconocer que los aspectos ambientales que inciden sobre la salud de la población y de los ecosistemas, están relacionados de diversas formas.

Esto significa que para hacer una gestión ambiental adecuada es necesario abordar la situación desde una visión territorial, ecosistémica e integral, considerando los procesos que determinan la calidad del aire, la generación de residuos, la disponibilidad y calidad del agua, la integridad de los bosques y selvas, la productividad de las zonas agrícolas y la función de los sistemas biológicos -particularmente en las áreas naturales de la región-, en sus relaciones interdependientes.

Muchos de estos aspectos son de particular relevancia para la Megalópolis, por ejemplo la necesidad de consolidar corredores biológicos como soporte natural que incluyan, entre otras, a las Regiones Terrestres Prioritarias de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad “CONABIO”, las áreas naturales protegidas de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas “CONANP” y las áreas naturales protegidas de jurisdicción local.

Para que nuestra Megalópolis transite hacia la sustentabilidad es fundamental diseñar una estrategia multidimensional con líneas de acción concurrentes y transversales que se complementen y fomenten sinergias hacia una descarbonización de los patrones de consumo y producción de bienes y servicios, tanto para el gran conglomerado urbano, como para las zonas rurales.

Las acciones que se tomen para mejorar la calidad del aire tampoco pueden desligarse de otras líneas que también son necesarias para mejorar la calidad de vida en la Megalópolis, como un patrón de consumo racional de energía y de bajas emisiones de contaminantes; reglamentos de construcción que impulsen la eficiencia energética en todas las edificaciones; un marco normativo para reducir las emisiones contaminantes de la actividad industrial, por señalar sólo algunas que corresponden a la visión territorial, ecosistémica, e integral.

En congruencia con esta visión, la ruta hacia la sustentabilidad de la Megalópolis debe vincularse con la trayectoria de su huella de carbono y su huella ecológica. Debido a este vínculo, hay que partir de la premisa de que la planeación urbana debe orientarse hacia medidas que fomenten que las ciudades que forman la Megalópolis reduzcan de manera consistente sus emisiones contaminantes y su huella ecológica.

En este contexto, el INECC desarrolla una plataforma de conocimiento para suministrar información, asesoría y vinculación a la sociedad en materia de ciudades sustentables. Dicha plataforma se integra por 10 dimensiones fundamentales que servirán como soporte básico de una “Red de Ciudades Sustentables en la Megalópolis”. Esta Plataforma de Conocimiento sobre Ciudades Sustentables es un proyecto estratégico vigente y de alta relevancia para el INECC y las 10 dimensiones fundamentales que la integran son: 1) edificaciones; 2) residuos sólidos urbanos; 3) movilidad; 4) agua; 5) uso del suelo; 6) bienes ambientales y servicios públicos; 7) industria; 8) habitabilidad; 9) energía y; 10) calidad del aire.

Todas estas dimensiones son fundamentales para transitar hacia la sustentabilidad y requieren atención simultánea; sin embargo, algunas de ellas pueden considerarse como apremiantes por sus evidentes efectos perjudiciales en la salud y las múltiples externalidades negativas que ocasionan. Ése es el caso del tema principal de este informe: la calidad del aire. La buena calidad del aire se ha vuelto un bien público cada vez más valorado por la sociedad mexicana porque es una condición necesaria para la preservación de su salud, su entorno y, en general, la calidad de vida.

Para mejorar y conservar la calidad de este bien público, en nuestro país se elaboran Programas para Mejorar la Calidad del Aire (PROAIRE) que reflejan el compromiso compartido por la sociedad y los tres órdenes de gobierno. Hasta ahora, dichos programas han establecido las medidas consensuadas para mejorar la calidad del aire de una sola entidad federativa, una ciudad, o una zona metropolitana. Sin embargo, desde hace más de 15 años, se vislumbró que la ZMVM mostraba patrones claros de crecimiento y expansión que la conectaban con Cuernavaca y su zona metropolitana, Toluca y su zona metropolitana “ZMVT”, Puebla, Pachuca, Tlaxcala y Querétaro (Molina, L. T. and Molina, M. J., 2002).

En aquel entonces el estudio se concentraba en lo que se llamó la “Megaciudad de México”, conformada por el territorio de la Ciudad de México y los municipios conurbados del Estado de México, por lo cual las acciones del PROAIRE de la ZMVM se enfocaban solo en las fuentes locales de emisión. Sin embargo, muchas de ellas requieren más bien de una implementación de carácter regional para evitar incentivos perversos que reduzcan su efectividad. Por ejemplo, las diferencias que hay entre los programas de verificación vehicular de cada entidad propician la migración del registro de vehículos, pero no del lugar de residencia y uso de los mismos. Con esto se evade la obligación de verificar o se aplican procesos menos estrictos, lo que se traduce en más emisiones de contaminantes.

Aunado a lo anterior, los estudios científicos realizados por instituciones nacionales e internacionales muestran que las emisiones de contaminantes no tienen fronteras y que pueden afectar, bajo ciertas condiciones, ciudades aledañas. Ejemplo de ello es el registro en la zona norte de la ZMVM de las emisiones generadas por industrias ubicadas en el estado de Hidalgo. Además, en muchos casos el transporte de contaminantes se da en ambos sentidos y, dependiendo de la dirección del viento, una ciudad puede actuar como emisora de contaminantes o como receptora de las generadas en ciudades vecinas.

Estos elementos hicieron que el Gobierno Federal y los gobiernos locales establecieran un nuevo arreglo institucional para abordar de manera integral los aspectos comunes al medio ambiente de la región central de México. El resultado fue la creación de la Comisión Ambiental de la Megalópolis “CAME” en octubre de 2013. En esta Comisión están representadas todas las entidades que conforman a la Megalópolis, aunque cabe mencionar que algunos municipios de Puebla, Hidalgo y Estado de México, todavía no están integrados y que está en proceso de análisis la inclusión de Querétaro.

Una de las prioridades de la CAME ha sido buscar la armonización y la mejora de las políticas públicas ambientales existentes en cada entidad. En este sentido, y como consecuencia de la alta concentración de contaminantes atmosféricos ocurrida en el primer semestre de 2016 en la ZMVM, se solicitó al Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) establecer una cartera de acciones estratégicas que

permitan mejorar la calidad del aire de la Megalópolis. Estas acciones se han definido a partir de la información disponible en los estudios sobre calidad de aire en la región, de los elementos contenidos en los PROAIRE de las entidades federativas que la conforman, y en las recomendaciones de los expertos. Finalmente, mientras se elaboraba esta cartera la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) presentó su Estrategia Nacional de Calidad del Aire 2017-2030, por lo que su contenido también fue considerado.

Este documento presenta el Programa de Gestión Federal para Mejorar la Calidad del Aire de la Megalópolis 2017 – 2030 (PROAIRE DE LA MEGALÓPOLIS 2017-2030), el cual contiene un conjunto de acciones estratégicas, cuya implementación demanda la participación activa y comprometida de todos los actores involucrados, incluyendo los tres órdenes de gobierno, la industria, la academia y la población en general, a fin de alcanzar el objetivo de mejorar la calidad del aire en la región.

A manera de resumen, el documento consta de los siguientes capítulos:

- I. Visión Territorial y Ecosistémica. Tiene como objetivo mapear los distintos sectores que integran a la Megalópolis para facilitar la implementación de acciones estratégicas que mejoren la calidad del aire a partir de un enfoque territorial, ecosistémico e integral.
- II. Calidad del Aire. Presenta el estado actual de los niveles de los contaminantes criterio a partir de la revisión y análisis de la información generada por las estaciones de monitoreo de la Megalópolis y su tendencia a lo largo de los años. También se describen los hallazgos de la evaluación técnica de la infraestructura de monitoreo, se caracteriza climáticamente a la región y se presenta el conocimiento científico actual sobre la química de la atmósfera y el movimiento regional de contaminantes en la Megalópolis.
- III. Impactos de la Contaminación Atmosférica. Describe los resultados de un estudio reciente sobre los impactos de la contaminación del aire en la salud de la población y presenta una primera evaluación de los efectos en los cultivos, los bosques y los monumentos históricos y arqueológicos situados en la región megalopolitana.
- IV. Inventario de Emisiones. Se presenta la estimación de las emisiones de contaminantes criterio, dióxido de carbono y carbono negro al año 2015 y su proyección al 2030 para la Megalópolis más el estado de Querétaro.
- V. Análisis de Proaires, Contribuciones de Expertos y Acciones en Curso. Se efectúa un análisis del contenido de los PROAIRE vigentes para las entidades de la Megalópolis más Querétaro y de las propuestas realizadas por instituciones y expertos sobre acciones para mejorar la calidad del aire. Además, se resumen

los compromisos anunciados en la Estrategia Nacional de Calidad del Aire 2017 – 2030 y las acciones realizadas y en curso por el gobierno federal.

- VI. Análisis Ecosistémico de Emisiones. Se propone una nueva visión para abordar la calidad del aire en la Megalópolis, en la que el enfoque fundamental lo constituyen los análisis ecosistémicos que permiten identificar las fuerzas motrices que originan las emisiones de contaminantes al aire.

- VII. Acciones Estratégicas. Se proponen 6 líneas estratégicas -Sustentabilidad de los ecosistemas megalopolitanos; Abatir las emisiones de las instalaciones industriales; Vehículos y movilidad; Desarrollo urbano y eficiencia energética; Fuentes dispersas; y Mejora de las capacidades de gestión de la calidad del aire-, más 38 medidas para mejorar la calidad del aire de la Megalópolis. Finalmente, se realiza una estimación de la reducción de emisiones de contaminantes criterio y compuestos de efecto invernadero del conjunto de medidas.

I. VISIÓN TERRITORIAL Y ECOSISTÉMICA

La Comisión Ambiental de la Megalópolis es un organismo de coordinación que tiene como objeto llevar a cabo la planeación y ejecución de acciones en materia de protección al ambiente, así como de preservación y restauración del equilibrio ecológico en la región, de acuerdo con el Convenio de Coordinación por el cual se creó (DOF, 3 de octubre de 2013).

La CAME trabaja en cuatro temas prioritarios: el mejoramiento de la calidad del aire, el combate al cambio climático, la gestión integral de los recursos hídricos y la conservación y restauración de la biodiversidad.

El objetivo de este capítulo es mapear los distintos componentes inmersos en la Megalópolis para coadyuvar en la implementación de acciones estratégicas para mejorar la calidad del aire a partir de un enfoque territorial, ecosistémico e integral, con el fin de mejorar la calidad de vida de sus habitantes y potenciar la capacidad de adaptación y mitigación del cambio climático.

I.1. Componente natural

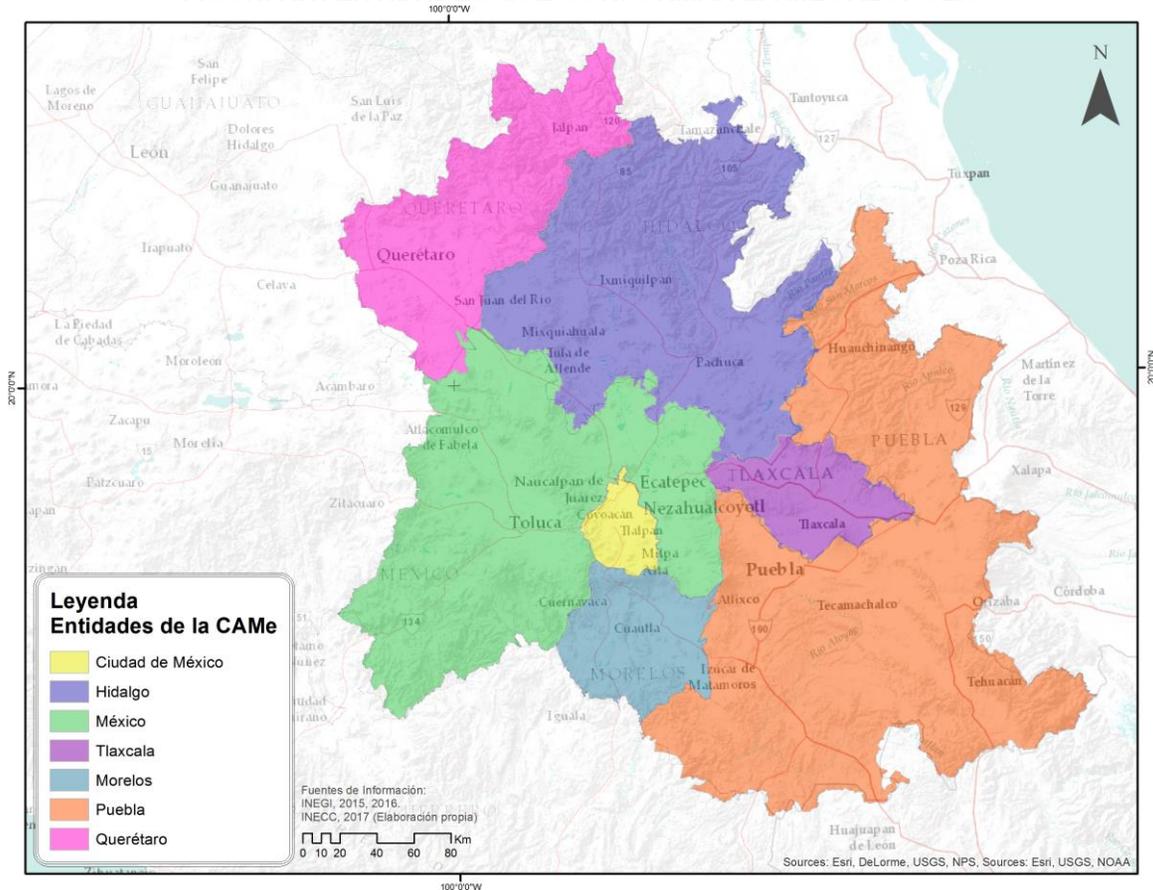
Subsistema físico

Ubicación geográfica de la Megalópolis

La Megalópolis se localiza en la región centro de México y está conformada por la Ciudad de México, el Estado de México y los estados de Hidalgo, Puebla, Morelos y Tlaxcala. Cabe mencionar que, para el caso de Puebla, Hidalgo y Estado de México, algunos de sus municipios no están integrados a la CAME y que se está desarrollando el proceso de incluir a la región de la Megalópolis al estado de Querétaro.

Para los fines del presente estudio, y por ser de enfoque territorial, se contemplarán todos los municipios de todas las entidades, incluido el estado de Querétaro (FIGURA I.1).

FIGURA I.1. ENTIDADES QUE CONFORMAN LA MEGALÓPOLIS

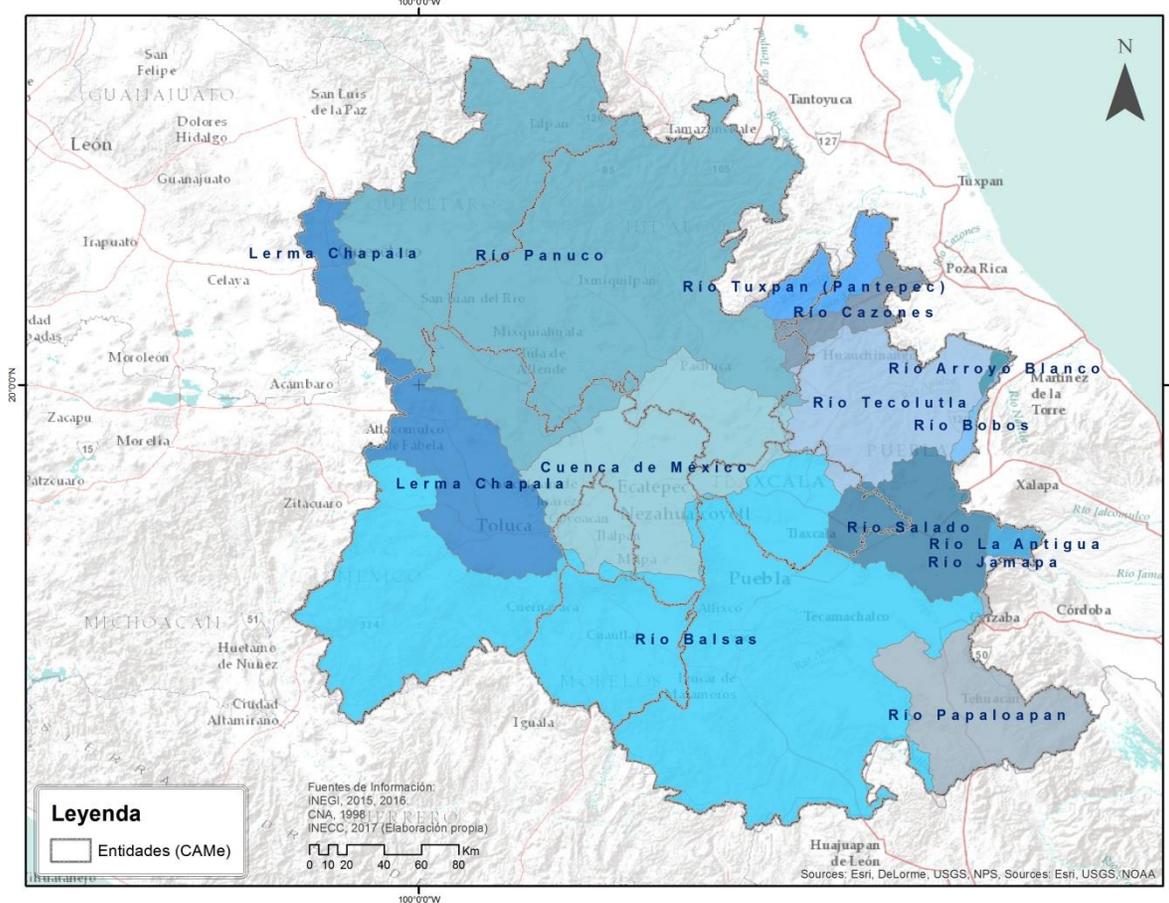


Cuencas hidrológicas

Las cuencas son unidades del territorio, definidas por la división natural de las aguas debida a la conformación del relieve. Para propósitos de administración de las aguas nacionales, la Comisión Nacional del Agua “CONAGUA” ha definido 731 cuencas hidrológicas, a su vez, organizadas en 37 regiones hidrológicas (CONAGUA, 2015).

Las principales cuencas hidrológicas en cuanto a superficie que se encuentran en la Megalópolis son la del Río Balsas, Río Pánuco, Cuenca de México, Lerma Chapala, Río Papaloapan y Río Tecolutla, en menor proporción territorial se encuentran el Río Tuxpan, Río Cazonas, Río Arroyo Blanco, Río Bobos, Río Salado, Río La Antigua y Río Jamapa (FIGURA I.2). Todas estas cuencas incluyen importantes cuerpos de agua y en la mayoría se presenta un déficit de balance hídrico, debido a la densidad poblacional y de las actividades económicas de las principales ciudades presentes en ellas.

FIGURA I.2. CUENCAS HIDROLÓGICAS DE LA MEGALÓPOLIS



Subsistema biótico

México es un país con una gran variedad de ambientes donde la diversidad biológica se encuentra distribuida en el territorio de manera heterogénea. Por otra parte, nuestro país enfrenta procesos de acelerada transformación, debido a las actividades económicas y sociales.

Por tales razones se requiere una amplia gama de acciones para lograr la conservación de la biodiversidad, adecuadas a los contextos locales y que respondan a objetivos claros y metas alcanzables, lo que se ha definido como estrategias de conservación (March et al., 2009).

La vegetación terrestre de México, así como sus estados de sucesión secundaria, han sido descritos y clasificados por diversos autores (Miranda, 1957, 1964; Sarukhán, 1964; Miranda y Hernández X. 1963; Flores et al. 1971; Rzedowski, 1978; González Medrano, 2003; INEGI, 2000, 2003, 2005a).

Por otra parte, por la facilidad de su uso digital, el sistema de clasificación más utilizado actualmente por la academia y las instituciones gubernamentales es el del Instituto Nacional de Estadística y Geografía "INEGI", con 50 tipos de vegetación. De todos los sistemas de clasificación, es éste el que se encuentra más desagregado y ofrece mayor detalle. Además, a diferencia de los otros sistemas de clasificación, es dinámico debido a que se modifica por el trabajo de validación de campo y en la medida que los usuarios proveen información sobre cómo puede mejorarse (Challenger y Soberón, 2008).

Para los objetivos deseados en este análisis territorial y debido a la facilidad del uso digital de capas de información geográfica de cobertura vegetal, se tomó como base la clasificación de las categorías definidas por INEGI (2015), simplificando la capa de uso de suelo y vegetación a 34 categorías distintas, agrupándolas por tipos de vegetación y/o uso predominante, entre los que destacan los ecosistemas que a continuación se describen.

Ecosistemas de bosques templados

Los bosques de coníferas de México son comunidades de vegetación siempre verde. Entre sus distintos tipos, los bosques de oyamel, con comunidades vegetales densas y altas (hasta de 30 m), se distribuyen en las zonas de mayor humedad y frío, entre los 2,000 y 3,400 m de altitud. Se concentran en el Eje Neovolcánico y la Sierra Madre del Sur, donde forman masas forestales de gran tamaño, y de manera más aislada en otras serranías (Challenger y Soberón, 2008).

Son comunidades dominadas por árboles altos mayormente pinos y encinos acompañados por otras especies y se localizan en zonas montañosas con clima templado a frío. México contiene el 50% de especies de pinos del mundo (50 especies) y cerca del 33% de encinos (200 especies). Se estima que los bosques templados contienen cerca de siete mil especies de plantas. A pesar de que la mezcla de especies puede variar entre uno o varios pinos y algunos encinos. Existen otras variantes donde dominan algunas otras coníferas, como los bosques de oyamel y otros (Rzedowski, 2006).

En la Megalópolis se distribuyen particularmente en las cadenas montañosas que corresponden a las Sierra Madre Oriental y la faja del Eje Neovolcánico Transversal. El aprovechamiento forestal está regulado por la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable de México. Este ecosistema tiene gran valor para la migración de la Mariposa Monarca ya que ahí se realiza parte de su ciclo de vida, por lo cual se ha declarado una Reserva de la Biosfera "RB" (FIGURA I.3).

Los bosques templados, ofrecen diversos servicios ambientales como son: retienen el agua de lluvia, facilitan que se infiltre al subsuelo y se recarguen los mantos acuíferos, disminuyen la erosión al reducir la velocidad de los escurrimientos, sujetando la tierra y reduciendo el riesgo de inundaciones (FIGURA I.4).

FIGURA I.3. TIPOS DE BOSQUE EN LA MEGALÓPOLIS

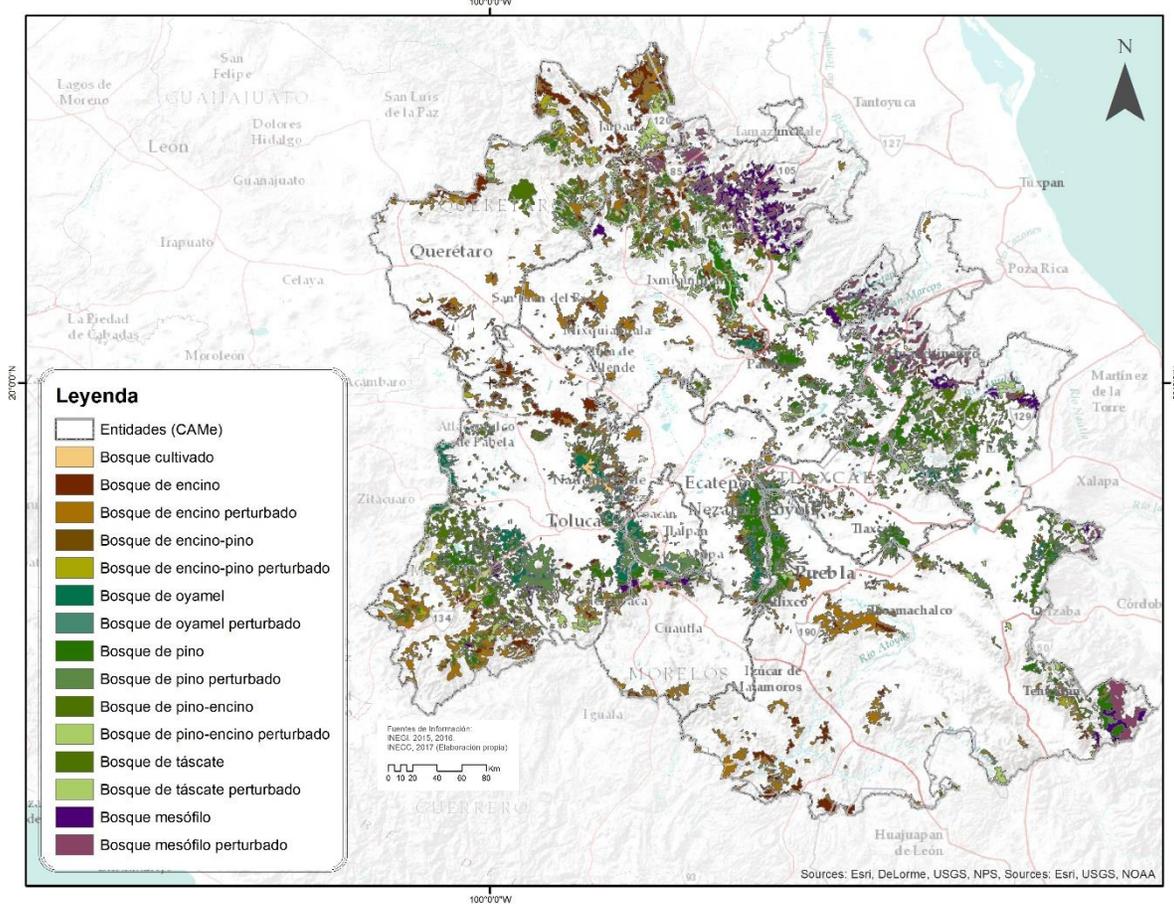
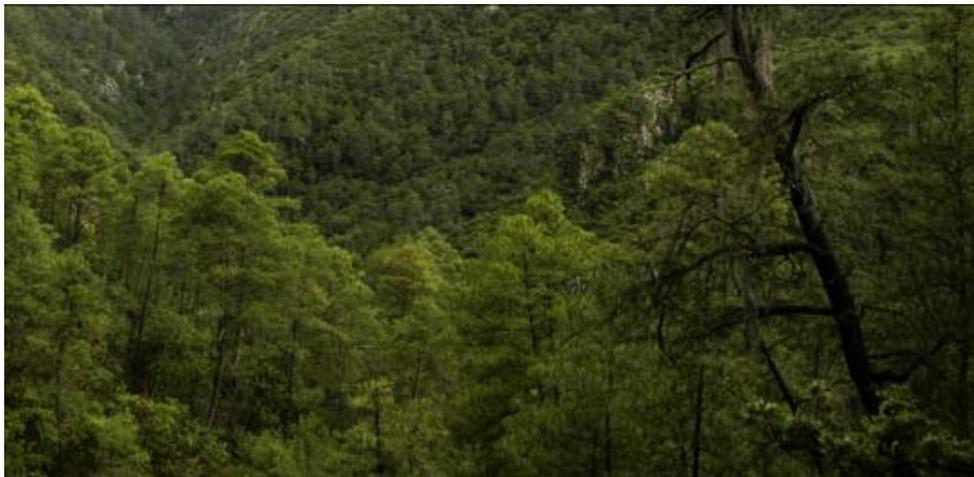


FIGURA I.4. BOSQUE TEMPLADO



Fuente: CONABIO

En el proceso de fotosíntesis los árboles, como todas las plantas, capturan dióxido de carbono y devuelven oxígeno. Asimismo, ofrecen multitud de hábitats distintos para gran variedad de seres vivos y proveen de una diversidad de productos, entre los cuales la madera es muy importante (Challenger, 1988).

Ecosistemas de selvas y matorrales

Todas las selvas son ecosistemas dominados por árboles generalmente muy densos, con una abundancia de bejucos y epífitas. El INEGI (2015) reconoce cinco tipos de selvas húmedas y las clasifica de acuerdo con varios criterios de corte fenológico (persistencia del follaje), y con la altura promedio de la vegetación.

De esta manera, las selvas húmedas incluyen la selva alta perennifolia, la selva alta subperennifolia, la selva mediana perennifolia y la selva mediana subperennifolia (Challenger y Soberón, 2008). Por separado se abordan las selvas secas.

Selva húmeda (altas y medianas)

Son las comunidades vegetales más exuberantes del país, están formadas por árboles de hasta 30 m o más de alto, de muy diversas especies y que conservan su follaje todo el año. Además, abundan las lianas, epífitas y palmas. Algunos árboles tienen troncos rectos con raíces tubulares con contrafuertes.

La mayoría de los árboles tienen hojas grandes y duras. Se distribuyen en climas cálidos y húmedos. Son ecosistemas muy complejos con gran riqueza de especies. El 99% de éstas se originaron en el sur del Continente Americano y tienen una distribución amplia (Challenger, 2008) (FIGURA I.5 y FIGURA I.6). En la región de la Megalópolis se presenta principalmente en los estados de Puebla e Hidalgo, en las zonas que colindan con el estado de Veracruz.

Las selvas han sido tradicionalmente fuente de maderas preciosas, leña y diversidad de plantas y animales valiosos para la subsistencia de comunidades rurales e indígenas. Además, son sustento de los procesos de funcionamiento de los ecosistemas incluyendo los ciclos de nutrientes y agua, la retención y formación de suelos, hábitat de biodiversidad, regulación del clima y mantenimiento de la biodiversidad.

También desempeñan un papel importante en la regulación de polinizadores, plagas y vectores de enfermedades. Asimismo, la producción de miel depende de múltiples especies de abejas nativas, europeas y africanizadas que visitan más de 100 especies de plantas de las selvas húmedas (Challenger, 1988).

FIGURA I.5. SELVAS, MATORRAL, PASTIZAL Y OTROS TIPOS DE VEGETACIÓN

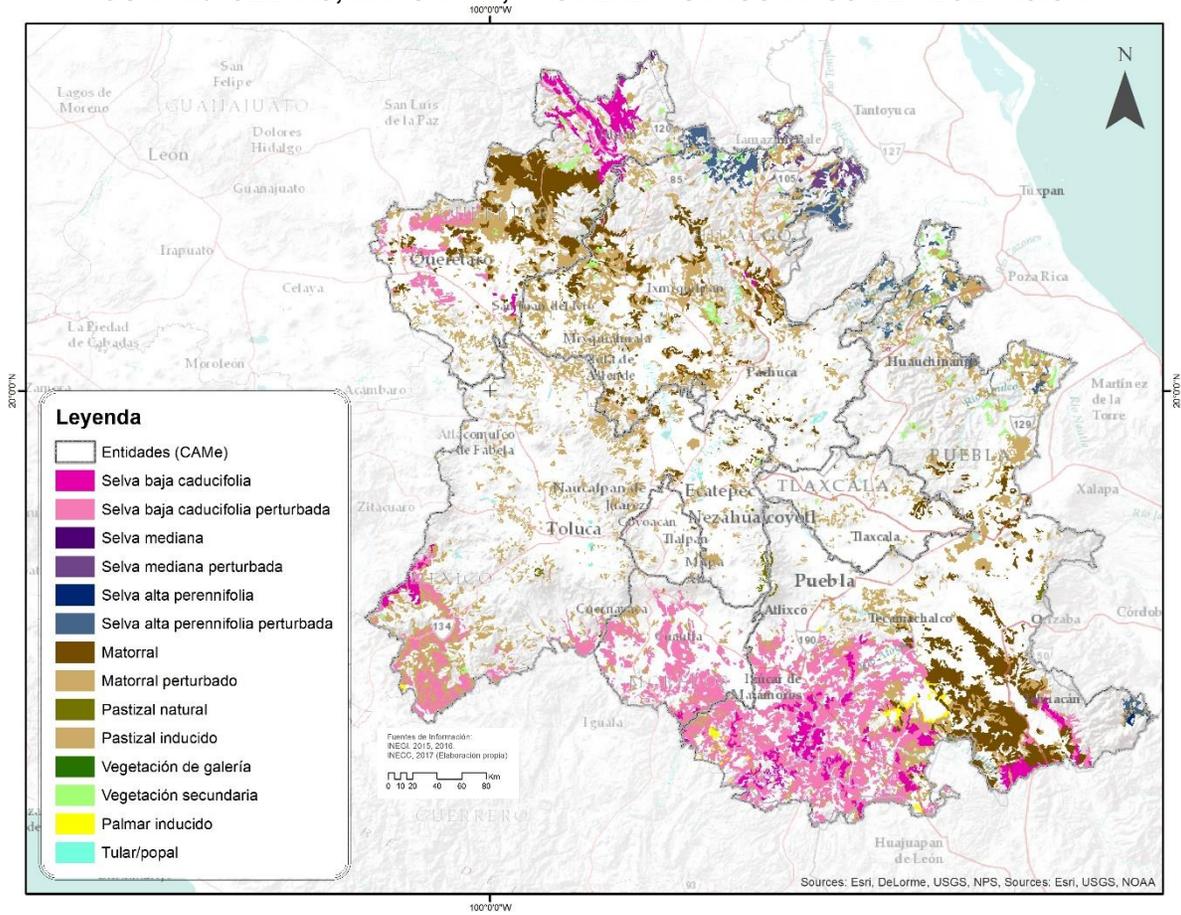


FIGURA I.6. SELVA HÚMEDA



Fuente: CONABIO

Selvas secas

Son comunidades vegetales dominadas por árboles pequeños que pierden sus hojas durante la época seca del año. Son propias de climas cálidos con lluvias escasas y tienen una diversidad única con gran cantidad de especies endémicas. Se ubican en zonas muy frágiles y en condiciones climáticas que favorecen la desertificación.

Este tipo de vegetación, ocupa aproximadamente el **11.26%** de la superficie nacional. Se distribuye en la vertiente del Pacífico de México, desde el sur de Sonora y suroeste de Chihuahua hasta Chiapas y continúa hasta Centroamérica (Rzedowski, 1978) (FIGURA I.7). Dentro de la Megalópolis, este importante tipo de vegetación, ocurre principalmente en las entidades de Puebla, Morelos, Estado de México y Querétaro.

Respecto a su flora, las selvas bajas caducifolias tienen un componente endémico muy importante (estimado en 25% al nivel de género y en 40% al de especie; Rzedowski, 1998).

FIGURA I.7. SELVA BAJA CADUCIFOLIA



Fuente: CONABIO

Las selvas secas o caducifolias tienen baja productividad maderera pero su presencia es de vital importancia para las poblaciones humanas locales, pues proveen de madera, leña y productos no maderables para su consumo, así como áreas de pastoreo extensivo. Son el hábitat de los parientes silvestres de varios de los principales cultivos de México (maíz, frijol, calabaza). Además, proveen de servicios de captura de carbono, conservación de suelos, de biodiversidad y de riberas, así como la regulación de clima y el mantenimiento de los ciclos minerales. Son hábitat de especies silvestres endémicas y/o de valor comercial (Challenger, 1988).

Matorrales

Los matorrales xerófilos abarcan diversas comunidades vegetales de porte arbustivo dominantes en los climas áridos y semiáridos de México, que cubren la mayor parte del Altiplano mexicano, las planicies costeras de los estados de Tamaulipas y Sonora, la Península de Baja California y una parte importante del Valle de Tehuacán-Cuicatlán en los estados de Puebla y Oaxaca.

Comprenden una flora en la cual predominan los géneros de afinidad neotropical (37%), sobre todo endémicos, con una contribución de 44% de los géneros, cifra que crece a 60% al considerar las afinidades florísticas al nivel de especie; estos tipos de vegetación están entre los más importantes de México por su extensión y contribución a la flora endémica del país (Rzedowski, 1998) (FIGURA I.8).

FIGURA I.8. MATORRAL



Fuente: CONABIO

Áreas Naturales Protegidas y Regiones Terrestres Prioritarias

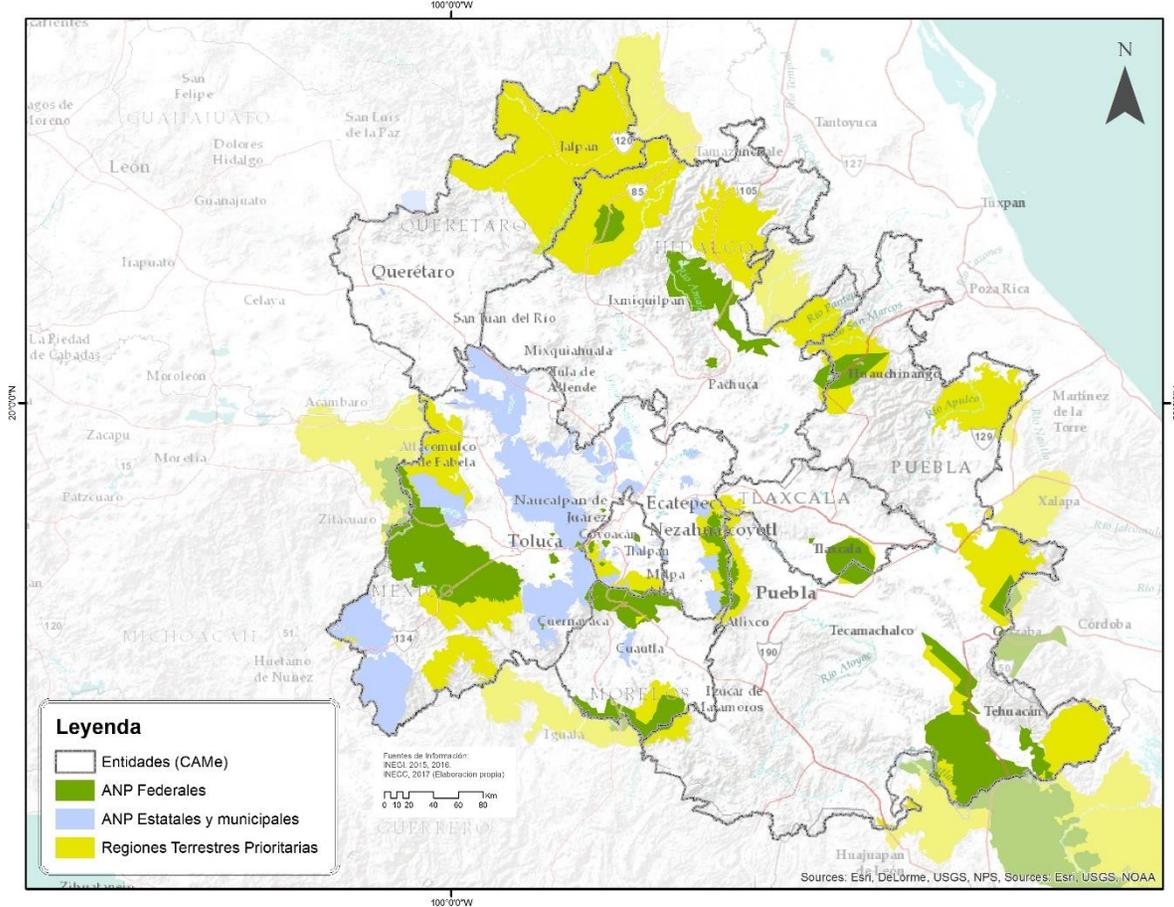
Las Áreas Naturales Protegidas “ANP” son las zonas del territorio nacional y aquellas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción en donde los ambientes originales no han sido significativamente alterados por la actividad del ser humano o que requieren ser preservadas y restauradas (CONANP, 2016).

Representan espacios naturales que, dependiendo de su estado de conservación, contribuyen a reducir los impactos negativos del cambio climático, coadyuvando a fortalecer la resiliencia de los ecosistemas y la población. Por otra parte, es necesario considerar que la mala calidad del aire representa un factor de riesgo para la conservación de estos espacios.

En la región de la Megalópolis ocurren un total de 32 ANP de carácter federal, que corresponden a 23 Parques Nacionales “PN”, cuatro Reservas de la Biosfera, tres Áreas

de Protección de Flora y Fauna y dos Áreas de Protección de los Recursos Naturales (FIGURA I.9 y CUADRO A3.1). Dichas ANP cubren una superficie de 800,466 ha, lo que representa el 8.09% del territorio de las entidades que integran la CAME.

FIGURA I.9. ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS Y REGIONES TERRESTRES PRIORITARIAS EN LA MEGALÓPOLIS



En cuanto a las ANP de carácter estatal o municipal, son 90 las que se encuentran dentro de las entidades que conforman la Megalópolis, abarcando una superficie de 676,289 ha, lo que representa el 6.84% del territorio de la región megalopolitana (CUADRO A3.2).

Por otra parte, como resultado del Programa Regiones Prioritarias para la Conservación de la Biodiversidad de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad “CONABIO”, se detectaron 152 áreas del territorio nacional que cubren una superficie de 515,558 km², correspondiente a más de la cuarta parte del territorio. Estas áreas poseen características físicas y bióticas que favorecen condiciones particularmente importantes desde el punto de vista de la biodiversidad.

La región de la Megalópolis alberga 13 Regiones Terrestres Prioritarias, que son las unidades estables desde el punto de vista ambiental en la porción continental del

territorio nacional, destacan por una riqueza ecosistémica y específica comparativamente mayor que el resto del país, así como una integridad ecológica funcional y donde, además, se tiene una oportunidad de conservación (Arriaga, et al. 2000).

Corredor Ecológico Sierra Madre Oriental

El Corredor Ecológico de la Sierra Madre Oriental “CESMO” es una estrategia para promover el desarrollo regional de una porción de la Sierra Madre Oriental, bajo criterios de conservación, uso y manejo sustentable de sus recursos naturales. A través de acciones que promuevan la conectividad ecológica, económica e institucional, se aspira a generar beneficios para sus habitantes a través de un enfoque participativo, respetuoso e incluyente de todos los sectores de la sociedad.

El CESMO es una iniciativa del gobierno federal, que inicia a mediados de 2012 mediante un amplio proceso participativo encabezado por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales “SEMARNAT”, a través de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas “CONANP”, y con el apoyo del Gobierno de Alemania a través de la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit “GIZ” - Cooperación Alemana al Desarrollo-.

A lo largo del tiempo, diversas instituciones y actores se han sumado al CESMO, tanto en su proceso de conceptualización, definición de territorio y líneas estratégicas como de su instrumentación, destacándose los Estados que integran la iniciativa. A saber: San Luis Potosí, Querétaro, Hidalgo, Puebla y Veracruz, así como numerosas organizaciones académicas, de la sociedad civil y el sector privado.

El CESMO está integrado por regiones prioritarias de la región conocida como Sierra Madre Oriental en los cinco estados mencionados. Comprende 240 municipios con alrededor de 4.4 millones de hectáreas que albergan objetos y valores de gran relevancia natural, cultural y social.

La definición de su polígono se hizo mediante un proceso participativo entre instituciones federales, estatales y academia con asesoría de GIZ, durante el primer taller regional del CESMO, celebrado en Xalapa en septiembre 2012.

En 2013, con un proceso similar se identificaron 23 zonas prioritarias, las cuales incluyen alrededor de 157 municipios, con una superficie aproximada de 1.6 millones de hectáreas. Estas zonas fueron definidas por sus valores socio ambientales, así como por criterios de operatividad de las instituciones que participaron en el proceso.

En ellas se pretende generar experiencias demostrativas de conectividad ecológica, económica e institucional, de forma tal que sus resultados e impactos alcanzados

puedan ser replicados posteriormente en otros territorios y/o, puedan ser escalados a nivel de políticas públicas.

Eje Neovolcánico Transversal

En la parte central del Eje Neovolcánico, la región más densamente poblada de México, viven alrededor de 30 millones de personas. Las grandes ciudades, como la Zona Metropolitana del Valle de México, Toluca y Cuernavaca, se hallan localizadas en un paraje montañoso, que también alberga áreas naturales protegidas estatales y federales.

Estas áreas protegidas, al igual que los espacios naturales circundantes, se ven amenazados por asentamientos humanos tanto legales, como ilegales, la tala legal e ilegal de madera, el uso intensivo de la tierra y la depredación de los suelos. Aparte de ello, los bosques templados de esta región constituyen uno de los ecosistemas más afectados por el cambio climático en el país¹.

Esta situación pone en peligro importantes servicios ambientales, sobre todo aquellos que aseguran el abastecimiento de agua potable de la región. Esto tiene como consecuencia la creciente fragmentación de las áreas protegidas y la degradación de los recursos naturales.

Actualmente, la CONANP establece políticas, estrategias y programas concertados que contribuyen a una mejor conservación de la biodiversidad en la región, a través de una mayor coordinación entre los órdenes de gobierno y los distintos sectores.

Las actividades para la conservación de la biodiversidad y el uso sostenible de los recursos naturales se diseñan e implementan con la participación de diversos actores y los grupos poblacionales afectados.

Estos trabajos contribuyen a que las autoridades, las empresas y los habitantes de la Megalópolis mejoren la conservación de la biodiversidad y los servicios ambientales en el cinturón verde que la rodea y en la región central del Eje Neovolcánico.

Asimismo, las administraciones de las áreas naturales protegidas y otras autoridades pertinentes reciben apoyo para la formulación de criterios y directrices aplicables a la evaluación basada en resultados de las medidas ejecutadas. De esta forma, se logran mejorar los resultados y la eficiencia económica de los programas de fomento existentes.

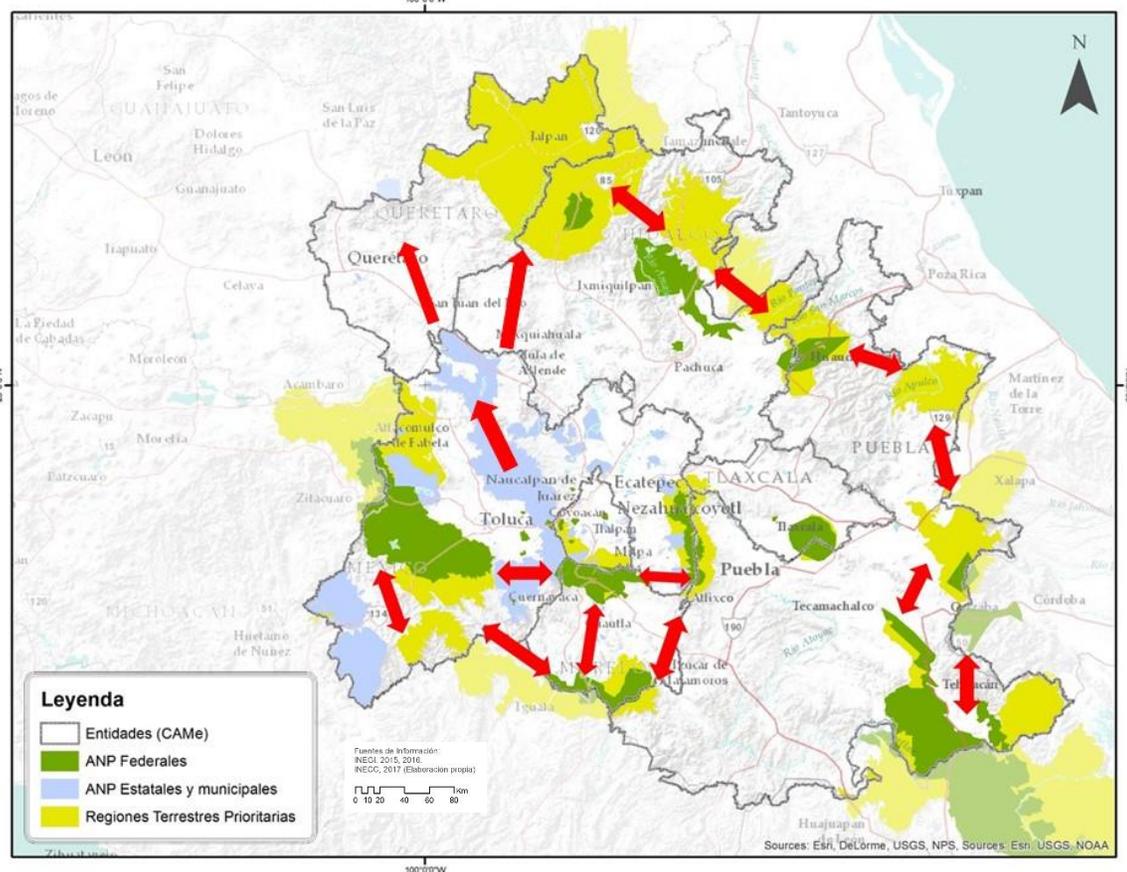
¹ CONANP-GIZ. 2014. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Conservación de la Biodiversidad del Eje Neovolcánico.

Por otro lado, existen organizaciones de la sociedad civil organizada, universidades, institutos y centros de investigación, así como los propios gobiernos estatales y municipales que realizan esfuerzos para conservar los ecosistemas y con ello, mejorar la calidad del aire en la región de la Megalópolis.

Áreas estratégicas para la conectividad en la Megalópolis

Considerando las ANP ya establecidas, así como las Regiones Terrestres Prioritarias, se debe promover la conectividad en por lo menos diez Áreas Naturales Protegidas y 10 Regiones Terrestres Prioritarias. Como se puede observar en la FIGURA I.10, se pueden determinar dos zonas potenciales de corredores biológicos en la Megalópolis: la Región Oriental que involucra a los estados de Puebla, Tlaxcala e Hidalgo y la Región Poniente, que involucra a los estados de Morelos, Estado de México y a la Ciudad de México.

FIGURA I.10. REPRESENTACIÓN DE LOS POTENCIALES CORREDORES BIOLÓGICOS PARA LA MEGALÓPOLIS



Áreas prioritarias para la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad

Debido a la acelerada pérdida de la biodiversidad derivada de la degradación ambiental y destrucción de los ecosistemas naturales, la identificación de áreas prioritarias es de suma importancia para garantizar el mantenimiento de los recursos naturales y la biodiversidad.

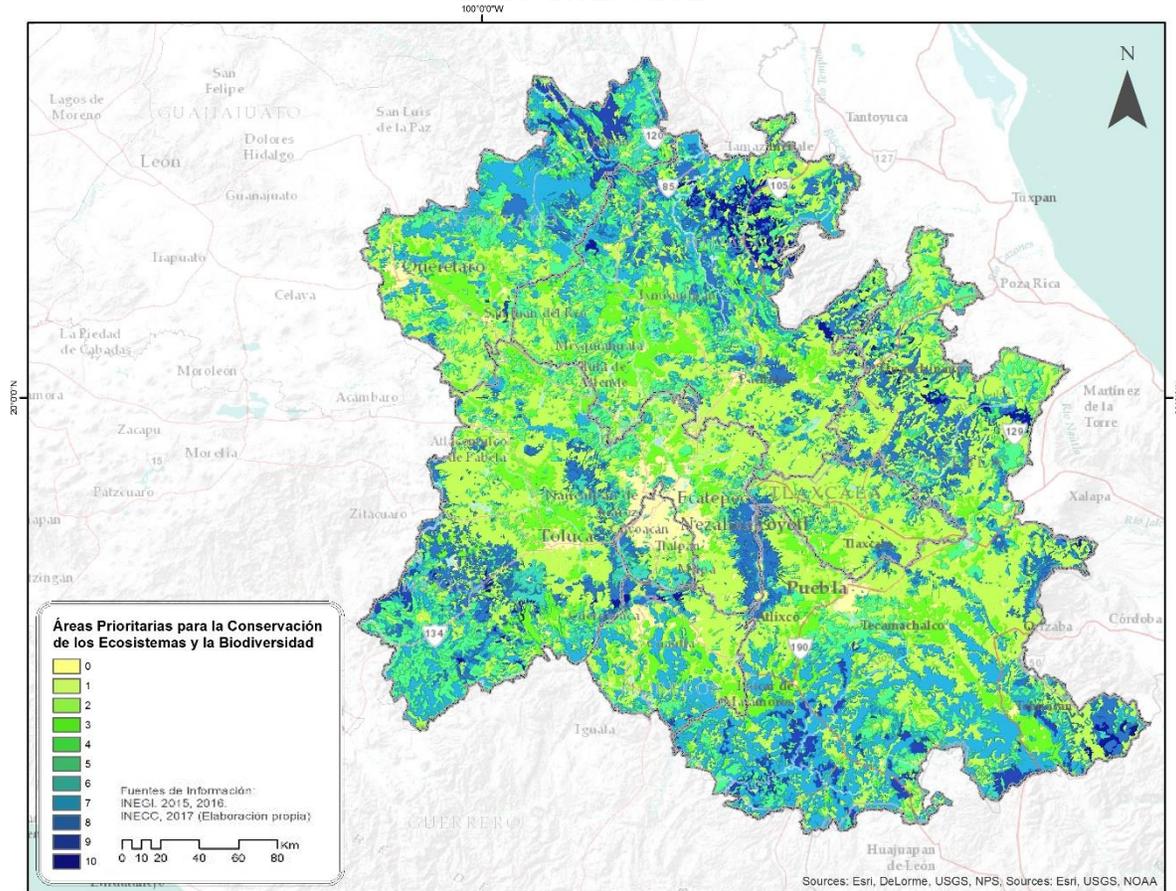
Los métodos para identificar áreas prioritarias o críticas para la conservación pueden tener diferentes aproximaciones, desde las meramente intuitivas, a las analíticas y cuantitativas. Ambas aproximaciones han sido utilizadas para la identificación de áreas que contengan ciertos atributos de interés para la conservación, como puede ser la presencia de especies bandera o en riesgo de extinción, o bien la existencia de hábitats particulares, tan relevantes como un oasis o los fondos de cañada dentro de un bosque.

Un criterio importante para la selección de áreas prioritarias es la representación de la máxima biodiversidad posible (Pressey et al., 1993). Esto implica que debe incluir al menos un ejemplo de cada tipo de vegetación y de las especies de flora y fauna de interés en la región y ello utilizando no todos sino un conjunto mínimo de lugares.

Para la identificación de las áreas prioritarias para la conservación de los ecosistemas y la biodiversidad en la megalópolis (FIGURA I.11), se utilizaron los siguientes criterios:

- a) Vegetación, mediante la reclasificación de la capa de uso de suelo y vegetación actual, otorgando los valores más altos a los ecosistemas conservados, medios a las zonas con ecosistemas perturbados, bajos a las zonas rurales ya degradadas y nulos a zonas completamente transformadas e incapacitadas para su recuperación, tales como zonas urbanas o industriales.
- b) Biodiversidad, otorgando los valores más altos a las zonas de mayor biodiversidad, endemismos y especies en alguna categoría de riesgo de la Megalópolis.

FIGURA I.11. ÁREAS PRIORITARIAS PARA LA CONSERVACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS Y LA BIODIVERSIDAD



Nota: Los valores más altos en la simbología representan una mayor calificación para el análisis de prioridad.

Áreas prioritarias para el mantenimiento de los bienes y servicios ambientales

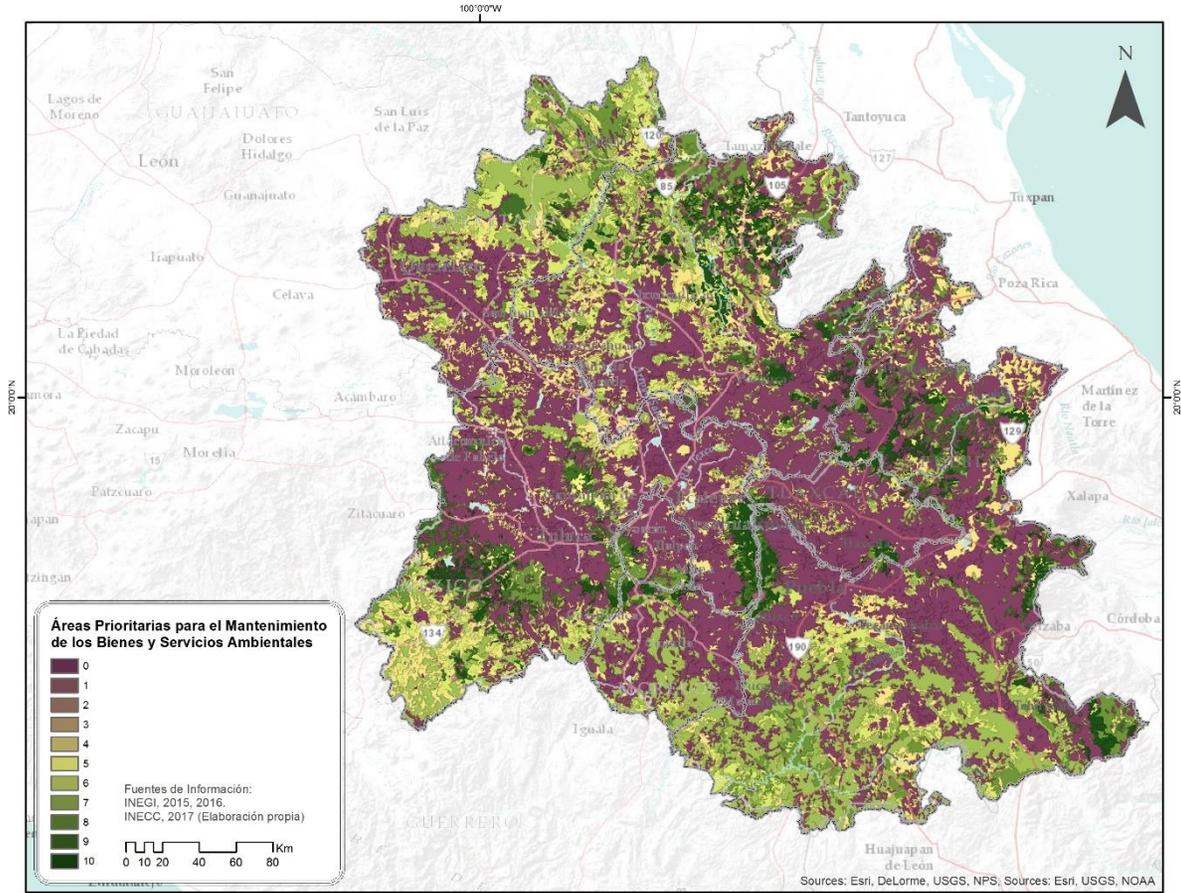
Los procesos ecológicos de los ecosistemas suministran una gran e importante gama de servicios ambientales gratuitos de los que dependemos, los cuales se conocen como servicios ambientales o servicios ecosistémicos.

Estos incluyen: mantenimiento de la calidad gaseosa de la atmósfera (la cual ayuda a regular el clima); mejoramiento de la calidad del agua; control de los ciclos hidrológicos, incluyendo la reducción de la probabilidad de serias inundaciones y sequías; generación y conservación de suelos fértiles; control de parásitos de cultivos y de vectores de enfermedades; polinización de cultivos; disposición directa de alimentos provenientes de ambientes acuáticos y terrestres; así como el mantenimiento de una vasta “librería genética” de la cual el hombre ha extraído las bases de la civilización en la forma de cosechas, animales domesticados, medicinas y productos industriales.

La FIGURA I.12 muestra las áreas prioritarias identificadas para el mantenimiento de los bienes y servicios ambientales en la región de la Megalópolis. Para la identificación de estas potenciales áreas prioritarias, se utilizaron los siguientes criterios:

- a) Vegetación: mediante la reclasificación de la capa de uso de suelo y vegetación actual, otorgando los valores más altos a los ecosistemas que potencialmente pueden brindar servicios ecosistémicos, medios a las zonas con ecosistemas con algún grado de perturbación, bajos a las zonas rurales ya degradadas, y nulos a zonas completamente transformadas e incapacitadas para su recuperación, tales como zonas urbanas o industriales;
- b) Biodiversidad: otorgando los valores más altos a las zonas de mayor biodiversidad de la Megalópolis.

FIGURA I.12. ÁREAS PRIORITARIAS PARA EL MANTENIMIENTO DE LOS BIENES Y SERVICIOS AMBIENTALES



Nota: Los valores más altos en la simbología representan una mayor calificación para el análisis de prioridad.

Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre

Las Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre (anteriormente Sistema de Unidades de Manejo y Aprovechamiento Sustentable para la Vida Silvestre “SUMA”) buscan promover esquemas alternativos de producción compatibles con el cuidado del ambiente, a través del uso racional, ordenado y planificado de los recursos naturales, frenando o revirtiendo los procesos de deterioro ambiental.

El SUMA se complementa y converge con el Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas. A través del aprovechamiento sustentable puede lograrse la conservación integral de la biodiversidad, con la participación básica de la sociedad, con base en intereses diferentes pero compromisos comunes.

La Ley General de Vida Silvestre “LGVS” indica al respecto que, se promoverá el desarrollo del SUMA en las zonas de influencia de las áreas naturales protegidas, con el propósito de reforzar sus zonas de amortiguamiento y dar continuidad a sus ecosistemas. Asimismo, promueve que las áreas naturales protegidas cuenten con un programa de manejo, el cual involucre a los habitantes locales en la ejecución del programa dentro de sus predios, dando prioridad al aprovechamiento no extractivo, cuando se trate de especies o poblaciones amenazadas o en peligro de extinción (LGVS, Art. 47) (SEMARNAT, 2016).

Los objetivos del SUMA son (LGVS, Art. 46):

- La conservación de la biodiversidad y del hábitat natural de la vida silvestre, así como la continuidad de los procesos evolutivos de las especies silvestres en el territorio nacional.
- El fomento de actividades de restauración, recuperación, reintroducción y repoblación, con la participación de las organizaciones sociales, públicas o privadas, y los demás interesados en la conservación de la biodiversidad.
- El desarrollo de actividades productivas alternativas para las comunidades rurales y el combate al tráfico y apropiación ilegal de ejemplares, partes y derivados de vida silvestre.
- La aplicación del conocimiento biológico tradicional, el fomento y desarrollo de la investigación de la vida silvestre, y su incorporación a las actividades de conservación de la biodiversidad.
- El apoyo para la realización de actividades de conservación y aprovechamiento sustentable de la vida silvestre en el territorio nacional, mediante la vinculación e

intercambio de información entre las distintas unidades, así como la simplificación de la gestión ante las autoridades competentes con base en el expediente de registro y operación de cada unidad.

- La formación de corredores biológicos que interconecten las UMA entre sí y con las Áreas Naturales Protegidas, de manera tal que se garantice y potencialice el flujo de ejemplares de especies silvestres.

En las entidades que conforman la CAME, se presentan un total de 756 UMA, lo que representa una superficie de 17,105 ha, siendo el estado de Puebla el que comprende una mayor superficie bajo este régimen, seguido por el Estado de México, Hidalgo, Tlaxcala, Ciudad de México, Morelos y Querétaro, respectivamente (CUADRO I-1).

CUADRO I-1. UNIDADES DE MANEJO PARA LA CONSERVACIÓN DE LA VIDA SILVESTRE POR ENTIDAD FEDERATIVA

Entidad Federativa	Número de UMA	Superficie (ha)
Ciudad de México	100	1,739.09
Estado de México	181	4,261.12
Hidalgo	64	2,525.11
Morelos	127	1,090.76
Querétaro	72	542.97
Puebla	168	4,725.62
Tlaxcala	44	2,220.62
TOTAL	756	17,105.29

Fuente: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Dirección General de Vida Silvestre, Abril, 2016².

Con respecto a la superficie registrada por modalidad, las UMA extensivas (o de manejo en vida libre) son, por lo general, de mayor dimensión que las de manejo intensivo, pues contribuyen mayormente a la conservación del hábitat, mientras que las intensivas llegan a tener dimensiones inferiores a una hectárea que es la unidad de medida utilizada en el padrón de UMA (SEMARNAT, 2016).

Los ecosistemas y su relación con el cambio climático

Es bien conocido que la protección, conservación y restauración de ecosistemas son actividades clave para hacer frente a los impactos del cambio climático. Como consecuencia, las estrategias para mejorar la calidad del aire que se aplicarán en la

² La información disponible corresponde a UMA de carácter intensivo.

región de la Megalópolis brindarán un co-beneficio para atender las necesidades de las entidades federativas en materia de mitigación de emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero.

En nuestro país, el uso de suelo, cambio de uso del suelo y la silvicultura (USCUSS) en conjunto con el sector agropecuario representan el 17% de las emisiones totales de gases de efecto invernadero, (5 y 12% respectivamente; INECC, 2013), convirtiendo a estos sectores en importantes agentes del cambio climático.

Por otro lado, los ecosistemas forestales proveen servicios ecosistémicos de importancia global, como es el secuestro de carbono y la reducción de emisiones, así como otros servicios ecosistémicos de importancia local relevantes para la adaptación y mitigación.

En la región de la megalópolis ocurren reconocidos ecosistemas que actúan como secuestradores de carbono, como lo son los bosques templados, selvas, matorrales y pastizales, que, de aplicar medidas estratégicas idóneas para su conservación en la región, se obtendrían importantes beneficios en materia de mitigación a nivel subnacional, con un efecto sumidero por parte de los ecosistemas originales que permanecieran como tales.

Para dimensionar la importancia de los ecosistemas en esta área, aquí se muestra una primera aproximación, considerando los datos de superficie de vegetación en la Megalópolis y utilizando los factores de emisión/absorción generados para México, con los cuales se obtiene que las áreas forestales y de praderas contienen alrededor de 1,860,000 toneladas de carbono, implicando que de perderse la cobertura de estos ecosistemas, se liberarían a la atmósfera aproximadamente 6,823,000 toneladas de dióxido de carbono.

Como se mencionó anteriormente, esto es sólo un dato aproximado, pues se requiere realizar un diagnóstico de la condición de los ecosistemas existentes, así como los cambios de uso de suelo a una escala espacio-temporal adecuada. Con este análisis general, se concluye que el potencial de captura de los ecosistemas que ocurren en la Megalópolis es relevante, por lo que se debe promover la conservación y restauración de los ecosistemas degradados.

Para el diseño y desarrollo de estrategias y medidas de adaptación al cambio climático, se debe contar con un diagnóstico completo de la Megalópolis, que incluya la evaluación de la vulnerabilidad actual y futura considerando los escenarios de cambio climático.

El enfoque de Adaptación basada en Ecosistemas promueve acciones tendientes a disminuir la vulnerabilidad de las personas al cambio climático mediante la conservación y restauración de los ecosistemas y los servicios ambientales que brindan, al tiempo

que contribuye a la mitigación mediante el mantenimiento de ecosistemas que capturan y almacenan carbono (SEMARNAT-INECC. 2015).

I.2. Componente socioeconómico

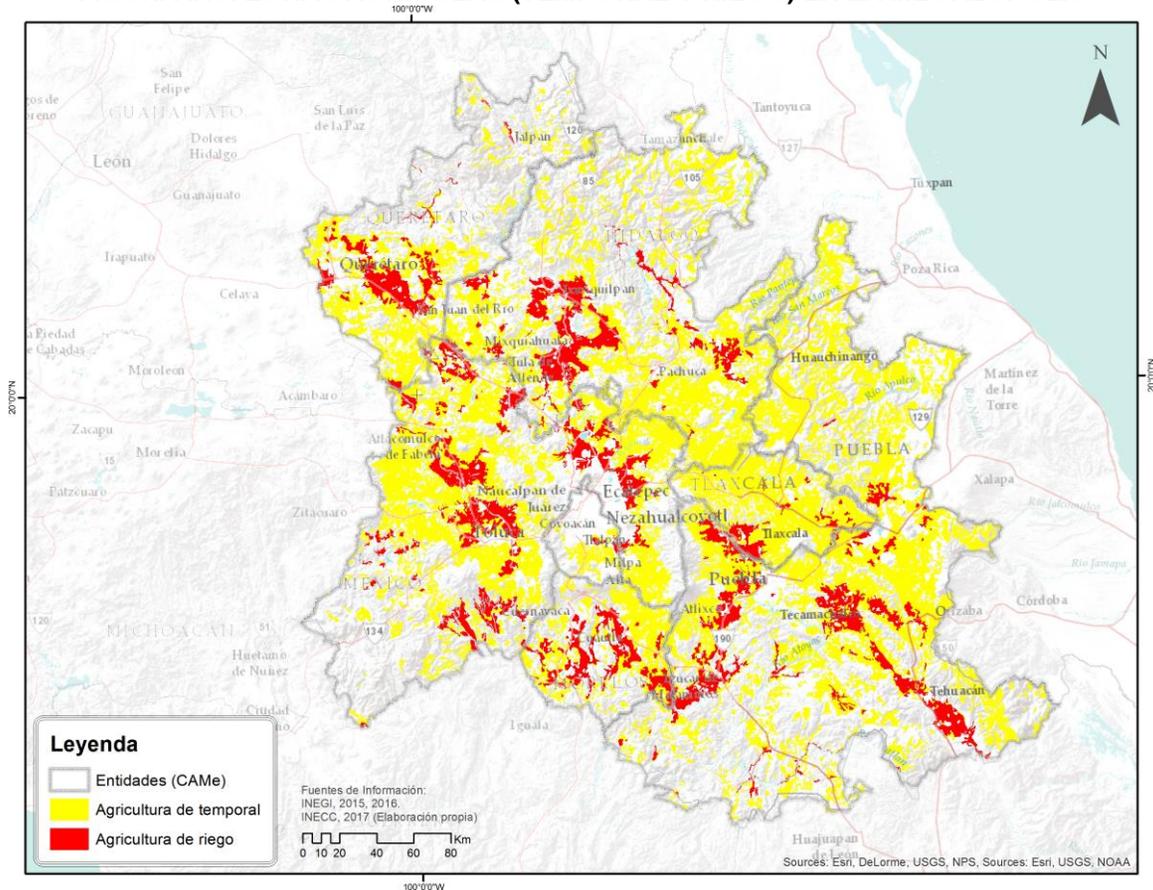
Subsistema agropecuario

En México las actividades agropecuarias tienen una gran importancia en el medio rural como fuente de ingresos y proveedor de alimentos. El sector agropecuario desarrolla sus actividades en gran parte de las localidades rurales y aprovecha los recursos naturales, constituyéndose en uno de los principales medios de empleo para la población que reside en el medio rural (SAGARPA, 2012).

La producción agropecuaria es muy sensible al cambio climático. Algunos impactos ya observados para el sector con relación a la variación de la temperatura son la disminución de rendimiento de los cultivos, debido al estrés causado por el calor, el aumento de plagas y enfermedades, el aumento de fuegos devastadores, la disminución del suministro de agua. Por otro lado, están los fenómenos extremos como las sequías, las lluvias torrenciales, las granizadas, los ciclones que ocasionan severos daños a los cultivos, erosión del suelo, saturación hídrica y efectos adversos en la calidad del agua, estrés hídrico y aumento de muerte del ganado (SAGARPA, 2012).

En la Megalópolis, el sector agropecuario está bien representado en todas las entidades que la conforman, siendo en algunos casos de los primeros lugares en producción nacional y poseedor de algunos productos muy importantes con denominación de origen (FIGURA I.13 y FIGURA I.14). Del total de la superficie correspondiente a la Megalópolis, un 54% corresponde a uso agropecuario (43.8% agrícola y 10.7% pecuario), del cual, 4'330,609 ha son de carácter agrícola (incluye temporal y riego) y 1'062,598 ha corresponden a uso pecuario.

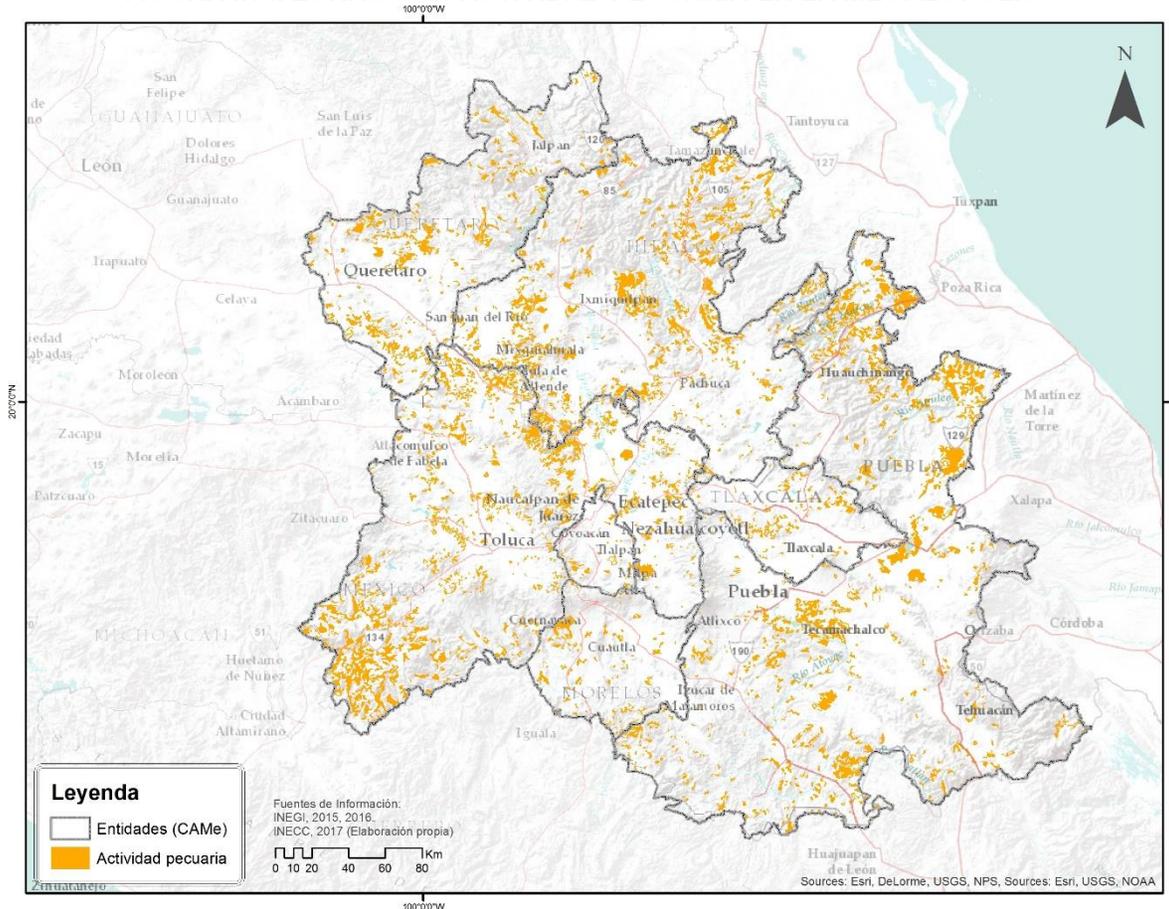
FIGURA I.13. ZONAS AGRÍCOLAS (TEMPORAL Y RIEGO) EN LA MEGALÓPOLIS



De acuerdo con información del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2015), órgano administrativo desconcentrado de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación “SAGARPA”, la superficie de la actividad agropecuaria en la Megalópolis es de:

- *Agricultura de temporal*: 3'495,315.3 hectáreas, incluye los rubros de agricultura de temporal anual, permanente y semipermanente (INEGI 2015).
- *Agricultura de riego*: 835,294.4 hectáreas, incluye los rubros de agricultura de riego anual, permanente y semipermanente (INEGI 2015).
- *Pecuario*: 1'062,598.9 hectáreas, incluye los rubros de ganadería extensiva e intensiva (INEGI 2015).

FIGURA I.14. ZONAS CON ACTIVIDAD PECUARIA EN LA MEGALÓPOLIS



A continuación, se presenta una síntesis de la producción agropecuaria por entidad federativa.

Ciudad de México

La Ciudad de México se posiciona en el 32° lugar con un 0.2% de la aportación al subsector agrícola, y en 32° lugar del ranking nacional en el subsector pecuario, con un 0.1% del volumen nacional.

A nivel de la entidad, el subsector agrícola, aporta el 96.7% del volumen de la producción agropecuaria, y por su parte, el subsector pecuario aporta el 3.3% restante.

Los principales productos agrícolas que se producen en la entidad son el nopal, la noche buena, papa, avena forrajera y flores.

Los principales productos pecuarios que se producen en la entidad son la leche de bovino, carne en canal de porcino, carne en canal de bovino, carne en canal de ovino y huevo para plato.

Estado de México

El Estado de México se posiciona en el 12° lugar con un 3.3% de la aportación al subsector agrícola, y en 11° lugar del ranking nacional en el subsector pecuario, con un 3.3% del volumen nacional.

A nivel estatal, el subsector agrícola, aporta el 92.5% del volumen de producción agropecuaria, y por su parte, el subsector pecuario aporta el 7.3% restante.

Los principales productos agrícolas que se producen en la entidad son el maíz grano, crisantemo, rosa, pastos y papa.

Los principales productos pecuarios que se producen en la entidad son la carne en canal de ave, leche de bovino, carne en canal de bovino, carne en canal de porcino y carne en canal de ovino.

Hidalgo

El estado de Hidalgo se posiciona en el 14° lugar con un 2.8% de la aportación al subsector agrícola, y en 14° lugar del ranking nacional en el subsector pecuario, con un 2.6% del volumen nacional.

A nivel estatal, el subsector agrícola, aporta el 93.0% del volumen de producción agropecuaria, y por su parte, el subsector pecuario aporta el 6.9% restante.

Los principales productos agrícolas que se producen en la entidad son el maíz grano, maguey pulquero, alfalfa verde, cebada grano y frijol.

Los principales productos pecuarios que se producen en la entidad son la leche de bovino, carne en canal de ave, carne en canal de bovino, carne en canal de ovino y carne en canal de porcino.

Morelos

Morelos se posiciona en el 24° lugar con un 1.3% de la aportación al subsector agrícola, y en 28° lugar del ranking nacional en el subsector pecuario, con un 0.4% del volumen nacional.

A nivel estatal, el subsector agrícola, aporta el 97.4% del volumen de producción agropecuaria, y por su parte, el subsector pecuario aporta el 2.5% restante.

Los principales productos agrícolas que se producen en la entidad son caña de azúcar, tomate rojo, nopal, sorgo en grano y cebolla. Además, cuenta con un producto con denominación de origen, el *Arroz Morelos*.

Los principales productos pecuarios que se producen en la entidad son la carne en canal de ave, carne en canal de bovino, carne en canal de porcino, leche de bovino y miel.

Puebla

Puebla se posiciona en el 17° lugar con un 2.4% de la aportación al subsector agrícola, y en 5° lugar del ranking nacional en el subsector pecuario, con un 6.6% del volumen nacional.

A nivel estatal, el subsector agrícola, aporta el 81.9% del volumen de producción agropecuaria, y por su parte, el subsector pecuario aporta el 18.0% restante.

Los principales productos agrícolas que se producen en la entidad son el maíz grano, papa, café, cereza, caña de azúcar y tomate rojo. Además, cuenta con un producto con denominación de origen, la *Vainilla de Papantla*.

Los principales productos pecuarios que se producen en la entidad son el huevo para plato, carne en canal de porcino, carne en canal de ave, leche de bovino y carne en canal de bovino.

Querétaro

Querétaro se posiciona en el 27° lugar con un 0.8% de la aportación al subsector agrícola, y en 10° lugar del ranking nacional en el subsector pecuario, con un 3.4% del volumen nacional.

A nivel estatal, el subsector agrícola, aporta el 75.8% del volumen de producción agropecuaria, y por su parte, el subsector pecuario aporta el 24.1% restante. Los principales productos agrícolas que se producen en la entidad son el maíz grano, maíz forrajero, alfalfa verde, tomate rojo y rosa.

Los principales productos pecuarios que se producen en la entidad son la carne en canal de ave, leche de bovino, carne en canal de bovino, carne en canal de porcino y huevo para plato.

Tlaxcala

Tlaxcala se posiciona en el 30° lugar con un 0.6% de la aportación al subsector agrícola, y en 24° lugar del ranking nacional en el subsector pecuario, con un 0.7% del volumen nacional.

A nivel estatal, el subsector agrícola, aporta el 91.1% del volumen de producción agropecuaria, y por su parte, el subsector pecuario aporta el 8.8% restante.

Los principales productos agrícolas que se producen en la entidad son el maíz grano, cebada grano, trigo grano, alfalfa verde y maguey pulquero.

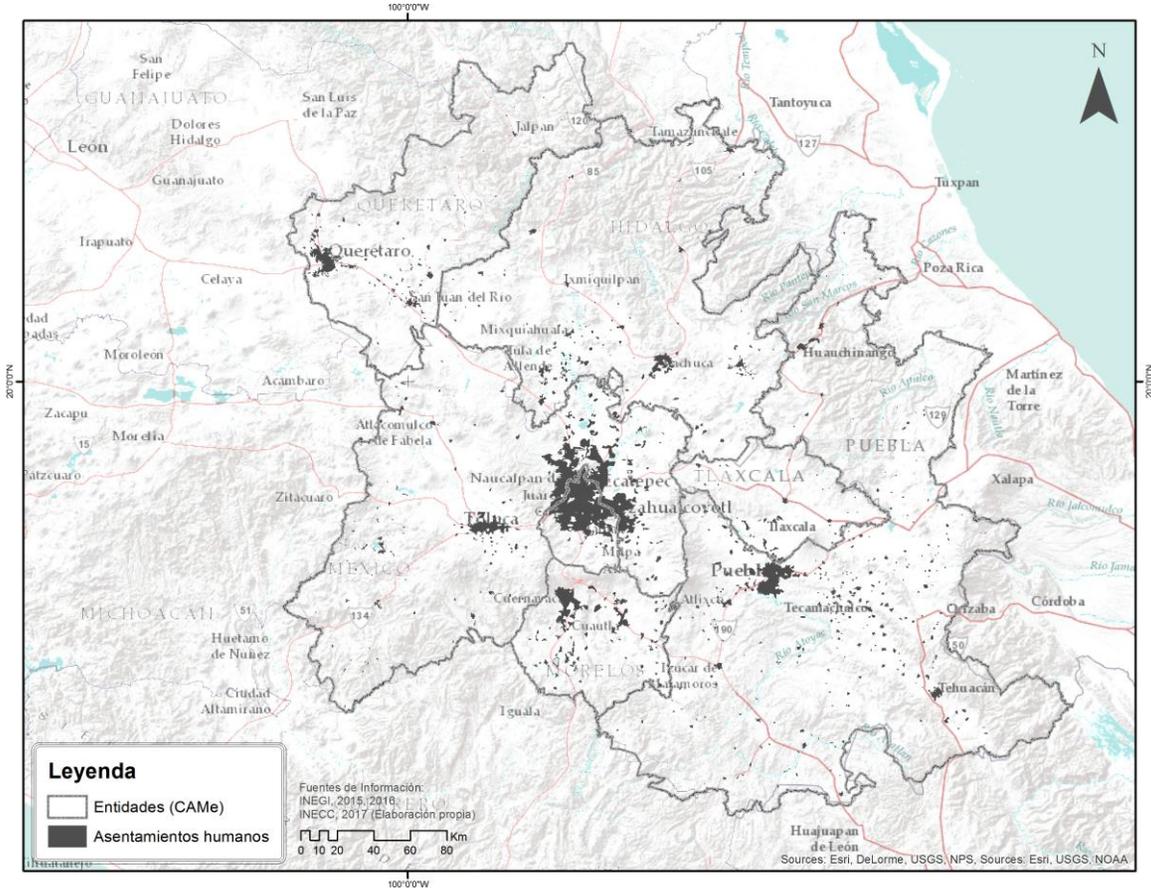
Los principales productos pecuarios que se producen en la entidad son la carne en canal de ovino, leche de bovino, carne en canal de porcino, carne en canal de ovino y miel.

Subsistema urbano

Asentamientos humanos y población

Los asentamientos humanos en la Megalópolis se encuentran situados principalmente en la Zona Metropolitana del Valle de México, que representa el centro económico, financiero, político y cultural de México (FIGURA I.15).

FIGURA I.15. ASENTAMIENTOS HUMANOS EN LA MEGALÓPOLIS



Su población es actualmente de más de 20 millones de habitantes, cifra que equivale al 17% de la población nacional. Su mayor concentración se da en la Ciudad de México y su zona conurbada con municipios del Estado de México (OECD, 2015).

Subsistema minero

La industria de la minería y su cadena productiva, tienen una contribución importante en México y geológicamente la geografía es importante por su riqueza mineral. México se encuentra dentro de los 12 principales productores a nivel mundial de 17 minerales, y es líder mundial en la producción de plata (SGM, 2016).

Los principales estados del país productores del sector son Sonora, Zacatecas, Chihuahua y Coahuila, aportando en conjunto el 67% de la producción minera. El resto de la producción se ubica repartido por el resto del país.

Por su parte las entidades de la Megalópolis generan una mínima aportación a la producción nacional, las cuales son el Estado de México, Hidalgo, Querétaro y Puebla, que en conjunto aportan el 2.85%. (SGM, 2016) (CUADRO I-2). Sin embargo, es un sector con relevancia en las condiciones de calidad del aire.

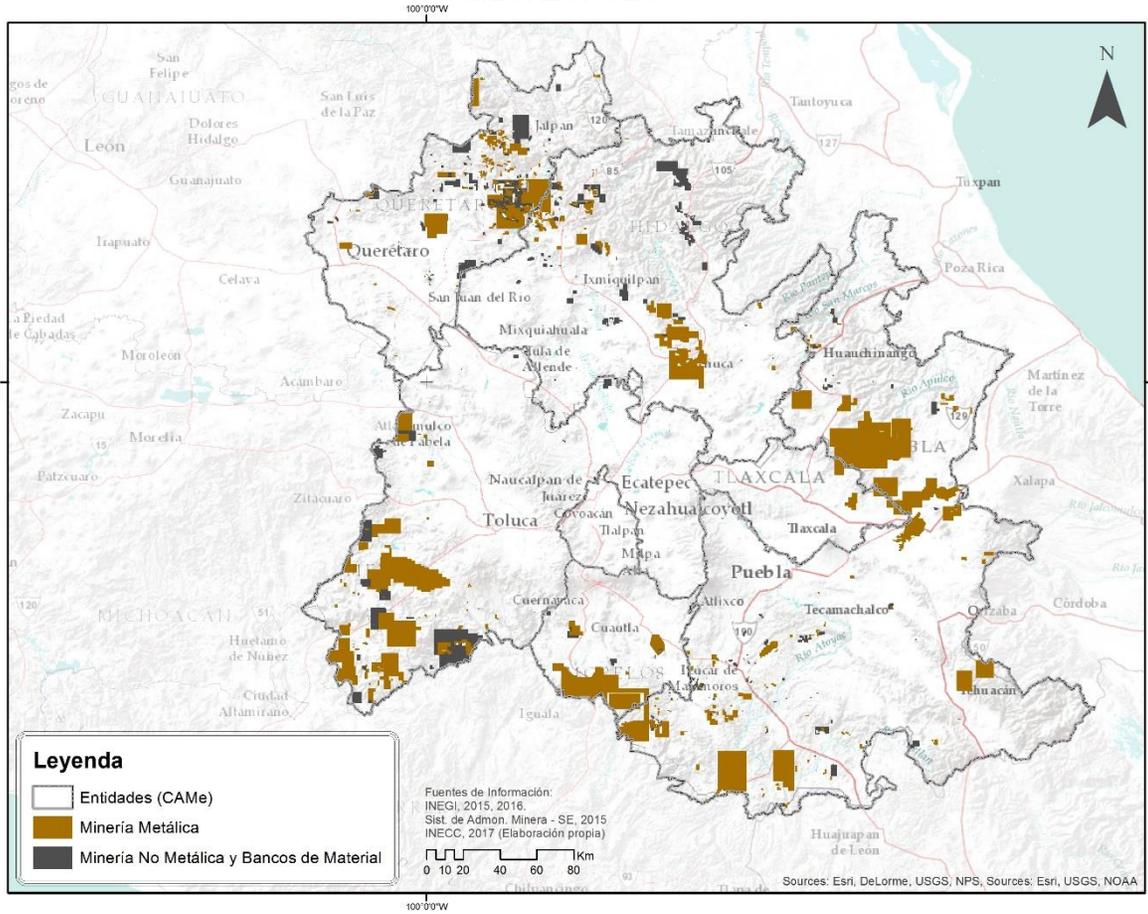
CUADRO I-2. PARTICIPACIÓN DE LAS ENTIDADES DE LA MEGALÓPOLIS EN EL VALOR DE LA PRODUCCIÓN MINERA NACIONAL

Entidad Federativa	Posición a nivel nacional	Valor de la producción (miles de pesos)	Principales minerales concesibles producidos
Estado de México	11	4,444,513.09	Oro, Plata, Plomo, Cobre, Zinc
Hidalgo	18	1,663,533.92	Oro, Plata, Plomo, Cobre, Zinc, Caolín, Manganeso, Fosforita
Querétaro	19	1,315,918.41	Oro, Plata, Plomo, Cobre, Zinc
Puebla	23	93,695.47	Feldespatos

Fuente: Dirección General de Regulación Minera, Secretaría de Economía, 2015

La superficie minera concesionada dentro de la Megalópolis suma un total de 1,035,630.18 hectáreas, que corresponde al 78.4% metálica (811,883.53 hectáreas) y el 21.6% a la minería no-metálica y bancos de material (223,746.65 hectáreas) (FIGURA I.16).

FIGURA I.16. MINERÍA METÁLICA, NO METÁLICA Y BANCOS DE MATERIAL EN LA MEGALÓPOLIS



Los ecosistemas que ocurren en la región de la Megalópolis están desarticulados y con diferentes grados de afectación por las diversas actividades humanas que se desarrollan.

Existe la gran oportunidad de conectarlos y preservarlos, para incidir en un crecimiento sostenible, al mantener el buen funcionamiento de los sistemas biológicos y los bienes y servicios ambientales que nos brindan.

Para ello, se propone instrumentar un enfoque territorial, ecosistémico e integral, con el fin de mejorar la calidad de vida de sus habitantes y aumentar la resiliencia de los sistemas socioeconómicos y ecosistémicos ante los efectos del cambio climático.

La pérdida de biodiversidad es uno de los problemas ambientales actuales más críticos, amenazando los valiosos servicios de los ecosistemas y el bienestar humano.

El bienestar humano de las sociedades megalopolitanas está relacionado con la capacidad de los ecosistemas naturales y alterados que producen una amplia gama de bienes y servicios ambientales.

Las cadenas cortas agroalimentarias representan una propuesta dinámica, y que abarca la producción, distribución y consumo de productos agropecuarios locales y el comercio justo de los mismos.

La minería se cuenta entre las actividades industriales que causan más impacto sobre el medio natural. El agua, el suelo y el aire son los mayores afectados durante el beneficio y la transformación de minerales debido a los lixiviados y gases que se desprenden en los procesos de exploración y extracción.

II. CALIDAD DEL AIRE DE LA MEGALÓPOLIS

En esta sección se presenta el diagnóstico del estado actual y las tendencias históricas de la calidad del aire en la región de la Megalópolis, realizado por el INECC (INECC 2017). Se incluye una descripción general de las capacidades actuales de monitoreo en la región y la evaluación del cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas “NOM” de Salud Ambiental para los años 2015 y 2016, así como una descripción de las tendencias históricas de la calidad del aire con particular énfasis en partículas suspendidas y Ozono. Es importante señalar que dicho análisis toma como base únicamente los datos horarios de calidad del aire generados por los equipos de monitoreo automático que conforman cada uno de los Sistema de Monitoreo que operan en la región³ y que fueron proporcionados al INECC, por los responsables de los mismos⁴.

El análisis para el año 2015 incluye a los Sistemas de Monitoreo de la Calidad del Aire “SMCA” de la Zona Metropolitana del Valle de México, Zona Metropolitana del Valle de Toluca, Hidalgo, Puebla, Morelos y Querétaro, en tanto que para 2016 sólo se incluyó a los SMCA de la ZMVM, ZMVT y Morelos, por ser la única información de la que se dispuso al momento de elaborar este documento.

II.1. Infraestructura actual de monitoreo de la calidad del aire

Los SMCA que operan actualmente en las entidades federativas que conforman la Megalópolis conjuntan un total de 76 estaciones de monitoreo. Por su ubicación geográfica, dichas estaciones se distribuyen de la siguiente manera: 21 en la Ciudad de México, 22 en el Estado de México (7 en la ZMVT y 15 en la zona conurbada a la Ciudad de México), 21 en Hidalgo, 4 en Morelos, 5 en Puebla y 3 en Tlaxcala⁵. La FIGURA II.1 muestra la distribución espacial de las estaciones de monitoreo referidas y en ella, los municipios sombreados en color, excepto Querétaro, son los que forman parte de la Megalópolis, de acuerdo con el Convenio de Coordinación por el cual se creó la CAME (DOF, 3 de octubre de 2013).

El CUADRO II-1 muestra la distribución del número de estaciones de monitoreo (manuales, automáticas y mixtas⁶) por SMCA, así como el número de equipos de medición para cada contaminante, instalados en dichas estaciones en el año 2016. En general, se observa que las Partículas Suspendidas con diámetro aerodinámico menor a 10 micrómetros “PM₁₀” es el contaminante que más se mide en la región con 64

³ Con excepción de Hidalgo que no presentó datos de partículas generados por equipos automáticos.

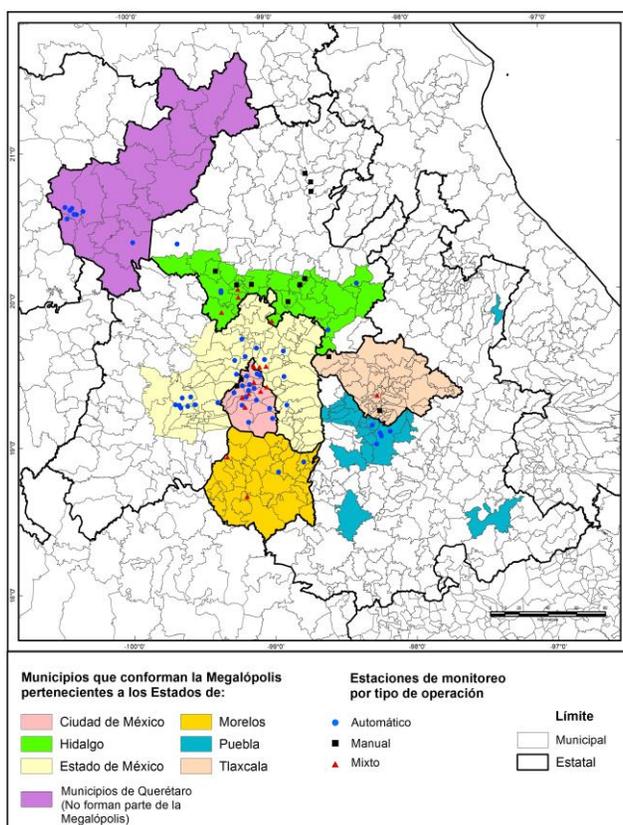
⁴ Esta condición puede provocar diferencias respecto a los reportes que pudieran presentar los gobiernos locales que hayan utilizado la información manual para obtener sus indicadores de cumplimiento de norma.

⁵ Datos actualizados por el INECC a diciembre del 2016, con información de los Sistemas de Monitoreo de Calidad del Aire de cada entidad federativa.

⁶ Una estación de monitoreo mixta es aquella que cuenta con capacidad de medición tanto automática como manual de contaminantes atmosféricos.

estaciones, seguido del ozono “O₃” con 63 estaciones, Dióxido de Azufre “SO₂” y Monóxido de Carbono “CO” con 60 estaciones para cada contaminante, Dióxido de Nitrógeno “NO₂” con 59 estaciones y Partículas Suspendidas “PM_{2.5}” con 50 estaciones.

FIGURA II.1. UBICACIÓN DE ESTACIONES DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE



* Los municipios sombreados en color, salvo en el caso de Querétaro, son aquellos que forman parte de la Megalópolis

CUADRO II-1. NÚMERO DE ESTACIONES DE MONITOREO EN LAS ENTIDADES QUE CONFORMAN LA MEGALÓPOLIS POR SMCA Y CONTAMINANTE EN EL AÑO 2016

SMCA	TIPO DE ESTACIÓN			PM ₁₀	PM _{2.5}	O ₃	SO ₂	NO ₂	CO
	Man	Aut	Mix						
ZMVM	2	25	9	28	21	34	31	31	31
ZMVT	-	7	-	7	7	7	7	7	7
Hidalgo	9	7	5	17	15	12	12	12	12
Morelos	-	2	2	4	2	4	4	3	4
Puebla	-	5	-	5	5	5	5	5	5
Tlaxcala	2	-	1	3		1	1	1	1
Sub-total	13	46	17	64	50	63	60	59	60
Total		76		64	50	63	60	59	60

Man = Manual; Aut = Automática; Mix = Mixta

II.2. Evaluación del estado de la calidad del aire en el 2015

El monitoreo realizado en el 2015 mostró la existencia de problemas de calidad del aire en la región, toda vez que la concentración de algunos contaminantes registró excedencias a los valores límite permisibles establecidos en las respectivas Normas Oficiales Mexicanas de Salud Ambiental (CUADRO II-2). La evaluación de cumplimiento de norma de PM_{10} y $PM_{2.5}$ en el caso de Hidalgo, se realizó con datos provenientes del monitoreo manual, ya que la información generada por los equipos automáticos no estuvo disponible para su análisis. Para el resto de los SMCA se usó la información generada por los equipos de monitoreo automático para todos los contaminantes. En general, se observó que:

- a) En la ZMVM, ZMVT y Puebla se incumplieron los límites de concentración establecidos en la NOM de partículas suspendidas menores a 10 micrómetros y menores a 2.5 micrómetros, así como de ozono.
- b) En Hidalgo hubo incumplimiento de las NOMs de $PM_{2.5}$, O_3 y SO_2 .
- c) En Morelos no se cumplió con la NOM de O_3 .
- d) En Tlaxcala sólo hubo medición de PM_{10} , pero no se contó con información para evaluar cumplimiento de norma.
- e) En Querétaro se registraron problemas de calidad del aire por $PM_{2.5}$ y CO.

De manera particular, la FIGURA II.2 muestra la evaluación de cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas por contaminante y estación de monitoreo, en donde la escala vertical corresponde a la norma del contaminante de la línea horizontal, en tanto que la escala horizontal corresponde a la norma del contaminante de la línea vertical. En la figura se observa que:

PM_{10}

En todas las estaciones de monitoreo de Hidalgo y Querétaro, en donde fue posible hacer la evaluación de cumplimiento, esta NOM se cumplió. En contraste, en todas las estaciones de monitoreo de la ZMVT se rebasaron los dos límites normados (24 horas y anual). En la ZMVM y en Puebla se rebasó el límite de 24 horas en todas las estaciones y en la mitad de ellas también el límite anual. En general, en aquellas estaciones en donde se rebasó el límite de 24 horas se hizo con concentraciones de entre 1.04 y 2.9 veces dicho valor, mientras que el límite anual se rebasó con concentraciones superiores entre 1.1 y 1.9 veces dicho límite.

PM_{2.5}

Esta NOM no se cumplió en ninguna estación de monitoreo de ningún SMCA, pues al menos uno de los límites normados (24 horas o anual), fue rebasado. Los casos más notables fueron la ZMVM y la ZMVT, ya que en todas las estaciones donde fue posible hacer la evaluación de cumplimiento de la NOM se rebasaron ambos límites, y lo hicieron con concentraciones de entre 1.3 y 3.5 veces el límite de 24 horas y con concentraciones entre 1.5 y 3.5 veces el límite anual.

O₃

La NOM de ozono sólo se cumplió en Querétaro, en tanto que esto no ocurrió en ninguna estación de monitoreo de la ZMVM, Hidalgo y Morelos. En la ZMVT y en Puebla, se cumplió con la NOM sólo en dos estaciones de monitoreo, en tanto que en el resto de las estaciones al menos uno de los límites normados (1 u 8 horas) fue rebasado. En aquellas estaciones donde se rebasó el límite de una hora, se hizo con concentraciones equivalentes de entre 1.03 y 1.9 veces dicho valor, mientras que el límite de 8 horas se rebasó con concentraciones superiores entre 1.01 y 1.9 veces dicho límite.

SO₂

En el año 2015, la Norma de SO₂ sólo se incumplió en el SMCA de Hidalgo, específicamente en el municipio de Tula de Allende, sitio en el que a pesar de no cumplirse el criterio de suficiencia de datos, se encontraron concentraciones promedio móviles de 8 horas superiores al límite normado. Los límites de 24 horas y anual se cumplieron tanto en ésta como en el resto de las estaciones de monitoreo.

NO₂

La Norma se cumplió en todas las estaciones de monitoreo de todos los SMCA donde fue posible hacer dicha evaluación.

CO

La Norma de CO sólo se incumplió en el SMCA de Querétaro, específicamente en el municipio de Santiago de Querétaro, sitio en el que a pesar de no cumplirse el criterio de suficiencia de datos se encontraron concentraciones promedio móviles de 8 horas superiores al límite normado.

CUADRO II-2. EVALUACIÓN DE CUMPLIMIENTO DE NOMs POR SMCA, EN EL AÑO 2015

Nombre del SMCA	PM ₁₀ NOM-025-SSA1-2014			PM _{2.5} NOM-025-SSA1-2014			O ₃ NOM-020-SSA1-2014			SO ₂ NOM-022-SSA1-2010				NO ₂ NOM-023-SSA1-1993		CO NOM-021-SSA1-1993	
	Límite 24 hr (75 µg/m ³)	Límite anual (40 µg/m ³)	Cumple NOM	Límite 24 hrs (45 µg/m ³)	Límite anual (12 µg/m ³)	Cumple NOM	Límite 1 hr (0.095 ppm)	Límite 8 hrs (0.070 ppm)	Cumple NOM	Límite 8 hrs (0.200 ppm)	Límite 24 hrs (0.110 ppm)	Límite anual (0.025 ppm)	Cumple NOM	Límite 1 hr (0.21 ppm)	Cumple NOM	Límite 8 hrs (11 ppm)	Cumple NOM
ZMVM**	182	66	NO	121	30	NO	0.179	0.130	NO	0.160	0.063	0.008	SI	0.131	SI	4	SI
ZMVT	216	75	NO	158	42	NO	0.122	0.091	NO	0.104	0.038	0.010	SI	0.168	SI	4	SI
Hidalgo*	70	32	SI	43	13	NO	0.134	0.109	NO	0.299	0.051	0.007	NO	0.058	SI	4	SI
Morelos	DI	DI	NA	α	α	α	0.171	0.096	NO	DI	DI	DI	NA	DI	NA	DI	NA
Puebla	179	57	NO	118	26	NO	0.098	0.075	NO	0.019	0.013	0.004	SI	0.052	SI	5	SI
Tlaxcala	IND	IND	NA	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α	α
Querétaro	62	35	SI	37	18	NO	0.078	0.061	SI	0.03	0.013	0.003	SI	DI	NA	12	NO

* En Hidalgo, la evaluación de cumplimiento de Norma de PM₁₀ y PM_{2.5}, se realizó con los datos generados por el monitoreo manual ya que la información generada por los equipos automáticos no estuvo disponible para su análisis, para el resto de los SMCA se utilizaron datos provenientes del monitoreo automático.

** Ante la falta de procedimiento de tratamiento de datos en la norma correspondiente al SO₂, es posible que los datos aquí presentados puedan variar con los reportes realizados por los gobiernos locales. En documento anexo (INECC, 2016m) se muestra el procedimiento de tratamiento de datos que utilizó el INECC.

DI = Datos insuficientes.

IND = Información No Disponible.

NA = No aplica.

α = No se cuenta con equipo de monitoreo para este contaminante.

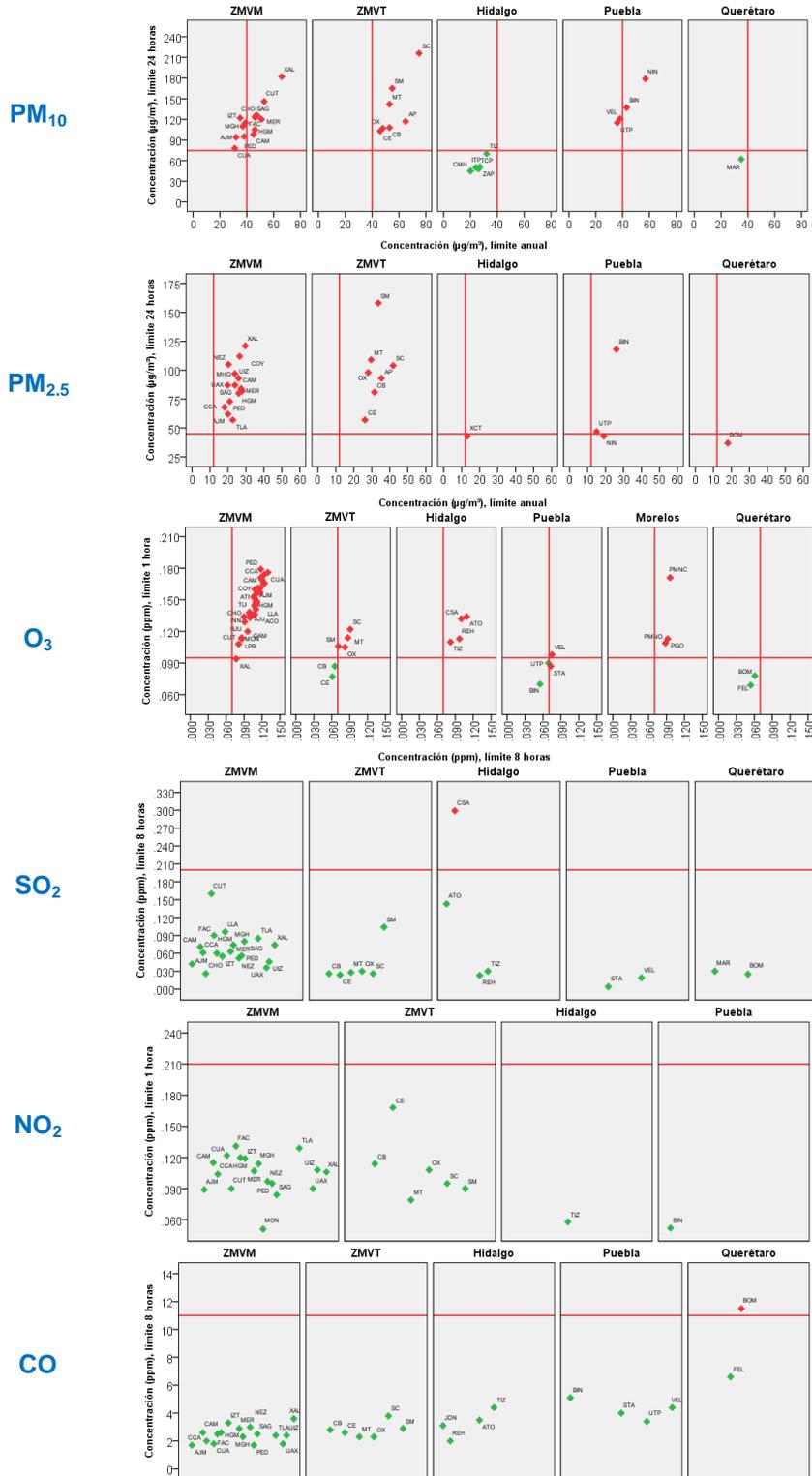
SI = En todas las estaciones de monitoreo se cumple con la NOM correspondiente.

NO = En al menos una estación de monitoreo no se cumple con la NOM correspondiente.

Notas:

- Los números indican la concentración más alta registrada en el SMCA, de acuerdo con el dato base empleado para evaluar cumplimiento de NOM.
- Se asume el cumplimiento de la Norma de calidad del aire respectiva sólo cuando se acatan todos los límites normados.

FIGURA II.2. EVALUACIÓN DE CUMPLIMIENTO DE NOMs POR SMCA, ESTACIÓN DE MONITOREO Y LÍMITE NORMADO EN EL AÑO 2015



Nota: la escala vertical corresponde a la norma de la línea horizontal, en tanto que la escala horizontal corresponde a la norma de la línea vertical.

II.3. Evaluación del estado de la calidad del aire en 2016

Se presenta el análisis de la información disponible sobre Partículas Suspensas y Ozono en los SMCA de la ZMVM, ZMVT y Morelos para el año 2016. No se incluye el análisis de la información generada por los SMCA de Puebla, Hidalgo y Querétaro porque el INECC no dispuso de la misma al momento de elaborar este documento. En el caso del SMCA de Tlaxcala se informó que los equipos de monitoreo con que cuenta dicho sistema estuvieron fuera de operación en 2016.

El CUADRO II-3 muestra la evaluación de cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas de calidad del aire, a nivel de SMCA, en el año 2016. En ella se puede apreciar que en los tres SMCA se incumplieron las normas de PM₁₀, PM_{2.5} y O₃. De hecho, en todos los casos se rebasaron los dos límites normados para cada contaminante.

CUADRO II-3. ESTATUS DE CUMPLIMIENTO DE LAS NOM DE CALIDAD DEL AIRE, EN LA ZMVM, ZMVT Y MORELOS EN EL AÑO 2016

SMCA	PM ₁₀ NOM-025-SSA1-2014			PM _{2.5} NOM-025-SSA1-2014			O ₃ NOM-020-SSA1-2014		
	Límite 24 hrs (75µg/m ³)	Límite anual (40 µg/m ³)	Cumple NOM	Límite 24 hrs (45 µg/m ³)	Límite anual (12 µg/m ³)	Cumple NOM	Límite 1 hr (0.095 ppm)	Límite 8 hrs (0.070 ppm)	Cumple NOM
ZMVM	177	66	NO	111	28	NO	0.210	0.152	NO
ZMVT	301	74	NO	182	43	NO	0.135	0.102	NO
Morelos	128	45	NO	69	21	NO	0.134	0.095	NO

DI = Datos insuficientes.

SI = En todas las estaciones de monitoreo se cumple con la NOM correspondiente.

NO = En al menos una estación de monitoreo no se cumple con la NOM correspondiente.

Notas:

- Los números indican la concentración más alta registrada en el SMCA, de acuerdo con el dato base empleado para evaluar cumplimiento de NOM.
- Se asume el cumplimiento de la Norma de calidad del aire respectiva sólo cuando se acatan todos los límites normados.

El CUADRO II-4 muestra el número total de estaciones con capacidad para medir cada contaminante en los tres SMCA considerados en el análisis durante el año 2016, así como la cantidad de ellas en las que la Norma Oficial Mexicana de Calidad del Aire respectiva se cumplió, el número de estaciones donde no se cumplió con ésta y el número de estaciones donde no fue posible hacer tal evaluación por no contar con datos suficientes para ello. De acuerdo con los datos mostrados en dicho cuadro, porcentualmente la norma que más se incumplió fue la de O₃ (96% de las estaciones que lo midieron), seguida de PM₁₀ (77%) y PM_{2.5} (70%). Asimismo, se puede observar que hay un porcentaje importante de estaciones de monitoreo en las que no se pudo evaluar el cumplimiento de la norma de PM₁₀ y PM_{2.5} por insuficiencia de datos.

CUADRO II-4. TOTAL DE ESTACIONES CON EQUIPO AUTOMÁTICO POR SMCA QUE MONITOREAN CADA CONTAMINANTE Y EVALUACIÓN DE CUMPLIMIENTO DE LA NOM RESPECTIVA EN EL AÑO 2016

Contaminante	No. Total de estaciones	Cumplen NOM	No cumplen NOM	Sin evaluación
PM ₁₀	35	0	27 (77%)	8 (23%)
PM _{2.5}	30	0	21 (70%)	9 (30%)
O ₃	45	1 (2%)	43 (96%)	1 (2%)

Nota: el valor entre paréntesis indica el porcentaje sobre el total de estaciones con capacidad para medir el contaminante respectivo.

De manera más detallada la FIGURA II.3 muestra la evaluación de cumplimiento de las NOM por contaminante y estación de monitoreo en cada SMCA en 2016. En ella, se puede observar que:

PM₁₀

Esta NOM se incumplió en todas las estaciones de monitoreo de la ZMVM, ZMVT y Morelos en donde fue posible hacer la evaluación (19 en la ZMVM, 6 en la ZMVT y 2 en Morelos). La concentración máxima registrada de este contaminante, como promedio de 24 horas, fue equivalente a 1.7, 2.4 y 4.0 veces el límite normado en Morelos, ZMVM y ZMVT, respectivamente.

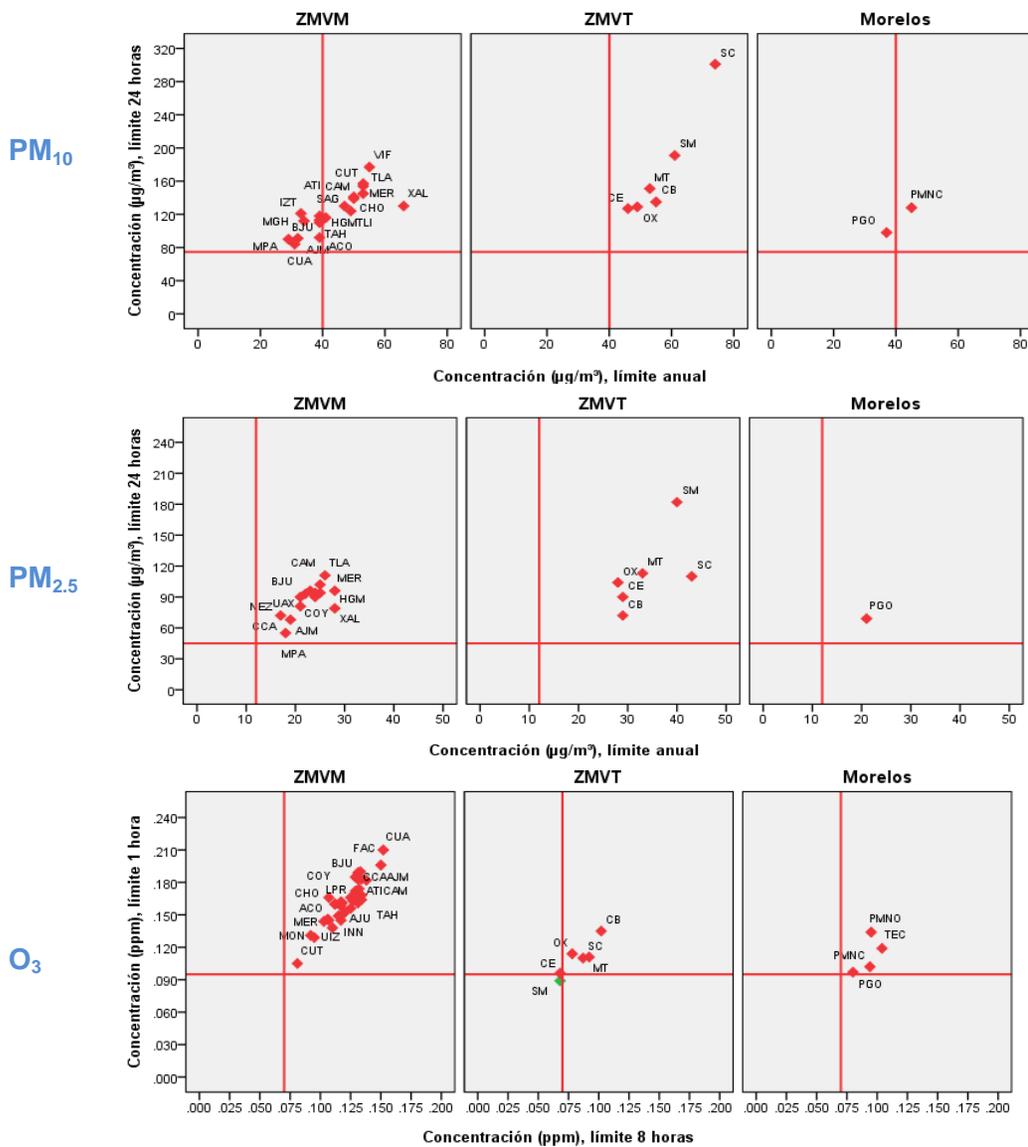
PM_{2.5}

Esta NOM no se cumplió en ninguna estación de ningún SMCA. De hecho, en todas las estaciones se rebasaron los dos límites normados (24 horas y anual). La concentración máxima registrada en 2016, como promedio de 24 horas, fue equivalente a 1.5, 2.5 y 4.0 veces el límite normado en Morelos, ZMVM y ZMVT respectivamente.

O₃

La NOM de O₃ no se cumplió en ninguno de los SMCA incluidos en este análisis. En todas las estaciones de los SMCA de la ZMVM y Morelos donde se midió este contaminante en 2016 se rebasaron los dos límites normados (1 y 8 horas). En tanto que en la ZMVT la norma se incumplió en 5 estaciones; de ellas en 4 se rebasaron los dos límites y en una sólo el de 1 hora. La concentración máxima registrada, como promedio de 1 hora, fue equivalente a 1.4 veces el límite normado en los casos de Morelos y ZMVT, y 2.2 veces en el caso de la ZMVM.

FIGURA II.3. EVALUACIÓN DE CUMPLIMIENTO DE NOMs POR SMCA, ESTACIÓN DE MONITOREO Y LÍMITE NORMADO EN EL AÑO 2016



Nota: la escala vertical corresponde a la norma de la línea horizontal, en tanto que la escala horizontal corresponde a la norma de la línea vertical.

II.4. Tendencias históricas de calidad del aire en la Megalópolis

Con relación al comportamiento en el tiempo que guardan los tres contaminantes que mayormente superan los límites normados, a continuación se presenta el comportamiento de las concentraciones máximas diarias de PM₁₀, PM_{2.5} y O₃.

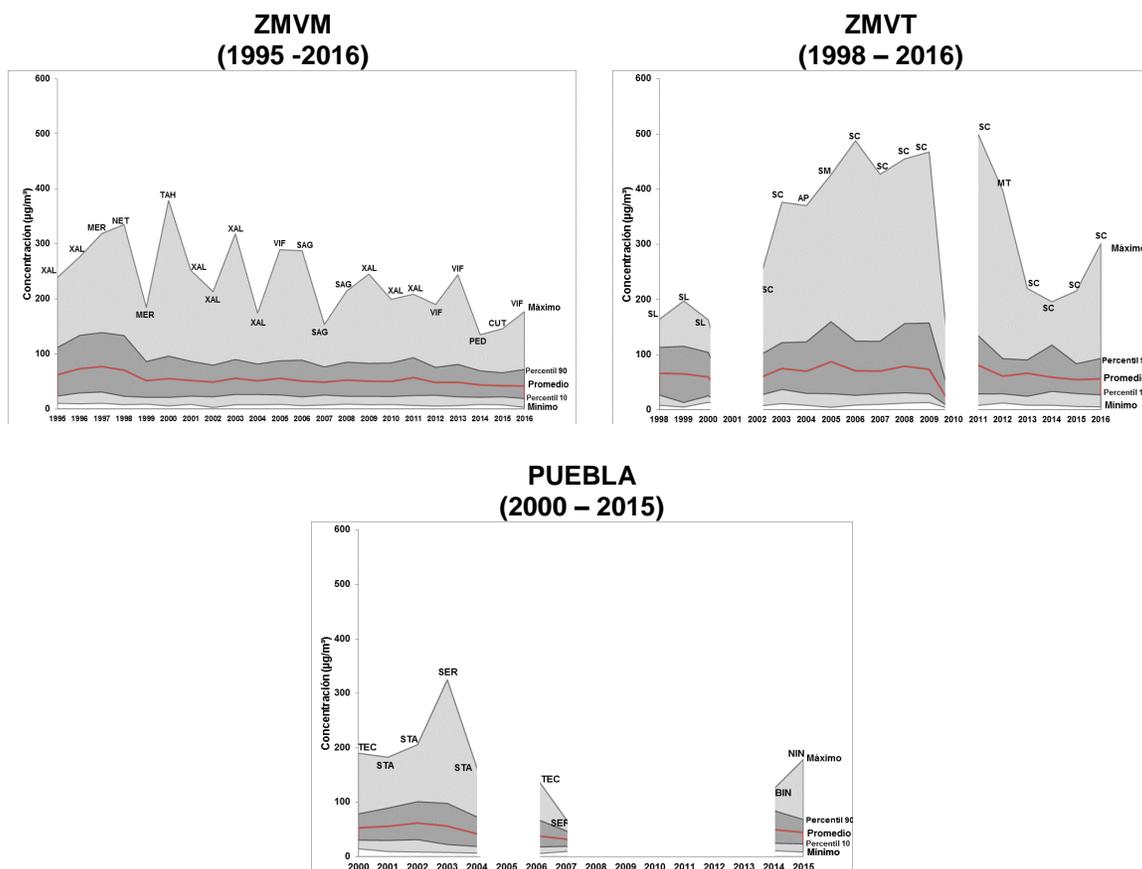
La FIGURA II.4 muestra que los máximos, el percentil 90 y el promedio anual de las partículas PM_{10} son históricamente más elevados en la ZMVT que en la ZMVM y, para ambas zonas metropolitanas, se presenta un incremento en 2016 respecto a 2015 tanto en el percentil 90 como en los máximos, siendo más evidente en este último indicador.

En la ZMVM las concentraciones más altas de PM_{10} suelen registrarse con mayor frecuencia en la estación Xalostoc "XAL", en tanto que en la ZMVT esto ocurre en la estación San Cristóbal Huichochitlán "SC".

En el caso del SMCA de Puebla no es posible establecer un patrón de comportamiento debido a la escasez de datos y la falta de continuidad de los mismos.

La información generada por los SMCA de Hidalgo, Morelos y Querétaro es aún más escasa que en Puebla y por ello no se presentan los gráficos correspondientes. En tanto que en el caso de Tlaxcala no se contó con información para ningún año.

FIGURA II.4. TENDENCIA DE LA CONCENTRACIÓN MÁXIMA DIARIA DE PM_{10}



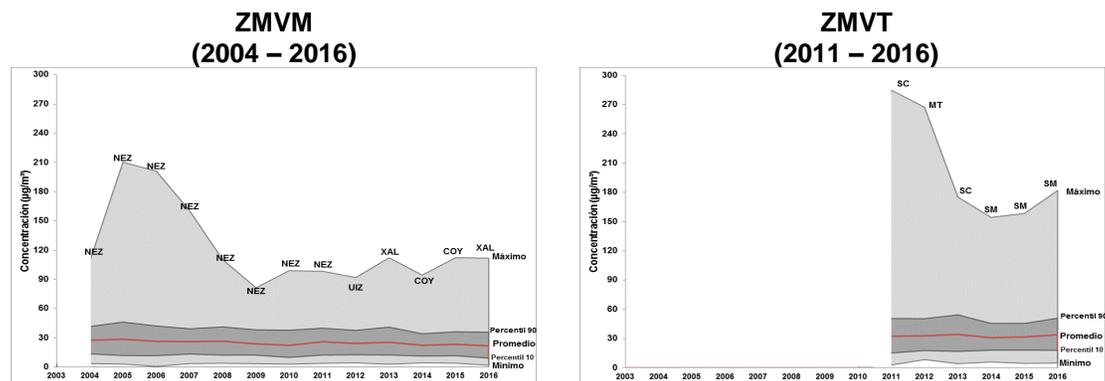
En lo que se refiere a las partículas $PM_{2.5}$, las series de datos más completas nuevamente son las de la ZMVM y ZMVT. En ellas se observa que el percentil 10, el

promedio, el percentil 90 y los máximos registrados en la ZMVT, en el periodo 2011 a 2015, son consistentemente superiores a los registrados en la ZMVM (FIGURA II.5).

La diferencia en los promedios anuales registrados entre uno y otro SMCA oscila entre 37% y 55%, en tanto que en los máximos tal diferencia varía entre 41% y 63%, en los tres años más recientes. En 2011 y 2012 estas diferencias son aún mayores en el caso particular de los máximos.

No se incluyen los gráficos de Hidalgo, Puebla, Morelos y Querétaro porque no es posible establecer alguna tendencia debido a la escasa información disponible, en tanto que en Tlaxcala no se midió este contaminante hasta el año 2016.

FIGURA II.5. TENDENCIA DE LA CONCENTRACIÓN MÁXIMA DIARIA DE PM_{2.5}

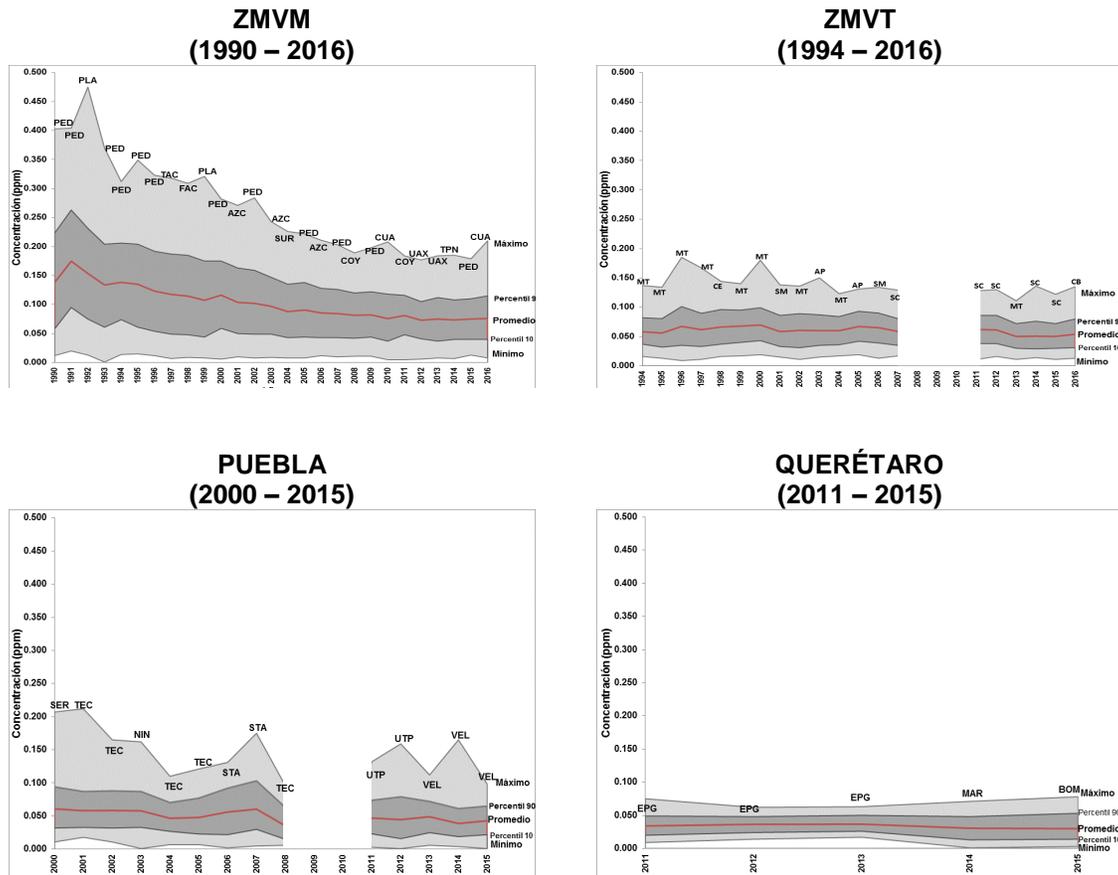


Con respecto al ozono, históricamente el percentil 10, el promedio, el percentil 90 y el máximo que se registran en la ZMVM son consistentemente más elevados que los registrados en cualquier otra entidad de la Megalópolis (FIGURA II.6).

Por ejemplo, en los tres años más recientes (2014-2016), los promedios anuales registrados en la ZMVM son entre 41% y 49% más altos que los registrados en la ZMVT, en tanto que en los máximos tal diferencia varía entre el 36% y 56% en el mismo periodo de tiempo.

A pesar de ello, es clara la tendencia decreciente en todos los indicadores señalados en la ZMVM, en tanto que en la ZMVT, Puebla y Querétaro la tendencia ha sido más estable a través del tiempo.

FIGURA II.6. TENDENCIA DE LA CONCENTRACIÓN MÁXIMA DIARIA DE O₃



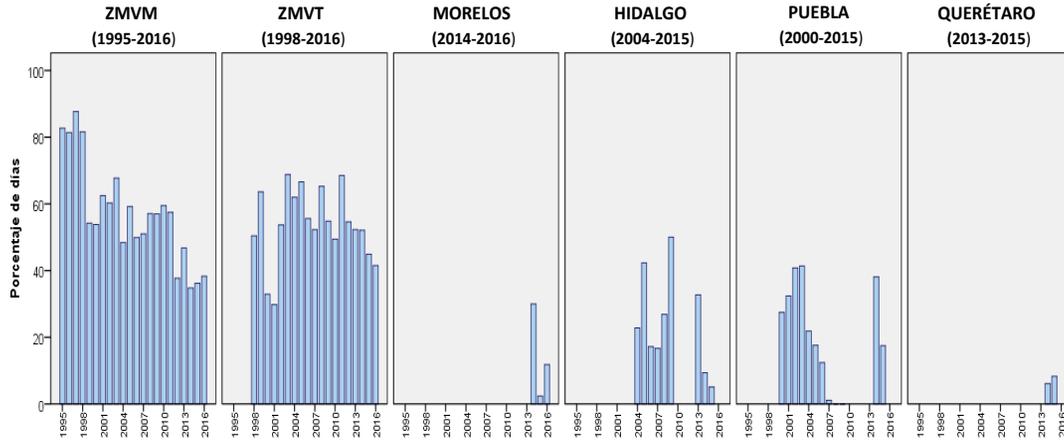
Un indicador útil para ilustrar la intensidad de los problemas relacionados con cada uno de los contaminantes y su evolución en el tiempo, es el porcentaje de días al año por arriba de los límites normados. Así, en la FIGURA II.7 se presenta el porcentaje de días por año con concentraciones superiores al límite normado de 24 horas de partículas PM₁₀.

En ella se observa una clara tendencia decreciente en la ZMVM pasando de casi el 90% de los días en 1997 a 38% de los días en 2016. A pesar de esta tendencia general, en los tres años más recientes (2014 a 2016) se observa un ligero pero sostenido repunte de este indicador.

En la ZMVT también se observa una tendencia decreciente en la que se pasa de un 69% de días en esta condición en 2011 a un 42% en 2016. En Hidalgo y en Puebla, por su parte, se observa una disminución en el número de días con concentraciones superiores al límite normado en 2015 con respecto a 2014. En Morelos no es posible establecer una tendencia debido al comportamiento irregular de este indicador en los tres años con información disponible.

En general, del año 2003 a la fecha, el porcentaje de días por año con concentraciones superiores al límite normado de PM₁₀ suele ser más alto en la ZMVT que en el resto de los SMCA en la región.

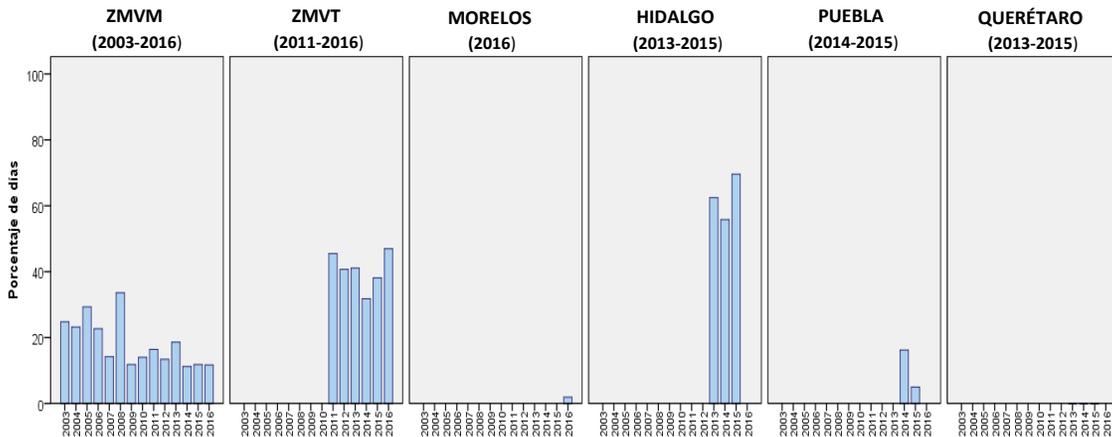
FIGURA II.7. DÍAS EN INCUMPLIMIENTO DE NORMA DE 24 HORAS DE PM₁₀



Fuente: Elaboración propia con datos de los SMCA locales.

Con respecto al porcentaje de días al año en el que las concentraciones de PM_{2.5} son superiores al límite normado actual, éste se ha mantenido por debajo de 20 desde el año 2009 en la ZMVM; en tanto que en la ZMVT se ha mantenido entre 32 y 46 en el mismo periodo. En Hidalgo, por su parte, este indicador revela un problema importante de calidad del aire, ya que el porcentaje de muestreos con concentraciones por arriba del límite normado osciló entre 56 y 70 en el periodo 2013 a 2015. (FIGURA II.8).

FIGURA II.8. DÍAS EN INCUMPLIMIENTO DE NORMA DE 24 HORAS DE PM_{2.5}



Es importante señalar que, en el caso de Hidalgo, se utilizó información proveniente del muestreo manual ya que fue la única información disponible, lo cual significa contar con un menor número de datos y esto puede conducir a mostrar una tendencia distinta a la

que se presentaría en caso hacer el mismo análisis con datos provenientes del monitoreo continuo.

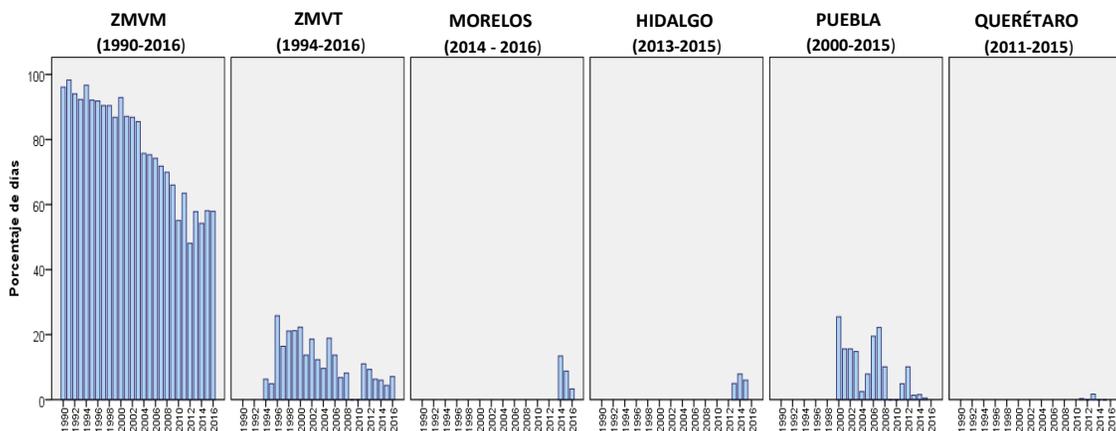
En Puebla, el porcentaje de días por año con concentraciones promedio de 24 horas de PM_{2.5} superiores al límite normado actual fue de 16 en 2014 y 5 en 2015, en tanto que en Querétaro no se ha registrado ningún día con esta condición.

Como tendencia llama la atención que mientras en la ZMVM este indicador se ha mantenido prácticamente sin cambios en los tres años más recientes, en la ZMVT se aprecia una tendencia a la alza en el mismo periodo.

Finalmente, la FIGURA II.9 muestra que el porcentaje de días por año con concentraciones de ozono superiores al límite normado actual de una hora es significativamente mayor en la ZMVM que en el resto de los SMCA en la región. De hecho, este porcentaje, salvo en 2012, fue superior a 50 en todos los años analizados, en tanto que en el resto de las entidades se ha mantenido por debajo de 30. A pesar de esta situación, en el Valle de México, es clara la tendencia decreciente que muestra el indicador a través del tiempo, aunque con un ligero repunte en los años 2013 a 2016. En la ZMVT el repunte que se observa de este indicador en 2016, interrumpió la tendencia decreciente observada entre 2011 y 2015.

Por otra parte, llama la atención la abundancia de días con concentraciones superiores al límite normado que se registra en Puebla, especialmente entre el año 2000 y el 2007. En Morelos, por su parte, el porcentaje de días con concentraciones superiores al límite normado de 1 hora se ha mantenido por debajo de 14 en los tres años con información disponible.

FIGURA II.9. DÍAS EN INCUMPLIMIENTO DE NORMA DE UNA HORA DE O₃



No se incluyeron gráficos para SO₂ y CO debido a que sólo en sitios específicos de monitoreo se identificaron problemas por SO₂ (Tula de Allende en Hidalgo) y CO (Santiago de Querétaro, Querétaro), en el año 2015.

II.5. Evaluación de la infraestructura de monitoreo de la calidad del aire

El Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático realizó durante el año 2016, una serie de visitas y revisiones técnicas a los sistemas de monitoreo automático de Hidalgo, Morelos, Puebla, Tlaxcala y cinco estaciones de la Zona Metropolitana de Toluca, con el fin de conocer la situación actual de la ubicación de las estaciones, su entorno físico, el estado de los sistemas de toma de muestras, el estado de los equipos de medición y sus calibraciones, entre otros, identificándose problemáticas similares en ellos, entre los cuales destacan (INECC, 2016 d,e,f,g,h,i,j):

- a) Estaciones con problemas de ubicación lo que afecta la representatividad de la calidad del aire monitoreada, ya sea porque existen obstáculos en sus alrededores que afectan el paso del aire en alguna(s) dirección(es) o porque existe alguna fuente de emisión que impacta la medición de calidad del aire.
- b) Equipos con problemas de mantenimiento y, en algunos casos, existencia de equipos analizadores de contaminantes y/o de adquisición de datos antiguos.
- c) Inexistencia de programas de calibración o verificación.
- d) Personal limitado en número y/o con diversas actividades adicionales a la operación del monitoreo de calidad del aire.
- e) Capacidades técnicas – operativas heterogéneas entre el personal de los distintos SMCA.

Lo anterior indica que existen oportunidades de mejora importantes en la medición de la calidad del aire en la región de la CAME. Asimismo, se identificó una falta de difusión oportuna de los datos de calidad del aire en algunos SMCA.

El CUADRO II-5 presenta la situación general del monitoreo atmosférico para las cinco Entidades evaluadas.

CUADRO II-5. ESTADO DE LA OPERACIÓN E INFRAESTRUCTURA DEL MONITOREO ATMOSFÉRICO DE LA MEGALÓPOLIS

Puebla

La visita técnica consistió en la revisión de las estaciones Velódromo, Agua Santa, Benemérito Instituto Normal del Estado "BINE", Ninfas y Universidad Tecnológica de Puebla "UTP", generándose las siguientes recomendaciones:

- La ubicación que guardan las tres primeras no son adecuadas para medir la calidad del aire orientada a población, toda vez que se encuentran influenciadas por emisiones vehiculares, por lo que se sugiere se realicen los análisis necesarios para su reubicación.
- El entorno de las estaciones de BINE, Ninfas y Agua Santa presentan en mayor o menor medida, obstáculos a las tomas de muestra que afectan su representatividad, aspectos que deben ser corregidos en tanto se define la reubicación.
- Las estaciones de San Martín Texmelucan y Atlixco son aptas para monitoreo rural de ozono. Se recomienda definir si se desea mantener este objetivo.
- Es necesario desarrollar un programa de actividades que sean documentadas sistemáticamente en bitácoras, formatos y supervisados por el coordinador del sistema de monitoreo.
- Se requiere contar con, al menos, un sistema de calibración como estándar de transferencia para los equipos del sistema de monitoreo. Asimismo, es necesario adquirir oportunamente gases de calibración.
- Para los monitores de partículas, se sugiere establecer un programa de calibración y verificación, es necesario contar con un medidor volumétrico con sensores de presión y temperatura.
- Es necesario reemplazar los sensores meteorológicos de las estaciones de monitoreo.
- Es indispensable contar con personal técnico dedicado exclusivamente a la operación, calibración, mantenimiento y pruebas de desempeño de la infraestructura de medición, así como para el análisis, validación y publicación de datos.

Morelos

La visita técnica consistió en la revisión de las estaciones de: Zacatepec, Cuernavaca, Ocuilco y Cuautla. Las recomendaciones a este sistema son:

- Asignar recursos para la adquisición de refacciones y consumibles.
- Contar con personal capacitado, para el mantenimiento preventivo y correctivo, estableciendo programas de verificación y calibración de los instrumentos de medición.
- Sustituir los equipos de medición que tienen más de 10 años de operación.
- Modernizar los sistemas de adquisición de datos.
- Se sugiere la reubicación de la estación de monitoreo de Cuernavaca (por el entorno de la estación) y Zacatepec (por estar influenciado por un ingenio), así como definir la necesidad de mantener mediciones de la estación de Ocuilco.
- Se requiere contar con personal para el manejo de datos.
- Es indispensable contar con, al menos, un sistema de calibración como estándar de transferencia para los equipos del sistema de monitoreo (analizadores de gases y monitores de partículas).

Tlaxcala

Se encontró la siguiente situación:

- El sistema cuenta actualmente con un muestreador manual de PM₁₀ cuya localización excede ligeramente las recomendaciones de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos "USEPA" para el muestreo de partículas. El muestreador se encuentra operando satisfactoriamente.
- A partir de la instalación de la estación automática de monitoreo, será necesario la contratación de, al menos, un técnico de tiempo completo y capacitado.
- Se requiere asignar recursos suficientes para cubrir los costos de refacciones y consumibles para estos instrumentos.

Valle de Toluca

- Se visitaron cinco estaciones: San Mateo Atenco y San Cristóbal, Ceboruco, Centro y Oxtotitlán, en general se observaron adecuadas condiciones de mantenimiento y operación en el 90% de los equipos (se sugiere revisar tres equipos de la estación Oxtotitlán).
- En la estación San Mateo Atenco se sugiere hacer una evaluación para determinar la influencia del entorno en la medición de los equipos.
- El personal operativo está calificado, sin embargo se sugiere incrementar el número de técnicos.
- Se sugiere desarrollar un programa de actividades que sean documentadas sistemáticamente y no sólo en bitácoras (como se hace actualmente), sino en formatos adecuados y supervisados jerárquicamente por el coordinador técnico del sistema de monitoreo y la alta dirección.
- Para los monitores de partículas, aunque se cuenta con un programa de calibración y verificación, se sugiere utilizar un medidor volumétrico con sensores de presión y temperatura.

Hidalgo

La visita técnica consistió en la revisión de las estaciones de: Tula (Centro de salud), Tula (Hospital Regional), Tepeji, Huichapan, Tepeapulco, Jardín del Maestro, Tulancingo y Museo del Rehilete. Se tienen las siguientes recomendaciones:

- Es necesario el cambio de algunos de los equipos que ya fueron discontinuados y para los cuales ya no se pueden adquirir refacciones.
- Reubicar la estación Tula (Hospital Regional) hacia un sitio más adecuado.
- Considerar que la Estación Tepeji, se encuentra en una zona industrial.
- Estación Huichapan, tiene equipo vigente mismo que se encontró operando.
- Se requiere renovar el stock de refacciones de la Red, ya que de no ser así, estos instrumentos tendrán que apagarse por falta de mantenimiento preventivo y correctivo.
- Considerarse la reubicación de la Estación Tepeapulco a otra zona de mayor impacto en contaminación atmosférica.
- Efectuar reparaciones en la Estación Tulancingo, porque la caseta presenta algunas filtraciones de agua.
- Estudiar la reubicación de la Estación Museo del Rehilete.

II.6. Climatología y meteorología de la región megalopolitana

La descripción climatológica puede llevarse a cabo por medio de la estadística y la variabilidad de elementos como la temperatura, la precipitación, la presión atmosférica, la humedad y los vientos, o mediante combinaciones de elementos, tales como tipos y fenómenos meteorológicos, que son característicos de un lugar o región, o del mundo en su conjunto, durante cualquier período de tiempo.

Es decir, el clima puede definirse como el promedio de las condiciones meteorológicas de un sitio en un determinado tiempo.

La Variabilidad Climática se refiere a las fluctuaciones observadas en el clima durante períodos de tiempo relativamente cortos. Durante un año en particular, se registran valores por encima o por debajo de lo normal.

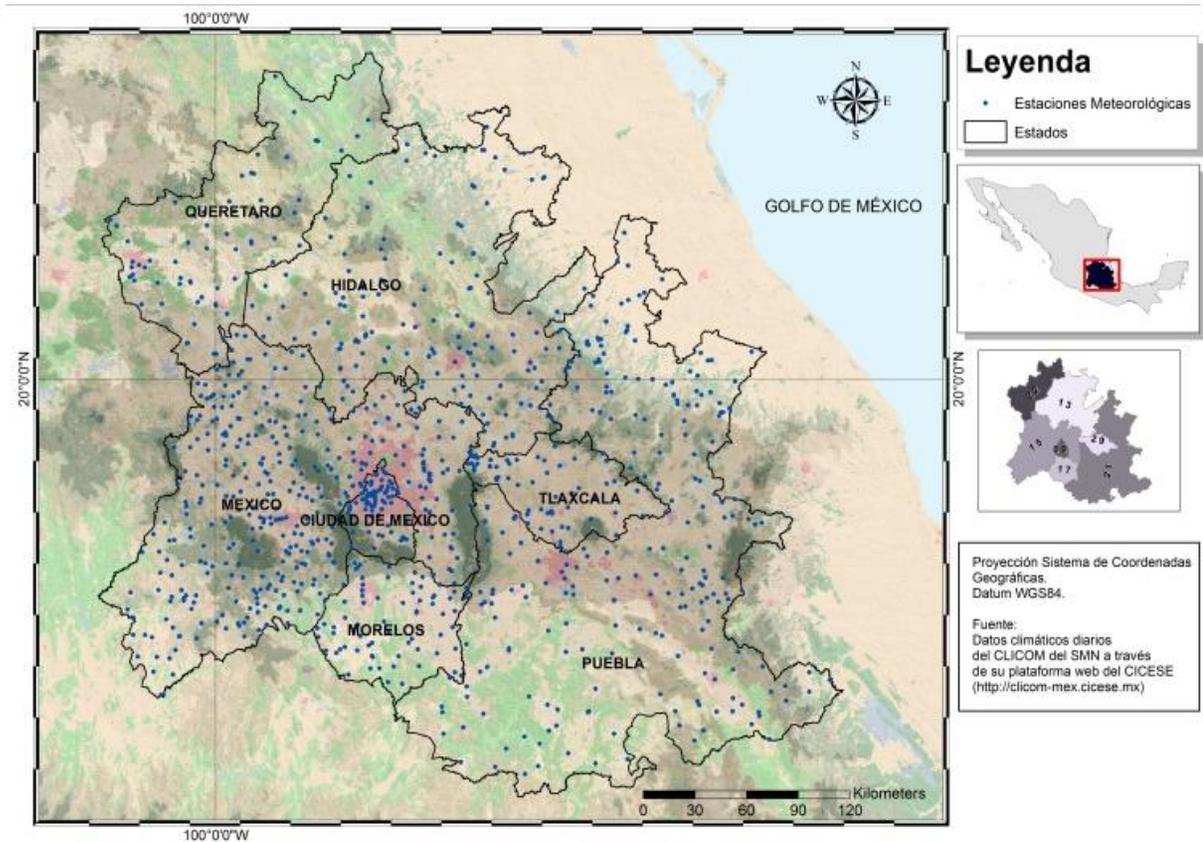
La Normal Climatológica o valor normal, se utiliza para definir y comparar el clima y generalmente representa el valor promedio de una serie continua de mediciones de una variable climatológica durante un período de por lo menos 30 años (OMM, 2011).

Se han realizado estudios de tipo climático para algunos estados que conforman la Región Centro de México, por ejemplo Estrada et al. (2009), realizó una división climática para la Ciudad de México con métodos multivariados, lo que permitió identificar dos grandes regiones: zona húmeda y zona seca. López et al. (2014), retoman el estudio antes mencionado para llevar a cabo un estudio sobre climatología, tendencias y eventos climáticos extremos. Morales et al. (2007), en la ciudad de Toluca analizaron islas de calor e identificaron los espacios con calor más intenso por la infraestructura urbana. Lozano (2009) y López-Díaz et al. (2013) desarrollaron una investigación sobre eventos climáticos extremos de precipitación y temperatura, respectivamente, para el municipio de Apizaco, Tlaxcala, México. El trabajo que se describe en los siguientes párrafos constituye un primer esfuerzo para estudiar la climatología de la región en su conjunto.

Selección de estaciones meteorológicas en la región megalopolitana

De acuerdo al Servicio Meteorológico Nacional, en el país se cuenta con alrededor de 5,500 estaciones climatológicas de los diferentes Organismos de Cuenca y Direcciones Locales de la Comisión Nacional del Agua, con registros que pueden ir desde el año 1900 (<http://smn.cna.gob.mx/es/>). En la región centro se identificaron, 347 para el Estado de México, 224 para Puebla, 147 para Hidalgo, 72 para Morelos, 56 para Tlaxcala, 63 para Querétaro y 61 estaciones para la Ciudad de México, con más de 30 años de datos efectivos (FIGURA II.10) (INECC, 2016k).

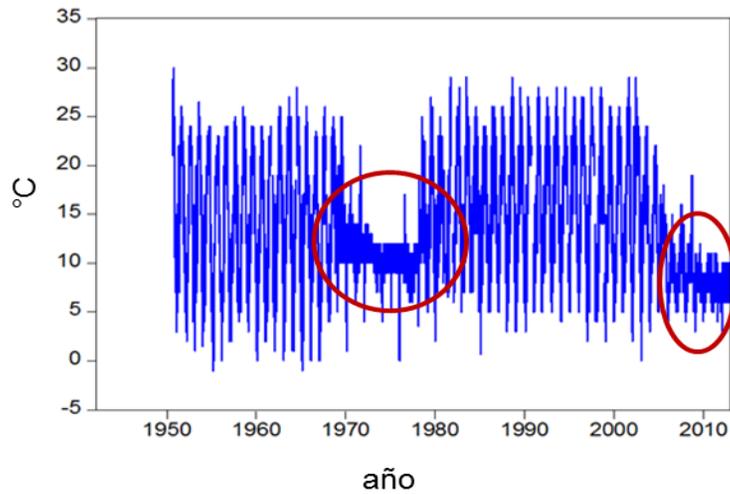
FIGURA II.10. DISTRIBUCIÓN DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS CON DATOS EFECTIVOS EN LAS ENTIDADES QUE CONFORMAN LA MEGALÓPOLIS MÁS QUERÉTARO



Fuente: INECC, 2016k.

En este sentido, se realizó un control de calidad de datos para temperatura máxima (Tmax), temperatura mínima (Tmin) y precipitación (Pcp) diarias mediante el programa RClimDex1.0 (<http://etccdi.pacificclimate.org/software.html>), con el fin de seleccionar estaciones meteorológicas con series de datos de por lo menos 30 años, que fueran confiables para un análisis.

Derivado de este control se encontró que entre los periodos de 1970-1980 y 2005-2010 (encerrados en color rojo), se observan valores que no son consistentes con la variabilidad natural del resto de las observaciones (FIGURA II.11).

FIGURA II.11. SERIE DE DATOS DE TEMPERATURA

Fuente: INECC, 2016k.

A partir de los resultados del análisis de control de calidad y homogenización de las estaciones consideradas, para los 7 estados de la Región Centro se eligieron: 26 estaciones para el Estado de México, 25 para Puebla, 14 para Hidalgo, 8 para Morelos, 6 para Ciudad de México, 4 para Tlaxcala y 3 para Querétaro (86 estaciones meteorológicas en total).

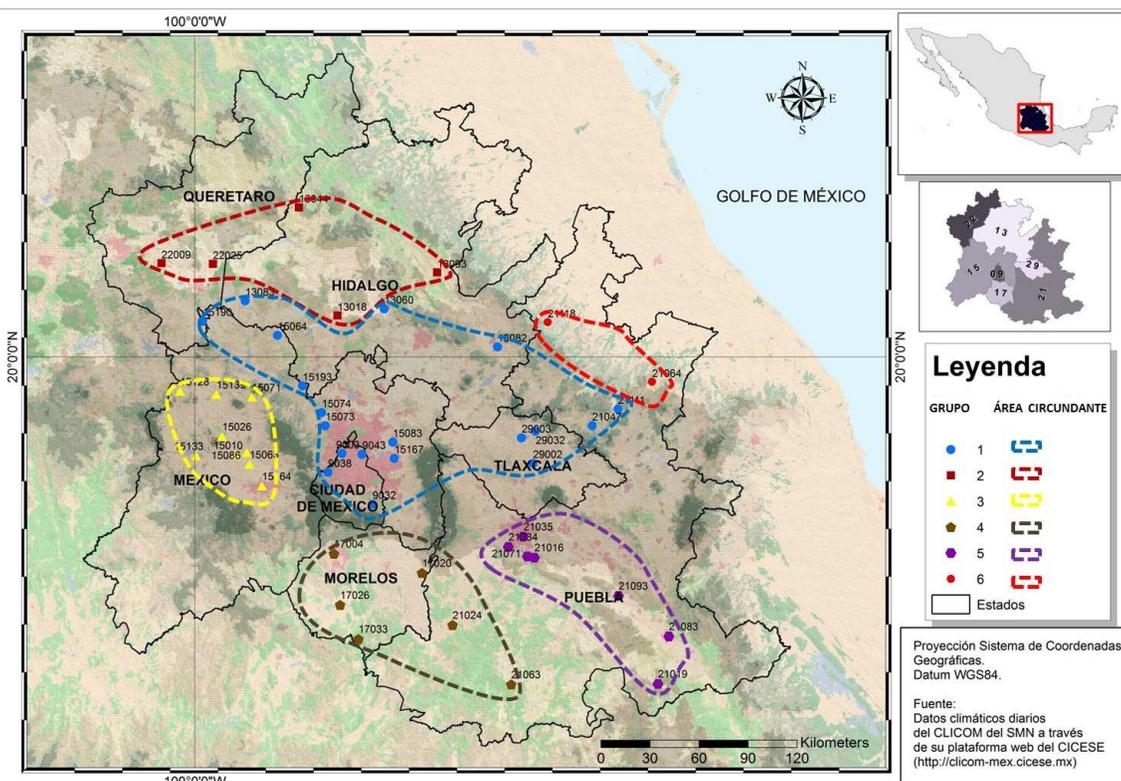
Una manera de analizar la climatología es por medio del agrupamiento de estaciones, con condiciones similares en Tmax, Tmin y Pcp, lo cual se realizó utilizando el método de clúster. En este método las observaciones de un conjunto de datos son automáticamente organizadas en grupos, con base a características similares (Myatt y Johnson, 2009).

De las estaciones meteorológicas resultantes se eligieron 48 para realizar el análisis de cluster con las estaciones que presentaron un comportamiento estacionario y se consideraron los promedios anuales 1961-1990 de las variables de Tmax, Tmin, Pcp, además de la latitud, longitud y altitud.

Es importante señalar que se seleccionó dicho periodo ya que es el que cuenta con mayor calidad y cantidad de datos de acuerdo con el análisis anteriormente descrito. Por lo anterior, se descartaron los periodos 1971-2000 y 1981-2010 por la falta de datos en las estaciones presentes en los estados analizados. Adicionalmente cabe destacar que el periodo 1961-1990 ha sido referido para otros estudios de tipo climático en la región.

El análisis de cluster arrojó 6 grupos de estaciones con comportamiento climático similar, en la FIGURA II.12 se observa la distribución geográfica de cada grupo.

FIGURA II.12. DISTRIBUCIÓN DE LOS 6 GRUPOS (CLUSTERS) EN LA REGIÓN CENTRO DEL PAÍS



Fuente: INECC, 2016k.

En este mapa se encierra (de manera punteada) la ubicación de las estaciones meteorológicas que conforman cada grupo, a manera de ilustrar la cobertura aproximada de éstos. Sin embargo no es estrictamente una delimitación geográfica, la cual requiere de más elementos para su definición.

Análisis de la climatología

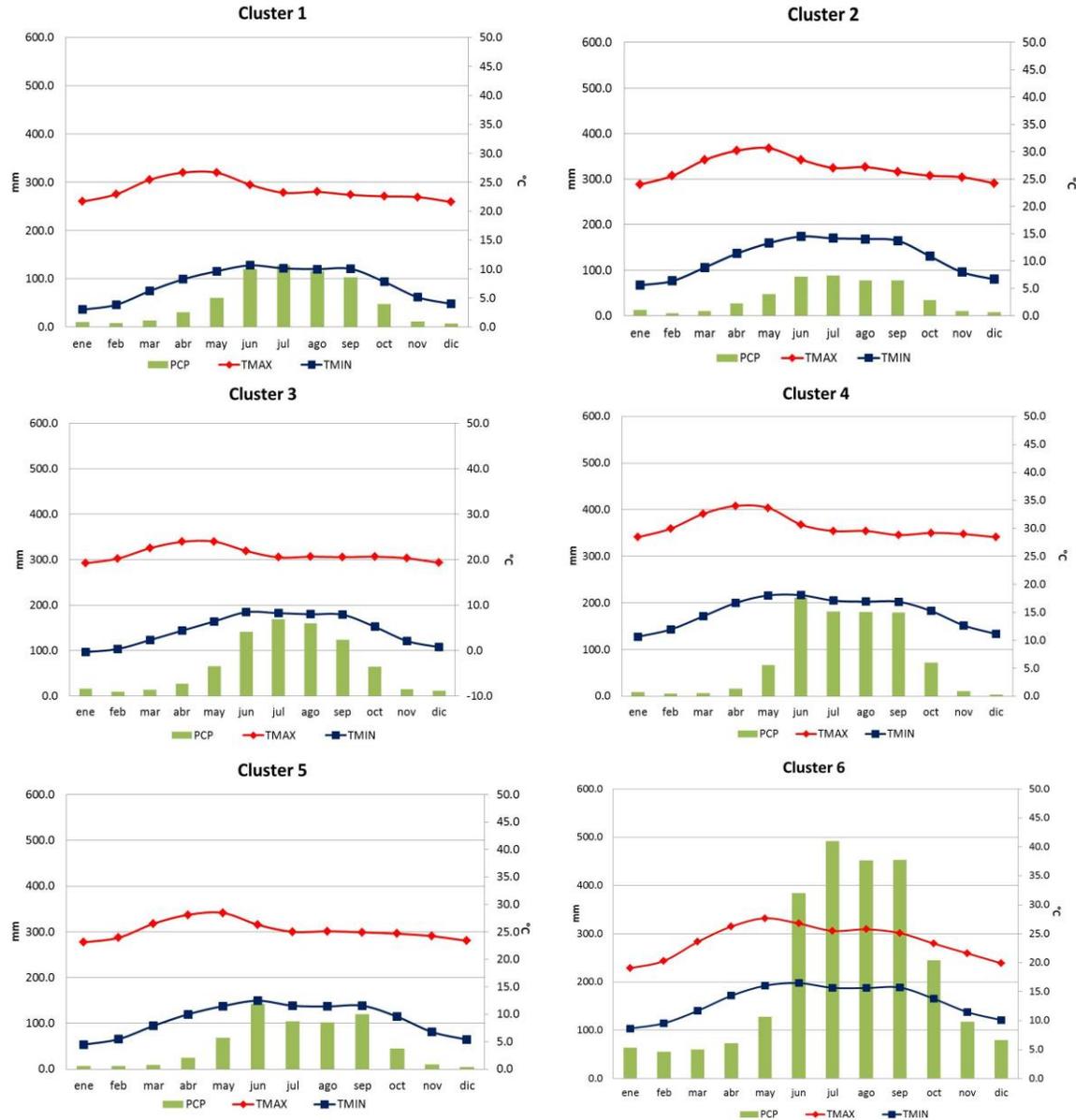
Los climogramas (FIGURA II.13) fueron elaborados promediando para cada cluster los valores de Tmax, Tmin y Pcp; de esta manera se puede observar el comportamiento de la climatología en cada grupo:

- Los valores de Tmax se van incrementando de enero hasta llegar a temperaturas más cálidas entre abril y mayo. Posteriormente hay un descenso de junio a julio, para nuevamente en agosto aumentar ligeramente y en seguida decaer; en el clúster 6 (C6) esta caída es mucho más pronunciada.
- La variable Tmin no tiene muchas variaciones en su comportamiento, el mínimo ocurre en diciembre y se pueden apreciar dos máximos en junio y septiembre, así como un descenso entre julio y agosto.

El comportamiento de los Cluster 1 (C1), Cluster 2 (C2) y Cluster 3 (C3) es similar:

- La temporada de lluvia inicia en abril y termina en octubre, siendo los meses más húmedos de junio a septiembre.
- Los meses más secos, son de noviembre a marzo, siendo febrero el más seco.

FIGURA II.13. CLIMOGRAMAS PARA LOS 6 CLÚSTER IDENTIFICADOS EN LA REGIÓN CENTRO DEL PAÍS



Fuente: INECC, 2016k.

Para el Cluster 4 (C4), los meses de lluvia son de mayo a octubre, con algo peculiar:

- El mes más húmedo es junio y los meses de julio-septiembre son casi constantes en cuanto a la cantidad de precipitación.
- Los meses secos son de noviembre-marzo, siendo diciembre el más seco.

Para el Cluster 5 (C5) los meses húmedos son de mayo a octubre:

- El mes de junio es el más húmedo y se puede apreciar una disminución en julio y agosto.
- Los meses secos son de noviembre-marzo, siendo diciembre el más seco.

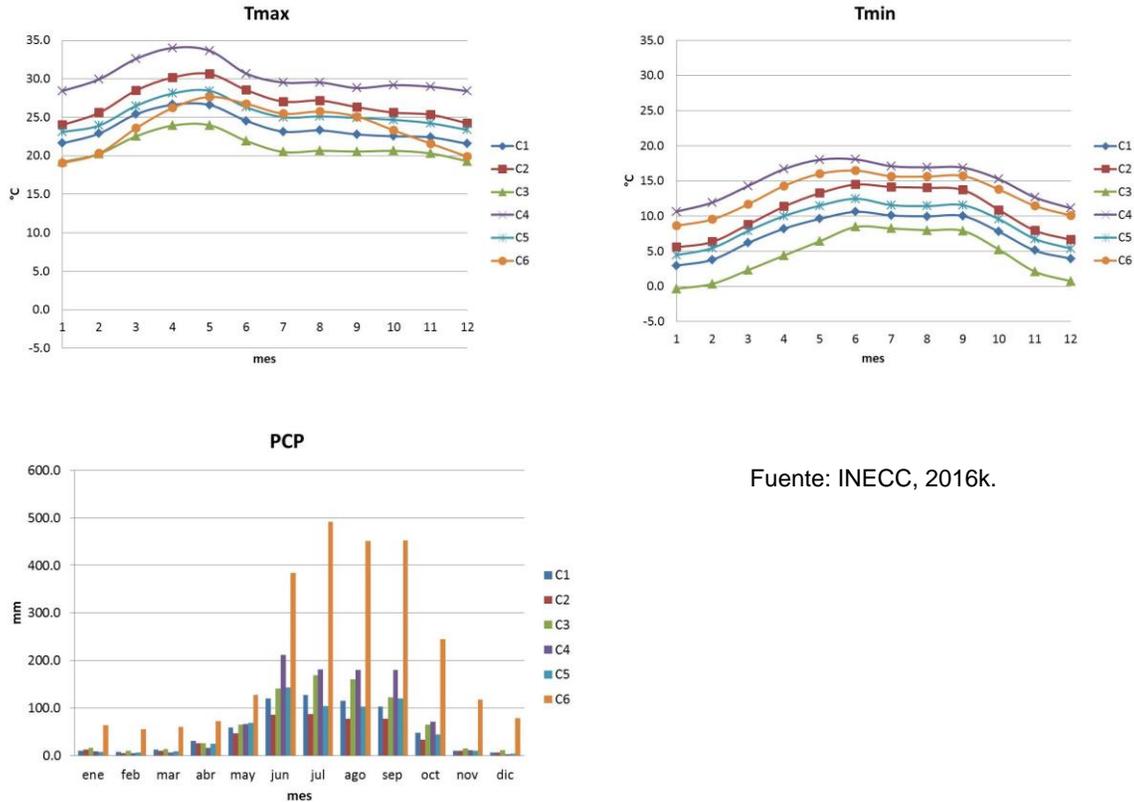
El Cluster C6 es el grupo de mayor cantidad de precipitación:

- Los meses húmedos son de junio a octubre, donde el máximo se registra en julio.
- Los meses secos son diciembre-abril, siendo febrero el más seco.

En la FIGURA II.14 se puede apreciar la comparación de Tmax, Tmin y Pcp para los 6 grupos:

- El grupo de estaciones que integran C4 tiene las Tmax y Tmin más cálida y se encuentran en la zona de menor altitud que corresponden a la región de Morelos y suroeste de Puebla, colindando con los estados de Guerrero y Oaxaca.
- El C3 presenta las Tmax y Tmin más frías y se encuentra en la zona de mayor altitud, ubicada sobre la parte noroeste del Estado de México, región colindante con el estado de Michoacán.
- El C6 sobresale porque es el grupo que presenta mayor precipitación y se localiza sobre la Sierra Negra de Puebla.
- Los grupos C4, C2, C5 al sur y norte de la región, tienen las Tmax más cálidas y envuelven a los estados del centro de la región que son menos cálidos.

FIGURA II.14. COMPORTAMIENTO DE TMAX, TMIN Y PCP EN LOS GRUPOS DE LA REGIÓN CENTRO DEL PAÍS



Fuente: INECC, 2016k.

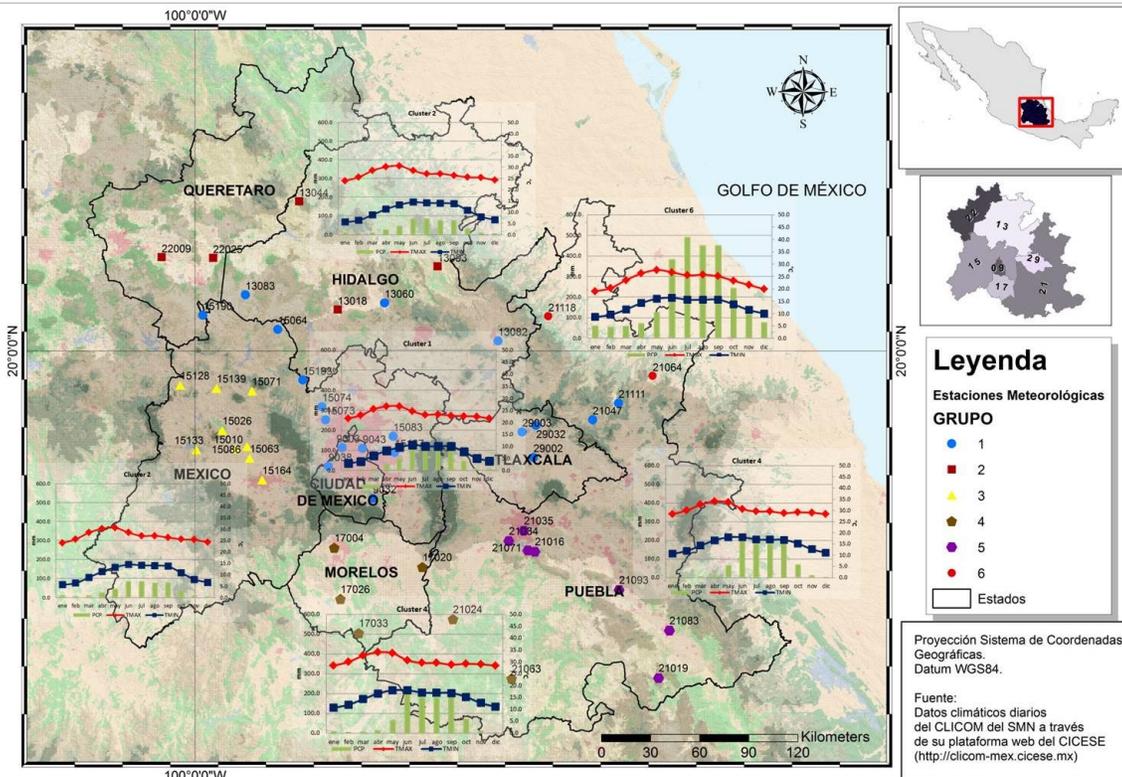
En la FIGURA II.15 se puede observar la distribución geográfica de los cluster con su correspondiente climograma por grupo.

La región de menor cantidad de precipitación se localiza sobre Querétaro e Hidalgo, le sigue la región centro y sureste de Puebla, la Ciudad de México, Tlaxcala, norte del Estado de México, sur de Hidalgo y una pequeña región sobre el noroeste de Puebla.

Los estados con Tmin más frías conforman una franja central en la región de la Megalópolis, que corresponden a los grupos C3, C1 y C5, en el Estado de México, Ciudad de México, sur de Hidalgo, Tlaxcala, centro y sureste de Puebla.

Cabe resaltar que los grupos con menor cantidad de Pcp y Tmin más frías se encuentran en una zona continua de baja precipitación en la porción central del área de estudio.

FIGURA II.15. DISTRIBUCIÓN Y CLIMOGRAMAS DE LOS 6 GRUPOS IDENTIFICADOS



Fuente: INECC, 2016k.

Patrones climatológicos y calidad del aire

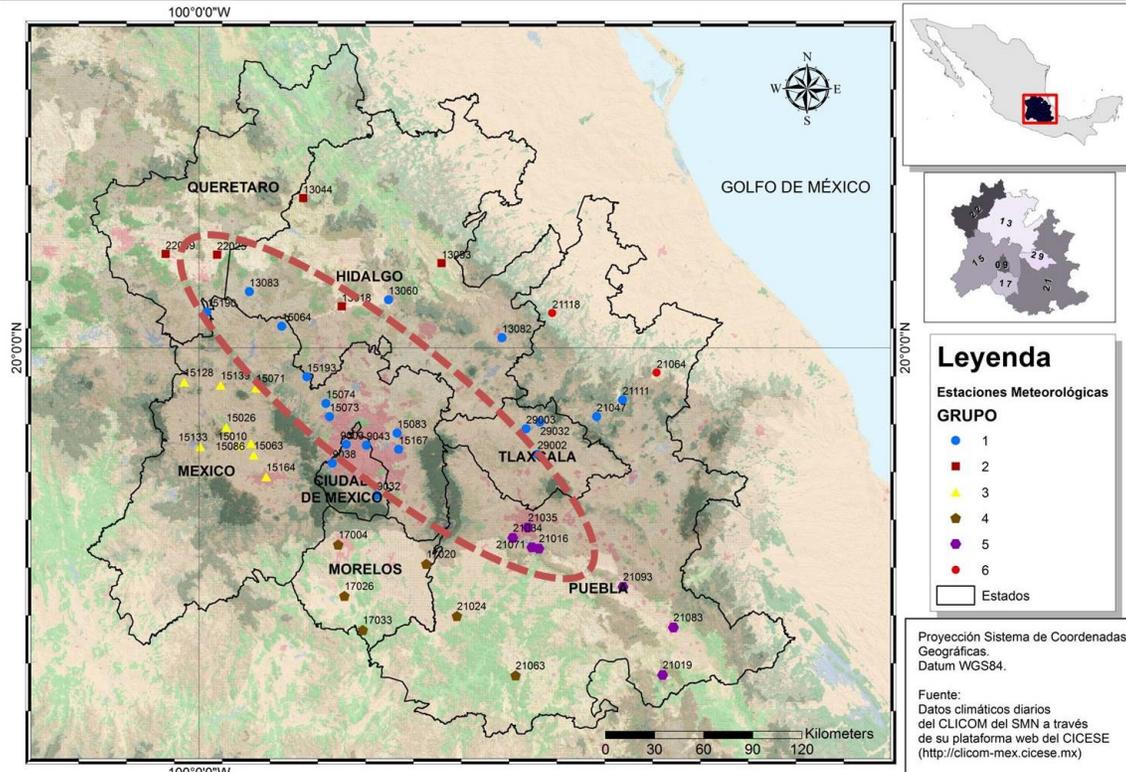
En invierno, el país es afectado por masas de aire frío; en verano por masas de aire caliente y lluvias. Estos patrones meteorológicos pueden o no favorecer a mejorar la calidad del aire por la dispersión de contaminantes.

Durante los meses húmedos y calientes es poco probable que se presenten condiciones que conduzcan a contingencias ambientales, debido a que la nubosidad e inestabilidad atmosférica favorece la dispersión de contaminantes y evita la formación de ozono. Por otra parte los meses secos y fríos en invierno son críticos, pues se favorece una estabilidad atmosférica, que evita la formación de nubes.

Estas condiciones se producen cuando la temperatura de la columna de aire aumenta con la altura; a este fenómeno se le llama inversión térmica. Las inversiones térmicas ocurren más frecuentemente en la noche con cielos claros por enfriamiento radiativo, formándose capas de aire muy estables que no permiten la mezcla vertical. Estas capas estables favorecen el aumento de contaminación, ya que el aire contaminado muy denso y pesado permanece cerca del suelo, sin poder mezclarse con el aire superior más limpio, y si no hay viento no se puede transportar horizontalmente.

De acuerdo con el análisis de la climatología de la Región Centro del País, las regiones de la región centro del país donde se podrían tener condiciones favorables para la estabilidad atmosférica (FIGURA II.16), son la parte oriente del Estado de México, la zona de Toluca, la región centro de Puebla colindante con Tlaxcala, la parte sur de Hidalgo colindante con el Estado de México, la zona norte y oriente de la Ciudad de México y la zona del suroeste de Querétaro; ya que además de escasa lluvia se presentan las T_{min} más frías durante los meses de noviembre a marzo, siendo los meses más críticos de diciembre a febrero.

FIGURA II.16. ZONA CONTINUA DE BAJA PRECIPITACIÓN Y TEMPERATURAS MÁS FRÍAS



Fuente: INECC, 2016k.

Con base en lo analizado anteriormente se recomiendan como medidas para prevenir contingencias ambientales, lo siguiente:

- Disminuir quemas controladas en los meses críticos, en la región centro.
- Monitorear la ocurrencia de incendios forestales en toda la Megalópolis, los cuales tienen su inicio en el mes de enero (CENAPRED, 2008), un mes con condiciones propicias para la mala calidad del aire.
- Realizar pronósticos de condiciones de El Niño o la Niña, para considerar si esto afectará de manera positiva o negativa a la temperatura y precipitación de la región. Por ejemplo, de acuerdo a los pronósticos estadísticos se esperan condiciones de

La Niña para finales de 2016 e inicio de 2017, con una tendencia de año neutro para el verano de 2017, lo que podría favorecer a patrones normales de lluvia en invierno y verano; así como desplazamientos con mayor frecuencia de masas de aire polares asociadas a frentes fríos hasta la región sureste del territorio nacional.

- Debido a que los efectos de El Niño y La Niña pueden variar de región a región, es necesario tomar en cuenta el uso de modelos de pronóstico numérico, pronósticos regionales y seguimiento a eventos de tiempo severo tanto en verano como invierno. Estos contribuiría a entender la dinámica de la atmosfera en la región de la Megalópolis.

En lo que respecta a las condiciones de viento, en general, en Puebla el viento dominante al medio día, viene del Sur-Sureste, mientras que al anochecer y por la mañana, sopla del Este (Balderas, et al., 2004). Para el periodo verano-otoño, los vientos dominantes provienen del Norte y Noreste, con velocidades promedio de 3.2 m/s; en invierno y primavera, los vientos dominantes son del Sur y Suroeste, con una velocidad promedio de 1.8 m/s (Gobierno del Estado de Puebla-SEMARNAT, 2012).

Los vientos predominantes en Pachuca provienen del Noreste. Durante la época seca-fría (enero, febrero y marzo), los vientos que influyen la cuenca provienen principalmente de la parte Sur, mientras que los vientos con velocidades más fuertes, entre 5.7 y 8.8 m/s, provienen de las partes Suroeste y Oeste. Del mes de abril a diciembre, los vientos provenientes de la parte Noreste son predominantes con velocidades promedio de 0.5 a 2.1 m/s (Gobierno del Estado de Hidalgo-SEMARNAT, 2016).

En la Zona Metropolitana de Cuernavaca, la intensidad de los vientos es baja en el Norte de la región y moderada al Sur (Gobierno del Estado de Morelos-SEMARNAT-CEAMA, 2009).

En el caso de Querétaro, el papel de barrera orográfica que juega la Sierra Madre Oriental, no permite el paso de vientos húmedos proveniente del Golfo de México hacia el interior de la sierra, lo que origina climas secos y semisecos en el centro de la entidad (Gobierno de la República-SEMARNAT, 2014).

Por su posición geográfica, con respecto al territorio nacional, la Zona Metropolitana del Valle de Toluca se encuentra bajo la influencia de sistemas meteorológicos tropicales durante la época de lluvia (Gobierno del Estado de México-Secretaría del Medio Ambiente, 2012). En la época seca-fría, el desplazamiento de frentes fríos y masas de aire polar, son los sistemas meteorológicos que predominan. Cuando estos sistemas son intensos, la ZMVT, se ve afectada por sistemas anticiclónicos, que en general, están relacionados con tiempo estable y que pueden generar inversiones térmicas, que conllevan a condiciones desfavorables para la dispersión de contaminantes. Los vientos dominantes en la ZMVT son del Sur y Sureste.

El Valle de México presenta valles inter-montañosos, mesetas y cañadas, así como terrenos semiplanos. Su ubicación geográfica y su entorno característico ejercen una influencia determinante sobre la calidad del aire existente en esta zona. El entorno montañoso que rodea la cuenca constituye una barrera natural que dificulta la libre circulación del viento y la dispersión de los contaminantes (Gobierno del Estado de México-Gobierno del Distrito Federal-SEMARNAT-INE, 2002).

La ubicación geográfica del Valle de México también es motivo para que sea impactado por sistemas anticiclónicos ubicados tanto en el Golfo de México como en el Océano Pacífico. Estos sistemas meteorológicos ocasionan estabilidad atmosférica que inhibe el movimiento ascendente del aire y, por lo tanto, también inhibe la formación de nubosidad, dando lugar a que una gran cantidad de radiación solar incida sobre la superficie terrestre, haciendo que la atmósfera sea altamente fotoreactiva.

En la época invernal, la presencia de la Corriente en Chorro genera precipitaciones en las cuales, la orografía juega un papel decisivo. Durante la misma época, se presentan incursiones de masas de aire frío y seco, impulsadas por sistemas anticiclónicos situados en la porción centro-occidental de Estados Unidos o aún más, al norte de ese país, que penetran por la región norte de nuestro territorio y avanzan hacia la zona central, llegando a extenderse sobre la ZMVM, provocando descensos de temperatura, algunas heladas y nevadas, así como estratificación de las capas troposféricas, induciendo la formación de inversiones térmicas en superficie o en capas atmosféricas muy bajas.

En la época de verano, identificada también como época de lluvias, esta zona se ve afectada por la entrada de aire cálido y húmedo procedente del Océano Pacífico, del Golfo de México y del Mar Caribe. Estas características favorecen el movimiento ascendente del aire e inhiben la formación de inversiones térmicas (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Gobierno del Distrito Federal, Gobierno del Estado de México, 2011).

II.7. Transporte de contaminantes en la Megalópolis

La ZMVM, dentro de la cuenca del Valle de México, ha sido estudiada en varios trabajos intensivos de campo desde los años noventa del siglo pasado, y su área de estudio se fue incrementando desde la ZMVM en el estudio "Iniciativa de Investigación de Calidad del Aire de la Ciudad de México" (Streit and Guzmán, 1996), hasta el transporte a gran escala en la Iniciativa de una Megaciudad: Observaciones científicas locales y globales, "MILAGRO", por sus siglas en inglés, empleando modelos, mediciones de superficie y aviones (Molina et al., 2010).

Si bien, en estos estudios no se investigó el transporte de contaminantes entre las cuencas vecinas en la región centro de México, sí se establecen algunos patrones meteorológicos que ayudan a caracterizar el transporte de contaminantes en la región. Así por ejemplo, en la campaña MILAGRO se logró establecer que (MCE2, 2009):

- Las observaciones y los estudios de modelación muestran que en la mayoría de las condiciones, el transporte de los contaminantes desde la cuenca de la ZMVM es relativamente rápida y la acumulación de los contaminantes de días anteriores no es un factor relevante en la fotoquímica del Valle.
- Las mediciones meteorológicas en superficie y a cierta altitud junto con mediciones de gases traza y aerosoles, indican que el transporte a escala sinóptica de la pluma de contaminantes de la ZMVM fue predominantemente hacia el noreste, aunque circulaciones en escala regional transportaron contaminantes hacia los valles y cuencas de los alrededores en algunos días.
- A escala de la cuenca, por la mañana los vientos del norte transportaron la pluma hacia el sur. En algunos días, la pluma fue transportada sobre el borde de la cuenca o a través del paso de las montañas en el sureste. Un flujo por la tarde desde el sur invirtió la dirección del flujo en el paso de las montañas del sureste y contribuyó a la ventilación de la pluma de la ZMVM hacia el noreste.
- Mediciones de equipos Lidar en superficie y sobre plataformas aéreas, así como mediciones meteorológicas, mostraron la presencia de múltiples capas de partículas, resultado de procesos de mezclado complejos sobre la región centro del país.
- Las emisiones de contaminantes durante la noche tienen fuertes impactos en el transporte y en la acumulación de contaminantes en la cuenca, causando altas concentraciones.
- Se encontró que plumas generadas por la quema de biomasa se transportan a la ZMVM desde cuencas aledañas y regiones periféricas.

Por otra parte, pocos estudios han investigado el intercambio de masas de aire de corto alcance entre la ZMVM y las áreas metropolitanas de la vecindad (García-Reynoso et al., 2009; Ruiz-Suárez et al., 2010; Salcedo et al., 2012); algunos de ellos han sugerido que el intercambio de masas de aire se puede producir a través de varios puertos de montaña, situados en las elevaciones que rodean el Valle de México (Benjamin de Foy et al., 2008; Doran and Zhong, 2000; Jazcilevich et al., 2003).

Recientemente, el INECC trabajó conjuntamente con el Centro de Ciencias de la Atmósfera-UNAM en diversos estudios orientados a caracterizar la región centro del país, en donde, entre otros temas, se analizaron las trayectorias en superficie en la

vecindad de las zonas urbanas de la Ciudad de México, Pachuca, Toluca, Cuernavaca-Cuautla y Puebla-Tlaxcala. Derivado de dichos estudios, en donde se establecieron los movimientos de los vientos, se infirieron los siguientes patrones de intercambio de masas de aire entre las cuencas atmosféricas de la Megalópolis (INECC, 2014, 2015, 2016a):

- a) La ZMVM exporta partículas hacia el norte (Estado de México e Hidalgo) entre enero y marzo; hacia el estado de Morelos en mayo, julio, agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre; hacia el este del Estado de México en el Valle de Toluca de septiembre a diciembre; y en mayo permanecen en el Valle de México y zonas aledañas.
- b) Toluca exporta hacia Zumpango y Ciudad de México en septiembre-diciembre, hacia el oeste del Ajusco.
- c) Cuernavaca-Cuautla exportan de enero a abril y en noviembre hacia la ZMVM a través de la Sierra del Chichinautzin y el Paso de Tenango del Aire, y de mayo a octubre hacia el Valle de Toluca a través del Paso de Tenango del Valle.
- d) Puebla-Tlaxcala exporta hacia el norte del estado de Puebla en enero-abril y noviembre-diciembre, mientras que lo hace hacia la frontera con Morelos en enero, hacia San Martín Texmelucan en enero-abril, en mayo hacia el suroeste, y hacia el Valle de México a través del Paso de Tenango del Aire en junio-septiembre.
- e) Pachuca exporta hacia el este del Estado de México, a través del corredor Texcoco-Amecameca y Ozumba, principalmente entre junio y diciembre.
- f) El proyecto MILAGRO (Molina et al., 2010), permitió identificar el impacto que llegan a ocasionar en la calidad del aire de la ZMVM, las emisiones del volcán Popocatepetl, así como el transporte de la pluma de contaminantes proveniente de la región de Tula, Hgo. (Almanza et al., 2012; B. de Foy et al., 2009).
- g) Cabe destacar que, en sitios periurbanos y rurales de la región de la CAME, se han registrado concentraciones elevadas de ozono, como consecuencia del transporte de contaminantes.

Las siguientes imágenes ilustran dos ejemplos de intercambio de masas de aire para dos temporadas del año 2010 y a diferentes horas del día (FIGURA II.17) (INECC, 2014).

En ellas se puede observar que:

a) Para el mes de marzo:

- La zona centro-norte de la Ciudad de México es una zona de convergencia (líneas rojas) y convección (círculo rojo).
- Se observan convergencias en el Valle de México por la madrugada, localizadas al pie de la Sierra de las Cruces y el Ajusco y a lo largo de una línea que va de la Sierra de las cruces hacia el noreste.
- Durante el día continúa observándose la convergencia al pie de la Sierra de la Cruces y una zona de convección en el centro-norte de la Ciudad de México.
- A través del paso de Tenango del Aire dominan los vientos de Morelos hacia el Estado de México en su sector oriental, siendo más intensos estos flujos a las 18:00 hrs GMT (12:00 hrs local).
- En la zona urbana Puebla-Tlaxcala los vientos cambian de dirección a lo largo del día, siendo hacia el sur y suroeste en la madrugada (12:00 hrs GMT). Al pie oriental de la Sierra Nevada se observa una línea de convergencia.

b) Para el mes de septiembre:

- Los flujos a través de Tenango del Aire son predominantemente hacia Morelos, se observa una zona frontal al pie occidental de la Sierra Nevada en el Valle de México y otra al pie occidental de la Sierra de las Cruces.
- En el Valle de México se observa una zona de convergencia y una zona de convección en el centro-norte de la Ciudad de México.
- En Morelos y en particular la zona de Cuernavaca está dominada por el ciclo diurno y las brisas de Valle-Montaña hacia la Sierra del Ajusco-Chichinautzin.

Como es de notarse, el transporte de contaminantes entre las cuencas atmosféricas de la región de la Megalópolis es complejo y requiere ser evaluado con trabajos de campo, que permitan dimensionar el alcance y magnitud de estos transportes.

No obstante, los resultados presentados indican claramente la necesidad de contar con políticas ambientales de carácter regional, con el fin de crear las condiciones necesarias para avanzar hacia una mejora de la calidad del aire en el conjunto de las entidades de la Megalópolis, en el mediano y largo plazos.

II.8. Química atmosférica

Los estudios de química atmosférica en México se han realizado principalmente en la ZMVM, siendo el de mayor envergadura el proyecto MILAGRO (Molina, L.T. et al., 2010), realizado en el año 2006, antecedido por la Campaña MCMA-2003 (L. T. Molina et al., 2007).

A continuación se presentan los principales hallazgos de estos estudios, los cuales fueron sintetizados por el Molina Center for Energy and the Environment (MCE2) y están también descritos en el PROAIRE de la ZMVM 2011-2020 (MCE2, 2009):

Emisiones de gases y partículas en la ZMVM

- Los estudios de emisiones confirmaron que los vehículos con motor de combustión interna juegan un papel muy importante en el aporte de NO_x y de COV, precursores en la fotoquímica extremadamente activa de la ZMVM. Estos vehículos producen cantidades abundantes de partículas primarias, carbono elemental, hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) adheridos a partículas, monóxido de carbono y una gran variedad de contaminantes atmosféricos tóxicos, tales como formaldehído, acetaldehído, benceno, tolueno y xilenos.
- Varios estudios demostraron que las emisiones de los vehículos a gasolina en la ZMVM han disminuido en los años recientes, las de CO en particular, pero todavía los vehículos son los principales contribuyentes de emisiones en la ZMVM.
- La contribución relativa de los vehículos a diesel en las emisiones de NO_x es mayor, debido en parte, a que ha existido un incremento en el consumo de diésel, así como a la introducción de tecnologías efectivas de control de las emisiones de los vehículos a gasolina.
- Las fuentes de emisión tales como el comercio informal y la preparación de alimentos en la calle necesitan caracterizarse. Los resultados muestran que existe el potencial de impactos locales severos en la calidad del aire por la preparación de alimentos y la quema de basura a cielo abierto, ya que éstos pueden ser una fuente importante de gases reactivos y partículas finas.

Compuestos orgánicos volátiles: fuentes y concentraciones

- La evaporación de combustibles y las emisiones industriales son fuentes importantes de COV aromáticos en la cuenca.

- El uso de GLP continúa siendo una fuente importante de alcanos de bajo peso molecular.
- Las emisiones de varios hidrocarburos son mayores en la ZMVM en comparación con las de las principales ciudades de los Estados Unidos de Norteamérica, debido al amplio uso de GLP y a las altas emisiones industriales y evaporativas de compuestos aromáticos en la ZMVM.
- El formaldehído y el acetaldehído son las dos especies más importantes de COV medidas en cuanto a la reactividad del radical OH.
- Los aldehídos son los componentes más importantes de la reactividad en las masas de aire expedidas por la ZMVM. Estos compuestos son producidos por la oxidación de los COV en la atmósfera, y algunos también son emitidos directamente. A pesar de su importancia, estos compuestos no se miden aún rutinariamente.
- Las variaciones diurnas de las concentraciones sugieren que la formación fotoquímica de COV secundarios es muy importante en la ZMVM.

Fotoquímica urbana y regional

- La fotoquímica rápida transforma la distribución de la reactividad COV/OH, de ser dominada en la ZMVM por los hidrocarburos no-metano durante la mañana, a ser dominada por COV oxigenados a cierta altura y viento abajo.
- Las concentraciones medidas de radicales OH y HO₂ en la ZMVM fueron más altas que las simuladas durante la mañana cuando los NO_x son altos, lo que sugiere que posiblemente existen fuentes significativas de radicales que no se han tomado en cuenta en los modelos actuales de química de la atmósfera.
- La fotólisis del ácido nitroso (HONO) y del formaldehído (HCHO) así como la ozonólisis de alquenos son fuentes importantes de radicales en la ZMVM, mientras que la fotólisis del ozono contribuye en menor medida a la producción total de radicales.
- La tasa neta instantánea de producción de ozono a partir de radicales HO₂, así como la tasa observada de producción de ozono por todos los mecanismos conocidos, se encuentran dentro de las más altas observadas en otras regiones.
- Diversos modelos químicos de transporte y análisis de mediciones indican que la producción de ozono en la ZMVM es generalmente limitada por los COV.
- A escala regional, los incrementos significativos de O₃ sobre los niveles de fondo

fueron observados en plumas que pudieron ser originadas en la ZMVM, con indicaciones de que la producción de O_3 ocurrió durante el tiempo de transporte de la pluma.

- La producción regional de O_3 parece ser sensible a NO_x así como a los COV y al CO, con la reactividad regional de radicales OH dominada por compuestos orgánicos oxigenados y CO.
- Se encontró que la exportación de nitrógeno reactivo de la ZMVM a escala regional se lleva a cabo principalmente a través de la formación de nitratos de peroxiacetilo "PAN", los cuales pueden descomponerse térmicamente, llevando a la regeneración de NO_x y contribuyendo a la formación regional de O_3 .
- La quema de biomasa tiene una influencia significativa en la química regional, contribuyendo con más de la mitad del aerosol orgánico y alrededor de un tercio del benceno, nitrógeno reactivo y monóxido de carbono, de las emisiones de la región.
- En Tenango del Aire, los indicadores del impacto de ozono en la salud humana y en ecosistemas, se excedieron de manera significativa durante la campaña MILAGRO. Las excedencias a la Norma Oficial Mexicana, NOM-020-SSA1-1993, en sus valores de una hora y de ocho horas, así como el índice acumulativo AOT40, indican el alcance regional de la contaminación atmosférica de la ZMVM hacia la región centro del país y la producción de ozono fuera de las áreas de emisión de contaminantes primarios.
- El paso de montaña hacia Tenango del Aire juega un importante papel en la calidad del aire en la ZMVM y la región. La sensibilidad de las parcelas de aire en Tenango con base en el indicador fotoquímico O_3/NO_x fue en general hacia los NO_x , indicando el paso de parcelas envejecidas típicas de ambientes rurales en las que el procesamiento de los NO_x fue prácticamente completo.
- Las áreas agrícolas en la región Chalco-Amecameca-Cuautla actúan como fuente de partículas PM_{10} , cuya intensidad e impacto en la ZMVM, también depende de las interacciones sinópticas y de mesoescala.

Partículas en el aire ambiente

- Durante el estudio, las concentraciones de PM_{10} y $PM_{2.5}$ en el áreas urbana fueron alrededor del doble de las concentraciones encontradas en áreas rurales circundantes a la ZMVM.
- Las partículas $PM_{2.5}$ constituyeron cerca de la mitad de las concentraciones de PM_{10} , con pequeñas cantidades de masa en el rango $PM_{2.5} - PM_{1.0}$.

- La materia mineral contribuyó aproximadamente con el 25% de las PM_{10} y con el 15% y 28% en promedio a las partículas $PM_{2.5}$ en aéreas urbanas y rurales, respectivamente. Aproximadamente 25% de las partículas $PM_{2.5}$ son iones orgánicos secundarios, con el remanente de la masa de $PM_{2.5}$ formada principalmente de aerosoles carbonáceos.
- Durante este estudio, excepto por mediciones a nivel de superficie en sitios de muestreo en el centro de la ZMVM, la eficiencia de absorción de la masa de carbón elemental fue relativamente constante en mediciones realizadas en plataformas aéreas y a nivel de superficie.
- Aunque existen diferencias entre los métodos de atribución de fuentes, los resultados mostraron que las fuentes dominantes de aerosoles carbonáceos, fueron los aerosoles orgánicos secundarios “AOS”, la quema de biomasa y las emisiones vehiculares (hollín).
- El efecto de la quema de biomasa sobre el flujo de aerosoles por transporte fuera de la región fue mucho mayor que sobre las concentraciones superficiales dentro de la ZMVM.
- Durante la Campaña MCMA-2003 y de nuevo en MILAGRO 2006, se observó que durante las horas con radiación solar, los aerosoles orgánicos secundarios crecen mucho más rápidamente de lo que los modelos atmosféricos actuales o experimentos de simulación en el laboratorio pueden explicar con los precursores considerados.
- Los AOS biogénicos transportados desde las regiones costeras contribuyen con alrededor de $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a las concentraciones en la ZMVM.
- Los alquenos antropogénicos contribuyen poco de manera directa a la masa de AOS, pero contribuyen indirectamente al reaccionar para producir radicales que también reaccionan con otros COV precursores de AOS.
- Es necesario cuantificar las fuentes de carbono recientemente emitido en los aerosoles orgánicos para los períodos con poca quema de biomasa.
- Se encontró que el aerosol orgánico primario “AOP”, proveniente de fuentes antropogénicas y de la quema de biomasa, era semivolátil; que el aerosol orgánico secundario era menos volátil que el AOP; y que el AOS envejecido era básicamente no-volátil.
- Las tasas de formación de partículas formadas en la ZMVM fueron muy altas y

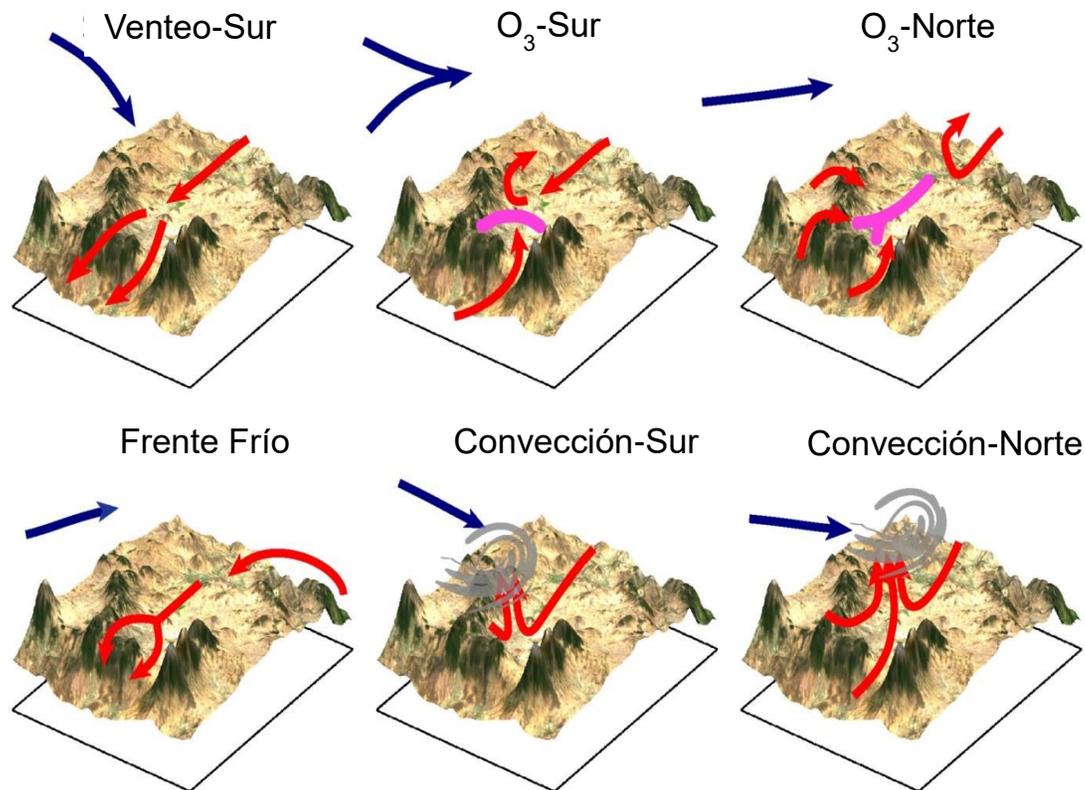
se encontró que estaban formadas de compuestos orgánicos nitrogenados, ácidos orgánicos y ácidos orgánicos hidroxilados, con sólo una fracción pequeña de sulfatos en los aerosoles.

Resalta en particular de estos resultados que dentro de la ZMVM es necesario reducir las emisiones de compuestos orgánicos volátiles, para alcanzar reducciones de las concentraciones ambientales de ozono (Lei et al., 2007). Otros estudios realizados en la región de la CAME indican resultados similares para la zonas urbanas (García Yee et al., 2016; Salcedo et al., 2012), aunque se considera necesario profundizar en ello.

Benjamin de Foy y colaboradores (B. de Foy et al., 2005) desarrolló un modelo conceptual de los patrones de flujo meteorológico y su relación con las altas concentraciones de ozono, durante la campaña MCMA-2003. Identificó tres patrones: O_3 - Sur, O_3 - Norte y Frente Frío.

Este modelo se amplió durante la campaña MILAGRO, incorporando eventos tipo Venteo - Sur, Convección - Sur y Convección - Norte (B. de Foy et al., 2008); estos patrones se muestran en la FIGURA II.18.

FIGURA II.18. MODELO CONCEPTUAL DE LA CIRCULACIÓN DEL VIENTO EN LA ZMVM



Fuente: B. de Foy et al., 2008.

Los diferentes patrones tienen las siguientes características:

- a) Los eventos de frente frío se asociaron con lluvia y aire muy limpio.
- b) Eventos tipo Venteo - Sur también tuvieron fuertes vientos y condiciones limpias, pero estos se asociaron con cielos despejados.
- c) Eventos tipo O_3 - Sur presentaron tiempos de residencia más prolongados y tasas de recirculación más altas, promoviendo concentraciones elevadas de ozono en el sur de la ciudad. Estos fueron los episodios clásicos de alta contaminación estudiados antes de la campaña Área Metropolitana de la Ciudad de México "MCMA" - 2003, por sus siglas en inglés.
- d) En contraste, días con episodios tipo O_3 - Norte presentan una mejor ventilación y el pico de ozono ocurre en el norte de la ciudad.

Con el objeto de comprender mejor el transporte entre cuencas y la calidad del aire en zonas rurales del centro de México, investigadores del CCA-UNAM han realizado una serie de campañas de monitoreo en cuencas atmosféricas vecinas a la cuenca atmosférica del Valle de México y en sitios de intercambio entre cuencas (García Yee et al., 2016; Salcedo et al., 2012).

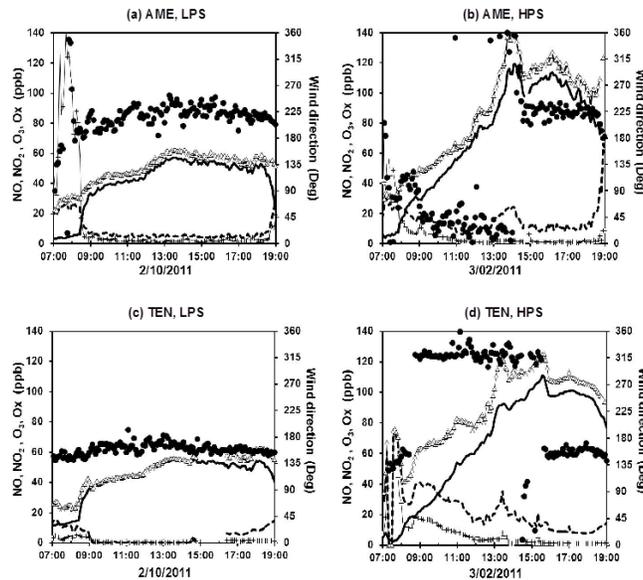
Aquí se presentan algunos resultados que demuestran el transporte de masas de aire entre el Valle de México y los Valles de Cuernavaca-Cuautla, el Valle de Toluca y los Valles de Cuernavaca-Cuautla, y los Valles de Cuernavaca-Cuautla con la Cuenca Atmosférica de Puebla-Tlaxcala.

La FIGURA II.19 muestra las concentraciones de O_3 , NO_2 , NO y $O_x = O_3 + NO_2$, en masas de aire provenientes del estado de Morelos, observadas en Amecameca y en Tenango del Aire, sitios sobre el paso de montaña del mismo nombre, que comunica la Cuenca de México con los Valles de Cuautla y Cuernavaca.

Se observa cómo las masas de aire provenientes del estado de Morelos hacia la ZMVM pueden dar lugar a elevaciones de las concentraciones de ozono en la ZMVM y, dependiendo de las condiciones sinópticas, en qué parte de la ZMVM se producen (García-Yee et al., 2016).

Bajo condiciones de baja presión atmosférica "LPS", y que corresponden al caso O_3 -Norte identificado por Benjamin de Foy et al. (2008), las corrientes de viento transportan parcelas de aire limpias en precursores (NO , NO_2 y CO) desde el sur (Valle de Cuautla-Cuernavaca) y tan lejos como el Océano Pacífico. En este caso no se exceden los dos umbrales de la norma de ozono para protección de la salud, NOM-020-SSA1-2014 (SSA, 2014). En cambio, el viento más intenso produce días de Ozono-Norte en la ZMVM.

FIGURA II.19. PERFIL DIURNO DE PRECURSORES Y OXIDANTES O_3 Y $O_x=O_3+NO_2$ PARA EL PASO DE TENANGO DEL AIRE PARA DOS DÍAS TÍPICOS CON CONDICIONES DE BAJA Y ALTA PRESIÓN



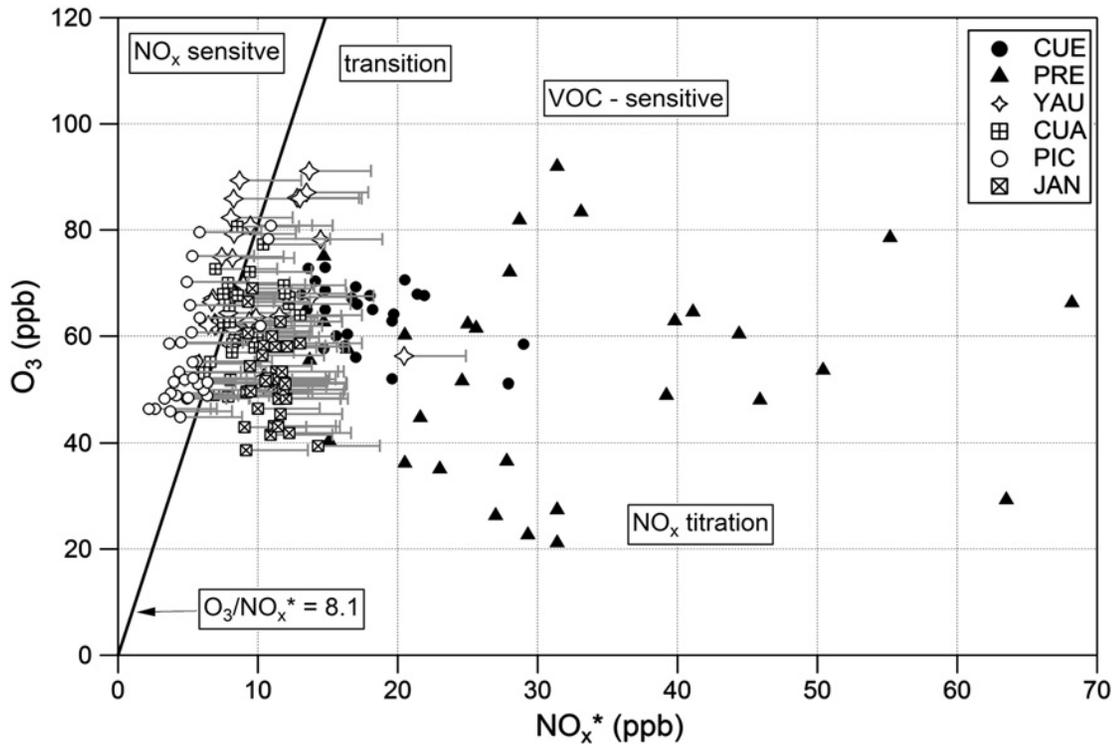
Fuente: García-Yee et al., 2016.

En contraste, en condiciones de alta presión atmosférica (“HPS” por sus siglas en inglés), que corresponden al caso O_3 -Sur, durante la mañana el viento sopla del norte (ZMVM) y en la tarde del sur, regresando las parcelas de aire ya envejecidas fotoquímicamente y enriquecidas con emisiones del Valle Cuautla-Cuernavaca (NO_2 y CO). En este caso sí se exceden los dos umbrales de la norma de ozono incluso con viento del sur. En este caso, cuando el viento es más débil se produce día de Ozono-Sur en la ZMVM.

La FIGURA II.20 muestra que, durante la campaña CARIEM en el estado de Morelos (Salcedo et al., 2012), se observó que los sitios urbanos de monitoreo como Cuernavaca, en el centro de la ciudad y preparatoria “PRE”, el ozono es sensible a las emisiones de compuestos orgánicos volátiles. Los otros sitios, Yautepec “YAU”, Cuautla “CUA”, Parque Industrial del Cuautla y Jantetelco “JAN” están en situación de transición o son sensibles a los NO_x.

Investigaciones recientes (García-Yee et al., 2016) mostraron que sitios periurbanos pueden comportarse como sitio urbano o como sitio rural, dependiendo de las condiciones meteorológicas y de la hora del día.

FIGURA II.20. RELACIONES O₃ vs NO_x* (PROXI DE NO_y), EN MORELOS DURANTE LA CAMPAÑA CARIEM, FEB-MAR 2009



CUE = Cuernavaca centro; PRE = Prepa 1 en Cuernavaca; YAU = Yautepec; CUA = Cuautla en el parque industrial; JAN = Jantetelco.

Fuente: Salcedo et al., 2012.

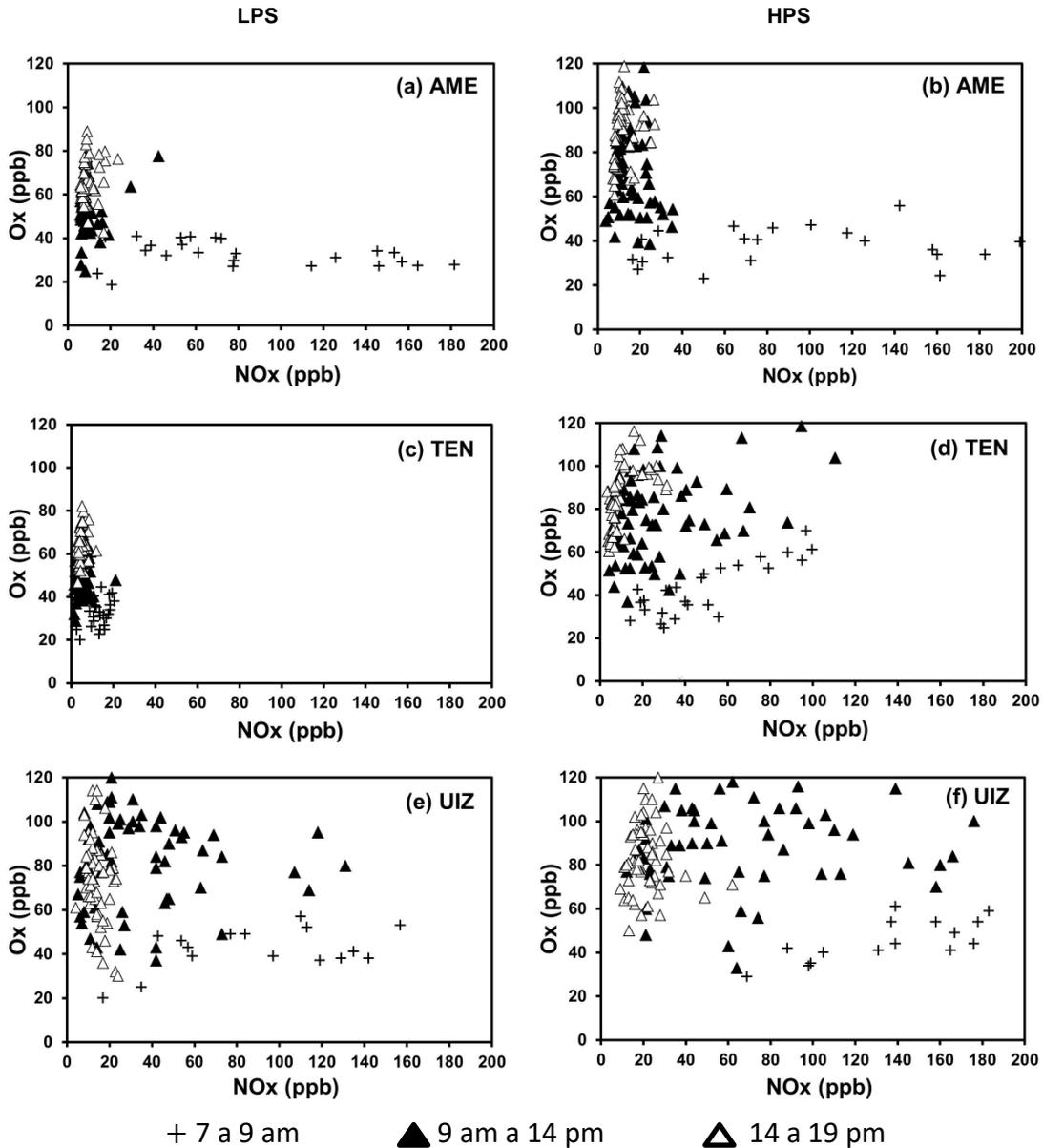
En la FIGURA II.21, la estación UAM Iztapalapa “UIZ” se comporta igual en sistema de baja presión o sistema de alta presión, sólo cambian los máximos de NO_x. Tenango del Aire en LPS es rural, mientras que en HPS parece urbano. Amecameca parece urbano temprano en la mañana en ambos LPS y HPS, el resto del día se parece a Tenango rural.

Tanto en la FIGURA II.20 como en la FIGURA II.21, valores altos de NO_x y bajos en O₃ u Ox, que generalmente ocurren por las mañanas, indican contribuciones de emisiones locales al potencial oxidativo de la atmósfera.

Generalmente son sitios donde los NO_x titulan⁷ el O₃ que empieza a formarse y son sensibles a los compuestos orgánicos volátiles “COV”. Altos valores de O₃ u Ox y bajos de NO_x indican zonas sensibles a NO_x, generalmente el ozono es transportado de otros sitios en parcelas fotoquímicamente envejecidas. Este comportamiento es típicamente rural.

⁷ Reaccionan con el ozono, reduciendo su concentración.

FIGURA II.21. RELACIONES Ox CON NOx PARA SITIOS URBANOS (UAM IZTAPALAPA - UIZ) Y PERIURBANOS (TENANGO DEL AIRE - TEN Y AMECAMECA - AME)



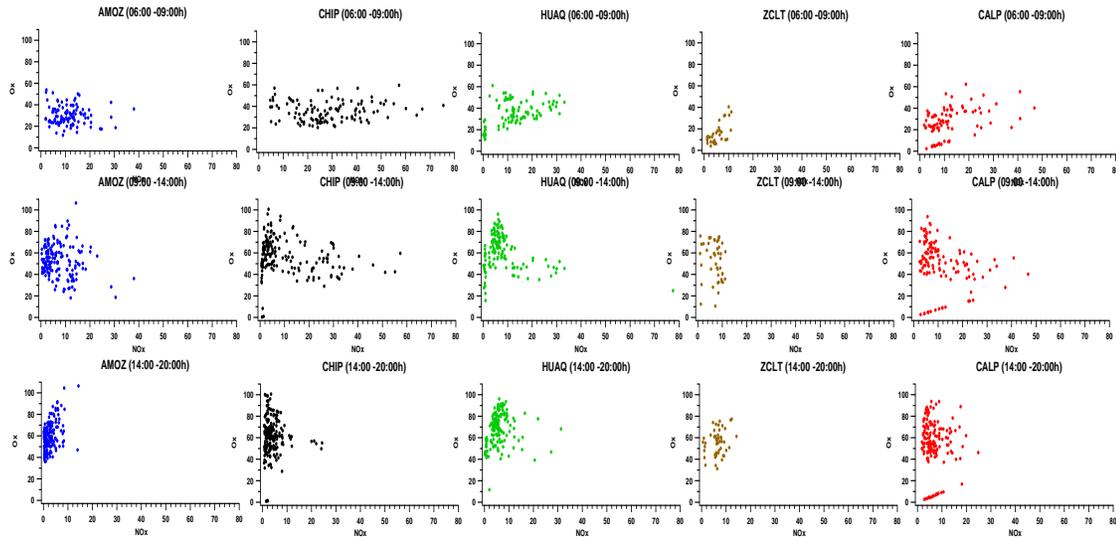
Fuente: García-Yee et al., 2016.

Un estudio similar en la cuenca atmosférica Puebla-Tlaxcala (FIGURA II.22) muestra las relaciones Ox versus NOx para Amozoc “AMOZ”, Chipilo “CHIP”, Huaquechula “HUAQ”, en Puebla Zacatlengo “ZCLT” y Calpulalpan CAL en Tlaxcala.

Se muestra que sólo Chipilo, localidad cercana a Puebla, y viento abajo de la misma en la mañana, muestra contribuciones locales a Ox, donde $Ox = O_3 + NO_2$, indicando un carácter urbano o periurbano.

Aún así, la FIGURA II.22 muestra que Amozoc y Calpulalpan alcanzan a rebasar los valores establecidos en la NOM-020-SSA1-2014 para ozono (SSA, 2014).

FIGURA II.22. CORRELACIONES Ox vs NOx EN VARIOS SITIOS DE LA CUENCA PUEBLA-TLAXCALA. AMOZOC, CHIPILO, HUAQUECHULA, ZALCALTENANGO Y CALPULALPAN



Fuente: Barrera-Huertas H. et al., 2016.

El CUADRO II-6 muestra estadísticas básicas de las observaciones realizadas en sitios periurbanos y rurales en partes de la región CAME, en el Estado de México, en el Paso de Tenango del Aire (febrero-marzo 2011), y en la Cuenca Puebla-Tlaxcala (marzo-abril 2012); el sitio urbano UAM-Iztapalapa se incluye con fines de comparación (Barrera-Huertas H. et al., 2016).

En el estado de Puebla sólo Chipilo, localidad cercana a Puebla, y viento abajo de la misma, muestra estadísticas básicas similares a las observadas en los sitios periurbanos del Estado de México⁸. Puede observarse que esos sitios, incluso los netamente rurales, no están exentos de niveles elevados de ozono.

⁸ Observaciones realizadas durante un mes.

CUADRO II-6. ESTADÍSTICOS BÁSICOS DE CALIDAD DEL AIRE EN SITIOS RURALES Y PERIURBANOS EN EL ESTADO DE MÉXICO, PUEBLA Y TLAXCALA

Ozono	Amecameca	Tenango	Ozumba	UIZ	Chipilo	Huaquechula	Amozoc	Calpulalpan	Zacaltengo	
Promedio horario	35	41	32	34	41	46	40	40	33	
Máximo horario	104	105	101	136	100	91	97	88	75	
No. horas >95 ppb promedio horario	9	6	1	26	5	0	1	0	0	
Máximo del promedio móvil de 8 hrs	93	94	71	106	93	91	84	80	68	
No. horas >70 ppb promedio móvil de 8 hrs	47	31	9	66	39	52	13	36	0	
No. horas >50 ppb promedio móvil de 8 hrs	161	175	104	159	216	264	191	175	84	
NO	Promedio horario	18	4	--	35	4	1	1	2	2
	Máximo horario	251	55	--	279	57	75	17	24	6
NO ₂	Promedio horario	18	11	--	35	8	7	6	7	4
	Máximo horario	58	55	--	98	36	29	25	37	8

Fuente: Barrera-Huertas H. et al., 2016.

II.9. Emisiones de partículas por erosión eólica

Históricamente se ha considerado que el lago de Texcoco es la fuente principal de emisiones de partículas suspendidas de origen mineral que afectan la ZMVM (Jáuregui, 1989; López et al., 1970). Estudios recientes (Díaz-Nigenda et al., 2010; Sheinbaum Pardo et al., 2014) muestran que otros dos sitios son también una fuente importante: la zona agrícola al norte de la ZMVM y la zona agrícola entre Chalco y Tenango del Aire (FIGURA II.23). Contrario al consenso habitual, Tenango del Aire resultó ser la zona que más impacta a la ZMVM.

A esta conclusión se llegó mediante el uso de modelos acoplados de calidad del aire y de erosión eólica, diseñados para estudiar la conservación de suelos y la desertificación. La erosión eólica se incrementa con la intensidad del viento y su dirección, relativa a algunos rasgos del suelo como la orientación de los surcos en suelos agrícolas. La atomización y abandono de suelos agrícolas provocado por la expansión periurbana también contribuye a incrementar las emisiones.

Este resultado puede ser consecuencia de las medidas para reducir las emisiones de polvo en el lecho seco del Lago de Texcoco, estas incluyeron la recuperación parcial del lago al construir el lago Nabor Carrillo y plantar vegetación adecuada al suelo y clima locales (Sánchez, 2007).

FIGURA II.23. ZONAS AGRÍCOLAS Y PERIURBANAS: NORTE, TEXCOCO Y TENANGO DEL AIRE, FUENTES DE PM₁₀ POR EROSIÓN EÓLICA

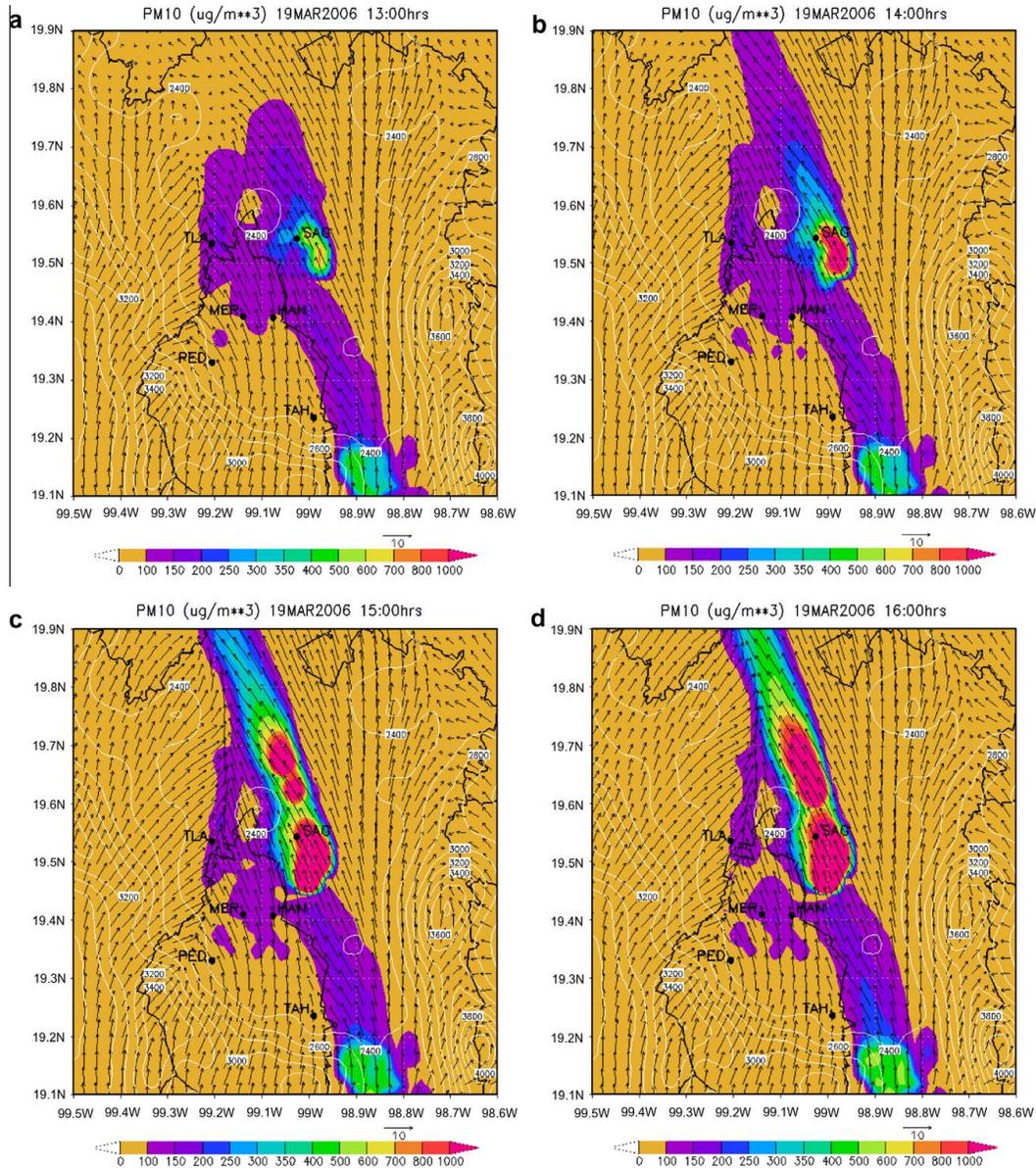


Fuente: Sheinbaum Pardo et al., 2014.

Estas intervenciones redujeron notablemente los problemas de tormentas de polvo, no obstante, el Lago de Texcoco todavía es una fuente importante de PM₁₀, pero que afecta más a la zona noreste de la ZMVM. Por otro lado, Tenango del Aire-Chalco afecta la parte sur, sureste y centro de la ZMVM.

Se observa en la FIGURA II.24 cómo las nubes de PM₁₀ son algo estrechas; ligeros cambios en la dirección del viento pueden tener un fuerte efecto sobre las concentraciones en sitios específicos y las estaciones de monitoreo que son capaces de detectar el episodio.

FIGURA II.24. CAMPOS DE CONCENTRACIÓN DE PM₁₀ Y LÍNEAS DE FLUJO DE VIENTO EN SUPERFICIE EN EL VALLE DE MÉXICO PARA UN EPISODIO DE PM₁₀ EN MARZO 2006 DURANTE MILAGRO



Fuente: Díaz Nigenda et al., 2010 y Sheinbaum Pardo et al., 2014.

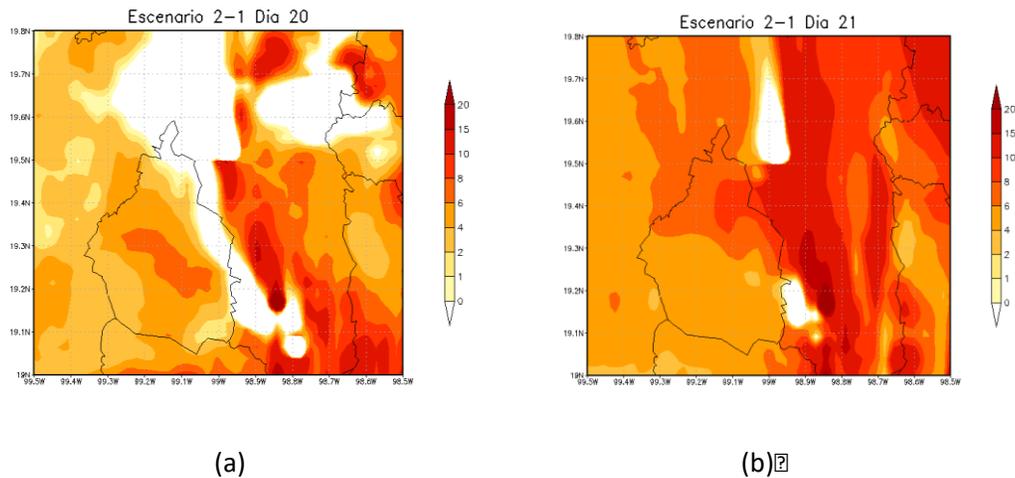
Comparando cuatro escenarios para evaluar el impacto de mitigar las emisiones de partículas en las tres zonas fuente mencionadas, se observó que el cambio de cobertura en la zona del ex-lago de Texcoco, modula la temperatura superficial en zonas densamente pobladas de la ZMVM, lo que puede modificar las líneas de flujo de viento provenientes del Paso de Tenango del Aire.

Los escenarios a modelar fueron: escenario E1, los tres sitios activos; escenario E2, se desactiva Texcoco; escenario E3 se desactiva Tenango del Aire-Chalco; escenario E4

se desactiva la zona agrícola al norte. Se agregó luego un escenario E5 que consiste en implantar en la parte federal del lago de Texcoco una zona urbana.

Al desactivarse Texcoco, ya sea por humedecer el suelo como en E1 o por E5, se observa también una consecuencia inesperada. Esta consiste en un desplazamiento de las parcelas de aire cargadas de PM_{10} provenientes de Tenango del Aire-Chalco hacia zonas más densamente pobladas de la ZMVM (FIGURA II.25). Para mitigar el efecto de una nueva área urbana en los campos de viento superficial y los niveles de PM_{10} por erosión eólica en partes densamente pobladas de la ZMVM, habrá que intervenir en Tenango del Aire-Chalco para reducir sus emisiones.

FIGURA II.25. DIFERENCIA DE CONCENTRACIONES SUPERFICIALES MODELADAS DE PM_{10} EN (A) EL 20 DE JUNIO Y EN (B) PARA EL 21 DE JUNIO, 2011



Fuente: Sheinbaum Pardo et al., 2014.

Otros sitios en la región CAME pueden compartir las condiciones que hacen de Tenango del Aire una fuente tan importante de partículas suspendidas, por ejemplo, Tenango de Valle al sur del Valle de Toluca y los municipios de Amanalco y Villa Victoria al oeste del mismo Valle.

Los modelos acoplados Modelo Multiescala de Química y Clima / Sistema de Predicción de Erosión Eólica “MCCM/WEPS” lograron explicar el origen de las parcelas de aire cargadas de partículas suspendidas en los episodios de precontingencia de PM_{10} en la ZMVM simulados numéricamente. Estos modelos acoplados pueden también evaluar escenarios de mitigación como prácticas agrícolas alternativas, programas de recuperación de suelos abandonados con nuevos cultivos o áreas recreativas. Pueden también aplicarse para estimar relaciones costo/beneficio de programas de mitigación de emisiones de partículas suspendidas, acoplados con programas de conservación y recuperación de suelos.

II.10. Emisión de partículas por incendios forestales y prácticas de quema de residuos agrícolas

De acuerdo a lo observado en las tendencias de la calidad del aire, es importante dimensionar la relevancia de los incendios forestales y de las quemas agrícolas en la región de la Megalópolis. En este sentido, a continuación se presentan datos relevantes que permiten contar con un panorama de su impacto.

Incendios forestales

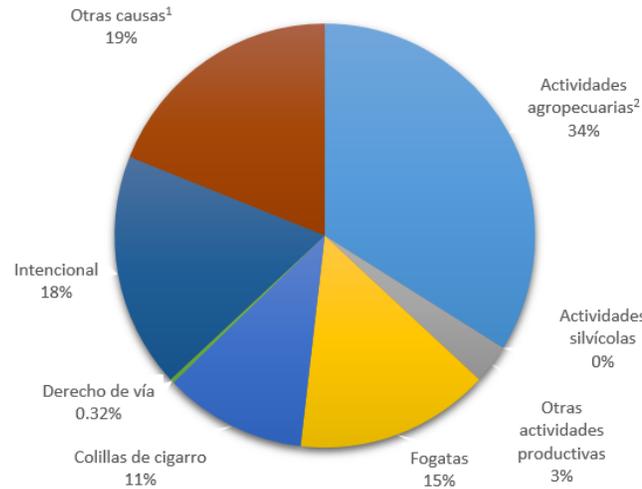
Diversos estudios realizados en México, constatan que el fuego desempeña un rol importante dentro del ciclo vital de los ecosistemas forestales; sin embargo, al igual que otros fenómenos naturales, frecuentemente se convierte en problema a partir de la intervención humana. Los incendios forestales son fenómenos que ocurren, principalmente, en bosques templados y algunos matorrales, siendo factores que producen cambios en la estructura y dinámica de la comunidad vegetal, y cuyos efectos sobre los ecosistemas dependen de su intensidad y frecuencia, siendo el más importante la remoción de la biomasa vegetal en pie y el renuevo de las poblaciones vegetales (SEMARNAT, 2016). En México, se estima que las actividades humanas originan 97% de los incendios forestales (FIGURA II.26) (CONAFOR, 2014).

Entre 1991 y 2015, a nivel nacional el promedio anual de incendios fue de 8,024 eventos, con una superficie siniestrada promedio de 262 mil hectáreas. En ese periodo, algunos años destacaron por la frecuencia e intensidad de los incendios, fue el caso de los años 1998 y 2011 (SEMARNAT, 2016).

En el periodo del 1 de enero al 25 de agosto de 2016, la Comisión Nacional Forestal registró 8,559 incendios forestales en las 32 entidades federativas, que afectaron una superficie de 261,260.39 hectáreas. De dicha superficie, el 96.21% correspondió a vegetación en los estratos herbáceo y arbustivo y el 3.79% a arbóreo.

Las entidades federativas con mayor número de incendios fueron: Estado de México, Ciudad de México, Jalisco, Michoacán, Chihuahua, Puebla, Chiapas, Tlaxcala, Hidalgo y Oaxaca, que representan el 78.43% del total nacional. Las entidades federativas con mayor superficie afectada fueron: Jalisco, Sonora, Oaxaca, Michoacán, Chihuahua, Guerrero, Durango, Puebla, Chiapas y Zacatecas, que representan el 77.15% del total nacional (FIGURA II.27).

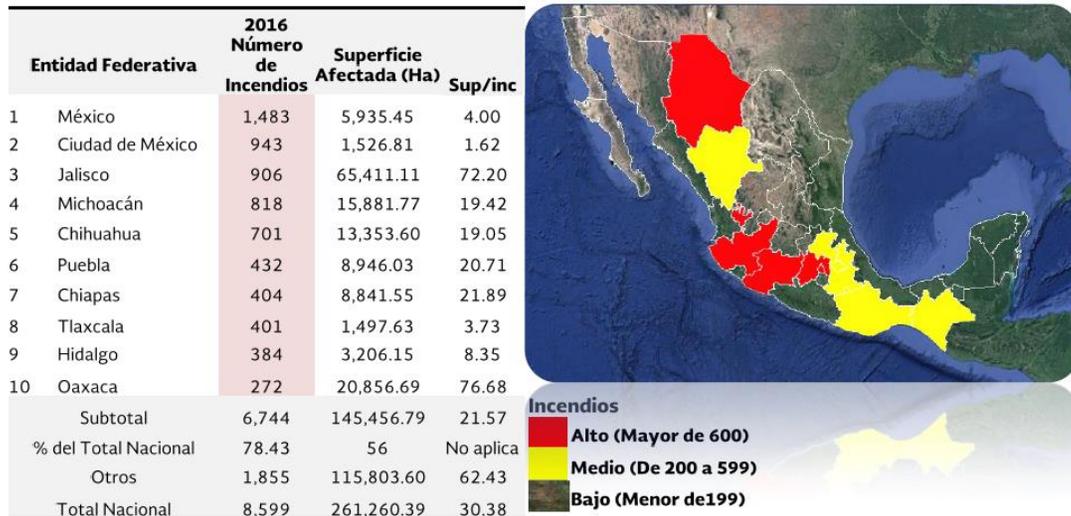
FIGURA II.26. CAUSAS DE LOS INCENDIOS FORESTALES EN MÉXICO, 2014



Notas: 1 Otras causas incluye: descargas eléctricas, cultivos ilícitos, quema de basureros, cazadores furtivos, entre otras
 2 La categoría de actividades agropecuarias incluye: quema de pastos, roza, tumba y quema.

Fuente: Adaptado de: SEMARNAT. Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales. Indicadores Clave, de Desempeño Ambiental y de Crecimiento Verde. Edición 2015. SEMARNAT. México. 2016.

FIGURA II.27. ENTIDADES FEDERATIVAS CON MAYOR NÚMERO DE INCENDIOS FORESTALES, 2016

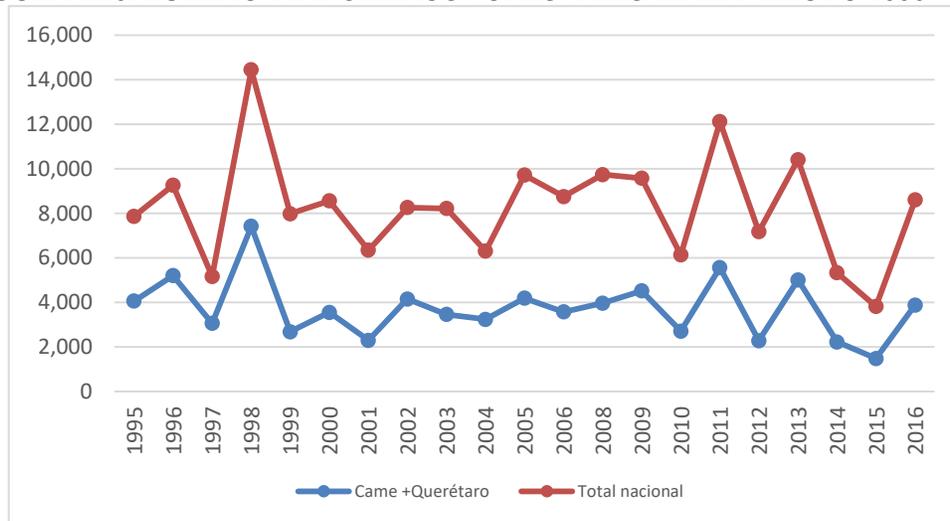


Fuente: Reporte semanal de resultados de incendios forestales 2016. Programa Nacional de Prevención de Incendios Forestales, Centro Nacional de Control de Incendios Forestales. Coordinación General de Conservación y Restauración. Gerencia de Manejo del Fuego. CONAFOR.

En este sentido, y de acuerdo a cifras de CONAFOR, cinco de las seis entidades federativas de la Megalópolis se encontraron entre las primeras 10 entidades con mayor número de incendios con un total de 3,643 eventos (42.36% del total nacional), con una

afectación de 21,112 hectáreas (8% del total nacional) en el periodo del 1 de enero al 25 de agosto de 2016 (FIGURA II.28).

FIGURA II.28. NÚMERO DE INCENDIOS FORESTALES EN EL PERÍODO 1995 - 2016



Fuente: Elaboración propia con información de la Gerencia de Manejo del Fuego. CONAFOR.

No obstante que las emisiones derivadas de incendios forestales en la región de la CAME más Querétaro son porcentualmente bajas comparadas con el total de las emisiones por tipo de contaminante, el número de toneladas emitido tiene un alto impacto en la salud de la población expuesta a dichas emisiones (CUADRO II-7).

CUADRO II-7. EMISIONES DE CONTAMINANTES POR INCENDIOS FORESTALES EN LA REGIÓN CAME MÁS QUERÉTARO EN 2015

Contaminante	Toneladas	Contribución a las emisiones totales en toda la región
PM ₁₀	2,035	2%
PM _{2.5}	1,727	3%
SO ₂	188	No significativo
CO	20,155	1%
NO _x	606	No significativo
COV	1,407	No significativo
NH ₃	202	No significativo
CO ₂	259,726	No significativo
CN	124	1%

Prácticas de quema de residuos y productos agrícolas

De acuerdo a un estudio de la Comisión para la Cooperación Ambiental “CCA”, la quema de biomasa como madera, hojas, árboles y pastos, incluidos los residuos agrícolas, es responsable de las emisiones de un 40% del dióxido de carbono, 32% del monóxido de carbono, 20% de las particuladas y 50% de los hidrocarburos aromáticos policíclicos emitidos al ambiente a escala mundial (CCA, 2014).

Desde el punto de vista de salud pública, las prácticas de quema de residuos y productos agrícolas son preocupantes debido a que el humo se libera a nivel del suelo en áreas generalmente pobladas, lo que conlleva una exposición a los contaminantes directa y elevada de la población aledaña. Los contaminantes emitidos en las quemas agrícolas, como Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos “HAP” y $PM_{2.5}$, pueden causar cáncer en los seres humanos y enfermedades agudas de las vías respiratorias, tos, flemas y asma.

Por otra parte, la quema de biomasa proveniente de prácticas agrícolas es considerada una fuente importante de dioxinas, cuyos factores de emisión dependen de las condiciones de la combustión, el contenido de cloro y la presencia de plaguicidas adsorbidos a la superficie de hojas y tallos en los residuos agrícolas.

El INECC y la UAM-Azcapotzalco (INECC, 2016n), realizaron un estudio cuyo objetivo general fue determinar los factores de emisión de contaminantes climáticos CO_2 , $PM_{2.5}$, PM_{10} , CH_4 y carbono negro, generados por la quema de biomasa en México durante los procesos agrícolas de maíz, caña de azúcar, sorgo, trigo, frijol, cebada, algodón y alfalfa. En éste se señala que la quema de residuos y productos agrícolas es una práctica muy utilizada en la época de estiaje en casi todo el país, para eliminar malezas y plagas, así como para preparar el terreno para la siguiente cosecha por lo que es frecuente observar plumas de humo que contaminan la atmósfera de las localidades y de ciudades o poblaciones cercanas (Mugica et al., 2015).

Sin embargo, la combustión incompleta de biomasa genera, por una parte, contaminantes atmosféricos como son partículas suspendidas, aerosoles carbonáceos, compuestos orgánicos volátiles y gases, deteriorando la calidad del aire (Ramanathan y Carmichael, 2008). Asimismo, es fuente de compuestos tóxicos como hidrocarburos policíclicos aromáticos (Mugica et al., 2016) y de dioxinas (CCA, 2014), siendo esta fuente la tercera en importancia en la emisión de estos compuestos, de particular preocupación para la salud pública.

Entre los sitios seleccionados para la colecta de residuos de las diferentes variedades, se encuentran algunos ubicados en las entidades federativas que conforman la CAME, en donde en alguna proporción se lleva a cabo la práctica de la quema de dichos residuos, de acuerdo a entrevistas realizadas a los productores. En este sentido, se encontró que en los casos de la caña de azúcar en el municipio de Zacatepec, Morelos

se quema el 100% de los residuos de biomasa; en el caso de la alfalfa en el municipio de Teotihuacán, estado de México se quema el 10%, al igual que para los casos del maíz y trigo en el municipio de Nanacamilpa, Tlaxcala; y el 5% de los residuos de cebada en el municipio de Zempoala, Hidalgo.

De acuerdo al inventario de emisiones realizado para las entidades federativas de la CAME más Querétaro (CUADRO II-8), las emisiones provenientes de quemas agrícolas en 2015 fueron:

CUADRO II-8. EMISIONES DE CONTAMINANTES POR QUEMAS AGRÍCOLAS EN LA REGIÓN CAME MÁS QUERÉTARO EN 2015

Contaminante	Toneladas	Contribución a las emisiones totales en toda la región
PM ₁₀	13,899	15%
PM _{2.5}	13,302	19%
SO ₂	492	No significativo
CO	96,238	5%
NOx	3,908	1%
COV	9,930	1%
NH ₃	1,925	1%
CN	1,596	18%

II.11. Ceniza volcánica

A partir de 1994 el volcán Popocatepetl ha reiniciado su actividad y alrededor de éste viven cerca de 25 millones de habitantes (Espinasa Pereña, 2012). Esto conlleva a que las emisiones de gases y partículas puedan afectar diversas zonas urbanas a su alrededor.

Por lo general, el viento en el Popocatepetl tiene una dirección hacia el este, aunque durante el verano los vientos también soplan hacia el oeste (Pozzo and Lillian, 2012) llevando así las cenizas a regiones urbanas. En algunos eventos la dispersión de cenizas ha llegado a la Ciudad de México, como fue en junio de 1997, lo que provocó el cierre temporal del aeropuerto internacional de la Ciudad de México.

Las poblaciones que han sido afectadas con mayor frecuencia son Amecameca y la Ciudad de Puebla, como ocurrió en diciembre de 2005, cuando se generó una erupción que provocó una columna de cenizas de 5 km sobre el cráter.

Se han reportado múltiples exhalaciones desde el año 1994, y a partir del año 1996 al año 2012 se emplazaron 27 domos de lava en el interior del cráter; estos emplazamientos son generalmente acompañados por eventos explosivos de destrucción.

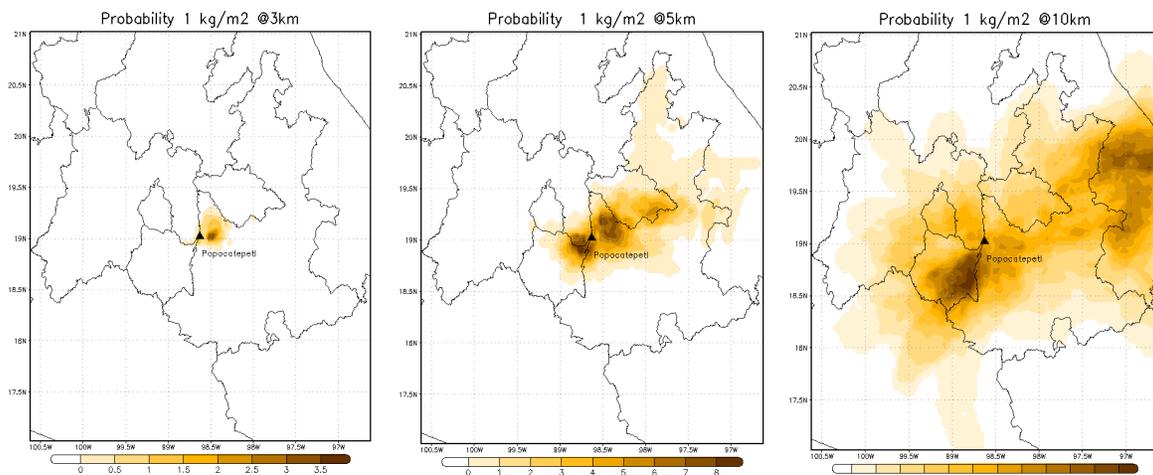
La composición de la ceniza del volcán Popocatépetl es de 65 al 68% de SiO_2 , 5-6% de álcalis (óxidos de potasio y de calcio) y 3.5% de sílice libre; adicionalmente contiene azufre, manganeso, cobre, bromo, zinc y plomo en $\text{PM}_{2.5}$ (Narváez Porrás and Cano Valle, 2004). Esta composición puede ser dañina para los seres vivos, porque podría inducir una mayor susceptibilidad a una infección por *Listeria monocytogenes*, generando daño al tejido pulmonar.

En estudios epidemiológicos se ha detectado un incremento en la incidencia de fibrosis pulmonar y daños en el Ácido Desoxirribonucleico, ya que ciertas fibras contenidas en las rocas de origen volcánico poseen una reactividad que es similar al de las fibras de asbesto, i.e. son carcinogénicas (Rivera-Tapia et al., 2005).

En estudios relacionados a la dispersión y depósito de ceniza⁹ se han elaborado mapas de riesgo anuales para el depósito de 1 kg/m^2 de ceniza. Estos mapas comprenden el periodo de mayo de 2015 a abril de 2016. Se consideran erupciones hipotéticas de 3 km, 5 km y 10 km que duran una hora y se dispersan durante 8 horas.

Al tener mapas que abarcan todo un año, se puede observar a los estados de la República mexicana que podrían tener la mayor probabilidad a estar expuestos al depósito de ceniza en un momento dado. Estos mapas se muestran en la FIGURA II.29. Se observa que una erupción de 10 km podría tener un impacto importante en las zonas urbanas que comprenden la región de Megalópolis.

FIGURA II.29. PROBABILIDADES DE CAÍDA DE CENIZA PARA UN PERÍODO DE 12 MESES. ERUPCIÓN CON UNA ALTURA DE 3 KM (IZQ.), DE 5 KM (CENTRO) Y DE 10 KM (DER.)



Fuente: Atlas de Riesgos del Volcán Popocatépetl actualización 2016.

⁹ Atlas de Riesgos del Volcán Popocatépetl actualización 2016, <http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/app/BoletinPopo/BoletinPopo.php>

Como se mostró, las fuentes naturales de partículas como la erosión eólica y erupciones volcánicas pueden incrementar las concentraciones ambientales de partículas, por lo que es importante investigar la influencia de las medidas de control de erosión y evaluar su beneficio a la salud por su reducción de concentraciones ambientales.

Por otra parte, no es posible abatir las emisiones del volcán, pero si identificar las zonas de mayor probabilidad de caída de ceniza y con ello prevenir a la población por este efecto.

Los datos disponibles más recientes de la calidad del aire de la Megalópolis indican que, en general, no se cumple con los límites de protección de la salud para el Ozono y las Partículas menores a 10 y 2.5 micrómetros y en una zona particular para el Dióxido de Azufre.

Se requiere ampliar el número de sitios de medición e intensificar el mantenimiento y calibración de las redes de monitoreo atmosférico (contaminantes y parámetros meteorológicos), para incrementar la cobertura y mejorar la calidad de la información, para la toma de decisiones.

Es necesario incrementar las capacidades de monitoreo para caracterizar la presencia y comportamiento de los hidrocarburos precursores de ozono.

El transporte de masas de aire entre las cuencas atmosféricas de la región de la Megalópolis es frecuente y complejo, y requiere ser evaluado con trabajos de campo, que permitan dimensionar su importancia y magnitud en términos de la transferencia de los contaminantes.

La cuenca atmosférica del Valle de México ha sido estudiada intensivamente desde el punto de vista meteorológico, químico y fotoquímico, no siendo este el caso de las cuencas atmosféricas adyacentes.

Los resultados de campañas cortas realizadas por diversos investigadores indican que, al igual que en el Valle de México, la formación del ozono en las áreas urbanas está condicionada por las emisiones de compuestos orgánicos volátiles, de cuyo control dependerá en gran medida la mejora de la calidad del aire de la región.

Se estima que alrededor del 25% de las partículas $PM_{2.5}$ son secundarias, siendo sus precursores los compuestos orgánicos volátiles.

Las fuentes de emisión de partículas primarias por efectos de la erosión eólica están identificadas y se requiere aplicar medidas para su control.

Es necesario tener presente la actividad volcánica del Popocatepetl, como una fuente muy significativa de contaminantes durante sus periodos de actividad.

III. IMPACTOS DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

Como se mostró en secciones previas, en varias ciudades de la Megalópolis se presentan problemas de contaminación del aire, siendo las partículas y el ozono los contaminantes que mayormente sobrepasan las concentraciones límite establecidas en las normas nacionales, situación que impacta en la salud de sus habitantes, en la vegetación, en los cultivos y en las edificaciones.

III.1. Impactos en la salud de la población

El INECC realizó conjuntamente con el Instituto Nacional de Salud Pública “INSP”, un estudio para estimar los impactos en salud debidos a la contaminación atmosférica en la Región Centro del País (INECC, 2016c).

En el estudio se aplicó la metodología de Evaluación de Impactos a la Salud “EIS” y su valoración económica por el método de Disponibilidad a Pagar “DAP” de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, la cual permitió caracterizar las incidencias de mortalidad vinculadas a la exposición a $PM_{2.5}$, PM_{10} y O_3 , considerando que, en la Región Centro del País, la concentración promedio actual de los contaminantes se redujeran hasta alcanzar los valores establecidos en la normatividad nacional, así como a los límites más restrictivos y protectores recomendados por la Organización Mundial de la Salud “OMS”.

Se cuantificó el número de muertes prematuras que podrían evitarse anualmente si se redujeran las concentraciones de las partículas $PM_{2.5}$ y PM_{10} , y del O_3 , en municipios de las entidades que integran la Región Centro. La estimación se realizó empleando evidencia epidemiológica derivada de una revisión especializada y actualizada de los principales efectos a la salud, las tasas de incidencia en la zona, la estimación de exposición para el año 2014 y los escenarios de gestión. En esta EIS se analizaron los impactos ligados a la mortalidad de largo plazo o por exposición crónica a contaminantes.

Se utilizó como escenario base las concentraciones de contaminantes proporcionadas por las redes de monitoreo de calidad del aire de los sistemas de las entidades de la Región Centro para el año 2014; los datos fueron validados y utilizados de acuerdo con criterios de suficiencia.

Asimismo, se introdujeron escenarios de gestión que simulan la reducción hipotética de concentraciones de contaminantes que podrían alcanzarse tras la ejecución de medidas

de control de emisiones y políticas para mejorar la calidad del aire de la región (CUADRO III-1).

Debido a que en la Región Centro la cobertura de las redes de monitoreo es limitada, se tuvieron que seleccionar únicamente aquellos municipios cuya población podía considerarse aceptablemente cubierta por dichas redes.

CUADRO III-1. ESCENARIOS DE REDUCCIÓN DE CONCENTRACIONES DE CONTAMINANTES (ESCENARIOS DE GESTIÓN)

Contaminante	Métrica de exposición	Valores de referencia			Unidades
		Escenario 1) NOM ^a	Escenario 2) OMS ^b	Escenario 3) Medio	
PM _{2.5}	Promedio anual ^c	12	10	11	µg/m ³
PM ₁₀	Promedio anual ^d	40	20	30	µg/m ³
O ₃	Promedio móvil de 8 horas ^e	70	50	60	ppb

a) Con base en NOM-020-SSA1-2014 y NOM-025-SSA1-2014.

b) Con base en los lineamientos de Organización Mundial de la Salud (OMS, 2006).

c) El valor de referencia se aplica al promedio anual de las concentraciones medias de 24 horas diarias.

d) El valor de referencia se aplica al promedio anual de las concentraciones medias de 24 horas diarias.

e) El valor de referencia se aplica a los promedios móviles de 8 horas máximos diarios. Posteriormente se estima el promedio anual de los promedios de 8 horas máximos diarios, conforme a las FCR utilizadas.

Fuente: Elaboración INSP, INECC, 2016c.

Se eligió un radio de cobertura de 10 km alrededor de las estaciones de monitoreo y se determinaron los municipios dentro de esta área. Con base en este procedimiento la población incluida en la EIS es de 66%, 64% y 61% para O₃, PM₁₀ y PM_{2.5}, respectivamente (CUADRO III-2).

A partir de la información de las redes de monitoreo de calidad del aire locales se estimaron las métricas de exposición a PM_{2.5}, PM₁₀ y O₃, en los municipios con cobertura de monitoreo de la Región Centro.

CUADRO III-2. POBLACIÓN INCLUIDA EN LA EIS EN LA REGIÓN CENTRO EN EL 2014

Entidad	Población total 2014	Población incluida en la EIS			Cobertura de población (%)		
		O ₃	PM ₁₀	PM _{2.5}	O ₃	PM ₁₀	PM _{2.5}
Ciudad de México	8,904,558	8,904,558	8,904,558	8,768,133	100	100	98
Estado de México	15,975,116	13,503,267	12,131,389	11,026,815	85	76	69
Hidalgo	2,817,951	302,684	223,435	302,684	11	8	11
Morelos*	1,877,498	0	0	0	0	0	0
Puebla	6,086,625	1,861,642	2,250,107	2,080,787	31	37	34
Querétaro	1,993,536	1,221,249	1,221,249	1,221,249	61	61	61
Tlaxcala*	1,251,478	0	225,224	225,224	0	18	18
Región Centro	38,906,761	25,793,401	24,955,962	23,624,892	66	64	61

*Para el año 2014 no se contó con información suficiente para Morelos y Tlaxcala, sin embargo, este último Estado pudo ser evaluado a consecuencia de la influencia que tiene sobre algunos de sus municipios, las estaciones de monitoreo del estado de Puebla.

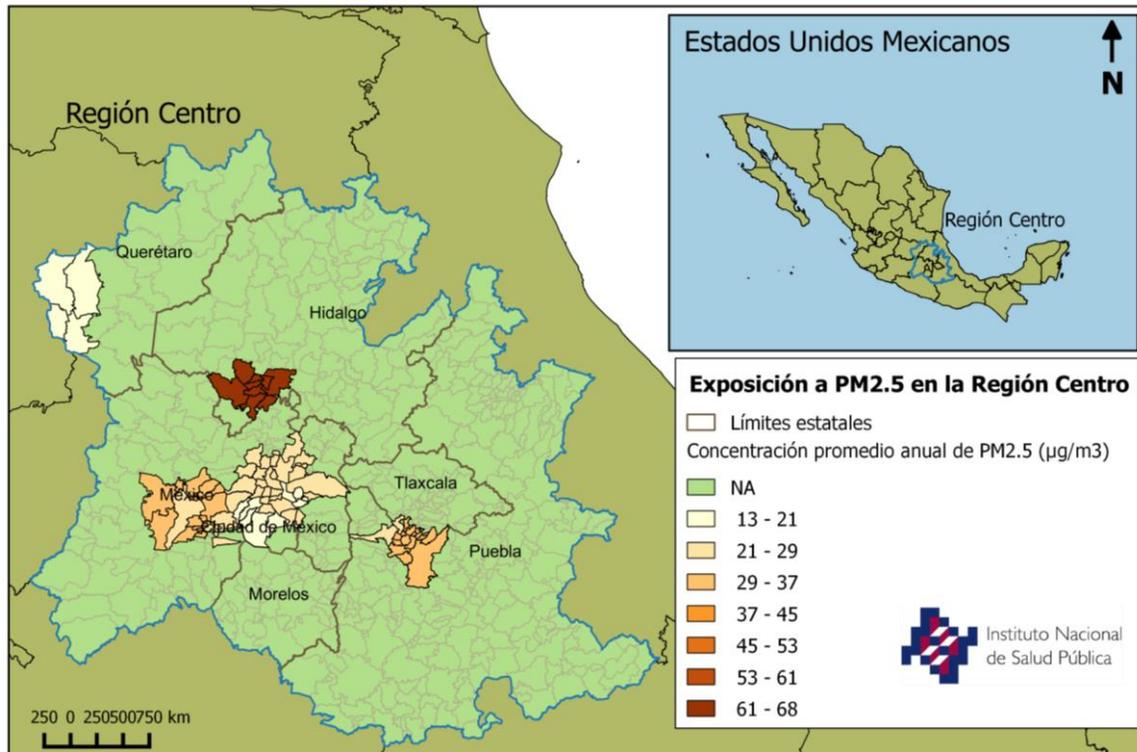
Fuente: Elaboración INSP, INECC, 2016c.

Exposición a las partículas PM_{2.5} y PM₁₀ y a Ozono

En la FIGURA III.1 se muestra el resultado de la evaluación de exposición a PM_{2.5}, uno de los contaminantes de mayor impacto a la mortalidad de largo plazo (crónica). En el mapa se pueden constatar concentraciones anuales promedio de entre 13 y 68 µg/m³; es decir que en todos los casos se registran valores por encima del valor de la NOM (12 µg/m³) y del lineamiento de la OMS (10 µg/m³). Se destaca, no obstante, que un número importante de municipios no cuentan con información suficiente de calidad del aire (ie 39% de la población), por lo que no se incluyen en la EIS.

Así mismo, se observa que los municipios circundantes a Tula de Allende en Hidalgo, son los que presentan las concentraciones anuales más altas de PM_{2.5}. Los municipios de Atitalaquia, Tlaxcoapan, Tlahuelilpan, Tetepango y Tezontepec de Aldama de dicho estado son los 5 municipios con los niveles más altos de la región. Después de estos, los municipios de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca también presentan valores particularmente altos con respecto al resto de la región.

FIGURA III.1. ESTIMACIÓN DE EXPOSICIÓN A PM_{2.5} EN LA REGIÓN CENTRO EN EL 2014



* Concentración promedio anual determinada a partir de los promedio de 24 horas diarios y con un criterio de suficiencia de información igual o mayor a 75% diario, trimestral y anual.

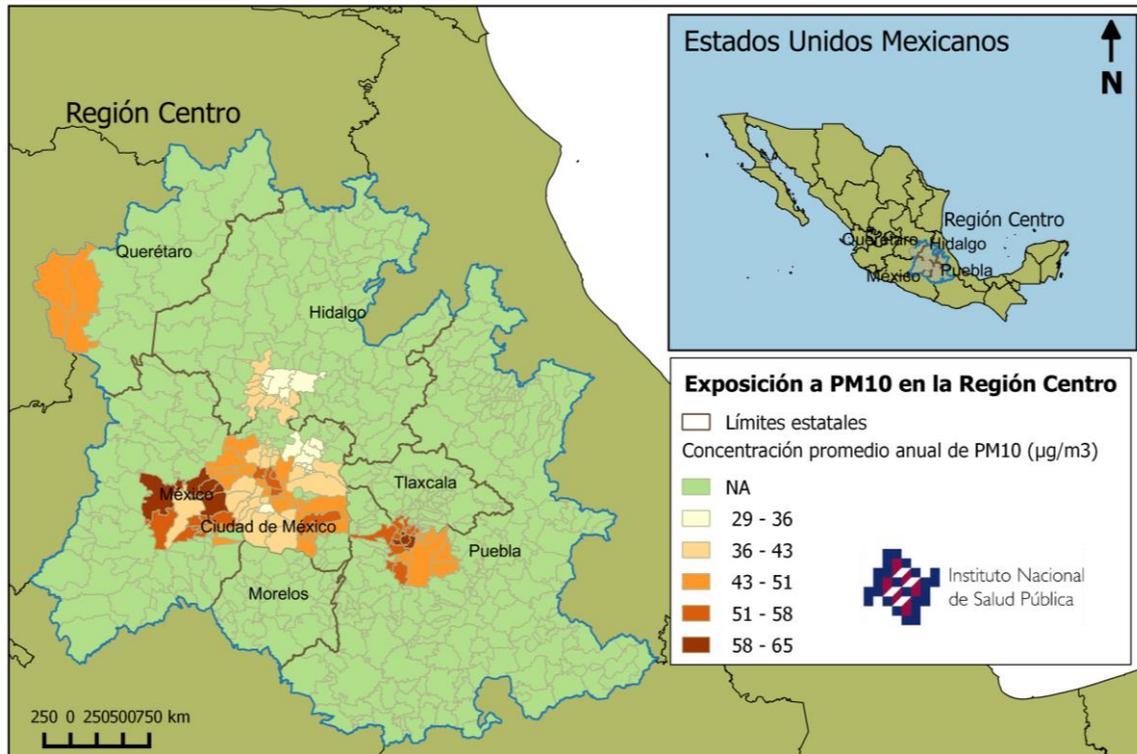
NA: Municipio sin información de calidad del aire.

Fuente: Elaboración INSP, INECC, 2016c.

En la FIGURA III.2 se muestra el resultado de la evaluación de exposición a PM₁₀. En el mapa se pueden observar concentraciones anuales promedio de entre 29 y 65 µg/m³. Se destaca, que un número importante de municipios no cuentan con información suficiente de calidad del aire (ie 36% de la población), por lo que no se incluyen en la EIS.

Los municipios de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca en el Estado de México y de la Zona Metropolitana de Puebla son los que presentan las concentraciones anuales más altas de PM₁₀. Los municipios de Almoloya de Juárez, Temoaya, Ocotlán y Lerma del Estado de México se encuentran dentro de los 5 municipios con los niveles más altos de la región, junto con el municipio de Juan C. Bonilla de Puebla (INECC, 2016c).

FIGURA III.2. ESTIMACIÓN DE EXPOSICIÓN A PM₁₀ EN LA REGIÓN CENTRO EN EL 2014



*Concentración promedio anual determinada a partir de los promedio de 24 horas diarios y con un criterio de suficiencia de información igual o mayor a 75% diario, trimestral y anual.

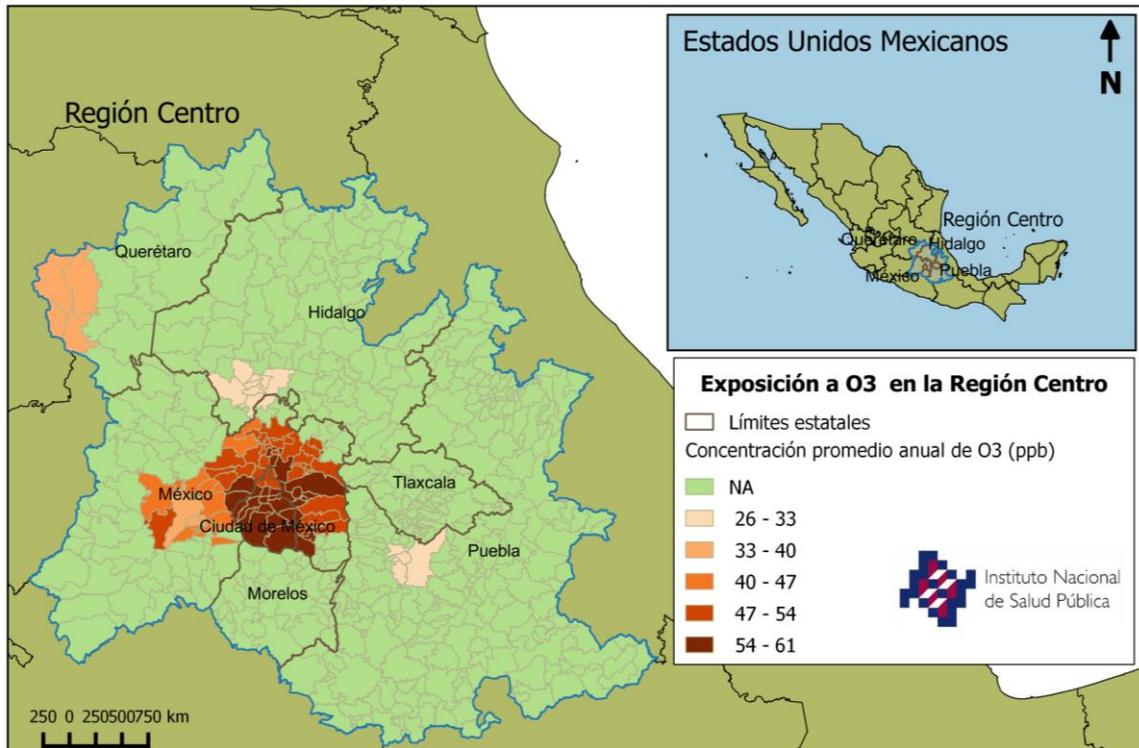
NA: sin información de calidad del aire.

Fuente: Elaboración INSP, INECC, 2016c.

En la FIGURA III.3 se muestra el resultado de la evaluación de exposición a O₃. En el mapa se pueden observar concentraciones anuales promedio de entre 26 y 61 ppb. Se destaca, no obstante, que un número importante de municipios no cuentan con información suficiente de calidad del aire (ie 34% de la población), por lo que no se incluyen en la EIS.

Las demarcaciones territoriales de la Ciudad de México, principalmente las del sur, son las que presentan las concentraciones ponderadas más altas de O₃. Las delegaciones de Coyoacán, Tláhuac, Iztapalapa, Xochimilco e Iztacalco presentan los niveles más altos de la región. Algunos municipios de la zona conurbada del Estado de México también presentan valores similarmente altos.

FIGURA III.3. ESTIMACIÓN DE EXPOSICIÓN A O₃ EN LA REGIÓN CENTRO EN EL 2014



* Concentración promedio anual determinada a partir de los promedios móviles de 8 horas máximos diarios y con un criterio de suficiencia de información igual o mayor a 75% diario, trimestral y anual.

NA: sin información de calidad del aire.

Fuente: Elaboración INSP, INECC, 2016c.

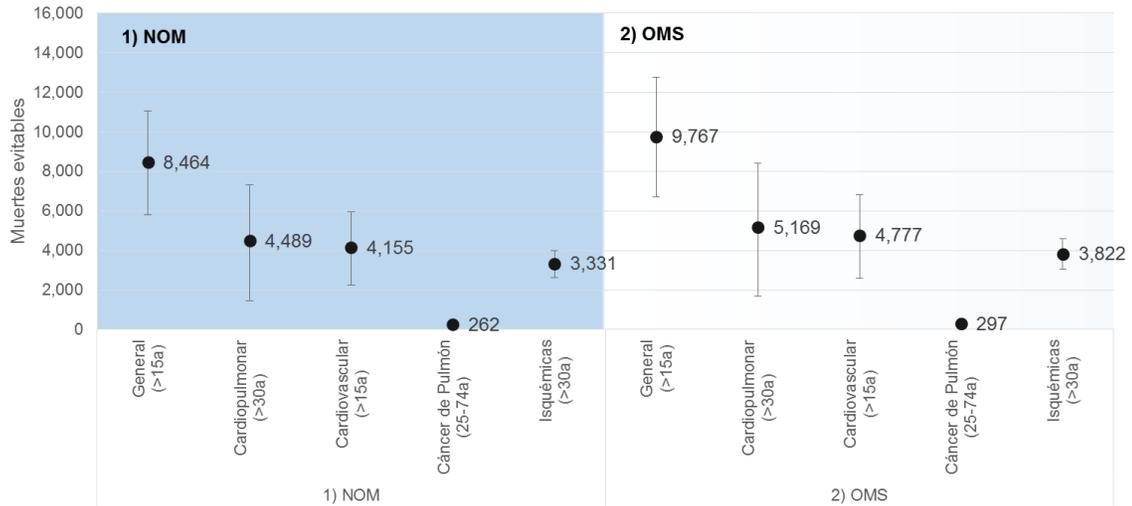
Reducción de PM_{2.5}: mortalidad evitable y valoración económica

En las siguientes secciones se presentan los resultados de la EIS en torno a las muertes evitables “M.E.” por la reducción de la exposición a largo plazo de PM_{2.5} en la Región Centro, así como la valoración económica de éstas.

Mortalidad evitable

En la FIGURA III.4 se presentan los resultados globales sobre la caracterización de mortalidad evitable por causas generales (no externas, esto es, no incluye muertes por violencia y accidentes) y específicas (cardiopulmonares, cardiovasculares, cáncer de pulmón y enfermedades isquémicas del corazón) en distintos estratos de población en la Región Centro durante el 2014. Se muestran resultados para los escenarios correspondientes a los escenarios: 1) 12 µg/m³ (NOM) y 2) 10 µg/m³ (OMS). Se indican los estimadores promedio (M.E. media) y los del intervalo de confianza al 95% (Percentiles 2.5 y 97.5) vinculados a la incertidumbre de las Funciones Concentración-Respuesta “FCR” utilizadas.

FIGURA III.4. MUERTES EVITABLES PROMEDIO (IC 95%) POR ESCENARIO Y CAUSA A CONSECUENCIA DE LA REDUCCIÓN DE PM_{2.5} EN LA REGIÓN CENTRO (AÑO BASE 2014)



* Escenarios de gestión: 1) NOM (12 µg/m³) y 2) OMS (10 µg/m³)

Fuente: Elaboración INSP, INECC, 2016c.

Los resultados promedio de la evaluación por causas generales en la Región Centro son de 8,464 y 9,767 M.E. para los escenarios NOM y OMS, respectivamente. Con respecto a las causas específicas analizadas, las cardiopulmonares representan el 53% de las causas generales, mientras que las cardiovasculares el 49%, cáncer de pulmón el 3% y las enfermedades isquémicas del corazón el 39%, en ambos escenarios.

Las muertes evitables promedio se desagregan por entidad federativa en el CUADRO III-3. Destaca la contribución de más de 80% de la Ciudad de México y el Estado de México a la mortalidad evitable por causas generales de la Región Centro, como resultado de la alta población y niveles de concentración de contaminantes. Se muestran también los resultados para cada una de las causas específicas analizadas. En Morelos no fue posible realizar la evaluación debido a la falta de información válida de monitoreo de PM_{2.5} en el 2014. Por su parte, el estado de Tlaxcala es evaluado a consecuencia de la influencia que tienen sobre algunos de sus municipios las estaciones de monitoreo del estado de Puebla.

CUADRO III-3. MORTALIDAD EVITABLE PROMEDIO POR ESCENARIO Y CAUSA A CONSECUENCIA DE LA REDUCCIÓN DE PM_{2.5} EN LAS ENTIDADES DE LA REGIÓN CENTRO

Entidad	Pob. Tot. 2014	Cob. Pob. (%)	Mortalidad General (>15a)*		Cardiopulmonar (>30a)*		Cardiovascular (>15a)*		Cáncer de Pulmón (25-74a)*		Isquémicas del Corazón (>30a)*	
			NOM	OMS	NOM	OMS	NOM	OMS	NOM	OMS	NOM	OMS
Ciudad de México	8,904,558	98	4,038	4,709	2,235	2,600	2,076	2,411	150	171	1,758	2,034
Estado de México	15,975,116	69	2,978	3,420	1,556	1,780	1,431	1,635	77	86	1,125	1,281
Hidalgo	2,817,951	11	284	293	138	142	120	123	5	5	85	87
Morelos	1,877,498	0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Puebla	6,086,625	34	1,047	1,162	503	556	477	527	27	29	324	356
Querétaro	1,993,536	61	43	102	23	54	21	48	1	3	18	42
Tlaxcala	1,251,478	18	73	81	34	38	31	34	2	2	21	23
Región Centro	38,906,761	61	8,464	9,767	4,489	5,169	4,155	4,777	262	297	3,331	3,822

*La letra "a", después del número entre paréntesis indica años.

Escenarios de gestión: NOM (12 µg/m³) y OMS (10 µg/m³).

NA: No evaluado por falta de información de monitoreo.

Fuente: Elaboración INSP, INECC, 2016c.

Valoración económica

La valoración económica de las muertes evitables por causas generales en la Región Centro correspondiente a la reducción de PM_{2.5} se ilustra en la FIGURA III.5. Aquí se muestra la valoración de los escenarios NOM y OMS con dos Valores de una Vida Estadística "VVE" seleccionados para el estudio: 1.6 millones de pesos y 13.85 millones de pesos (MXN, 2014), respectivamente. El primero corresponde a un VVE local que resulta del estudio de valoración contingente más reciente que se haya realizado en México, en tanto que el segundo corresponde a un VVE estimado internacionalmente ajustado por ingreso para México y que ha sido usado con anterioridad en diversos análisis de este tipo en el país (INECC, 2016c).

La valoración indica que los beneficios por reducir las concentraciones de PM_{2.5} en la Región Centro oscilarían entre 14 y 16 mil millones de pesos (NOM y OMS, respectivamente) bajo el VVE más conservador (VVE: 1.6 millones de pesos). Asimismo, la valoración ascendería a entre 117 y 135 mil millones de pesos (NOM y OMS, respectivamente) bajo el VVE menos conservador (VVE: 13.85 millones de pesos); es decir, alrededor de 8 veces mayor que el primer supuesto.

FIGURA III.5. VALORACIÓN ECONÓMICA DE LAS MUERTES EVITABLES POR CAUSAS GENERALES ASOCIADAS A LA REDUCCIÓN DE PM_{2.5} EN LA REGIÓN CENTRO



Fuente: Elaboración INSP, INECC, 2016c.

Reducción de PM₁₀: mortalidad evitable y valoración económica

En las siguientes secciones se presentan los resultados de la EIS en torno a las muertes evitables por la reducción de la exposición a largo plazo de PM₁₀ en la Región Centro, así como su valoración económica.

Mortalidad evitable

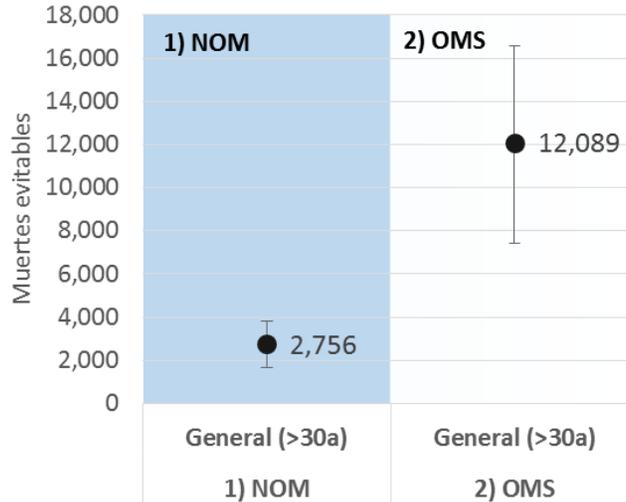
Población adulta

En la FIGURA III.6 se presentan los resultados globales sobre la caracterización de mortalidad evitable por causas generales en población de 30 años o más, en la Región Centro en el año de análisis. Se muestran resultados para los escenarios correspondientes a los estándares: 1) 40 µg/m³ (NOM) y 2) 20 µg/m³ (OMS). Se indican los estimadores medios (M.E. media) y los del intervalo de confianza al 95% (Percentiles 2.5 y 97.5) vinculados a la incertidumbre de las FCR utilizadas.

Los resultados promedio de la evaluación por causas generales en la Región Centro son de 2,756 y 12,089 M.E. para los escenarios NOM y OMS, respectivamente. Es resaltable el incremento sustancial de las muertes evitables en el escenario OMS con respecto al NOM (4.4 veces mayor), misma que no se observa en el caso de la evaluación de PM_{2.5} (FIGURA III.4). Los factores que denotan dicho comportamiento son: 1) mayor cobertura de monitoreo de PM₁₀, y 2) la amplia diferencia entre el escenario OMS y NOM (20 µg/m³) para PM₁₀, con respecto a los escenarios de PM_{2.5}.

(diferencia de $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Cabe destacar que en la evaluación de PM_{10} en adultos, no se analizó ninguna causa específica debido a la escasez de evidencia particular.

FIGURA III.6. MUERTES EVITABLES PROMEDIO (IC 95%) POR ESCENARIO EN ADULTOS A CONSECUENCIA DE LA REDUCCIÓN DE PM_{10} EN LA REGIÓN CENTRO (AÑO BASE 2014)



*Escenarios de gestión: 1) NOM ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y 2) OMS ($20 \mu\text{g}/\text{m}^3$)
 Fuente: Elaboración INSP, INECC, 2016c.

Población infantil menor a un año

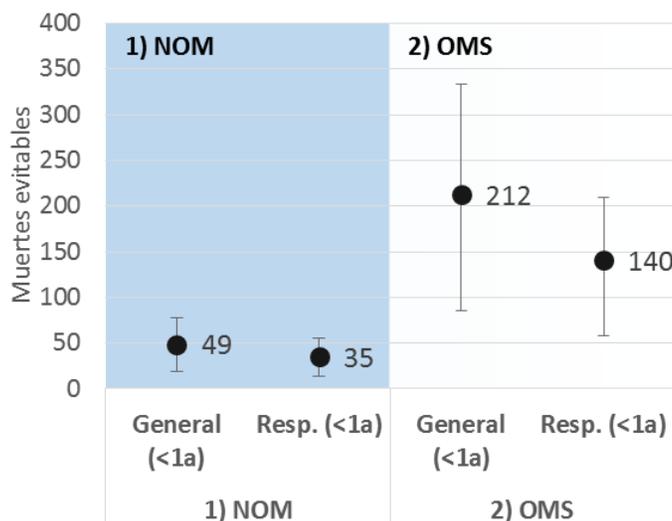
En la FIGURA III.7 se presentan los resultados globales sobre la caracterización de mortalidad evitable por causas generales en población infantil menor de un año en la Región Centro en el año de análisis. Se muestran resultados para los escenarios correspondientes a los estándares: 1) $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (NOM) y 2) $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (OMS). Se indican los estimadores medios (M.E. media) y los del intervalo de confianza al 95% (Percentiles 2.5 y 97.5) vinculados a la incertidumbre de las FCR utilizadas.

Los resultados promedio de la evaluación por causas generales en infantes menores de un año en la Región Centro son de 49 y 212 M.E. para los escenarios NOM y OMS, respectivamente. Asimismo, en la evaluación de causas específicas se encontraron entre 35 y 140 M.E. por causas respiratorias en este grupo de población.

Las muertes evitables promedio en adultos e infantes se desagregan por entidad federativa en el CUADRO III-4. Destaca la contribución mayor a 80% de la Ciudad de México y el Estado de México, a la mortalidad evitable en los diversos grupos de población y causas de la Región Centro, como resultado de una alta población y a la mayor cobertura de monitoreo que presentan. Se muestran también los resultados para cada una de las causas específicas analizadas. En Morelos no fue posible realizar la evaluación debido a la falta de información válida de monitoreo de PM_{10} en el 2014. Por

su parte, el estado de Tlaxcala es evaluado a consecuencia de la influencia que tienen sobre algunos de sus municipios las estaciones de monitoreo del estado de Puebla.

FIGURA III.7. MUERTES EVITABLES PROMEDIO (IC 95%) POR ESCENARIO Y CAUSA EN INFANTES A CONSECUENCIA DE LA REDUCCIÓN DE PM₁₀ EN LA REGIÓN CENTRO (AÑO BASE 2014)



* Escenarios de gestión: 1) NOM (40 µg/m³) y 2) OMS (20 µg/m³)

Fuente: Elaboración INSP, INECC, 2016c.

CUADRO III-4. MORTALIDAD EVITABLE PROMEDIO POR ESCENARIO Y CAUSA A CONSECUENCIA DE LA REDUCCIÓN DE PM₁₀ EN LAS ENTIDADES DE LA REGIÓN CENTRO

Entidad	Población total 2014	Cobertura de población (%)	General (>30a)*		General (<1a)*		Resp. (<1a)*	
			NOM	OMS	NOM	OMS	NOM	OMS
Ciudad de México	8,904,558	100	1,270	5,945	19	85	11	54
Estado de México	15,975,116	76	1,067	4,382	21	90	18	62
Hidalgo	2,817,951	8	0	36	0	0	0	1
Morelos	1,877,498	0	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Puebla	6,086,625	37	293	1,153	7	28	5	16
Querétaro	1,993,536	61	88	477	1	8	1	5
Tlaxcala	1,251,478	18	38	95	1	2	1	2
Total general	38,906,761	64	2,756	12,089	49	212	35	140

*La letra "a", después del número entre paréntesis indica años.

Escenarios de gestión: 1) NOM (40 µg/m³) y 2) OMS (20 µg/m³).

NA: No evaluado por falta de información de monitoreo.

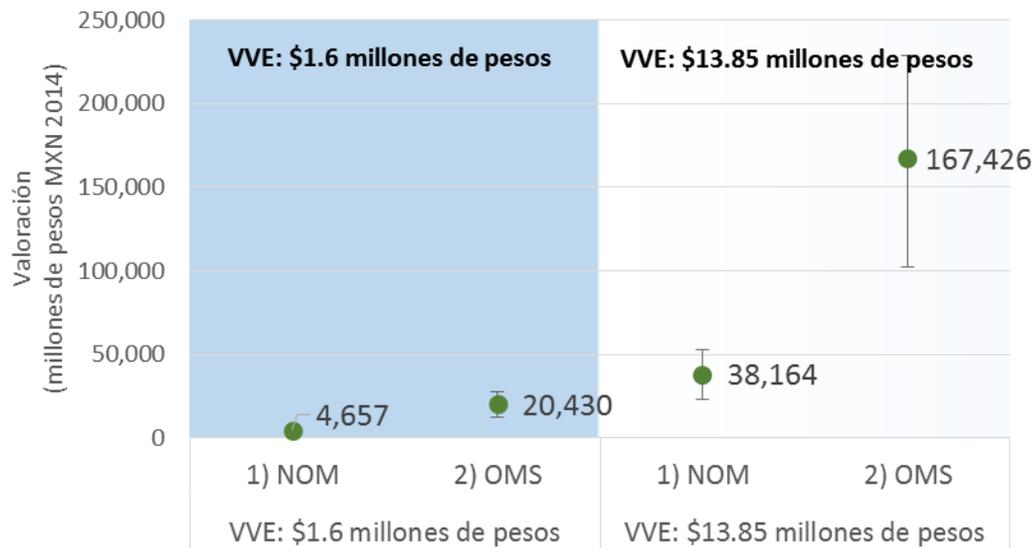
Fuente: Elaboración INSP, INECC, 2016c.

Valoración económica

La valoración económica de las muertes evitables por causas generales en la Región Centro correspondiente a la reducción de $PM_{2.5}$ se ilustra en la FIGURA III.8. Aquí se muestra la valoración de los escenarios NOM y OMS con los dos VVE seleccionados para el estudio: 1.6 millones de pesos y 13.85 millones de pesos (MXN, 2014), respectivamente.

La valoración indica que los beneficios por reducir las concentraciones de PM_{10} en la Región Centro oscilaría a entre 5 y 20 mil millones de pesos (NOM y OMS, respectivamente) bajo el VVE más conservador (VVE: 1.6 millones de pesos). Asimismo, la valoración ascendería a entre 38 y 167 mil millones de pesos (NOM y OMS, respectivamente) bajo el VVE menos conservador (VVE: 13.85 millones de pesos); es decir, alrededor de 8 veces mayor que el primer supuesto.

FIGURA III.8. VALORACIÓN ECONÓMICA DE LAS MUERTES EVITABLES POR CAUSAS GENERALES ASOCIADAS A LA REDUCCIÓN DE PM_{10} EN LA REGIÓN CENTRO



Fuente: Elaboración INSP, INECC, 2016c.

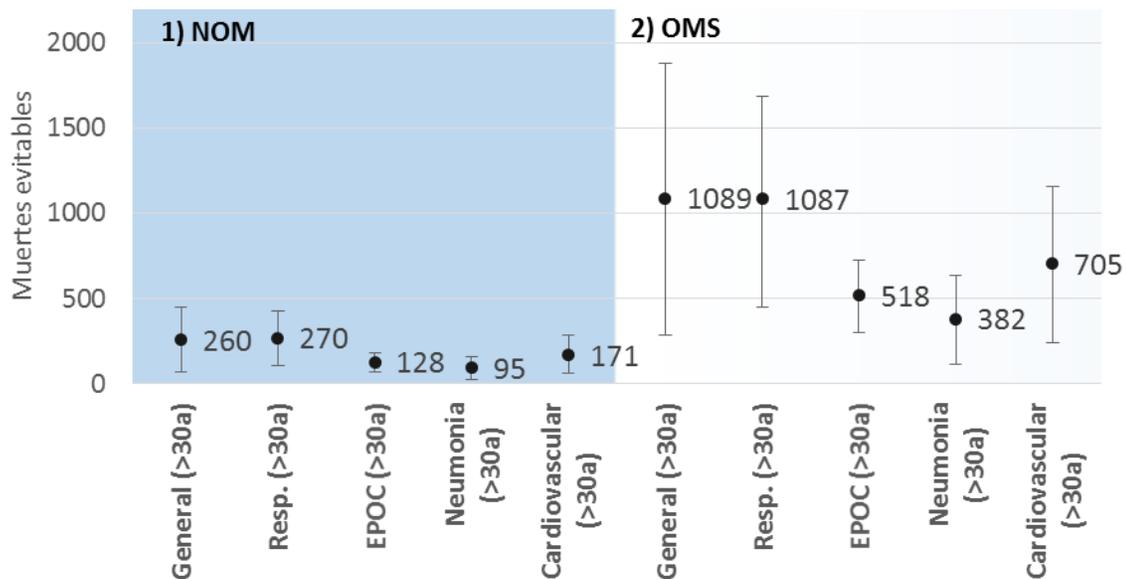
Reducción de O_3 : mortalidad evitable y valoración económica

Mortalidad evitable

En la FIGURA III.9 se presentan los resultados globales sobre la caracterización de mortalidad evitable por causas generales y específicas (cardiovasculares, EPOC, Neumonía y Respiratorias) en población mayor a 30 años en la Región Centro durante el 2014. Se muestran resultados para los escenarios de los estándares de referencias

de 70 ppb (NOM) y 50 ppb (OMS). Se indican los estimadores medios (M.E. media) y los del intervalo de confianza al 95% (Percentiles 2.5 y 97.5) vinculados a la incertidumbre de las FCR utilizadas. Cabe señalar que estos resultados reflejan un escenario hipotético en el que las normas de calidad del aire, con respecto a los promedios móviles de 8 horas, se cumplen todo el año; es decir, que el promedio de 8 horas máximo diario permanece por debajo de los valores de referencia.

FIGURA III.9. MUERTES EVITABLES PROMEDIO (IC 95%) EN EL ESCENARIO OMS Y POR CAUSA EN ADULTOS A CONSECUENCIA DE LA REDUCCIÓN DE O₃ EN LA REGIÓN CENTRO (AÑO BASE 2014)



* Escenario de gestión: 1) NOM (70 ppb) y 2) OMS (50 ppb).

Fuente: Elaboración INSP, INECC, 2016c.

Los resultados promedio de la evaluación por causas generales en la Región Centro son de 260 y 1,089 M.E. para los escenarios NOM y OMS, respectivamente. Adicionalmente, en el escenario medio (60 ppb) se podrían evitar 674 muertes prematuras en la Región Centro durante el 2014.

En el CUADRO III-5 se presenta la caracterización de mortalidad evitable media por causas generales específicas en población mayor a 30 años en la Región Centro durante el 2014. Destaca que casi toda la contribución a la mortalidad evitable corresponde a la Ciudad de México y el estado de México. Los estados de Hidalgo, Puebla y Querétaro tienen una contribución casi nula e inclusive, en el caso de Querétaro escenario NOM, las M.E. son cero, en tanto que durante el año ningún promedio de 8 horas rebasa los 70 ppb. Por su parte, en Tlaxcala y Morelos no fue posible realizar la evaluación debido a la falta de información válida de monitoreo de O₃ en el 2014.

CUADRO III-5. MORTALIDAD EVITABLE PROMEDIO POR ESCENARIO Y CAUSA A CONSECUENCIA DE LA DISMINUCIÓN DE O₃ EN LAS ENTIDADES DE LA REGIÓN CENTRO

Entidad	Población total 2014	Cob. Pob. (%)	General (>30a)*		Resp. (>30a)*		EPOC (>30a)*		Neumonía (>30a)*		Cardiovascular (>30a)*	
			NOM	OMS	NOM	OMS	NOM	OMS	NOM	OMS	NOM	OMS
Ciudad de México	8,904,558	100	191	755	204	770	86	326	79	300	131	510
Estado de México	15,975,116	85	68	330	66	312	41	189	16	80	40	193
Hidalgo	2,817,951	11	<1	2	<1	2	<1	1	<1	1	<1	1
Morelos	1,877,498	0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Puebla	6,086,625	31	<1	2	<1	2	<1	1	<1	1	<1	1
Querétaro	1,993,536	61	0	<1	0	<1	0	<1	0	<1	0	<1
Tlaxcala	1,251,478	0	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Total general	38,906,761	66%	260	1089	270	1087	128	518	95	382	171	705

*La letra "a", después del número entre paréntesis indica años.

Escenario de gestión: 1) NOM (70 ppb) y 2) OMS (50 ppb).

NA: No evaluado por falta de datos o insuficiencia de información mayor al 75%.

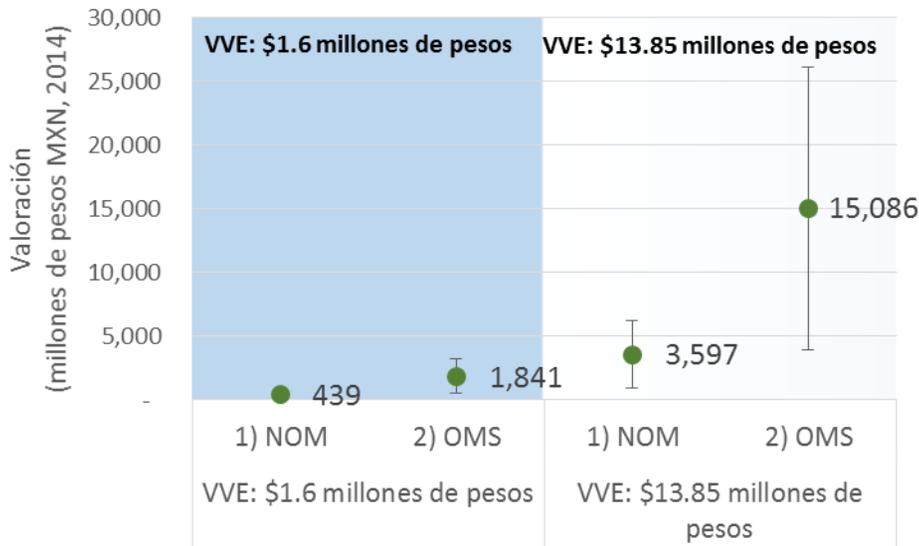
Fuente: Elaboración INSP, INECC, 2016c.

Valoración económica

La valoración económica de las muertes evitables por causas generales en la Región Centro, correspondiente a la reducción de O₃ se ilustra en la FIGURA III.10. Aquí se muestra la valoración de los escenarios NOM y OMS con los dos VVE seleccionados para el estudio: 1.6 millones de pesos y 13.85 millones de pesos (MXN, 2014), respectivamente.

La valoración indica que los beneficios por reducir las concentraciones de O₃ en la Región Centro sería de 0.4 y 1.8 mil millones de pesos en el escenario NOM y OMS, respectivamente, al utilizar el VVE más conservador (VVE: 1.6 millones de pesos). Asimismo, la valoración ascendería a entre 3.5 y 15 mil millones de pesos (escenario NOM y OMS, respectivamente) bajo el VVE menos conservador (VVE: 13.85 millones de pesos); es decir, alrededor de 8 veces mayor que el primer supuesto.

FIGURA III.10. VALORACIÓN ECONÓMICA DE LAS MUERTES EVITABLES POR CAUSAS GENERALES ASOCIADAS A LA REDUCCIÓN DE O₃ EN LA REGIÓN CENTRO



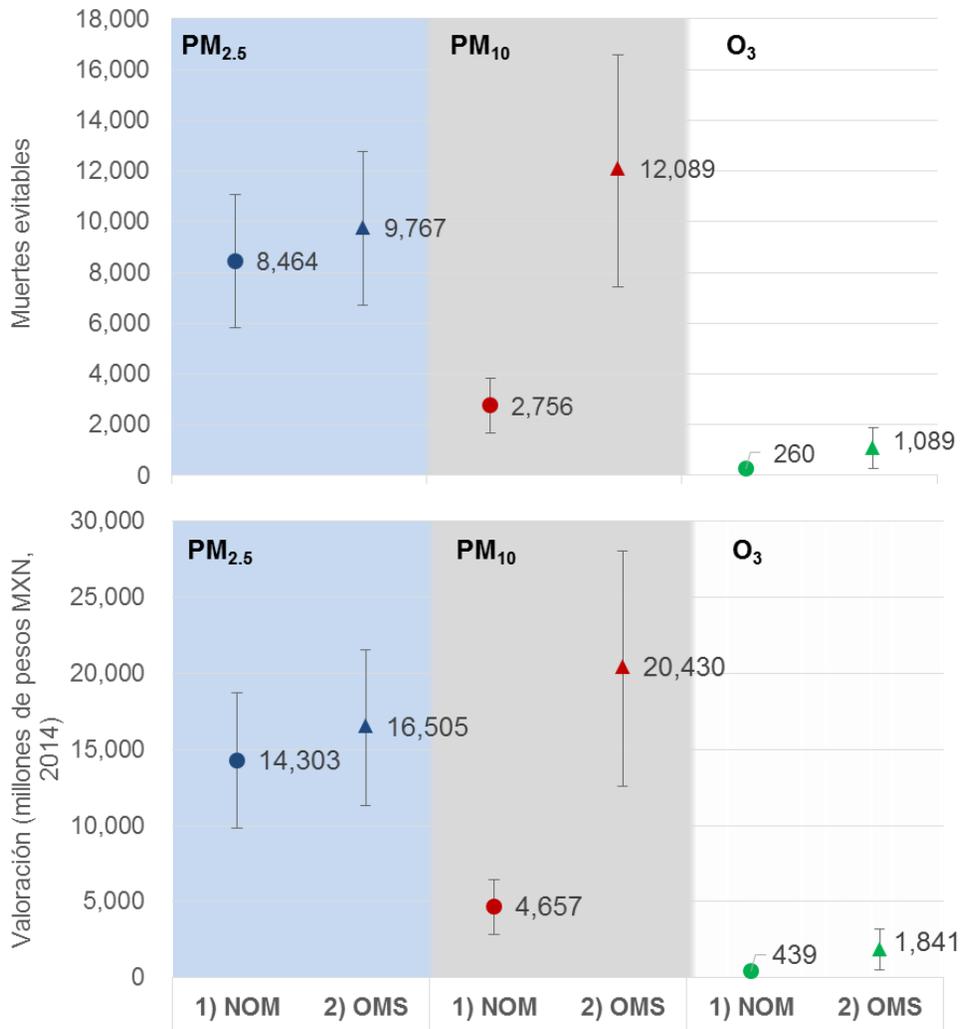
Fuente: Elaboración INSP, INECC, 2016c.

Los principales resultados de esta evaluación se ilustran en la FIGURA III.11. Aquí se muestra que si las concentraciones de contaminantes se redujeran drásticamente en la Región Centro, se podrían evitar alrededor de 12 mil muertes prematuras anuales, estimador para PM₁₀, escenario OMS. Esta cifra se puede valorar en un beneficio social de aproximadamente 20 mil millones de pesos del 2014, estimador para PM₁₀, escenario OMS.

En resumen, se puede considerar que existe un número significativo de muertes evitables asociadas con la contaminación del aire en la zona centro del país. Esto ocurre porque las ciudades están lejos de alcanzar promedios de concentraciones anuales cercanos a la Norma de Salud y sobre todo a las recomendaciones de la OMS. Es la población y el sector salud quienes están pagando los costos en esta región por no contar con un aire saludable.

Los resultados de este estudio son consistentes con otros recientemente publicados. De acuerdo con el estudio sobre carga global de la enfermedad del 2015, para México, la contaminación del aire por partículas se sitúa como el quinto factor de riesgo a la salud por el número de muertes prematuras. Dicho estudio estima que, a nivel nacional, en ese mismo año, cerca de 29,000 muertes y casi 558,000 años de vida ajustados por discapacidad “DALY” serían atribuibles a la mala calidad del aire (IHME, 2016).

FIGURA III.11. MORTALIDAD EVITABLE POR CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA Y SU VALORACIÓN ECONÓMICA EN LA REGIÓN CENTRO DEL PAÍS DURANTE EL 2014. SÍNTESIS DE RESULTADOS



Mortalidad evitable promedio e intervalo de confianza (IC 95%) correspondiente a la incertidumbre de las FCR utilizadas.

Valoración económica con base en un VVE de \$1.6 millones de pesos MXN del 2014. Intervalo de confianza (IC 95%) correspondiente a la incertidumbre de las FCR utilizadas.

Fuente: Elaboración INSP, INECC, 2016c.

III.2. Impactos en cultivos y bosques

Impactos en cultivos

Desde mediados del siglo XX se han estudiado los efectos que la contaminación del aire provoca en los cultivos, los árboles y otro tipo de vegetación, revelando que el ozono no sólo es tóxico para los seres humanos, sino que también afecta a las plantas, incluyendo a los cultivos comerciales. Los daños producidos por el ozono en la vegetación fueron observados en el campo y documentados por investigadores, por primera vez en el estado de California en los Estados Unidos (Middleton et al., 1950).

Se encontraron síntomas que eran muy similares a los efectos causados por el peroxiacetilnitrato "PAN" o por mezclas de PAN, aldehídos y otros compuestos químicos oxidantes. Desde finales de los años cincuenta, fueron descritos los daños debido al ozono atmosférico en San Bernardino, California (Richards et al., 1958).

Como primera evaluación de su tipo en México, el Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM realizó una estimación de los impactos de la contaminación atmosférica por ozono sobre un par de cultivos en la Región Centro (INECC, 2014).

Se escogió el maíz por su importancia económica y en la dieta en México, así como por la extensión en que se cultiva. La planta del maíz es reportada como poco sensible al ozono y para contrastarla, se estudió también la avena que es muy sensible a este contaminante.

Para ello, se construyó un mapa de la suma de excesos, durante todas las horas de luz solar, de las 7 am a las 7 pm, de la concentración de referencia de 40 ppb de ozono para el periodo junio-septiembre de 2011, el cual es denominado como índice AOT40, después del cual se tienen afectaciones en la vegetación y en los cultivos (FIGURA III.12).

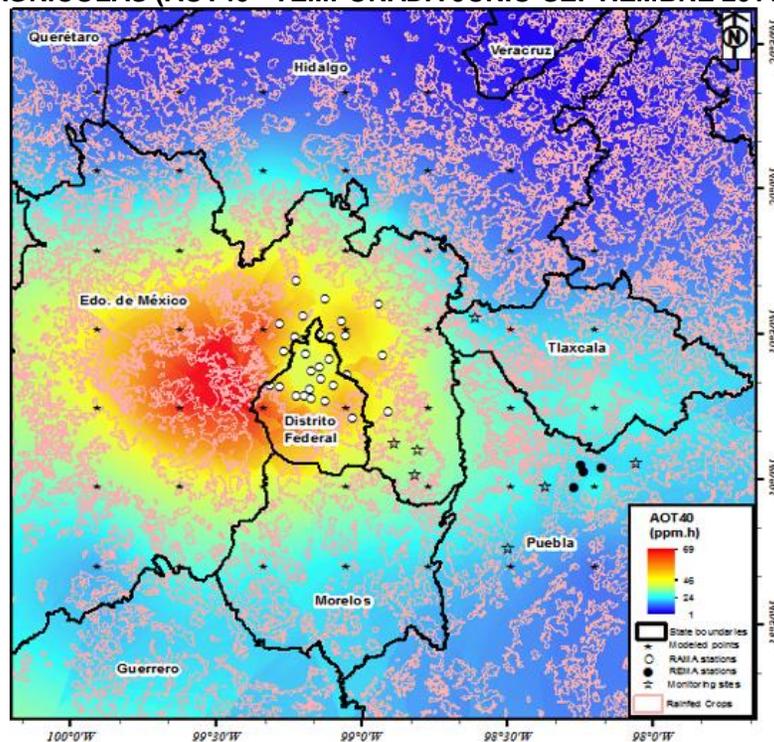
Las excedencias del índice AOT40 se estimaron mediante un método híbrido que permitió utilizar la escasa información sobre niveles de ozono en medios rurales en México, así como resultados del modelo WRF-Chem, sitios de estaciones de monitoreo urbanos, algunos sitios de campañas de monitoreo pasivo en bosques, y un par de campañas intensivas en áreas rurales y periurbanas (García Yee et al., 2016; Barrera-Huertas et al., 2016).

A pesar de que las concentraciones horarias de ozono más elevadas se registran en la ZMVM, el estudio identifica que las áreas con mayores impactos en los cultivos y vegetación están localizadas al poniente del Valle de México.

Si bien, esta estimación es consistente con el comportamiento del ozono en las cercanías de una ciudad, en donde viento abajo de la misma, las concentraciones de ozono aumentan debido a la ausencia de emisiones frescas de NOx. También es consistente con lo presentado en la sección II.5. Transporte de contaminantes en la región CAME.

En el periodo de junio a septiembre la zona poniente es receptora de masas de aire contaminado (FIGURA III.12) en las que se acumula el ozono, provenientes de la ZMVT o de la ZMVM. Se debe evaluar la posibilidad de que también esté bajo la influencia de Tula-Tepeji. Asimismo, los resultados de los modelos en esta zona presentan las mayores incertidumbres pues no se cuenta con mediciones de campo para poderlos validar.

FIGURA III.12. EXPOSICIÓN ACUMULADA DE OZONO EN CULTIVOS AGRÍCOLAS (AOT40 - TEMPORADA JUNIO-SEPTIEMBRE 2011)



Fuente: INECC, 2014.

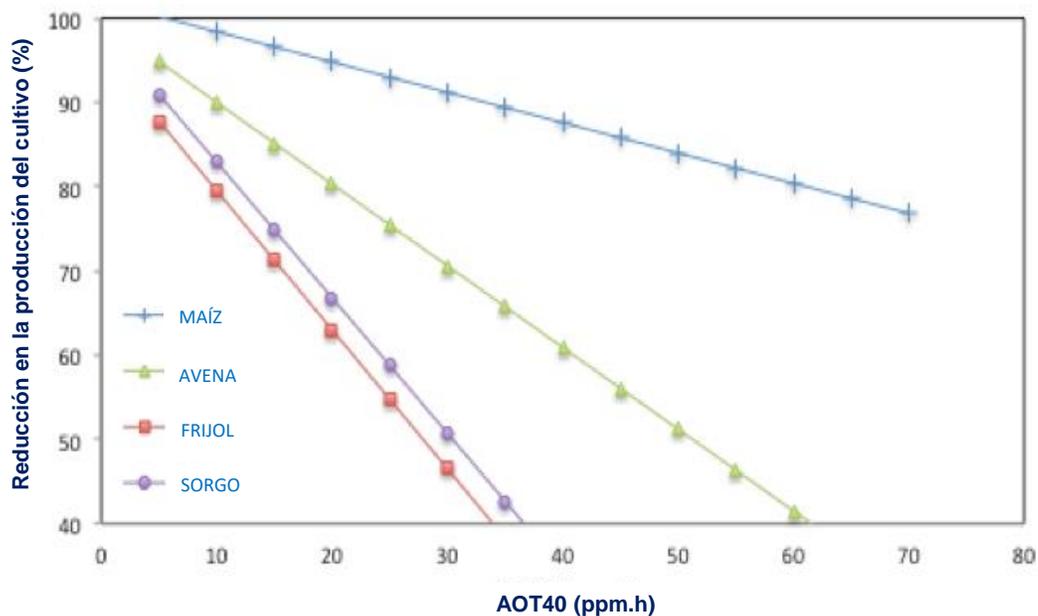
Para estimar los impactos en el rendimiento de los cultivos, se emplearon las funciones de exposición-respuesta a las concentraciones de ozono, de cuatro cultivos presentes en la región de la Megalópolis, como se muestra en el CUADRO III-6. Estas funciones fueron obtenidas para los cultivos en Europa y Estados Unidos (INECC, 2014).

CUADRO III-6. FUNCIONES EXPOSICIÓN-RESPUESTA A LA EXPOSICIÓN A OZONO DE CUATRO CULTIVOS DE IMPORTANCIA EN LA REGIÓN CENTRO DE MÉXICO

Cultivo	$RY = \text{rendimiento relativo}, x = \text{AOT40 (ppm-h)}$
Maíz	$RY = -0.0036x + 1.02$
Avena	$RY = -0.0097x + 0.997$
Frijol (Familia Poaceae)	$RY = -0.0165x + 0.96$ (por similitud de familia)
Sorgo (Familia Fabaceae)	$RY = -0.0161x + 0.99$ (por similitud de familia)

Fuente: INECC, 2014.

La FIGURA III.13 muestra la comparación de la sensibilidad a la exposición a ozono (AOT40) de los cultivos analizados, usando las ecuaciones anteriores, siendo el maíz el menos sensible y el frijol y el sorgo altamente sensibles. También frutos como el tomate son muy sensibles, al igual que las hortalizas; éstas se cultivan en las vecindades de las ciudades donde el ozono es más elevado.

FIGURA III.13. EFECTO DE LA EXPOSICIÓN ACUMULADA AL OZONO DURANTE EL CULTIVO USANDO EL INDICADOR AOT40

Fuente: INECC, 2014.

A partir de la información anterior y conociendo el área sembrada y el valor de la producción se puede estimar la pérdida económica debido a la magnitud de la contaminación del aire (CUADRO III-7). Se puede apreciar que puede rondar en los mil millones de pesos anuales y considerando que esta estimación fue parcial, se puede esperar una magnitud mucho más importante.

Por otra parte, los impactos de la contaminación en la agricultura no son homogéneos en la región, dependen de la producción del cultivo, del área sembrada, del AOT40 acumulado y del precio pagado al agricultor, el cual no es el mismo en todos los municipios.

Por ejemplo, para el maíz, los agricultores del municipio de Huamantla en el estado de Tlaxcala pierden 6% de su producción por exposición al ozono, por lo que se estima una pérdida económica de 9 millones de pesos “MDP” (la producción anual estimada es de 156 MDP). Por su parte en el municipio de Villa de Allende en el Estado de México se pierde un 11% de la producción por exposición al ozono, considerando que el valor estimado de producción es de 152 MDP, entonces se pierden alrededor de 17 MDP.

CUADRO III-7. PÉRDIDA ECONÓMICA EN CULTIVOS POR EXPOSICIÓN A OZONO EN LA REGIÓN CAME, JUNIO-SEPTIEMBRE 2011

Cultivo	Área sembrada (ha)	Valor de la producción (MDP)	Pérdida económica (MDP)
Maíz	361,999	2,461	287
Avena	81,984	479	291
Frijol	16,004	116	86
Sorgo	36,777	410	210
Nopal	7,642	951	ND
Agave	864	39	ND
Amaranto	1,235	13	ND
Magüey pulquero	1,896	430	ND
Total			874

ND: No Determinado

Fuente: INECC, 2014.

En ambos municipios el valor de la producción es aproximadamente igual, pero la pérdida económica casi se duplica en Valle de Allende, debido a una mayor exposición acumulada. En términos de equidad ambiental el impacto social en Villa de Allende es aún mayor, por ser éste un municipio con mayor índice de marginalidad.

Para algunos cultivos de alto valor agregado (CUADRO III-7) no se puede estimar el impacto económico de su exposición a ozono debido a que no existen funciones exposición-respuesta por no ser de interés económico en Estados Unidos o Europa. Por su importancia económica en nuestro país, será necesario obtener esas funciones.

Sin duda, estos resultados son muy relevantes y habrá que impulsar investigaciones de campo que permitan validar las metodologías empleadas y obtener experimentalmente los parámetros locales en la región de la Megalópolis, para el ozono y otros contaminantes, para mejorar las estimaciones de los costos de los efectos de la contaminación sobre los cultivos.

Impactos en bosques

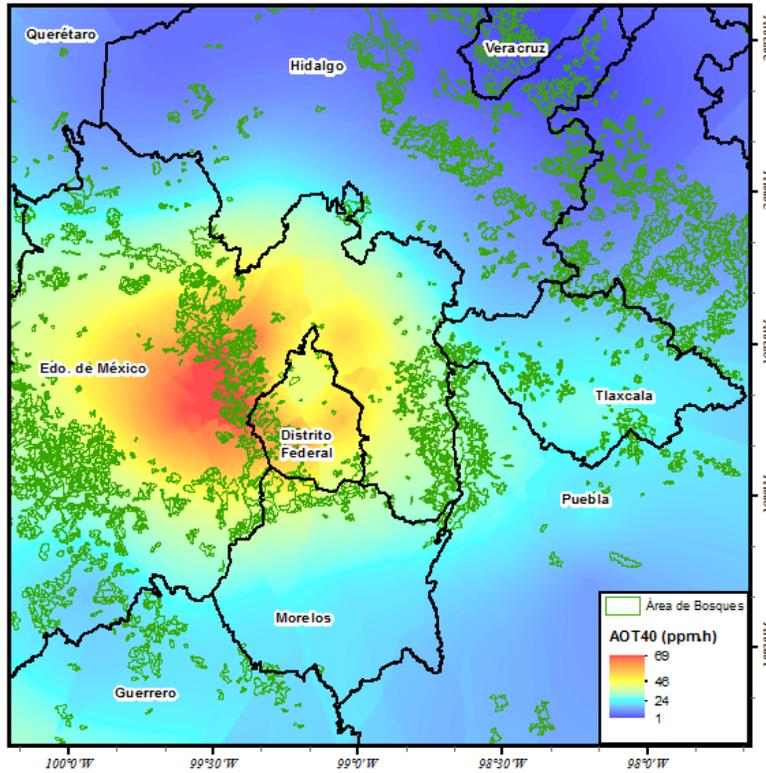
También los ecosistemas forestales son afectados por su exposición a ozono, reduciendo su capacidad de captura de carbono. La métrica utilizada para la protección de la vegetación en las directivas europeas, la AOT40, no es una concentración media sino un valor acumulado para un periodo de crecimiento de la planta. El nivel crítico actualizado para la protección de los bosques se estableció en un valor de la AOT40 = 5,000 ppb.h, considerando los 6 meses de abril a septiembre, con una reducción del crecimiento del 5% (CLRTAP, 2015); anteriormente el AOT40 era de 10,000 ppb.h y fue el que se empleó en esta evaluación. Las concentraciones de ozono que se presentan en la región de estudio pueden llegar a causar efectos adversos sobre la vegetación, reflejándose en la producción, vitalidad y tolerancia al estrés de los bosques.

Los mapas de excedencias de AOT40 para los bosques se construyeron de manera similar a los de los cultivos. A diferencia de los cultivos cuya distribución está más fragmentada e hizo necesario distribuirlos uniformemente en el área del municipio, y promediar en el municipio las excedencias del AOT40, para los bosques se usó la información sobre Uso de Suelo y Vegetación de la Serie V del INEGI para ubicarlos en el área de estudio. Esta capa se interceptó con las capas de estados, municipios y con la capa de información de la métrica de AOT40. De esta forma se tiene por municipio, la distribución espacial de cada tipo de bosques y su afectación por ozono.

En el mapa generado para el AOT40 (FIGURA III.14) se observa que en las zonas altas se tienen valores por encima de las 50,000 ppb.h acumuladas, llegando algunas zonas a alcanzar las 69,000 ppb.h (7 veces el umbral). El AOT40 fue excedido en 82% de las áreas de bosque y los valores de AOT40 más frecuentes (45%) estuvieron en el intervalo de 23,000 - 44,000 ppb.h.

Dentro del área de estudio se tienen los siguientes tipos de bosques: bosque cultivado, bosque de cedro, bosque de encino, bosque de encino-pino, bosque de oyamel, bosque de pino, bosque de pino-encino, bosque mesófilo de montaña, bosque de galería, bosque de mezquite y bosque de táscate, ocupando una superficie de 7,970 km². En el CUADRO III-8 se reporta el área correspondiente a cada uno de estos bosques.

FIGURA III.14. EXPOSICIÓN ACUMULADA A OZONO DE BOSQUES (AOT40)



Fuente: INECC, 2014.

CUADRO III-8. TIPOS DE BOSQUES Y ÁREA DE LOS MISMOS EN LA REGIÓN CENTRO DE MÉXICO

Bosque	Área (km ²)	%
Bosque cultivado	153.52	1.93
Bosque de cedro	15.99	0.20
Bosque de encino	1312.64	16.47
Bosque de encino-pino	477.14	5.99
Bosque de oyamel	840.36	10.54
Bosque de pino	2674.14	33.55
Bosque de pino-encino	1881.40	23.60
Bosque mesófilo de montaña	448.84	5.63
Bosque de galería	2.11	0.03
Bosque de mezquite	2.77	0.03
Bosque de táscate	162.04	2.03

Fuente: INECC, 2014.

Para calcular la pérdida de biomasa de los bosques debida a la afectación por ozono se utilizaron funciones dosis-respuesta basadas en experimentos en cámaras de techo descubiertas realizados en Europa (CUADRO III-9), para una disminución en biomasa del 10%, con $y = ax + b$, x: AOT40 en ppm.h. (van Goethem, 2013).

CUADRO III-9. FUNCIONES DOSIS-RESPUESTA PARA VARIAS ESPECIES ARBÓREAS

Especies	Familia	a	b	EC ₁₀ (ppm.h)
<i>Fagus sylvatica</i>	Fagaceae	-0.0174	-	5.74
<i>Pinus sylvestris</i>	Pinaceae	-0.0073	-	13.66
<i>Quercus faginea</i>	Fagaceae	-0.0073	-	13.66
<i>Quercus pyrenaica</i>	Fagaceae	-0.0061	-	16.38
<i>Quercus robur</i>	Fagaceae	-0.0056	-	17.74
<i>Quercus petraea</i>	Fagaceae	-0.0054	-	18.58
<i>Picea abies</i>	Pinaceae	-0.0028	-	35.72

Fuente: INECC, 2014.

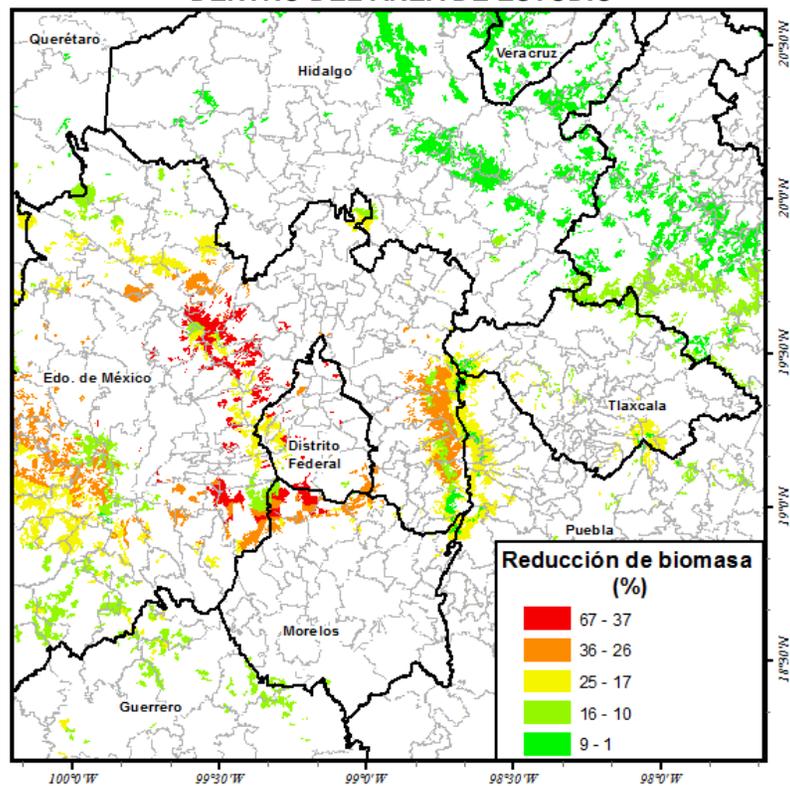
Debido a que las especies de bosques en México no son las mismas que las encontradas en Europa, se utilizaron estas funciones por analogía en las Familias arbóreas y promediando los valores encontrados para la misma Familia.

Como se mencionó, los mapas de excedencias de AOT40 para los bosques se construyeron de manera similar a los de los cultivos. Para ello, se plasmó su ubicación dentro del área de estudio, con lo cual se pudo obtener un mapa de pérdidas de biomasa en los bosques (FIGURA III.15).

Para llegar a un costo económico se tendrá que obtener información sobre la distribución de la biomasa en diferentes compartimentos del árbol (raíces, tronco, ramas, corteza y hojas) y evaluar esa biomasa no fijada en términos de biomasa maderable o tal vez por una disminución de los servicios ambientales.

Al igual que para los cultivos, en el caso de la estimación de los daños de los contaminantes atmosféricos a los bosques, habrá que impulsar investigaciones de campo que permitan validar y obtener experimentalmente las metodologías y los parámetros locales en la región de la Megalópolis, para el ozono y otros contaminantes, para mejorar las estimaciones de los costos de los efectos de la contaminación sobre los bosques.

FIGURA III.15. REDUCCIÓN DE BIOMASA DE LOS BOSQUES DENTRO DEL ÁREA DE ESTUDIO



Fuente: INECC, 2014.

III.3. Impactos en el patrimonio histórico - cultural y en materiales

La contaminación atmosférica representa una amenaza para el patrimonio cultural al favorecer el deterioro natural de monumentos, palacios, iglesias, y ruinas arqueológicas que tienen un valor irremplazable. Por ejemplo, en la ZMVM hay 19,968 edificaciones registradas como monumentos arqueológicos, históricos o artísticos construidos con piedra caliza o volcánica (CONACULTA, 2003; INAH, 2007).

De la FIGURA III.16 a la FIGURA III.19 presentan imágenes de daños en el patrimonio cultural de edificaciones ubicadas en tres entidades federativas de la Megalópolis. Las manchas blancas es yeso (sulfato de calcio), que se forma a partir de la reacción de carbonatos contenidos en la piedra con SO_2 y sulfatos en la atmósfera. Al disolverse los sulfatos la piedra queda más expuesta a la contaminación dando lugar a que se fragmente. Las funciones dosis respuesta no pueden prever daños estructurales en la piedra como los observados en la fotografía de la Catedral de Puebla; en ese sentido cualquier estimación del daño basado en esas funciones representa una cota inferior del daño potencial.

FIGURA III.16. TOLUCA



FIGURA III.17. TULA



FIGURA III.18. CATEDRAL DE PUEBLA



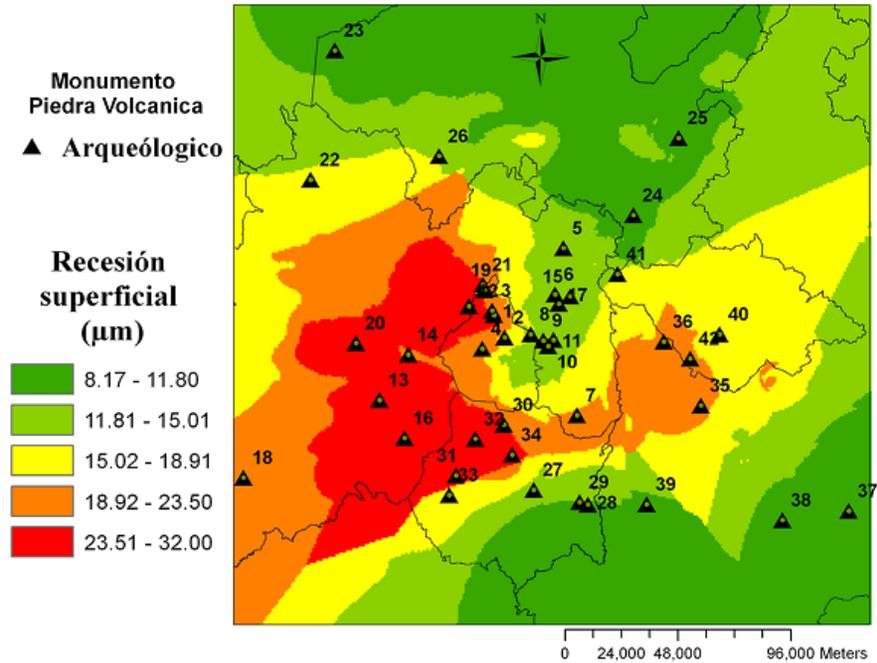
FIGURA III.19. CATEDRAL DE PUEBLA



Fuente: INECC, 2016a.

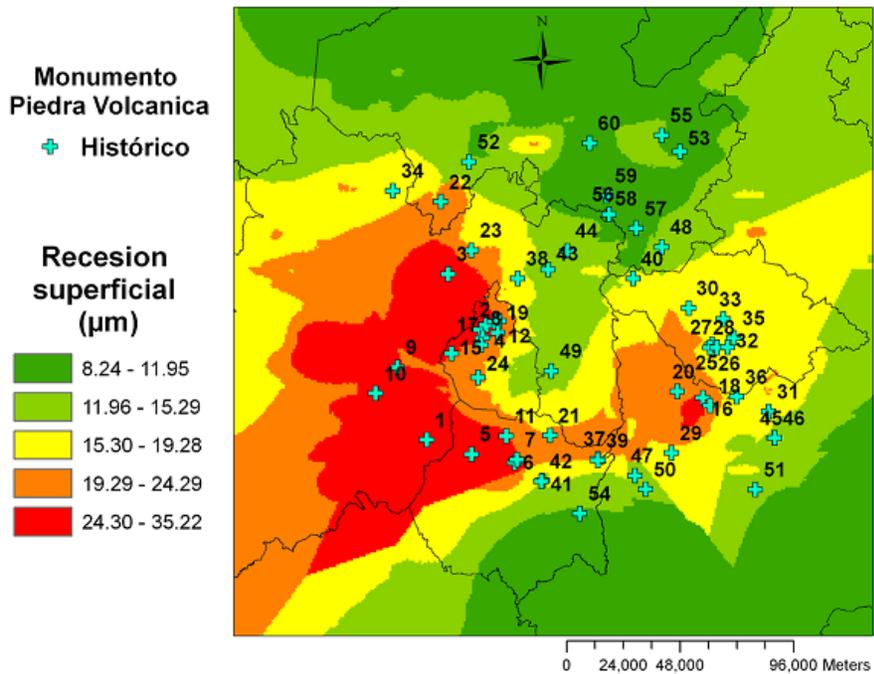
Para estimar el riesgo de deterioro en este patrimonio se aplicaron funciones empíricas dosis - respuesta recomendadas por la Convención sobre la Contaminación Transfronteriza y de Largo Alcance, de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa "UNECE", datos de las redes de monitoreo de calidad del aire, resultados de modelos de calidad del aire, datos de precipitación ácida y parámetros meteorológicos disponibles para esta región; así como procedimientos de interpolación espacial SIG para el área de influencia de la ZMVM. Los riesgos se expresan como tasas de recesión, o degradación, del material de los monumentos, expresadas en micrómetros perdidos por año (FIGURA III.20 y FIGURA III.21, CUADRO III-10 y CUADRO III-11).

FIGURA III.20. TASAS DE RECESIÓN EN MONUMENTOS ARQUEOLÓGICOS, 2014



Fuente: INECC, 2014.

FIGURA III.21. TASAS DE RECESIÓN EN MONUMENTOS HISTÓRICOS, 2014



Fuente: INECC, 2014.

CUADRO III-10. ESTIMACIÓN DE RECESIÓN PARA PIEDRA VOLCÁNICA DE MONUMENTOS HISTÓRICOS EN LA CRCM, 2014

Nombre de monumento	Entidad	Recesión natural (µm)	Recesión presente (µm)	Incremento (%)
Teatro Centenario	EDOMEX	20.77	31.14	49.91
Museo Nacional de la Cartografía	CDMX	21.54	31.21	44.88
Acueducto de Chapultepec	CDMX	20.95	29.31	39.86
Templo de San Juan Bautista	Puebla	17.27	23.18	34.22
Academia Nacional de Medicina	CDMX	18.93	24.99	32.02
Catedral y Sagrario Metropolitano	CDMX	18.93	24.99	32.02
Templo de Santa María La Asunción	Puebla	17.85	23.51	31.67
Templo de Santo Domingo de Guzmán	CDMX	20.06	26.20	30.58
Palacio de Lecumberri	CDMX	19.79	25.13	26.96
Antiguo Convento de Santiago Apóstol	EDOMEX	25.76	31.53	22.41
Templo y Antiguo Convento de San Matías Apóstol	CDMX.	19.12	23.01	20.34
Templo de San Dieguito	Puebla	18.81	21.77	15.75
Ex-Convento de El Carmen	CDMX	20.31	23.29	14.69
Ex-Colegios Jesuitas San Martín y San Francisco Javier, acequias de aguas rodada	EDOMEX	17.43	19.95	14.42
Antiguo Convento del Desierto de los Leones	CDMX	22.02	24.66	11.98
Templo y Antiguo Convento de la Asunción	EDOMEX	24.32	27.15	11.64

Fuente: INECC, 2014.

CUADRO III-11. ESTIMACIÓN DE RECESIÓN PARA PIEDRA VOLCÁNICA DE MONUMENTOS ARQUEOLÓGICOS EN LA CRCM, 2014

Nombre	Entidad	Recesión natural (µm)	Recesión presente (µm)	Incremento (%)
Santa Cecilia	EDOMEX	17.8	23.0	29.3
Zona de Monumentos Arq. El Conde	EDOMEX	21.1	26.9	27.5
Zona de Monumentos Arq. de Calixtlahuaca-San Marcos	EDOMEX	21.5	27.3	26.9
Zona de Monumentos Arq. de Cholula	Puebla	17.5	22.1	26.0
Zona Arq. de Templo Mayor	CDMX	19.9	24.1	21.2
Zona Arq. de Tlatelolco	CDMX	19.0	22.5	18.9
Zona Arq. de Tenayuca	EDOMEX	18.0	21.3	18.5

Fuente: INECC, 2014.

Al igual que para la estimación de daños en cultivos y bosques, se emplearon simulaciones numéricas para obtener las concentraciones de contaminantes como el dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno y ozono, estimándose su concentración en la región de la Megalópolis. La interpretación de la localización de las zonas con mayores tasas de recesión es la misma que se expuso en la evaluación de daños a cultivos y bosques, es decir que son zonas receptoras de masas de aire contaminadas.

Cabe mencionar que como el material de piedra volcánica usado en muchos edificios del patrimonio cultural del centro de México no se encuentra en el patrimonio cultural europeo, las funciones dosis-respuesta empleadas en la presente estimación de daños fueron para otros tipos de materiales. Para este caso se utilizó la función dosis-respuesta de una piedra rica en silicatos, clase de compuestos comunes en la piedra volcánica, pero más densa y menos porosa que la piedra volcánica. En ese sentido los resultados que aquí se presentan son una subestimación del riesgo potencial de deterioro.

Como en el caso de cultivos característicos de México, la obtención de esas funciones exposición-respuesta se deberán obtener en el país.

Conociendo los impactos de la contaminación del aire en el patrimonio histórico - cultural, se pueden utilizar los mapas obtenidos en esta evaluación para optimizar el uso de los recursos para su conservación.

La contaminación atmosférica afecta también a los materiales utilizados en la construcción de la infraestructura pública, como edificios públicos, puentes, postes de cableado eléctrico o telefónico, o a los del patrimonio privado como naves industriales, recubrimientos de exteriores, marcos metálicos y otros (FIGURA III.22).

FIGURA III.22. FOTOGRAFÍAS QUE MUESTRAN PARTES DE LA INFRAESTRUCTURA PÚBLICA CON DIFERENTE GRADO DE DAÑO



En este momento no se cuenta con estudios al respecto pero será necesario llevar a cabo las investigaciones a nivel megalopolitano. En este sentido, se pueden obtener funciones exposición-respuesta para estos materiales y se pueden elaborar mapas de las tasas de oxidación o recesión; también haría falta obtener mapas de la distribución geográfica de estos tipos de materiales. Se puede anticipar, que de lograr cuantificar los efectos de la contaminación atmosférica sobre estos materiales, los costos resultantes seguramente serán de gran magnitud.

Si se cumple con las normas mexicanas de protección de la salud y los niveles recomendados por la Organización Mundial de la Salud para las Partículas menores a 10 micrómetros, se estima que en la región de la Megalópolis se pueden evitar del orden de 12 mil muertes prematuras anualmente.

Esta cifra se puede valorar en un beneficio social de aproximadamente 20 mil millones de pesos.

Estas estimaciones son conservadoras pues la cobertura del monitoreo de los contaminantes atmosféricos es aún parcial y no cubre a toda la población megalopolitana.

Es necesario consolidar el sistema de vigilancia epidemiológica de la Megalópolis y ampliar las investigaciones científicas sobre los efectos de la contaminación del aire en la salud de la población.

Estimaciones preliminares de los daños a los cultivos indican que son significativos, del orden de los mil millones de pesos anualmente, pudiendo ser mucho mayores.

Se cuenta con estudios iniciales para valorar las externalidades de la contaminación del aire en los bosques, en los monumentos históricos y en los materiales. Se anticipa que el costo económico es significativo.

Al igual que en el caso de afectaciones a la salud, se requiere mejorar la cobertura del monitoreo atmosférico, con énfasis en las áreas agrícolas y forestales, y llevar a cabo estudios científicos para establecer las relaciones dosis-respuesta de los cultivos y especies arbóreas presentes en la región.

IV. INVENTARIO DE EMISIONES

En esta sección se muestra la relación causal entre las emisiones y las principales fuerzas motrices, que normalmente están relacionadas con las actividades económicas, el crecimiento de la población y la demanda energética. La vinculación se expresa de manera directa a través de las fuentes de emisión específicas, las cuales están ampliamente vinculadas con la actividad económica de cada región.

Estudios realizados en la Megalópolis (INECC, 2015), consideran que existen tres ejes que hacen que se incrementen las emisiones en la región; la expansión urbana, el desarrollo económico y la intensidad energética por servicios y transporte. El crecimiento de la población tiene como consecuencia el incremento en la demanda de bienes, servicios y energía; así como un aumento en el área de las ciudades. El crecimiento horizontal y de baja densidad de una ciudad deriva en una mayor demanda de movilidad y transporte, aunque el número de viajes, su distancia y el medio de transporte empleados son específicos de cada región, por lo que las emisiones generadas dependen del tipo de tecnologías, su mantenimiento, de los combustibles utilizados y de la intensidad de uso.

Se considera indispensable por la gran dimensión megalopolitana, contar con un inventario de emisiones integral, detallado y actualizado, cuyo objetivo principal sea la identificación y control de las principales fuentes de emisión. Es importante destacar que un inventario con esas características permitirá de manera eficaz realizar acciones estratégicas y transversales para mejorar la calidad del aire en toda la Megalópolis.

Un aspecto relevante y necesario es desarrollar un inventario de emisiones regional que incorpore todos los componentes antropogénicos y naturales, así como mejorar la información espacial y temporal de todas las fuentes, con el objetivo de contar con un inventario que permita llevar a cabo la modelación de la calidad del aire y el pronóstico de la misma en toda la Megalópolis.

El inventario de emisiones para la Megalópolis en el año base 2015 se integró a partir de tres grupos de información:

- a) Un inventario de emisiones de las fuentes vehiculares, elaborado por el INECC tomando el año base 2014;
- b) Un inventario de emisiones de las fuentes industriales (de jurisdicción federal y estatal), elaborado por la DGGCARETC de SEMARNAT para el año base 2013;
- c) Un inventario de emisiones de fuentes dispersas o de área, elaborado por la DGGCARETC de SEMARNAT para el año base 2013.

El inventario de emisiones de las fuentes vehiculares en la Megalópolis fue elaborado por el INECC utilizando los registros de parque vehicular disponibles por entidad¹⁰, datos de actividad que incluyen aforos vehiculares en carreteras realizados por la SCT, para determinar recorridos de unidades de carga por entidad; además de los recorridos promedio realizados por tipo de vehículo en Morelos (datos aplicados en el resto de las entidades) y factores de emisión obtenidos con el modelo MOVES. Cabe señalar que los datos del inventario de emisiones 2014 elaborado por la SEDEMA fue incluido íntegramente sin aplicar cambio alguno. En este inventario se incluyen las emisiones de las seis entidades que forman parte de la región megalopolitana y del estado de Querétaro.

El inventario nacional de emisiones de las fuentes industriales de jurisdicción federal para el año 2013 fue proporcionado por la SEMARNAT, y se calculó tomando como base los reportes de la Cédula de Operación Anual que estas empresas presentan anualmente, complementados con información histórica y estadísticas disponibles públicamente. Para las fuentes industriales de jurisdicción estatal, se utilizaron los datos de actividad de los reportes anuales de la autoridad estatal correspondientes y datos históricos o de estadísticas disponibles.

El inventario nacional de emisiones de 2013 de las fuentes dispersas fue calculado por SEMARNAT empleando diversas metodologías. En términos generales, se emplea información estadística disponible públicamente (por ejemplo: venta de productos como pinturas, venta y uso de combustibles, producción o valor de los servicios, etc.); esta información es desagregada, ya sea por el número de población, el número de empleados en un sector comercial o de servicios, o el número de empresas, etc.

Se emplearon factores de emisión usados en versiones anteriores del Inventario Nacional de Emisiones "INEM" y que en su mayoría son obtenidos del AP-42 de la EPA. Tanto en el caso de fuentes industriales como de fuentes dispersas con emisiones, se incluyeron las fuentes ubicadas en los municipios que forman parte de la región megalopolitana, así como los siete municipios de la zona metropolitana de Querétaro y San Juan del Río.

Estos inventarios se tomaron como base para integrar un inventario de la Megalópolis y estimar el crecimiento tendencial de las emisiones para el año base 2015. Este inventario de emisiones de la Megalópolis integra información de las fuentes antropogénicas de emisión de contaminantes atmosféricos en cada una de las entidades que integran esta región, brindando una imagen integral a escala de la Megalópolis de las principales categorías de emisiones.

¹⁰ El anexo 2 muestra el parque vehicular por entidad.

Como se ha mencionado, este inventario de emisiones está basado en las metodologías empleadas en el INEM. Se incluyen en el inventario, los siete contaminantes criterio y precursores de contaminantes secundarios: PM_{10} y $PM_{2.5}$, SO_2 , CO, óxidos de nitrógeno " NO_x ", COV y amoníaco " NH_3 ". Se incluyen adicionalmente las emisiones de dos forzantes climáticos, el dióxido de carbono " CO_2 " y el carbono negro "CN", estos últimos debido a su importancia en términos de beneficios climáticos y en la calidad del aire.

El inventario incorpora solamente las fuentes de emisión antropogénicas, ya que su objetivo es dar soporte a la identificación y definición de acciones estratégicas prioritarias para reducir emisiones y así mejorar la calidad del aire de la Megalópolis. Sin duda alguna, hacia el futuro habrá que elaborar un inventario que incorpore todos los componentes antropogénicos y naturales, para, entre otros aspectos, contar con un inventario de emisiones que permita llevar a cabo la modelación de la calidad del aire.

A continuación se presentan los principales sectores y actividades generadores de emisiones de contaminantes a la atmósfera en la región.

IV.1. Inventarios de emisiones por Entidad Federativa para el 2015

En las tablas contenidas en el Anexo 2, se presenta el resumen general de los inventarios para las entidades de la Megalópolis y Querétaro. El análisis de las fuentes de emisión desagregado por entidad federativa permite identificar y evaluar la contribución relativa dentro de la región. Un nivel de aproximación detallada del inventario dimensiona las acciones específicas para cada entidad, y permite priorizar las estrategias transversales más relevantes, con repercusión directa en toda la Megalópolis.

Del análisis de dichas tablas se desprenden las siguientes observaciones:

- a) En el territorio de la Ciudad de México las principales fuentes de emisión corresponden a las fuentes de área o llamadas también dispersas y a las fuentes vehiculares. Estas contribuyen, en conjunto, con cerca del 80% de la emisión de $PM_{2.5}$ en la ciudad. Las fuentes vehiculares también son las que mayor aporte de NO_x tienen, con el 89% de las emisiones y son también responsables del 82% del CO_2 y del 72% del CN.

Por su parte, las fuentes dispersas representan el 73% de la emisión de COVs y el 98% de la emisión de NH_3 .

- b) En el caso de Hidalgo, las principales fuentes de emisión corresponden a las fuentes industriales de jurisdicción federal y las fuentes dispersas. Las primeras emiten el 47% de las PM_{10} y el 50% de las $PM_{2.5}$, además del 99% de la emisión

de SO₂, asociada principalmente a la generación eléctrica y la industria del petróleo y petroquímica. Son también responsables del 78% de las emisiones de CO₂.

Las fuentes dispersas representan el 37% de la emisión de PM_{2.5}; el 50% de la emisión de COVs y el 43% de las emisiones de CN. Las fuentes móviles descargan en la atmósfera el 67% de los NOx.

- c) En el Estado de México, las fuentes dispersas representan cerca del 75% de la emisión de partículas PM_{2.5} y el 70% de las de COVs, asociadas principalmente a la combustión doméstica de leña¹¹. El SO₂ es emitido en 58% por las fuentes industriales de jurisdicción federal.

Las fuentes vehiculares aportan el 83% de las emisiones de NOx. El CO₂ es emitido por las fuentes vehiculares en 40% y por las fuentes industriales en prácticamente la misma proporción.

- d) En el caso de Morelos, las fuentes dispersas representan el 62% de la emisión de PM_{2.5}, el 71% de las emisiones de COVs en tanto que las fuentes industriales de jurisdicción estatal, con una participación mayoritaria de los ingenios, representan el 27% de la emisión de PM₁₀ y 22% de las PM_{2.5}.

Las fuentes vehiculares representan el 77% de la emisión de NOx. Las fuentes industriales de jurisdicción federal y las fuentes vehiculares emiten, cada una, el 38% del CO₂.

En el caso del carbono negro, las fuentes dispersas registran la mayor contribución con una participación del 49%, seguido por la industria de jurisdicción estatal con un 39%.

- e) En Puebla las principales fuentes de emisión corresponden a las fuentes vehiculares y a las fuentes dispersas. La contribución de las fuentes vehiculares alcanza el 37% de las emisiones de PM_{2.5}, el 53% de las emisiones de COV, el 57% del CN, el 66% de las emisiones de CO₂ y el 91% de las emisiones de NOx.

Por su parte, las fuentes dispersas representan el 51% de la emisión de PM₁₀ y el 49% de la emisión de PM_{2.5}.

- f) En Querétaro las fuentes dispersas emiten el 61% de las PM₁₀ y el 57% de las PM_{2.5}, además del 55% de las emisiones de COV. Las fuentes vehiculares

¹¹ El documento retoma la información disponible sobre las emisiones estimadas por el uso doméstico de leña. No obstante, se hace la observación de la magnitud de las emisiones calculadas, por lo que se sugiere que para esta actividad en particular, se realicen estudios en el corto plazo.

emiten el 21% del PM_{10} y el 24% del $PM_{2.5}$, así como el 79% de los NO_x y 45% del CO_2 .

Por su parte, las fuentes fijas de jurisdicción federal alcanzan el 15% de las emisiones de $PM_{2.5}$, dentro del cual destaca la contribución del sector de generación eléctrica. Éstas emiten también el 43% del CN, así como el 73% de las emisiones de SO_2 , con contribuciones mayoritarias de la industria química y del sector de celulosa y papel.

- g) En Tlaxcala las principales fuentes de emisión son las dispersas; éstas contribuyen con el 85% de las emisiones de $PM_{2.5}$ y el 87% de las emisiones de PM_{10} . Estas emisiones se asocian principalmente con la combustión doméstica de leña, las quemas agrícolas y las prácticas de labranza. El sector aporta también el 70% de las emisiones de COVs y el 79% del CN.

Por su parte, las fuentes vehiculares emiten el 58% del CO_2 y el 87% de los NO_x . Las fuentes fijas de jurisdicción estatal emiten el 62% del SO_2 .

IV.2. Inventario de emisiones de la Megalópolis 2015

Este documento presenta un inventario regional de emisiones que ha sido estimado específicamente para el área geográfica que comprende la Megalópolis y Querétaro, donde se incluyeron: las 16 delegaciones de la Ciudad de México, los 80 municipios del Estado de México, los 29 en Hidalgo, 33 en Morelos, 22 en Puebla y 60 en Tlaxcala; adicionalmente fueron integrados siete municipios de Querétaro. Comúnmente los inventarios de emisiones se realizan para las entidades federativas, con la excepción de la ZMVM, para la cual se han preparado diversos inventarios de emisiones que incluyen las delegaciones de la actual Ciudad de México y los municipios conurbados del Estado de México.

El CUADRO IV-1 presenta las emisiones totales proyectadas al año 2015, agrupadas de acuerdo con los tipos de fuentes de emisión y el CUADRO IV-2 presenta la contribución relativa de tales emisiones, distribuidas también de acuerdo a las fuentes de emisión desde las cuales se descargan a la atmósfera. La FIGURA IV.1 presenta gráficamente las contribuciones porcentuales.

CUADRO IV-1. INVENTARIO DE EMISIONES 2015 DE LA MEGALÓPOLIS MÁS QUERÉTARO

Fuentes de emisión	Emisiones totales en el 2015 (ton/año)								
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	NH ₃	CO ₂	CN
Transporte Motorizado	15,798	11,540	4,888	1,791,273	330,054	186,029	2,812	49,657,997	2,835
Industria	22,080	15,730	134,741	22,111	58,564	50,918	944	51,510,107	790
<i>Jurisdicción Federal</i>	15,947	12,594	131,265	17,064	52,569	27,425	779	43,905,616	567
<i>Jurisdicción Estatal</i>	6,133	3,136	3,476	5,047	5,995	23,493	165	7,604,492	433
Actividades dispersas	55,618	41,667	956	287,262	13,682	442,792	148,577	6,849,332	4,878
Total	93,497	68,938	140,586	2,100,646	402,300	679,740	152,332	108,017,436	8,741

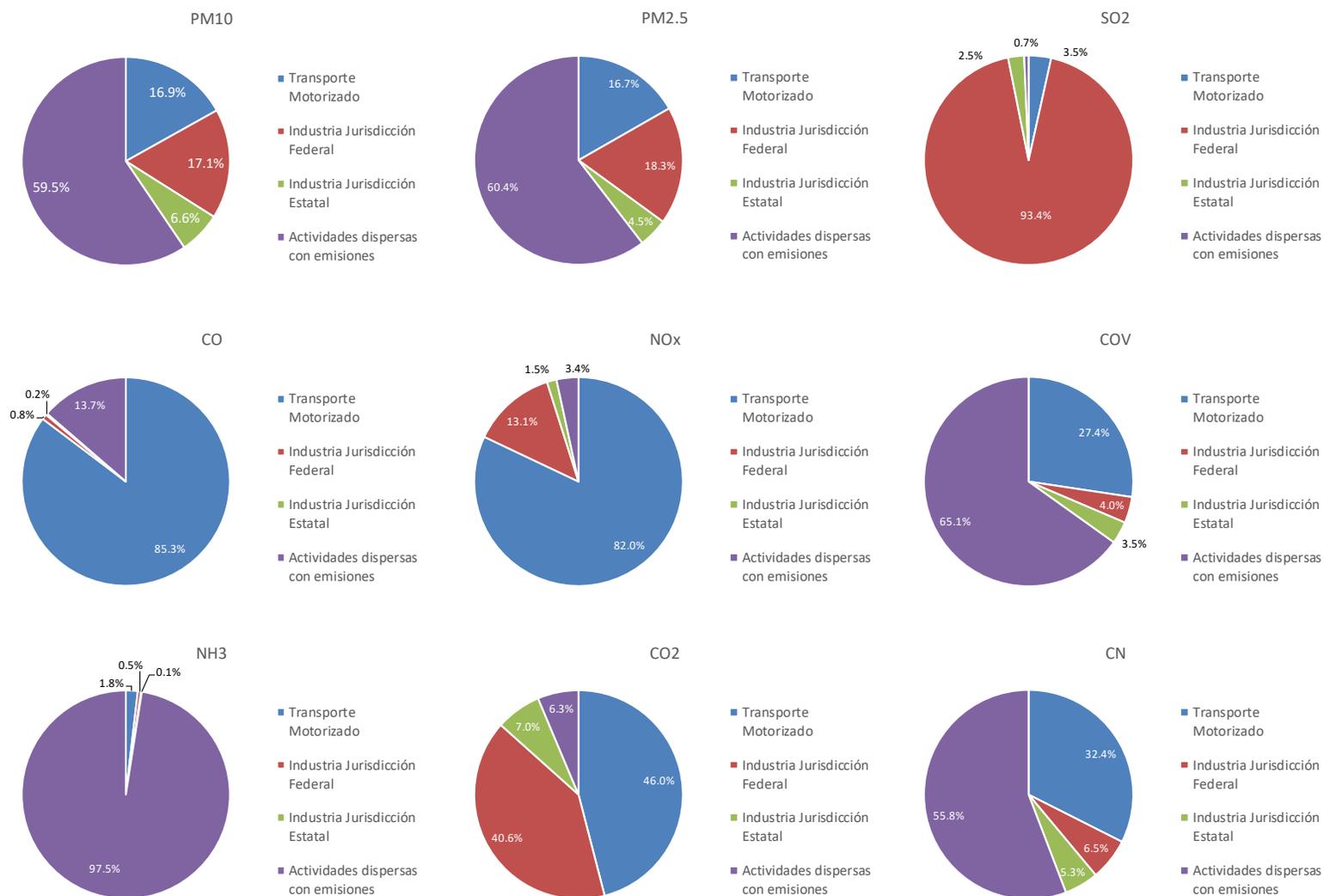
Notas: Los valores en las sumas pueden no coincidir debido al redondeo. Incluye sólo los municipios incluidos en la CAME, con excepción de las fuentes móviles, donde se incluyen las entidades completas. Esta proyección fue construida a partir de la base de datos de emisiones para el año 2013, proporcionada por la SEMARNAT-DGGCARETC.

CUADRO IV-2. CONTRIBUCIÓN PORCENTUAL EN EL INVENTARIO DE EMISIONES 2015 DE LA MEGALÓPOLIS MÁS QUERÉTARO

Fuentes de emisión	Contribución a las emisiones totales en el 2015 (%)								
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	NH ₃	CO ₂	CN
Transporte Motorizado	17	17	3	85	82	27	2	46	32
Industria	24	23	96	1	15	7	1	48	12
<i>Jurisdicción Federal</i>	17	18	93	1	13	4	1	41	6
<i>Jurisdicción Estatal</i>	7	5	2	NS	1	3	NS	7	5
Actividades dispersas	59	60	1	14	3	65	98	6	56
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Notas: Los valores en las sumas pueden no coincidir debido al redondeo. Incluye sólo los municipios incluidos en la CAME más los siete municipios de la zona metropolitana de Querétaro y San Juan del Río, con excepción de las fuentes móviles, donde se incluyen todos los municipios o delegaciones de cada entidad. Esta proyección fue construida a partir de la base de datos de emisiones para el año 2013, proporcionada por la SEMARNAT - DGGCARETC.

FIGURA IV.1. CONTRIBUCIÓN PORCENTUAL SECTORIAL EN EL INVENTARIO DE EMISIONES 2015 DE LA MEGALÓPOLIS MÁS QUERÉTARO



Se observa que a nivel de la Megalópolis, todas las categorías de fuentes de emisión contribuyen significativamente a la generación de contaminantes atmosféricos. Con respecto a las emisiones de partículas, las principales fuentes de emisión de PM_{10} y $PM_{2.5}$ se encuentran en las fuentes dispersas, es decir, aquellas actividades con emisiones de área, seguido de la industria de jurisdicción federal; en un tercer lugar se encuentra la contribución del transporte motorizado y finalmente con un menor aporte, se encuentra la industria de jurisdicción estatal.

La industria de jurisdicción federal presenta un aporte del 93% del total emitido de SO_2 en toda la Megalópolis. Por su parte, el CO y el NO_x son emitidos principalmente por el transporte motorizado. Las actividades con emisiones de área o fuentes dispersas, son las mayores aportantes de COV y NH_3 , con proporciones del 65% y 98% respectivamente.

En el CUADRO IV-3 y en el CUADRO IV-4 se presentan las emisiones desagregadas para cada sector considerado. Las FIGURAS IV. 2 a IV.8 presentan el detalle de la contribución de las diferentes fuentes de emisión y de los principales contaminantes identificados como prioritarios que se emiten en las zonas metropolitanas y entidades que conforman la Megalópolis.

CUADRO IV-3. INVENTARIO DE EMISIONES DESGLOSADO 2015 DE LA MEGALÓPOLIS MÁS QUERÉTARO

Fuentes de emisión	Emisiones totales en el 2015 (ton/año)								
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	NH ₃	CO ₂	CN
Transporte Motorizado	15,798	11,540	4,888	1,791,273	330,054	186,029	2,812	49,657,997	2,835
Motocicleta	296	171	171	155,855	5,458	10,633	402	912,586	25
Automóvil Particular	2,840	1,444	1,222	630,931	81,953	74,945	1,075	14,751,330	302
Taxi	719	164	145	64,386	7,547	6,875	217	3,140,628	37
Camioneta Particular	977	507	524	263,029	38,912	26,451	372	5,466,384	112
Camioneta Transo. Público	253	173	95	37,274	5,713	2,876	68	1,285,709	41
Carga ligera y pickups	1,582	1,274	795	459,137	53,259	40,211	373	6,294,462	283
Carga pesada	3,481	2,972	553	121,249	37,245	10,530	117	3,981,539	763
Autobús	3,295	2,864	623	17,666	46,741	2,855	91	10,025,944	757
Tractocamión	2,277	1,919	721	12,821	45,782	2,035	62	3,796,825	507
Microbús	78	51	39	28,924	7,442	8,619	35	2,588	7
Industria	22,080	15,730	134,741	22,111	58,564	50,918	944	51,510,107	1,028
<i>Jurisdicción Federal</i>	<i>15,947</i>	<i>12,594</i>	<i>131,265</i>	<i>17,064</i>	<i>52,569</i>	<i>27,425</i>	<i>779</i>	<i>43,905,616</i>	<i>567</i>
Asbesto	NS	NS	NS	5	9	NS	NS	9,318	NS
Automotriz	1,078	792	2,534	265	644	7,200	13	541,038	7
Celulosa y papel	320	240	3,341	881	1,778	2,959	33	1,485,754	15
Cemento y cal	3,202	2,038	10,721	1,414	4,817	289	30	19,127,890	9
Generación de energía eléctrica	6,893	6,314	82,632	8,761	31,827	874	535	14,216,989	414
Metalúrgica (incluye la siderúrgica)	589	356	237	2,435	1,797	1,551	48	2,249,035	8
Petróleo y petroquímica	2,366	1,559	29,190	1,328	4,502	3,801	45	2,668,930	100
Pinturas y tintas	575	461	23	82	237	4,678	4	213,988	NS
Química	416	349	2,070	1,078	1,640	5,455	44	1,795,996	8
Tratamiento de residuos peligrosos	4	4	NS	128	224	6	NS	229,137	NS
Vidrio	502	481	517	687	5,094	611	27	1,367,542	5

Jurisdicción Estatal	6,133	3,136	3,476	5,047	5,995	23,493	165	7,604,492	461
Accesorios, aparatos eléctricos y equipos de generación eléctrica	404	291	1	38	71	1,079	1	253,884	0
Alimentos y bebidas (sin Ingenios)	639	303	1,765	1,528	2,171	2,105	109	2,908,408	15
Ingenios	2,524	1,442	293	2	270	NS	NS	329,178	433
Almacenamiento de combustibles	NS	NS	7	NS	1	NS	NS	NS	NS
Cuero, piel y materiales sucedáneos	1	NS	NS	NS	NS	3	NS	474	NS
Derivados del petróleo y carbón	63	25	157	308	118	1,605	3	81,121	NS
Extracción/beneficio minerales no metálicos	816	17	157	47	66	1	NS	5,717	NS
Impresión	34	25	5	87	454	3,679	NS	359,622	1
Industria textil	278	199	544	928	824	1,170	19	978,414	4
Madera	39	27	NS	2	5	278	NS	16,234	NS
Manejo de desechos y remediación	5	4	18	17	14	1	NS	414,764	NS
Metálico	166	131	13	586	826	2,891	16	721,236	3
Mezclas químicas	101	25	220	227	375	1,067	2	67,749	1
Minerales no metálicos	656	397	55	176	230	910	5	638,076	1
Muebles, colchones y persianas	12	6	NS	70	123	512	NS	9,639	NS
Otras industrias	11	5	43	722	12	780	NS	8,994	NS
Papel y cartón	79	60	33	187	239	1,247	7	272,654	1
Plástico y hule	305	179	164	120	194	6,165	2	538,329	1
Actividades dispersas	55,618	41,667	956	287,262	13,682	442,792	148,577	6,849,332	4,878
Quema de combustible en fuentes estacionarias	56	56	2	434	1,423	35	1	779,674	4
Combustión Doméstica en Leña	22,516	21,676	260	164,379	1,692	149,021	NS	2,212,540	3,685
Combustión Doméstica en GLP, GNC, Queroseno	192	192	6	1,278	5,624	115	3	3,520,852	13
Artes gráficas	NE	NE	NE	NE	NE	17,594	NE	NE	NE

Repintado automotriz	NE	NE	NE	NE	NE	15,409	NE	NE	NE
Recubrimientos y limpieza superficies industriales	NE	NE	NE	NE	NE	4,141	NE	NE	NE
Otros usos de solventes (asfaltado, lavado en seco, pintura vial)	NE	NE	NE	NE	NE	11,688	NE	NE	NE
Pintura arquitectónica	NE	NE	NE	NE	NE	60,845	NE	NE	NE
Uso doméstico de solventes	NE	NE	NE	NE	NE	81,466	NE	NE	NE
Manejo y distribución de gas LP	NE	NE	NE	NE	NE	69,420	NE	NE	NE
Manejo y distribución de gasolinas	NE	NE	NE	NE	NE	13,938	NE	NE	NE
Fuentes industriales ligeras y comerciales	4,575	2,141	NS	4,015	74	2,793	NS	46,742	225
Aplicación de fertilizantes y plaguicidas	NE	NE	NE	NE	NE	663	5,765	0	NS
Ganaderas	1,563	178	NE	NE	NS	0	111,734	0	NS
Labranza	10,776	2,389	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Emisiones domésticas de amoníaco	NE	NE	NE	NE	NE	NE	28,947	NE	NE
Incendios forestales	2,035	1,727	188	20,155	606	1,407	202	259,726	124
Quemas agrícolas	13,899	13,302	492	96,238	3,908	9,930	1,925	0	1,596
Aguas residuales	NE	NE	NE	NE	NS	4,220	NE	654	NE
Terminales de autobuses	2	1	8	697	353	70	1	29,144	NE
Otras diversas (incendios arquitectónicos y esterilización de material hospitalario)	4	4	NE	68	2	36	NE	NE	1
Total	93,497	68,938	140,586	2,100,646	402,300	679,740	152,332	108,017,436	8,741

Notas: NE: No estimado. NS: No significativo, indicando que la cifra es menor a 0.6 toneladas anuales. Los valores en las sumas pueden no coincidir debido al redondeo. Incluye sólo los municipios incluidos en la CAME más los siete municipios de la zona metropolitana de Querétaro y San Juan del Río, con excepción de las fuentes móviles, donde se incluyen todos los municipios o delegaciones de cada entidad. Esta proyección fue construida a partir de la base de datos de emisiones para el año 2013, proporcionada por la SEMARNAT-DGGCARETC.

CUADRO IV-4. CONTRIBUCIÓN PORCENTUAL EN EL INVENTARIO DE EMISIONES DESGLOSADO 2015 DE LA MEGALÓPOLIS MÁS QUERÉTARO

Fuentes de emisión	Contribución a las emisiones totales en el 2015 (%)									
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NOx	COV	NH ₃	CO ₂	CN	
Transporte Motorizado	17	17	3	85	82	27	2	46	32	
Motocicleta	NS	NS	NS	7	1	2	NS	1	NS	
Automóvil Particular	3	2	1	30	20	11	1	14	4	
Taxi	1	NS	NS	3	2	1	NS	3	NS	
Camioneta Particular	1	1	NS	13	10	4	NS	5	1	
Camioneta Transo. Público	NS	NS	NS	2	1	NS	NS	1	NS	
Carga ligera y pickups	2	2	1	22	13	6	NS	6	3	
Carga pesada	4	4	NS	6	9	2	NS	4	9	
Autobús	4	4	NS	1	12	NS	NS	9	9	
Tractocamión	2	3	1	1	11	NS	NS	4	6	
Microbús	NS	NS	NS	1	2	1	NS	NS	NS	
Industria	24	23	96	1	15	7	1	48	12	
<i>Jurisdicción Federal</i>	<i>17</i>	<i>18</i>	<i>93</i>	<i>1</i>	<i>13</i>	<i>4</i>	<i>1</i>	<i>41</i>	<i>6</i>	
Asbesto	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	
Automotriz	1	1	2	NS	NS	1	NS	1	NS	
Celulosa y papel	NS	NS	2	NS	NS	NS	NS	1	NS	
Cemento y cal	3	3	8	NS	1	NS	NS	18	NS	
Generación de energía eléctrica	7	9	59	NS	8	NS	NS	13	5	
Metalúrgica (incluye la siderúrgica)	1	1	NS	NS	NS	NS	NS	2	NS	
Petróleo y petroquímica	3	2	21	NS	1	1	NS	2	1	
Pinturas y tintas	1	1	NS	NS	NS	1	NS	NS	NS	
Química	NS	1	1	NS	NS	1	NS	2	NS	
Tratamiento de residuos peligrosos	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	
Vidrio	1	1	NS	NS	1	NS	NS	1	NS	

<i>Jurisdicción Estatal</i>	7	5	2	NS	1	3	NS	7	5
Accesorios, aparatos eléctricos y equipos de generación eléctrica	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Alimentos y bebidas (sin Ingenios)	1	NS	1	NS	1	NS	NS	3	NS
Ingenios	3	2	NS	NS	NS	NS	NS	NE	5
Almacenamiento de combustibles	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NE	NS
Cuero, piel y materiales sucedáneos	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Derivados del petróleo y carbón	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Extracción/beneficio minerales no metálicos	1	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Impresión	NS	NS	NS	NS	NS	1	NS	NS	NS
Industria textil	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	1	NS
Madera	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Manejo de desechos y remediación	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Metálico	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	1	NS
Mezclas químicas	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Minerales no metálicos	1	1	NS	NS	NS	NS	NS	1	NS
Muebles, colchones y persianas	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Otras industrias	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Papel y cartón	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Plástico y hule	NS	NS	NS	NS	NS	1	NS	NS	NS
Actividades dispersas	59	60	1	14	3	65	98	6	56
Quema de combustible en fuentes estacionarias	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	1	NS
Combustión Doméstica - Leña	24	31	NS	8	NS	22	NE	2	33
Combustión Doméstica - GLP, GNC, Queroseno	NS	NS	NS	NS	1	NS	NS	3	NS
Artes gráficas	NE	NE	NE	NE	NE	3	NE	NE	NE

Repintado automotriz	NE	NE	NE	NE	NE	2	NE	NE	NE
Recubrimientos y limpieza superficies industriales	NE	NE	NE	NE	NE	1	NE	NE	NE
Otros usos de solventes (asfaltado, lavado en seco, pintura vial)	NE	NE	NE	NE	NE	2	NE	NE	NE
Pintura arquitectónica	NE	NE	NE	NE	NE	9	NE	NE	NE
Uso doméstico de solventes	NE	NE	NE	NE	NE	12	NE	NE	NE
Manejo y distribución de gas LP	NE	NE	NE	NE	NE	10	NE	NE	NE
Manejo y distribución de gasolinas	NE	NE	NE	NE	NE	2	NE	NE	NE
Fuentes industriales ligeras y comerciales	5	3	NE	NS	NS	NS	NE	NS	3
Aplicación de fertilizantes y plaguicidas	NE	NE	NE	NE	NE	NS	4	NE	NE
Ganaderas	2	NS	NE	NE	NE	NE	73	NE	NE
Labranza	12	3	NE						
Emisiones domésticas de amoníaco	NE	NE	NE	NE	NE	NE	19	NE	NE
Incendios forestales	2	3	NS	1	NS	NS	NS	NS	1
Quemas agrícolas	15	19	NS	5	1	1	1	NE	18
Aguas residuales	NE	NE	NE	NE	NE	1	NE	NS	NE
Terminales de autobuses	NS								
Otras diversas (incendios arquitectónicos y esterilización de material hospitalario)	NS	NS	NE	NS	NS	NS	NE	NE	NS
Total	100								

Notas: NE: No estimado. NS: No significativo, indicando que la cifra es menor a 0.6 por ciento. Los valores en las sumas pueden no coincidir debido al redondeo. Incluye sólo los municipios incluidos en la CAME más los siete municipios de la zona metropolitana de Querétaro y San Juan del Río, con excepción de las fuentes móviles, donde se incluyen todos los municipios o delegaciones de cada entidad. Esta proyección fue construida a partir de la base de datos de emisiones para el año 2013, proporcionada por la SEMARNAT - DGGCARETC.

FIGURA IV.2. EMISIONES DE PM₁₀ EN 2015 EN LAS ENTIDADES QUE CONFORMAN LA MEGALÓPOLIS MÁS QUERÉTARO

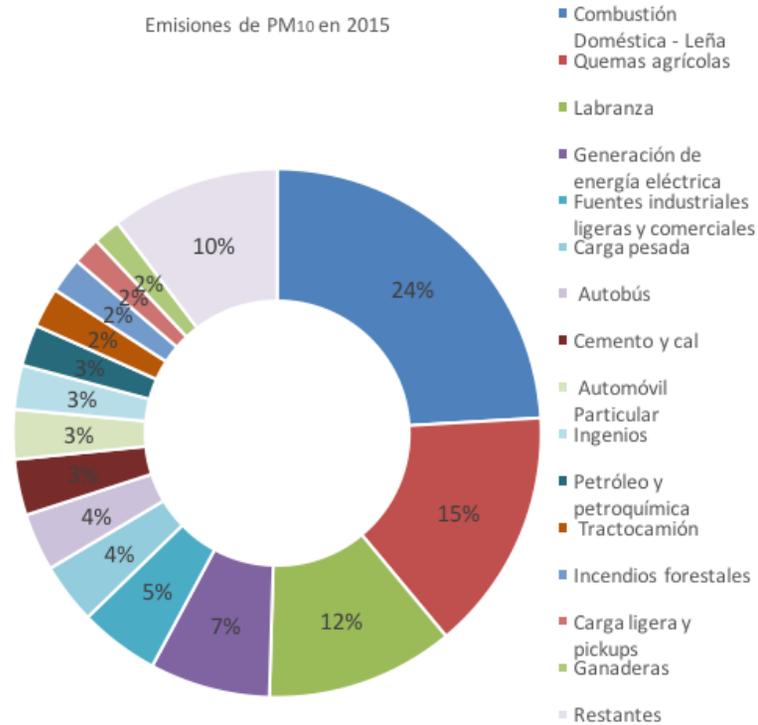


FIGURA IV.3. EMISIONES DE PM_{2.5} EN 2015 EN LAS ENTIDADES QUE CONFORMAN LA MEGALÓPOLIS MÁS QUERÉTARO

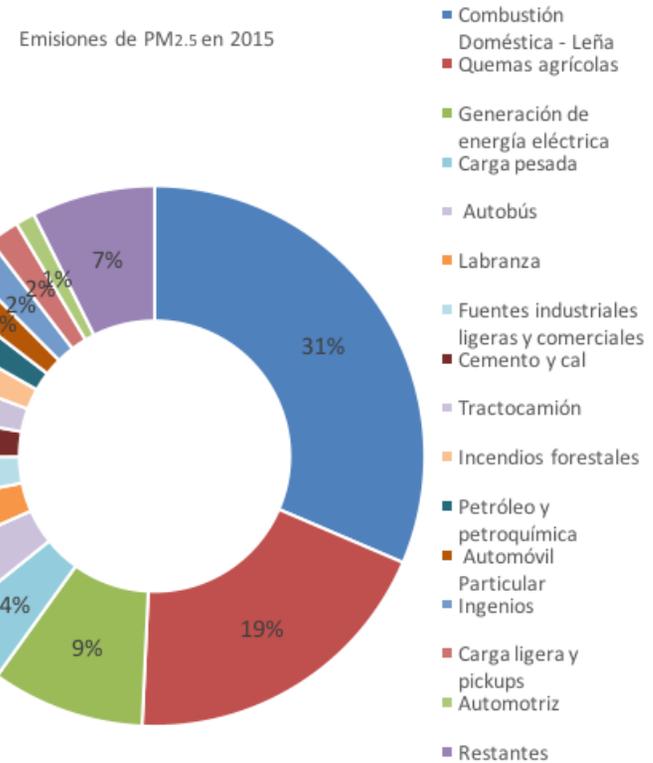


FIGURA IV.4. EMISIONES DE SO₂ EN 2015 EN LAS ENTIDADES QUE CONFORMAN LA MEGALÓPOLIS MÁS QUERÉTARO

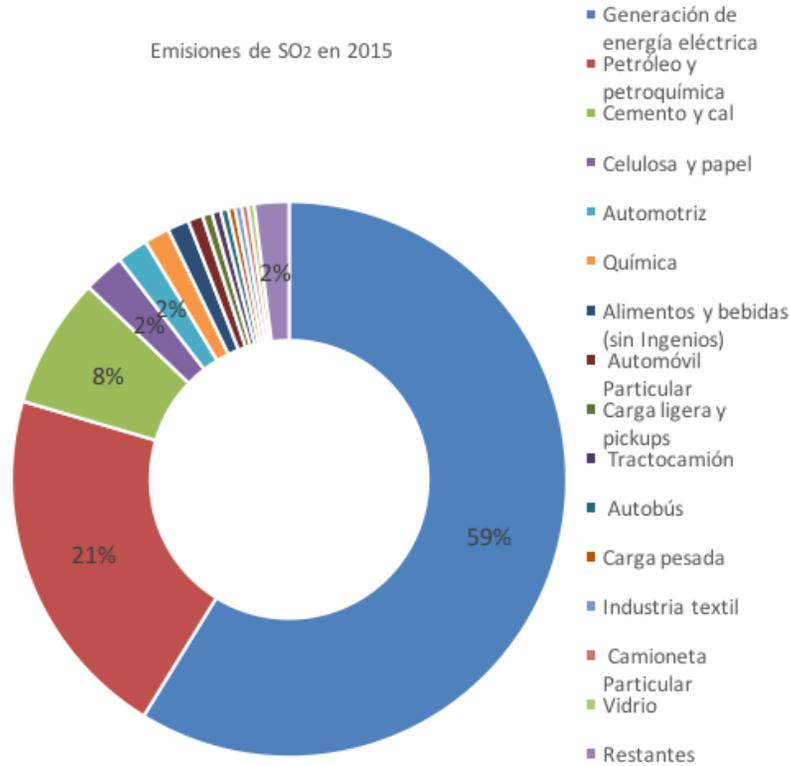


FIGURA IV.5. EMISIONES DE NO_x EN 2015 EN LAS ENTIDADES QUE CONFORMAN LA MEGALÓPOLIS MÁS QUERÉTARO

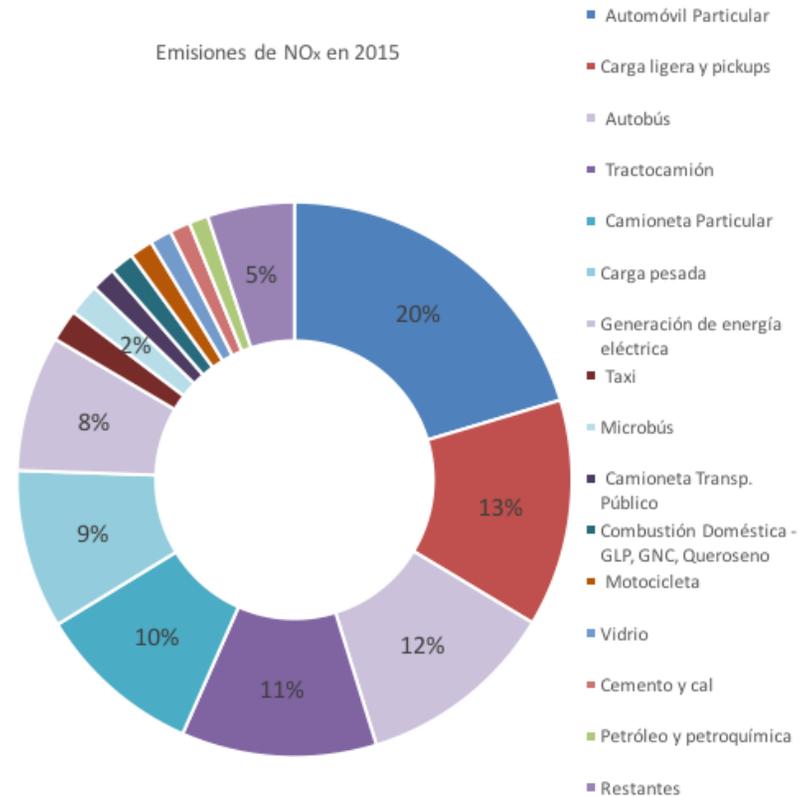


FIGURA IV.6. EMISIONES DE COV EN 2015 EN LAS ENTIDADES QUE CONFORMAN LA MEGALÓPOLIS MÁS QUERÉTARO

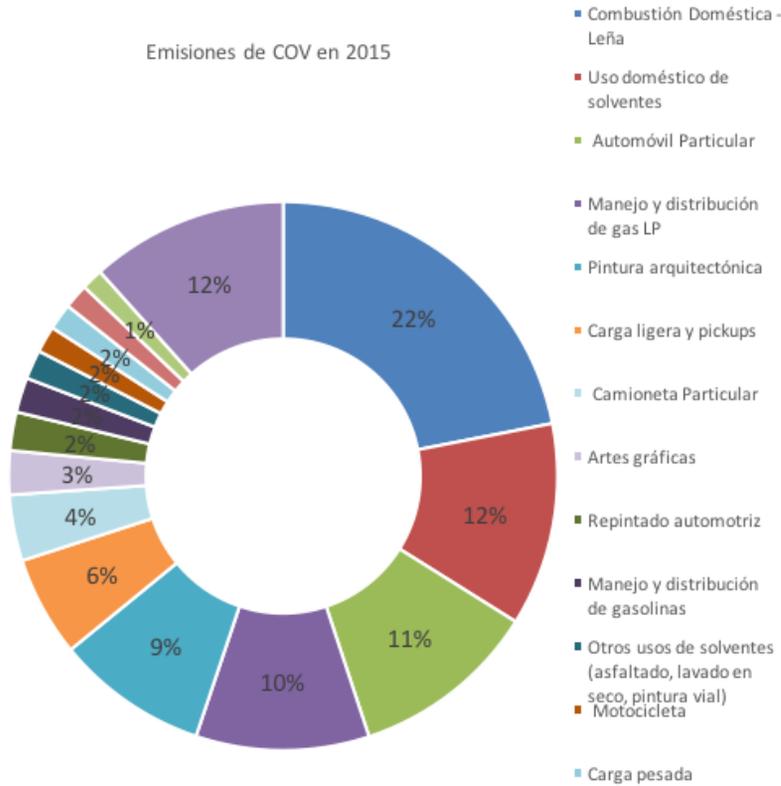


FIGURA IV.7. EMISIONES DE CARBONO NEGRO EN 2015 EN LAS ENTIDADES QUE CONFORMAN LA MEGALÓPOLIS MÁS QUERÉTARO

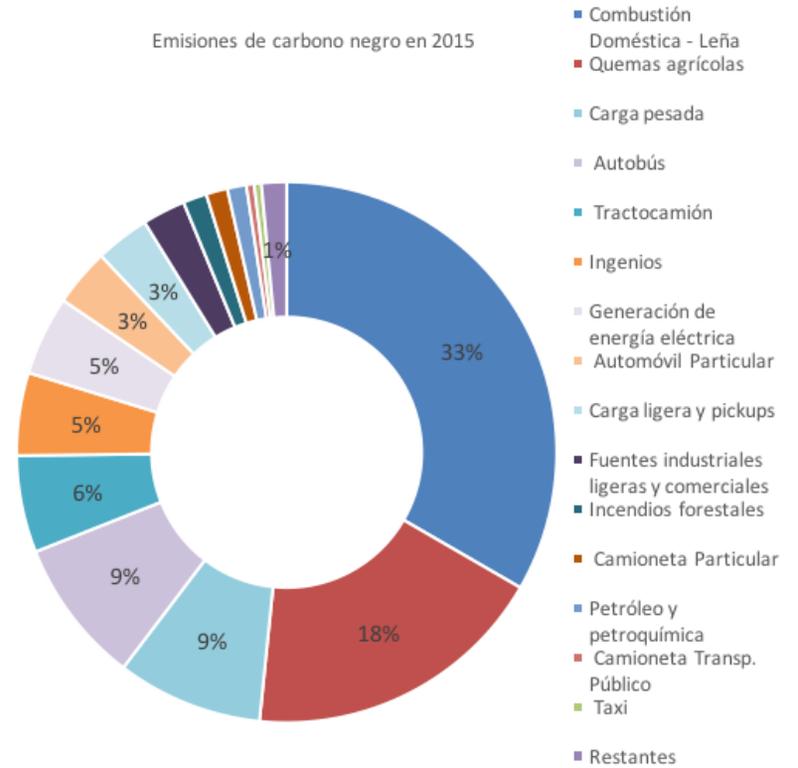
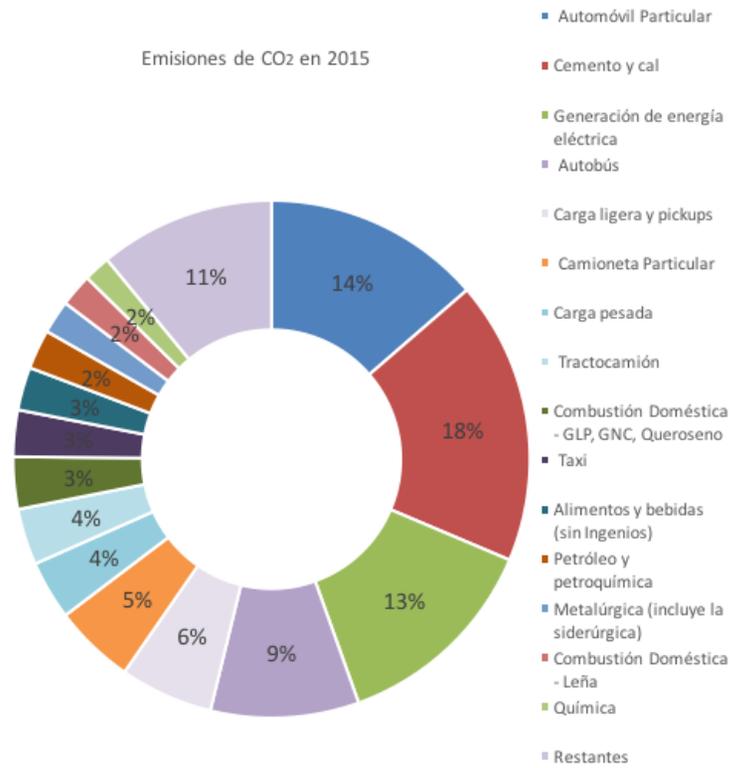


FIGURA IV.8. EMISIONES DE CO₂ EN 2015 EN LAS ENTIDADES QUE CONFORMAN LA MEGALÓPOLIS MÁS QUERÉTARO



IV.3. Identificación de emisores de contaminantes estratégicos

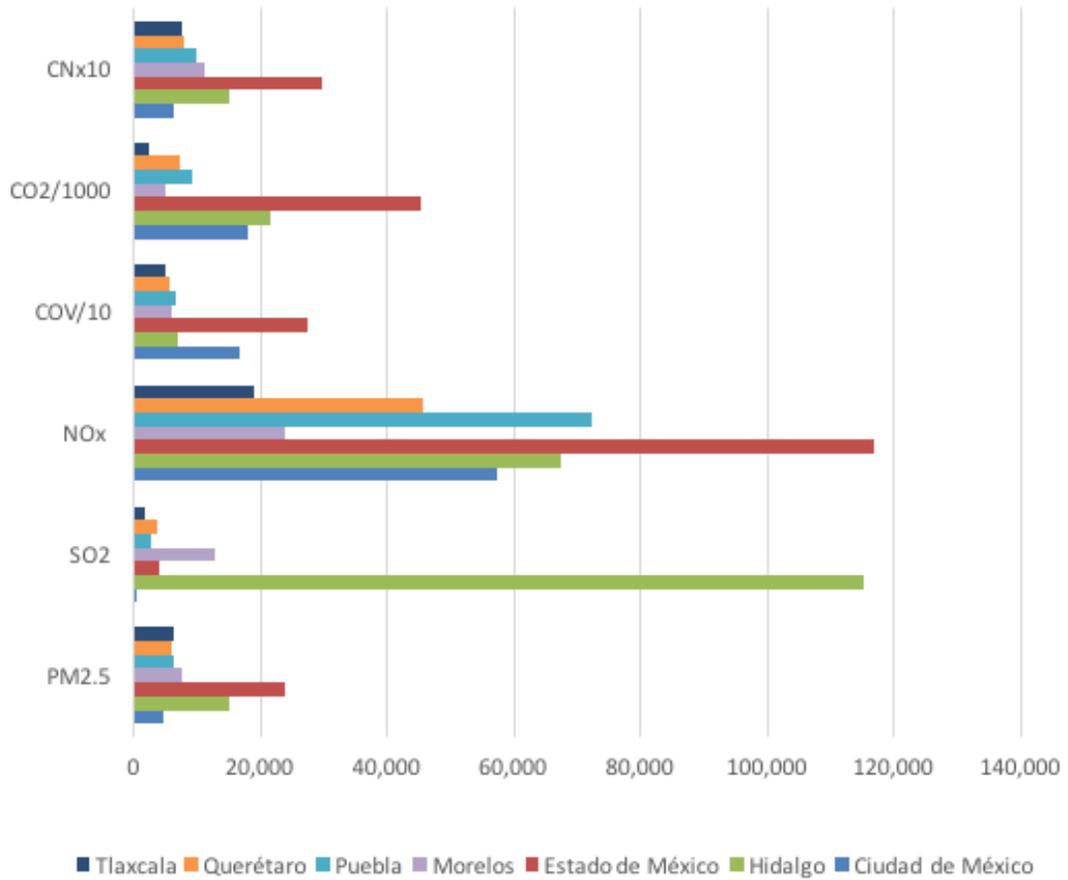
De entre los nueve contaminantes incluidos en los inventarios de emisiones que se han presentado, el análisis y las propuestas para reducción de emisiones se centran en seis:

- Emisiones directas de las $PM_{2.5}$;
- Emisiones de los NO_x y los COV , por su papel como precursores, tanto de $PM_{2.5}$ secundarias como de ozono;
- Emisiones del SO_2 , que es un precursor de aerosoles secundarios;
- Emisiones de CO_2 y de CN , que al igual que los anteriores, son resultado de los procesos de combustión de combustibles fósiles y de biomasa (con excepción de los COV de emisiones evaporativas y de procesos industriales), y que están incluidos en los compromisos internacionales de México para la mitigación del cambio climático.

Las $PM_{2.5}$ tienen un impacto negativo sobre la salud pública, especialmente en términos de mortalidad prematura. Aunque forman parte de las PM_{10} , las partículas de mayor tamaño tienen un origen, características e impactos diferentes. Las PM_{10} se generan comúnmente por la erosión del suelo, la resuspensión del polvo o el manejo de materiales minerales; tienen también un papel importante en generar impactos a la salud pública, sin embargo los de las $PM_{2.5}$ son aún más serios.

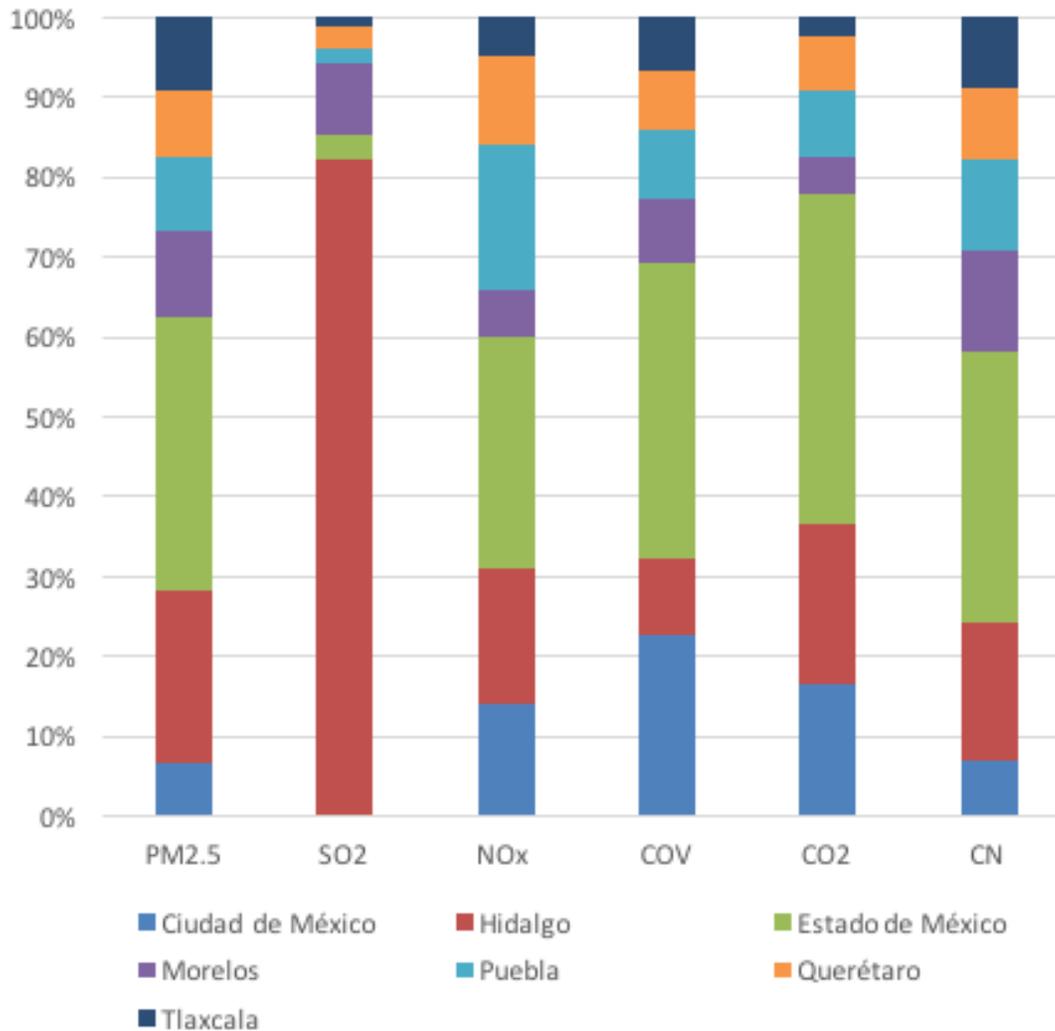
La FIGURA IV.9 muestra las emisiones (toneladas anuales) de los seis contaminantes prioritarios y la entidad geográfica donde estas emisiones suceden. Resalta la importancia relativa del Estado de México respecto de las emisiones de CN , CO_2 , NO_x y $PM_{2.5}$. El Estado de México y la Ciudad de México también resaltan en la emisión de los $COVs$, las cuales se generan en un alto porcentaje por actividades cotidianas de la población, siendo estas entidades las que mayor número de habitantes concentra. Se observa también la preponderancia de las emisiones de SO_2 en Hidalgo. Las emisiones de $PM_{2.5}$ suceden principalmente en el Estado de México y en Hidalgo.

FIGURA IV.9. EMISIONES DE CONTAMINANTES PRIORITARIOS EN LA MEGALÓPOLIS MÁS QUERÉTARO (TON/AÑO)

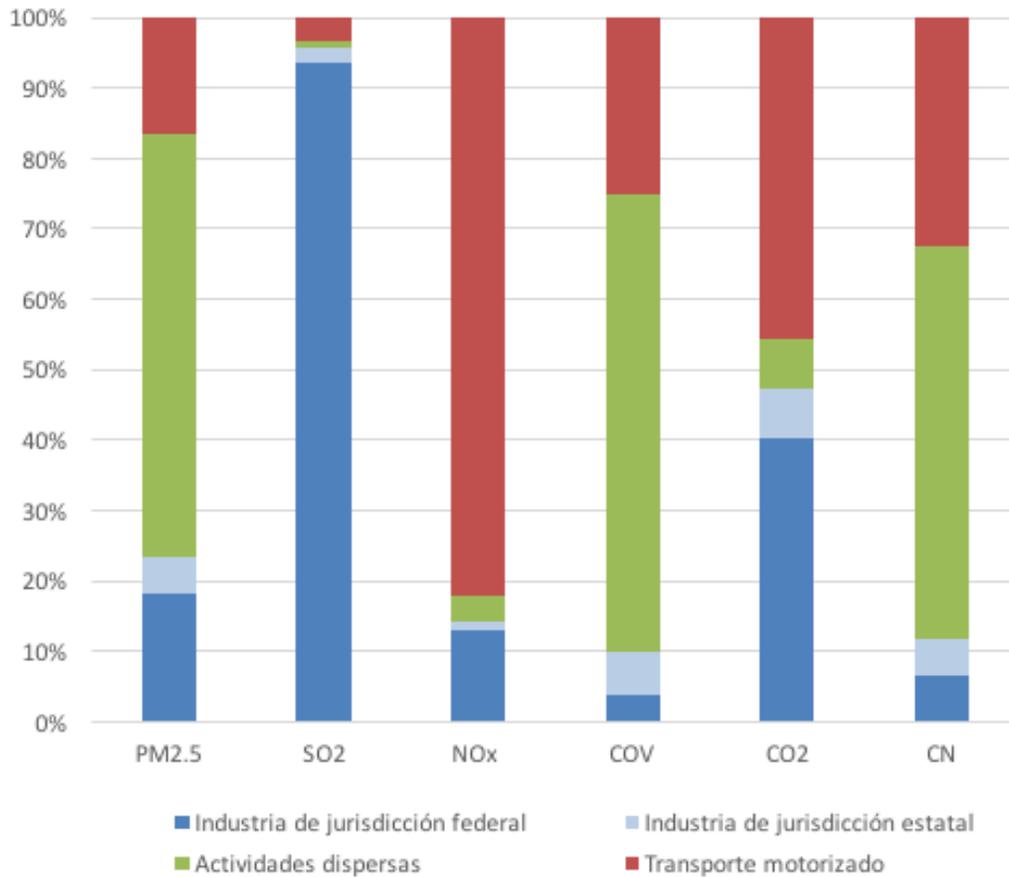


La FIGURA IV.10 muestra las contribuciones relativas de las entidades federativas que forman parte de la Megalópolis y Querétaro, a las emisiones de los seis contaminantes considerados prioritarios en este documento.

FIGURA IV.10. CONTRIBUCIÓN RELATIVA DE CONTAMINANTES PRIORITARIOS EN LA MEGALÓPOLIS MÁS QUERÉTARO



La FIGURA IV.11 muestra la contribución relativa desde cada tipo de fuente a las emisiones de los contaminantes considerados prioritarios. Las fuentes de área son responsables de alrededor del 60% de las PM_{2.5}; el dióxido de azufre proviene en casi un 95% de las fuentes fijas; los NO_x provienen en 82% de las fuentes móviles y los COV provienen en 65% de las fuentes de área y en 27% de las fuentes móviles. El CO₂ proviene en un 45% del transporte motorizado y en 40% de la industria de jurisdicción federal. El CN se origina en un 55% de las actividades dispersas y en 32% del transporte motorizado.

FIGURA IV.11. CONTRIBUCIÓN RELATIVA DE LAS FUENTES EMISORAS DE CONTAMINANTES PRIORITARIOS EN LA MEGALÓPOLIS MÁS QUERÉTARO

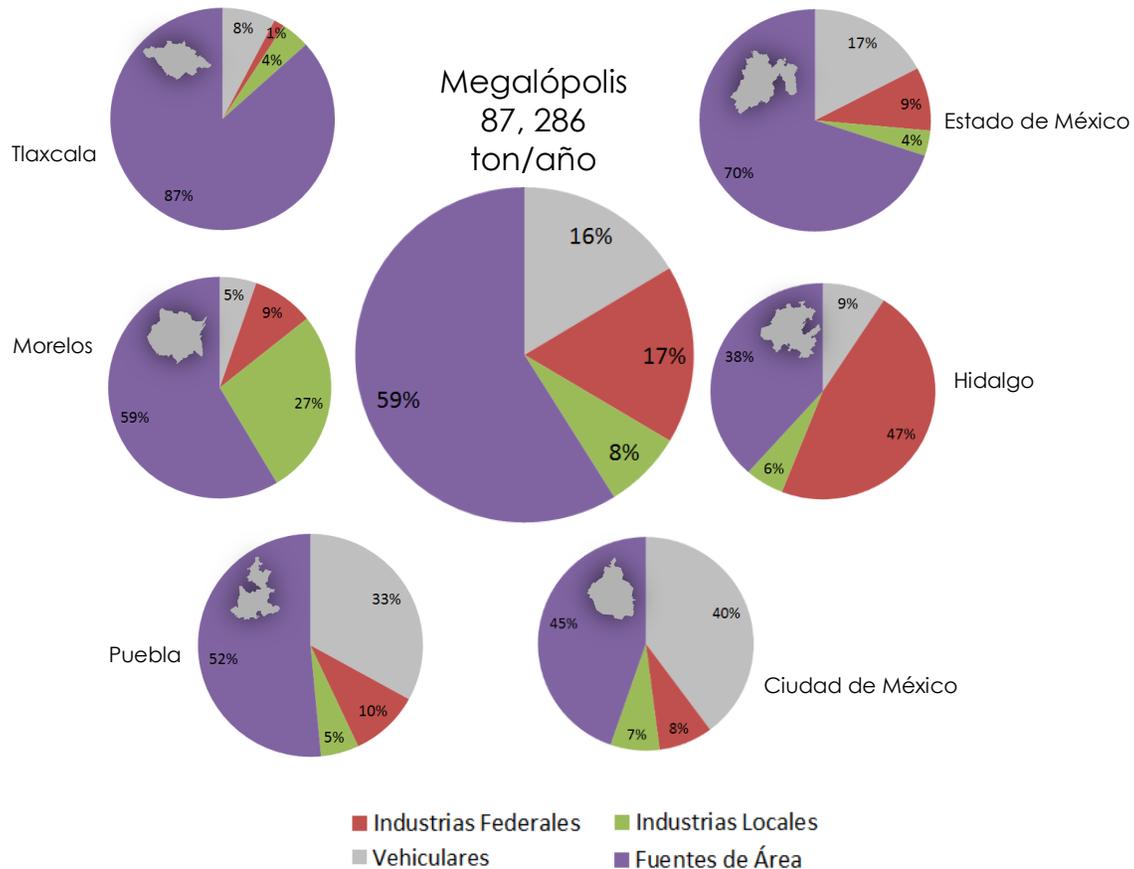
Las siguientes figuras muestran la contribución de las distintas fuentes en cada una de las entidades que conforman la Megalópolis, para los siguientes contaminantes: partículas menores a 10 y 2.5 micrómetros, compuestos orgánicos volátiles, óxidos de nitrógeno, dióxido de azufre, monóxido de carbono, dióxido de carbono y carbono negro.

Como puede observarse en la FIGURA IV.12, para la región CAME, las fuentes de área son las principales fuentes generadoras de partículas menores a 10 micrómetros con una participación porcentual del 59%, seguido por la industria federal y las fuentes móviles que prácticamente presentan la misma participación porcentual.

A nivel local, la quema doméstica de leña, la labranza y las quemas agrícolas tiene una alta participación en la generación de PM_{10} en los estados de México, Tlaxcala, Puebla Hidalgo y Morelos. En el caso de Hidalgo, las industrias de generación de energía eléctrica, la del petróleo y petroquímica, tienen también una alta contribución en la generación de PM_{10} .

Para el caso de la Ciudad de México, el inventario de emisiones registra a las fuentes industriales ligeras y comerciales, por ejemplo: construcción, panificadoras o asados al carbón, como las principales fuentes de emisión de PM_{10} .

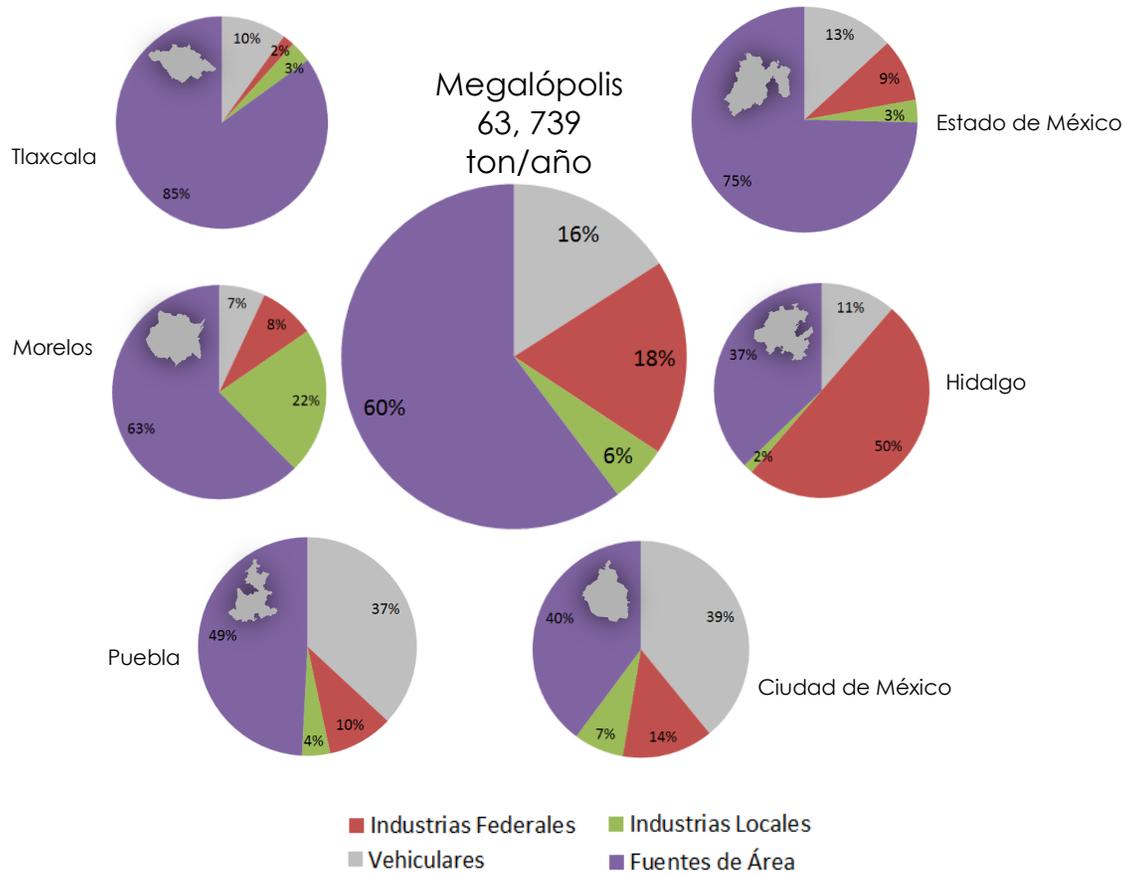
FIGURA IV.12. CONTRIBUCIÓN DE LAS FUENTES EMISORAS DE PM_{10} POR ENTIDAD INTEGRANTE DE LA CAME



La FIGURA IV.13 muestra la contribución porcentual de las distintas fuentes emisoras, para cada entidad federativa, a la emisión de $PM_{2.5}$. Al igual que con las partículas menores a 10 micrómetros, las fuentes de área son las que mayor contribución tienen en el inventario de emisiones de la Megalópolis, alcanzando un 60% del total de las emisiones de este contaminante.

La actividad de combustión doméstica de leña se destaca por su alta contribución en $PM_{2.5}$ en todas las entidades salvo en la Ciudad de México. Para el caso de Hidalgo, Estado de México y Puebla, las quemas agrícolas también tienen un importante contribución de partículas. Las fuentes importantes de emisión de $PM_{2.5}$ y que son específicas para alguna entidad, son: en el caso de Hidalgo, la generación eléctrica y la industria del Petróleo, para la Ciudad de México las fuentes industriales ligeras y comerciales así como los automotores a diésel, en Puebla también destacan los automotores a diésel y en Morelos, la industria de alimentos y bebidas.

FIGURA IV.13. CONTRIBUCIÓN DE LAS FUENTES EMISORAS DE PM_{2.5} POR ENTIDAD INTEGRANTE DE LA CAME

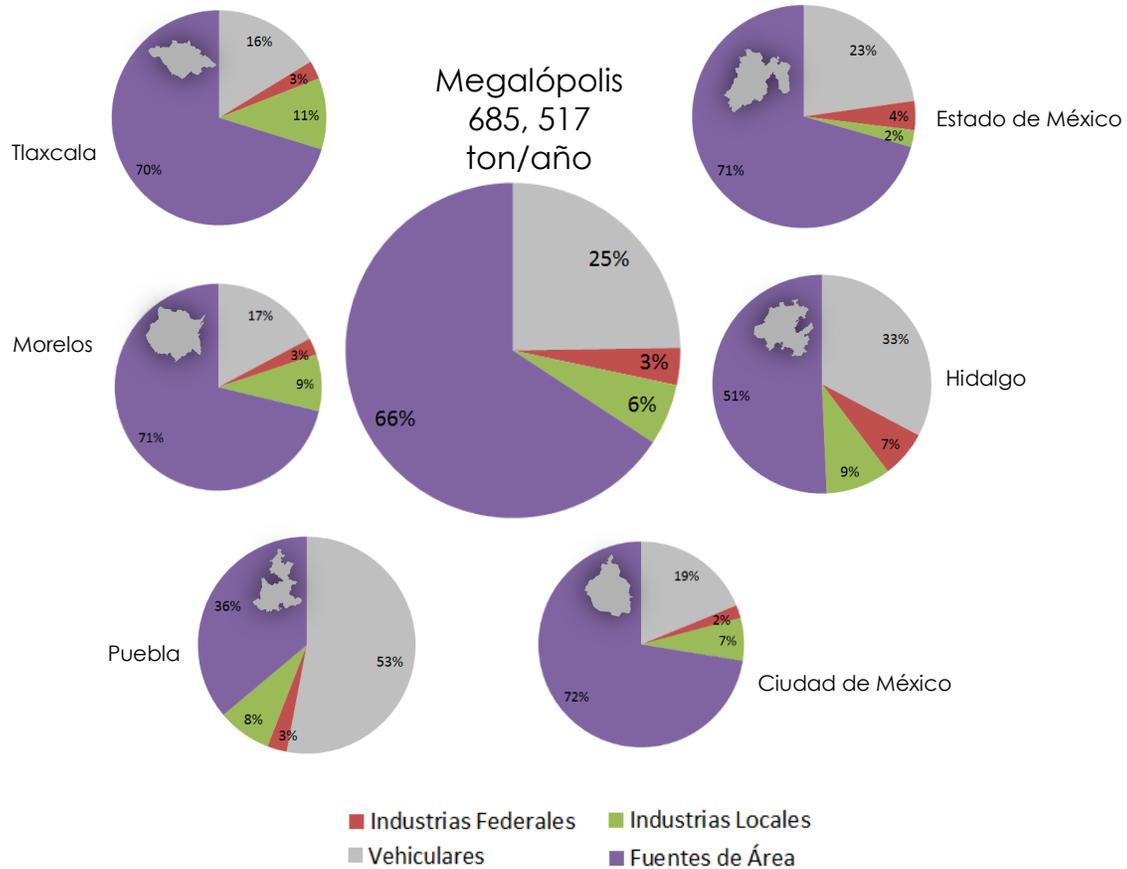


Para el caso de los compuestos orgánicos volátiles (FIGURA IV.14), en la Megalópolis son las fuentes dispersas o de área las que presentan una mayor contribución con un 66%, seguido por las fuentes móviles con un 25%.

El análisis por estado muestra al uso doméstico de solventes, las actividades de pintura arquitectónica y a los automotores, como las principales fuentes de emisión de hidrocarburos. Cabe destacar que nuevamente la quema de leña destaca en todas las entidades salvo en la Ciudad de México, en donde, conjuntamente con el Estado de México y Morelos, se suma la distribución y manejo de gas licuado de petróleo como otra fuente significativa de COV's.

Es importante destacar que, para el caso de Puebla, las fuentes móviles presentan una participación porcentual mayor que en las otras entidades, situación que puede deberse a los registros que presentan de unidades de carga ligera que registran, la cual es, proporcionalmente a las otras entidades, muy alta.

FIGURA IV.14. CONTRIBUCIÓN DE LAS FUENTES EMISORAS DE COV POR ENTIDAD INTEGRANTE DE LA CAME



En el caso de las emisiones de óxidos de nitrógeno (FIGURA IV.15) y monóxido de carbono (FIGURA IV.16), ambos contaminantes tienen como fuente emisora principal a los automotores, mismos que emiten el 82% y 85% respectivamente en la Megalópolis.

En Hidalgo, la generación de energía eléctrica y la industria del petróleo también tiene un peso importante en la generación de óxidos de nitrógeno. En Morelos, el sector cementero y de fabricación de vidrio presentan un importante aporte de NOx, en tanto que para Tlaxcala, es la industria de la celulosa y el papel la que destaca, así como las quemaduras agrícolas.

En el caso del monóxido de carbono, en todas las entidades, además de las fuentes móviles, los incendios forestales y las quemaduras agrícolas son sectores importantes en la generación de dicho contaminante.

FIGURA IV.15. CONTRIBUCIÓN DE LAS FUENTES EMISORAS DE NOx POR ENTIDAD INTEGRANTE DE LA CAME

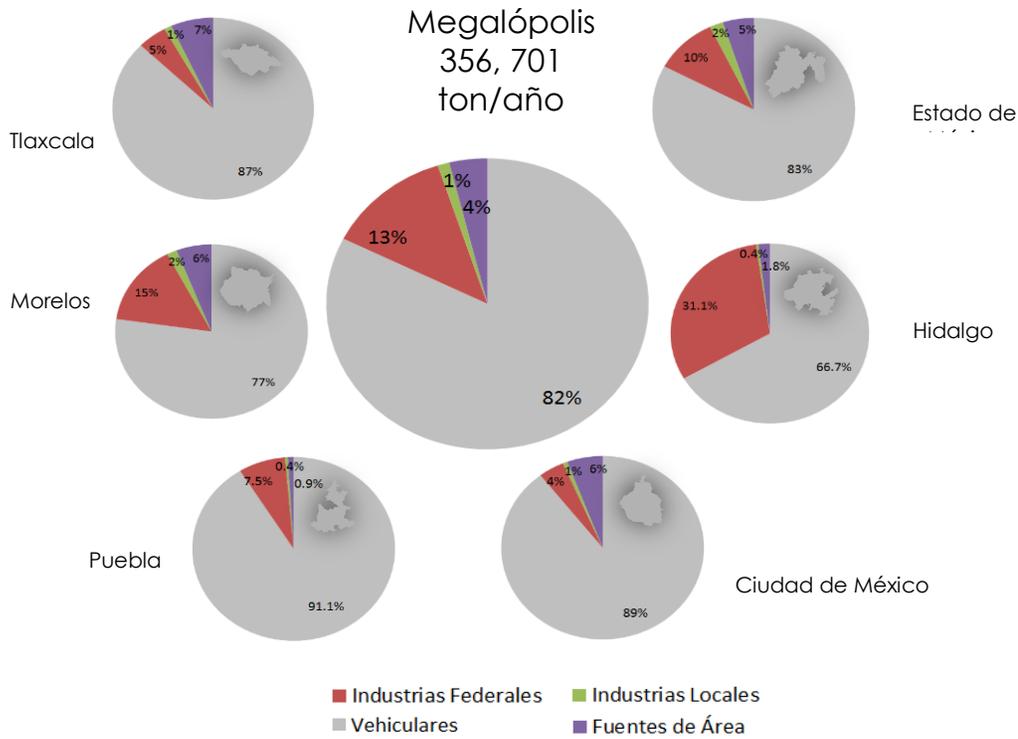
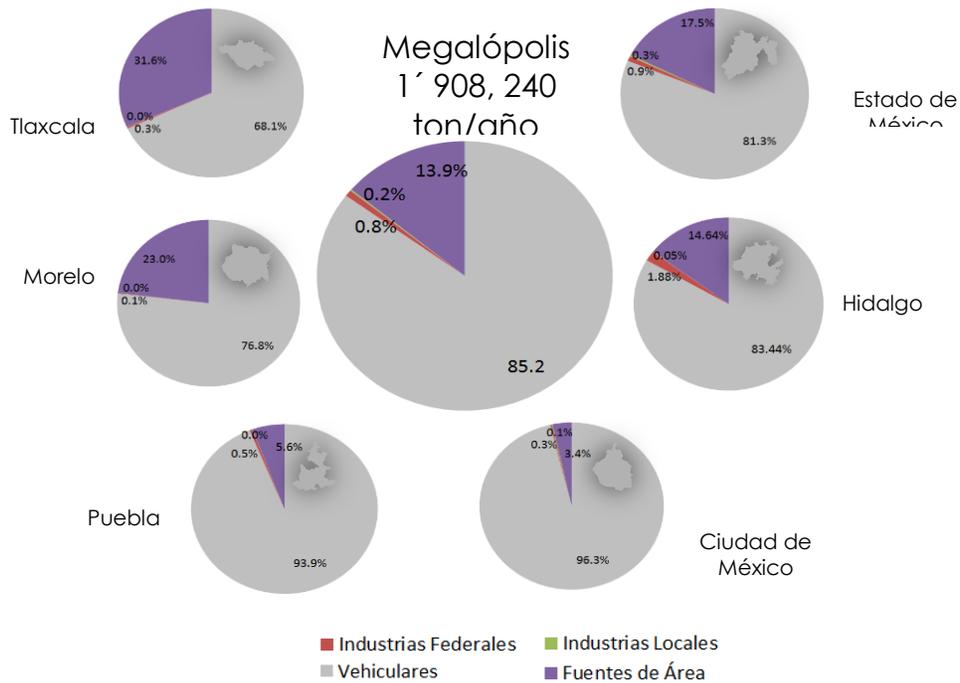


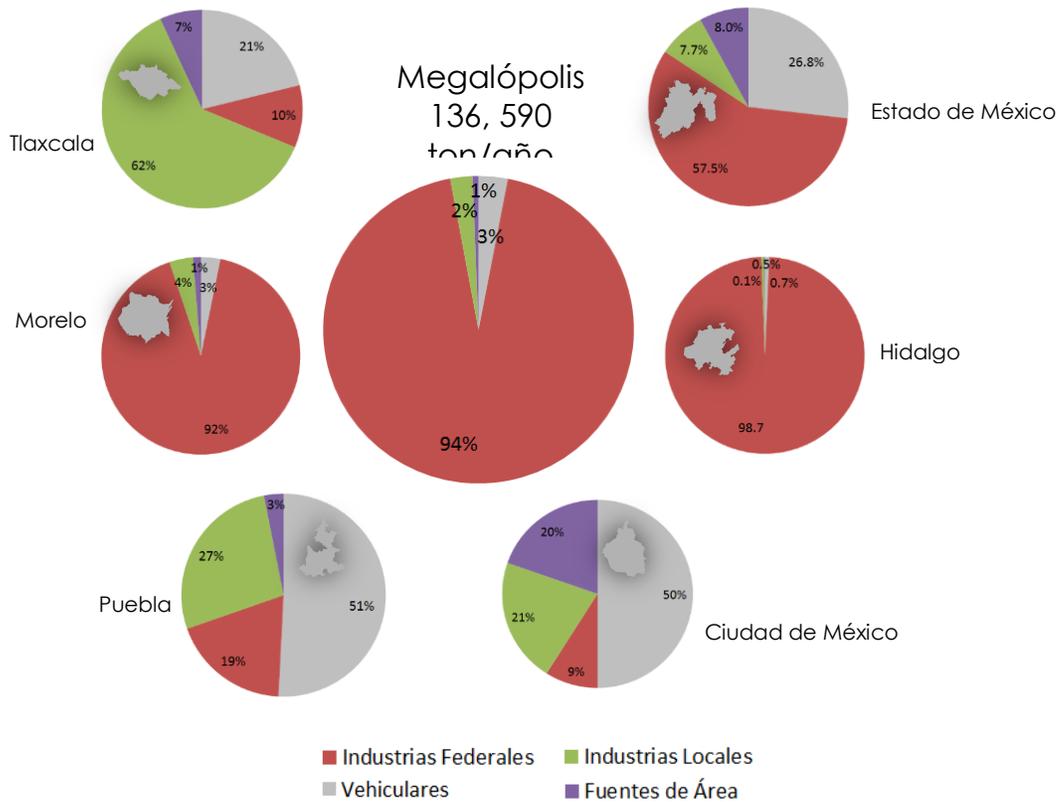
FIGURA IV.16. CONTRIBUCIÓN DE LAS FUENTES EMISORAS DE CO POR ENTIDAD INTEGRANTE DE LA CAME



En el caso del dióxido de azufre, la FIGURA IV.17 la emisión principal en la Megalópolis es la industria, particularmente la federal, en donde destaca la industria de generación de energía eléctrica, la del petróleo, la del cemento y cal, la de la celulosa y el papel.

Respecto a la industria local, la relacionada con alimentos y bebidas tiene emisiones importantes en Puebla y Tlaxcala. En el caso de la Ciudad de México, es el parque vehicular el principal emisor de este contaminante, seguido por incendios forestales y la industria local.

FIGURA IV.17. CONTRIBUCIÓN DE LAS FUENTES EMISORAS DE SO₂ POR ENTIDAD INTEGRANTE DE LA CAME



Para el caso de las emisiones de dióxido de carbono, las fuente móviles y la industria federal son, derivado de su demanda energética, las principales fuentes de emisión de este gas (ver FIGURA IV.18).

Para el carbono negro (FIGURA IV.19), las fuentes emisoras en la Megalópolis, prácticamente son las mismas que se constituyen como problema en la emisión de PM_{2.5}.

FIGURA IV.18. CONTRIBUCIÓN DE LAS FUENTES EMISORAS DE CO₂ POR ENTIDAD INTEGRANTE DE LA CAME

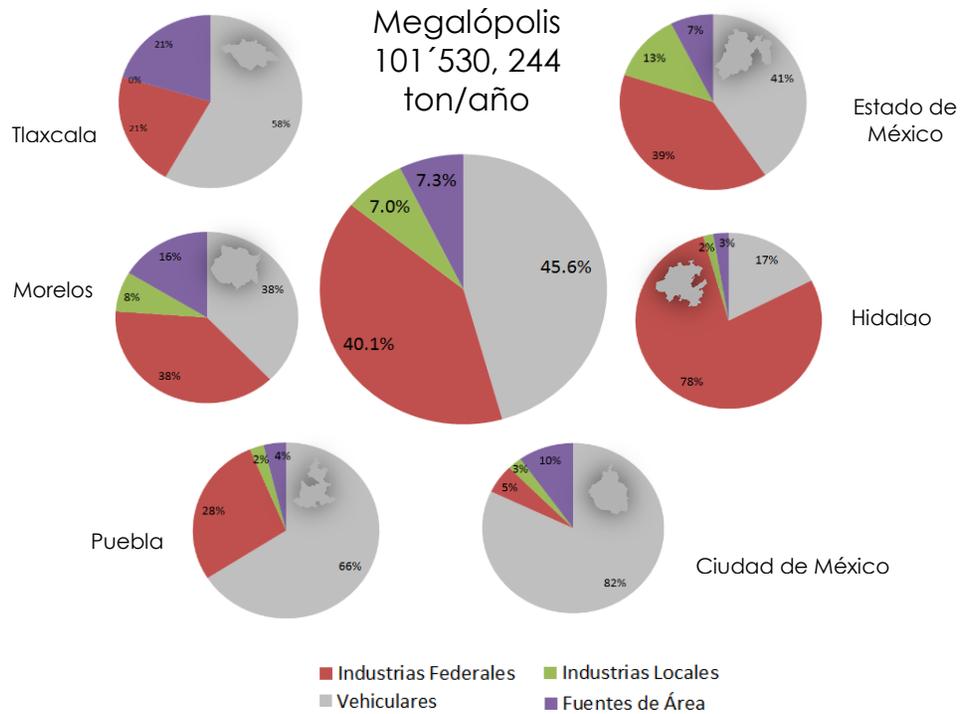
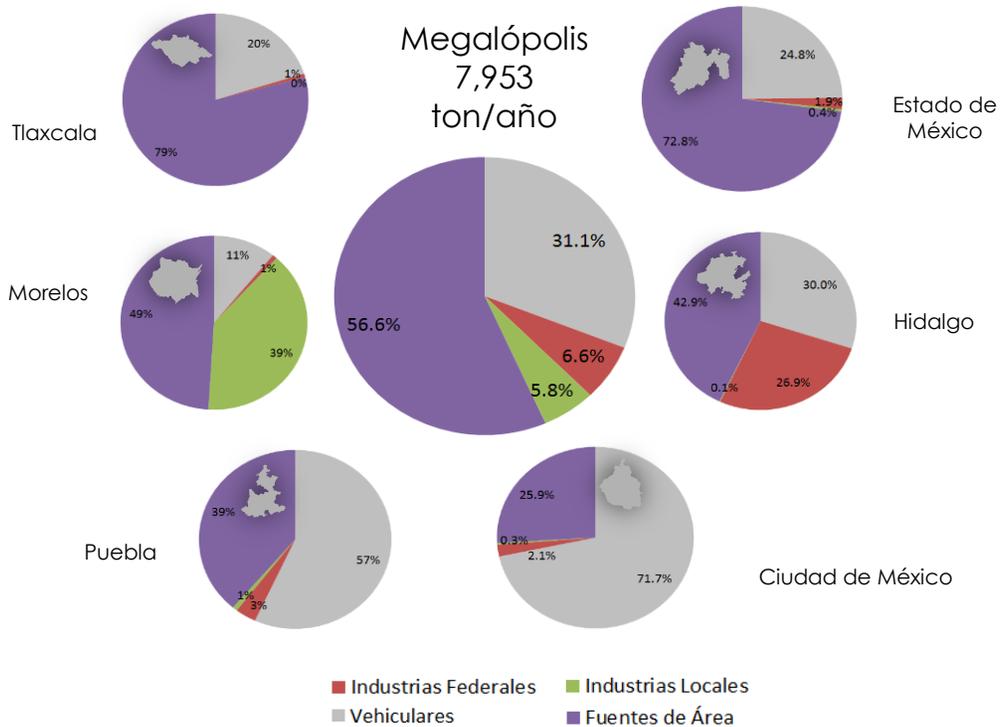


FIGURA IV.19. CONTRIBUCIÓN DE LAS FUENTES EMISORAS DE CARBONO NEGRO POR ENTIDAD INTEGRANTE DE LA CAME



IV.4. Definición de una línea base de emisiones al 2030

Con el fin de tener un panorama de las emisiones atmosféricas al año 2030, se estimó el crecimiento tendencial de las emisiones tomando como base el inventario de emisiones para 2015.

Para estimar el crecimiento de las emisiones del transporte automotor, se tomó el crecimiento de la flota de la última década. Para las emisiones en el año 2030 se consideró que en ese año se habrá logrado introducir combustibles de ultra bajo contenido de azufre y que las normas de emisión serán más estrictas que las actualmente vigentes en México; por ejemplo, para vehículos pesados se consideró que estarán vigentes los estándares de emisión equivalentes a EPA-2010 para vehículos nuevos.

Para estimar el cambio en las emisiones de la industria se estimó la demanda energética por sector y por tipo de combustible para el año 2030, tomando como base el análisis de información publicada por la Secretaría de Energía, a través del Sistema Nacional de Información Energética. En los casos donde se conocen planes específicos para el futuro, se empleó esa información. Por ejemplo, se tomó como base el Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional 2016-2030 "PRODESEN" en el caso del sector de generación eléctrica; respecto del uso de combustóleo, se consideró que éste dejará de producirse y por tanto ya no será usado en el año 2030.

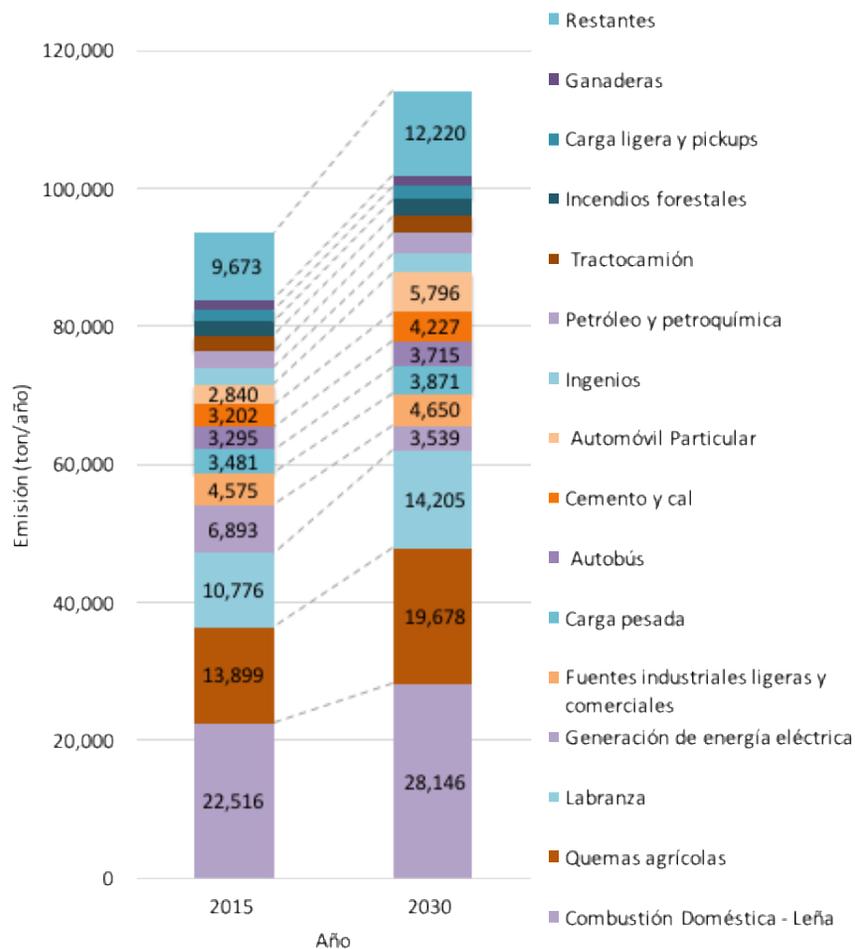
Respecto de las fuentes dispersas, cada subcategoría tiene una metodología específica de cálculo de emisiones, que fueron proporcionadas por la SEMARNAT. En algunos casos se emplean datos de consumo de combustibles desagregados a nivel estatal o municipal. En otros casos se emplean datos de actividad agregados a nivel estatal y se desagregan basados en la población de un municipio o en el número de empleados en un sector económico en cada municipio. Los factores de emisión han sido empleados por SEMARNAT en el INEM 2013. Estas mismas metodologías y factores de emisión fueron empleados para estimar las emisiones al 2030. Además se consideraron otras variables, como las tasas de crecimiento poblacional y de los hogares, el crecimiento y el comportamiento del producto interno bruto. En todos los casos se ha manteniendo constante la intensidad energética de cada sector.

En el CUADRO IV-5 se presentan las emisiones desagregadas para cada sector considerado; al igual que para el año 2015, en el 2030 todas las categorías de fuentes de emisión contribuyen significativamente a la generación de contaminantes atmosféricos.

En las FIGURAS IV.20 a IV.26, se muestran las emisiones en 2015 y 2030 bajo este escenario de crecimiento, para mostrar la proyección realizada para cada uno de los nueve contaminantes analizados para la zona de la Megalópolis más Querétaro.

La FIGURA IV.20 muestra que si bien algunas de las fuentes de emisión disminuirán su carga al año 2030, la tendencia indica que los principales aportantes de PM₁₀ tendrán incrementos considerables en sus emisiones, conservando así la tendencia de emisiones que se presenta para el año 2015. Estas fuentes de emisión de gran relevancia corresponden a la combustión doméstica - leña¹², quemas agrícolas, labranza y generación eléctrica. Es notable el incremento esperado en las emisiones de los automóviles, vehículos de carga pesada y autobuses, debido al incremento esperado de la flota en circulación.

FIGURA IV.20. PROYECCIÓN DE LAS EMISIONES DE PM₁₀ DEL 2015 AL 2030 EN LAS ENTIDADES QUE CONFORMAN LA MEGALÓPOLIS MÁS QUERÉTARO



¹² De acuerdo a la prospectiva de gas natural de SENER 2016 – 2030 se estimó una reducción del 18% en el uso de leña a nivel nacional. Sin embargo, no se consideró la misma por la incertidumbre asociada a esta actividad y el grado de penetración del gas natural en la Megalópolis.

CUADRO IV-5. INVENTARIO DE EMISIONES DESGLOSADO 2030 DE LA MEGALÓPOLIS MÁS QUERÉTARO

Fuentes de emisión	Emisiones totales en el 2030 (ton/año)								
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	NH ₃	CO ₂	CN
Transporte Motorizado	21,347	14,413	5,954	2,794,521	405,201	278,983	3,671	61,386,032	3,332
Motocicleta	509	294	295	321,975	9,428	24,521	544	1,425,431	41
Automóvil Particular	5,796	2,642	1,671	1,070,600	120,943	126,289	1,601	21,413,247	496
Taxi	737	170	162	67,050	7,907	7,286	228	3,393,381	38
Camioneta Particular	2,155	1,096	678	560,815	49,604	44,322	436	6,960,289	193
Camioneta Transo. Público	298	201	110	42,540	6,511	3,356	79	1,517,890	48
Carga ligera y pickups	1,852	1,462	964	530,641	64,365	47,450	450	7,486,331	295
Carga pesada	3,871	3,292	612	138,301	41,245	11,537	134	4,530,981	839
Autobús	3,715	3,241	701	19,099	50,789	3,083	97	10,767,041	857
Tractocamión	2,332	1,960	721	13,054	46,575	2,066	63	3,888,715	518
Microbús	83	54	41	30,447	7,834	9,073	37	2,725	8
Industria	21,639	14,965	54,292	28,581	70,133	65,657	1,137	64,984,242	802
<i>Jurisdicción Federal</i>	<i>15,307</i>	<i>11,712</i>	<i>52,017</i>	<i>22,773</i>	<i>63,200</i>	<i>38,143</i>	<i>917</i>	<i>55,189,246</i>	<i>319</i>
Asbesto	1	1	NS	7	13	1	NS	13,797	NS
Automotriz	1,301	972	12	334	510	10,002	13	568,715	2
Celulosa y papel	242	207	13	1,548	2,657	4,673	52	2,434,272	14
Cemento y cal	4,227	2,692	14,339	1,579	6,260	332	29	25,414,074	8
Generación de energía eléctrica	3,539	3,488	7,259	11,001	34,764	1,053	580	14,721,371	244
Metalúrgica (incluye la siderúrgica)	852	509	262	3,469	2,425	2,279	67	3,093,566	11
Petróleo y petroquímica	3,027	1,994	27,233	1,736	5,814	4,206	58	3,453,982	21
Pinturas y tintas	775	622	18	95	267	6,326	4	241,603	0
Química	625	526	2,776	1,753	2,526	8,356	70	2,850,026	12
Tratamiento de residuos peligrosos	5	5	0	149	259	7	NS	266,032	NS
Vidrio	713	695	106	1,102	7,706	908	42	2,131,807	7

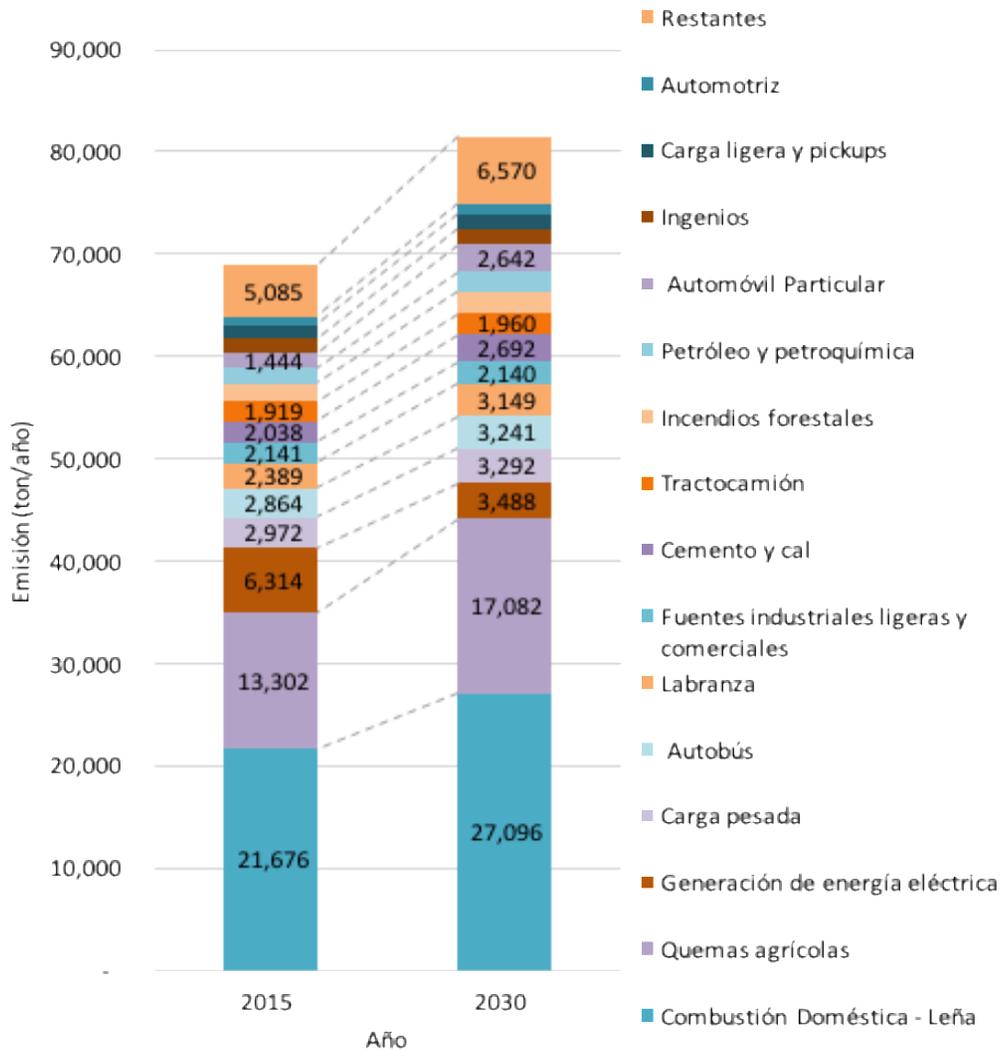
Jurisdicción Estatal	6,332	3,254	2,274	5,807	6,934	27,515	220	9,794,995	483
Accesorios, aparatos eléctricos y equipos de generación eléctrica	405	292	2	50	87	1,244	2	255,680	NS
Alimentos y bebidas (sin Ingenios)	630	292	1,333	1,713	2,418	4,485	143	3,680,191	8
Ingenios	2,709	1,546	NS	3	268	NS	NS	347,094	464
Almacenamiento de combustibles	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	194	NS
Cuero, piel y materiales sucedáneos	1	NS	NS	NS	NS	18	NS	556	NS
Derivados del petróleo y carbón	69	29	306	502	224	89	8	160,977	NS
Extracción/beneficio minerales no metálicos	816	17	157	47	66	16	NS	7,855	NS
Impresión	34	24	5	85	426	2,091	NS	336,760	1
Industria textil	282	205	150	1,148	1,196	1,244	31	1,746,043	3
Madera	39	27	NS	3	8	264	NS	24,235	NS
Manejo de desechos y remediación	4	3	1	17	13	2	NS	379,924	NS
Metálico	168	133	13	604	875	4,572	16	770,260	3
Mezclas químicas	102	25	225	234	394	2,946	2	91,583	1
Minerales no metálicos	657	398	7	205	261	1,647	6	732,173	1
Muebles, colchones y persianas	12	7	NS	72	126	353	NS	12,342	NS
Otras industrias	12	6	50	723	14	1,999	NS	10,358	NS
Papel y cartón	83	65	9	249	312	347	9	361,208	1
Plástico y hule	309	185	17	152	245	6,197	3	877,564	1
Actividades dispersas	71,104	52,103	17,496	358,499	18,936	502,444	156,294	8,392,691	6,087
Quema de combustible en fuentes estacionarias	62	62	2	494	1,495	39	2	779,739	4
Combustión Doméstica en Leña	28,146	27,096	325	205,484	2,115	186,286	NE	2,765,820	3,644
Combustión Doméstica en GLP, GNC, Queroseno	231	231	5	1,490	6,899	137	3	4,401,045	15
Artes gráficas	NE	NE	NE	NE	NE	17,736	NE	NE	NE

Repintado automotriz	NE	NE	NE	NE	NE	18,383	NE	NE	NE
Recubrimientos y limpieza superficies industriales	NE	NE	NE	NE	NE	4,581	NE	NE	NE
Otros usos de solventes (asfaltado, lavado en seco, pintura vial)	NE	NE	NE	NE	NE	11,050	NE	NE	NE
Pintura arquitectónica	NE	NE	NE	NE	NE	65,762	NE	NE	NE
Uso doméstico de solventes	NE	NE	NE	NE	NE	90,051	NE	NE	NE
Manejo y distribución de gas LP	NE	NE	NE	NE	NE	69,420	NE	NE	NE
Manejo y distribución de gasolinas	NE	NE	NE	NE	NE	15,207	NE	NE	NE
Fuentes industriales ligeras y comerciales	4,650	2,140	0	3,957	73	2,709	NS	46,061	222
Aplicación de fertilizantes y plaguicidas	NE	NE	NE	NE	NE	794	7,669	NE	NE
Ganaderas	1,584	181	NE	NE	NE	NE	113,748	NE	NE
Labranza	14,205	3,149	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Emisiones domésticas de amoníaco	NE	NE	NE	NE	NE	NE	32,230	NE	NE
Incendios forestales	2,539	2,154	235	25,145	756	1,756	252	324,040	155
Quemas agrícolas	19,678	17,082	677	120,041	6,682	12,763	2,389	664	2,044
Aguas residuales	NE	NE	NE	NE	NE	5,536	NE	NE	NE
Terminales de autobuses	4	4	20	1,802	914	182	1	75,323	1
Otras diversas (incendios arquitectónicos y esterilización de material hospitalario)	5	5	NS	87	2	54	NS	NS	1
Total	114,090	81,481	61,511	3,181,600	494,271	847,084	161,102	134,762,965	10,221

Notas: NE: No estimado. NS: No significativo, indicando que la cifra es menor a 0.6 toneladas anuales. Los valores en las sumas pueden no coincidir debido al redondeo. Incluye sólo los municipios incluidos en la CAME más los siete municipios de la zona metropolitana de Querétaro y San Juan del Río, con excepción de las fuentes móviles, donde se incluyen todos los municipios o delegaciones de cada entidad. Esta proyección fue construida a partir de la base de datos de emisiones para el año 2013, proporcionada por la SEMARNAT-DGGCARETC.

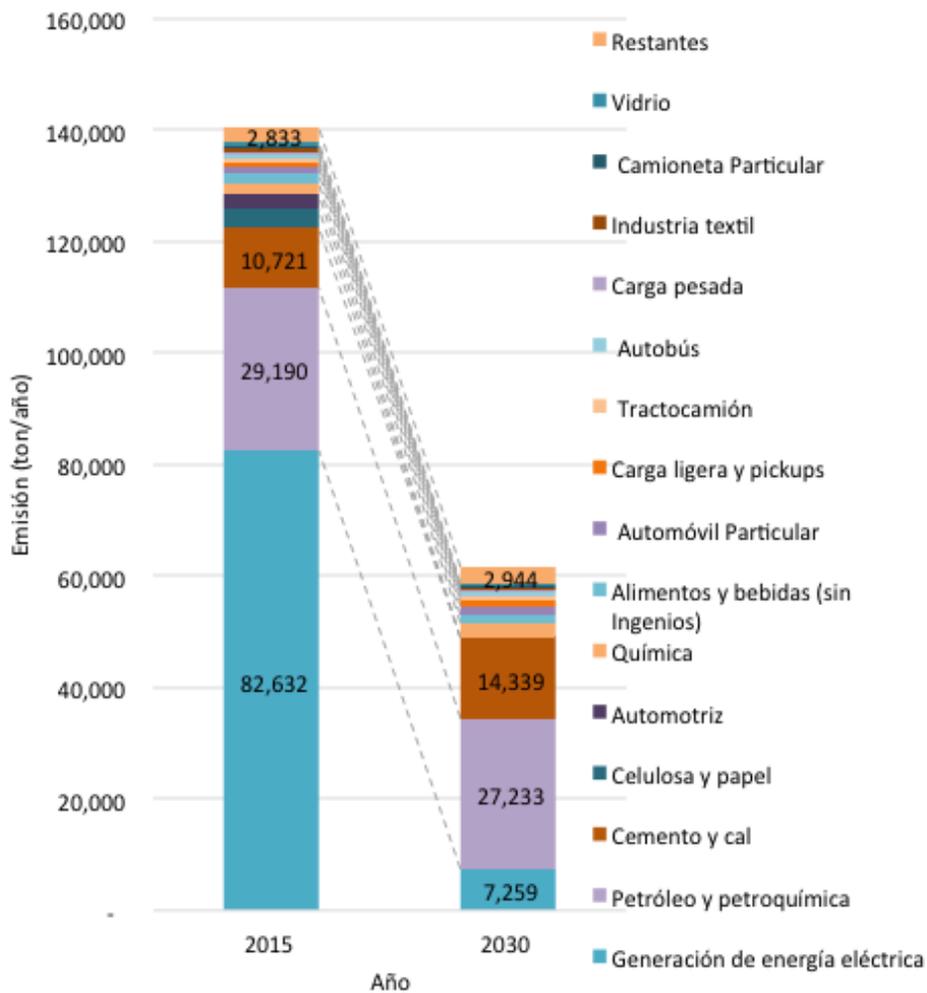
En la FIGURA IV.21 se aprecia que de forma similar a las partículas PM₁₀, la proyección general de las emisiones de PM_{2.5} es al alza para las fuentes de mayor contribución, tales como la categoría de Combustión Doméstica - Leña y las Quemadas agrícolas. Sin embargo, se considera en la prospectiva de la Secretaría de Energía "SENER", una baja en el consumo residencial de leña por la implementación de combustibles más limpios. Como en el caso de las PM₁₀ es notable el incremento esperado en las emisiones de los automóviles, vehículos de carga pesada, tractocamiones y autobuses, debido al incremento esperado de la flota en circulación. El sector de generación eléctrica tendrá en este caso una disminución. El resto de las fuentes de emisión menores tendrán leves variaciones pero conservando las mismas proporciones del año 2015.

FIGURA IV.21. PROYECCIÓN DE LAS EMISIONES DE PM_{2.5} DEL 2015 AL 2030 EN LAS ENTIDADES QUE CONFORMAN LA MEGALÓPOLIS MÁS QUERÉTARO



La FIGURA IV.22 permite observar que de forma contraria a las emisiones del resto de los contaminantes, el SO₂ tendría una reducción significativa en las emisiones totales anuales para el 2030, principalmente en las fuentes de Generación de Energía Eléctrica, como resultado del retiro de operación de las unidades de generación de la Central Termoeléctrica Francisco Pérez Ríos, ubicada en Tula de Allende¹³. El sector de Petróleo y Petroquímica también tendrá una leve disminución debida a la reducción en la producción y uso de combustóleo mientras que la industria de Cemento y Cal incrementará las emisiones de este contaminante. Los demás sectores conservarán las proporciones de emisiones del año 2015.

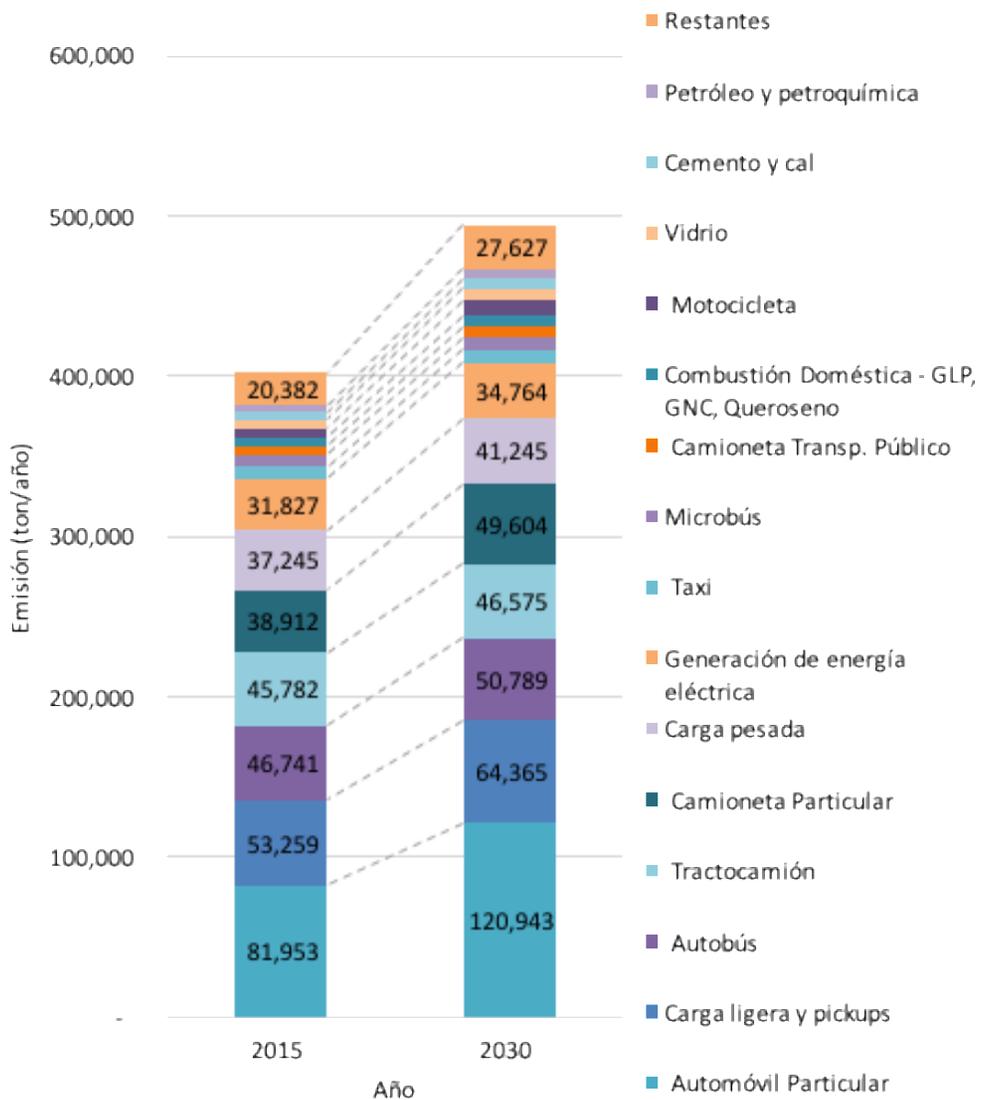
FIGURA IV.22. PROYECCIÓN DE LAS EMISIONES DE SO₂ DEL 2015 AL 2030 EN LAS ENTIDADES QUE CONFORMAN LA MEGALÓPOLIS MÁS QUERÉTARO



¹³ El Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional (PRODESEN 2016NE2030) señala en su Programa Indicativo para la Instalación y Retiro de Centrales Eléctricas (PIIRCE), que se sugiere el retiro de las unidades de generación térmica 1 y 2 en el año 2021, la unidad 5 en 2024 y las unidades 3 y 4 en el 2029. Como su nombre lo señala, esto es solo indicativo y en su momento corresponderá al CENACE informar si procede el retiro cuando CFE informe que falta un año para las fechas señaladas. Aún si se cumple este Plan Indicativo, las emisiones de esta planta continuarán por 12 años más.

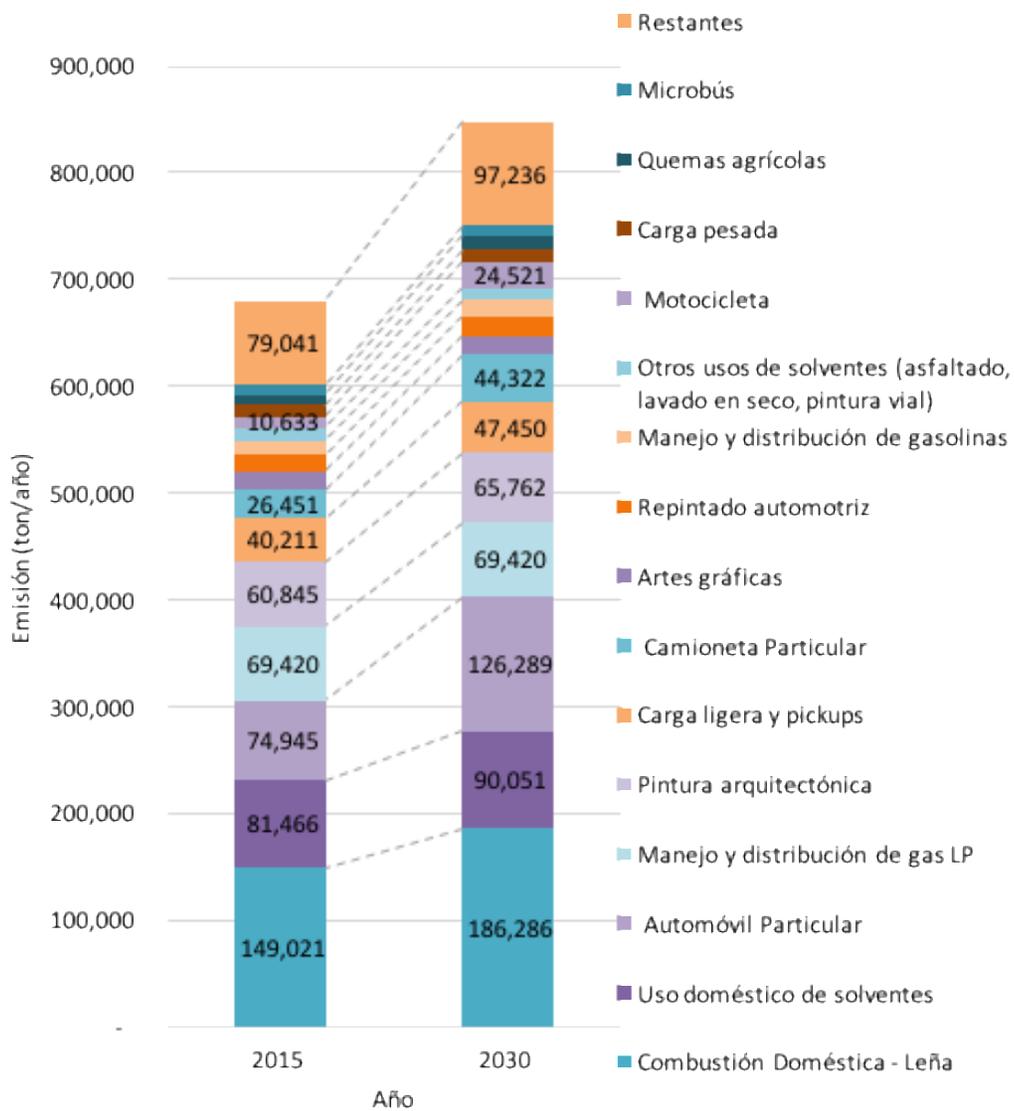
Respecto de los NO_x, la FIGURA IV.23 muestra cómo las emisiones de estos contaminantes en el 2030 se incrementarán con respecto al año 2015 para todas las fuentes de emisión consideradas. Las proporciones en cada una de las fuentes conservarán la misma tendencia del año 2015. Es muy notorio cómo las fuentes del transporte motorizado, que son ya las primeras emisoras, tendrán un crecimiento muy importante debido al crecimiento de la flota. Por ejemplo, las emisiones de NO_x de los automóviles particulares se espera que más que se dupliquen.

FIGURA IV.23. PROYECCIÓN DE LAS EMISIONES DE NO_x DEL 2015 AL 2030 EN LAS ENTIDADES QUE CONFORMAN LA MEGALÓPOLIS MÁS QUERÉTARO



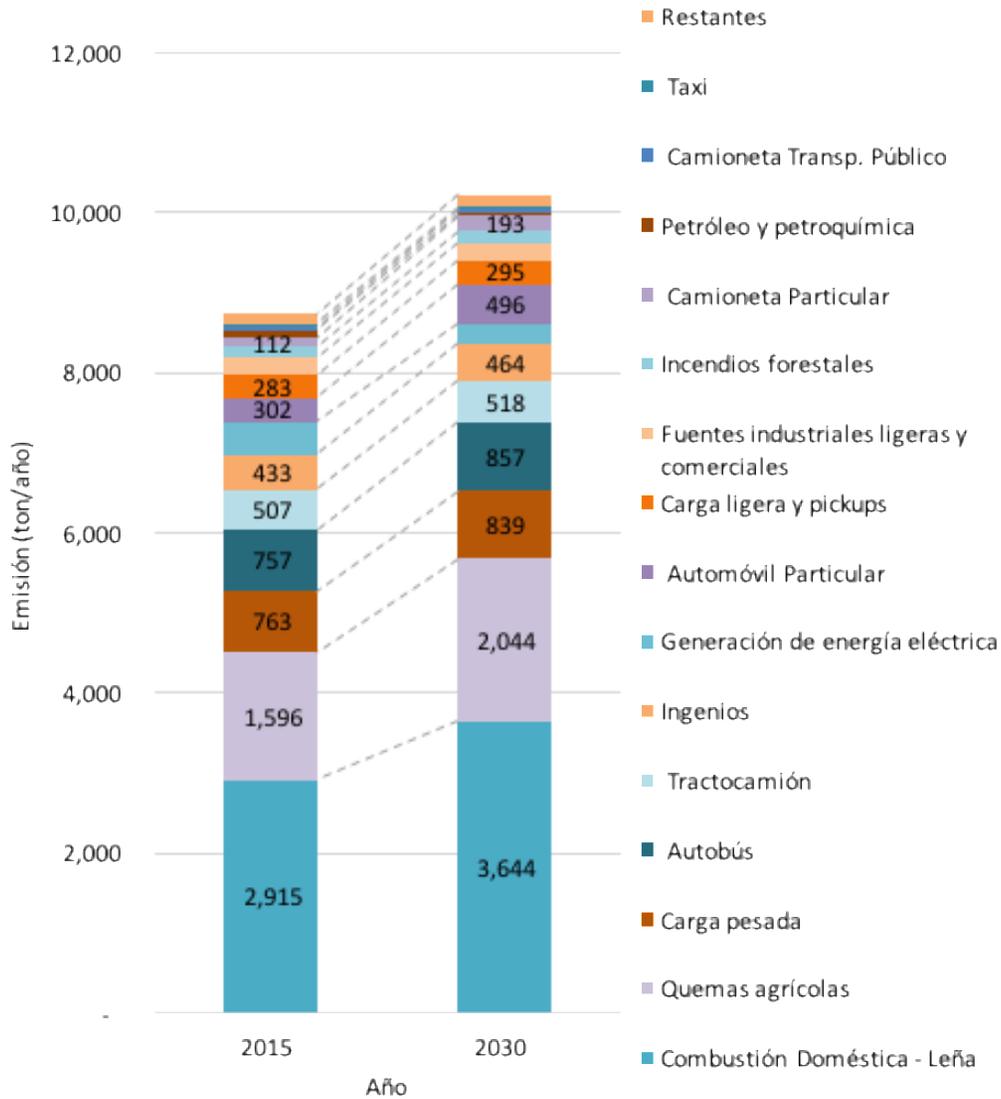
Para los COV, la FIGURA IV.24 muestra que de manera similar a los NOx, éstos se incrementarán para el año 2030 conservando las mismas proporciones del 2015 en cada una de las fuentes analizadas. Las mayores contribuciones seguirán siendo asociadas al uso del Automóvil particular, a la Combustión Doméstica – Leña, al Uso de solventes y al manejo y distribución de gas LP. Se prevé que el crecimiento esperado en la flota y el uso de vehículos automotores será la primera razón del aumento de las emisiones de COV. Las demás fuentes de emisión incrementarán la generación de COV de manera moderada.

FIGURA IV.24. PROYECCIÓN DE LAS EMISIONES DE COV DEL 2015 AL 2030 EN LAS ENTIDADES QUE CONFORMAN LA MEGALÓPOLIS MÁS QUERÉTARO



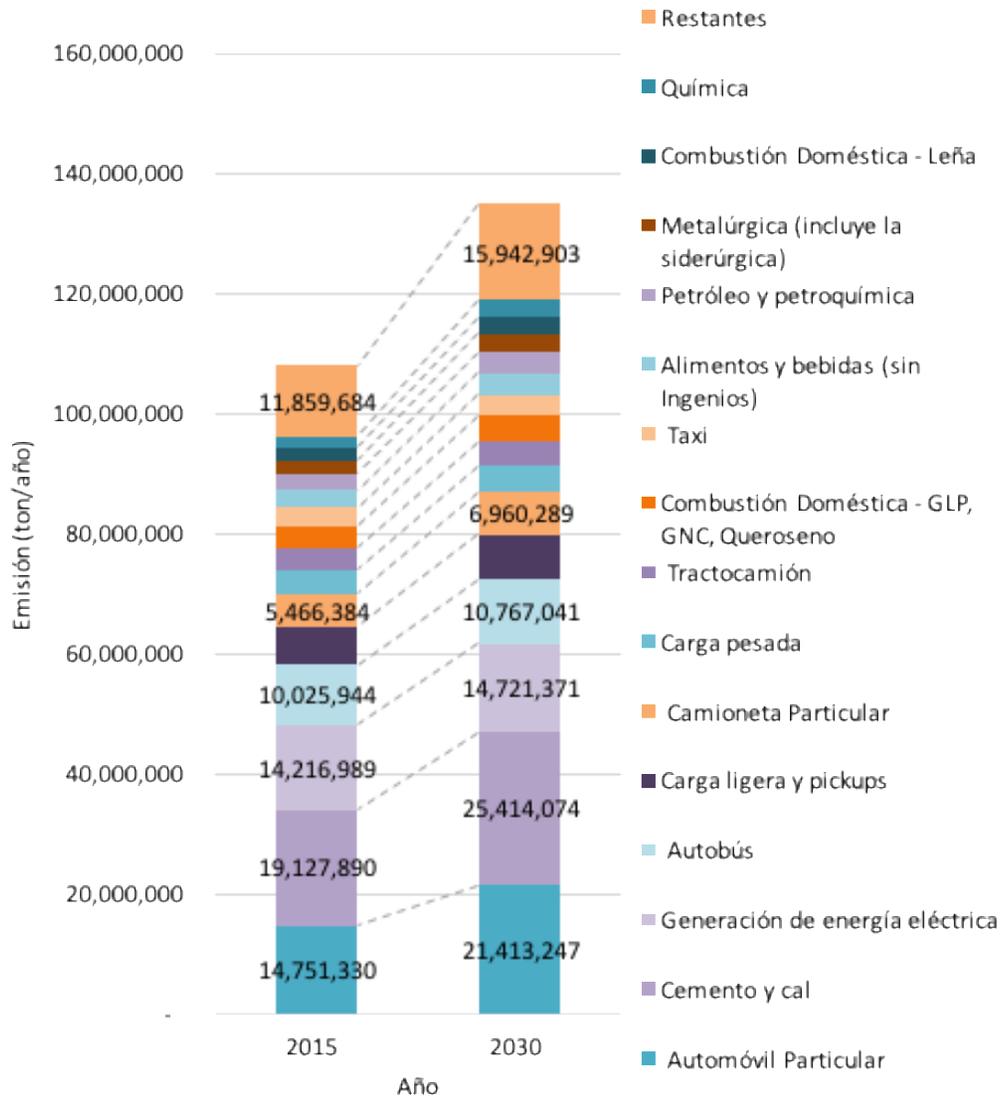
Para el carbono negro, la FIGURA IV.25 muestra una disminución porcentual en las emisiones de las categorías de carga pesada y autobuses asociadas a la mejora de combustible. Por su parte, en esta proyección, las categorías de combustión doméstica – leña, las quemas agrícolas, ingenios e impresión aumentarían su participación porcentual. Las demás fuentes de emisión incrementarán la generación de carbono negro de manera moderada

FIGURA IV.25. PROYECCIÓN DE LAS EMISIONES DE CARBONO NEGRO DEL 2015 AL 2030 EN LAS ENTIDADES QUE CONFORMAN LA MEGALÓPOLIS MÁS QUERÉTARO



En el caso del CO₂, la FIGURA IV.26 muestra que el crecimiento de las emisiones se asocia principalmente con los automóviles particulares, camionetas, autobuses y vehículos de carga, así como la industria del cemento y cal y la de generación de energía eléctrica. El resto de las fuentes de emisión incrementarán la generación de CO₂ de manera moderada.

FIGURA IV.26. PROYECCIÓN DE LAS EMISIONES DE CO₂ DEL 2015 AL 2030 EN LAS ENTIDADES QUE CONFORMAN LA MEGALÓPOLIS MÁS QUERÉTARO



La contribución relativa de los contaminantes prioritarios de la Megalópolis indica que, para el año 2015:

- **Las fuentes dispersas o de área son responsables del 60% de las emisiones de $PM_{2.5}$.**
- **El dióxido de azufre proviene en un 96% de las fuentes fijas.**
- **Los NO_x provienen en un 82% de las fuentes móviles.**
- **Los COV provienen en un 65% de las fuentes de área y en un 27% de las fuentes móviles.**
- **El carbono negro proviene principalmente del uso de leña a nivel doméstico y de las quemas agrícolas, seguido de los automotores a diésel.**

Es necesario avanzar hacia la creación de una plataforma megalopolitana de inventarios de emisiones, que unifique metodologías y procedimientos para contar con un inventario de emisiones completo, robusto, representativo y actualizado, que soporte una proyección confiable y la toma de decisiones en la implementación de políticas públicas para mejorar la calidad del aire y el bienestar de la población.

V. ANÁLISIS DE PROAIRES, CONTRIBUCIONES DE EXPERTOS Y ACCIONES EN CURSO

Un elemento clave en la preparación de una estrategia orientada a la reducción de emisiones contaminantes en la Megalópolis es reconocer y aprovechar los esfuerzos, previos o en curso, realizados sobre este tema. Por ello, la revisión tanto de los PROAIRE locales existentes como de los reportes y documentos técnicos generados por la comunidad científica y académica se convierten en una actividad básica para identificar las acciones y recomendaciones que deben ser plasmadas en las políticas públicas para mejorar la calidad del aire en la región.

Los estados y áreas metropolitanas que componen la Megalópolis tienen, dentro de sus PROAIRE existentes, acciones identificadas a ser implementadas a nivel estatal para reducir las emisiones. Estas acciones y medidas se han desarrollado a partir del análisis de las principales fuentes de emisión locales, por lo que es fundamental sean consideradas como parte del desarrollo del marco estratégico para la reducción de emisiones a nivel megalopolitano.

Del mismo modo, expertos en la materia, incluyendo a aquellos que se desempeñan en la academia, centros de investigación, sociedad civil y los integrantes del Comité Científico Asesor de la CAME, entre otros, han elaborado recomendaciones clave para prevenir y controlar la generación de emisiones y mejorar la calidad del aire en la región de la Megalópolis.

En esta sección se presenta una síntesis del análisis llevado a cabo de todas estas medidas y recomendaciones existentes para identificar temas comunes y áreas estratégicas clave que permitan enfocar el desarrollo de una estrategia a nivel megalopolitano con impactos significativos en la reducción de emisiones de partículas y de precursores de ozono.

V.1. Acciones de los programas para mejorar la calidad del aire

Con el propósito de definir las principales medidas y acciones estratégicas establecidas en los programas locales disponibles para mejorar la calidad del aire “PROAIRE”, se realizó la revisión de cada uno de los seis programas vigentes de los estados que forman la Megalópolis, además del PROAIRE de Querétaro-San Juan del Río (2014-2024).

Los PROAIRE integran acciones en varios campos de aplicación, cuyo objetivo es prevenir y controlar la contaminación atmosférica en cada entidad.

Se obtuvo de cada uno de ellos, además de las medidas y acciones, los contaminantes que se esperan sean reducidos por cada medida; esta información se utilizó para identificar las diferentes áreas temáticas “Fuentes Fijas”, “Fuentes móviles”, “Fuentes de área”, “Salud”, “Áreas verdes”, “Educación Ambiental”, “Energéticos”, “Monitoreo/Investigación” y las medidas de control que son comunes en los PROAIRE.

El CUADRO V-1 resume el número de medidas y acciones que contiene cada PROAIRE, así como la vigencia del mismo.

CUADRO V-1. CANTIDAD TOTAL DE MEDIDAS Y ACCIONES PROPUESTAS EN CADA PROAIRE

Entidad	PROAIRE	Estrategias/líneas estratégicas	Medidas	Acciones
Hidalgo	PROAIRE Hidalgo 2016-2024	4	23	140
Morelos	PROAIRE Zona Metropolitana de Cuernavaca 2009-2012	5	18	75
Puebla	PROAIRE Puebla 2012-2020	8	38	203
Querétaro	PROAIRE Querétaro-San Juan del Río 2014-2023	5	30	199
Tlaxcala	PROAIRE Tlaxcala 2015-2024	8	25	115
Toluca	PROAIRE Valle de Toluca 2012-2017	7	28	184
ZMVM	PROAIRE ZMVM 2011-2020	8	81	116
	Total	45	243	1,014

El CUADRO V-2 especifica el número de medidas para cada línea estratégica y programa. Con base en el análisis realizado fue posible identificar las líneas estratégicas que son comunes en relación con el número total de medidas y/o el número de PROAIRE que contienen el mismo tipo de medida(s); aquellas destacadas en verde tienen el mayor número de medidas en total y están presentes en, al menos, cuatro programas.

Cabe mencionar que estas líneas estratégicas y medidas pueden implementarse a través de tres instrumentos generales de política: a) instrumentos normativos, b) instrumentos económicos y c) instrumentos de información y persuasión.

CUADRO V-2. RESUMEN DE MEDIDAS POR PROAIRE Y POR CADA LÍNEA ESTRATÉGICA

Línea estratégica		Hidalgo	Morelos	Puebla	Querétaro	Tlaxcala	Toluca	ZMVM	Total de medidas	Núm. de entidades
Fuentes móviles	Detección de vehículos		1		1		1	1	4	4
	Movilidad	1	1	3	2	1	3	14	25	7
	Renovación vehicular				1		1	3	5	3
	Verificación vehicular	3		1	2	1	1	1	9	6
	Autorregulación			1				1	2	2
	Cambio tecnológico/control de emisiones			1				2	3	2
Fuentes fijas	Fuentes móviles general		2			1		1	4	3
	Autorregulación	2		1	1	1		1	6	5
	Cambio tecnológico/control de emisiones			1	1	1			3	3
	Regulación y reporte			1					1	1
	Inspección y vigilancia				1		1		2	2
Fuentes fijas general	4	1	1				4	10	4	
Fuentes de área	Bancos de materiales	1			1		1		3	3
	Cambio tecnológico/control de emisiones						1		1	1
	COV			3	2	2	1	3	11	5
	Residuos	1	1	1		1	2	1	7	6
	Ladrillero	1		1	1	1	1		5	5
	Quema/Incendios	2		1	1		1		5	4
Fuentes de área general		1	1		2		1	5	4	
Comunicación /Indicadores de calidad	1	1	2	3	1	1	1	10	7	
Gestión	Financiamiento e instrumentos		1	1		1	1	1	5	5
	Inventario	2	2	1	2	1	2	1	11	7
	Normatividad	1	1	1				13	16	4
	Creación de Comités			1	1	1			3	4
	Gestión territorial/cuencas atmosféricas		1	2			1	1	5	4
	Gestión general		1					2	3	2
	Regulación y reporte					2		1	3	2
	Inspección y vigilancia							1	1	1
	Energéticos			4	1	1	2	8	16	5
Otros	Áreas verdes			1	1	2	3	6	13	5
	Salud	1	1	4	5	3	2	5	21	7
	Educación Ambiental	2	1	1	1		1	2	8	6
	Monitoreo/Investigación	1	2	3	2	2	2	5	17	7

Con el objeto de identificar estrategias clave para lograr reducciones significativas de partículas y de precursores de ozono, se realizó una clasificación secundaria, en donde se identificaron y seleccionaron líneas estratégicas, las cuales fueron analizadas con mayor detalle para determinar temas comunes en los PROAIRE (CUADRO V-3).

CUADRO V-3. RESUMEN DE LÍNEAS ESTRATÉGICAS Y MEDIDAS DE LOS PROAIRE

Línea estratégica	Acciones	Temas comunes/relevantes
Fuentes móviles – Movilidad	100	<ul style="list-style-type: none"> Fortalecimiento del transporte público Expansión de la movilidad no motorizada Gestión de la demanda de transporte Mejoramiento de la logística de carga Implementación de planes de movilidad integral Mejoramiento de la red vial urbana Semaforización inteligente Reducción de la circulación en vacío de taxis
Fuentes móviles – Verificación	35	<ul style="list-style-type: none"> Modernización integral de la verificación vehicular Fortalecimiento de la vigilancia a centros de verificación Mejora de la comunicación de resultados de la verificación Incorporación de motocicletas al programa de verificación Armonización del programa en toda la Megalópolis
Fuentes fijas - Autorregulación	30	<ul style="list-style-type: none"> Implementación de un programa de certificación y auditoría estatal Establecimiento de convenios de colaboración Capacitación en prevención y control de la contaminación Identificación y promoción de esquemas de financiamiento
*Fuentes fijas - General	29	<ul style="list-style-type: none"> Conversión/Retiro de la termoeléctrica convencional Cambio a combustibles más limpios Establecimiento de un Plan de Reducción de Emisiones de la industria Cementera y Calera Establecimiento de convenios de colaboración y coordinación con los ingenieros azucareros Reconfiguración de la refinería Miguel Hidalgo de Tula
Fuentes de área – COV	52	<ul style="list-style-type: none"> Fortalecimiento del control de vapores en terminales de almacenamiento y reparto, autotanques y estaciones de servicio de gasolina y GLP Requerimiento de tecnologías de control de emisiones de COV Fomento de mejores prácticas en el uso de disolventes orgánicos Fomento del uso de productos de consumo doméstico base agua e incentivos a la disminución de contenido de disolventes
Energético	50	<ul style="list-style-type: none"> Promoción e incentivo del uso de energías y combustibles alternos. Mejoramiento de la calidad de los combustibles usados por vehículos automotores Promoción del uso de estufas y calentadores de agua en hogares y establecimientos comerciales y de servicios
Áreas verdes y Boscosas	51	<ul style="list-style-type: none"> Fortalecimiento del programa de combate a incendios forestales Implementación de programas de recuperación de suelos erosionados

* Estas acciones son específicas para las industrias presentes en cada estado

Dentro de los siete campos de acción clave se identifican medidas comunes, como es el caso de las fuentes móviles, donde se propone desarrollar sistemas de transporte público masivo que impulsen la movilidad sustentable en las zonas metropolitanas, así como fortalecer y garantizar el cumplimiento de los programas de verificación vehicular estatales.

En el tema de fuentes fijas, las medidas establecidas se enfocan en desarrollar e implementar planes de reducción de emisiones industriales, con especial interés en las emisiones del corredor industrial Tula – Vito – Apaxco.

Con respecto a las fuentes de área, se identifican estrategias orientadas a la reducción de emisiones de compuestos orgánicos volátiles que, debido a su importancia como precursores de ozono, requieren de la implementación de acciones inmediatas, entre ellas, fortalecer y asegurar el control de vapores en estaciones de servicio, terminales de almacenamiento y reparto de combustibles, además de promover mejores prácticas en establecimientos que generen COV en sus procesos.

Otro tema de interés común es la actualización de las Normas Oficiales Mexicanas 085, 041, 045 y 047 cuyos campos de aplicación involucran la reducción de emisiones generadas por el sector industrial y transportista, así como la norma de eficiencia energética para los vehículos ligeros nuevos.

Adicionalmente, se establecen medidas dirigidas a la creación de normas para el control de COV y otros contaminantes que son emitidos por establecimientos o actividades no reguladas actualmente.

Además de las medidas clave previamente descritas, el aspecto energético se ve reflejado en los PROAIRE, enfocado en impulsar el uso de energías y combustibles limpios en los sectores industrial, comercial, de servicios, residencial y gubernamental, así como gestionar el mejoramiento de la calidad de los combustibles usados actualmente por los vehículos.

Finalmente, el tema de áreas verdes y boscosas considera medidas dirigidas a desarrollar e implementar programas de recuperación de suelos erosionados y de restauración, conservación y ampliación de áreas verdes boscosas y urbanas como estrategias para impulsar la captura de carbono y reducir las emisiones de material particulado.

V.2. Acciones propuestas por expertos y por la sociedad civil

Por otra parte, diversas instituciones gubernamentales, académicas, centros de investigación y el Comité Científico Asesor de la CAME, entre otros, han elaborado recomendaciones de control y reducción de emisiones para mejorar la calidad del aire en la región, particularmente en cuanto partículas suspendidas y ozono. En el CUADRO V-4 se describen los documentos que fueron analizados para la identificación de tales contribuciones.

CUADRO V-4. DOCUMENTOS TÉCNICOS ANALIZADOS PARA IDENTIFICACIÓN DE MEDIDAS

Nombre del documento	Fecha	Organización
“Consideraciones sobre la situación actual de la contaminación atmosférica en el Centro de México”	27 de mayo de 2016	Centro de Ciencias de la Atmósfera y el Instituto de Geografía de la UNAM
Oficios No. CPS/0203/2016 y No. CPS/0269/2016 dirigido al Coordinador Ejecutivo de la CAME.	02 y 30 de mayo de 2016	Coordinación Politécnica para la Sustentabilidad del Instituto Politécnico Nacional.
“Soluciones de Fondo para mejorar la calidad del aire del Valle de México”	mayo de 2016	Centro Mario Molina
“Hacia ciudades saludables y competitivas moviéndose por un aire limpio”	mayo de 2013	BiciRed-Bicitekas, Centro Mexicano de Derecho Ambiental, Centro de Transporte Sustentable, Colectivo Ecologista Jalisco, El Poder del Consumidor, Fundación Tláloc, Instituto Mexicano para la Competitividad y la Red por los Derechos de la Infancia en México.
“Programa de soluciones concretas para la crisis ambiental en la Megalópolis. Propuesta del Sector de Mensajería y Paquetería Express y Masiva en México”	01 de junio de 2016	Sector de mensajería y paquetería exprés y masiva en México
“Propuesta de Actuación Inmediata para el Mejoramiento de la Calidad del Aire en la Megalópolis”	02 de junio de 2016	Comité Científico Asesor de la Comisión Ambiental de la Megalópolis
“Síntesis de propuestas de acciones de corto plazo para el abatimiento de emisiones en la Megalópolis”	09 de junio de 2016	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
“Propuesta de políticas para mejorar la Calidad del Aire y reducir emisiones de gases de efecto invernadero en la ZMVM”	ND	Instituto de Ingeniería de la UNAM, Climate Works Foundation y Centro de Transporte Sustentable.

Al igual que con los PROAIRE, se realizó una categorización de áreas temáticas y medidas de control. En el CUADRO V-5 se resumen las medidas para cada área temática y documento, destacándose en verde, aquellas con el mayor número de medidas (sin considerar el área temática de “Otras”) y comunes en al menos seis documentos.

CUADRO V-5. RESUMEN DE LAS MEDIDAS OBTENIDAS DE LOS DOCUMENTOS TÉCNICOS ANALIZADOS

Área temática	CCA-UNAM	Centro Mario Molina	Comité Científico Asesor	UNAM, Climate Works Foundation, CTS	Hacia Ciudades Saludables y Competitivas: varias organizaciones	IPN	Propuesta del sector de mensajería y paquetería exprés y masiva	SEMARNAT	Total de medidas	Núm. de entidades
Fuentes móviles	Fortalecer el transporte público	2	3	1	1	1	1	1	12	8
	Renovación vehicular	1	4	1	1	1	2	1	15	9
	Verificación vehicular		2	9	1	1	3	4	20	6
	Transporte de Carga		3	4		1			8	2
	Tecnologías y combustibles		3	2	2		2	1	13	6
	Gestión de la demanda	1	1					4	9	4
	Reglamento de tránsito						2	1	3	2
	Otras	2	4	2		1	1	4	14	6
Fuentes fijas	Normatividad		1	1					2	2
	Cambio tecnológico/ Control de emisiones		1	1			1		3	3
	Regulación y reporte		2	4					6	2
Fuentes de área	COV	1		4	1			1	7	4
	Pavimentar calles				1				2	2
	Fuentes naturales			2					2	1
	Quemas/Incendios		1	1	1				3	3
	Otras			2					3	2
Gestión	Fuentes de financiamiento e instrumentos		1	2			4		8	4
	Normatividad	2	2	3	2	5	2		16	6
	Gestión territorial/ cuencas atmosféricas		2				1		3	2
	Planeación urbana	1						1	3	3
	Otras	4		2	1	1	4	2	15	7
Otras	Energético	2	1	1			1	1	6	5
	Áreas verdes						1	1	3	3
	Salud			1		2	1		4	3
	Educación Ambiental			1					1	1
	Monitoreo/ Investigación	5		1		1			7	3

Dentro de las medidas para fuentes móviles, además de la movilidad y la verificación vehicular, sobresalen los temas de renovación vehicular, tecnologías y combustibles, los cuales incluyen estrategias que promueven la ejecución de programas de chatarrización enfocados al transporte público y el incremento de instrumentos económicos que permitan la adquisición de vehículos híbridos y eléctricos; adicionalmente, remarca la importancia de ampliar inmediatamente la disponibilidad de combustibles con bajos contenidos de azufre y fortalecer los programas de fomento y sustitución de tecnologías de control de emisiones.

En el tema de normatividad, se menciona también la actualización de las normas referidas en los programas, recomendando hacerlas más estrictas para alcanzar los límites y condicionantes tecnológicas comunes internacionales, incluyendo las normas de calidad de combustibles, vehículos nuevos y salud ambiental, entre otras.

V.3. Acciones en curso

Derivado de los episodios de alta contaminación por ozono, ocurridos durante la temporada de ozono del primer semestre de 2016, la CAME llevó a cabo una serie de medidas urgentes, entre las que se encontraron:

- a) Puesta en marcha de un nuevo Programa de Contingencias Ambientales Atmosféricas para la ZMVM, que determinó la activación de sus fases a partir de los 150 puntos IMECA de ozono.
- b) Aplicación del programa Hoy No Circula sin excepciones en vehículos a gasolina y diésel y con restricción de horario y uso de corredores en transporte de carga.
- c) Aplicación de la norma de emergencia NOM-EM-167-SEMARNAT-2016 de verificación vehicular, para homologar el procedimiento para verificentros locales y federales.
- d) Fortalecimiento de los operativos para identificar y sancionar vehículos ostensiblemente contaminantes.

Asimismo, anunció una serie de acciones a llevar a cabo, incluyendo las siguientes:

- a) Incorporación de las Secretarías de Salud, SCT y Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano “SEDATU” a la CAME.
- b) Elaboración de un documento estratégico que oriente las decisiones en temas de calidad del aire a escala de la Megalópolis, que incluya los siguientes ejes de acción:

- i. Mejora de la movilidad y transporte público.
- ii. Ahorro de energía y aprovechamiento de nuevas fuentes eficientes de energía.
- iii. Mejora en la infraestructura disponible y desarrollo urbano.

De ahí se derivaron propuestas de acción considerando que el documento estratégico de la Megalópolis se elaborará actualizando los inventarios de emisiones y contemplará un conjunto de medidas de fondo para todas las cuencas de la región.

También se estableció que el Programa de Contingencias Ambientales Atmosféricas de la ZMVM incluirá modelos predictivos de la contaminación y contendrá componentes de acción geográfica y sectorialmente diferenciadas¹⁴.

Por otra parte, entre las acciones a llevar a cabo por el gobierno federal se encuentran las siguientes:

- a) 200 Unidades de Salud realizarán la vigilancia epidemiológica de padecimientos asociados a la contaminación del aire en toda la Megalópolis.
- b) La SHCP destinará hasta 11 mil millones de pesos en la banca de desarrollo (Nacional Financiera “NAFIN”, BANOBRAS y Fondo Nacional de Infraestructura “FONADIN”) para apoyar los proyectos de infraestructura y modernización de unidades de transporte público en las zonas urbanas de la Megalópolis al 2018.
- c) Apoyo a la expansión y reforzamiento de las redes de monitoreo de la calidad del aire gestionando 150 millones de pesos a través del FONADIN.
- d) Incorporación de mil taxis híbridos financiados a través de créditos preferenciales respaldados por NAFIN en la Megalópolis, iniciando con la Ciudad de México y el Estado de México.
- e) Fortalecimiento del Programa de Renovación de Vehículos de Carga y Pasaje simplificando los trámites y actualizando los incentivos.
- f) Homologación de los procedimientos de verificación vehicular para el autotransporte federal, de acuerdo a la Norma Emergente.
- g) Establecimiento de la RED de Ciudades Sustentables en la Megalópolis para impulsar y apoyar acciones de bajo carbono a través de las Acciones Nacionales

¹⁴ El Programa de Contingencias Ambientales Atmosféricas vigente en la ZMVM ya considera el uso de un pronóstico de calidad del aire.

- Apropiadas de Mitigación, “NAMAs” por sus siglas en inglés, sectoriales (Urbana, Transporte Público y Vivienda).
- h) Plantación de 18 millones de árboles para crear barreras rompe vientos al norte y oriente del Valle de México y consolidar el Cinturón Verde en la Megalópolis en el periodo 2016-2018.
 - i) Apoyo con soporte de 100 millones de pesos a los gobiernos locales de la Megalópolis para el control de las emisiones contaminantes de vehículos de uso intensivo.
 - j) Elaboración de Normas de Emergencia para el control de compuestos orgánicos volátiles y partículas $PM_{2.5}$ aplicables a fuentes de jurisdicción federal: conversiones a gas natural; recuperación de vapores en estaciones de servicio y sitios de almacenamiento de petrolíferos; motocicletas nuevas y en circulación; industria química, petroquímica y automotriz; solventes, pinturas y recubrimientos.
 - k) Elaboración y publicación de la Estrategia Nacional de Calidad del Aire 2017-2030.

Se identifican también otros proyectos realizados, en curso, o por iniciar; algunos de ellos son financiados por el Fideicomiso 1490 “Para Apoyar los Programas, Proyectos y Acciones Ambientales de la Megalópolis”:

- a) NOM para el índice nacional de calidad de aire, en grupo de trabajo de normalización de SEMARNAT.
- b) NOM para la verificación vehicular en la Megalópolis, en grupo de trabajo de normalización de SEMARNAT.
- c) NOM de calidad del aire de Dióxido de Azufre para protección de la salud, a cargo de la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios “COFEPRIS”.
- d) Obtención de información de parques vehiculares a nivel municipal, proyecto del INECC.
- e) Caracterización de las flotas vehiculares de la Megalópolis con Sensor Remoto, proyecto de la CAME.
- f) Exposición personal a los contaminantes para establecimiento de Ecozonas y corredores de transporte, proyecto de la CAME.

- g) Revisión de los programas de verificación de las Entidades Federativas de la Megalópolis, proyecto de la CAME.
- h) Desarrollo de la Plataforma de Inventario de Emisiones Único de la Megalópolis, proyecto a realizarse por la CAME.
- i) Inventario nacional de emisiones y alternativas tecnológicas para Compuestos Orgánicos Volátiles, proyecto del INECC en el marco de la preparación de la Sexta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.

Acciones de la Estrategia Nacional de Calidad del Aire

El primero de marzo del 2017, la SEMARNAT dio a conocer la Estrategia Nacional de Calidad de Aire 2017 – 2030, que es una herramienta de planeación que orientará y coordinará acciones para controlar, mitigar y prevenir la emisión y concentración de contaminantes en la atmósfera. Su objetivo es mejorar la calidad del aire para proteger la salud de la población y conservar los ecosistemas y tiene como meta, alcanzar en el 2030 los límites permisibles de contaminantes recomendados por la Organización Mundial de la Salud, para protección de la salud.

La estrategia fue ratificada por once secretarías y contó con la participación de la sociedad civil, la academia y la industria mediante un proceso de diálogo y consulta pública.

Este instrumento consta de cinco ejes rectores y 69 líneas de acción con las que se busca coordinar acciones, fortalecer competencias, promover cambios en los procesos productivos, sustentar políticas y programas con información científica y sensibilizar a la población. Los ejes rectores son:

- ✓ EJE 1. Gestión integral para mejorar la calidad del aire.
- ✓ EJE 2. Instituciones eficientes y orientadas a resultados.
- ✓ EJE 3. Empresas comprometidas con la calidad del aire.
- ✓ EJE 4. Política atmosférica con base científica.
- ✓ EJE 5. Sociedad responsable y participativa.

Dentro de las acciones más relevantes indicadas por las dependencias participantes, se tienen las siguientes:

SEMARNAT

- Sentar las bases para fomentar la movilidad multimodal en las ciudades mexicanas y entre las ciudades, promoviendo el uso de trenes y el uso de transporte público eléctrico.
- Eliminación de fuentes móviles ostensiblemente contaminantes.
- Utilización de combustibles con ultra bajo contenido de azufre y de bajo contenido de carbono.
- El gobierno federal destinará 160 MDP para la introducción de autobuses de transporte público a gas natural.
- Actualizar y elaborar normas para vehículos ligeros y pesados, normas para regular las emisiones de dióxido de carbono y las partículas que generan las industrias cementera, azucarera y siderúrgica, así como normas para el control de emisiones de compuestos orgánicos volátiles, persistentes y metales pesados.
- Al 2018 todas las entidades contarán con al menos un PROAIRE metropolitano o estatal.
- La NOM167, referente a los límites y métodos de prueba para la certificación de emisión de contaminantes de vehículos automotores, será aplicable en la región megalopolitana.
- El INECC desarrollará una aplicación móvil para difundir el Índice Nacional de Calidad del Aire y facilitar la consulta de la calidad del aire a la ciudadanía, así como una plataforma única para homologar los datos del inventario de emisiones y un sistema nacional de modelación de calidad del aire.
- Para asegurar el cumplimiento de la normatividad ambiental, la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente “PROFEPA” y la Agencia de Seguridad, Energía y Ambiente “ASEA” seguirán reforzando sus actividades de inspección y vigilancia. La primera en la industria y centros de verificación vehicular de la megalópolis y la segunda hará lo propio en gasolineras, refinerías, plataformas petroleras, ductos de gas y ductos petrolíferos.
- La Comisión Nacional Forestal “CONAFOR” contribuirá a mejorar la calidad del aire mediante la reforestación y conservación de 240 mil hectáreas, acción que abonará a la meta sexenal de recuperar un millón de hectáreas; mantendrá el

programa de pago por servicios ambientales en 3.1 millones de hectáreas y continuará sus labores de prevención y combate a incendios forestales para reducir las afectaciones a la atmósfera.

COFEPRIS

- Vinculación del programa de vigilancia epidemiológica con la información de calidad del aire: Contar con un mecanismo de vigilancia en la Zona Metropolitana del Valle de México con base al comportamiento de cuatro enfermedades trazadoras (conjuntivitis, estado asmático, otitis media e IRAs), relacionadas con el incremento de tres contaminantes actualmente monitoreados (PM₁₀, PM_{2.5} y O₃).
- Actualización de las normas de criterios para evaluar la calidad del aire: dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno, ozono y partículas finas.

CFE

- Construcción de centrales de ciclo combinado que operen con gas natural.
- Conversión tecnológica a gas natural de 7 centrales de generación que funcionan exclusivamente con combustóleo, en los estados de Colima, Sonora, Tamaulipas, Hidalgo, San Luis Potosí y Sinaloa.
- Uso de aditivos en el combustóleo para la reducción de partículas suspendidas totales.
- Seguimiento al programa de optimización de la combustión en las centrales eléctricas.
- Formulación del estudio de factibilidad de la sustitución de un porcentaje de consumo de carbón por biomasa en una central carboeléctrica.
- Participación en la instalación de infraestructura de recarga para vehículos eléctricos e híbridos, en coordinación con la SENER y otras instituciones públicas y privadas.
- Propiciar la construcción de una red interconectada de gasoductos para aumentar el uso del gas natural y disminuir el consumo de combustóleo y otras fuentes fósiles de energía más contaminantes.

PEMEX

- Continuar con el abastecimiento de gasolinas y diésel de ultra bajo contenido de azufre en todo el territorio nacional.
- Sustitución de combustóleo por gas natural en los principales equipos de combustión de las refinerías; Implementación de los proyectos de cogeneración en Cactus, Tula, Cadereyta y Salina Cruz.
- Continuar mejorando la eficiencia energética en calderas y calentadores a fuego directo.

SENER

- Normalización de eficiencia energética en productos y sistemas.
- Uso eficiente de la energía en inmuebles, flotas vehiculares e instalaciones industriales de la Administración Pública Federal.
- Proyectos de Eficiencia y Sustentabilidad Energética en Municipios.
- Emisión de los Certificados de Energías Limpias.
- Programa de Mejoramiento Sustentable en Vivienda Existente.
- Programa de Ahorro y Eficiencia Energética Empresarial “Eco-Crédito Empresarial”.

SCT

- Relanzar el tren de pasajeros como medio masivo de transporte como el Tren Ligero de Guadalajara y el Tren Interurbano México-Toluca.
- Promover la renovación de unidades de carga y pasaje.
- Apoyos para la adquisición de unidades nuevas.
- Promover una mayor eficiencia en el uso de combustibles en el transporte.
- Adoptar tecnologías para mejorar el desempeño de las aeronaves.

- Impulsar la renovación de la flota aérea. Aplicación de medidas operacionales antes, durante y después de cada vuelo. Mejorar la gestión del tránsito aéreo y el uso de la infraestructura conexas. Mejorar la infraestructura de los aeropuertos.
- Medidas basadas en el mercado.
- Promover el uso de combustibles alternos en el transporte.
- Apoyar la producción de bioturbosina a escala comercial.
- Mitigar las emisiones del nuevo aeropuerto internacional de la Ciudad de México a través de la generación de energía eléctrica por medio de fuentes renovables; consumo de energías limpias y certificación LEED V4 en edificios.

SEDATU

- Operar la “Estrategia Red de Ciudades Sustentables”
 - Optimizar y focalizar los recursos públicos y privados en la ejecución del desarrollo urbano.
 - Promover un desarrollo urbano compacto y equilibrado que privilegie una movilidad eficiente.
 - Contar con instrumentos de planeación urbana sustentable para las principales ciudades mayores de 100 mil habitantes.
 - Contar con atlas de riesgos para las ciudades mayores de 100 mil habitantes.
 - Contar con una red de espacios públicos dentro del planeamiento urbano sustentable que promueva la depuración de aire y la fijación de carbono.
 - Contar con instrumentos de planeación urbana orientada al transporte eficiente y no contaminante.
 - Contar con un planeamiento y su gestión que privilegie la consolidación urbana, produciendo ciudades compactas y con mezcla de usos del suelo.
- Apoyo a la elaboración de Programas de Ordenamiento Territorial a nivel Estatal y Municipal.

SE

- Elaboración de Normas Oficiales Mexicanas NOM para: a) Limitar los niveles de emisión de formaldehído: NOM: PROY-NOM-203-SCFI-2015; b) Rendimiento térmico, ahorro de gas y requisitos de seguridad de los calentadores de agua: PROY-NOM-027-ENER/SCFI-2016.

- Elaboración de Normas Mexicanas NMX para: a) Gases de referencia para la correcta medición de emisiones; b) Requisitos de los equipos para la medición y validación de los gases efecto invernadero GEI; c) Manejo Ambiental - Evaluación ambiental del Ciclo de Vida de los productos; d) Ecoetiquetado; e) Huella de Agua; f) Huella de Carbono.
- Impulsar el desarrollo de la infraestructura necesaria para la evaluación de la conformidad: Creación de unidades de verificación y organismos de certificación para las nuevas NOM y NMX, así como para las normas existentes de medición de emisiones.

SAGARPA

- Incorporación de tecnologías ambientales sustentables en los procesos productivos: energías renovables y medidas de eficiencia energética.
- Cosecha en verde en 120,000 hectáreas, para evitar la quema de caña de azúcar.
- Promoción de la adopción de la agricultura de conservación.
- Modernización de la maquinaria agrícola.
- Apoyar el uso de biodigestores para el manejo de heces y desechos de rastro para la generación de energía.
- Establecimiento de acuerdos de colaboración 2010-2020 para la modernización de equipos agrícolas y distribución de prototipos de tractores más eficientes.
- Promoción e inducción del uso de biofertilizantes y compostas.

SEGOB

- Apoyo en la difusión de mensajes en medios masivos y electrónicos de comunicación sobre los efectos de la contaminación atmosférica en la salud de la población y cómo debe actuar en casos de contingencia ambiental.
- Coadyuvar en el diseño de un sistema de alerta temprana que permita instrumentar acciones oportunas para mitigar los efectos de la mala calidad del aire.

- Diseño de un módulo sobre las acciones y avances de la Estrategia Nacional de Calidad del Aire “ENCA”, que se integre al Atlas Nacional de Riesgos y el apoyo en incluirlo al Atlas de Vulnerabilidad ante el Cambio Climático.
- Incorporación al Atlas Nacional de Riesgos de un vínculo que lo ligue con el Sistema Nacional de Calidad del Aire.
- Vinculación con el Centro Nacional de Comunicación y Operación de Protección Civil con el Sistema Nacional de Calidad del Aire.

V.4. Identificación de acciones relevantes

De acuerdo a los resultados de esta sección, el tema de mayor relevancia identificado en los PROAIRE y según las recomendaciones obtenidas de los expertos en la materia, es la necesidad de centrarse en estrategias para reducir las emisiones de fuentes móviles. En particular, reforzar y ampliar la verificación de vehículos y mejorar considerablemente el transporte público. Adicionalmente, los expertos hicieron énfasis en la necesidad de llevar a cabo programas de chatarrización, particularmente enfocados al transporte público, mejoras tecnológicas y mejora de los combustibles.

Adicionalmente, en los PROAIRE se establece la necesidad de adelantar otras acciones a nivel local para reducir las emisiones de fuentes fijas y de área de importancia para cada estado.

Estas acciones también fueron consideradas teniendo en cuenta que presentan una importante magnitud de reducción y son consideradas de interés prioritario según se destaca dentro del inventario de emisiones como fuentes clave. Así mismo, la necesidad de fortalecer las reglamentaciones en general en todas las esferas estratégicas, es una medida clave para garantizar el éxito de las estrategias de reducción de las emisiones.

Sin duda alguna el transporte público a escala metropolitana y megalopolitana permanecen como uno de los temas de máxima prioridad que permita en el mediano y largo plazo garantizar una movilidad adecuada de los habitantes de la Megalópolis.

El tema de mayor relevancia identificado en los PROAIRES de las entidades de la Megalópolis, es la necesidad de ampliar sustancialmente la implementación de estrategias para lograr un transporte sostenible y de bajas emisiones incluyendo: a) reforzar, ampliar y homologar la verificación de emisiones vehiculares y b) transitar hacia una movilidad sostenible (transporte público, no motorizado, gestión de la demanda de transporte, desarrollo orientado al transporte y gestión integral del transporte de carga). En seguida se identifica el reducir las emisiones de fuentes fijas y de área de importancia para cada entidad.

Adicionalmente a lo anterior, los expertos hicieron énfasis en la necesidad de mejorar la efectividad y extender los programas y financiamiento para la chatarrización de transporte de carga y pasajeros, así como acelerar la mejora de los combustibles y modernización tecnológica con unidades de ultrabajas emisiones y emisiones cero.

Así mismo, la necesidad de fortalecer el marco jurídico-normativo y su cumplimiento en general en todas las esferas estratégicas, es una medida clave para garantizar el éxito de las estrategias de reducción de las emisiones.

Sin duda alguna el transporte público a escala metropolitana y megalopolitana permanecen como uno de los temas de máxima prioridad que permita en el mediano y largo plazo garantizar una movilidad adecuada de los habitantes de la Megalópolis.

VI. ANÁLISIS ECOSISTÉMICO DE EMISIONES

VI.1. Gestión de la calidad del aire en la Megalópolis

No obstante que la experiencia en el diseño y la aplicación de políticas públicas en materia de calidad del aire acumula más de 25 años en nuestro país, los retos que enfrentamos actualmente justifican no sólo la intensificación de los esfuerzos para mejorar la calidad del aire sino un cambio de estrategia tanto en la Megalópolis como en muchas otras ciudades de México.

Entre las principales razones que fundamentan un cambio de estrategia se encuentran:

- La proliferación de estudios nacionales e internacionales sobre los efectos observados y probables de la contaminación atmosférica en la salud, los que acumulan una gran cantidad de evidencia de que la exposición prolongada a diversos contaminantes, aún en concentraciones muy por debajo de las recomendadas por las normas mexicanas, incrementa la morbilidad y la mortalidad de la población. De hecho, el abanico tradicional de daños que por mucho tiempo se enfocó en los sistemas cardiovascular y respiratorio, ha tenido que ser ampliado pues algunos estudios recientes han encontrado que los contaminantes atmosféricos también influyen en el agravamiento de la salud mental, específicamente en padecimientos como ansiedad, depresión, autismo y suicidios (Oudin A. et al., 2016; Devlin H., 2017). En este sentido, hay que reconocer que de no aplicarse una nueva estrategia que reduzca de manera perdurable la exposición, ya sea aguda o crónica a varios contaminantes, el oneroso costo sobre la salud de la población y los ecosistemas seguirá creciendo inexorablemente.
- Las tendencias de las concentraciones medidas de algunos contaminantes en la ZMVM, como por ejemplo el ozono, muestran desde hace aproximadamente 10 años un estancamiento en niveles que, de acuerdo a estudios recientes, son preocupantes por efectos presentes y futuros sobre la salud (Carington D., 2017). Si bien eso se debe a una multitud de factores, es también una clara indicación de la pérdida de efectividad de las políticas y acciones emprendidas para mejorar la calidad del aire. Una forma de verlo es como si las tendencias que durante algunos años mantuvieron una trayectoria descendente gracias a medidas que en su momento resultaron efectivas, de repente se toparon con un piso que no ha podido romperse con la aplicación de las mismas medidas.
- Las cantidades de emisiones generadas por las fuentes ubicadas en las ciudades que conforman la Megalópolis han llegado a niveles que hacen que los fenómenos de transporte de contaminantes entre cuencas cobren mayor

relevancia, lo cual exige una nueva estrategia regional que los incluya explícitamente.

- Tanto la población como las actividades que generan directa e indirectamente diversos tipos de contaminantes atmosféricos seguirán incrementándose como consecuencia del crecimiento natural de la población y del desarrollo económico, lo que significa que lo más probable es que las emisiones seguirán aumentando independientemente de que en algunos sectores se innove con tecnologías más limpias y se logren reducciones en algunos factores de emisión.

La combinación de estos elementos configura un escenario tendencial caracterizado por un deterioro progresivo de la calidad del aire. La necesidad de buscar una manera de modificar dicha tendencia justifica el diseño de un nuevo paquete de acciones estratégicas con el que se pueda reorientar la gestión para lograr mejores resultados.

Con la creación de la CAME se modificó la forma de llevar a cabo la gestión de la calidad del aire en la región centro del país ya que si bien las entidades federativas que conforman esta región cuentan, o se encuentran en proceso de elaborar sus programas para mejorar la calidad del aire, la atención de temas comunes ahora se abordan de manera conjunta en esta Comisión.

Por lo tanto es necesario establecer el concepto de gestión más adecuado a este nuevo arreglo institucional que lleve a la mejora integral de la calidad del aire de todas las Entidades Federativas de la CAME.

El enfoque propuesto corresponde a una visión ecosistémica de la calidad del aire, la cual permite desarrollar una plataforma analítica que identifica y estudia los elementos estructurales y procesales tanto de la generación de emisiones como de la concentración de contaminantes que deterioran la calidad del aire de la Megalópolis.

La creación de la CAME generó cambios de fondo en la gestión de la calidad del aire, pues se creó un sistema megalopolitano altamente complejo, no sólo por la unión de 11 metrópolis (a las que habría que sumar la de Querétaro), sino por la complicada interrelación existente entre un alto número de procesos de generación de contaminantes.

El fenómeno de transporte de contaminantes entre las cuencas de la Megalópolis ya no podrá ser visto como un factor externo en cada metrópoli, pues ha pasado a ser un proceso endógeno del sistema megalopolitano.

El macrosistema de gestión de la calidad del aire está formado ahora por un conjunto de subsistemas íntimamente relacionados: el megalopolitano, los de cada metrópoli y una multitud de sistemas a escala de zonas y microzonas urbanas.

La comprensión y gestión de un sistema como el que se menciona exige la utilización de un enfoque que capte integralmente las interrelaciones existentes entre los procesos de generación de contaminantes atmosféricos. Es por ello que se sugiere el uso de un enfoque ecosistémico.

Este enfoque permite elaborar diagnósticos integrales que mejoran el conocimiento que tenemos sobre los procesos de emisión y concentración de contaminantes, tanto a nivel regional como a nivel local, lo que permite mejorar la congruencia y la efectividad de las acciones estratégicas tanto las de inmediata aplicación como las de mediano plazo, e incorporarlas en un Programa con metas y acciones a largo plazo que guíen el trabajo técnico de la CAME.

El presente estudio corresponde a las acciones estratégicas de inmediata aplicación, elaborado a partir de la información disponible para la región del centro del país.

El enfoque ecosistémico tendrá que considerar tres escalas de análisis: la escala megalopolitana, la escala de metrópoli y las zonas urbanas y sus microzonas.

Esto permitirá visualizar el rol de las emisiones de contaminantes y sus impactos en esas tres escalas y diseñar las medidas pertinentes para su prevención y control.

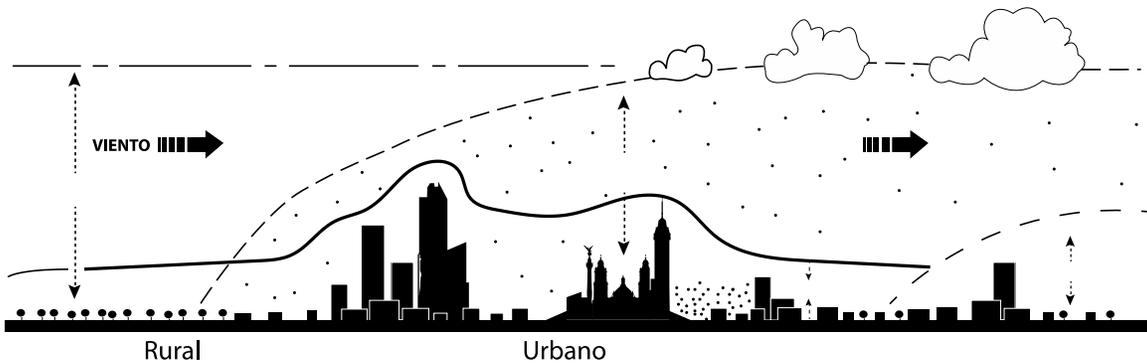
En un futuro, las acciones estratégicas tendrán que ser congruentes con el funcionamiento de ese conjunto de sistemas, siendo que algunas estarán dirigidas a la escala megalopolitana y otras a las escalas de metrópoli y zonas y microzonas urbanas. En todos los casos se podrán identificar acciones urgentes o de inmediata instrumentación y acciones de largo plazo.

Adicionalmente al reforzamiento de las acciones que se han venido aplicando en los últimos años, es necesario mejorar sustancialmente la eficacia del sistema de gestión de la calidad del aire. Para ello se requiere de una nueva metodología que abarque a las tres categorías de sistemas mencionados: la megalopolitana, la de metrópoli y la local.

A escala megalopolitana, hay que considerar al menos los aspectos básicos siguientes: la definición y caracterización del sistema de generación de emisiones contaminantes, la dinámica del transporte de los mismos entre cuencas y el impacto de la geografía y la meteorología sobre dicho transporte, así como la química atmosférica que los caracteriza.

La FIGURA VI.1 esquematiza la formación típica de capas de viento en una escala metropolitana, aspectos útiles en el estudio del transporte y dispersión de contaminantes atmosféricos.

FIGURA VI.1. REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA DE LA DIFERENCIA DE CONCENTRACIONES DE CONTAMINANTES COMO RESULTADO DEL DISEÑO CLIMÁTICO LOCAL

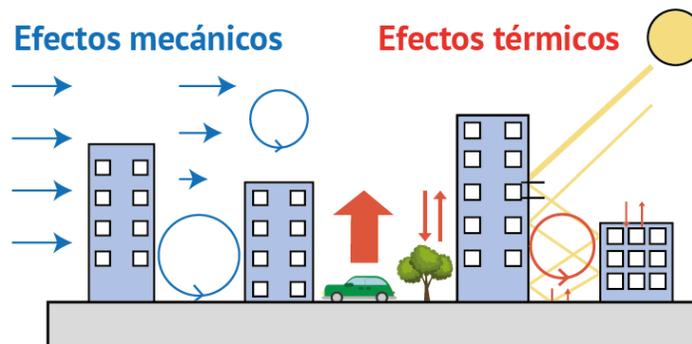


Fuente: Elaboración AEQUUM a partir de Colombert, 2008; INECC 2016b.

A escala local cobran mucho más importancia los efectos del uso del suelo y los tipos de edificación sobre la dinámica de los contaminantes, por lo que se debe profundizar en el análisis del diseño urbano y las propiedades físicas de los materiales.

La FIGURA VI.2 baja de escala y muestra a nivel de zona local los efectos mecánicos y los térmicos del viento sobre la dispersión y producción de los contaminantes a nivel local.

FIGURA VI.2. ESQUEMA DE LOS EFECTOS MECÁNICOS Y TÉRMICOS DEL DISEÑO CLIMÁTICO LOCAL



Fuente: Elaboración AEQUUM a partir de Colombert, 2008; INECC 2016b.

La esquematización de estos efectos ayuda a focalizar la atención en uno de los aspectos críticos de la metodología propuesta, a saber, el de la exposición de la población a las concentraciones de los contaminantes en microzonas urbanas.

VI.2. Mapa ecosistémico de la Megalópolis

El objetivo general del desarrollo ecosistémico propuesto en este documento es mejorar la eficacia de la gestión de la calidad del aire en la Megalópolis, poniendo énfasis en aspectos importantes que se requiere fortalecer. Para ello se plantean dos objetivos específicos:

- a) Mejorar la eficacia espacio-temporal de las acciones dirigidas al control de las emisiones contaminantes atmosféricas.
- b) Reducir, a nivel de zonas y microzonas urbanas, las exposiciones aguda y crónica de la población a contaminantes primarios y/o secundarios.

Para definir la estrategia que permita alcanzar los objetivos planteados se propone una metodología basada en un enfoque ecosistémico de la calidad del aire (INECC, 2016b). La estrategia que se propone está constituida por las siguientes líneas de acción:

- i. Identificación, definición y caracterización de los elementos críticos del sistema de generación de emisiones en las escalas megalopolitana, metropolitana y local.
- ii. Identificación y caracterización de los efectos que los diferentes usos del suelo y los diferentes tipos de construcciones tienen sobre la dinámica local de los contaminantes primarios y secundarios.
- iii. Mapeo de la dinámica del transporte de los contaminantes entre ciudades, considerando tanto los aspectos meteorológicos como la influencia de la geografía.
- iv. Elaboración de los diagnósticos ecosistémicos para las escalas megalopolitana, metropolitana y local.
- v. Definición de las acciones estratégicas en las tres escalas, mediante los análisis que se realicen con base en los resultados de los diagnósticos ecosistémicos.

La representación gráfica del desarrollo propuesto se plasma en la elaboración de mapas ecosistémicos, mismos que pueden ser de muy diversos tipos. Éstos dependen de las escalas geográficas y temporales, así como de la cantidad de variables y los niveles de detalle con los que se quiera plasmar el conjunto de relaciones funcionales del ecosistema en cuestión.

En el caso de la Megalópolis, y con base en el marco conceptual y las líneas de acción propuestas, se vislumbra un macrosistema megalopolitano constituido por un gran número de ecosistemas interrelacionados.

Desde el punto de vista de la calidad del aire, los ecosistemas que explican la generación de emisiones y las concentraciones locales de contaminantes en cada una de las metrópolis, son cruciales para entender el problema de la calidad del aire en la Megalópolis.

El diagrama de la FIGURA VI.3 es una representación conceptual de uno de esos ecosistemas, en el que la variable final (que equivale a la función principal, en el sentido matemático del término), es la concentración local de contaminantes. La definición de lo local es relativa y se puede referir tanto a una zona de la ciudad, como a una cuadra o una intersección vial específicas.

La figura indica que la concentración que alcanza un cierto contaminante en una zona específica es el resultado de la suma de las emisiones de las fuentes fijas, móviles y de área, de las emisiones importadas desde otra cuenca, de la química atmosférica y del diseño climático local del área en cuestión. Se muestra también cuáles son las principales variables que determinan las emisiones de cada uno de los tipos de fuentes, variables que corresponden a ámbitos tan diferentes como el tecnológico, la economía y el desarrollo urbano.

La elaboración de los mapas ecosistémicos de las ciudades que conforman la Megalópolis requiere de información específica de cada una de ellas, pues si bien las ciudades comparten todas el mismo tipo de fuentes, las características específicas de las mismas y la contribución de cada una de ellas en el total de la metrópoli es distinta en cada uno de los casos. Además, las variables geográficas, meteorológicas, de química atmosférica y el diseño climático local también varían entre metrópolis.

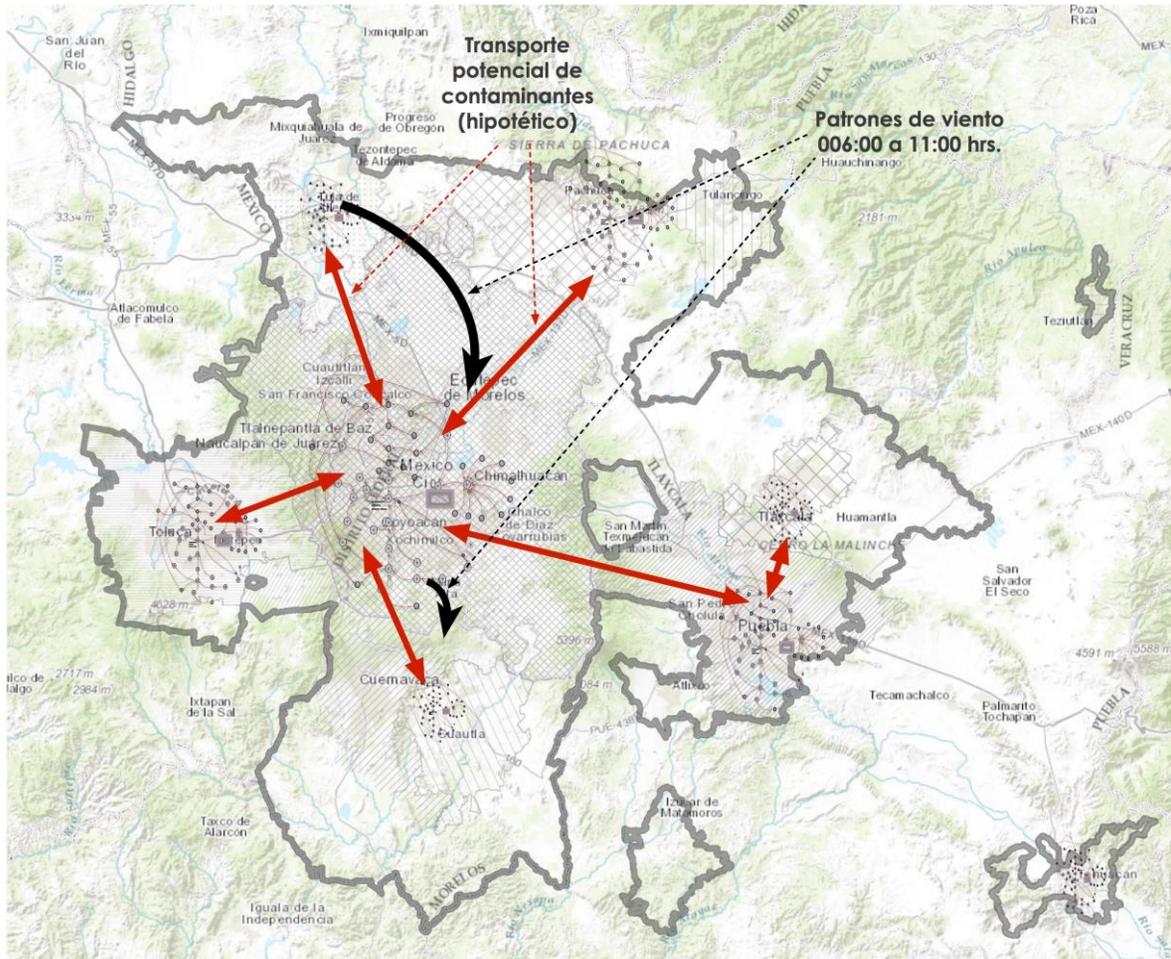
El análisis ecosistémico permite identificar las variables y procesos críticos sobre los que hay que incidir para generar los cambios deseados, estructurales y duraderos en el sistema de generación de emisiones.

Por ejemplo, para alinear un conjunto de instrumentos urbanos, fiscales, ambientales y de mercado que logren que un cierto patrón espacio-temporal de contaminantes se modifique en la dirección deseada, se deben identificar posibles efectos encontrados o contraintuitivos que pasarían desapercibidos en los diagnósticos tradicionales.

La elaboración de los mapas ecosistémicos de las ciudades que conforman la Megalópolis requiere de información específica de cada una de ellas, pues si bien las ciudades albergan fuentes emisoras similares, las características específicas de las mismas y la contribución de cada una de ellas en el total de la metrópoli, es distinta para cada caso. Además, las variables geográficas, meteorológicas, de química atmosférica y el diseño climático local también varían entre ciudades.

En la FIGURA VI.4 se representan los mapas ecosistémicos de algunas de las ciudades que conforman la Megalópolis, así como las posibles trayectorias del transporte intercuenas y un par de trayectorias de viento generalmente observadas en la región entre las 06:00 y las 11:00 horas.

FIGURA VI.4. MAPA ECOSISTÉMICO DE ALGUNAS CIUDADES DE LA MEGALÓPOLIS

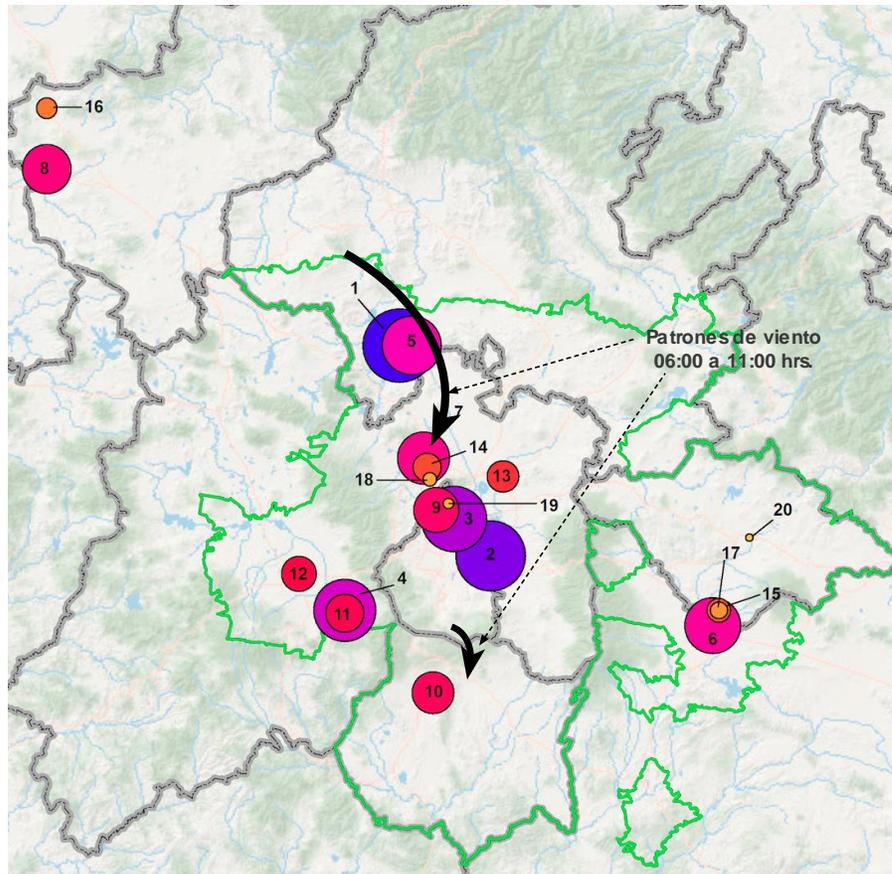


Fuente: Elaboración AEQUUM, INECC 2016b.

La idea del mapa es mostrar la interrelación dinámica que se da entre las emisiones de las metrópolis así como el transporte entre cuencas atmosféricas, el cual depende de los volúmenes de emisiones en cada metrópoli y de los factores que determinan el transporte intercuenas de los contaminantes.

La FIGURA VI.5, muestra un ejemplo del patrón regional de vientos entre las 06:00 y las 11:00 hrs en una época particular del año que sigue una trayectoria norte-sur, indicando que en algún momento las concentraciones de ciertos contaminantes en la porción centro y sur de la Megalópolis serán el resultado de la suma de las emisiones que llegan de la región norte, más las emisiones generadas por las fuentes locales; por supuesto, los contaminantes pueden sufrir transformaciones durante su transporte, derivadas de la química atmosférica local y de la región. En este esquema el tamaño de los círculos representan la magnitud de las emisiones de 20 fuentes.

FIGURA VI.5. EJEMPLO DE FUENTES DE EMISIÓN Y SU TRANSPORTE EN UNA ÉPOCA DEL AÑO



Fuente: Elaboración AEQUUM, INECC 2016b.

La creación de la CAME generó cambios de fondo en la gestión integral de la calidad del aire a escala de la Megalópolis, pues se creó un complejo sistema megalopolitano que requiere la articulación de 11 metrópolis en seis entidades federativas (a las que habría que sumar la de Querétaro), con múltiples intrerrelaciones entre los tres órdenes de gobierno, sector privado y sociedad civil, así como una amplia gama de procesos de generación de contaminantes.

Los fenómenos de dispersión, transformación y transporte de contaminantes entre las cuencas atmosféricas de la Megalópolis ya no podrá ser visto como un factor externo en cada cuenca atmosférica, pues ha pasado a ser un proceso endógeno del sistema megalopolitano.

El macrosistema de gestión de la calidad del aire está formado ahora por un conjunto de subsistemas íntimamente relacionados: el megalopolitano, los de cada metrópoli y una multitud de sistemas a escala de zonas y microzonas urbanas.

La comprensión y gestión de un sistema como el que se menciona exige la utilización de un enfoque que capte de forma integral las interrelaciones existentes entre los procesos de generación de contaminantes atmosféricos.

El enfoque propuesto corresponde a una visión ecosistémica de la calidad del aire, la cual permite desarrollar una plataforma analítica que identifique y estudie los elementos estructurales y procesales tanto de la generación de emisiones como de la concentración de contaminantes que deterioran la calidad del aire de la Megalópolis.

VII. ACCIONES ESTRATÉGICAS

VII.1. Marco programático de acciones de prevención y control de la contaminación atmosférica

El O_3 y las $PM_{2.5}$ son los contaminantes de mayor importancia en la Megalópolis, debido a las altas concentraciones atmosféricas que constantemente se registran, así como al impacto negativo que pueden ocasionar en la salud de la población y en los ecosistemas.

Las concentraciones de $PM_{2.5}$ en la atmósfera tienen su origen en la emisión directa de este contaminante por diversas fuentes, así como por la transformación en la atmósfera de otros contaminantes, entre los que destacan los NO_x , el SO_2 y los COV.

Por su parte, las concentraciones de ozono en el aire están vinculadas con la reacción fotoquímica en la atmósfera de NO_x y COV, en presencia de radiación solar.

Por lo anterior, se han seleccionado medidas de alto impacto que están enfocadas a alcanzar reducciones significativas de las emisiones de partículas $PM_{2.5}$, NO_x , COV y SO_2 . No obstante, muchas de estas medidas también permiten reducir otros contaminantes tales como el CO, las PM_{10} , el CO_2 y el CN, estos dos últimos, asociados con el cambio climático.

Ello es importante porque las medidas propuestas habrán de incidir significativamente en el mejoramiento de la calidad del aire de las ciudades que integran la Megalópolis, además de contribuir en el cumplimiento de los objetivos de mitigación de la agenda de cambio climático del país.

A continuación se presentan las seis líneas estratégicas del PROAIRE DE LA MEGALÓPOLIS 2017-2030, que se han identificado como prioritarias para prevenir y controlar las emisiones contaminantes que afectan a la Megalópolis, así como las fichas en las que se detalla la información de las medidas asociadas a cada línea estratégica.

Cada ficha contiene su denominación; el responsable de su implementación; el objetivo, meta y justificación de la medida; la descripción de las acciones específicas a llevar a cabo; los beneficios asociados (que fueron estimados con respecto a las emisiones del año 2015); su calendario de implementación, con indicadores de implementación y de resultados; y las fuentes de información para los indicadores.

LÍNEAS ESTRATÉGICAS Y MEDIDAS DEL PROAIRE DE LA MEGALÓPOLIS 2017-2030

Línea estratégica A. Sustentabilidad de los ecosistemas megalopolitanos

1. Conservación y protección de los ecosistemas y la biodiversidad
2. Sectores productivos sustentables
3. Reducir emisiones por el uso de fuego en terrenos agrícolas
4. Reducir incendios forestales
5. Recuperar, restaurar, conservar y ampliar las áreas boscosas y verdes urbanas

Línea estratégica B. Abatir las emisiones de las instalaciones industriales

6. Convertir la termoeléctrica de Tula al uso exclusivo de gas natural
7. Usar exclusivamente gas natural en la refinería de Tula
8. Sustituir combustibles fósiles por energías renovables para generación de electricidad
9. Prohibir el suministro y quema de combustibles líquidos industriales con más de 0.05% de azufre
10. Reducir las emisiones en las industrias del sector del cemento
11. Reducir las emisiones de COV en las operaciones de la industria automotriz
12. Reducir las emisiones en la industria del vidrio
13. Reducir las emisiones en la industria de pinturas y tintas
14. Reducir las emisiones en la industria de la celulosa y papel
15. Reducir las emisiones en la industria química
16. Reducir emisiones en los ingenios azucareros
17. Reducir las emisiones de COV en las operaciones de limpieza en la industria
18. Desarrollar un sistema de vigilancia de las emisiones de las principales fuentes puntuales
19. Implementar un programa de capacitación de operadores de calderas y generadores de vapor
20. Instalar sistemas de recuperación de vapores de gasolina

Línea estratégica C. Vehículos y movilidad

21. Desarrollar e implementar un programa integral de reducción de emisiones en el transporte de pasajeros en la Megalópolis
22. Requerir a los grandes generadores de viajes la elaboración e implementación de planes de movilidad sostenible
23. Introducir autobuses urbanos de ultra bajas emisiones y cero emisiones
24. Mejorar la movilidad del transporte de carga para reducir emisiones
25. Establecer lineamientos ambientales y de eficiencia energética para la renovación de concesiones del transporte público de pasajeros, de carga e institucional
26. Armonizar y elevar la efectividad de los programas de verificación vehicular en la Megalópolis
27. Armonizar y elevar la efectividad de los programas de detección de vehículos altamente contaminantes en vialidad

Línea estratégica D. Desarrollo urbano y eficiencia energética

28. Crear una Red de Ciudades Sustentables en la Megalópolis.

Línea estratégica E. Fuentes dispersas

29. Reducir el uso y fugas de gas LP en el sector doméstico, comercial y de servicios
30. Reducir el uso de leña y carbón en hogares
31. Limitar el contenido de COV en recubrimientos arquitectónicos y automotrices, pinturas, tintas y otros productos de consumo residencial, comercial y de servicios
32. Eliminar la aplicación de pintura automotriz al aire libre
33. Reducir emisiones en bancos de materiales pétreos

Línea estratégica F. Mejora de las capacidades de gestión de la calidad del aire

34. Desarrollar e implementar programas de contingencias ambientales atmosféricas y programas estacionales preventivos
35. Elaborar e implementar un sistema de inventarios de emisiones a la atmósfera
36. Establecer una agenda normativa prioritaria para actualizar y expedir normas
37. Establecer y desarrollar la agenda de investigación científica y actualizar las herramientas de gestión de la calidad del aire
38. Ampliar la cobertura geográfica de la Megalópolis en el marco de la CAME

Medida No. 1	Conservación y protección de los ecosistemas y la biodiversidad
Responsable(s)	<ul style="list-style-type: none"> • SEMARNAT • CONAFOR • CONANP • CONAGUA • Gobiernos locales
Objetivo	<ul style="list-style-type: none"> • Recuperar las funciones ecológicas de los bosques y selvas para conseguir una mejor calidad del aire en la región de la Megalópolis.
Meta	<ul style="list-style-type: none"> • Garantizar la protección de los ecosistemas y la biodiversidad, así como los servicios ambientales que proveen, mediante un enfoque ecosistémico e integral. • Aumentar la resiliencia de los ecosistemas y la sociedad ante los efectos del cambio climático. • Implementar programas de adaptación al cambio climático basados en ecosistemas.
Justificación	<ul style="list-style-type: none"> • La pérdida de los ecosistemas se agrava cada vez más en la Megalópolis debido al gran número de actividades antropogénicas que desarrollan los centros de población inmersos en la región. • Recuperar las funciones ecológicas de los bosques y selvas es crucial para la región de la Megalópolis, ya que los ecosistemas presentes albergan una gran biodiversidad, un número importante de organismos endémicos y brindan servicios ambientales a la sociedad. • La sociedad inmersa en la Megalópolis depende en gran medida de los servicios ambientales que brindan los ecosistemas, por esta razón es fundamental el manejo de los mismos. • Los ecosistemas de la región de la Megalópolis sufren una gran presión por las actividades antrópicas y como consecuencia por la contaminación del aire. • Los ecosistemas degradados, además de disminuir su aporte de oxígeno a la atmósfera, con frecuencia se convierten en fuentes de emisión de polvos y partículas, contribuyendo a la contaminación del aire.
Descripción de acciones	<ol style="list-style-type: none"> 1. Reforestar y restaurar zonas forestales degradadas, dando prioridad a las ANP. 2. Desarrollar programas de restauración en cuencas y mejorar su gestión. 3. Implementar medidas de conservación específicas para especies en riesgo y con mayor vulnerabilidad al cambio climático. 4. Fortalecer las Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre "UMA". 5. Promover e impulsar la conectividad ecológica de los ecosistemas megalopolitanos a través de ANPs, corredores biológicos, áreas destinadas voluntariamente a la conservación y otras modalidades de conservación. 6. Identificar hábitats prioritarios y evaluar el mejoramiento o establecimiento de nuevas ANP, dando prioridad a regiones vulnerables ante el cambio climático. 7. Fortalecer esquemas de pago por servicios ambientales en zonas estratégicas para la conservación de cuencas y ecosistemas.

Beneficios	Contribuir a preservar la calidad del aire y evitar el surgimiento de fuentes de emisión de partículas suspendidas.								
Calendario	Actividad	2017	2018	2019	2020	2021	2022	...	2030
	1. Reforestar y restaurar zonas forestales degradadas, dando prioridad a las ANP		X	X	X				
	2. Desarrollar programas de restauración en cuencas y mejorar su gestión		X	X	X				
	3. Implementar medidas de conservación específicas para especies en categorías de riesgo y con mayor vulnerabilidad				X	X			
	4. Fortalecer las Unidades de Manejo para la Conservación de la Vida Silvestre				X	X			
	5. Promover e impulsar la conectividad ecológica de los ecosistemas megalopolitanos				X	X	X	X	X
	6. Identificar hábitats prioritarios y evaluar el establecimiento de nuevas ANP, dando prioridad a regiones vulnerables ante el cambio climático		X	X	X				

	7. Fortalecer un esquema de pago por servicios ambientales en zonas estratégicas para la conservación de cuencas y ecosistemas				X	X	X	X	X
Indicadores de implementación	<ul style="list-style-type: none"> Incrementar la superficie de ecosistemas sujetos a conservación, restauración y/o protección. Incrementar la superficie de las ANP ya existentes. Incrementar el número de UMAs y superficie bajo este esquema. 								
Fuentes de información para los indicadores	<ul style="list-style-type: none"> Reportes, informes, inventarios, estudios técnicos, etc. Información georreferenciada. 								

Medida No. 2	Sectorios productivos sustentables																																																					
Responsable(s)	<ul style="list-style-type: none"> • SAGARPA • CONAFOR • CONAGUA • Gobiernos locales 																																																					
Objetivo	Garantizar el desarrollo de sectores productivos sustentables en la región de la Megalópolis evitando la contaminación atmosférica.																																																					
Meta	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollar programas de mejora en los sectores productivos con criterios de sustentabilidad. 																																																					
Justificación	<ul style="list-style-type: none"> • Algunas actividades agropecuarias, como se han venido desarrollando en la región de la Megalópolis, tienen un alto impacto ambiental. • En la actualidad ya se cuenta con información de distintas fuentes para que los sectores productivos sean sostenibles y sustentables, de tal manera que esta medida contempla la modernización de los principales sectores productivos bajo un enfoque de sustentabilidad. 																																																					
Descripción de acciones	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tecnificar las prácticas agrícolas, mediante el uso de ecotecnias. 2. Promover la actividad pecuaria sustentable. 3. Promover sistemas de agroforestería en zonas relevantes para el aprovechamiento de recursos forestales. 4. Promover el ecoturismo, turismo rural sustentable y turismo de bajo impacto en zonas relevantes para el desarrollo de esta actividad. 5. Promover la agricultura orgánica. 6. Promover el uso combinado de actividades agropecuarias con planeación estratégica e incentivar las cadenas cortas agroalimentarias. 7. Promover procesos de cosecha en verde. 																																																					
Beneficios	<ul style="list-style-type: none"> • Mejorar los sectores productivos de la región con criterios de sustentabilidad. 																																																					
Calendario	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 20%;">Actividad</th> <th style="width: 5%;">2017</th> <th style="width: 5%;">2018</th> <th style="width: 5%;">2019</th> <th style="width: 5%;">2020</th> <th style="width: 5%;">2021</th> <th style="width: 5%;">2022</th> <th style="width: 5%;">...</th> <th style="width: 5%;">2030</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: left;">1. Tecnificar las prácticas agrícolas, mediante el uso de ecotecnias</td> <td></td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: left;">2. Promover la actividad pecuaria sustentable</td> <td></td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: left;">3. Promover sistemas de agroforestería en zonas relevantes para el aprovechamiento de recursos forestales</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> <td>X</td> </tr> <tr> <td style="text-align: left;">4. Promover el ecoturismo,</td> <td></td> <td></td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> <td>X</td> </tr> </tbody> </table>									Actividad	2017	2018	2019	2020	2021	2022	...	2030	1. Tecnificar las prácticas agrícolas, mediante el uso de ecotecnias		X	X	X	X				2. Promover la actividad pecuaria sustentable		X	X	X	X				3. Promover sistemas de agroforestería en zonas relevantes para el aprovechamiento de recursos forestales				X	X	X		X	4. Promover el ecoturismo,			X	X	X	X		X
	Actividad	2017	2018	2019	2020	2021	2022	...	2030																																													
	1. Tecnificar las prácticas agrícolas, mediante el uso de ecotecnias		X	X	X	X																																																
	2. Promover la actividad pecuaria sustentable		X	X	X	X																																																
	3. Promover sistemas de agroforestería en zonas relevantes para el aprovechamiento de recursos forestales				X	X	X		X																																													
4. Promover el ecoturismo,			X	X	X	X		X																																														
1. Tecnificar las prácticas agrícolas, mediante el uso de ecotecnias		X	X	X	X																																																	
2. Promover la actividad pecuaria sustentable		X	X	X	X																																																	
3. Promover sistemas de agroforestería en zonas relevantes para el aprovechamiento de recursos forestales				X	X	X		X																																														
4. Promover el ecoturismo,			X	X	X	X		X																																														

	turismo rural sustentable y turismo de bajo impacto en zonas relevantes para el desarrollo de esta actividad								
	5. Promover la agricultura orgánica		X	X	X				X
	6. Promover el uso combinado de actividades agropecuarias con planeación estratégica e incentivar las cadenas cortas agroalimentarias			X	X	X	X		X
	7. Promover procesos de cosecha en verde		X	X	X	X	X	X	X
Indicadores de implementación	<ul style="list-style-type: none"> • Productividad agrícola por cultivo. • Número de ecotecnias implementadas por región. • Evaluación de la capacidad de carga y mejoramiento de cultivos. • Estudios del recurso hídrico aplicado a los sectores productivos. 								
Fuentes de información para los indicadores	<ul style="list-style-type: none"> • Reportes e informes. 								

Medida No. 3	Reducir emisiones por el uso de fuego en terrenos agrícolas
Responsable(s)	<ul style="list-style-type: none"> • SAGARPA • CONAFOR • CONANP • Gobiernos estatales y municipales • Autoridades agrarias
Objetivo	Reducir las emisiones de compuestos fotoquímicamente reactivos (COV, NOx), PM ₁₀ , PM _{2.5} , carbono negro y CO.
Meta	Minimizar la práctica de quemas agrícolas.
Justificación	<ul style="list-style-type: none"> • La agricultura de roza, tumba y quema, así como la quema de residuos son una práctica agrícola común. Sin embargo, contribuye de manera significativa a la generación de problemas de contaminación del aire, a la erosión del suelo, a la generación de incendios forestales y a la degradación de los ecosistemas. • Se han encontrado evidencias que indican que los incendios agrícolas y forestales generan emisiones de PM_{2.5} y de COV que pueden transportarse dentro de la Megalópolis o desde fuera de ésta, y sus productos participan en las reacciones fotoquímicas que producen ozono y PM_{2.5} secundarias. • La NOM-015-SEMARNAP/SAGAR-1997 que establece las especificaciones técnicas sobre el uso de métodos contra incendios en bosques y tierras agrícolas, provee los requisitos de buenas prácticas para controlar y contener incendios y ofrece soluciones alternativas a la quema (DOF: 02/03/1999). La eficacia de esta norma para reducir el uso de la quema ya está siendo evaluada y se espera la publicación de su actualización en el 2017. • Existen alternativas al empleo del fuego en actividades agrícolas y forestales; estas son conocidas como Prácticas de Agricultura de Conservación "PAC". Estas prácticas utilizan el manejo del suelo minimizando la alteración de la estructura, composición y biodiversidad natural del mismo, por ejemplo, excluyen la quema de residuos de cultivos; también reducen las necesidades energéticas de los agricultores que utilizan sistemas manuales o propulsados por animales. • Con base en los volúmenes de producción y la cantidad de desechos generados en México, el maíz y la caña de azúcar son los cultivos que requieren prácticas agronómicas innovadoras para reducir las emisiones de contaminantes. • Es necesario por tanto, identificar acciones a implementar en la Megalópolis que permitan reducir el impacto de la quema de residuos agrícolas sobre la calidad del aire.
Descripción	1. Se actualizará la NOM-015-SEMARNAT/SAGARPA-2007, incluyendo

	<p>las prácticas de agricultura de conservación, privilegiando la cosecha en verde y minimizando el uso de fuego.</p> <ol style="list-style-type: none"> 2. Se deberán desarrollar prácticas agrícolas de conservación para la región, para lo cual se podrán coordinar las autoridades estatales con el gobierno federal, mediante los cuales: <ol style="list-style-type: none"> 2.1. Proporcionar asistencia técnica directa y capacitación basada en las mejores prácticas para prevenir y controlar las quemas agrícolas y forestales. 2.2. Vigilar que las autoridades municipales y agrarias, informen y capaciten a los agricultores en el uso de las PAC y en el abandono de las prácticas de uso de fuego. 2.3. Implementar acciones de vigilancia para verificar que se cumple con las prácticas de agricultura de conservación. 2.4. Vigilar que las autoridades municipales y agrarias otorguen permisos para quemas sólo en condiciones excepcionales. 3. Los agricultores utilizarán las PAC en sustitución del empleo del fuego en terrenos agrícolas y forestales. 4. El Gobierno Federal extenderá estas PAC a las entidades federativas que rodean a la Megalópolis y con las cuales existe una interacción en el flujo de masas de aire y el transporte de contaminantes. 																																			
Beneficios	<p>Reducción de emisiones de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 245 ton/año de SO₂ • 6,949 ton/año de PM₁₀ • 6,650 ton/año de PM_{2.5} • 1,953 ton/año de NOx • 4,965 ton/año de COV • 798 ton/año de CN 																																			
Calendario	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Actividad</th> <th>2017</th> <th>2018</th> <th>2019</th> <th>2020</th> <th>...</th> <th>2030</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1. Actualización de la NOM-015-SEMARNAT/SAGARPA-2007</td> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2. Desarrollo de PAC estatales</td> <td></td> <td></td> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3. Los agricultores utilizarán las PAC en sustitución del empleo del fuego en terrenos agrícolas y forestales</td> <td></td> <td></td> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>4. Ampliación de las PAC a las entidades federativas que rodean a la Megalópolis</td> <td></td> <td></td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Actividad	2017	2018	2019	2020	...	2030	1. Actualización de la NOM-015-SEMARNAT/SAGARPA-2007	X	X					2. Desarrollo de PAC estatales			X	X			3. Los agricultores utilizarán las PAC en sustitución del empleo del fuego en terrenos agrícolas y forestales			X	X			4. Ampliación de las PAC a las entidades federativas que rodean a la Megalópolis			X	X	X	
Actividad	2017	2018	2019	2020	...	2030																														
1. Actualización de la NOM-015-SEMARNAT/SAGARPA-2007	X	X																																		
2. Desarrollo de PAC estatales			X	X																																
3. Los agricultores utilizarán las PAC en sustitución del empleo del fuego en terrenos agrícolas y forestales			X	X																																
4. Ampliación de las PAC a las entidades federativas que rodean a la Megalópolis			X	X	X																															
Indicadores de implementación	<ul style="list-style-type: none"> • Se han desarrollado PAC para cada entidad de la Megalópolis. • Actualización de la NOM-015-SEMARNAT/SAGARPA-2007. • Número de personas capacitadas en PAC. • Superficie agrícola y forestal de cada entidad, en la que se aplican las PAC. • Porcentaje de reducción anual en el número de quemas para fines agrícolas y forestales. 																																			
Indicadores de resultados	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción en la emisión de PM_{2.5}, COV y gases de combustión de estas actividades. 																																			
Fuentes de información para los indicadores	<ul style="list-style-type: none"> • Informes de implementación y vigilancia de los programas estatales de PAC. • SAGARPA. • Inventario de emisiones de la Megalópolis. 																																			

Medida No. 4	Reducir incendios forestales
Responsable(s)	<ul style="list-style-type: none"> • SEMARNAT • CONAFOR • Gobiernos estatales • Ejidatarios y propietarios de los bosques
Objetivo	Reducir el número y superficie de incendios forestales en la región de la Megalópolis.
Meta	Reducción de las emisiones de compuestos fotoquímicamente reactivos (COV, NOx), PM ₁₀ , PM _{2.5} , carbono negro y CO.
Justificación	<ul style="list-style-type: none"> • El fuego desempeña un doble papel en el entorno forestal. Desde una perspectiva ecológica, es crucial para mantener la composición, estructura y otros procesos en un gran número de ecosistemas forestales. Sin embargo, los incendios forestales también generan efectos ambientales y económicos adversos, entre ellos, las emisiones de contaminantes criterio y de efecto invernadero, así como erosión del suelo y desplazamiento de la fauna. • Aproximadamente el 98% de los incendios en México son causados por actividades humanas. • A pesar de que existe atención para sofocar incendios, es necesario promover el conocimiento y aplicación de buenas prácticas para prevenirlos. • La reducción de las cargas de combustible a través de la astilladura para facilitar la rápida descomposición del material en el suelo, puede reducir significativamente el tiempo de descomposición y permitir la renovación de la vegetación forestal. • Investigaciones realizadas en los Estados Unidos han encontrado que los tratamientos de combustible como el adelgazamiento de los bosques y la quema controlada pueden ahorrar hasta tres veces el costo de los incendios futuros, reducir el fuego de alta severidad en un 75% y aportar beneficios adicionales a las personas, al agua y a la vida silvestre. También encontraron que al reducir el tamaño y la gravedad de los incendios, las emisiones de carbono negro se redujeron entre un 38 y un 77%; además de reducirse las emisiones de contaminantes criterio. • Para reducir los impactos negativos de los incendios forestales, se propone reforzar en la Megalópolis el Programa Nacional de Protección contra Incendios Forestales "PNPIF", que tiene la finalidad de proteger los recursos forestales ante los incendios y atacar las causas que los originan; este programa es operado por la CONAFOR, con la participación de otras instituciones del gobierno federal, quienes integran el Grupo intersecretarial de Apoyo para la Protección contra Incendios Forestales GIPIF. En el seno del GIPIF se definen las acciones en materia de operación, cooperación y coordinación para llevar a cabo actividades de prevención y

	combate de incendios.						
Descripción	<p>1. Elaboración de un plan de acción enfocado en la Megalópolis, como parte del Programa Nacional de Protección contra Incendios Forestales “PNPIF”, para:</p> <p>1.1. Fortalecer y enfocar las actividades de prevención, vigilancia y lucha contra incendios forestales, así como la coordinación entre los tres órdenes de gobierno, organizaciones civiles y voluntarios que participan en la implementación del PNPIF.</p> <p>1.2. Fortalecer las redes de vigilancia con videocámaras en la región.</p> <p>1.3. Establecer convenios de cooperación para aprovechar la experiencia internacional, por ejemplo la del (Centro Nacional Inter-agencias para los Incendios, “NIFC” por sus siglas en inglés) y las experiencias en la implementación de la Política Federal de Manejo de Incendios de los Estados Unidos.</p> <p>1.4. Garantizar el monitoreo y registro continuos de los incendios forestales y las medidas adoptadas para controlarlos.</p> <p>2. El Gobierno Federal extenderá el Plan de Acción a los estados que rodean a la Megalópolis y con las cuales existe una interacción en el flujo de masas de aire y el transporte de contaminantes.</p>						
Beneficios	<p>Reducción de emisiones de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 94 ton/año de SO₂ • 1,017 ton/año de PM₁₀ • 863 ton/año de PM_{2.5} • 303 ton/año de NOx • 703 ton/año de COV • 129,863 ton/año de CO₂ • 62 ton/año de CN 						
Calendario	Actividad	2017	2018	2019	2020	...	2030
	1. Elaborar un Plan de acción enfocado en la Megalópolis, como parte del “PNPIF”	X	X	X			
	2. Ampliación del Plan de acción a las entidades federativas que rodean la Megalópolis		X	X	X		
Indicadores de implementación	<ul style="list-style-type: none"> • Se desarrolla e implementa el Plan de acción del PNPIF enfocado en la Megalópolis. • Se extiende el Plan de acción a las entidades vecinas. 						
Indicadores de resultados	<ul style="list-style-type: none"> • Número de incendios forestales en las entidades que forman la Megalópolis. • Superficie forestal afectada por incendios en las entidades que forman la Megalópolis. • Porcentaje de reducción en el número de incendios forestales en las entidades que forman la Megalópolis. • Porcentaje de reducción en la superficie forestal afectada por incendios en las entidades que forman la Megalópolis. • Reducción de emisiones de contaminantes a la atmósfera. 						
Fuentes de información para los indicadores	<ul style="list-style-type: none"> • Inventario de emisiones de la Megalópolis. • Estadísticas forestales de la CONAFOR e INEGI. 						

Medida No. 5	Recuperar, restaurar, conservar y ampliar las áreas boscosas y verdes urbanas																				
Responsable(s)	<ul style="list-style-type: none"> • SEMARNAT • CONAFOR • SEDATU • Gobiernos locales 																				
Objetivo	Reducir el área de suelo descubierto y expuesto.																				
Meta	Reducción de las emisiones de partículas suspendidas debidas a la erosión.																				
Justificación	<ul style="list-style-type: none"> • Las áreas verdes que tienen secciones de suelo descubierto y expuesto, así como zonas agrícolas o de suelo de conservación, donde se han iniciado procesos de erosión, pueden contribuir a deteriorar la calidad del aire en las diversas regiones al interior de la Megalópolis, debido a la generación de emisiones de partículas. • Para prevenir estos eventos, es necesario tomar medidas que ayuden a conservar y ampliar las áreas verdes, así como a recuperar los suelos erosionados. • Aunque éstos tienen diversos alcances geográficos y mecanismos de intervención, pueden servir como un marco general para impulsar y enfocar acciones que reduzcan el deterioro y la erosión de suelos en la Megalópolis. • Por otra parte, las áreas verdes urbanas juegan un papel relevante en la retención del suelo y como barreras al transporte de partículas suspendidas, entre los muchos beneficios en términos de calidad de vida. 																				
Descripción	<ol style="list-style-type: none"> 1. Los gobiernos de las entidades federativas, con el apoyo del gobierno federal, elaboran e implementan sus respectivos planes de restauración y reforestación de las zonas boscosas localizadas en su territorio, en donde se incluyan medidas específicas y mecanismos de financiamiento que ayuden a mantener las áreas boscosas. 2. Los gobiernos de las entidades y los gobiernos municipales, se coordinan para elaborar e implementar sus planes de restauración y conservación de áreas verdes y bosques urbanos, iniciando con las mayores zonas urbanas de la Megalópolis. 3. Se implementa el programa para sembrar y mantener 18 millones de árboles, orientado a crear barreras rompe vientos al norte y oriente de la ZMVM y establecer un cinturón verde para la Megalópolis. 																				
Beneficios	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción de las emisiones de partículas suspendidas por la erosión del suelo. • Retención de partículas por el cinturón verde. 																				
Calendario	<table border="1" data-bbox="488 1801 1359 1902"> <thead> <tr> <th data-bbox="488 1801 857 1839">Actividad</th> <th data-bbox="857 1801 943 1839">2017</th> <th data-bbox="943 1801 1029 1839">2018</th> <th data-bbox="1029 1801 1115 1839">2019</th> <th data-bbox="1115 1801 1201 1839">2020</th> <th data-bbox="1201 1801 1271 1839">...</th> <th data-bbox="1271 1801 1359 1839">2030</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="488 1839 857 1902">1. Fortalecer planes de restauración y reforestación de</td> <td data-bbox="857 1839 943 1902">X</td> <td data-bbox="943 1839 1029 1902">X</td> <td data-bbox="1029 1839 1115 1902">X</td> <td data-bbox="1115 1839 1201 1902">X</td> <td data-bbox="1201 1839 1271 1902">X</td> <td data-bbox="1271 1839 1359 1902">X</td> </tr> </tbody> </table>							Actividad	2017	2018	2019	2020	...	2030	1. Fortalecer planes de restauración y reforestación de	X	X	X	X	X	X
Actividad	2017	2018	2019	2020	...	2030															
1. Fortalecer planes de restauración y reforestación de	X	X	X	X	X	X															

	las zonas boscosas						
	2. Fortalecer planes de restauración y conservación de áreas verdes y bosques urbanos	X	X	X	X	X	X
	3. Implementar el programa para sembrar y mantener 18 millones de árboles, creando barreras rompe vientos y estableciendo el cinturón verde	X	X	X	X	X	X
Indicadores de implementación	<ul style="list-style-type: none"> • Número de entidades que están implementando el Plan de restauración y reforestación. • Número de entidades y municipios que cuentan con su Plan de restauración y conservación de áreas verdes urbanas. • Número de áreas verdes y superficie restaurada y conservada en cada entidad. • Número de árboles sembrados en el cinturón verde de la Megalópolis. • Tasa de sobrevivencia de los árboles plantados. 						
Indicadores de resultados	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción de emisiones de contaminantes a la atmósfera. • Superficies restaurada y reforestada en cada entidad. • Superficie de área verde restaurada y conservada. • Área cubierta por el cinturón verde. • Porcentaje de reducción anual de la superficie de suelo descubierto y expuesto. 						
Fuentes de información para los indicadores	<ul style="list-style-type: none"> • Inventario de emisiones de la Megalópolis. • Estadísticas de CONAFOR y CONANP. • Informes de los gobiernos de las entidades. • Informes de SEMARNAT. 						

Medida No. 6	Convertir la termoeléctrica de Tula al uso exclusivo de gas natural
Responsable(s)	<ul style="list-style-type: none"> • Comisión Federal de Electricidad “CFE” • SENER
Objetivo	Reducir las emisiones de partículas “PM” y SO ₂ de la Central Termoeléctrica Francisco Pérez Ríos “CTFPR” y acelerar el retiro de las unidades térmicas.
Meta	<ul style="list-style-type: none"> • A partir de 2019 la CTFPR opera exclusivamente empleando gas natural.
Justificación	<ul style="list-style-type: none"> • La CTFPR es la mayor emisora en el sector industrial de la Megalópolis. • En el 2015, esta planta emitió alrededor de 82 mil toneladas de SO₂ (que significó el 63% de las emisiones de la industria de jurisdicción federal); emitió también 4 mil toneladas de PM_{2.5} (32% de las emisiones del sector); 6,700 toneladas de NOx (13% de las emisiones del sector) y 253 toneladas de carbono negro (45% del sector). • Esta planta contribuye de manera significativa a afectar la calidad del aire en la Megalópolis y en especial en el municipio de Tula de Allende, Hidalgo, y sus alrededores. En este municipio: <ul style="list-style-type: none"> ○ Se encuentran las cuatro plantas industriales con mayores emisiones de PM_{2.5}, que en 2015 emitieron 6,934 ton/año, es decir, el 55% de las emisiones de las industrias de jurisdicción federal ubicadas en la Megalópolis. ○ Los datos de monitoreo de calidad del aire (Informe Nacional de la Calidad del Aire 2013, INECC) indican que las concentraciones más elevadas de PM_{2.5}, tanto como promedio de 24 horas como anual, fueron equivalentes a más de 7 veces los valores normados. ○ Existen diversos estudios (p. ej. los realizados durante campañas de medición) que muestran que las emisiones generadas por estas plantas pueden transportarse hacia la ZMVM o la ZMT, bajo diferentes condiciones meteorológicas. • Todo lo anterior tiene lugar pese a que esta planta cumple con los requisitos de la NOM-085-SEMARNAT-2011. • Esta planta tiene una capacidad bruta de 1,606 MW, que representa el 2.36% de la capacidad nacional; en 2015 tuvo una generación bruta de 5,946 GWh, lo que representó una participación del 1.92% de la generación nacional. • El PRODESEN señala en su Programa Indicativo para la Instalación y Retiro de Centrales Eléctricas “PIIRCE”, que se sugiere el retiro de las unidades de generación térmica 1 y 2 en el año 2021, la unidad 5 en 2024 y las unidades 3 y 4 en el 2029. Como su nombre lo señala, esto es sólo indicativo y en su momento corresponderá al Centro

	<p>Nacional de Control de Energía “CENACE” informar si procede el retiro. Aún si se cumple este Plan Indicativo, las emisiones de esta planta continuarán por 12 años más.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Esta medida puede representar además un ahorro en costos de combustibles para la CFE, pues el PIIRCE señala que en el período 2016-2030 se estima que el precio del gas natural crecerá a una tasa de entre 2.6 y 3.3%, en tanto que para el combustóleo, combustible utilizado actualmente, crecerá a una tasa del 5%. • Para elaborar el PIIRCE se tomó en cuenta la Ley de Transición Energética, que establece que la meta nacional de penetración de energía renovable debe alcanzar un 35% al 2024. 																																				
<p>Descripción de acciones</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se reemplaza definitivamente el uso de combustóleo por gas natural, para reducir las emisiones de partículas “PM” y SO₂ generadas por la CTFPR. 2. En conjunto con las autoridades locales, la CTFPR elabora un plan para participar en el Programa de Contingencias Ambientales Atmosféricas, donde se señalan las operaciones que reducirán sus emisiones en esas circunstancias. 3. Se reportan, en tiempo real, los resultados de las mediciones realizadas mediante sistemas de monitoreo continuo de emisiones “SMCE”, así como los datos de condiciones de operación. 4. Se actualizan los planes para nuevas plantas de generación eléctrica en el PIIRCE, para asegurar que en el corto plazo se instalan plantas que puedan sustituir a la CTFPR. 5. Se acelera el retiro de las unidades térmicas y se buscará su reemplazo con unidades de ciclo combinado y/o alternativas de energía renovable. 6. 																																				
<p>Beneficios</p>	<p>Reducción de emisiones de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 75,002 ton/año de SO₂ • 3,638 ton/año de PM_{2.5} • 5,815 ton/año de NO_x • 90 ton /año de COV • 3’072,803 ton/año de CO₂ • 227 ton/año de CN 																																				
<p>Calendario</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Actividad</th> <th>2017</th> <th>2018</th> <th>2019</th> <th>2020</th> <th>2021</th> <th>2022</th> <th>...</th> <th>2030</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1. Reemplazar el uso de combustóleo por gas natural</td> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2. Elaborar y aplicar un plan para contingencias atmosféricas</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> </tr> <tr> <td>3. Reportar en tiempo real resultados del monitoreo continuo</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> </tr> </tbody> </table>	Actividad	2017	2018	2019	2020	2021	2022	...	2030	1. Reemplazar el uso de combustóleo por gas natural	X	X							2. Elaborar y aplicar un plan para contingencias atmosféricas	X	X	X	X	X	X	X	X	3. Reportar en tiempo real resultados del monitoreo continuo	X	X	X	X	X	X	X	X
Actividad	2017	2018	2019	2020	2021	2022	...	2030																													
1. Reemplazar el uso de combustóleo por gas natural	X	X																																			
2. Elaborar y aplicar un plan para contingencias atmosféricas	X	X	X	X	X	X	X	X																													
3. Reportar en tiempo real resultados del monitoreo continuo	X	X	X	X	X	X	X	X																													

	4. Asegurar que en el corto plazo se instalan plantas que puedan sustituir a la CTFPR				X	X	X	X	X
	5. Acelerar el retiro de las unidades térmicas				X	X	X		
Indicadores de implementación	<ul style="list-style-type: none"> • Cantidad de cada tipo de combustible utilizado anualmente en la CTFPR. • Reporte de los resultados de monitoreo continuo. • Identificación de las plantas de generación que podrán reemplazar la generación de la CTFPR. • Porcentaje de avance en el plan de trabajo para acelerar el retiro de las unidades térmicas de la CTFPR. 								
Indicadores de resultados	<ul style="list-style-type: none"> • Emisiones anuales de PM y SO₂. • Porcentaje de reducción en las emisiones de PM y SO₂. 								
Fuentes de información para los indicadores	<ul style="list-style-type: none"> • Reportes de la CT a la COA. • Revisión del PIIRCE de SENER. • Informes de avance en el Plan de trabajo para acelerar el retiro de las unidades térmicas de la CTFPR. 								

Medida No. 7	Usar exclusivamente gas natural en la refinería de Tula
Responsable(s)	<ul style="list-style-type: none"> • SENER • PEMEX • ASEA
Objetivo	Reducir las emisiones de PM y SO ₂ en la refinería Miguel Hidalgo.
Meta	En 2019 se logra que la refinería Miguel Hidalgo opere exclusivamente con gas natural.
Justificación	<ul style="list-style-type: none"> • La Refinería Miguel Hidalgo, ubicada en Tula de Allende, Hidalgo, es la segunda planta con mayores emisiones dentro de la Megalópolis. • Esta refinería es una de las seis con las que cuenta el país. Durante 2016 procesó en promedio 208 mil barriles diarios de petróleo crudo, que equivalen aproximadamente al 22% del total nacional, y produjo el 20.7% de los destilados producidos ese mismo año. • En 2015 emitió alrededor de 29,184 toneladas de SO₂ (que significó el 22% de las emisiones de este contaminante del sector de industria federal); 1,550 toneladas de PM_{2.5} (12% de las emisiones del sector); 4,309 toneladas de NOx (8% de las emisiones del sector); además de 100 toneladas de carbono negro (17% de las emisiones del sector). • Estas emisiones a la atmósfera suceden aun cuando las instalaciones de la refinería cumplen con los niveles señalados en las normas de emisión aplicables: <ul style="list-style-type: none"> ○ NOM-085-SEMARNAT-2011, niveles máximos permisibles de emisión de los equipos de combustión de calentamiento indirecto y su medición. ○ NOM-148-SEMARNAT-2006, recuperación de azufre proveniente de los procesos de refinación de petróleo. • Los procesos de refinación actuales permiten separar una parte del azufre, que se concentra en las fracciones más pesadas, como el combustóleo. Es necesario mejorar la eficiencia del control de emisiones en las plantas de desulfuración y detener el uso de combustóleo o diésel con más de 0.05% de azufre en peso, para abatir las emisiones de SO₂.
Descripción de la medida	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se reemplaza de manera definitiva el uso de combustóleo por gas natural en la generación de electricidad y vapor. 2. Se optimiza la operación de los sistemas de recuperación de azufre. 3. Se elabora un plan para participar en el Programa de Contingencias Ambientales Atmosféricas, donde se señale las acciones a implementar para reducir sus emisiones en esas circunstancias. 4. Se reporta, en tiempo real, los resultados de las mediciones realizadas mediante SMCE, así como los datos de condiciones de operación. 5. Se asegura la reconfiguración de la Refinería, a fin de sustituir definitivamente el uso de combustóleo en los procesos y en la generación de electricidad, así como para mejorar los procesos de

	recuperación de azufre.																																																						
Beneficios	<p>Reducción de emisiones de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 29,181 ton/año de SO₂ • 1,501 ton/año de PM_{2.5} • 3,669 ton/año de NOx • 2,423 ton/año de COV • 1'699,007 ton/año de CO₂ • 75 ton/año de CN 																																																						
Calendario	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Actividad</th> <th>2017</th> <th>2018</th> <th>2019</th> <th>2020</th> <th>2021</th> <th>2022</th> <th>...</th> <th>2030</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1. Reemplazar el uso de combustóleo por gas natural</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> </tr> <tr> <td>2. Optimizar la operación de los sistemas de recuperación de azufre</td> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3. Elaborar un plan para participar en el programa de contingencias ambientales atmosféricas</td> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>4. Reportar en tiempo real resultados del monitoreo continuo</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> </tr> <tr> <td>5. Asegurar la reconfiguración de la Refinería</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> </tr> </tbody> </table>	Actividad	2017	2018	2019	2020	2021	2022	...	2030	1. Reemplazar el uso de combustóleo por gas natural	X	X	X	X	X	X	X	X	2. Optimizar la operación de los sistemas de recuperación de azufre	X	X							3. Elaborar un plan para participar en el programa de contingencias ambientales atmosféricas	X								4. Reportar en tiempo real resultados del monitoreo continuo	X	X	X	X	X	X	X	X	5. Asegurar la reconfiguración de la Refinería				X	X	X	X	X
Actividad	2017	2018	2019	2020	2021	2022	...	2030																																															
1. Reemplazar el uso de combustóleo por gas natural	X	X	X	X	X	X	X	X																																															
2. Optimizar la operación de los sistemas de recuperación de azufre	X	X																																																					
3. Elaborar un plan para participar en el programa de contingencias ambientales atmosféricas	X																																																						
4. Reportar en tiempo real resultados del monitoreo continuo	X	X	X	X	X	X	X	X																																															
5. Asegurar la reconfiguración de la Refinería				X	X	X	X	X																																															
Indicadores de implementación	<ul style="list-style-type: none"> • Cantidad de cada tipo de combustible utilizado anualmente en la refinería Miguel Hidalgo. • Reporte de los resultados de monitoreo continuo. 																																																						
Indicadores de resultados	<ul style="list-style-type: none"> • Emisiones anuales de PM y SO₂. • Porcentaje de reducción en las emisiones de PM y SO₂, respecto del año base 2015. 																																																						
Fuentes de información para los indicadores	<ul style="list-style-type: none"> • Informes de inversión de PEMEX. • Inventario de emisiones de la Megalópolis. 																																																						

Medida No. 8	Sustituir combustibles fósiles por energías renovables para generación de electricidad																			
Responsable(s)	<ul style="list-style-type: none"> • SENER • Comisión Reguladora de Energía "CRE" 																			
Objetivo	Generar electricidad preferentemente con energías renovables.																			
Meta	Reducir emisiones de PM ₁₀ , PM _{2.5} y SO ₂ .																			
Justificación	<ul style="list-style-type: none"> • La generación de energía eléctrica en la Megalópolis produce 6,893 toneladas anuales de PM₁₀, 6,319 toneladas anuales de PM_{2.5} y 82,632 toneladas anuales de SO₂. • La sustitución progresiva de combustibles fósiles por energías renovables para la generación eléctrica generará beneficios para la protección de la salud y el medio ambiente asociados con la mejora de la calidad del aire y constituye una gran oportunidad para el logro de los objetivos de cambio climático y energía. • Esta medida es consistente con la Ley de Transición Energética y la Ley General de Cambio Climático, entre otras. • Asimismo, el país ha establecido metas y compromisos internacionales que implican la reducción de emisiones de CO₂ y de CN. 																			
Descripción de acciones	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se impulsa el uso de energías renovables para generar electricidad para la Megalópolis. 2. Se requiere a los concesionarios que la capacidad de generación de las actuales centrales de turbo gas y combustión interna sean reemplazadas por energías renovables cuando éstas sean retiradas. 3. Los permisos y nuevas concesiones que se entreguen para generar electricidad en las zonas urbanas de la Megalópolis deben dar preferencia a las energías renovables y en su caso, al uso de gas natural. 																			
Beneficios	<p>Considerando un crecimiento de energías renovables del 10%, el impacto sería una reducción de emisiones de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 726 ton/año de SO₂ • 349 ton/año de PM_{2.5} • 3,476 ton/año de NOx • 105 ton/año de COV • 1'472,137 ton/año de CO₂ • 24 ton/año de CN 																			
Calendario	<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="513 1766 859 1797">Actividad</th> <th data-bbox="859 1766 943 1797">2017</th> <th data-bbox="943 1766 1027 1797">2018</th> <th data-bbox="1027 1766 1112 1797">2019</th> <th data-bbox="1112 1766 1196 1797">2020</th> <th data-bbox="1196 1766 1281 1797">...</th> <th data-bbox="1281 1766 1349 1797">2030</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="513 1797 859 1879">1. Se impulsará el uso exclusivo de energías renovables o gas natural</td> <td data-bbox="859 1797 943 1879">X</td> <td data-bbox="943 1797 1027 1879">X</td> <td data-bbox="1027 1797 1112 1879">X</td> <td data-bbox="1112 1797 1196 1879">X</td> <td data-bbox="1196 1797 1281 1879">X</td> <td data-bbox="1281 1797 1349 1879">X</td> </tr> </tbody> </table>						Actividad	2017	2018	2019	2020	...	2030	1. Se impulsará el uso exclusivo de energías renovables o gas natural	X	X	X	X	X	X
Actividad	2017	2018	2019	2020	...	2030														
1. Se impulsará el uso exclusivo de energías renovables o gas natural	X	X	X	X	X	X														

	2. Se requerirá a los concesionarios sustituir la capacidad de generación actual, sólo por energías renovables o gas natural		X				
	3. Se priorizará el uso de energías renovables o gas natural en el caso de nuevos permisos	X	X	X	X	X	X
Indicadores de implementación	<ul style="list-style-type: none"> Número de nuevos permisos de generación otorgados. Capacidad de generación autorizada que utiliza energías renovables y gas natural vs capacidad que usa otros combustibles. 						
Indicadores de resultados	<ul style="list-style-type: none"> Generación anual empleando renovables, gas natural y diésel. Reducción estimada de emisiones de PM₁₀, PM_{2.5} y SO₂. 						
Fuentes de información para los indicadores	<ul style="list-style-type: none"> Sistema de información energética. Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía 2014 – 2018. PIIRSE. 						

Medida No. 9	Prohibir el suministro y quema de combustibles líquidos industriales con más de 0.05% de azufre
Responsable(s)	<ul style="list-style-type: none"> • CRE • PROFEPA • ASEA • Empresas distribuidoras y usuarias de combustibles en la Megalópolis • Autoridades federales y estatales de inspección y vigilancia ambiental
Objetivo	Reducir las emisiones de SO ₂ .
Meta	En 2020 se distribuye únicamente diésel industrial con un contenido máximo de 0.05% (500 ppm) de azufre "S".
Justificación	<ul style="list-style-type: none"> • Con esta medida se busca eliminar el uso de combustibles industriales con contenido mayor a 0.05% de azufre en peso (500 ppm de S), incluyendo al diésel industrial, gasóleo doméstico y combustóleo, en concordancia con las especificaciones establecidas para la ZMVM. • El SO₂ afecta negativamente la calidad del aire y además es un precursor de las PM_{2.5} secundarias y de la lluvia ácida. Una fuente relevante de estos compuestos es la combustión de combustibles líquidos empleados en las fuentes fijas. El total de las emisiones de SO₂ generado por las fuentes fijas de jurisdicción federal "FFJF", se estimó en 131 mil toneladas para el año 2015. • En la actualidad, la NOM-016-CRE-2016, Especificaciones de calidad de los petrolíferos, en las obligaciones adicionales señaladas al pie de la Tabla 9, establece que todos los combustibles industriales que se comercialicen en la ZMVM tendrán un contenido máximo de azufre de 0.05% en peso y en el Anexo 2, prohíbe el uso de combustóleo. En el Anexo 2 también se especifica que en el corredor Tula-Vito-Apasco se dispondrá de combustóleo con un contenido máximo de azufre de 2% en peso. La Tabla 9 señala que el contenido máximo de azufre en el diésel en el resto del país es de 0.5% en peso, mientras que el límite máximo en el combustóleo industrial es de 4.4% en peso. • Los combustibles empleados en la Megalópolis, con excepción de la ZMVM, tienen contenidos de S que representan 10, 40 y hasta 88 veces el contenido de S en el diésel empleado en la ZMVM. Esto representa una oportunidad de reducir las emisiones de SO₂ al reducir el contenido de azufre en los combustibles.
Descripción de acciones	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se actualiza la NOM-016-CRE-2016 para lograr que todos los combustibles industriales que se comercialicen en la región tengan un contenido máximo de azufre de 0.05% en peso, así como para prohibir el uso de combustóleo. 2. Los distribuidores de combustible deberán suministrar en todos los municipios de la Megalópolis, exclusivamente combustibles líquidos industriales con contenido de azufre menor a 0.05% en peso. 3. Los consumidores de combustibles industriales deberán abstenerse

	<p>de mezclar combustibles fósiles con otros materiales, salvo en los casos permitidos en otras normas.</p> <p>4. Se vigila el cumplimiento de la calidad de los combustibles distribuidos y utilizados en la industria ubicada en la Megalópolis.</p>																																													
Beneficios	<p>Reducción de emisiones de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 314 ton/año de SO₂ 																																													
Calendario	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Actividad</th> <th>2017</th> <th>2018</th> <th>2019</th> <th>2020</th> <th>2021</th> <th>2022</th> <th>...</th> <th>2030</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1. Actualizar la NOM-016-CRE-2016</td> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2. Suministrar combustibles con menos de 0.05% de azufre</td> <td></td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> </tr> <tr> <td>3. Utilizar únicamente combustibles con menos de 0.05% de azufre</td> <td></td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> </tr> <tr> <td>4. Vigilancia e inspección</td> <td></td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> </tr> </tbody> </table>	Actividad	2017	2018	2019	2020	2021	2022	...	2030	1. Actualizar la NOM-016-CRE-2016	X	X							2. Suministrar combustibles con menos de 0.05% de azufre		X	X	X	X	X	X	X	3. Utilizar únicamente combustibles con menos de 0.05% de azufre		X	X	X	X	X	X	X	4. Vigilancia e inspección		X	X	X	X	X	X	X
Actividad	2017	2018	2019	2020	2021	2022	...	2030																																						
1. Actualizar la NOM-016-CRE-2016	X	X																																												
2. Suministrar combustibles con menos de 0.05% de azufre		X	X	X	X	X	X	X																																						
3. Utilizar únicamente combustibles con menos de 0.05% de azufre		X	X	X	X	X	X	X																																						
4. Vigilancia e inspección		X	X	X	X	X	X	X																																						
Indicadores de implementación	<ul style="list-style-type: none"> • Cantidad de combustibles industriales de cada tipo, que se venden y que se utilizan en los municipios que conforman la Megalópolis. 																																													
Indicadores de resultados	<ul style="list-style-type: none"> • Emisiones de SO₂ de las fuentes industriales localizadas en la Megalópolis. 																																													
Fuentes de información para los indicadores	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema de información energético de SENER. • Inventario de emisiones de la Megalópolis. 																																													

Medida No. 10	Reducir las emisiones en las industrias del sector del cemento												
Responsable(s)	<ul style="list-style-type: none"> SEMARNAT Empresas de la industria del cemento ubicadas en la Megalópolis 												
Objetivo	Reducir las emisiones de PM y NOx de los procesos de fabricación de cemento.												
Meta	<ul style="list-style-type: none"> Reducir las emisiones PM y NO_x a partir del 2020. 												
Justificación	<ul style="list-style-type: none"> Las plantas de producción de cemento y cal ubicadas en la megalópolis, en el 2015 fueron responsables de la emisión de 10,721 toneladas de SO₂; 4,817 ton de NO_x; 3,202 ton de PM₁₀ y 2,038 toneladas de PM_{2.5}, que equivalen respectivamente al 8%, 9%, 20% y 16% del total de emisiones de la industria de jurisdicción federal. Además, este sector concentra sus operaciones principalmente en una región formada por los municipios de Tula de Allende, Vito, Apasco y Huichapan, Hidalgo, afectando significativamente la calidad del aire local y regional. Aún cuando estas instalaciones se encuentren en cumplimiento con las especificaciones de la NOM-040-SEMARNAT-2002, que permite el empleo de mezclas de combustibles convencionales con otros materiales o residuos combustibles, los niveles de emisión deben reducirse, para contribuir a mejorar la calidad del aire y la calidad de vida de los habitantes de la Megalópolis. Existen una serie de alternativas tecnológicas y de operación que pueden permitir a estas empresas reducir sus emisiones. Por ejemplo, incrementar la eficiencia de captación de azufre en hornos de clinker y/o instalar lavadores de gases, instalar sistemas de control de partículas de alta eficiencia para partículas finas, etc. 												
Descripción de la medida	<p>1. Se actualiza la NOM-040-SEMARNAT-2002</p> <p>1.1. Las emisiones cumplen con los siguientes Límites Máximos Permisibles "LMP"¹⁵:</p> <table border="1" data-bbox="558 1520 1295 1694"> <thead> <tr> <th>Contaminante</th> <th>LMP</th> <th>Unidades</th> <th>Nota</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PM</td> <td>0.035</td> <td>kg PM / ton clinker ¹⁶</td> <td>Para hornos existentes</td> </tr> <tr> <td>PM</td> <td>0.010</td> <td>kg PM / ton clinker</td> <td>Para hornos nuevos</td> </tr> </tbody> </table>	Contaminante	LMP	Unidades	Nota	PM	0.035	kg PM / ton clinker ¹⁶	Para hornos existentes	PM	0.010	kg PM / ton clinker	Para hornos nuevos
Contaminante	LMP	Unidades	Nota										
PM	0.035	kg PM / ton clinker ¹⁶	Para hornos existentes										
PM	0.010	kg PM / ton clinker	Para hornos nuevos										

¹⁵ Estos LMP son equivalentes a los vigentes en las Reglas 1112 y 1112.1 del Distrito de Gestión de la Calidad del Aire de la Costa Sur de California (South Coast Air Quality Management District - SCAQMD), excepto las de SO₂, que son los que se aplican actualmente en la ZMVM.

¹⁶ Estos LMP son equivalentes a los vigentes en la regulación de la US EPA de 2012 para emisiones de hornos de cemento.

SO ₂	400	mg/m ³	Concentración en chimenea
CO	2,000	ppmv	Promedio de 15 minutos
CO	1,900 y 6,000	ppmv	Promedios de 8 h y 15 minutos, respectivamente
NO _x	5.262	kg/ton clinker producido	Promedio de 24 h de operación
NO _x	2.903	kg/ton clinker producido	Promedio de 30 h de operación

- 1.2. Todas las plantas ubicadas en la Megalópolis cubren las bandas transportadoras, los puntos de trasiego desde una banda a tolvas o a otras bandas, así como las áreas de almacenamiento y los puntos de alimentación de materiales crudos.
- 1.3. Todas las plantas ubicadas en la Megalópolis cuentan con monitoreo continuo y registro de los datos de emisiones de PM, SO₂, CO y NO_x.
- 1.4. Aquellas plantas que utilizan combustibles de sustitución, cuentan además con monitoreo continuo de HCl e hidrocarburos totales. También miden semestralmente las emisiones de Sb, As, Se, Ni, Mn, Cd, Hg, Pb, Cr y Zn. Las emisiones de dioxinas y furanos se miden anualmente.
- 1.5. Todas las plantas ubicadas en los municipios que forman parte de la Megalópolis cumplen con los mismos niveles máximos permisibles de emisiones a la atmósfera.
2. Las empresas de la industria del cemento elaboran e implementan un plan de reducción de emisiones para el cumplimiento de la norma.
3. Las empresas de la industria del cemento elaboran e implementan un plan de acción para participar en los Programas de Contingencias Ambientales Atmosféricas.
4. Las industrias reportan en tiempo real las condiciones de operación y las emisiones en la chimenea, obtenidas con los SMCE.

Beneficios

Reducción de emisiones de:

- 1,284 ton/año de PM₁₀
- 817 ton/año de PM_{2.5}
- 4 ton/año de NO_x
- 57 ton/año de CN

Calendario

Actividad	2017	2018	2019	2020	2021	2022	...	2030
1. Actualizar la NOM-040		X						
2. Elaborar Planes de reducción de emisiones		X						
3. Elaborar Planes para participar en Programas de		X						

	Contingencias Ambientales Atmosféricas								
	4. Reportar en tiempo real las emisiones y condiciones de operación		X	X	X	X	X	X	X
Indicadores de implementación	<ul style="list-style-type: none"> • Publicación de la NOM actualizada. • Número de plantas que han elaborado sus planes de reducción de emisiones. • Número de plantas que cumplen con las especificaciones de frecuencia y método de medición de emisiones, así como las demás señaladas en la NOM. • Número de plantas que reportan las mediciones realizadas en sus chimeneas y el inventario de sus emisiones anuales. 								
Indicadores de resultados	<ul style="list-style-type: none"> • Emisiones anuales de PM y NOx. • Porcentaje de reducción en las emisiones de PM y NOx, respecto del año base 2015. 								
Fuentes de información para los indicadores	<ul style="list-style-type: none"> • Planes de reducción de emisiones. • Reportes de modificaciones realizadas por las plantas. • Reportes de resultados de medición de emisiones. • Inventario de emisiones de las plantas incluidos en las COAs. • Inventario de emisiones de la industria de jurisdicción federal ubicada en la región. 								

Medida No. 11	Reducir las emisiones de COV en las operaciones de la industria automotriz
Responsable(s)	<ul style="list-style-type: none"> • SEMARNAT • Empresas de la industria automotriz
Objetivo	Reducir las emisiones de COV en la aplicación de pintura.
Meta	<ul style="list-style-type: none"> • Reducir en 40% el contenido de COV en los recubrimientos aplicados. • Reducir en 60% las emisiones de COV durante la aplicación de recubrimientos.
Justificación	<ul style="list-style-type: none"> • En la Megalópolis, el sector automotriz contribuyó, en 2015, con la descarga a la atmósfera de 7,200 toneladas de COV. Se estima que al 2030, esta industria emita 10,000 toneladas de COV. • Las emisiones de COV se deben al uso de solventes para preparar superficies, aplicación de recubrimientos, limpieza de equipos y superficies, horneado de pinturas, entre otros. • El incremento tendencial de las emisiones al 2030 requerirá la actualización de la NOM-121-SEMARNAT-1997 para establecer nuevos límites de emisión para estas operaciones. • Las emisiones de COV tienen una alta reactividad fotoquímica, por lo que contribuyen de manera significativa a la formación de ozono. • Todas las plantas de ensamble de automóviles y de pintura de autopartes ubicadas en los municipios que forman parte de la Megalópolis deberán cumplir con los mismos niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera.
Descripción de la medida	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se actualiza la NOM-121-SEMARNAT-1997 para armonizar los límites máximos permisibles de contenido de COV en los recubrimientos empleados en las plantas de la industria automotriz, de acuerdo a los siguientes límites y especificaciones¹⁷: <ol style="list-style-type: none"> 1.1. El primario de aplicación electroforética contiene un máximo de 145 g de COV/litro de recubrimiento, descontando previamente el agua y los COV exentos¹⁸; 1.2. Los recubrimientos de reparación final contiene un máximo de 580 g de COV/litro de recubrimiento, descontando previamente el agua y los COV exentos; 1.3. Los recubrimientos de aplicación por aspersión, ya sean primarios, pintura base o barniz, contiene un máximo de 1,800 g COV/litro de recubrimiento, descontando previamente el agua y los COV exentos.

¹⁷ Estos LMP son iguales a los señalados en la Regla 1115 relativa a operación de líneas de pintura en operaciones de ensamble de autos del Distrito de Gestión de la Calidad del Aire de la Costa Sur de California (South Coast Air Quality Management District - SCAQMD).

¹⁸ Los disolventes exentos lo son debido a su baja reactividad. Están señalados en la Regla 115 del SCAQMD.

	<p>1.4. Las plantas de ensamble instalan sistemas de colección y control de emisiones para que las emisiones de COV se colecten, conduzcan y controlen, asegurando que:</p> <p>1.4.1.El sistema de colección, captura y conduce al menos el 90% en peso de las emisiones de COV generadas, y</p> <p>1.4.2.El sistema de control, reduce al menos el 95% de los COV capturados y conducidos.</p> <p>2. Las empresas de la industria automotriz elaboran e implementan un plan de reducción de emisiones para el cumplimiento de la norma.</p> <p>3. Las empresas de la industria automotriz elaboran e implementan un plan de acción para participar en los Programas de Contingencias Ambientales Atmosféricas.</p>																												
Beneficios	<p>Reducción de emisiones de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 677 ton/año de PM_{2.5} • 6,972 ton/año de COV 																												
Calendario	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Actividad</th> <th>2017</th> <th>2018</th> <th>2019</th> <th>2020</th> <th>...</th> <th>2030</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1. Actualizar la NOM-121-SEMARNAT-1997 sobre contenido de COVs en pinturas automotrices</td> <td></td> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2. Elaborar e implementar plan de reducción de emisiones</td> <td></td> <td></td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> </tr> <tr> <td>3. Elaborar Plan de Acción para participar en los programas de Contingencias Ambientales Atmosféricas</td> <td></td> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Actividad	2017	2018	2019	2020	...	2030	1. Actualizar la NOM-121-SEMARNAT-1997 sobre contenido de COVs en pinturas automotrices		X	X				2. Elaborar e implementar plan de reducción de emisiones			X	X	X	X	3. Elaborar Plan de Acción para participar en los programas de Contingencias Ambientales Atmosféricas		X	X			
Actividad	2017	2018	2019	2020	...	2030																							
1. Actualizar la NOM-121-SEMARNAT-1997 sobre contenido de COVs en pinturas automotrices		X	X																										
2. Elaborar e implementar plan de reducción de emisiones			X	X	X	X																							
3. Elaborar Plan de Acción para participar en los programas de Contingencias Ambientales Atmosféricas		X	X																										
Indicadores de implementación	<ul style="list-style-type: none"> • Publicación de la NOM correspondiente. • Número de plantas donde se ha completado la reducción de COV de los recubrimientos. • Número de plantas donde se han instalado los sistemas de colección y control de emisiones de COV. • Número de plantas que han implementado los Planes de reducción de emisiones. • Número de plantas que han implementado planes de acción para participar en los programas de contingencias ambientales atmosféricas. 																												
Indicadores de resultados	<ul style="list-style-type: none"> • Emisiones a la atmósfera de COV que se han evitado como resultado de la reformulación de recubrimientos. • Emisión a la atmósfera de COV que se ha evitado como resultado de la operación de los sistemas de colección y control de emisiones. • Emisión a la atmósfera de COV que se ha evitado como resultado de los cambios en operaciones de limpieza. • Porcentaje de reducción de emisiones alcanzado. 																												
Fuentes de información para los indicadores	<ul style="list-style-type: none"> • Planes de reducción de emisiones. • Reportes de modificaciones realizadas por las plantas. • Reportes de resultados de medición de emisiones. • Inventario de emisiones de las plantas incluidas en la COA. 																												

Medida No. 12	Reducir las emisiones en la industria del vidrio										
Responsable(s)	<ul style="list-style-type: none"> • SEMARNAT • Plantas de la industria del vidrio 										
Objetivo	Reducir las emisiones de NO _x y PM.										
Meta	Reducir las emisiones de PM y NO _x en 80%.										
Justificación	<ul style="list-style-type: none"> • El análisis del inventario de emisiones ha permitido identificar que entre las fuentes de mayor aporte a las emisiones contaminantes del sector industrial, se encuentran los establecimientos de la industria del vidrio, cuyas emisiones en el 2030 se estiman en 7,706 toneladas de NO_x y 695 toneladas de PM_{2.5}. • Por ello se considera estratégica la prevención y control de tales emisiones. • Existen diversas alternativas tecnológicas y de operación que permitirán a la industria prevenir y controlar estas emisiones. Por ejemplo: en la industria del vidrio es posible instalar sistemas oxifuel para mejorar la combustión y reducir las emisiones de NO_x, entre otras posibles mejoras. 										
Descripción de la medida	<p>1. Se actualiza la NOM-097-SEMARNAT-1997, para reducir los límites máximos de emisión de las plantas de fabricación de vidrio ubicadas dentro de la región; todas las plantas deberán cumplir con los límites máximos permisibles de emisión de PM y NO_x señalados a continuación.</p> <p>1.1. Los límites máximos permisibles de emisión de NO_x para las plantas de fabricación de vidrio serán de 1.814 kg de NO_x/ton de vidrio fundido producido¹⁹.</p> <p>1.2. Los límites máximos permisibles de emisión de PM para las plantas de fabricación de vidrio serán²⁰:</p> <table border="1" data-bbox="599 1367 1276 1724"> <thead> <tr> <th data-bbox="605 1375 1097 1514">Tipo de producto</th> <th data-bbox="1102 1375 1269 1514">LMP de emisión de PM (kg/ton vidrio)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="605 1520 1097 1549">Vidrio fundido para contenedores</td> <td data-bbox="1102 1520 1269 1549">0.1</td> </tr> <tr> <td data-bbox="605 1556 1097 1619">Vidrio con formulaciones de boro-silicato</td> <td data-bbox="1102 1556 1269 1619">0.5</td> </tr> <tr> <td data-bbox="605 1625 1097 1688">Vidrio con formulaciones de plomo o calizo</td> <td data-bbox="1102 1625 1269 1688">0.1</td> </tr> <tr> <td data-bbox="605 1694 1097 1724">Vidrio para formulaciones diferentes a</td> <td data-bbox="1102 1694 1269 1724">0.25</td> </tr> </tbody> </table>	Tipo de producto	LMP de emisión de PM (kg/ton vidrio)	Vidrio fundido para contenedores	0.1	Vidrio con formulaciones de boro-silicato	0.5	Vidrio con formulaciones de plomo o calizo	0.1	Vidrio para formulaciones diferentes a	0.25
Tipo de producto	LMP de emisión de PM (kg/ton vidrio)										
Vidrio fundido para contenedores	0.1										
Vidrio con formulaciones de boro-silicato	0.5										
Vidrio con formulaciones de plomo o calizo	0.1										
Vidrio para formulaciones diferentes a	0.25										

¹⁹ Estos LMP son equivalentes a los vigentes desde el 1 de enero de 1993 en la Regla 1117 del Distrito de Gestión de la Calidad del Aire de la Costa Sur de California (South Coast Air Quality Management District - SCAQMD).

²⁰ Estos LMP son equivalentes a los señalados en el Código de Regulaciones Federales de los Estados Unidos de América: 40 CFR Part 60 Subpart CC.

	<table border="1"> <tr> <td>las anteriores (incluyendo opalino).</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Fibra de vidrio</td> <td>0.25</td> </tr> <tr> <td>Vidrio plano</td> <td>0.225</td> </tr> </table>	las anteriores (incluyendo opalino).		Fibra de vidrio	0.25	Vidrio plano	0.225																						
las anteriores (incluyendo opalino).																													
Fibra de vidrio	0.25																												
Vidrio plano	0.225																												
	<ol style="list-style-type: none"> Las empresas de la industria del vidrio elaboran e implementan un plan de reducción de emisiones para el cumplimiento de la norma. Estas pueden incluir el cambio hacia uso de gas natural, tal como lo contempla la Prospectiva 2016-2030 de SENER. Las empresas de la industria del vidrio elaboran e implementan un plan de acción para participar en los Programas de Contingencia Ambientales Atmosféricas. 																												
Beneficios	Reducción de emisiones de: <ul style="list-style-type: none"> • 298 ton/año de PM₁₀ • 2,547 ton/año de NO_x • 21 ton/año de CN 																												
Calendario	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Actividad</th> <th>2017</th> <th>2018</th> <th>2019</th> <th>2020</th> <th>...</th> <th>2030</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1. Actualizar la NOM-097-SEMARNAT-1997</td> <td></td> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2. Elaborar e implementar el plan de reducción de emisiones</td> <td></td> <td></td> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3. Elaborar e implementar el plan para participar en los programas de Contingencias Ambientales Atmosféricas</td> <td></td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Actividad	2017	2018	2019	2020	...	2030	1. Actualizar la NOM-097-SEMARNAT-1997		X	X				2. Elaborar e implementar el plan de reducción de emisiones			X	X			3. Elaborar e implementar el plan para participar en los programas de Contingencias Ambientales Atmosféricas		X	X	X		
Actividad	2017	2018	2019	2020	...	2030																							
1. Actualizar la NOM-097-SEMARNAT-1997		X	X																										
2. Elaborar e implementar el plan de reducción de emisiones			X	X																									
3. Elaborar e implementar el plan para participar en los programas de Contingencias Ambientales Atmosféricas		X	X	X																									
Indicadores de implementación	<ul style="list-style-type: none"> • Publicación de la NOM-097-SEMARNAT-1997 actualizada. • Número de plantas del sector del vidrio en los que se ha elaborado e implementado el Plan de reducción de emisiones. • Número de plantas del sector del vidrio donde se ha completado la reducción de PM y NO_x. 																												
Indicadores de resultados	<ul style="list-style-type: none"> • Emisión total de PM y NO_x a la atmósfera. • Emisión de PM y NO_x a la atmósfera que se ha evitado. • Porcentaje de reducción de emisiones alcanzado. 																												
Fuentes de información para los indicadores	<ul style="list-style-type: none"> • Reportes de modificaciones realizadas por las plantas. • Reportes de resultados de medición de emisiones. • Inventario de emisiones de las plantas incluidos en las COA. • Inventario de emisiones de la industria de jurisdicción federal ubicada en la región. 																												

Medida No. 13	Reducir las emisiones en la industria de pinturas y tintas
Responsable(s)	<ul style="list-style-type: none"> • SEMARNAT • PROFEPA • Responsables de la industria de pinturas y tintas ubicadas en la región
Objetivo	Reducir las emisiones de COV fugitivas de las fuentes industriales de pinturas y tintas.
Meta	Reducir las emisiones de COV en planta en 80%.
Justificación	<ul style="list-style-type: none"> • El análisis del inventario de emisiones ha permitido identificar que entre los sectores de mayor aporte a las emisiones contaminantes del sector industrial, se encuentran los establecimientos de las industrias de pinturas y tintas. • Por ello se considera estratégica la prevención y control de tales emisiones. • Existen diversas alternativas tecnológicas y de operación que permitirán a la industria prevenir y controlar estas emisiones. Por ejemplo: en la industria de pinturas y tintas se pueden implementar medidas operativas para reducir emisiones e instalar sistemas de control de emisiones evaporativas.
Descripción de la medida	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se expide una NOM para reducir las emisiones de COV en este sector industrial. La NOM incluirá especificaciones para el sector de pinturas y tintas de modo que: <ol style="list-style-type: none"> 1.1. Las barricas o tanques de mezclado se mantengan cubiertos, excepto en los períodos para agregar ingredientes o para tomar muestras, y sus tapas se cubran de modo que se minimicen las posibles fugas de COV²¹. 2. En las plantas de la industria de pinturas y tintas se instalan sistemas de colección y control de emisiones para que las emisiones de COV se colecten, conduzcan y controlen, asegurando que: <ol style="list-style-type: none"> 2.1. El sistema de colección, captura y conduce al menos el 90% en peso de las emisiones de COV generadas, y 2.2. El sistema de control reduce al menos el 95% de los COV capturados y conducidos. 3. Las empresas de la industria de pinturas y tintas elaborarán e implementarán un plan de reducción de emisiones para el cumplimiento de la norma. 4. Las empresas de la industria de pinturas y tintas elaborarán e implementarán un plan de acción para participar en los Programas de Contingencias Ambientales Atmosféricas.

²¹ Estos son consistentes con las especificaciones de la Regla 1141.1 del Distrito de Gestión de la Calidad del Aire de la Costa Sur de California (South Coast Air Quality Management District - SCAQMD).

Beneficios	Reducción de emisiones de: <ul style="list-style-type: none"> • 119 ton/año de NO_x • 4,000 ton/año de COV 																																									
Calendario	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Actividad</th> <th>2017</th> <th>2018</th> <th>2019</th> <th>2020</th> <th>...</th> <th>2030</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1. Expedición de la NOM correspondiente</td> <td></td> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2. Instalación de sistemas de colección y control de emisiones de COV</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> </tr> <tr> <td>3. Elaboración e implementación del plan de reducción de emisiones</td> <td></td> <td></td> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>4. Elaboración e implementación del plan de acción para participar en el programa de Contingencias Ambientales Atmosféricas</td> <td></td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>							Actividad	2017	2018	2019	2020	...	2030	1. Expedición de la NOM correspondiente		X	X				2. Instalación de sistemas de colección y control de emisiones de COV				X	X		3. Elaboración e implementación del plan de reducción de emisiones			X	X			4. Elaboración e implementación del plan de acción para participar en el programa de Contingencias Ambientales Atmosféricas		X	X	X		
Actividad	2017	2018	2019	2020	...	2030																																				
1. Expedición de la NOM correspondiente		X	X																																							
2. Instalación de sistemas de colección y control de emisiones de COV				X	X																																					
3. Elaboración e implementación del plan de reducción de emisiones			X	X																																						
4. Elaboración e implementación del plan de acción para participar en el programa de Contingencias Ambientales Atmosféricas		X	X	X																																						
Indicadores de implementación	<ul style="list-style-type: none"> • Expedición de la NOM. • Número de plantas del sector de pinturas y tintas donde se han instalado sistemas de colección y de control de emisiones de COV. • Número de plantas del sector de pinturas y tintas donde se han modificado las operaciones de limpieza con disolventes. • Número de plantas del sector de pinturas y tintas en las que se ha elaborado el Plan de reducción de emisiones para contingencias ambientales atmosféricas. 																																									
Indicadores de resultados	<ul style="list-style-type: none"> • Emisión COV a la atmósfera que se ha evitado. • Porcentaje de reducción de emisiones alcanzado por planta y por sector. 																																									
Fuentes de información para los indicadores	<ul style="list-style-type: none"> • Cédulas de operación anual. • Inventario de emisiones de la industria de pinturas y tintas. 																																									

Medida No. 14	Reducir las emisiones en la industria de la celulosa y papel
Responsable(s)	<ul style="list-style-type: none"> • SEMARNAT • PROFEPA • Responsables de la industria de la celulosa y papel
Objetivo	Reducir las emisiones de COV y NOx de la industria de la celulosa y papel.
Meta	<ul style="list-style-type: none"> • Reducir las emisiones evaporativas de COV en un 85%. • Instalar quemadores de bajo NOx para reducirlos en 50%.
Justificación	<ul style="list-style-type: none"> • Las emisiones del sector industria de la celulosa y papel en el 2015 fueron de 1,778 toneladas al año de NOx y de 2,959 toneladas anuales de COV. • Existen diversas alternativas tecnológicas y de operación que permitirán a la industria prevenir y controlar estas emisiones. Por ejemplo, en la industria de la celulosa y papel es posible instalar sistemas de control de emisiones evaporativas y quemadores de gas natural de bajo NOx los cuales permiten reducir entre un 50 y un 75% la generación de este contaminante.
Descripción de la medida	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se elabora una NOM para establecer límites máximos permisibles de emisión en la industria de la celulosa y papel. Esta NOM incluirá las siguientes especificaciones: <ol style="list-style-type: none"> 1.1. Uso de gas natural y quemadores de bajo NOx. 1.2. Los recubrimientos a aplicar (pinturas, tintas, wash primer, entre otros) deben contener un máximo de 265 g de COV/litro de recubrimiento aplicado, descontando el contenido de agua y de compuestos exentos²², o bien; 1.3. Cuando se aplican recubrimientos (pinturas, tintas, wash primer, entre otros) cuyo contenido de COV sea mayor a 265 g de COV/litro de recubrimiento aplicado, las emisiones de COV se colectarán, conducirán y controlarán, asegurando que: <ol style="list-style-type: none"> 1.3.1. El sistema de colección, captura y conduce al menos 90% en peso de las emisiones de COV generadas, y 1.3.2. El sistema de control reduce, al menos el 95% de los COV capturados y conducidos, o bien, a la salida de este equipo de control el LMP de emisión es de 50 ppmv, calculado como carbono y sin dilución. 1.4. El plastisol que se aplique debe contener un máximo de 20 g de COV/litro de recubrimiento aplicado, descontando el contenido

²² Estos LMP son equivalentes a los vigentes desde el 8 de marzo de 1996 en la Regla 1128 del Distrito de Gestión de la Calidad del Aire de la Costa Sur de California (South Coast Air Quality Management District - SCAQMD).

	<p>de agua y de compuestos exentos;</p> <p>1.5. Los contenedores para solventes orgánicos y los tanques de mezclado deben estar libres de fugas;</p> <p>1.6. La limpieza de equipos de aplicación de recubrimientos debe realizarse colectando, conduciendo y controlando las emisiones de COV con una eficiencia de 85%, o bien, el material de limpieza debe contener menos de 15% de COV en peso;</p> <p>1.7. Deben emplearse contenedores cerrados para la disposición de telas o papeles u otros materiales empleados para la preparación de superficies, limpieza, y que estén impregnados de COV;</p> <p>2. Las empresas de la industria de celulosa y papel elaboran e implementan un plan de reducción de emisiones para el cumplimiento de la norma. Estos planes pueden incluir el cambio hacia uso de gas natural, tal como lo contempla la Prospectiva 2016 - 2030 de SENER.</p> <p>3. Las empresas de la industria de celulosa y papel elaboran e implementan un plan de acción para participar en los Programas de Contingencias Ambientales Atmosféricas.</p>																												
Beneficios	<p>Reducción de emisiones de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 889 ton/año de NOx • 2,530 ton/año de COV 																												
Calendario	<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="488 989 867 1024">Actividad</th> <th data-bbox="867 989 954 1024">2017</th> <th data-bbox="954 989 1036 1024">2018</th> <th data-bbox="1036 989 1123 1024">2019</th> <th data-bbox="1123 989 1211 1024">2020</th> <th data-bbox="1211 989 1292 1024">...</th> <th data-bbox="1292 989 1360 1024">2030</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="488 1024 867 1129">1. Elaborar y publicar NOM para limitar las emisiones de COV y NOx de la industria de la celulosa y papel</td> <td data-bbox="867 1024 954 1129"></td> <td data-bbox="954 1024 1036 1129">X</td> <td data-bbox="1036 1024 1123 1129">X</td> <td data-bbox="1123 1024 1211 1129"></td> <td data-bbox="1211 1024 1292 1129"></td> <td data-bbox="1292 1024 1360 1129"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="488 1129 867 1213">2. Elaborar planes de reducción de emisiones, incluidas las de operaciones y limpieza</td> <td data-bbox="867 1129 954 1213"></td> <td data-bbox="954 1129 1036 1213">X</td> <td data-bbox="1036 1129 1123 1213">X</td> <td data-bbox="1123 1129 1211 1213"></td> <td data-bbox="1211 1129 1292 1213"></td> <td data-bbox="1292 1129 1360 1213"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="488 1213 867 1318">3. Elaborar e implementar un plan para participar en Programas de Contingencias Ambientales Atmosféricas</td> <td data-bbox="867 1213 954 1318"></td> <td data-bbox="954 1213 1036 1318">X</td> <td data-bbox="1036 1213 1123 1318">X</td> <td data-bbox="1123 1213 1211 1318"></td> <td data-bbox="1211 1213 1292 1318"></td> <td data-bbox="1292 1213 1360 1318"></td> </tr> </tbody> </table>	Actividad	2017	2018	2019	2020	...	2030	1. Elaborar y publicar NOM para limitar las emisiones de COV y NOx de la industria de la celulosa y papel		X	X				2. Elaborar planes de reducción de emisiones, incluidas las de operaciones y limpieza		X	X				3. Elaborar e implementar un plan para participar en Programas de Contingencias Ambientales Atmosféricas		X	X			
Actividad	2017	2018	2019	2020	...	2030																							
1. Elaborar y publicar NOM para limitar las emisiones de COV y NOx de la industria de la celulosa y papel		X	X																										
2. Elaborar planes de reducción de emisiones, incluidas las de operaciones y limpieza		X	X																										
3. Elaborar e implementar un plan para participar en Programas de Contingencias Ambientales Atmosféricas		X	X																										
Indicadores de implementación	<ul style="list-style-type: none"> • Número de plantas del sector de celulosa y papel, donde los recubrimientos a aplicar cumplen con los criterios establecidos en la NOM que elaborará SEMARNAT. • Número de plantas del sector de celulosa y papel, donde se han instalado sistemas de colección y de control de emisiones de COV. • Número de plantas del sector celulosa y papel, donde se han modificado las operaciones de limpieza con disolventes. • Número de plantas en las que se ha elaborado el Plan de reducción de emisiones, donde se está implementando y donde se ha finalizado la implementación. 																												
Indicadores de resultados	<ul style="list-style-type: none"> • Porcentaje de reducción de emisiones alcanzado por planta y por sector. 																												
Fuentes de información para los indicadores	<ul style="list-style-type: none"> • Cédulas de operación anual. • Inventario de emisiones de la industria de la celulosa y papel. 																												

Medida No. 15	Reducir las emisiones en la industria química
Responsable(s)	<ul style="list-style-type: none"> • SEMARNAT • PROFEPA • Responsables de la industria química
Objetivo	Reducir las emisiones de COV y NO _x de la industria química.
Meta	<ul style="list-style-type: none"> • Controlar las emisiones fugitivas de COV. • Instalar quemadores de bajo NOx para reducir dicho contaminante.
Justificación	<ul style="list-style-type: none"> • El análisis del inventario de emisiones ha permitido identificar que entre los sectores de mayor aporte a las emisiones contaminantes del sector industrial, se encuentran establecimientos de la industria química y se ha observado que las emisiones industriales de COV son las más significativas, además de sus emisiones de NO_x. • Por ello se considera estratégica la prevención y control de tales emisiones. • Existen diversas alternativas tecnológicas y de operación que permitirán a la industria prevenir y controlar estas emisiones. Por ejemplo, en la industria química se pueden instalar sistemas de control de emisiones en chimenea, de control de emisiones evaporativas y fugitivas.
Descripción de la medida	<ol style="list-style-type: none"> 1. Desarrollo de NOM sobre emisiones de COV y NOx para la industria química. 2. La industria química instala quemadores de bajo NOx en sus procesos. 3. Las plantas de la industria química revisa la formulación de sus productos para reducir las emisiones de COV. 4. En las plantas de la industria química se instalan sistemas de colección y control de emisiones de COV, asegurando que: <ol style="list-style-type: none"> 4.1. El sistema de colección captura y conduce, al menos, el 90% en peso de las emisiones de COV generadas, y 4.2. El sistema de control reduce al menos el 95% de los COV capturados y conducidos. 5. Las plantas de la industria química elaboran un plan de reducción de emisiones, especialmente las de COV y NOx. Este plan estará conformado por las medidas de corto y mediano plazo, que se tomarán para reducir sus emisiones, tanto conducidas como fugitivas. 6. Las plantas de la industria química elaboran un plan con medidas para participar en los Programas de Contingencias Ambientales Atmosféricas. 7. Las plantas de la industria química implementarán los planes de reducción de emisiones, reportarán el cambio en emisiones mediante el inventario de emisiones respectivo y, si es el caso, reportarán en tiempo real las condiciones de operación y las emisiones en la

	chimenea realizadas por los sistemas de monitoreo continuo.						
Beneficios	Reducción de emisiones de: <ul style="list-style-type: none"> • 820 ton/año de NO_x • 4,664 ton/año de COV 						
Calendario	Actividad	2017	2018	2019	2020	...	2030
	1. Desarrollo de NOM sobre emisiones de COV para la industria química		X	X	X		
	2. Instalación de quemadores de bajo NOx en procesos de la industria química						
	3. Las plantas de la industria química revisarán la formulación de sus productos para reducir las emisiones de COV				X	X	
	4. En las plantas de la industria química se instalarán sistemas de colección y control de emisiones para que las emisiones de COV se colecten, conduzcan y controlen				X	X	
	5. Las plantas de la industria química elaborarán un plan de reducción de emisiones, especialmente las de COV				X	X	
	6. Las plantas de la industria química elaborarán un plan con medidas para participar en los Programas de Contingencias Ambientales Atmosféricas		X	X			
	7. Las plantas de la industria química implementarán los planes de reducción de emisiones, reportarán el cambio en emisiones y reportarán en tiempo real las condiciones de operación y las emisiones en la chimenea realizadas por los SMCE		X	X	X	X	
Indicadores de implementación	<ul style="list-style-type: none"> • Número de plantas de la industria química, donde se han reformulado los productos a utilizar, reduciendo el contenido de COV y la reactividad incremental máxima de los utilizados. • Número de plantas donde se han instalado sistemas de colección y de control de emisiones de COV. • Número de plantas de la industria química en las que se ha implementado el Plan de reducción de emisiones. • Número de plantas de la industria química que cuentan con un Plan para participar en los Planes de contingencias ambientales atmosféricas. 						
Indicadores de resultados	<ul style="list-style-type: none"> • Porcentaje de reducción alcanzados por planta y por sector. 						
Fuentes de información para los indicadores	<ul style="list-style-type: none"> • Cédulas de operación anual. • Inventario de emisiones de la industria química. 						

Medida No. 16	Reducir emisiones en los ingenios azucareros
Responsable(s)	<ul style="list-style-type: none"> • SEMARNAT • Autoridad de vigilancia ambiental de las entidades • Empresas del sector azucarero
Objetivo	Reducir las emisiones de material particulado y otros contaminantes generados por los ingenios azucareros.
Meta	<ul style="list-style-type: none"> • Se reducen las emisiones de PM en 80% y las de NOx en 60%, respecto al 2015, debido al uso de gas natural.
Justificación	<ul style="list-style-type: none"> • En la industria de jurisdicción estatal, los ingenios azucareros son la principal fuente de emisiones a la atmósfera. • Dos ingenios ubicados en municipios de la Megalópolis (Emiliano Zapata en Zacatepec y Casasano La Abeja en Cuautla, ambos en Morelos) emiten alrededor de 1,400 toneladas anuales de PM_{2.5} debido a sus operaciones de combustión en calderas. Sus emisiones están asociadas con diversos factores que incluyen: <ul style="list-style-type: none"> ○ Utilización de combustóleo mezclado con bagazo, ○ Calderas de tecnologías obsoletas, ○ Prácticas de operación deficiente, y ○ Sistemas de control de emisiones ausentes o deficientes. • Existen una serie de acciones que se pueden tomar para mejorar la eficiencia en el uso de energía y reducir emisiones a la atmósfera en los ingenios, incluyendo por ejemplo: <ul style="list-style-type: none"> ○ Retro-adaptación y mejora de los sistemas de combustión, incluyendo la introducción de trituradores y secadores de bagazo, alimentadores de combustible, quemadores, adaptación de las cámaras de combustión, etc. ○ Sustitución de combustóleo, por combustibles más limpios (gas natural o diésel con contenido de azufre máximo de 0.050% en peso). ○ Mejora de los sistemas de recuperación e intercambio de calor, para incrementar su eficiencia de operación y reducir así el uso de combustibles. ○ Instalación de sistemas de control de emisiones de partículas de alta eficiencia. ○ Instalación de sistemas de monitoreo continuo para ayudar a optimizar la operación de las calderas y mantener registros de la reducción de emisiones. ○ Implementación del Programa Nacional de la Agroindustria Azucarera y otros instrumentos de fomento al sector, incluyendo asistencia técnica, capacitación e intercambio de experiencias para empresas de ingeniería azucarera.

	<ul style="list-style-type: none"> ○ Modernización de calderas. 																																			
Descripción de acciones	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se publica la NOM que establece los límites máximos permisibles de emisión de PM, CO, SO₂ y NO₂ desde los generadores de vapor que utilizan bagazo de caña de azúcar como combustible. Respecto de la medición de emisiones, esta NOM debe especificar, entre otras cosas, que: <ol style="list-style-type: none"> 1.1. La determinación de la concentración PM, CO, NO_x, y SO₂ en la chimenea de descarga de aquellos equipos con capacidad mayor nominal de 100 GJ/h, debe realizarse empleando SMCE. 1.2. Los límites máximos permisibles de emisión de los equipos nuevos y existentes deberán ser los que se definan en el proyecto de NOM para LMP de emisiones de generadores de vapor que utilizan bagazo de caña y que está preparando la SEMARNAT. 2. El sector azucarero elabora e implementa un plan de reducción de emisiones para el cumplimiento de la norma. 3. El sector azucarero elabora e implementa un plan de acción para participar en los programas de contingencia atmosférica. 4. Se asegura cumplimiento de la NOM por parte del sector azucarero a través de visitas de inspección y vigilancia. 																																			
Beneficios	Reducción de emisiones de: <ul style="list-style-type: none"> • 1,172 ton/año de PM_{2.5} • 169 ton/año de NO_x • 205,736 ton/año de CO₂ • 161 ton/año de CN 																																			
Calendario	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Actividad</th> <th>2017</th> <th>2018</th> <th>2019</th> <th>2020</th> <th>...</th> <th>2030</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1. Publicar la NOM</td> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2. Elaboración e implementación de un plan de reducción de emisiones</td> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3. Elaboración e implementación de un plan para participar en los programas de contingencias atmosféricas</td> <td></td> <td></td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> </tr> <tr> <td>4. Visitas de inspección y vigilancia</td> <td></td> <td></td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> </tr> </tbody> </table>	Actividad	2017	2018	2019	2020	...	2030	1. Publicar la NOM	X						2. Elaboración e implementación de un plan de reducción de emisiones	X	X					3. Elaboración e implementación de un plan para participar en los programas de contingencias atmosféricas			X	X	X	X	4. Visitas de inspección y vigilancia			X	X	X	X
Actividad	2017	2018	2019	2020	...	2030																														
1. Publicar la NOM	X																																			
2. Elaboración e implementación de un plan de reducción de emisiones	X	X																																		
3. Elaboración e implementación de un plan para participar en los programas de contingencias atmosféricas			X	X	X	X																														
4. Visitas de inspección y vigilancia			X	X	X	X																														
Indicadores de implementación	<ul style="list-style-type: none"> • La NOM ha sido publicada en el Diario Oficial de la Federación "DOF". • Los ingenios han realizado las modificaciones necesarias para cumplir con las especificaciones de emisiones de la NOM. • Los ingenios reportan las mediciones realizadas en sus chimeneas y el inventario de sus emisiones anuales a la autoridad ambiental de Morelos. 																																			

	<ul style="list-style-type: none">• La autoridad ambiental realiza inspecciones periódicas para verificar que los ingenios y sus emisiones cumplen con las especificaciones de la NOM.
Indicadores de resultados	<ul style="list-style-type: none">• Porcentaje de reducción en las emisiones de PM y NOx, respecto del año base 2015.
Fuentes de información para los indicadores	<ul style="list-style-type: none">• Cédulas de operación anual.• Inventario de emisiones de la Megalópolis.

Medida No. 17	Reducir las emisiones de COV en las operaciones de limpieza en la industria
Responsable(s)	<ul style="list-style-type: none"> • SEMARNAT • Autoridades ambientales de las entidades • Industrias que producen disolventes orgánicos para limpieza • Industrias donde se realizan operaciones de limpieza con disolventes
Objetivo	Reducir las emisiones de COV.
Meta	<ul style="list-style-type: none"> • Reducir el contenido de compuestos altamente reactivos en los disolventes para limpieza. • Reducir las emisiones de COV resultado de las operaciones de limpieza de equipos, herramientas y superficies en la industria.
Justificación	<ul style="list-style-type: none"> • En las industrias se realizan operaciones de limpieza de equipos, herramientas y superficies en general, para lo que se requiere el uso de disolventes orgánicos. • Diversos compuestos usados en los disolventes comerciales tienen una alta reactividad fotoquímica, por lo que contribuyen de manera significativa a la formación de ozono y otros oxidantes fotoquímicos. • Existen diversas alternativas, que empleadas de manera complementaria o alternativa, pueden contribuir a reducir significativamente las emisiones de COV: <ul style="list-style-type: none"> ○ Es posible ajustar la composición de los disolventes, con la finalidad de reducir la presencia de compuestos altamente reactivos, mientras que aquellos con baja reactividad pueden estar presentes en una mayor proporción; ○ Pueden realizarse prácticas que minimicen el uso y volatilización de los COV; ○ Es posible instalar sistemas de captura y control de los COV en aquellas operaciones donde la reformulación no sea posible.
Descripción de la medida	<p>1. Se elabora y publica una NOM que establezca los límites máximos permisibles de emisión de COV y la composición de los disolventes orgánicos para limpieza que cumplan con tales límites.</p> <p>La NOM señala la lista de compuestos que debido a su baja reactividad, puedan ser exentos de las limitaciones de esta NOM²³, así como los solventes empleados para limpieza deben cumplir con el contenido máximo de COV especificado a continuación:</p>

²³ Estas especificaciones son equivalentes a las señaladas en la Regla 1171 del Distrito de Gestión de la Calidad del Aire de la Costa Sur de California (South Coast Air Quality Management District - SCAQMD).

Actividad de limpieza	Contenido máximo de COV (g/l)
1) Productos de limpieza durante la fabricación o preparación de superficies para la aplicación de recubrimiento, adhesivo o tinta	
a) General	25
b) Aparatos eléctricos componentes y componentes electrónicos	100
c) Dispositivos médicos y farmacéuticos	800
2) Limpieza para reparación y mantenimiento	
a) General	25
b) Componentes de aparatos eléctricos y componentes electrónicos	100
c) Dispositivos médicos y farmacéuticos	
i) Herramientas, equipos y maquinaria	800
ii) Superficies de trabajo generales	600
3) Limpieza de equipo de aplicación de recubrimientos o adhesivos	25
4) Limpieza de equipo de aplicación de tintas	
a) General	25
b) Impresión flexográfica	25
c) Impresión en huecograbado	
i) Publicaciones	100
ii) Embalajes	25
d) Impresión litográfica (offset) o <i>letter press</i>	
i) Lavado de rodillos, lavado de manta y componentes fijos de las prensas	100
ii) Componentes desmontables de las prensas extraíbles	25
e) Serigrafía	100
f) Equipo de aplicación de tinta ultravioleta / tinta de haz de electrones (excepto impresión de serigrafía)	100
g) Impresión flexográfica especializada	100
5) Limpieza de equipo de aplicación de resina poliéster	25

2. Se elabora y publica una NOM que contenga los LMP de emisión de COV en las operaciones de limpieza con disolventes orgánicos; en esta NOM se señala el umbral a partir del cuál, las emisiones de COV deben capturarse y controlarse como medida adicional al uso de los productos de limpieza con contenido de COV señalados en el numeral anterior.
3. Las empresas donde se rebasa el umbral de uso de disolventes orgánicos señalados en la NOM de emisión de COV, instalan sistemas de captura y control de emisiones para que las emisiones de COV se colecten, conduzcan y controlen, asegurando que:

- 3.1. El sistema de colección, captura y conduce al menos el 90% en peso de las emisiones de COV generadas, y
- 3.2. El sistema de control, reduce al menos el 95% de los COV capturados y conducidos.
- 4. Las empresas donde se realizan actividades de limpieza empleando disolventes orgánicos, tanto de jurisdicción federal como estatal y municipal, cumplen con esta NOM y reducen sus emisiones de COV debidas al uso de disolventes orgánicos en operaciones de limpieza durante las actividades de producción, reparación o mantenimiento de piezas, productos, herramientas, maquinaria, equipo o áreas de trabajo generales; deberán reducirse también las emisiones de COV debidas al almacenamiento y eliminación de los materiales utilizados en operaciones de limpieza con solvente. La limpieza con solventes se hace empleando métodos o técnicas de limpieza que minimicen la emisión de COV, por ejemplo: aplicando disolventes mediante paño o tela; o usando botellas pulverizadoras de mano que no emplean un propelente; o con equipos que permanecen cerrados mientras se enjuagan las piezas a lavar, etc.
- 5. Las empresas donde se realizan actividades de limpieza empleando disolventes orgánicos elaboran e implementan un Plan de reducción de emisiones para el cumplimiento de las normas.
- 6. Las empresas donde se realizan actividades de limpieza empleando disolventes orgánicos elaboran e implementan un Plan de acción para participar en los Programas de contingencia atmosférica.
- 7. Las autoridades ambientales de los tres órdenes de gobiernos definen y aplican un programa de inspección y vigilancia para asegurar que se cumple con las especificaciones de estas normas.

**Beneficios
Calendario**

Reducción de las emisiones de COV, que son precursores de ozono.

Actividad	2017	2018	2019	2020	...	2030
1. Se elabora y publica una NOM que establezca los límites máximos permisibles de emisión de COV y la composición de los disolventes orgánicos para limpieza que cumplan con tales límites		X	X			
2. Se elabora y publica una NOM que contenga los LMP de emisión de COV en las operaciones de limpieza con disolventes orgánicos		X	X			
3. Las empresas donde se rebase el umbral de uso de disolventes orgánicos señalados en la NOM de emisión de COV, deberán instalar sistemas de captura y control de emisiones para que las emisiones de COV se colecten, conduzcan y controlen				X	X	X
4. Las empresas donde se realicen actividades de limpieza empleando disolventes			X	X	X	X

	orgánicos elaborarán e implementarán un Plan de reducción de emisiones para el cumplimiento de las normas						
	5. Las empresas donde se realicen actividades de limpieza empleando disolventes orgánicos elaborarán e implementarán un Plan de acción para participar en los Programas de contingencia ambiental atmosférica			X	X	X	X
	6. Las autoridades ambientales de los tres órdenes de gobiernos realizarán un programa de inspección y vigilancia para asegurar que se cumple con las especificaciones de estas normas			X	X	X	X
Indicadores de implementación	<ul style="list-style-type: none"> • Publicación de la NOM sobre LMP de emisión de COV y composición de disolventes. • Publicación de la NOM señalando los LMP de emisión de COV en las operaciones de limpieza con disolventes orgánicos. • Publicación de las normas estatales correspondientes. • Número de empresas donde se han implementado las acciones para reducción de emisiones de COV . • Número de plantas donde se han instalado los sistemas de colección y control de emisiones de COV. • Número de empresas que han implementado los Planes de reducción de emisiones. • Número de empresas que han implementado planes para contingencias ambientales atmosféricas. • Número de visitas de inspección realizadas para verificar el cumplimiento de estas normas y su resultado. 						
Indicadores de resultados	<ul style="list-style-type: none"> • Emisiones a la atmósfera de COV que se ha evitado, resultado de la reformulación de disolventes de limpieza. • Emisión a la atmósfera de COV que se ha evitado, resultado de la operación de los sistemas de colección y control de emisiones. • Emisión a la atmósfera de COV que se ha evitado, resultado de los cambios en operaciones de limpieza de equipos, herramientas y superficies. • Porcentaje de reducción de emisiones alcanzado. 						
Fuentes de información para los indicadores	<ul style="list-style-type: none"> • Inventario de emisiones de las plantas incluidos en la COA. • Inventario de emisiones de la industria de jurisdicción federal y estatal, así como actividades de jurisdicción municipal, ubicadas en la región. 						

Medida No. 18	Desarrollar un sistema de vigilancia de las emisiones de las principales fuentes puntuales
Responsable(s)	<ul style="list-style-type: none"> • SEMARNAT • PROFEPA • Gobiernos de las entidades federativas • Empresas con las mayores emisiones
Objetivo	Incrementar la eficacia de las estrategias de prevención y control de las fuentes de emisión para mejorar la calidad del aire, la salud pública y los ecosistemas.
Meta	Contar en el 2020 con una red de información en tiempo real, sobre emisiones, su transporte, transformación e impacto en calidad del aire.
Justificación	<ul style="list-style-type: none"> • El inventario de emisiones de la industria muestra que una elevada proporción de las emisiones de este sector se descarga en la atmósfera desde unas pocas fuentes emisoras principales. Éstas además están obligadas a contar con SMCE, que generan información que ayuda a controlar la operación de los procesos que tienen asociadas tales emisiones. • La instrumentación con analizadores de medición continua de contaminantes y parámetros de combustión facilita a los encargados del sector industrial la operación óptima de equipos y procesos, mejorando su eficiencia energética y desempeño ambiental, además de permitir ahorros económicos debido a una mayor eficiencia en el uso de combustibles. • De este modo, el monitoreo continuo de emisiones tiene múltiples ventajas, tanto para las empresas como para las agencias encargadas de la gestión ambiental de la industria. Estos datos del monitoreo continuo pueden permitir a las agencias del gobierno, mejorar factores de emisión y otros aspectos clave del funcionamiento y de emisiones de la industria, para mejorar en los instrumentos de información y en la definición de políticas públicas efectivas. • Los SMCE son indispensables para la implementación de sistemas de intercambio de emisiones. • Por otra parte, es necesario medir eficazmente el impacto de los grandes emisores en la calidad del aire en sus zonas de influencia. Para lograrlo, se necesita instalar estaciones de monitoreo de calidad del aire en aquellos puntos donde los patrones de dispersión más frecuentes pueden ocasionar las concentraciones de contaminantes más elevadas. • Para lograr lo anterior, se necesita contar con modelos meteorológicos y de calidad del aire, que muestren los flujos de transporte de contaminantes. Más aún, será necesario contar también con modelos de transformación fotoquímica, que permitan conocer

	<p>aquellas regiones donde se espera la máxima formación de contaminantes secundarios directamente relacionados con las descargas de los mayores emisores.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Todo lo anterior permitirá contar con información confiable y actualizada que puede emplearse en la gestión de la calidad del aire, por ejemplo para: <ul style="list-style-type: none"> ○ Determinar la contribución relativa de las fuentes específicas a la calidad del aire, ○ Definir los patrones de dispersión para determinar áreas potenciales de mayor impacto, ○ Evaluar estrategias de control, ○ Proteger la salud pública y de los ecosistemas • En resumen, es necesario contar con información que permita conocer la relación causal entre las emisiones de los mayores emisores y sus impactos en la calidad del aire. Lo anterior permitirá generar mejores decisiones y políticas públicas más efectivas para mejorar la calidad del aire y la salud pública. 																																			
<p>Descripción de la medida</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Las empresas instalan y operan sistemas de monitoreo continuo en industrias que sobrepasan con un umbral de consumo energético o emisiones especificados en la NOM correspondiente, para medir parámetros de combustión y emisiones de los contaminantes PM_{2.5}, NO_x, SO₂, CO, CO₂. 2. Las empresas que cuenten con SMCE envían el reporte continuo de datos a un centro de recopilación de información. 3. Se establece una red de estaciones de monitoreo de calidad del aire enfocada a identificar los impactos generados por los principales emisores. 4. Se desarrolla y opera un sistema de información que utiliza los datos de calidad del aire, modelos meteorológicos y modelos de calidad del aire, para establecer el vínculo entre las emisiones y la calidad del aire. 5. El sistema de información recibe, almacena y procesa la información para fines estadísticos, de apoyo a la formulación de políticas públicas, para proponer medidas y acciones que ayuden a cumplir las normas de calidad del aire y en su momento, como fuente de información para sistemas de intercambio de emisiones. 																																			
<p>Beneficios</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Mejora de la gestión de la calidad del aire en la región. 																																			
<p>Calendario</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Actividad</th> <th>2017</th> <th>2018</th> <th>2019</th> <th>2020</th> <th>...</th> <th>2030</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1. Instalación y operación de los SMCE</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2. Reporte continuo de datos de emisiones</td> <td></td> <td></td> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3. Establecimiento de una red de estaciones de monitoreo de calidad del aire</td> <td></td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>4. Implementación del sistema de información con datos de calidad del aire, modelos</td> <td></td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Actividad	2017	2018	2019	2020	...	2030	1. Instalación y operación de los SMCE	X	X	X				2. Reporte continuo de datos de emisiones			X	X			3. Establecimiento de una red de estaciones de monitoreo de calidad del aire		X	X	X			4. Implementación del sistema de información con datos de calidad del aire, modelos		X	X	X		
Actividad	2017	2018	2019	2020	...	2030																														
1. Instalación y operación de los SMCE	X	X	X																																	
2. Reporte continuo de datos de emisiones			X	X																																
3. Establecimiento de una red de estaciones de monitoreo de calidad del aire		X	X	X																																
4. Implementación del sistema de información con datos de calidad del aire, modelos		X	X	X																																

	meteorológicos y modelos de calidad del aire						
	5. Aprovechamiento del sistema de información.			X	X		
Indicadores de implementación	<ul style="list-style-type: none"> • Número de sistemas SMCE instalados y operando. • Número de estaciones de monitoreo de la contaminación atmosférica instaladas en una fecha predefinida. • Implementación del sistema de información. • Número de empresas que reportan de manera continua. 						
Indicadores de resultados	<ul style="list-style-type: none"> • Elaboración de reportes. 						
Fuentes de información para los indicadores	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema de información. 						

Medida No. 19	Implementar un programa de capacitación de operadores de calderas y generadores de vapor
Responsable(s)	<ul style="list-style-type: none"> • SEMARNAT • STPS • Secretaría de Educación Pública “SEP” • Autoridades ambientales de las entidades federativas
Objetivo	Reducir emisiones y consumo de combustible como resultado de la optimización de procesos de combustión.
Meta	Todos los operadores de calderas y generadores de vapor cuentan con las competencias necesarias para optimizar los procesos de combustión y reducir la generación de contaminantes.
Justificación	<ol style="list-style-type: none"> 1) Las calderas y generadores de vapor son equipos de uso común en la industria y los servicios, sin embargo, el rango de capacidades, de necesidades y la diversidad de modelos existentes generan un universo muy amplio de opciones que los operadores de calderas deben conocer y ser competentes para operarlos de manera óptima. 2) La operación y mantenimiento de estos equipos es un elemento clave para reducir emisiones; tiene además múltiples co-beneficios que incluyen una mayor eficiencia energética y ahorro de combustibles, además de prevención de accidentes. No obstante, existen prácticas de operación y mantenimiento que redundan en emisiones contaminantes excesivas y pérdida de eficiencia en el uso de la energía. 3) Existe la oportunidad de aprovechar los programas existentes en el gobierno federal y en los gobiernos estatales, para desarrollar las competencias de los operadores de estos equipos. Por ejemplo, el Sistema Nacional de Competencias “SNC” de la SEP es un instrumento que contribuye a la competitividad económica, al desarrollo educativo y al progreso social, con base en el fortalecimiento de las competencias de las personas. El Sistema facilita los mecanismos para que las organizaciones e instituciones públicas y privadas, cuenten con personas más competentes. De manera complementaria, a través del Programa de Apoyo para la Productividad “PAP”, la Secretaría del Trabajo y Previsión Social “STPS” busca mejorar las competencias laborales en beneficio de los trabajadores y de las empresas donde estos laboran. EL PAP incluye la estrategia de “Capacitación para Incrementar la Productividad”. 4) Las competencias adquiridas a través del SNC podrán ser certificadas a través de los mecanismos señalados por el Consejo Nacional de Normalización y Certificación de Competencias Laborales.
Descripción de la medida	1. Se diseña e implementa un programa de desarrollo de competencias técnicas para operadores especializados en calderas y generadores de vapor.

	<p>Este programa hará énfasis en los aspectos de optimización del proceso de combustión y de la eficiencia energética de los equipos, en la minimización de emisiones y aspectos de seguridad.</p> <ol style="list-style-type: none"> Las autoridades locales de las entidades federativas, implementarán sus propios programas que serán consistentes y contarán con equivalencias con el programa federal. Las autoridades locales definirán los incentivos que permitan impulsar este programa entre los diferentes sectores industriales, comerciales y de servicios, para lograr que todos los operadores de calderas y generadores de vapor cuenten con las competencias certificadas. 																												
Beneficios	<ul style="list-style-type: none"> Reducción en la emisión de contaminantes y de consumo de combustibles. Optimización de la operación de los equipos de combustión. 																												
Calendario	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Actividad</th> <th>2017</th> <th>2018</th> <th>2019</th> <th>2020</th> <th>...</th> <th>2030</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1. Se diseña un programa de desarrollo de competencias técnicas para operadores de calderas y generadores de vapor</td> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2. Las autoridades estatales diseñan sus programas respectivos</td> <td></td> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3. Se definen incentivos y se realizan tareas de impulso y difusión de los programas</td> <td></td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> </tr> </tbody> </table>	Actividad	2017	2018	2019	2020	...	2030	1. Se diseña un programa de desarrollo de competencias técnicas para operadores de calderas y generadores de vapor	X	X					2. Las autoridades estatales diseñan sus programas respectivos		X	X				3. Se definen incentivos y se realizan tareas de impulso y difusión de los programas		X	X	X	X	X
Actividad	2017	2018	2019	2020	...	2030																							
1. Se diseña un programa de desarrollo de competencias técnicas para operadores de calderas y generadores de vapor	X	X																											
2. Las autoridades estatales diseñan sus programas respectivos		X	X																										
3. Se definen incentivos y se realizan tareas de impulso y difusión de los programas		X	X	X	X	X																							
Indicadores de implementación	<ul style="list-style-type: none"> Número de entidades que cuentan con programa de desarrollo de competencias. Número de personas que han desarrollado sus competencias y han sido certificados. Número de empresas industriales, comerciales y de servicios que cuentan con personal certificado. 																												
Indicadores de resultados	<ul style="list-style-type: none"> Reducción de las emisiones de PM₁₀, PM_{2.5}, CO y NO_x, asociadas con las competencias de los operadores de equipos de combustión. Reducción en el consumo de combustibles asociada con las competencias de los operadores de equipos de combustión. 																												
Fuentes de información para los indicadores	<ul style="list-style-type: none"> Reportes de las cédulas de operación anual federal y estatal. Inventarios de emisiones de las entidades. 																												

Medida No. 20	Instalar sistemas de recuperación de vapores de gasolina
Responsable(s)	<ul style="list-style-type: none"> • ASEA • Empresas responsables del almacenamiento, distribución y expendio al público de gasolinas para automotores
Objetivo	Reducir las emisiones de compuestos orgánicos volátiles generados durante el proceso de manejo, distribución y despacho de gasolina para automotores.
Meta	Todas las estaciones de servicio ubicados en la Megalópolis cuentan con sistemas de recuperación de vapores.
Justificación	<ul style="list-style-type: none"> • El proceso de distribución y despacho de gasolinas para automotores genera, en promedio, un litro de gasolina evaporada por cada 1,000 litros comercializados. • En la zona de estudio se comercializan anualmente alrededor de 13.9 millones de metros cúbicos de gasolinas, pero sólo en el Valle de México existen estaciones de servicio equipadas con sistema de recuperación de vapores de gasolina.
Descripción	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se publica la norma en la que se deberá establecer una cobertura nacional de la aplicación de los sistemas de recuperación de vapores (Fase 2), con una eficiencia mínima de recuperación del 85%. 2. Se elabora y publica la norma oficial mexicana correspondiente a la Fase 0 y Fase 1 de la recuperación de vapores para toda la infraestructura de almacenamiento y/o distribución del país (terminales de distribución y auto-tanques). 3. Las empresas distribuidoras ubicadas en la región instalan equipos de recuperación de vapores de gasolina. 4. Se elaboran y aplican mecanismos de vigilancia e inspección para asegurar que la infraestructura de recuperación de vapores instalada opere adecuadamente. Entre estos mecanismos pueden generarse convenios de coordinación con las autoridades locales para ampliar las capacidades de vigilancia e inspección.
Beneficios	Reducción de emisiones de: <ul style="list-style-type: none"> • 4,798 ton/año de COV
Costo estimado	Entre 800 mil y 1 millón de pesos por estación de servicio (la diferencia depende del número de bombas de despacho). La medida en su Fase II tendría un costo aproximado a los 1,400 millones de pesos.
Implementación e instrumentación	La ASEA trabaja actualmente en la elaboración de la norma oficial mexicana correspondiente.

Calendario	Actividad	2017	2018	2019	2020	2021	...	2030
	1. Se publica la norma correspondiente a la Fase 2	X	X					
	2. Se elabora y publica la norma correspondiente a las fases 0 y 1		X	X	X	X		
	3. Instalación de equipos de recuperación de vapores		X	X	X	X	X	X
	4. Se aplican mecanismos de vigilancia		X	X				
Indicadores de implementación	<ul style="list-style-type: none"> Las dos NOM han sido publicadas en el DOF. Porcentaje de estaciones de servicio donde se han instalado sistemas de recuperación de vapores y éstos funcionan conforme a la NOM. Porcentaje de terminales de almacenamiento y reparto y de carro tanques donde se han instalado sistemas de recuperación de vapores y éstos funcionan conforme a la NOM. 							
Indicadores de resultados	<ul style="list-style-type: none"> Porcentaje de reducción en las emisiones de COV respecto al año base 2015. 							
Fuentes de información para los indicadores	<ul style="list-style-type: none"> ASEA. 							

Medida No. 21	Desarrollar e implementar un programa integral de reducción de emisiones en el transporte de pasajeros en la Megalópolis
Responsable(s)	<ul style="list-style-type: none"> • SEMARNAT • SEDATU • SCT • Gobiernos de las entidades que conforman la Megalópolis
Objetivo	Impulsar los medios de transporte no motorizado y el transporte público de pasajeros, desincentivando el uso de los automóviles privados.
Meta	<ul style="list-style-type: none"> • Expansión, mejora e integración de sistemas de transporte público a escala metropolitana y megalopolitana. • Desarrollo de infraestructura de calidad para incentivar y promover el uso de la bicicleta y el establecimiento de zonas e instalaciones peatonales. • Establecer un marco de planeación integral del uso del suelo y el transporte, con criterios de sostenibilidad. • Establecimiento de políticas e instrumentos de gestión de la demanda de viajes en auto particular, para desincentivar el uso de vehículos individuales y promover la utilización del transporte público.
Justificación	<ul style="list-style-type: none"> • Diversas ciudades de la Megalópolis han iniciado acciones importantes para transitar hacia una movilidad sostenible. Entre éstas, destacan los sistemas de autobuses rápidos, infraestructura para el uso de bicicletas y zonas peatonales. No obstante, dichas acciones han sido insuficientes para enfrentar los efectos negativos de la acelerada motorización, declive de los sistemas de transporte público en la distribución modal y la expansión de las ciudades, que han desbordado las fronteras administrativas. • Los automotores son una importante fuente de emisiones contaminantes debido, principalmente, al número de unidades que diariamente operan en las zonas urbanas. • Del sector transporte de pasajeros, los automóviles y camionetas de pasajeros de uso particular, representan más del 80% del parque vehicular, pero atienden a menos del 25% de los viajes que se realizan. • El alto número de automóviles y camionetas particulares propician saturación de la red vial, lo cual reduce la velocidad de circulación e incrementa los momentos operativos de los automotores en modo ralentí, incrementando la tasa de emisión de contaminantes de todos los automotores que se encuentran en circulación. • Derivado de lo anterior, las políticas de impulso a transportes masivos de pasajeros, el uso de modos de transporte no motorizado y la

	reducción del número y/o distancia de los viajes diarios, permiten abatir las emisiones de contaminantes y, por consiguiente, mejorar la calidad del aire.																					
Descripción	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se elaboran normas, lineamientos, criterios y guías para la elaboración de programas integrales de reducción de emisiones del transporte de pasajeros, con una visión metropolitana y megalopolitana. 2. Las autoridades ambientales, así como las de transporte y movilidad de cada entidad federativa, desarrollan e implementan su propio programa integral de reducción de emisiones del transporte con una visión metropolitana y megalopolitana. Estos programas incluyen al menos los siguientes ejes temáticos: <ol style="list-style-type: none"> 2.1. Expansión, mejora e integración de sistemas integrados de transporte público de alta capacidad (tren, metro, tren ligero, BRT), utilizando en ellos vehículos de bajas emisiones (eléctricos, híbridos, gas natural o Euro VI/EPA-2010), a escala megalopolitana. 2.2. Desarrollo de infraestructura de calidad para incentivar el uso de la bicicleta (ciclo vías, bici-estacionamiento, bicicletas compartidas) y caminar. 2.3. Establecimiento de políticas e instrumentos de gestión de la demanda de viajes en vehículo, para desincentivar el uso de vehículos individuales y promover la utilización del transporte público. 																					
Beneficios	<p>Reducción de emisiones de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 201 ton/año de PM₁₀ • 80 ton/año de PM_{2.5} • 3,641 ton/año de NOx • 3,992 ton/año de COV • 919,012 ton/año de CO₂ • 21 ton/año de CN 																					
Calendario	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Actividad</th> <th>2017</th> <th>2018</th> <th>2019</th> <th>2020</th> <th>...</th> <th>2030</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1. Elaboración de normas, lineamientos, criterios y guías para programas de reducción de emisiones en el transporte de pasajeros</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2. Se desarrolla e implementa programa integral de reducción de emisiones del transporte de pasajeros en cada entidad</td> <td></td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> </tr> </tbody> </table>	Actividad	2017	2018	2019	2020	...	2030	1. Elaboración de normas, lineamientos, criterios y guías para programas de reducción de emisiones en el transporte de pasajeros	X	X	X				2. Se desarrolla e implementa programa integral de reducción de emisiones del transporte de pasajeros en cada entidad		X	X	X	X	X
Actividad	2017	2018	2019	2020	...	2030																
1. Elaboración de normas, lineamientos, criterios y guías para programas de reducción de emisiones en el transporte de pasajeros	X	X	X																			
2. Se desarrolla e implementa programa integral de reducción de emisiones del transporte de pasajeros en cada entidad		X	X	X	X	X																
Indicadores de implementación	<ul style="list-style-type: none"> • Normas, lineamientos, criterios y guías publicadas. • Número de programas de reducción de emisiones en el transporte implementados. 																					
Indicadores de resultados	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción de emisiones debida a los programas implementados. 																					
Fuentes de información para los indicadores	<ul style="list-style-type: none"> • Informes de las autoridades ambientales y de transporte y movilidad estatales. • Inventario de emisiones de la Megalópolis. 																					

Medida No. 22	Requerir a los grandes generadores de viajes la elaboración e implementación de planes de movilidad sostenible
Responsable(s)	<ul style="list-style-type: none"> • SEMARNAT • SEDATU • SCT • Autoridades locales de transporte y movilidad
Objetivo	Reducir las emisiones de PM _{2.5} , PM ₁₀ , NO _x , CO y COV de las fuentes móviles.
Meta	Que los grandes generadores y atrayentes de viajes (instituciones, empresas, escuelas) cuenten con planes de movilidad sostenible implementados y funcionando.
Justificación	<ul style="list-style-type: none"> • Los Planes Empresariales de Movilidad Sostenible han demostrado importantes beneficios para reducir emisiones, consumo de combustibles y elevar el bienestar y la productividad de los empleados, entre otros. • En diversas partes del mundo se ha logrado la implementación exitosa de dichos planes.
Descripción	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se elaboran criterios y lineamientos para la elaboración e implementación de planes de movilidad sostenible para los grandes generadores de viajes. 2. Los gobiernos federal y de las entidades establecen el marco regulatorio que hace obligatorio, para los grandes generadores y atrayentes de viajes, la elaboración e implementación de sus planes de movilidad sostenible. Dichos planes incluyen herramientas para establecer líneas base del comportamiento actual de los viajes, opciones de movilidad sostenible y/o teletrabajo, cambio de horarios de trabajo, horarios de carga y descarga de mercancías, entre otros. 3. Desarrollo de una plataforma de software para registro, almacenamiento, seguimiento y análisis de comportamientos de viaje personal y planes de viaje de los organizaciones. 4. Establecimiento de mecanismos de reporte de acciones y de vigilancia del cumplimiento permanente de estos programas.
Implementación e instrumentación	<ul style="list-style-type: none"> • Compromiso con las instituciones y empresas objetivo para el desarrollo de acuerdos. • Elaboración de lineamientos para el desarrollo de Planes Institucionales y Empresariales de Movilidad Sostenible. • Elaboración de una plataforma de software para el registro y monitoreo centralizado de los Planes de Movilidad Sostenible.

Beneficio	<p>Reducción de emisiones de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 44 ton/año de PM₁₀ • 17 ton/año de PM_{2.5} • 793 ton/año de NOx • 870 ton/año de COV • 200,175 ton/año de CO₂ 																																			
Calendario	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Actividad</th> <th>2017</th> <th>2018</th> <th>2019</th> <th>2020</th> <th>...</th> <th>2030</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1. Elaboración de criterios y lineamientos para la elaboración e implementación de planes de movilidad sostenible</td> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2. Se establece el marco regulatorio sobre el tema en cada entidad</td> <td></td> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3. Desarrollo de la plataforma</td> <td></td> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>4. Establecimiento de mecanismos de reporte</td> <td></td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Actividad	2017	2018	2019	2020	...	2030	1. Elaboración de criterios y lineamientos para la elaboración e implementación de planes de movilidad sostenible	X	X					2. Se establece el marco regulatorio sobre el tema en cada entidad		X	X				3. Desarrollo de la plataforma		X	X				4. Establecimiento de mecanismos de reporte		X	X	X		
Actividad	2017	2018	2019	2020	...	2030																														
1. Elaboración de criterios y lineamientos para la elaboración e implementación de planes de movilidad sostenible	X	X																																		
2. Se establece el marco regulatorio sobre el tema en cada entidad		X	X																																	
3. Desarrollo de la plataforma		X	X																																	
4. Establecimiento de mecanismos de reporte		X	X	X																																
Indicadores de implementación	<ul style="list-style-type: none"> • Número de organizaciones que han elaborado e implementado sus planes de movilidad. • Número de viajes realizados anualmente mediante estos planes y número de viajes en auto particular evitados. 																																			
Indicadores de resultados	<ul style="list-style-type: none"> • Porcentaje de cambio modal, de vehículos privados de ocupación única a los modos de viaje alternativos. • Reducción de emisiones. 																																			
Fuentes de información para los indicadores	<ul style="list-style-type: none"> • Datos introducidos en la plataforma de software. • Autoridades locales de transporte y movilidad. • Información de los sistemas de transporte público. 																																			

Medida No. 23	Introducir autobuses urbanos de ultra bajas emisiones y cero emisiones
Responsable(s)	<ul style="list-style-type: none"> • Gobiernos Estatales y Municipales • SEMARNAT • CRE • NAFIN • ANPACT • Transportistas
Objetivo	Desarrollar los elementos normativos, de gestión y operativos para el empleo de autobuses de ultra-bajas emisiones y emisiones cero en corredores específicos dentro de la Megalópolis.
Meta	Al año 2030 el 100% de los autobuses urbanos que circulen en las metrópolis y ciudades capital de las entidades de la Megalópolis, serán unidades que cumplan con estrictos niveles de emisión de contaminantes.
Justificación	<ul style="list-style-type: none"> • De acuerdo con el inventario de emisiones 2015 de la Megalópolis, los autobuses constituyen la principal fuente de emisión de partículas $PM_{2.5}$ del sector transporte con el 28% de las emisiones totales. • Nuestro país presenta rezago en la introducción de tecnologías de punta para el control de emisiones en los autobuses nuevos. • Las tecnologías disponibles en el mercado de los Estados Unidos y Europa reducen significativamente los niveles de emisión de $PM_{2.5}$ y óxidos de nitrógeno comparativamente con los niveles de emisión que presentan vehículos a la venta en el mercado nacional. • Es necesario actualizar la Norma Oficial Mexicana correspondiente para homologar los límites de emisión vigentes en nuestro país con los más avanzados a nivel internacional. • En tanto ocurre lo anterior, las autoridades locales deben establecer condiciones ambientales restrictivas para los autobuses urbanos autorizados en sus entidades. • Asimismo, se deben definir aquellos corredores específicos dentro de la región megalopolitana que por sus características en cuanto a accesibilidad, longitud, trazado, topografía, demanda de viajes y otros factores resulten ideales para el empleo de autobuses equipados con trenes motrices alternativos (gas natural, híbridos o eléctricos). • Esta acción está enfocada fundamentalmente a la sustitución de autobuses actuales por otros con menores emisiones, equipados con trenes motrices híbridos, motores a gas natural y vehículos eléctricos, todos ellos de muy bajas emisiones de partículas finas y óxidos de nitrógeno.
Descripción	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se definen zonas y corredores metropolitanos para la introducción de transporte de bajas emisiones y emisiones cero en la Megalópolis.

	<ol style="list-style-type: none"> Se establecen requisitos para que todos los sistemas de BRT y en su caso, otros sistemas de transporte colectivo, incorporen porcentajes crecientes de autobuses eléctricos, híbridos y a gas natural. Los gobiernos de las entidades desarrollan esquemas de incentivos para las empresas de transporte de pasajeros, para promover el uso creciente de estos vehículos. 																																
Beneficios	Reducción de emisiones de: <ul style="list-style-type: none"> 1,153 ton/año de PM₁₀ 1,002 ton/año de PM_{2.5} 27,878 ton/año de NOx 265 ton/año de CN 																																
Costos	<ul style="list-style-type: none"> Los autobuses urbanos nuevos tienen un precio que varía de los 4 a los 4.5 millones de pesos, en tanto que los híbridos tienen un precio que va de los 5.6 hasta los 6.8 millones de pesos; los eléctricos cuestan desde 8 hasta 10 millones de pesos. 																																
Calendario	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Actividad</th> <th>2017</th> <th>2018</th> <th>2019</th> <th>2020</th> <th>2021</th> <th>....</th> <th>2030</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1. Definición de las zonas y corredores de bajas emisiones y emisiones cero</td> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2. Se actualiza marco regulatorio para obligar a que se incorporen vehículos de ultra bajas emisiones o emisiones cero</td> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3. Desarrollo de e incentivos de promoción</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> </tr> </tbody> </table>	Actividad	2017	2018	2019	2020	2021	2030	1. Definición de las zonas y corredores de bajas emisiones y emisiones cero	X	X						2. Se actualiza marco regulatorio para obligar a que se incorporen vehículos de ultra bajas emisiones o emisiones cero	X							3. Desarrollo de e incentivos de promoción	X	X	X	X	X	X	X
Actividad	2017	2018	2019	2020	2021	2030																										
1. Definición de las zonas y corredores de bajas emisiones y emisiones cero	X	X																															
2. Se actualiza marco regulatorio para obligar a que se incorporen vehículos de ultra bajas emisiones o emisiones cero	X																																
3. Desarrollo de e incentivos de promoción	X	X	X	X	X	X	X																										
Indicadores de implementación	<ul style="list-style-type: none"> Número de vehículos de ultra-bajas emisiones y cero emisiones que se incorporan a los sistemas de transporte. 																																
Indicadores de resultados	<ul style="list-style-type: none"> Emisiones evitadas. 																																
Fuentes de información para los indicadores	<ul style="list-style-type: none"> Inventarios de emisiones de la región. 																																

Medida No. 24	Mejorar la movilidad del transporte de carga para reducir emisiones
Responsable(s)	<ul style="list-style-type: none"> • SCT • SEMARNAT • NAFIN • Gobiernos de las entidades que forman la Megalópolis
Objetivo	Crear las condiciones para que la movilidad del transporte de carga mejore su desempeño ambiental.
Meta	Reducir las emisiones de PM _{2.5} del transporte de carga.
Justificación	<ul style="list-style-type: none"> • El transporte de carga emite alrededor del 45% de las emisiones de PM_{2.5} y 37% de las de NOx generadas por las fuentes móviles en la región. • El transporte de mercancías en las zonas urbanas está directamente relacionado a la actividad económica; al incrementarse ésta, aumenta también el uso de combustibles para el sector transporte. • Estos vehículos permanecen en circulación durante muchos años; en México la edad promedio es de 17 años, por lo que un alto porcentaje de los que circulan actualmente no cuentan con sistemas electrónicos de inyección de combustible y sólo una pequeña fracción cuentan con filtros de partículas y sistemas de reducción de NOx. • Estos vehículos tienen además un uso intensivo.
Descripción	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se establece y aplica un marco de políticas e incentivos que favorece la optimización logística del transporte de carga, incluyendo la distribución nocturna, rutas preferenciales y rutas restringidas, horarios, paradas definidas, etc. en toda la Megalópolis. 2. Se generaliza la implementación de programas de auto-regulación para el transporte de carga, con metas específicas de reducción de emisiones y consumo de combustible. 3. Se amplía la cobertura y fortalece el Programa Transporte Limpio en toda la Megalópolis. 4. El programa de financiamiento de NAFIN establece estrictos niveles de emisión que induzcan la incorporación de unidades que cumplan con los estándares EPA-2010 y Euro VI ó posteriores. 5. Las empresas y/o asociaciones de transporte desarrollan e implementan estrategias de consolidación regional para el transporte de carga, incluyendo plataformas informáticas y aplicaciones en línea, para mejorar la identificación de oportunidades de carga consolidada y con ello reducir viajes en vacío. 6. Se actualiza el marco jurídico para incentivar los sistemas organizados de carga consolidada y reducir los viajes en vacío.

	7. Implementación de un programa de apoyo a la organización y profesionalización de los microempresarios de transporte de carga (conocidos como hombre-camión).																																																																
Beneficios	Reducción de emisiones de: <ul style="list-style-type: none"> • 425 ton/año de PM_{2.5} • 411,040 ton/año de CO₂ • 102 ton/año de CN 																																																																
Calendario	<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="488 491 776 527">Actividad</th> <th data-bbox="781 491 857 527">2017</th> <th data-bbox="862 491 938 527">2018</th> <th data-bbox="943 491 1019 527">2019</th> <th data-bbox="1024 491 1101 527">2020</th> <th data-bbox="1105 491 1182 527">2021</th> <th data-bbox="1187 491 1263 527">....</th> <th data-bbox="1268 491 1360 527">2030</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="488 533 776 663">1. Se establece y aplica un marco de políticas e incentivos que favorece la optimización logística del transporte de carga</td> <td data-bbox="781 533 857 663"></td> <td data-bbox="862 533 938 663">X</td> <td data-bbox="943 533 1019 663"></td> <td data-bbox="1024 533 1101 663"></td> <td data-bbox="1105 533 1182 663"></td> <td data-bbox="1187 533 1263 663"></td> <td data-bbox="1268 533 1360 663"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="488 669 776 772">2. Se generaliza la implementación de programas de autorregulación</td> <td data-bbox="781 669 857 772"></td> <td data-bbox="862 669 938 772">X</td> <td data-bbox="943 669 1019 772">X</td> <td data-bbox="1024 669 1101 772">X</td> <td data-bbox="1105 669 1182 772"></td> <td data-bbox="1187 669 1263 772"></td> <td data-bbox="1268 669 1360 772"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="488 779 776 882">3. Se amplía la cobertura y fortalece el Programa Transporte Limpio en toda la Megalópolis</td> <td data-bbox="781 779 857 882">X</td> <td data-bbox="862 779 938 882">X</td> <td data-bbox="943 779 1019 882">X</td> <td data-bbox="1024 779 1101 882"></td> <td data-bbox="1105 779 1182 882"></td> <td data-bbox="1187 779 1263 882"></td> <td data-bbox="1268 779 1360 882"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="488 888 776 1037">4. Se requerir que el programa de financiamiento de NAFIN establezca estrictos niveles de emisión</td> <td data-bbox="781 888 857 1037"></td> <td data-bbox="862 888 938 1037">X</td> <td data-bbox="943 888 1019 1037"></td> <td data-bbox="1024 888 1101 1037"></td> <td data-bbox="1105 888 1182 1037"></td> <td data-bbox="1187 888 1263 1037"></td> <td data-bbox="1268 888 1360 1037"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="488 1043 776 1251">5. Las empresas y/o asociaciones de transporte desarrollan e implementan estrategias de consolidación regional para el transporte de carga</td> <td data-bbox="781 1043 857 1251"></td> <td data-bbox="862 1043 938 1251">X</td> <td data-bbox="943 1043 1019 1251">X</td> <td data-bbox="1024 1043 1101 1251">X</td> <td data-bbox="1105 1043 1182 1251"></td> <td data-bbox="1187 1043 1263 1251"></td> <td data-bbox="1268 1043 1360 1251"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="488 1257 776 1438">6. Se actualiza el marco jurídico para incentivar los sistemas organizados de carga consolidada y se reduzcan los viajes en vacío</td> <td data-bbox="781 1257 857 1438"></td> <td data-bbox="862 1257 938 1438">X</td> <td data-bbox="943 1257 1019 1438">X</td> <td data-bbox="1024 1257 1101 1438"></td> <td data-bbox="1105 1257 1182 1438"></td> <td data-bbox="1187 1257 1263 1438"></td> <td data-bbox="1268 1257 1360 1438"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="488 1444 776 1598">7. Se implementa un programa de apoyo a la organización y profesionalización de los microempresarios de transporte de carga</td> <td data-bbox="781 1444 857 1598"></td> <td data-bbox="862 1444 938 1598">X</td> <td data-bbox="943 1444 1019 1598">X</td> <td data-bbox="1024 1444 1101 1598">X</td> <td data-bbox="1105 1444 1182 1598">X</td> <td data-bbox="1187 1444 1263 1598">X</td> <td data-bbox="1268 1444 1360 1598">X</td> </tr> </tbody> </table>	Actividad	2017	2018	2019	2020	2021	2030	1. Se establece y aplica un marco de políticas e incentivos que favorece la optimización logística del transporte de carga		X						2. Se generaliza la implementación de programas de autorregulación		X	X	X				3. Se amplía la cobertura y fortalece el Programa Transporte Limpio en toda la Megalópolis	X	X	X					4. Se requerir que el programa de financiamiento de NAFIN establezca estrictos niveles de emisión		X						5. Las empresas y/o asociaciones de transporte desarrollan e implementan estrategias de consolidación regional para el transporte de carga		X	X	X				6. Se actualiza el marco jurídico para incentivar los sistemas organizados de carga consolidada y se reduzcan los viajes en vacío		X	X					7. Se implementa un programa de apoyo a la organización y profesionalización de los microempresarios de transporte de carga		X	X	X	X	X	X
Actividad	2017	2018	2019	2020	2021	2030																																																										
1. Se establece y aplica un marco de políticas e incentivos que favorece la optimización logística del transporte de carga		X																																																															
2. Se generaliza la implementación de programas de autorregulación		X	X	X																																																													
3. Se amplía la cobertura y fortalece el Programa Transporte Limpio en toda la Megalópolis	X	X	X																																																														
4. Se requerir que el programa de financiamiento de NAFIN establezca estrictos niveles de emisión		X																																																															
5. Las empresas y/o asociaciones de transporte desarrollan e implementan estrategias de consolidación regional para el transporte de carga		X	X	X																																																													
6. Se actualiza el marco jurídico para incentivar los sistemas organizados de carga consolidada y se reduzcan los viajes en vacío		X	X																																																														
7. Se implementa un programa de apoyo a la organización y profesionalización de los microempresarios de transporte de carga		X	X	X	X	X	X																																																										
Indicadores de implementación	<ul style="list-style-type: none"> • Elaboración de una línea de base de actividades y emisiones del transporte de carga. • Elaboración de un plan de mejora logística articulado entre los tres órdenes de gobierno y el sector privado. • Normas e incentivos para la mejora logística. • Esquema efectivo e integrado de chatarrización y modernización de la flota del transporte de carga. 																																																																

	<ul style="list-style-type: none"> • Cumplimiento de planes de acción comprometidos por las empresas para alcanzar las metas establecidas en el Programa de Transporte Limpio. • Número de empresas que participan en estrategias regionales de consolidación para el transporte de carga.
Indicadores de resultados	<ul style="list-style-type: none"> • Porcentaje de reducción de emisiones.
Fuentes de información para los indicadores	<ul style="list-style-type: none"> • Inventario de emisiones del transporte de carga. • Las plataformas desarrolladas y las aplicaciones en línea para uso con la consolidación de viajes.

Medida No. 25	Establecer lineamientos ambientales y de eficiencia energética para la renovación de concesiones del transporte público de pasajeros, de carga e institucional
Responsable(s)	<ul style="list-style-type: none"> • SEMARNAT • SCT • Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía • Gobiernos Estatales y Municipales • Comisiones de Transporte y Vialidad
Objetivo	Reducir las emisiones de los vehículos de transporte público y de carga a través de la exigencia de metas medioambientales para el otorgamiento y renovación de concesiones por las entidades que integran la Megalópolis.
Meta	Diseñar y operar un esquema de otorgamiento y renovación de concesiones para el transporte de pasajeros y carga, utilizando vehículos automotores con bajas tasas de emisión de contaminantes.
Justificación	<ul style="list-style-type: none"> • La regulación existente prevé los requisitos que se deben cumplir para la renovación de concesiones de transporte público de pasajeros y de carga, ya sea de competencia federal o local. Estos requisitos se refieren comúnmente a temas relacionados con la seguridad y las condiciones generales de los vehículos. • En la situación actual, el transporte juega un papel fundamental en el deterioro de la calidad del aire, por lo cual se justifica incluir un esquema adicional que contenga explícitamente requisitos para las concesiones en la Megalópolis relacionados con los niveles de emisión de los vehículos empleados en este tipo de servicios, así como metas de reducción de emisiones y consumo de combustible para cada flota.
Descripción	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se elaboran los lineamientos técnicos ambientales y de eficiencia energética que deberán cumplirse para poder obtener una nueva concesión o la renovación de una concesión para el transporte público de pasajeros y para transporte de carga. 2. Los lineamientos se usan para asegurar que todas las flotillas gubernamentales cumplen con estos niveles de emisión y de desempeño energético. 3. Los operadores de transporte, tanto público como privado, cumplen con el requisito obligatorio de establecer e implementar programas de reducción de emisiones con metas claras y vinculadas al tiempo; esto es requisito para la expedición y renovación de concesiones y para expedición de placas. 4. Se unifican los procedimientos de otorgamiento de concesiones para el transporte a nivel federal y estatal en la Megalópolis.
Beneficios	Permitirá reducir las emisiones de partículas procedentes de los motores a diésel característicos del transporte pesado de pasajeros y carga, así

	como reducir los precursores de ozono y gases de efecto invernadero, estos últimos a través de incrementos en la eficiencia energética de los vehículos.																																								
Calendario	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Actividad</th> <th>2017</th> <th>2018</th> <th>2019</th> <th>2020</th> <th>2021</th> <th>....</th> <th>2030</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1. Elaboración de los lineamientos técnicos ambientales y de eficiencia energética</td> <td></td> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2. Las flotillas institucionales se renuevan con unidades más limpias y eficientes</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3. Los operadores de transporte cumplen con el requisito obligatorio de establecer e implementar programas de reducción de emisiones con metas claras y vinculadas al tiempo</td> <td></td> <td></td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> </tr> <tr> <td>4. Unificación de los procedimientos de otorgamiento de concesiones para el transporte a nivel federal y estatal en la Megalópolis</td> <td></td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Actividad	2017	2018	2019	2020	2021	2030	1. Elaboración de los lineamientos técnicos ambientales y de eficiencia energética		X						2. Las flotillas institucionales se renuevan con unidades más limpias y eficientes								3. Los operadores de transporte cumplen con el requisito obligatorio de establecer e implementar programas de reducción de emisiones con metas claras y vinculadas al tiempo			X	X	X	X	X	4. Unificación de los procedimientos de otorgamiento de concesiones para el transporte a nivel federal y estatal en la Megalópolis		X	X	X			
Actividad	2017	2018	2019	2020	2021	2030																																		
1. Elaboración de los lineamientos técnicos ambientales y de eficiencia energética		X																																							
2. Las flotillas institucionales se renuevan con unidades más limpias y eficientes																																									
3. Los operadores de transporte cumplen con el requisito obligatorio de establecer e implementar programas de reducción de emisiones con metas claras y vinculadas al tiempo			X	X	X	X	X																																		
4. Unificación de los procedimientos de otorgamiento de concesiones para el transporte a nivel federal y estatal en la Megalópolis		X	X	X																																					
Indicadores de implementación	<ul style="list-style-type: none"> • Porcentaje de cumplimiento de concesionarios que disponen de programa de reducción de emisiones. 																																								
Indicadores de resultados	<ul style="list-style-type: none"> • Cumplimiento de las metas propuestas en el plan respectivo del concesionario. • Porcentaje de vehículos con nuevas tecnologías por flotilla y registro de la entidad. • Incorporación de tecnologías para aumentar la eficiencia energética de los vehículos. 																																								
Fuentes de información para los indicadores	<ul style="list-style-type: none"> • SCT. • SEMARNAT. • Concesionarios. • ANPACT. 																																								

Medida No. 26	Armonizar y elevar la efectividad de los programas de verificación vehicular en la Megalópolis
Responsable(s)	<ul style="list-style-type: none"> • SCT • Gobiernos de las entidades • CAME
Objetivo	Reducir las emisiones vehiculares, principalmente de los óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono y compuestos orgánicos volátiles.
Meta	Homologar la operación y el seguimiento institucional de los programas de verificación de emisiones vehiculares en la Megalópolis.
Justificación	<ul style="list-style-type: none"> • Los programas de verificación de emisiones vehiculares permiten identificar a los automotores en los que se ha degradado el desempeño ambiental, promoviendo su reparación y, con ello, la reducción de su tasa de emisión. • En las entidades que conforman la Megalópolis operan programas de verificación que presentan diferencias entre ellos en cuanto a cobertura, obligatoriedad, operación y seguimiento institucional; lo anterior puede propiciar resultados distintos en cuanto al beneficio de la aplicación de la medida. • La NOM-EM-167-SEMARNAT-2016 ha entrado en vigor por lo que los centros de verificación deben operar de acuerdo a los criterios establecidos en dicha norma.
Descripción	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se actualizan los sistemas de verificación vehicular en la Megalópolis, basado en los requisitos de la NOM-EM-167-SEMARNAT-2016 o la que la sustituya. 2. Se evalúa y actualizan los criterios de rechazo vehicular por mala operación o ausencia de convertidores catalíticos, aplicando los mismos criterios en toda la región. 3. Se revisa y actualiza la frecuencia de verificación vehicular para optimizar la periodicidad en el caso de vehículos nuevos. 4. Diseño e implementación de un sistema de gestión de la calidad que asegura la efectividad del programa de verificación vehicular, considerando, entre otras cosas: <ol style="list-style-type: none"> 4.1. Implementación de un centro de evaluación y seguimiento de las actividades de verificación vehicular en la Megalópolis; 4.2. Implementar un programa de auditoría, visitas técnicas, operativos de supervisión e inspección conjunta.

Calendario	Actividad	2017	2018	2019	2020	...	2030
	1. Actualización de los sistemas de verificación vehicular en la Megalópolis, basada en los requisitos de la NOM-EM-167-SEMARNAT-2016	X	X				
	2. Evaluación y actualización de los criterios de rechazo vehicular por mala operación o ausencia de convertidores catalíticos.	X	X				
	3. Revisión y actualización de la frecuencia de verificación vehicular	X	X				
	4. Mejora de la vigilancia de los centros de verificación		X	X	X	X	X
Beneficios	Reducción de emisiones de: <ul style="list-style-type: none"> • 1,979 ton/año de PM₁₀ • 1,707 ton/año de PM_{2.5} • 47,241 ton/año de NOx • 23,747 ton/año de COV • 330 ton/año de CN 						
Costo estimado	<ul style="list-style-type: none"> • Centro unificado de evaluación y seguimiento 30 millones de pesos. • Aplicación del programa de detección y sustitución de catalizadores en mal estado (asumiendo una sustitución anual de 100 mil unidades, el costo anual aproximado sería del orden de 250 millones de pesos). 						
Indicadores de implementación	<ul style="list-style-type: none"> • Porcentaje de flota vehicular verificada. • Número de catalizadores sustituidos. • Número de automotores contaminantes sancionados. 						
Indicadores de resultados	<ul style="list-style-type: none"> • Diferencias anuales en las campañas de monitoreo de emisiones vehiculares con sensor remoto. 						
Fuentes de información para los indicadores	<ul style="list-style-type: none"> • SCT. • Gobiernos locales. • Centro unificado de evaluación y seguimiento. 						

Medida No. 27	Armonizar y elevar la efectividad de los programas de detección de vehículos altamente contaminantes en vialidad
Responsable(s)	<ul style="list-style-type: none"> • Gobiernos de las entidades • SCT • Comisión Nacional de Seguridad "CNS"
Objetivo	Reducir las emisiones de contaminantes generados por vehículos automotores.
Meta	Ampliar la cobertura de los programas de detección de unidades contaminantes.
Justificación	<ul style="list-style-type: none"> • Existen automotores en mal estado operativo circulando en las vialidades de las zonas urbanas y caminos de la Megalópolis. • En el caso de las unidades a diésel, es una práctica común que unidades con diésel adulterado (mezclado con aceites quemados) y/o con modificación en su bomba de combustible (para poder arrastrar una sobrecarga), circulen por zonas urbanas, propiciando una mayor tasa de emisión de contaminantes. • En el caso de unidades de gasolina, también es posible identificar vehículos que circulan con altas emisiones, lo cual puede tener su origen en una aprobación indebida del proceso de verificación de emisiones, en la descompostura de algún componente vehicular (posterior a verificar) o porque en su entidad no existen programas de verificación de emisiones, por lo que esta acción permite identificarlos, sancionarlos y, con ello, motivar su reparación. • La NOM-EM-167-SEMARNAT-2016 ha entrado en vigor por lo que el proceso de aplicación de vigilancia con sensor remoto debe realizarse de acuerdo a los criterios establecidos en ella o a la que la sustituya. • Las entidades que cuentan con patrullas ecológicas pueden armonizar sus programas de vehículos altamente contaminantes.
Descripción	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se mejorar la aplicación del programa de detección de unidades altamente contaminantes a través del uso de sensores remotos y patrullas ecológicas. 2. Se asegurar una adecuada coordinación entre autoridades locales y federales que mejoren la detección de unidades altamente contaminantes en la Megalópolis.

Calendario							
	Actividad	2017	2018	2019	2020	2030
	1. Se mejorar la aplicación del programa de detección de unidades contaminantes	X	X	X	X	X	X
2. Se asegurar la coordinación entre autoridades locales y federales	X	X	X	X	X	X	
Beneficios	Reducción de emisiones de: <ul style="list-style-type: none"> • 1,240 ton/año de PM₁₀ • 29,345 ton/año de NOx • 6,456 ton/año de COV • 273 ton/año de CN 						
Costo estimado	<ul style="list-style-type: none"> • Tiene un costo inicial de 30 millones de pesos para la adquisición de sensores remotos para cuatro entidades. • La vigilancia con patrullas ecológicas puede realizarse a través de un esquema concesionado que no tenga costo directo para los gobiernos locales. La aplicación de este programa genera ingresos al gobierno local para apoyar los programas de calidad del aire. 						
Indicadores de implementación	<ul style="list-style-type: none"> • Unidades sancionadas con sensor remoto. • Unidades sancionadas con patrullas ecológicas. 						
Indicadores de resultados	<ul style="list-style-type: none"> • Diferencias anuales en las campañas de monitoreo de emisiones vehiculares con sensor remoto. • Diferencias anuales en las campañas de monitoreo de emisiones vehiculares con patrullas ecológicas. 						
Fuentes de información para los indicadores	<ul style="list-style-type: none"> • Gobiernos locales. • SCT. • SEMARNAT. • CNS. 						

Medida No. 28	Crear una Red de Ciudades Sustentables en la Megalópolis
Responsable(s)	<ul style="list-style-type: none"> • SEDATU • SEMARNAT • CONUEE • Gobiernos de las entidades federativas • Gobiernos municipales • Comisión Nacional de Vivienda “CONAVI”
Objetivo	<p>Crear una Red de Ciudades que guie la implementación acelerada y coordinada de los elementos de la Política y la Estrategia para Vivienda Sustentable e incluyan en la regulación municipal una serie de lineamientos de construcción sustentable.</p>
Justificación	<ul style="list-style-type: none"> • La ruta hacia la sustentabilidad de la Megalópolis deberá promover una planeación urbana multidimensional comprometida con el medio ambiente y vinculada con el desarrollo económico y social. Para transitar en esta ruta, los tomadores de decisiones y la sociedad deberán contar con información pertinente, integral y objetiva sobre proyectos coordinados y comunicados que sea comparable y de fácil acceso, mediante una plataforma de conocimiento. Un ejemplo de esta herramienta es la “Iniciativa de Ciudades Emergentes y Sostenibles” del Banco Interamericano de Desarrollo que con su plataforma <i>Urban Dashboard</i> (por su nombre en el idioma inglés), permite comparar indicadores y encuestas de opinión de tres ciudades mexicanas y otras 34 ciudades de América Latina y el Caribe. A pesar de que éste es un buen ejemplo de iniciativas y programas, la información referente a la sustentabilidad en ciudades, específicamente en la Megalópolis, se encuentra dispersa y limitada a un número pequeño de ciudades y temáticas. • Para lograr la sostenibilidad de las ciudades que forman la Megalópolis, es necesario incorporar las consideraciones y políticas de mejora de calidad en los sistemas de planeación de las ciudades. Ello requiere el trabajo cooperativo de los gobiernos locales coordinados con otros organismos e instituciones públicas y privadas para que las ciudades sean limpias, saludables y productivas, que respondan a las necesidades de hombres y mujeres, que sean un espacio de oportunidades y convivencia, y de bienestar para la ciudadanía, así como un ejemplo de integración y ejercicio de los derechos ciudadanos. • La Política Nacional de Vivienda promueve el desarrollo ordenado y sustentable del sector, para mejorar y regularizar la vivienda urbana y construir y mejorar la vivienda rural. En el marco de esta política, la NAMA (acciones nacionales apropiadas de mitigación, por sus siglas en inglés) de vivienda sustentable busca promover y extender la

penetración de estándares de eficiencia energética en todo el sector de vivienda nueva en México a través de asistencia técnica hacia medianos y pequeños desarrolladores de viviendas e incentivos financieros hacia ellos y los intermediarios.

- La Estrategia Nacional para la Vivienda Sustentable incluye dos conceptos que son también muy importantes desde la perspectiva de calidad del aire: la eficiencia y el entorno de las viviendas: “La eficiencia ambiental se concibe desde un enfoque integral que entiende a la vivienda como un sistema. En ese sentido, la estrategia busca mejorar, primero, el diseño de las viviendas y, en segundo lugar, su equipamiento con tecnologías más eficientes²⁴”. Además, “las viviendas deben concebirse dentro de su entorno urbano y social. En particular, la ubicación de las viviendas y el equipamiento del entorno son factores de alto impacto en la sustentabilidad económica, social y ambiental”.
- En consistencia con las políticas de vivienda y de cambio climático, existe la oportunidad de crear una Red de Ciudades Sostenibles de la Megalópolis, con el objetivo de enfocar las políticas nacionales y apoyar a la región respecto de la sostenibilidad y la integración del medio ambiente en el conjunto de las políticas locales, con lo que se tendrá un impacto positivo también en la calidad del aire.
- Esta red de ciudades puede coadyuvar a:
 - Ampliar y consolidar el compromiso en la cooperación interadministrativa para solucionar problemas ambientales a escala regional y global.
 - Cooperar para ayudar a reforzar el carácter horizontal de la política ambiental en la Megalópolis.
 - Contribuir a la creación de un modelo de ciudades sostenibles gracias a la consolidación del trabajo en red.
 - Favorecer el desarrollo rural haciendo compatible la conservación y el uso sostenible del medio natural.
 - Lograr una sociedad más participativa y comprometida con la conservación de los recursos naturales, con la mejora del medio ambiente y con la búsqueda de nuevas propuestas y alternativas de sostenibilidad ambiental.
 - Impulsar acciones de bajo carbono y con impactos positivos en mejora de la calidad del aire a través del impulso regional a la implementación de la NAMA de vivienda sostenible, incluyendo la vivienda nueva y existente (ambas están siendo implementadas por la CONAVI), así como la NAMA de transporte urbano.
- Entre las acciones de bajo carbono, es necesario requerir la instalación de estufas eléctricas, calentadores de agua eléctricos o

²⁴ Estrategia Nacional para la Vivienda Sustentable. Componente Ambiental de la Sustentabilidad. Fundación IDEA, A.C., 2013.

	<p>solares y sistemas de ahorro de agua en todos los nuevos desarrollos habitacionales.</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ Esta es una alternativa para cumplir con las metas de cambio climático y transición energética, que además permitiría reducir emisiones por la combustión de GLP y gas natural. ○ Los sistemas ahorradores de agua reducen la demanda de agua caliente, que puede ser complementada con el uso de calentadores de agua solares o eléctricos. ○ También existen alternativas de estufas y calentadores de agua eléctricos para uso en hogares y actividades comerciales y de servicios. <ul style="list-style-type: none"> ● De manera complementaria, es posible aplicar de manera generalizada una serie de lineamientos de construcción sostenible que deberán cumplir todos los nuevos desarrollos habitacionales, comerciales, de servicios e industriales en toda la Megalópolis. <ul style="list-style-type: none"> ○ Como parte de dichos lineamientos, requerir que los nuevos desarrollos realicen una evaluación urbana y de transporte que guíe y privilegie la utilización y desarrollo de opciones orientadas al transporte público y al no motorizado (caminar y usar la bicicleta). ○ Incluir esquemas de incentivos que propicien la generalización de las mejores prácticas de construcción sostenible en la Megalópolis. ● Simultáneamente, la legislación en materia de construcciones que rige hoy en día propicia el desbordamiento de las ciudades, uso ineficiente del suelo, el crecimiento acelerado de la motorización y de los kilómetros recorridos por los vehículos automotores, así como la falta de acceso a modos de transporte público y movilidad no motorizada. ● Además, diversas disposiciones vigentes como las relativas a los requerimientos mínimos de estacionamiento, encarecen drásticamente el costo de construcción de desarrollos para viviendas, oficinas y comercios y fomentan una creciente motorización. ● Esto hace necesario establecer lineamientos de construcción sostenible, los cuales consisten en un conjunto de disposiciones aplicables al diseño, construcción, funcionamiento, mantenimiento, transformación y demolición de edificaciones, obras públicas, ocupación e intervención de espacios públicos y privados, encaminadas a garantizar la sostenibilidad ambiental y la disminución en el consumo de recursos, entre otros propósitos.
<p>Descripción</p>	<p>1. Actualmente, en el INECC se ejecuta un proyecto de construcción de una Plataforma de Conocimiento sobre Ciudades Sustentables. Ésta se integra con 10 dimensiones (Edificaciones, Residuos Sólidos Urbanos, Movilidad, Agua, Uso de Suelo, Bienes Ambientales y Servicios Públicos, Industria, Habitabilidad, Energía y Calidad del Aire) que han sido identificadas como indispensables para evaluar la</p>

	<p>sustentabilidad en una ciudad. La Plataforma tiene como objeto suministrar servicios de información, asesoría y vinculación a tomadores de decisiones y a la sociedad, la cual permitirá evaluar las ciudades de la Megalópolis en función de las 10 dimensiones a través de diversos parámetros e indicadores. También contará con información sobre iniciativas nacionales, experiencias internacionales exitosas y oportunidades para alcaldes, funcionarios ambientales e inversionistas, entre otros.</p> <ol style="list-style-type: none"> 2. Las autoridades federales correspondientes encabezan los trabajos para constituir la Red de Ciudades Sustentables de la Megalópolis en el marco de las políticas nacionales de vivienda y cambio climático. 3. Los gobiernos de las entidades implementan las acciones comprometidas para impulsar la vivienda sustentable, en el marco de la Red de Ciudades Sustentables. <p>Se establecen lineamientos de construcción sustentable que deben implementarse y ser requeridos a todos los nuevos desarrollos habitacionales, comerciales, de servicios e industriales en toda la Megalópolis. Entre los lineamientos se requiere de manera obligatoria en todos los reglamentos de construcción, que los nuevos desarrollos habitacionales cuenten con estufa eléctrica, calentador de agua solar o eléctrico y sistemas ahorradores de agua.</p> 4. Se crea un marco de planeación integral del uso del suelo y el transporte, con criterios de sustentabilidad. 5. Los gobiernos de las entidades establecerán mecanismos de coordinación para que tales lineamientos de construcción sustentable se adopten a nivel municipal. 6. Los municipios que conforman la Megalópolis incluirán los lineamientos de construcción sustentable en su propia regulación municipal. <ol style="list-style-type: none"> 6.1. Establecerán entre otros, el requisito indispensable para los nuevos desarrollos, de que en tales proyectos se realice una evaluación urbana y de transporte que guíe y privilegie la utilización y desarrollo de opciones al transporte público y no motorizado (caminar y usar la bicicleta). 6.2. Incluirán esquemas de incentivos que propicien la generalización de las mejores prácticas de construcción sustentable en la Megalópolis. 7. La SEMARNAT y los gobiernos de las entidades establecerán un sistema de medición, reporte y verificación “MRV” de las acciones efectuadas y de los logros alcanzados con éstas, señalando las actividades y frecuencia del seguimiento y evaluaciones, a fin de poder realizar los ajustes necesarios de manera oportuna.
<p>Beneficios</p>	<p>Reducir el consumo de energía en las viviendas y en el transporte urbano, con la consecuente disminución de emisiones a la atmósfera.</p>

Calendario	<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="483 233 834 268">Actividad</th> <th data-bbox="834 233 922 268">2017</th> <th data-bbox="922 233 1010 268">2018</th> <th data-bbox="1010 233 1097 268">2019</th> <th data-bbox="1097 233 1185 268">2020</th> <th data-bbox="1185 233 1273 268">...</th> <th data-bbox="1273 233 1338 268">2030</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="483 268 834 352">1. El INECC construye la Plataforma de Conocimiento sobre Ciudades Sustentables</td> <td data-bbox="834 268 922 352">X</td> <td data-bbox="922 268 1010 352">X</td> <td data-bbox="1010 268 1097 352"></td> <td data-bbox="1097 268 1185 352"></td> <td data-bbox="1185 268 1273 352"></td> <td data-bbox="1273 268 1338 352"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="483 352 834 457">2. Se inician trabajos para constituir la red de Ciudades Sustentables de la Megalópolis</td> <td data-bbox="834 352 922 457"></td> <td data-bbox="922 352 1010 457">X</td> <td data-bbox="1010 352 1097 457"></td> <td data-bbox="1097 352 1185 457"></td> <td data-bbox="1185 352 1273 457"></td> <td data-bbox="1273 352 1338 457"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="483 457 834 562">3. Los gobiernos de las entidades implementan las acciones comprometidas en el marco de esta red</td> <td data-bbox="834 457 922 562"></td> <td data-bbox="922 457 1010 562">X</td> <td data-bbox="1010 457 1097 562">X</td> <td data-bbox="1097 457 1185 562">X</td> <td data-bbox="1185 457 1273 562">X</td> <td data-bbox="1273 457 1338 562">X</td> </tr> <tr> <td data-bbox="483 562 834 646">4. Se establece un marco de planeación integral del uso del suelo y el transporte</td> <td data-bbox="834 562 922 646"></td> <td data-bbox="922 562 1010 646">X</td> <td data-bbox="1010 562 1097 646">X</td> <td data-bbox="1097 562 1185 646"></td> <td data-bbox="1185 562 1273 646"></td> <td data-bbox="1273 562 1338 646"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="483 646 834 835">5. Los gobiernos de las entidades establecen mecanismos de coordinación para que tales lineamientos de construcción sustentable se adopten a nivel de la regulación municipal</td> <td data-bbox="834 646 922 835"></td> <td data-bbox="922 646 1010 835">X</td> <td data-bbox="1010 646 1097 835">X</td> <td data-bbox="1097 646 1185 835">X</td> <td data-bbox="1185 646 1273 835"></td> <td data-bbox="1273 646 1338 835"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="483 835 834 940">6. Se incluyen lineamientos de construcción sustentable en su propia regulación municipal</td> <td data-bbox="834 835 922 940"></td> <td data-bbox="922 835 1010 940"></td> <td data-bbox="1010 835 1097 940">X</td> <td data-bbox="1097 835 1185 940">X</td> <td data-bbox="1185 835 1273 940"></td> <td data-bbox="1273 835 1338 940"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="483 940 834 1079">7. Se establece un sistema de medición, reporte y verificación (MRV) de las acciones efectuadas y de los logros alcanzados</td> <td data-bbox="834 940 922 1079"></td> <td data-bbox="922 940 1010 1079">X</td> <td data-bbox="1010 940 1097 1079">X</td> <td data-bbox="1097 940 1185 1079"></td> <td data-bbox="1185 940 1273 1079"></td> <td data-bbox="1273 940 1338 1079"></td> </tr> </tbody> </table>	Actividad	2017	2018	2019	2020	...	2030	1. El INECC construye la Plataforma de Conocimiento sobre Ciudades Sustentables	X	X					2. Se inician trabajos para constituir la red de Ciudades Sustentables de la Megalópolis		X					3. Los gobiernos de las entidades implementan las acciones comprometidas en el marco de esta red		X	X	X	X	X	4. Se establece un marco de planeación integral del uso del suelo y el transporte		X	X				5. Los gobiernos de las entidades establecen mecanismos de coordinación para que tales lineamientos de construcción sustentable se adopten a nivel de la regulación municipal		X	X	X			6. Se incluyen lineamientos de construcción sustentable en su propia regulación municipal			X	X			7. Se establece un sistema de medición, reporte y verificación (MRV) de las acciones efectuadas y de los logros alcanzados		X	X			
Actividad	2017	2018	2019	2020	...	2030																																																			
1. El INECC construye la Plataforma de Conocimiento sobre Ciudades Sustentables	X	X																																																							
2. Se inician trabajos para constituir la red de Ciudades Sustentables de la Megalópolis		X																																																							
3. Los gobiernos de las entidades implementan las acciones comprometidas en el marco de esta red		X	X	X	X	X																																																			
4. Se establece un marco de planeación integral del uso del suelo y el transporte		X	X																																																						
5. Los gobiernos de las entidades establecen mecanismos de coordinación para que tales lineamientos de construcción sustentable se adopten a nivel de la regulación municipal		X	X	X																																																					
6. Se incluyen lineamientos de construcción sustentable en su propia regulación municipal			X	X																																																					
7. Se establece un sistema de medición, reporte y verificación (MRV) de las acciones efectuadas y de los logros alcanzados		X	X																																																						
Indicadores de implementación	<ul style="list-style-type: none"> Número de entidades que han establecido su plan de implementación para participar en la red. Avance porcentual en las acciones para implementar el plan de cada entidad. Publicación de los lineamientos de construcción sustentable. Número de entidades que establecen mecanismos de coordinación para implementar los lineamientos de construcción sustentable. Número y porcentaje de municipios en cada entidad que incluyen los lineamientos de construcción sustentable en su regulación. Número y porcentaje de entidades y municipios que reportan al sistema de MRV de la Red. 																																																								
Indicadores de resultados	<ul style="list-style-type: none"> Emisiones (directas e indirectas) debidas al crecimiento de la población, del número de viviendas y del transporte. Emisiones evitadas, comparada con el escenario tendencial. 																																																								
Fuentes de información para los indicadores	<ul style="list-style-type: none"> Informes de implementación de las NAMAs de vivienda sostenible y de transporte. Informes municipales y estatales de implementación de las acciones de la red. Informes del sistema de MRV de la Red. Inventario de emisiones de la Megalópolis. 																																																								

Medida No. 29	Reducir el uso y fugas de gas LP en el sector doméstico, comercial y de servicios
Responsable(s)	<ul style="list-style-type: none"> • SENER • Secretaría de Economía "SE" • Empresas distribuidoras de GLP • Fabricantes de estufas y calentadores domésticos • Gobiernos de las entidades • ASEA
Objetivo	Reducir las emisiones de GLP en la Megalópolis.
Meta	Reducir 50% las emisiones de GLP con respecto a 2015.
Justificación	<ul style="list-style-type: none"> • El GLP es ampliamente utilizado en la Megalópolis. En la región se venden alrededor de 2.97 millones de toneladas/año, que equivalen al 42% del total nacional. • Se sabe que el principal consumidor de GLP en esta región es el sector doméstico, abastecido mediante tanques portátiles o estacionarios (2.28 millones de ton/año, equivalentes a 76.5% del consumo de la Megalópolis), donde se emplea en la cocción de alimentos y en el calentamiento de agua. El sector comercial, que es el segundo en magnitud de consumo, con alrededor de 0.37 millones de ton/año, equivalente al 12.5%. Las fuentes industriales (10.5%) y agrícolas (0.5%) utilizan el restante 11%. • Las emisiones domésticas han sido documentadas como la principal fuente de emisiones de GLP; las cuales se deben a fugas en las estufas, calentadores de agua e infraestructura de almacenamiento; al gas no quemado durante la combustión y en la flama del piloto de los equipos antiguos. • Desde los años 90 se han realizado estudios de caracterización de la composición química de la atmósfera del Valle de México, y en todos ellos los componentes del GLP resultan ser los de mayor presencia. • El GLP contiene olefinas, que tienen un papel relevante en la formación de ozono en la Megalópolis. Esto hace necesario reducir las emisiones por el uso y fugas de GLP.
Descripción	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se realiza un estudio para identificar y cuantificar los principales flujos de GLP a la atmósfera. 2. Los gobiernos federal y de las entidades que conforman la CAME, diseñan y ejecutan un programa de reducción de fugas de GLP, en los sectores doméstico, comercial y de servicios, que incluya la sustitución de cilindros, tanques estacionarios, tubería y válvulas en mal estado; además de fomentar el uso de equipos eléctricos (regaderas y estufas) para reducir e, incluso eliminar en algunos hogares o servicios, el consumo de este energético.

Beneficios	Reducción de emisiones de : <ul style="list-style-type: none"> • 30,371 ton/año de COV. 																											
Calendario	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Actividad</th> <th>2017</th> <th>2018</th> <th>2019</th> <th>2020</th> <th>...</th> <th>2030</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1. Realizar un estudio para identificar y cuantificar los principales flujos de GLP a la atmósfera</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2. Diseño e implementación del programa de reducción de fugas de GLP, en los sectores doméstico, comercial y de servicios</td> <td></td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>							Actividad	2017	2018	2019	2020	...	2030	1. Realizar un estudio para identificar y cuantificar los principales flujos de GLP a la atmósfera	X	X	X				2. Diseño e implementación del programa de reducción de fugas de GLP, en los sectores doméstico, comercial y de servicios		X	X	X		
Actividad	2017	2018	2019	2020	...	2030																						
1. Realizar un estudio para identificar y cuantificar los principales flujos de GLP a la atmósfera	X	X	X																									
2. Diseño e implementación del programa de reducción de fugas de GLP, en los sectores doméstico, comercial y de servicios		X	X	X																								
Indicadores de implementación	<ul style="list-style-type: none"> • Realización del estudio de diagnóstico. • Revisión del marco regulatorio. • Diseño del programa de reducción de fugas. 																											
Indicadores de resultados	<ul style="list-style-type: none"> • Identificación y cuantificación de fugas. • Actualización del marco regulatorio. • Implementación del programa de control de fugas. 																											
Fuentes de información para los indicadores	<ul style="list-style-type: none"> • Informes de las entidades. • Inventario de emisiones de la Megalópolis. 																											

Medida No. 30	Reducir el uso de leña y carbón en hogares
Responsable(s)	<ul style="list-style-type: none"> • Secretaría de Desarrollo Social “SEDESOL” • Gobiernos estatales
Objetivo	Reducir la generación y exposición a PM generadas por la combustión de leña y carbón.
Meta	Reemplazar el uso de leña y carbón por electricidad o gas, para la preparación de alimentos y calentamiento de agua.
Justificación	<ul style="list-style-type: none"> • El uso de leña en los hogares para preparar alimentos y calentar agua es aún común en diversos municipios de la Megalópolis. No sólo se trata de procesos muy rudimentarios y poco eficientes, sino que además las emisiones tienen lugar dentro de las casas habitación de personas en zonas rurales, con menores ingresos y menos acceso a servicios de salud; además, la población expuesta está formada frecuentemente por mujeres, niños y adultos mayores. • Todo lo anterior representa un problema de salud pública sumamente inequitativo y que se cierne sobre la población más vulnerable. • La prospectiva de SENER 2015-2030 indican que se reducirá el uso de leña. Además las estadísticas señalan que prácticamente la totalidad de la población en los municipios que forman la Megalópolis tienen acceso a electricidad, lo que representa una posibilidad para resolver este problema. • Esta medida podría retomar, evaluar, complementar y enfocar en esta región, las acciones previas realizadas como parte del programa para dotación de estufas limpias y ahorradoras de leña, incorporando además consideraciones de mejora de la calidad del aire. • Como una referencia, pueden tomarse las acciones implementadas por Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía para el cambio de refrigeradores y bombillas eléctricas convencionales por focos ahorradores.
Descripción	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se revisan y reactivan los programas destinados al reemplazo de estufas de leña o carbón que se han implementado en el pasado, para reemplazar por estufas eléctricas o de gas. 2. Los gobiernos de las entidades elaboran sus programas de sustitución de estufas y calentadores, basados en las recomendaciones del gobierno federal. Estos programas incluyen: <ol style="list-style-type: none"> 2.1. Mecanismo de certificación para la tecnología disponible, con criterios de reducción de emisiones y de eficiencia de uso de la energía. 2.2. Brindan información, asesoría y capacitación a las personas destinatarias de estas estufas. 2.3. Contienen esquemas financieros para la adopción de estas estufas.

	<p>2.4. Mecanismos de coordinación entre el gobierno federal y los gobiernos estatales y municipales.</p> <p>3. Se implementan programas para reemplazar las estufas y calentadores de leña y carbón por estufas preferentemente eléctricas y por calentadores solares y eléctricos.</p> <p>4. Se establecer incentivos para la adopción y uso permanente de estas estufas y calentadores.</p>																																			
Beneficios	<p>Reducción de emisiones de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 234 ton/año SO₂ • 22,080 ton/año PM₁₀ • 20,957 ton/año PM_{2.5} • 1,589 ton/año NO_x • 134,352 ton/año COV • 2'033,354 ton/año de CO₂ • 2,812 ton/año de CN 																																			
Calendario	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Actividad</th> <th>2017</th> <th>2018</th> <th>2019</th> <th>2020</th> <th>...</th> <th>2030</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1. Revisión y reactivación de los programas destinados al reemplazo de estufas de leña</td> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2. Elaboración de los programas estatales para reemplazo de estufas y calentadores</td> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3. Implementación de los programas para reemplazar por estufas eléctricas y calentadores solares o eléctricos, o de gas</td> <td></td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>4. Establecimiento de incentivos para la adopción y uso permanente de estas estufas y calentadores</td> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Actividad	2017	2018	2019	2020	...	2030	1. Revisión y reactivación de los programas destinados al reemplazo de estufas de leña	X	X					2. Elaboración de los programas estatales para reemplazo de estufas y calentadores	X	X					3. Implementación de los programas para reemplazar por estufas eléctricas y calentadores solares o eléctricos, o de gas		X	X	X			4. Establecimiento de incentivos para la adopción y uso permanente de estas estufas y calentadores	X	X				
Actividad	2017	2018	2019	2020	...	2030																														
1. Revisión y reactivación de los programas destinados al reemplazo de estufas de leña	X	X																																		
2. Elaboración de los programas estatales para reemplazo de estufas y calentadores	X	X																																		
3. Implementación de los programas para reemplazar por estufas eléctricas y calentadores solares o eléctricos, o de gas		X	X	X																																
4. Establecimiento de incentivos para la adopción y uso permanente de estas estufas y calentadores	X	X																																		
Indicadores de implementación	<ul style="list-style-type: none"> • Número de estados y municipios que han elaborado sus programas de reemplazo. • Número y tipo de estufas y calentadores eléctricos o de gas que se han entregado. • Número y monto de los apoyos financieros para el pago de estos equipos. 																																			
Indicadores de resultados	<ul style="list-style-type: none"> • Emisiones de PM₁₀ y PM_{2.5}. • Número de personas que han reducido su exposición a PM₁₀ y PM_{2.5}. 																																			
Fuentes de información para los indicadores	<ul style="list-style-type: none"> • Información de los programas de reemplazo y sus informes de avance. • Estadísticas sobre el consumo de leña y carbón. • Inventario de emisiones de las entidades que conforman la Megalópolis. 																																			

<p>Medida No. 31</p>	<p align="center">Limitar el contenido de COV en recubrimientos arquitectónicos y automotrices, pinturas, tintas y otros productos de consumo residencial, comercial y de servicios</p>
<p>Responsable(s)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • SEMARNAT • Procuraduría Federal del Consumidor “PROFECO” • PROFEPA • Fabricantes de recubrimientos arquitectónicos, automotrices, pinturas y tintas • Fabricantes de productos de consumo residencial, comercial y de servicios
<p>Objetivo</p>	<p>Reducción de emisiones de COV de productos de uso común que contienen COV en su formulación.</p>
<p>Meta</p>	<p>Reducir el contenido de COV y su reactividad en los productos de consumo residencial, comercial y de servicios (por ejemplo, adhesivos, removedores, pinturas, insecticidas, etc.), que se expenden y utilizan en la Megalópolis.</p>
<p>Justificación</p>	<ul style="list-style-type: none"> • El uso de productos de consumo residencial, comercial y de servicios tiene como resultado emisiones de COV que se originan a partir de los propelentes y disolventes contenidos en ellos. Estos COV tienen una ruta directa al aire ambiente después de que se han volatilizado. • Por otra parte, el inventario de emisiones de la Megalópolis muestra que las fuentes dispersas, donde se encuentran incluidos el uso de solventes y otros productos de consumo residencial, comercial y de servicios, es la fuente más importante de COVs, con más de 400 mil toneladas por año. • Los COV contenidos como disolventes y propelentes en los productos señalados previamente, tienen un papel relevante en la formación de ozono y de PM2.5 secundarias. • Por lo tanto, existe la necesidad de regular y reducir el contenido de COV y su potencial para formar ozono, en los productos de consumo residencial, comercial y de servicios, como parte de una estrategia de mejora de la calidad del aire. • En la regulación federal y estatal en los Estados Unidos, se han especificado límites al contenido de COV en muy diversos productos de consumo de uso residencial, comercial y de servicios. Estos pueden consultarse como referencia, para definir las prioridades en el desarrollo de esta regulación para la región de la Megalópolis y del país²⁵. • Por su parte, el Consejo de Recursos del Aire de California (CARB,

²⁵ Una referencia útil es el documento “Resumen de límites estatales y federal de COV en productos institucionales y comerciales” (Summary of State and Federal VOC Limitations for Institutional and Consumer Products, prepared by ISSA, August 2015).

	<p>por sus siglas en inglés) ha establecido regulaciones para limitar el contenido de COV en productos de consumo, incluyendo productos de recubrimiento en aerosol. Con la reglamentación de estos productos se ha logrado una reducción de las emisiones de COV de casi 50%, entre 1990 y 2016²⁶.</p>																																			
Descripción	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se elabora la NOM que define los límites máximos permisibles de contenido de COV en productos de consumo residencial, comercial y de servicios, en recubrimientos arquitectónicos y automotrices, pinturas y tintas, entre otros, basados en su potencial para formar ozono. Esta NOM define el sistema de reporte anual sobre la formulación y venta por tipo de productos. 2. Las empresas fabricantes implementan los cambios necesarios en la formulación de sus productos y reportan anualmente a la autoridad correspondiente. 3. Se desarrollan y aplican las capacidades de prueba necesarias para verificar que se cumple con los requisitos de contenido máximo y emisiones de COV en la fabricación, distribución y venta. 4. Se implementan programas de inspección y verificación del cumplimiento de la NOM. 																																			
Beneficios	<p>Reducción de emisiones de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 71,156 ton/año de COV. 																																			
Calendario	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Actividad</th> <th>2017</th> <th>2018</th> <th>2019</th> <th>2020</th> <th>...</th> <th>2030</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1. Elaboración de la NOM para LMP de contenido de COV</td> <td></td> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2. Implementación de los cambios de formulación</td> <td></td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> </tr> <tr> <td>3. Desarrollo de las capacidades para verificar el cumplimiento</td> <td></td> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>4. Desarrollo y aplicación de programas de inspección</td> <td></td> <td></td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> </tr> </tbody> </table>	Actividad	2017	2018	2019	2020	...	2030	1. Elaboración de la NOM para LMP de contenido de COV		X	X				2. Implementación de los cambios de formulación		X	X	X	X	X	3. Desarrollo de las capacidades para verificar el cumplimiento		X	X				4. Desarrollo y aplicación de programas de inspección			X	X	X	X
Actividad	2017	2018	2019	2020	...	2030																														
1. Elaboración de la NOM para LMP de contenido de COV		X	X																																	
2. Implementación de los cambios de formulación		X	X	X	X	X																														
3. Desarrollo de las capacidades para verificar el cumplimiento		X	X																																	
4. Desarrollo y aplicación de programas de inspección			X	X	X	X																														
Indicadores de implementación	<ul style="list-style-type: none"> • Se ha publicado la NOM. • SE cuenta con los programas de inspección y verificación del cumplimiento de la NOM. 																																			
Indicadores de resultados	<ul style="list-style-type: none"> • Porcentaje de reducción en las emisiones de COV respecto del año base 2015. • Porcentaje de ventas de los productos y recubrimientos que cumplen con las especificaciones. 																																			
Fuentes de información para los indicadores	<ul style="list-style-type: none"> • Inventario de emisiones de la Megalópolis. • Cédula de operación anual de las empresas fabricantes. 																																			

²⁶ Final regulation order for reducing emissions from consumer products. Disponible para consulta en: www.arb.ca.gov/consprod/regs/2015/TOC_final_1-22_15.pdf

Medida No. 32	Eliminar la aplicación de pintura automotriz al aire libre
Responsable(s)	<ul style="list-style-type: none"> • SEMARNAT • Autoridades de economía y ambiente de las entidades federativas
Objetivo	Reducir emisiones en el repintado automotriz.
Meta:	<ul style="list-style-type: none"> • Todas las operaciones de pintado automotriz se realizan en instalaciones ambientalmente adecuadas.
Justificación	<ul style="list-style-type: none"> • La aplicación de pinturas al aire libre es una actividad común en la Megalópolis; las emisiones de partículas y especialmente de los COV contenidos en estas pinturas necesitan reducirse, dado que estos solventes son altamente reactivos en la atmósfera y contribuyen a la formación de ozono y de PM_{2.5} secundarias. • Por ello es necesario prohibir la aplicación de pinturas por aspersión a cielo abierto y contar con una supervisión continua del cumplimiento. • Una estrategia para controlar tales emisiones, consiste en crear una red de instalaciones donde se cuente con recintos de aplicación de pintura de diversas capacidades y que permitan una aplicación de pinturas y recubrimientos más eficiente, con mejor calidad y con el control de las emisiones de partículas y COV. • Un esquema de uso compartido podría permitir que el costo de la aplicación de las pinturas y recubrimientos, así como del control de emisiones, sea prorrateado entre los usuarios.
Descripción	<ol style="list-style-type: none"> 1. Desarrollo de los lineamientos y criterios que deben cumplir los recintos para aplicación de pintura automotriz. 2. Prohibición en la Megalópolis de la aplicación de pintura automotriz al aire libre y elaboración del marco regulatorio para establecer las características de los recintos para su aplicación. 3. Los gobiernos de las entidades de la Megalópolis impulsan la creación de servicios con instalaciones para aplicación de pintura y otros recubrimientos, que ofrezcan el servicio de uso compartido. <ol style="list-style-type: none"> 3.1. Estos servicios están equipados con recintos cerrados para aplicación, con equipos de control de emisiones de COV y de partículas. 3.2. En estas instalaciones de aplicación de pintura y otros recubrimientos, se toman las acciones necesarias para reducir las emisiones de COV debidas al uso de disolventes orgánicos en operaciones de limpieza de piezas, herramientas y áreas de trabajo; las emisiones se reducen también en el almacenamiento y eliminación de los materiales utilizados en las operaciones de pintado. 4. Las instalaciones de aplicación de pintura contienen sistemas de captura, conducción y control, asegurando que:

	<p>4.1. El sistema de colección, captura y conduce al menos 90% en peso de las emisiones de COV generadas, y</p> <p>4.2. El sistema de control, reduce al menos el 95% de los COV capturados y conducidos.</p> <p>5. Los gobiernos que conforman la Megalópolis establecen programas de inspección y vigilancia para asegurar el cumplimiento de los requisitos de control para operaciones de pintura, incluyendo verificar que se realizan actividades de aplicación sólo dentro de los recintos, y que éstos reciben el mantenimiento adecuado.</p>																																										
Beneficios	<p>Reducción de emisiones de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 13,175 ton/año de COV. 																																										
Calendario	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Actividad</th> <th>2017</th> <th>2018</th> <th>2019</th> <th>2020</th> <th>...</th> <th>2030</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1. Desarrollo de los lineamientos y criterios que deben cumplir las instalaciones</td> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2. Desarrollo del marco regulatorio para prohibir la aplicación de pinturas automotrices al aire libre</td> <td></td> <td></td> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3. Impulso al desarrollo de instalaciones para aplicación de pintura y otros recubrimientos, que ofrezcan el servicio de uso compartido</td> <td></td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>4. Desarrollo de la infraestructura</td> <td></td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>5. Los gobiernos estatales establecerán programas de inspección y vigilancia</td> <td></td> <td></td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> </tr> </tbody> </table>	Actividad	2017	2018	2019	2020	...	2030	1. Desarrollo de los lineamientos y criterios que deben cumplir las instalaciones	X	X					2. Desarrollo del marco regulatorio para prohibir la aplicación de pinturas automotrices al aire libre			X				3. Impulso al desarrollo de instalaciones para aplicación de pintura y otros recubrimientos, que ofrezcan el servicio de uso compartido		X	X	X			4. Desarrollo de la infraestructura		X	X	X			5. Los gobiernos estatales establecerán programas de inspección y vigilancia			X	X	X	X
Actividad	2017	2018	2019	2020	...	2030																																					
1. Desarrollo de los lineamientos y criterios que deben cumplir las instalaciones	X	X																																									
2. Desarrollo del marco regulatorio para prohibir la aplicación de pinturas automotrices al aire libre			X																																								
3. Impulso al desarrollo de instalaciones para aplicación de pintura y otros recubrimientos, que ofrezcan el servicio de uso compartido		X	X	X																																							
4. Desarrollo de la infraestructura		X	X	X																																							
5. Los gobiernos estatales establecerán programas de inspección y vigilancia			X	X	X	X																																					
Indicadores de implementación	<ul style="list-style-type: none"> • Publicación de los lineamientos y criterios. • Publicación de las normas de las entidades. • Número de programas de inspección y vigilancia en operación. • Porcentaje de las instalaciones de pintura que cuentan con recintos cerrados y equipos de captura y control. • Número de inspecciones realizadas. 																																										
Indicadores de resultados	<ul style="list-style-type: none"> • Cantidad y porcentaje de emisiones de COV evitadas. 																																										
Fuentes de información para los indicadores	<ul style="list-style-type: none"> • Programas de inspección estatales. • Inventario de emisiones de la Megalópolis. 																																										

Medida No. 33	Reducir emisiones en bancos de materiales pétreos
Responsable(s)	<ul style="list-style-type: none"> • SEMARNAT • Autoridades ambientales estatales • Empresas concesionarias para la explotación de bancos de materiales • Empresas de transporte de materiales pétreos y otros minerales
Objetivo	Reducir emisiones de PM ₁₀ y PM _{2.5} debidas a la explotación de materiales pétreos y minerales no ferrosos.
Meta	Que todas las empresas que se dedican a la explotación de estos bancos de materiales, implementen medidas para reducir las emisiones de PM ₁₀ y PM _{2.5} .
Justificación	<ul style="list-style-type: none"> • En las entidades que conforman la Megalópolis se desarrollan actividades de extracción de materiales pétreos, que se emplean directamente o que posteriormente se usan para la producción de materiales de construcción. • Estas actividades tienen asociada la remoción de cubierta vegetal y como consecuencia la exposición de las capas inferiores de suelo, son sujetas a la erosión por la lluvia y el viento. • Las operaciones de extracción de los materiales pétreos, su procesamiento y transporte, también generan emisiones de partículas. • Aún después del abandono de estos sitios, el suelo continua expuesto y sufre erosión eólica e hídrica. • Lo anterior hace necesario desarrollar acciones permanentes que permitan reducir los impactos de este tipo de actividades sobre la calidad del aire.
Descripción	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se elabora una NOM con especificaciones para la reducción de emisiones en las actividades de bancos de materiales. 2. Las autoridades ambientales de las entidades que forman la Megalópolis, elaboran e implementan sus respectivos programas de reducción de emisiones en la operación y abandono de bancos de materiales pétreos. Esto incluye proporcionar asistencia técnica directa y capacitación para implementar las mejores prácticas de operación para minimizar las emisiones de PM derivadas de la explotación, manejo y transporte de estos materiales. 3. Las empresas concesionarias establecen un plan de reducción de emisiones calendarizado y aprobado por la autoridad ambiental estatal, así como un mecanismo de evaluación conjunta. 4. Las empresas concesionarias implementan sus planes de reducción de emisiones, que incluirán: <ol style="list-style-type: none"> 4.1. Las prácticas de operación que pueden incluir entre otras, la humectación de los materiales durante su transporte y

	<p>procesamiento, cubrir las bandas transportadoras y los puntos de trasiego, etc.</p> <p>4.2. Programas de mantenimiento y en su caso reemplazo, de vehículos y maquinaria con altas emisiones, ya sea que estén instalados y operan en el sitio o que transporten los materiales hacia el exterior.</p> <p>4.3. Medidas de reducción de emisiones en el transporte, como utilizar lonas en el transporte fuera del sitio, la limpieza periódica en accesos y áreas de trabajo, uso de materiales estabilizadores de suelo en los caminos o humectación para prevenir la re-suspensión de materiales (según se trate de caminos pavimentados o de terracería), entre otras.</p> <p>5. Las autoridades ambientales de los entidades implementan las acciones de vigilancia necesarias para verificar que se cumple con las prácticas de minimización de emisiones.</p>																																										
Beneficios	Reducción de las emisiones de PM ₁₀ y PM _{2.5} debidas a la explotación de materiales pétreos y minerales no ferrosos.																																										
Calendario	<table border="1" data-bbox="509 873 1360 1503"> <thead> <tr> <th>Actividad</th> <th>2017</th> <th>2018</th> <th>2019</th> <th>2020</th> <th>...</th> <th>2030</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1. Elaboración de NOM con especificaciones para la reducción de emisiones en estas actividades</td> <td></td> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2. Las autoridades ambientales estatales implementan sus respectivos programas de reducción de emisiones en la operación y abandono de bancos de materiales pétreos</td> <td></td> <td></td> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3. Las empresas concesionarias establecen un plan de implementación</td> <td></td> <td></td> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>4. Las empresas concesionarias implementan sus planes de reducción de emisiones</td> <td></td> <td></td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> </tr> <tr> <td>5. Las autoridades ambientales de los entidades implementan las acciones de vigilancia necesarias para verificar que se cumple con las prácticas de minimización de emisiones</td> <td></td> <td></td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> </tr> </tbody> </table>	Actividad	2017	2018	2019	2020	...	2030	1. Elaboración de NOM con especificaciones para la reducción de emisiones en estas actividades		X	X				2. Las autoridades ambientales estatales implementan sus respectivos programas de reducción de emisiones en la operación y abandono de bancos de materiales pétreos			X				3. Las empresas concesionarias establecen un plan de implementación			X	X			4. Las empresas concesionarias implementan sus planes de reducción de emisiones			X	X	X	X	5. Las autoridades ambientales de los entidades implementan las acciones de vigilancia necesarias para verificar que se cumple con las prácticas de minimización de emisiones			X	X	X	X
Actividad	2017	2018	2019	2020	...	2030																																					
1. Elaboración de NOM con especificaciones para la reducción de emisiones en estas actividades		X	X																																								
2. Las autoridades ambientales estatales implementan sus respectivos programas de reducción de emisiones en la operación y abandono de bancos de materiales pétreos			X																																								
3. Las empresas concesionarias establecen un plan de implementación			X	X																																							
4. Las empresas concesionarias implementan sus planes de reducción de emisiones			X	X	X	X																																					
5. Las autoridades ambientales de los entidades implementan las acciones de vigilancia necesarias para verificar que se cumple con las prácticas de minimización de emisiones			X	X	X	X																																					
Indicadores de implementación	<ul style="list-style-type: none"> • Publicación de los lineamientos por la SEMARNAT. • Número de entidades que cuentan con su programa de reducción de emisiones en la operación y abandono de bancos de materiales pétreos. • Número de empresas concesionarias que implementan su plan para reducción de emisiones en la operación y abandono de bancos de materiales pétreos. • Número de visitas de inspección realizadas por las autoridades. 																																										

Indicadores de resultados	<ul style="list-style-type: none">• Reducción de las emisiones de PM_{10} y $PM_{2.5}$ asociadas con estos programas y planes de reducción de emisiones.
Fuentes de información para los indicadores	<ul style="list-style-type: none">• Informes de las autoridades estatales.• Inventario de emisiones de la Megalópolis.

Medida No. 34	Desarrollar e implementar programas de contingencias ambientales atmosféricas y programas estacionales preventivos
Responsable(s)	<ul style="list-style-type: none"> • SEMARNAT • PROFEPA • Secretaría de Salud - COFEPRIS • Secretarías de medio ambiente de los gobiernos de las entidades. • SCT
Objetivo	Reducir la exposición de la población a concentraciones elevadas de contaminantes.
Meta	Que las entidades que lo requieran, cuenten con sus respectivos programas de contingencias ambientales atmosféricas.
Justificación	<ul style="list-style-type: none"> • Desde los años 90, la ZMVM cuenta con un programa de contingencias ambientales atmosféricas que señala las acciones que se deben tomar para reducir la exposición de las personas, en aquellas situaciones donde las concentraciones de contaminantes son muy elevadas; establece además las medidas para reducir las emisiones de tales contaminantes y de sus precursores. • Se tiene documentado que durante los episodios de alta concentraciones de contaminantes, los síntomas y enfermedades respiratorias se agudizan y exacerban impactando la salud de los niños, ancianos y pacientes con enfermedades respiratorias.²⁷ • El crecimiento de las zonas urbanas, las actividades económicas y la población, así como la evolución en la calidad del aire de la región, hacen necesario elaborar programas de contingencias ambientales con carácter metropolitano y, en ciertos casos, con carácter regional que consideren las fuentes de contaminantes y las características específicas de cada zona. • Estos nuevos planes de contingencias atmosféricas deberán considera intervenciones no sólo para el caso de elevadas concentraciones de ozono, sino también para el caso de elevadas concentraciones de PM₁₀, PM_{2.5}, SO₂, o sus combinaciones de manera simultánea. • Se identifican dos épocas del año que conducen a altas concentraciones de PM y de O₃: la época invernal y la temporada de ozono; para las cuales se requiere contar con programas estacionales preventivos que eviten alcanzar contingencias ambientales atmosféricas. • En el mediano plazo, deben desarrollarse capacidades para el pronóstico de la calidad del aire, reducir emisiones y prevenir las contingencias.

²⁷ INSP 2009. Estudio del Conocimiento sobre los Efectos en la Salud Asociados a la Contaminación del Aire en la Población de la ZMVM.

Descripción	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se definen los lineamientos, criterios y recomendaciones, que servirán de guía para la elaboración de los Programas de Contingencias Ambientales Atmosféricas y de los programas estacionales preventivos. 2. Las autoridades ambientales estatales elaboran e implementan sus respectivos Programas de Contingencias Ambientales Atmosféricas, los cuales consideran: <ol style="list-style-type: none"> 2.1. Las intervenciones necesarias para reducir de manera rápida aquellas emisiones que contribuyen a las elevadas concentraciones ambientales del contaminante que activa la contingencia. 2.2. Un enfoque de coordinación megalopolitano, para aquellas acciones que impliquen el control de emisiones generadas por fuentes con impacto regional. 2.3. La difusión al público en general, utilizando los medios masivos tradicionales (radio y TV) y más innovadores (internet y apps), de la declaración de contingencias, de las acciones a tomar y del momento en que éstas terminan. 3. Se establece un sistema de vigilancia epidemiológica para episodios de alta contaminación en la Megalópolis. 4. Los gobiernos de las entidades desarrollan capacidades de pronóstico de la calidad del aire, a fin de incluir acciones preventivas. 																																			
Beneficios	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción de la exposición de la población durante episodios de mala calidad del aire. • Reducción de los impactos negativos sobre la salud pública. 																																			
Calendario	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Actividad</th> <th>2017</th> <th>2018</th> <th>2019</th> <th>2020</th> <th>...</th> <th>2030</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1. Establecimiento de los lineamientos, criterios y recomendaciones, que servirán de guía para la elaboración de los planes de contingencia y programas estacionales</td> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2. Elaboración e implementación de Programas de Contingencias Ambientales Atmosféricas</td> <td></td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> </tr> <tr> <td>3. Establecimiento de un sistema de vigilancia epidemiológica a nivel regional en la Megalópolis</td> <td></td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> </tr> <tr> <td>4. Desarrollo de capacidades de pronóstico de la calidad del aire</td> <td></td> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Actividad	2017	2018	2019	2020	...	2030	1. Establecimiento de los lineamientos, criterios y recomendaciones, que servirán de guía para la elaboración de los planes de contingencia y programas estacionales	X	X					2. Elaboración e implementación de Programas de Contingencias Ambientales Atmosféricas		X	X	X	X	X	3. Establecimiento de un sistema de vigilancia epidemiológica a nivel regional en la Megalópolis		X	X	X	X	X	4. Desarrollo de capacidades de pronóstico de la calidad del aire		X	X			
Actividad	2017	2018	2019	2020	...	2030																														
1. Establecimiento de los lineamientos, criterios y recomendaciones, que servirán de guía para la elaboración de los planes de contingencia y programas estacionales	X	X																																		
2. Elaboración e implementación de Programas de Contingencias Ambientales Atmosféricas		X	X	X	X	X																														
3. Establecimiento de un sistema de vigilancia epidemiológica a nivel regional en la Megalópolis		X	X	X	X	X																														
4. Desarrollo de capacidades de pronóstico de la calidad del aire		X	X																																	
Indicadores de implementación	<ul style="list-style-type: none"> • Publicación de los lineamientos, criterios y recomendaciones. • Número de entidades que cuentan con plan de contingencias ambientales atmosféricas. • Participación de los sujetos obligados a reducir emisiones en el programa de contingencias ambientales atmosféricas. 																																			

Indicadores de resultados	<ul style="list-style-type: none">• Reducción en la incidencia de enfermedades asociadas a la mala calidad del aire durante contingencias ambientales atmosféricas.
Fuentes de información para los indicadores	<ul style="list-style-type: none">• Informes de las autoridades ambientales estatales.• Informes de las autoridades del sector salud, estatales y federales.

Medida No. 35	Elaborar e implementar un sistema de inventarios de emisiones a la atmósfera
Responsable(s)	<ul style="list-style-type: none"> • SEMARNAT • INECC • Autoridades ambientales de las entidades federativas
Objetivo	Contar con el sistema de inventario de emisiones de la Megalópolis, como una herramienta fundamental para la gestión de la calidad del aire, de manera oportuna y confiable.
Meta	Contar con el sistema de inventarios de emisiones en 2018.
Justificación	<ul style="list-style-type: none"> • La gestión de calidad del aire requiere de herramientas de información confiables y oportunas, entre las cuáles, los inventarios de emisiones son fundamentales. • Las capacidades actuales para generar este tipo de herramientas son dispares entre las entidades de la Megalópolis, pero también se enfrentan retos comunes en la generación de información y la disponibilidad de la misma para el público interesado. • Es muy importante que los tres órdenes de gobierno participen de manera coordinada en generar periódicamente la información necesaria para elaborar inventarios de emisiones actualizados, detallados y basados en sistemas de información geográfica y metodologías compatibles. • Asimismo se requiere que la información y las metodologías empleadas estén disponibles para el público interesado y que el inventario sea accesible para los diferentes usuarios (público en general, tomadores de decisiones, personal técnico, investigadores, académicos).
Descripción	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se prepara plan de trabajo para construir el sistema de inventarios de emisiones a la atmósfera de la Megalópolis. 2. Se desarrolla una plataforma informática para los inventarios de emisiones, que será el medio utilizado para alimentar y almacenar información que ayudará a producir los inventarios de cada una de las entidades de la Megalópolis, con metodologías y procedimientos uniformes. Esta plataforma permitirán la obtención del inventario de emisiones megalopolitano de manera ágil y oportuna. 3. Las autoridades ambientales de los tres órdenes de gobierno actualizan la información necesaria de manera periódica y oportuna.
Beneficios	<ul style="list-style-type: none"> • Contar con información oportuna y confiable para la gestión de la calidad del aire. • Proporcionar al público interesado, los inventarios de emisiones.

Calendario	Actividad	2017	2018	2019	2020	...	2030
	1. Elaboración de plan de trabajo para construir este sistema de inventarios de emisiones de la Megalópolis	X	X				
	2. Desarrollo de una plataforma informática para los inventarios de emisiones		X	X			
	3. Las autoridades ambientales de los tres órdenes de gobierno actualizan la información necesaria de manera periódica		X	X	X	X	X
Indicadores de implementación	<ul style="list-style-type: none"> • La plataforma ha sido desarrollada. • Número de autoridades ambientales que alimentan la información necesaria. • La información del sistema está actualizada y es accesible al público interesado. 						
Indicadores de resultados	<ul style="list-style-type: none"> • El sistema produce un inventario actualizado a nivel local y regional. 						
Fuentes de información para los indicadores	<ul style="list-style-type: none"> • Informes de actualización de los inventarios de emisiones de la Megalópolis. 						

Medida No. 36	Establecer una agenda normativa prioritaria para actualizar y expedir normas
Responsable(s)	<ul style="list-style-type: none"> • SEMARNAT • COFEPRIS • ASEA • PROFEPA • INECC
Objetivo	Actualizar el marco normativo para coadyuvar a reducir emisiones en la región de la Megalópolis y en todo el país.
Meta	Contar con un marco normativo actualizado en el año 2021.
Justificación	Diversos estudios previos muestran la necesidad de contar con normas actualizadas, que coadyuven a reducir emisiones desde diversos tipos de fuentes, aprovechando los avances técnicos comercialmente disponibles, entre otros aspectos.
Descripción	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se actualizan las siguientes normas prioritarias que limitan emisiones de las fuentes industriales: <ol style="list-style-type: none"> 1.1. La NOM-040-SEMARNAT-2002, para reducir los niveles máximos permisibles de emisiones a la atmósfera generadas por la fabricación de cemento. 1.2. La NOM-043-SEMARNAT-1993, para reducir emisiones de partículas de fuentes diversas. 1.3. La NOM-085-SEMARNAT-2011, con el objeto de establecer límites más restrictivos que induzcan el uso de equipo de control de emisiones en calderas, generadores de vapor y calentadores de aceite térmico. 1.4. La NOM-097-SEMARNAT-1997, que establece los LMP de emisión de PM y NOx en la fabricación de vidrio. 1.5. La NOM-121-SEMARNAT-1997, para controlar las emisiones de la industria automotriz. 1.6. La NOM-123-SEMARNAT-1998, relativa al contenido máximo permisible de COV en la fabricación de pinturas de secado al aire base disolvente para uso doméstico. 2. Se actualizan las siguientes normas prioritarias que limitan emisiones generadas por los vehículos automotores nuevos: <ol style="list-style-type: none"> 2.1. La NOM-042-SEMARNAT-2003, que establece los límites máximos permisibles de emisión de los vehículos ligeros nuevos, mismos que deberán hacerse más restrictivos, tomando como base la normatividad más actual a nivel internacional. 2.2. La NOM-044-SEMARNAT-2004, que establece los límites máximos permisibles de emisión de los vehículos medianos y pesados a diésel nuevos, mismos que deberán hacerse más

restrictivos, tomando como base las normas conocidas como EPA 2010 y/o EURO VI. Asimismo, se conjunta en esta NOM, la NOM 076 que regula al mismo sector automotriz pero aplica a motores de ciclo Otto.

- 2.3. La NOM-163-SEMARNAT-ENER-SCFI-2013, que establece los límites máximos permisibles de emisiones de CO₂ de los vehículos ligeros nuevos, mismos que deberán ser más restrictivos, tomando como base, la meta establecida en los EUA y Canadá.
3. Se actualiza la NOM-156-SEMARNAT-2012 sobre el establecimiento y operación de sistemas de monitoreo atmosférico, en donde se deberán modificar los criterios que definen las zonas que deben albergar monitoreo de calidad del aire, además de incluir el tema de revisión periódica de la cobertura del SMCA y revisiones técnicas.
4. Se elaboran normas nuevas para fuentes industriales, dispersas y móviles que son necesarias, principalmente para reducir las emisiones de COV:
 - 4.1. Una NOM para el control de emisiones en la industria de las artes gráficas.
 - 4.2. Una NOM para limitar el contenido de solventes en pinturas y tintas para uso en las artes gráficas.
 - 4.3. La NOM para el control de emisiones de ladrilleras y hornos artesanales de cocción de arcilla.
 - 4.4. La NOM de emisiones de motos nuevas tomando como base los criterios establecidos como EURO III y EURO IV.
 - 4.5. Las NOM para vehículos automotores que no circulan por carreteras (por ejemplo, equipo agrícola, de construcción, etc.); además de la NOM para equipos fijos con motor de combustión interna (por ejemplo plantas de generación de energía por combustión interna, etc.)
5. Se publica la NOM sobre el Índice de Calidad del Aire con base en la información nacional o internacional más actual sobre impactos en la salud.
6. Se actualizan periódicamente las NOM de calidad del aire que protegen la salud de la población, para seguir avanzando hacia las metas y lineamientos recomendados por la Organización Mundial de la Salud:
 - 6.1. La NOM-020-SSA1-2014, para la concentración ambiental de O₃.
 - 6.2. La NOM-021-SSA1-1993, para la concentración ambiental de CO.
 - 6.3. La NOM-022-SSA1-2010, para la concentración ambiental de SO₂.
 - 6.4. La NOM-023-SSA1-1993, para la concentración ambiental de NO₂.
 - 6.5. La NOM-025-SSA1-2014, para la concentración ambiental de

PM₁₀ y PM_{2.5}.

7. Se actualiza la NOM-016-CRE-2016, Especificaciones de calidad de los petrolíferos, publicada en el mes de agosto de 2016, que prohíbe el empleo de combustibles con contenidos superiores al 0.05% de azufre en la ZMVM, para hacer extensiva esta prohibición al resto de los municipios que conforman la Megalópolis. Los combustibles vehiculares se modifican para potencializar las nuevas tecnologías de control de emisiones vehiculares.
8. Las autoridades de las entidades expiden normas estatales para regular las emisiones de COV en fuentes fijas de jurisdicción estatal, en operaciones de servicios y en comercios.
9. Se actualizan o desarrollan normas asociadas con la verificación de emisiones vehiculares para automotores en circulación:
 - 9.1. Se conjuntan las normas 048 y 049 SEMARNAT que establecen los límites máximos permisibles de emisión de motocicletas, así como el método de prueba, de forma tal que se establecen protocolos de prueba técnicamente aplicables y límites de emisión adecuados a la tecnología de las motos nacionales.
 - 9.2. Se publica la NOM-167-SEMARNAT en sustitución a la norma de emergencia 167-SEMARNAT-2016.
 - 9.3. Se revisa la NOM-045-SEMARNAT para, en su caso, regular la medición de partículas y no sólo de opacidad.

Calendario	Actividad	2017	2018	2019	2020	...	2030
	1. Actualización de las normas prioritarias para fuentes fijas	X	X	X	X		
	2. Actualización de las normas para vehículos automotores nuevos	X	X	X	X		
	3. Actualización de la NOM-156-SEMARNAT-2012 sobre sistemas de monitoreo atmosférico	X	X				
	4. Elaboración de nuevas normas para fuentes industriales y dispersas para reducir las emisiones de COV	X	X	X	X		
	5. Publicación de la NOM sobre el Índice de Calidad del Aire	X					
	6. Revisión y actualización de las NOM de calidad del aire	X	X	X	X		
	7. Actualización de la NOM-016-CRE-2016, para prohibir el suministro y uso de combustibles líquidos con más de 0.05% de azufre en peso. Los combustibles vehiculares tienen especificaciones iguales a los de la ZMVM	X	X				
	8. Creación de normas estatales para regular las emisiones de COV en fuentes fijas de jurisdicción estatal.	X	X	X	X		
Indicadores de implementación	<ul style="list-style-type: none"> • Número de normas cuya revisión está en marcha. • Número de normas revisadas y publicadas. • Número de normas nuevas que han sido publicadas. 						
Indicadores de resultados	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción de las emisiones de COV asociadas a estas normas y su aplicación. 						
Fuentes de información para los indicadores	<ul style="list-style-type: none"> • Informes de la SEMARNAT y de las autoridades ambientales estatales y municipales. • Informes de inspección de la PROFEPA y de las autoridades ambientales estatales y municipales. • Inventario de emisiones de la Megalópolis. 						

Medida No. 37	Establecer y desarrollar la agenda de investigación científica y actualizar las herramientas de gestión de la calidad del aire
Responsable(s)	<ul style="list-style-type: none"> • SEMARNAT • INECC • CAME • SSA-COFEPRIS • Gobiernos locales • Academia e instituciones de investigación
Objetivo	Generar conocimiento que apoye la toma de decisiones relacionadas con la gestión de calidad del aire a nivel de cada entidad federativa y a nivel de la Megalópolis.
Meta	<ul style="list-style-type: none"> • Incrementar la cantidad y calidad de datos de calidad del aire. • Mejorar el conocimiento científico sobre la emisión, transporte, transformación química y destino de los contaminantes atmosféricos, así como su impacto en la población y en los ecosistemas de la Megalópolis.
Justificación	<ul style="list-style-type: none"> • En la Zona Metropolitana del Valle de México se han realizado estudios sobre la contaminación del aire a lo largo de los últimos 25 años, pero en las entidades federativas que la circundan, no se cuenta con el mismo nivel de información que permita, de manera contundente, dar sustento científico a las acciones de prevención y control de la contaminación atmosférica. • La gestión de la calidad del aire bajo un esquema megalopolitano requiere información desagregada y precisa sobre los flujos de las masas de aire entre las cuencas atmosféricas localizadas en la Megalópolis, así como la caracterización de los mecanismos químicos que conducen a la formación de los contaminantes secundarios como el ozono y las partículas finas. • Existen evidencias de los impactos de la contaminación del aire, medidos y potenciales en los ecosistemas, los cultivos y el patrimonio histórico-cultural. No obstante, es necesario realizar estudios que permitan precisar los impactos generados por la contaminación en estos elementos y cuantificar las externalidades asociadas. • Ante el nuevo esquema de trabajo megalopolitano, es necesario generar información estratégica que permita conocer y caracterizar los flujos de personas y bienes en la región, con el objeto de establecer y ejecutar políticas de mejoramiento de calidad del aire integrales y robustas.
Descripción	1. Se refuerza y amplían los Sistemas de Monitoreo Atmosférico de Calidad del Aire ubicados en la Megalópolis para contar con

	<p>información sobre el estado de los contaminantes en cada ciudad, en sitios periurbanos, agrícolas y boscosos, lo cual permitirá dar seguimiento a su evolución. En particular monitorear los hidrocarburos precursores del ozono.</p> <ol style="list-style-type: none"> 2. Se realizan mediciones en campo de las emisiones en fuentes fijas, de área y móviles para generar información que permita mejorar los inventarios de emisiones a través de desarrollar factores de emisión específicos y mejorar los datos de actividad. 3. Se desarrolla el modelo ecosistémico de generación de emisiones de la Megalópolis. 4. Se aplican encuestas sobre origen-destino de usuarios de los medios de transporte y de movimiento de bienes, para soportar las políticas de movilidad y calidad del aire en la Megalópolis. 5. Se desarrolla una plataforma de información para la gestión de la movilidad, incluyendo los flujos de vehículos y las diferentes modalidades de transporte. 6. Se construye la plataforma de modelación de la calidad del aire de la Megalópolis para fines de pronóstico y evaluación de políticas de mejora. 7. Se realizan estudios de campo sobre química atmosférica, depósito y transporte de contaminantes entre cuencas atmosféricas. 8. Se realizan estudios de exposición personal a contaminantes atmosféricos para determinar el impacto a mediano y largo plazos. 9. Se llevan a cabo estudios de investigación sobre el impacto de la contaminación del aire en la morbilidad y mortalidad. 10. Se consolida el sistema de vigilancia epidemiológica de la Megalópolis. 11. Se fortalece la investigación sobre el impacto de la contaminación del aire y su valoración económica, desarrollando las métricas nacionales que permitan estimar los daños sobre cultivos, bosques y ecosistemas, patrimonio cultural y materiales, para incluir estos elementos en la ecuación del costo-beneficio debido a la mejora de la calidad del aire. 12. Se lleva a cabo investigación en ciencias jurídicas y sociales para identificar las barreras culturales e institucionales, así como vacíos legales, que explican el comportamiento de los individuos y los grupos sociales, que limitan los alcances efectivos de las propuestas técnico / científicas de políticas públicas. 13. Para impulsar el desarrollo de la agenda científica se conformarán grupos técnicos de trabajo integrados por personal de las entidades, la comunidad académica, sectores social y privado, e investigadores.
Beneficios	Mejorar la disponibilidad y calidad de información técnico–científica, social y jurídica para fortalecer la toma de decisiones.
Implementación	La CAME y gobiernos locales deberán priorizar los estudios a realizar basándose en necesidades y disponibilidad presupuestal. Se estima un

instrumentación	costo inicial de 300 millones de pesos para su implementación.						
Calendario	Actividad	2017	2018	2019	2020	...	2030
	1. Reforzar y ampliar los Sistemas de Monitoreo Atmosférico de Calidad del Aire ubicados en la Megalópolis	X	X	X	X	X	X
	2. Se realizan mediciones en campo de las emisiones en fuentes fijas y móviles	X	X	X	X	X	X
	3. Desarrollar el modelo ecosistémico de generación de emisiones de la Megalópolis	X	X				
	4. Desarrollar encuestas de origen-destino de usuarios de los medios de transporte y de movimiento de bienes, para soportar las políticas de movilidad en la Megalópolis		X	X			
	5. Desarrollar una plataforma de información para la gestión de la movilidad		X	X			
	6. Construir una plataforma de modelación de calidad del aire de la Megalópolis con fines de pronóstico y evaluación de políticas		X	X			
	7. Realizar estudios de campo sobre química atmosférica y transporte de contaminantes entre cuencas atmosféricas		X	X	X	X	X
	8. Realizar estudios de exposición personal a contaminantes atmosféricos	X	X	X	X	X	X
	9. Llevar a cabo estudios de investigación sobre el impacto de la contaminación del aire en la morbilidad y mortalidad evitables		X	X	X	X	X
	10. Consolidar el sistema de vigilancia epidemiológica de la Megalópolis		X	X	X		
	11. Investigar el impacto de la contaminación del aire y su valoración económica en cultivos, bosques, patrimonio histórico-cultural y materiales		X	X	X	X	X
	12. Realizar investigación en las ciencias jurídicas y sociales para Identificar barreras culturales e institucionales, y vacíos legales		X	X	X	X	
	13. Conformación de grupos de trabajo.		X	X	X	X	X
Indicadores de implementación	Contratos o convenios para el desarrollo de estudios.						

Indicadores de resultados	<ul style="list-style-type: none">• Estudios realizados.• Normas modificadas o elaboradas y/o acciones implementadas basadas en resultados de estudios realizados.
Fuentes de información para los indicadores	<ul style="list-style-type: none">• CAME.• Gobiernos locales.• SEMARNAT.

Medida No. 38	Ampliar la cobertura geográfica de la Megalópolis en el marco de la CAME
Responsable(s)	<ul style="list-style-type: none"> • CAME • SEMARNAT • Gobiernos de las entidades que conforman la CAME • Gobierno de Querétaro
Objetivo	Incorporar a todos los municipios del Estado de México, Puebla e Hidalgo, así como a Querétaro en el convenio de creación de la CAME.
Meta	<ul style="list-style-type: none"> • Ampliar la región de la Megalópolis para aplicar una gestión de calidad del aire coordinada en territorios que muestran interrelación en el transporte de contaminantes.
Justificación	<ul style="list-style-type: none"> • La sustentabilidad de la Megalópolis requiere un enfoque regional que tome en cuenta los procesos de deterioro de los recursos que la sustentan, más allá de un enfoque urbano o demográfico. • Las actividades económicas en el centro de México, incluyendo el transporte de personas y bienes, son intensas y están íntimamente relacionadas. • Estudios recientes sobre el transporte de contaminantes en la región centro de México muestran que municipios no incluidos en la CAME, pueden ser receptores de contaminantes originados en las zonas metropolitanas de la Megalópolis, afectando la salud de sus habitantes, sus cultivos y bosques. • En municipios no incluidos en la Megalópolis de la región centro de México se ubican fuentes de emisión de precursores de ozono, PM₁₀ y PM_{2.5} que, además de afectar a sus pobladores, también pueden tener un impacto negativo en la salud de los habitantes de las zonas metropolitanas, en sus bosques y zonas agrícolas. Un ejemplo de esto son los dos ingenios ubicados en Puebla, Atencingo y Calipam ubicados en Chiatla y Coxcatlán, municipios que actualmente no forman parte de la CAME. • Por otra parte, los procesos económicos, de expansión urbana, de especialización económica y la misma regulación ambiental, pueden dar lugar a la generación de nuevas fuentes de emisión en municipios no incorporados a la CAME. • El marco jurídico y en especial la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, señala que la gestión de la calidad del aire debe realizarse bajo el concepto de cuenca atmosférica. La Megalópolis se expande a lo largo de varias cuencas atmosféricas interconectadas entre sí. • Para fines de gestión de la calidad del aire y de protección de la salud pública y de los ecosistemas, es conveniente que todos los municipios de las entidades formen parte de la definición de la Megalópolis; no obstante, para los fines de implementación de

	políticas, programas o acciones específicas, los gobiernos de las entidades federativas podrán determinar cuáles de ellos participan.														
Descripción de acciones	La SEMARNAT y los gobiernos de las entidades que forman parte de la megalópolis actualizan el Convenio correspondiente para incluir a la totalidad de los municipios del Estado de México, Puebla, Hidalgo y Querétaro en la CAME.														
Beneficios	Conformar una región en la que las políticas públicas de prevención y control de la contaminación del aire estén acordadas, coordinadas e interrelacionadas para mejorar la calidad del aire de la región.														
Calendario	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Actividad</th> <th>2017</th> <th>2018</th> <th>2019</th> <th>2020</th> <th>...</th> <th>2030</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1. Actualización del convenio de coordinación</td> <td>X</td> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Actividad	2017	2018	2019	2020	...	2030	1. Actualización del convenio de coordinación	X	X	X			
Actividad	2017	2018	2019	2020	...	2030									
1. Actualización del convenio de coordinación	X	X	X												
Indicadores de implementación	<ul style="list-style-type: none"> Actualización del Convenio que crea la CAME. 														
Indicadores de resultados	<ul style="list-style-type: none"> Políticas públicas ambientales aplicables a la nueva región definida bajo el convenio de coordinación de la CAME. 														
Fuentes de información para los indicadores	<ul style="list-style-type: none"> DOF. CAME. 														

VII.2. Reducción de las emisiones por el conjunto de medidas

A continuación se resumen los beneficios estimados en términos de reducción de emisiones para los diferentes contaminantes criterio y climáticos, derivados de la aplicación de las medidas del PROAIRE DE LA MEGALÓPOLIS 2017-2030, así como el porcentaje que representa dicha reducción con respecto a las emisiones del 2015:

- SO₂: 105,816 ton/año, 75.3% de reducción
- PM₁₀: 36,245 ton/año, 38.8% de reducción
- PM_{2.5}: 39,855 ton/año, 57.8% de reducción
- NOx: 130,251 ton/año, 32.4% de reducción
- COV: 315,369 ton/año, 46.4% de reducción
- CO₂: 10'143,127 ton/año, 9.4% de reducción
- CN: 5,228 ton/año, 59.8% de reducción.

VII.3. Diseño de un mecanismo de implementación, seguimiento y evaluación

A continuación se describe el procedimiento de seguimiento y evaluación para vigilar la implementación de las medidas establecidas y evaluar el avance hacia el logro de objetivos y metas de reducción.

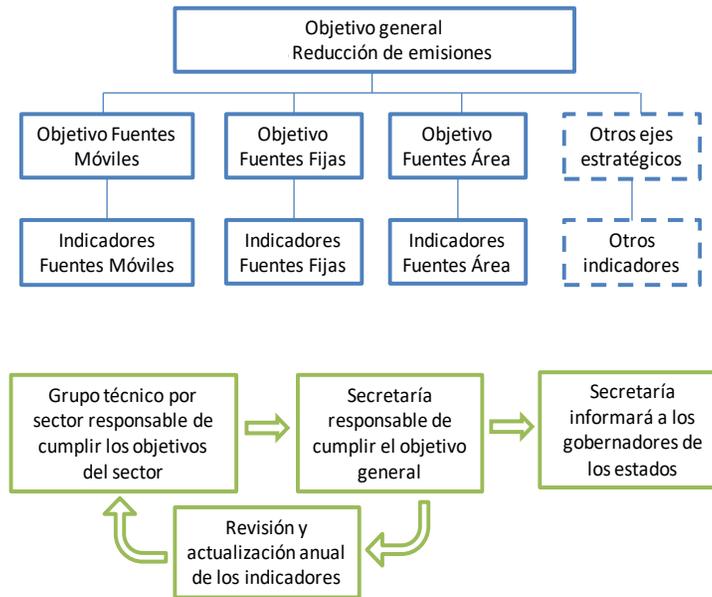
Este procedimiento incluye la participación de las autoridades competentes en el marco de sus responsabilidades y atribuciones legales, la preparación de reportes, así como la vinculación con organizaciones del sector privado y la sociedad civil, y en particular con el Consejo Asesor de la CAME.

A fin de garantizar que las medidas se apliquen en tiempo, es importante que se lleve a cabo un proceso regular de seguimiento y evaluación.

El objetivo de este proceso será evaluar los avances en la implementación de las medidas frente a los indicadores predefinidos y el objetivo general para evaluar el éxito en la implementación, así como identificar y resolver problemas y retrasos.

La FIGURA VII.1 esboza la estructura de alto nivel de los objetivos e indicadores y el flujo de responsabilidades para alcanzar estos objetivos.

FIGURA VII.1 MARCO DE IMPLEMENTACIÓN, SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN



Se crearán grupos de trabajo técnicos en cada área estratégica para supervisar y evaluar la implementación. Los grupos de trabajo técnico informarán a la CAME para evidenciar el avance e identificar las áreas donde se necesitan esfuerzos adicionales.

Esta evaluación se realizará cada dos años y facilitará la contribución técnica especializada y la discusión entre los distintos grupos involucrados para remover las barreras y avanzar en la implementación, lo que alimentará un proceso de reevaluación y ajuste de los indicadores para el siguiente año.

Los informes de avance se presentarán bienalmente a los gobernadores y se publicarán en un informe accesible al público, en el que se registrarán los progresos realizados en relación con todos los indicadores de manera accesible y se presentará el plan de trabajo para los siguientes 24 meses.

Los grupos de trabajo técnico presentarán a la SEMARNAT, CAME y a su Consejo Asesor un informe de avance semestral y uno anual.

REFERENCIAS

Almanza, V.H., Molina, L.T., Sosa, G., 2012. Soot and SO₂ contribution to the supersites in the MILAGRO campaign from elevated flares in the Tula Refinery. *Atmos. Chem. Phys.* 12, 10583-10599.

Arriaga L., 2000. Regiones terrestres prioritarias de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

Balderas, G. D., Mayorga, R., Jáuregui, E., 2004. Patrones de viento y topografía local en la Ciudad de Puebla. Presentado en: Congreso Internacional "Climatología Urbana, Contaminación Atmosférica y Bioindicación". La Paz – Bolivia. Junio.

Baklanov, A., Molina, L.T., Gauss, M., 2016. Megacities, air quality and climate. *Atmospheric Environment* 126, 235-249.

Barrera-Huertas Hugo, Ricardo Torres-Jardón, José Santos García-Yee, Jorge Alejandro Torres-Jaramillo, José Agustín García-Reynoso, Manuel García-Espinosa, Wilfrido Gutiérrez- López, Miguel Ángel Robles-Roldan, Ana Patricia Martínez, Luisa Molina, Luis Gerardo Ruiz-Suárez, 2016. Air quality and photochemical reactivity in the atmospheric basin Puebla-Tlaxcala, Mexico. Para enviarse a *Atmospheric Environment*.

B. de Foy, Caetano, E., Magaña, V., Zitácuaro, A., Cárdenas, B., Retama, A., Ramos, R., Molina, L.T., Molina, M.J., 2005. Mexico City basin wind circulation during the MCMA-2003 field campaign. *Atmos. Chem. Phys.* 5, 2267-2288.

B. de Foy, Fast, J.D., Paech, S.J., Phillips, D., Walters, J.T., Coulter, R.L., Martin, T.J., Pekour, M.S., Shaw, W.J., Kastendeuch, P.P., Marley, N.A., Retama, A., Molina, L.T., 2008. Basin-scale wind transport during the MILAGRO field campaign and comparison to climatology using cluster analysis, *Atmos. Chem. Phys.*, pp. 1209-1224.

B. de Foy, N. A. Krotkov, N. Bei, S. C. Herndon, L. G. Huey, A.-P. Martínez, L. G. Ruiz-Suárez, E. C. Word, M. Zavala, Molina., L.T., 2009. Hit from both sides: tracking industrial and volcanic plumes in Mexico City with surface measurements and OMI SO₂ retrievals during the MILAGRO field campaign. *Atmos. Chem. Phys.* 9, 9599–9617.

Borrego-Hernández, Ó., García-Reynoso, J.A., Ojeda-Ramírez, M.M., Suárez-Lastra, M., 2014. Retrospective health impact assessment for ozone pollution in Mexico City from 1991 to 2011. *Atmósfera* 27, 261-271.

Caetano, E., Magaña, V., 2007. Identificación de Cuencas Atmosféricas en México. Instituto Nacional de Ecología.

Calderón-Garcidueñas, L., Torres-Jardón, R., 2015. The Impact of Air Pollutants on the Brain. *JAMA psychiatry* 72, 529-530.

Calderón-Garcidueñas, L., Torres-Jardón, R., Kulesza, R.J., Park, S.-B., D'Angiulli, A., 2014. Air pollution and detrimental effects on children's brain. The need for a multidisciplinary approach to the issue complexity and challenges. *Frontiers in human neuroscience* 8.

CCA (2014), La quema de residuos agrícolas: fuente de dioxinas, Comisión para la Cooperación Ambiental, Montreal, Canadá, 6 pp.

Challenger A., 1998. Utilización y conservación de los ecosistemas de México: pasado, presente y futuro. Instituto de Biología, UNAM, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México D.F.

Challenger A. y J. Soberón, 2008. Los ecosistemas terrestres, en *Capital natural de México*, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. CONABIO, México, pp. 87-108.

CENAPRED, 2008. Incendios Forestales. 47 pp. ISBN: 978-607-7558-10-1.

CESCM y Centro Geo, 2016. Tendencias territoriales determinantes del futuro de la Ciudad de México. Consejo Económico y Social de la Ciudad de México, Centro de Investigación en Geografía y Geomática Ing. Jorge L. Tamayo. Primera edición, agosto de 2016.

CLRTAP, 2015. Mapping Critical Levels for Vegetation, Chapter III of Manual on methodologies and criteria for modelling and mapping critical loads and levels and air pollution effects, risks and trends, UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution.

Colombert, 2008. Contribution à l'analyse de la prise en compte du climat urbain dans les différents moyen d'intervention sur la ville. *Engineering Sciences (physics)*. Université Paris-Est.

CONABIO, 2009. *Capital Natural de México. Síntesis: conocimiento actual, evaluación y perspectivas de sustentabilidad*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.

CONACULTA, 2003. *Atlas de Infraestructura Cultural de México*. Consejo Nacional para la Cultura y las Artes. Capítulo III Patrimonio, 33-94.

CONAFOR, 2014. Programa Nacional Forestal 2014-2018.

CONAFOR, 2016. Reporte semanal de resultados de incendios forestales 2016. Programa Nacional de Prevención de Incendios Forestales. Gerencia de Manejo del Fuego. CONAFOR.

CONANP, 2016. Las Áreas Naturales Protegidas de México. Dirección de Comunicación y Cultura para la Conservación (<http://www.conanp.gob.mx/regionales/>).

Díaz-Nigenda, E., Tatarko, J., Jazcilevich, A.D., García, A.R., Caetano, E., Ruíz-Suárez, L.G., 2010. A modeling study of Aeolian erosion enhanced by surface wind confluences over Mexico City. *Aeolian Research* 2, 143-157.

Doran, J.C., Zhong, S., 2000. Thermally Driven Gap Winds into the Mexico City Basin. *Journal of Applied Meteorology* 39, 1330-1340.

Escalante García, J.S., García Reynoso, J.A., Jazcilevich Diamant, A., Ruiz-Suárez, L.G., 2014. The influence of the Tula, Hidalgo complex on the air quality of the Mexico City Metropolitan Area. *Atmósfera* 27, 215-225.

Espinasa Pereña, R., 2012. Historia de la actividad del Volcán Popocatepetl 17 años de erupciones. CENAPRED, México.

Estrada F., A. Martínez-Arroyo, A. Fernández-Eguiarte, E. Luyando and C. Gay., 2009. Defining climate zones in México City using multivariate analysis. *Atmósfera*, 22(2), 175-193.

Flores M. G., J. Jiménez L., X. Madrigal S., F. Moncayo R. y F. Takaki T, 1971. Memoria del mapa de tipos de vegetación de la República Mexicana. Secretaría de Recursos Hidráulicos, México.

Fujita, E.M., Bart E. Croes, Charles L. Bennett, Douglas R. Lawson, Frederick W. Lurmann, Main, H.H., 1992. Comparison of Emission Inventory and Ambient Concentration Ratios of CO, NMOG, and NOx in California's South Coast Air Basin. *Journal of the Air & Waste Management Association* 42, 264-276.

García Reynoso, J.A., Ruiz Suárez., L.G., García Escalante, S., N.A., R.J., 2009. Comportamiento de los contaminantes en cuencas atmosféricas: metodología y estudio de caso. Instituto Nacional de Economía, México, DF.

García-Reynoso, A., Jazcilevich, A., Ruiz-Suarez, L.G., Torres-Jardon, R., Lastra, M.S., Juarez, N.A.R., 2009. Ozone weekend effect analysis in Mexico City. *Atmosfera* 22, 281-297.

García Yee, J.S., J. A. García Reynoso, M. Grutter de la Mora, Stremme, W., H. Barrera Huertas, J. A. Torres Jaramillo, Álvarez, J.A.O., L. G. Ruiz-Suárez, 2016. Use of

concurrent top down approaches to assess emissions inventories for the central Mexico cities belt IGAC 2016, Breckenridge CO.

García-Yee, J.S., R. Torres-Jardón, H. Barrera-Huertas, T. Castro, O. Peralta, M. García, W. Gutiérrez, M. Robles, A. Torres-Jaramillo, A. Ortíz, Ruiz-Suárez, L.G., 2016. Characterization of NO_x-O_x relationships during daytime exchange of air masses over a mountain pass in the Mexico City Megalopolis. *Atmos. Env.* Sometido a arbitraje.

Garciduenas, L.C., Melo-Sanchez, G., Vargas-Martinez, J., Macias-Escobedo, E., Hernandez-Orona, V.L., Cano-Gutierrez, G., Avila-Ramirez, J., Torres-Jardon, R., 2015. Air pollution and children: barrier breakdown, inflammation, brain immunity and neurodegeneration. *Journal of the Neurological Sciences* 357, e509.

G. Mills, A. Buse, B. Gimeno, V. Bermejo, M. Holland, L. Emberson, Pleijel, H., 2007. A synthesis of AOT40-based response functions and critical levels of ozone for agricultural and horticultural crops. *Atmospheric Environment* 41, 2630–2643.

Gobierno de la República, 2014. Programa Especial de Cambio Climático 2014-2018. México (PECC).

Gobierno de la República-SEMARNAT, 2014. Programa de Gestión para Mejorar la Calidad del Aire de la Zona Metropolitana de Querétaro-San Juan del Río 2014-2023. Primera Edición.

Gobierno del Estado de Hidalgo-SEMARNAT, 2016. Programa de Gestión para mejorar la calidad del aire del Estado de Hidalgo PROAIRE 2016-2024.

Gobierno del Estado de México-Gobierno del Distrito Federal-SEMARNAT-INE, 2002. Programa para mejorar la calidad del aire de la zona Metropolitana del Valle de México 2002-2010.

Gobierno del Estado de México-Secretaría del Medio Ambiente, 2012. Programa para Mejorar la Calidad del Aire del Valle de Toluca (2012-2017). Metepec, Estado de México. Primera Edición.

Gobierno del Estado de Morelos-SEMARNAT-CEAMA, 2009. Programa para el mejoramiento de la calidad del aire de la zona metropolitana de Cuernavaca 2009-2012.

Gobierno del Estado de Puebla-SEMARNAT, 2012. Programa de Gestión de Calidad del Aire 2012-2020 del Estado de Puebla. Puebla, México.

González Medrano F., 2003. Las comunidades vegetales de México. Instituto Nacional de Ecología, México.

Hoek, G. et al., 2013. Long-term air pollution exposure and cardio- respiratory mortality: a review. *Environmental Health*, 12(43), pp. 1-16.

IHME, 2016. GBD Compare. [En línea].

INAH, 2007. Dirección de Registro Público de Monumentos y Zonas arqueológicas. Instituto Nacional de Antropología e Historia. Inventario de la Zona Metropolitana del Valle de México, 2007, en CD.

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) y Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), 2013. Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero. INECC/SEMARNAT, México.

INECC, 2014. Estudios de Calidad del Aire y su Impacto en la Región Centro de México. Informe Final, Tomo I. Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM. 2014.

INECC, 2015. Estudios de Calidad del Aire y su Impacto en la Región Centro de México. Informe Final, Tomo II. Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM. 2015.

INECC, 2016a. Diagnóstico sobre de la calidad del aire en cuencas atmosféricas de México. Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM. 2016.

INECC, 2016b. Elementos metodológicos para elaborar los programas de calidad del aire de las ciudades y zonas metropolitanas del país. Centro de Estudios sobre Equidad y Desarrollo A. C., AEQUUM. 2016.

INECC, 2016c. Estimación de Impactos en la Salud por Contaminación Atmosférica en la Región Centro del País y Alternativas de Gestión. Instituto Nacional de Salud Pública. 2016.

INECC, 2016d. Informe de Auditoría Técnica al Sistema de Monitoreo de la Calidad del Aire del Estado de Hidalgo. Coordinación General de Contaminación y Salud Ambiental, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. 2016.

INECC, 2016e. Informe de Visita de Diagnóstico Sistema de Monitoreo del Estado de Hidalgo. Coordinación General de Contaminación y Salud Ambiental, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. 2016.

INECC, 2016f. Informe de Visita de Diagnóstico Sistema de Monitoreo del Estado de Morelos. Coordinación General de Contaminación y Salud Ambiental, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. 2016.

INECC, 2016g. Informe de Visita Técnica Sistema de Monitoreo de la Ciudad de Puebla. Coordinación General de Contaminación y Salud Ambiental, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. 2016.

INECC, 2016h. Informe de Visita Técnica Sistema de Monitoreo del Estado de Tlaxcala. Coordinación General de Contaminación y Salud Ambiental, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. 2016.

INECC, 2016i. Informe de Auditoría Técnica al Sistema de Monitoreo de la Calidad del Aire de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca. Coordinación General de Contaminación y Salud Ambiental, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. 2016.

INECC, 2016j. Informe de Visita de Diagnóstico Sistema de Monitoreo de la Zona Metropolitana del Valle de Toluca. Coordinación General de Contaminación y Salud Ambiental, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. 2016.

INECC, 2016k. Análisis Climatológico de la Región Centro del País. Reporte Final. Coordinación General de Adaptación al Cambio Climático y Coordinación General de Contaminación y Salud Ambiental, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. 2016.

INECC, 2016l. Desarrollo del Marco Programático para Acciones Estratégicas de Calidad del Aire de la Megalópolis. Reporte Final. Coordinación General de Contaminación y Salud Ambiental, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. Clean Air Institute. 2016.

INECC, 2016m. Estado Actual y Tendencias de la Calidad del Aire en la Megalópolis. Coordinación General de Contaminación y Salud Ambiental, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. 2016.

INECC, 2016n. Determinación de factores de emisión de bióxido de carbono, partículas en suspensión de 2.5 y 10 micras, y contaminantes de vida corta, metano y carbono negro por prácticas de quema agrícola. 2016.

INECC, 2016ñ. Evolución de la calidad del aire de la ZMVM y episodios de ozono durante la temporada seca – caliente. Coordinación General de Contaminación y Salud Ambiental, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. 2016.

INECC, 2017. Estado Actual y Tendencias de la Calidad del Aire en la ZMVM, ZMVT y Morelos, 2016. Coordinación General de Contaminación y Salud Ambiental, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. 2017.

INECC, 2017a. Acciones estratégicas para mejorar la calidad del aire de la Megalópolis (AECAM 2017-2030). Informe Final. Coordinación General de Contaminación y Salud Ambiental. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. Ciudad de México. Abril de 2017.

INEGI, 2000. Diccionario de datos de uso de suelo y vegetación: escala 1:250 000 (vectorial). Dirección General de Geografía, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Aguascalientes.

INEGI, 2003. Conjunto de datos vectoriales de la carta de vegetación primaria 1:1 000 000. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Aguascalientes.

INEGI, 2005. Conjunto de datos vectoriales de la carta de uso del suelo y vegetación: escala 1:250 000. Serie III (continuo nacional). Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Aguascalientes.

INEGI, 2015. Conjunto de Datos vectoriales de la Carta de Uso de Suelo y Vegetación: escala 1:250000. Serie V. (Capa Unión). En <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/reconat/ususuelo/Default.aspx>.

INEGI, 2015a. Encuesta Intercensal 2015. [En línea].

INEGI, Conjunto de datos vectoriales de Uso de Suelo y Vegetación. Serie V (Capa Unión). Escala 1:250 000. 2015.

INSP-CMM, 2015. Beneficios sociales por mejorar la calidad del aire en México: Impactos a la salud y su valoración económica, s.l.: Instituto Nacional de Salud Pública y Centro Mario Molina para Estudios Estratégicos sobre Energía y Medio Ambiente.

Jáuregui, E., 1989. The dust storms of Mexico City. *International Journal of Climatology* 9, 169-180.

Jazcilevich, A., Garcia, A., Ruiz-Suarez, L., 2003. A study of air flow patterns affecting pollutant concentrations in the Central Region of Mexico. *Atmospheric Environment* 37, 183-193.

Jazcilevich, A.D., Reynoso, A.G., Grutter, M., Delgado, J., Ayala, U.D., Lastra, M.S., Zuk, M., Oropeza, R.G., Lents, J., Davis, N., 2011. An evaluation of the hybrid car technology for the Mexico Mega City. *Journal of Power Sources* 196, 5704-5718.

Jazcilevich Diamant, A., Cruz Núñez, C., Rojas Rueda, A., Tripp Rivera, M.d.J., Ruiz Suárez, L.G., García Reynoso, J.A., 2012. Programa de acción para reducir las emisiones en la flota vehicular diésel en el Distrito Federal. UNAM.

Künzli, N. y otros, 2000. Public-health impact of outdoor and traffic-related air pollution: a European assessment. *The Lancet*, Volumen 356, pp. 795-801.

Lei, W., de Foy, B., Zavala, M., Volkamer, R., Molina, L.T., 2007. Characterizing ozone production in the Mexico City Metropolitan Area: a case study using a chemical transport model. *Atmospheric Chemistry and Physics* 7, 1347-1366.

Lepeule, J., Laden, F., Dockery, D. & Schwartz, J., 2012. Chronic Exposure to Fine Particles and Mortality: An Extended Follow-up of the Harvard Six Cities Study from 1974 to 2009. *Environmental Health Perspectives*, 120(7), pp. 965-970.

L. G. Ruiz-Suárez, J. S. García Yee, J. A. García Reynoso, M. Grutter de la Mora, Stremme, W., H. Barrera Huertas, J. A. Torres Jaramillo, Álvarez, J.A.O., 2016. Use of concurrent top down approaches to assess emissions inventories for the central Mexico cities belt IGAC 2016, Breckenridge CO.

López-Díaz F., C. Conde y O. Sánchez, 2013. Analysis of Indices of Extreme Temperature Events at Apizaco, Tlaxcala, Mexico: 1952-2003. *Atmósfera*. 26(3), 349-358.

López F., O. Sánchez y C. Conde, 2014. Capítulo III: Análisis de Tendencias y Eventos Climáticos Extremos. *Historia del Clima de la Ciudad de México: Efectos Observados y Perceptivos*. Publicado por el Centro Virtual de Cambio Climático de la Ciudad de México en colaboración con Instituto de Ciencia y Tecnología del Gobierno Federal, ahora Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación. 47-72. ISBN: 978607-02-6224-1.

López, M.T., Villasenor, R., Quintanar, A.I., Mora, V., 1970. Transport and dispersion of blowing dust in the Mexico Basin. *WIT Transactions on Ecology and the Environment* 51.

Lozano M., 2009. Eventos extremos de precipitación: Estudio de caso en Apizaco, Tlaxcala. Tesis para obtener el grado de Maestra en Ciencias de la Tierra, del Programa de Posgrado en Ciencias de la Tierra, UNAM. 121 pp.

L. T. Molina, C. E. Kolb, B. de Foy, B. K. Lamb, W. H. Brune, J. L. Jimenez, R. Ramos-Villegas, J. Sarmiento, V. H. Paramo-Figueroa, B. Cardenas, V. Gutierrez-Avedoy, and M. J. Molina, 2007. Air quality in North America's most populous city – overview of the MCMA-2003 campaign, *Atmos. Chem. Phys.*, 7, 2447–2473, 2007.

Magaña, V., J.A. Amador y S. Medina (1999). The mid-summer drought over Mexico and Central America. *J. Climate*, 12, 1577-1588.

Magaña V., J.L. Pérez, C. Conde, C. Gay y S. Medina, 1997. El Fenomeno de El Niño y la Oscilación del Sur (ENOS) y sus Impactos en México. Departamento de Meteorología General. Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM, 18 pp.

Magaña V., J. Pérez, J. Vázquez, E. Carrisoza y J. Pérez, 1999a. El Niño y el Clima. Capítulo 2 de libro: Los Impactos de El Niño en México. México: UNAM, IAI SG. 23–62.

March I.J., M.A. Carvajal, R.M. Vidal, J.E. San Román, G. Ruiz et al., 2009. Planificación y desarrollo de estrategias para la conservación de la biodiversidad, en Capital natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio. CONABIO, México, pp. 545-573.

Martínez F. L., 2015. Introducción a los ecosistemas urbanos, Universidad Iberoamericana, A. C.

MCE2, 2009. Análisis y síntesis de los resultados de las Campañas MCMA-2003 y MILAGRO-2006 para su uso en la formulación de estrategias en materia de cambio climático y contaminación local en la ZMVM. Molina Center for Energy and the Environment. Instituto Nacional de Ecología.

Middleton, J.T., Kendrick Jr, J.B., Schwalm, H.W., 1950. Injury to herbaceous plants by smog or air pollution. *Plant Dis.:(United States)* 34.

Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ) de Alemania y CONANP, 2016. Conservación de la biodiversidad en la parte central del Eje Neovolcánico (<https://www.giz.de/en/worldwide/33542.html>).

Miranda F., 1957. Vegetación de la vertiente del Pacífico de la Sierra Madre de Chiapas (México) y sus relaciones florísticas. *Proceedings of the 8th Pacific Science Congress*, vol. 4. Instituto Botánico de Chiapas, Tuxtla Gutiérrez, pp. 438-453.

Miranda F., 1964. Vegetación de la península yucateca. Serie de sobretiros núm. 2, Colegio de Postgraduados, Escuela Nacional de Agricultura, Chapingo.

Miranda F. y E. Hernández X., 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 28: 29-179.

Molina, L. T. and Molina, M. J., editors, 2002. *Air Quality in the Mexico Megacity: An Integrated Assessment*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.

Molina, L.T., Madronich, S., Gaffney, J.S., Apel, E., de Foy, B., Fast, J., Ferrare, R., Herndon, S., Jimenez, J.L., Lamb, B., Osornio-Vargas, A.R., Russell, P., Schauer, J.J., Stevens, P.S., Volkamer, R., Zavala, M., 2010. An overview of the MILAGRO 2006 Campaign: Mexico City emissions and their transport and transformation, *Atmos. Chem. Phys.*, pp. 8697-8760.

Morales C., Madrigal D. y González LA, 2007. Isla de calor en Toluca, México. *CIENCIA ergo sum*, Vol. 14-3. 307-316.

Moreno Jaimes, C., 2007. Los límites políticos de la capacidad institucional: un análisis de los gobiernos municipales en México. *Revista de ciencia política (Santiago)* 27, 131-153.

Mugica-Alvarez Violeta, Santiago-de la Rosa Naxieli, Figueroa-Lara Jesús, Flores Rodríguez Julio, Magaña-Reyes Miguel. 2015. Emissions of PAHs derived from burning and processing of sugarcane in Chiapas and Morelos México. *The Science of the Total Environment*. 474-482. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2015.04.089.

Myatt G. y Johnson W., 2009: *Making sense of data II: a practical guide to data visualization, advanced data mining methods, and applications*. Edit. Wiley, 290 pp.

Narváez Porras, O., Cano Valle, F., 2004. CENIZAS VOLCÁNICAS: CONTAMINACIÓN AMBIENTAL. *Revista del Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias* 17, 232-238.

National Academies of Sciences, E., and Medicine, 2016. *The Future of Atmospheric Chemistry Research: Remembering Yesterday, Understanding Today, Anticipating Tomorrow* National Academy Press, Washington, DC.

OECD, 2015. *Territorial Reviews: Valle de México, México*. OECD Publishing, París, Francia.

OMM, 2011. *Guía de prácticas climatológicas*. OMM-No 100. 129 pp.

Pope III, C. A. y otros, 2002. Lung Cancer, Cardiopulmonary Mortality, and Long-term Exposure to Fine Particulate Air Pollution. *JAMA*, 287(9), pp. 1132-1141.

Pope III, C. A. y otros, 2004. Cardiovascular Mortality and Long-Term Exposure to Particulate Air Pollution: Epidemiological Evidence of General Pathophysiological Pathways of Disease. *Circulation*, Volumen 109, pp. 71-77.

Pozzo, M.-D., Lillian, A., 2012. Precursors to eruptions of Popocatepetl volcano, Mexico. *Geofísica internacional* 51, 87-107.

Pressey R. L., Humphries C. J., Margules, C. R. Vane-Wright, R. I. & Williams, P. H., 1993. Beyond opportunism: key principles for systematic reserve selection. *Trends in ecology & evolution*, 8(4), 124-128.

Ramanathan, V., Carmichael, G.R., 2008. Global and regional climate changes due to black carbon. *Nature Geoscience Letters* 221–227.

Richards, B.L., Middleton, J.T., Hewitt, W.B., 1958. Air pollution with relation to agronomic crops. V. Oxidant stipple of grape. Agron. J.:(United States) 50.

Rivera, C., Sosa, G., Wöhrnschimmel, H., de Foy, B., Johansson, M., Galle, B., 2009. Tula industrial complex (Mexico) emissions of SO₂ and NO₂ during the MCMA 2006 field campaign using a mobile mini-DOAS system. Atmospheric Chemistry & Physics 9.

Rivera-Tapia, A., Yáñez-Santos, A., Cedillo-Ramírez, L., 2005. Emisión de ceniza volcánica y sus efectos. Revista Ecosistemas 14.

Romieu, I., Palazuelos, E., Avila, M.H., Rios, C., Muñoz, I., Jimenez, C., Cahero, G., 1994. Sources of lead exposure in Mexico City. Environmental Health Perspectives 102, 384.

Ruiz-Suárez, L.G., R. Torres-Jardón, H. Woernschimmel, R. Steinbrecher, W.Junkerman, E. Nigenda, A. García-Reynoso, M. Melamed, A. Jazcilevich, B.E. Mar-Morales, M. Grutter, Molina, L., 2010. In depth analysis of the role of the mountain gap south of the Valley of Mexico on the air quality in Mexico City. EGU2010-14043-1., European Geosciences Union, General Assembly 2010, Viena, Austria.

Rzedowski J., 1978. Vegetación de México. Limusa, México.

Rzedowski J., 1998. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México, en T.P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa (eds.) Diversidad biológica de México: orígenes y distribución. Instituto de Biología, UNAM, México, pp. 129-145.

Rzedowski J., 2006. Vegetación de México. 1ra. Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.

SAGARPA, 2012. México: El sector agropecuario ante el desafío del cambio climático. México, D.F:

SAGARPA, 2015a. Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Infografía Agroalimentaria de Querétaro 2015. México D.F.

SAGARPA, 2015b. Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Infografía Agroalimentaria de Hidalgo 2015. México D.F.

SAGARPA, 2015c. Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Infografía Agroalimentaria de Tlaxcala 2015. México D.F.

SAGARPA, 2015d. Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Infografía Agroalimentaria del Distrito Federal 2015. México D.F.

SAGARPA, 2015e. Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Infografía Agroalimentaria del Estado de México 2015. México D.F.

SAGARPA, 2015f. Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Infografía Agroalimentaria de Puebla 2015. México D.F.

SAGARPA, 2015g. Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Infografía Agroalimentaria de Morelos 2015. México D.F.

Salcedo, D., Castro, T., Ruiz-Suárez, L.G., García-Reynoso, A., Torres-Jardón, R., Torres-Jaramillo, A., Mar-Morales, B.E., Salcido, A., Celada, A.T., Carreón-Sierra, S., Martínez, A.P., Fentanes-Arriaga, O.A., Deustúa, E., Ramos-Villegas, R., Retama-Hernández, A., Saavedra, M.I., Suárez-Lastra, M., 2012. Study of the regional air quality south of Mexico City (Morelos state). *Science of The Total Environment* 414, 417-432.

Sánchez, E.M., 2007. Características territoriales, ambientales y sociopolíticas del Municipio de Texcoco, Estado de México. *Quivera* 9, 177-206.

Sarukhán J., 1964. Estudio sucesional de un área talada en Tuxtepec, Oax., en Contribución al estudio fitoecológico de las zonas cálido-húmedas de México. *Inst. Nac. Inv. For. Méx. (publicación especial núm. 3)*, pp. 65-175.

Sarukhán J., Koleff P., Carabias J., Soberón J., Dirzo R., Llorente-Bousquets J., & Anta S., 2009. Capital natural de México. Síntesis: conocimiento actual, evaluación y perspectivas de sustentabilidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Gobierno del Distrito Federal, Gobierno del Estado de México, 2011. Programa para mejorar la calidad del aire de la Zona Metropolitana del Valle de México 2011-2020.

SEMARNAT-INECC, 2015. Elementos mínimos para la elaboración de los Programas de Cambio Climático de las Entidades Federativas. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.

SEMARNAT. 2016. Compendio de Estadísticas Ambientales. Edición 2016. Dirección General de Vida Silvestre. Ciudad de México.

Servicio Geológico Mexicano, 2016. Anuario Estadístico de la Minería Mexicana, 2015. Coordinación General de Minería. Hidalgo, México.

Sheinbaum Pardo C., A. Jazcilevich Diamant, C. Siebe Grabach, García, E.C., 2014. Mitigación de fuentes de material particulado emitidos por erosión eólica que afectan la Zona Metropolitana del Valle de México. Universidad Nacional Autónoma de México.

Sosa, G., Vega, E., González-Avalos, E., Mora, V., López-Veneroni, D., 2013. Air Pollutant Characterization in Tula Industrial Corridor, Central Mexico, during the MILAGRO Study. *BioMed Research International* 2013, 13.

SSA, 2014. Norma Oficial Mexicana NOM-020-SSA1-2014, Salud Ambiental. Valor Límite permisible para la concentración de Ozono (O₃) en el aire ambiente y criterios para su evaluación. Secretaría de Salud, Mexico.

Streit, G.E., Guzmán, F., 1996. Mexico City Air quality: Progress of an international collaborative project to define air quality management options. *Atmospheric Environment* 30, 723-733.

Stremme W., Grutter M., Rivera C., Bezanilla A., Garcia A.R., Ortega I., George M., Clerbaux C., Coheur P.F., Hurtmans D., Hannigan J.W., Coffey M.T., 2013. Top-down estimation of carbon monoxide emissions from the Mexico Megacity based on FTIR measurements from ground and space. *Atmos. Chem. Phys.* 13, 1357-1376.

Suárez M., Delgado J., Galindo C., 2011. Local Spatial-Autocorrelation and Urban Ring Identification: Explorations in Mexico City's Regional Belt. *Investigaciones Geográficas* In Press.

Study. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 193(10), pp. 1134-1142.

Turner, M. C. y otros, 2015. Long-Term Ozone Exposure and Mortality in a Large Prospective Study. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 193(10), pp. 1134-1142.

U.S. EPA, 2011. The Benefits and Costs of the Clean Air Act from 1990 to 2020 Final Report - Rev- A. U.S. Environmental Protection Agency. Office of Air and Radiation.

Van Goethem, T.M.W.J., L. B. Azevedo, R. van Zelm, F. Hayes, M.R. Ashmore, M.A.J. Huijbregts, 2013. Plant Species Sensitive Distributions for ozone exposure. *Environmental Pollution*, 178, 1-6.

Violeta Mugica-Álvarez, Sandra Ramos-Guizar, Naxieli Santiago-de la Rosa, Miguel Torres-Rodríguez, and Luis Noreña-Franco, 2016. Black Carbon and Particulate Organic Toxics Emitted by Sugarcane Burning in Veracruz, México. *International Journal of Environmental Science and Development*, Vol. 7, No. 4, April 2016.

Wang X.L. y Y. Feng, 2013. RHtestsV4 User Manual. Climate Research Division, Atmospheric Science and Technology Directorate, Science and Technology Branch, Environment Canada, Toronto, Ontario Canada. 29 pp.

WHO, 2016. Health risk assessment of air pollution – general principles, s.l.: Copenhagen: WHO Regional Office for Europe.

Woodruff T. J., Darrow L. A. & Parker J. D., 2008. Air Pollution and Postneonatal Infant Mortality in the United States, 1999–2002. *Environmental Health Perspectives*, 116(1), pp. 110-115.

Woodruff T. J., Grillo J. & Schoendorf K. C., 1997. The Relationship between Selected Causes of Postneonatal Infant Mortality and Particulate Air Pollution in the United States. *Environmental Health Perspectives*, 105(6), pp. 608-612.

Zavala, M., Herndon, S.C., Wood, E.C., Onasch, T.B., Knighton, W.B., Marr, L.C., Kolb, C.E., Molina, L.T., 2009. Evaluation of mobile emissions contributions to Mexico City's emissions inventory using on-road and cross-road emission measurements and ambient data. *Atmos. Chem. Phys.* 9, 6305-6317.

ANEXO 1. NORMAS DE CALIDAD DEL AIRE

El cuadro siguiente presenta los límites de concentración que aplican en México y su comparación con los recomendados por la Organización Mundial de la Salud (OMS), y los estándares que aplican en Estados Unidos USEPA, el estado de California CARB y la Unión Europea "UE".

CUADRO A1.1. NORMAS DE CALIDAD DEL AIRE

Contaminante	Tiempo para el promedio	México	NAAQS - USEPA	CARB-US	OMS	UE
PM ₁₀	24 horas	75 µg/m ³	150 µg/m ³	50 µg/m ³	50 µg/m ³	50 µg/m ³
	Anual	40 µg/m ³	-----	20 µg/m ³	20 µg/m ³	40 µg/m ³
PM _{2.5}	24 horas	45 µg/m ³	35 µg/m ³	-----	25 µg/m ³	-----
	Anual	12 µg/m ³	12 µg/m ³	12 µg/m ³	10 µg/m ³	25 µg/m ³
Ozono (O ₃)	1 hora	0.095 ppm	-----	0.090 ppm	-----	-----
	8 horas	0.070 ppm	0.070 ppm	0.070 ppm	0.050 ppm	0.060 ppm
Dióxido de azufre (SO ₂)	10 minutos	-----	-----	-----	0.191 ppm	-----
	1 hora	-----	0.075 ppm	0.250 ppm	-----	0.134 ppm
	3 horas	-----	0.500 ppm	-----	-----	-----
	8 horas	0.020 ppm	-----	-----	-----	-----
	24 horas	0.110 ppm	-----	0.040 ppm	0.008 ppm	0.048 ppm
	Anual	0.025 ppm	-----	-----	-----	-----
	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Dióxido de nitrógeno (NO ₂)	1 hora	0.210 ppm	0.100 ppm	0.180 ppm	0.106 ppm	0.106 ppm
	Anual	-----	0.053 ppm	0.030 ppm	0.021 ppm	0.021 ppm
Monóxido de Carbono (CO)	1 hora	-----	35 ppm	20 ppm	-----	-----
	8 horas	11 ppm	9 ppm	9 ppm	8.7 ppm	8.7 ppm

Fuente: México: Calidad del aire <http://www.cofepris.gob.mx/MJ/Paginas/NormasPorTema/Calidad-de-aire.aspx>; NAAQS-USEPA. National Ambient Air Quality Standards. <http://www.epa.gov/air/criteria.html>; CARB-US. California Air Resources Board. <http://www.arb.ca.gov/research/aaqs/aaqs2.pdf>; UE. Unión Europea. <http://ec.europa.eu/environment/air/quality/standards.htm>; OMS – Organización Mundial de la Salud – http://whqlibdoc.who.int/hq/2006/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_spa.pdf

ANEXO 2. INVENTARIOS DE EMISIONES DE LA MEGALÓPOLIS MÁS QUERÉTARO

En los cuadros A2.1 a A2.7 se presentan los inventarios de emisión resumidos para las entidades federativas de la CAME y Querétaro, en el año base 2015. Se incluyen las emisiones que se generan en los municipios y delegaciones que forman parte de la Megalópolis, salvo en el caso de las fuentes móviles, que incluyen las emisiones en toda la entidad. Para el caso de Querétaro, se incluyen las emisiones de los siete municipios que forman parte de la Zona Metropolitana de Querétaro y de San Juan del Río.

CUADRO A2.1. INVENTARIO DE EMISIONES DE LA CIUDAD DE MÉXICO

Fuentes de emisión	Emisiones totales en el 2015 (ton/año)								
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	NH ₃	CO ₂	CN
Industriales de jurisdicción federal	638	621	26	721	2,351	3,413	39	990,946	13
Industriales de jurisdicción estatal	581	342	62	355	420	11,295	66	458,525	2
Dispersas	3,522	1,818	57	9,384	3,250	121,864	9,857	1,784,539	161
Vehiculares	3,141	1,785	145	268,785	51,257	31,634	790	14,822,504	445
Total	7,881	4,566	290	279,245	57,278	168,206	10,753	18,056,514	621

CUADRO A2.2. INVENTARIO DE EMISIONES DE HIDALGO

Fuentes de emisión	Emisiones totales en el 2015 (ton/año)								
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	NH ₃	CO ₂	CN
Industriales de jurisdicción federal	9,626	7,586	113,686	5,343	20,931	4,901	297	16,956,170	402
Industriales de jurisdicción estatal	1,156	220	548	140	263	6,795	5	375,896	2
Dispersas	7,906	5,654	114	41,603	1,231	35,810	21,505	579,694	641
Vehiculares	1,875	1,716	814	237,166	44,871	23,134	190	3,783,161	448
Total	20,563	15,176	115,162	284,252	67,296	70,641	21,997	21,694,921	1,493

Notas: Los valores en las sumas pueden no coincidir debido al redondeo. Incluye sólo los municipios que forman parte de la CAME, con excepción de las fuentes móviles, donde se incluyen las entidades completas. Esta proyección fue construida a partir de la base de datos de emisiones para el año 2013, proporcionada por la SEMARNAT-DGGCARETC.

CUADRO A2.3. INVENTARIO DE EMISIONES DEL ESTADO DE MÉXICO

Fuentes de emisión	Emisiones totales en el 2015 (ton/año)								
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NOx	COV	NH ₃	CO ₂	CN
Industriales de jurisdicción federal	2,896	2,147	2,400	6,491	11,797	11,520	221	17,807,764	58
Industriales de jurisdicción estatal	1,156	765	320	2,156	2,520	6,771	50	5,660,311	13
Dispersas	21,953	17,746	332	124,241	5,784	194,049	48,666	3,358,563	2,173
Vehiculares	5,422	3,125	1,120	577,731	96,802	62,561	1,108	18,322,368	741
Total	31,427	23,783	4,172	710,619	116,903	274,902	50,046	45,149,006	2,985

CUADRO A2.4. INVENTARIO DE EMISIONES DE MORELOS

Fuentes de emisión	Emisiones totales en el 2015 (ton/año)								
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NOx	COV	NH ₃	CO ₂	CN
Industriales de jurisdicción federal	951	627	11,693	129	3,605	1,540	7	1,871,486	9
Industriales de jurisdicción estatal	2,888	1,659	488	62	401	5,208	3	371,287	433
Dispersas	6,219	4,657	163	30,912	1,411	41,682	13,006	796,247	541
Vehiculares	566	519	403	103,191	18,446	10,076	124	1,851,433	120
Total	10,624	7,462	12,747	134,294	23,863	58,507	13,140	4,890,453	1,102

CUADRO A2.5. INVENTARIO DE EMISIONES DE PUEBLA

Fuentes de emisión	Emisiones totales en el 2015 (ton/año)								
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NOx	COV	NH ₃	CO ₂	CN
Industriales de jurisdicción federal	780	624	487	1,816	5,427	1,883	92	2,571,938	35
Industriales de jurisdicción estatal	428	266	705	146	308	5,203	7	225,887	8
Dispersas	4,021	3,151	80	21,130	677	23,419	11,384	360,637	384
Vehiculares	2,579	2,365	1,313	355,848	65,972	34,356	344	6,111,876	563
Total	7,807	6,406	2,585	378,941	72,383	64,861	11,826	9,270,338	990

Notas: Los valores en las sumas pueden no coincidir debido al redondeo. Incluye sólo los municipios que forman parte de la CAME, con excepción de las fuentes móviles, donde se incluyen las entidades completas. Esta proyección fue construida a partir de la base de datos de emisiones para el año 2013, proporcionada por la SEMARNAT-DGGCARETC.

CUADRO A2.6. INVENTARIO DE EMISIONES DE QUERÉTARO

Fuentes de emisión	Emisiones totales en el 2015 (ton/año)								
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	NH ₃	CO ₂	CN
Industriales de jurisdicción federal	920	877	2,807	2,215	7,559	2,833	114	3,179,159	44
Industriales de jurisdicción estatal	384	235	139	300	407	5,818	12	512,581	2
Dispersas	4,380	3,328	97	22,096	1,364	30,264	29,258	374,845	381
Vehiculares	1,528	1,400	750	166,231	36,150	16,394	172	3,330,929	366
Total	7,212	5,840	3,792	190,842	45,480	55,310	29,556	7,397,514	793

CUADRO A2.7. INVENTARIO DE EMISIONES DE TLAXCALA

Fuentes de emisión	Emisiones totales en el 2015 (ton/año)								
	PM ₁₀	PM _{2.5}	SO ₂	CO	NO _x	COV	NH ₃	CO ₂	CN
Industriales de jurisdicción federal	134	113	166	349	899	1,335	9	528,155	5
Industriales de jurisdicción estatal	375	209	1,011	55	228	5,195	1	4	0
Dispersas	7,785	5,393	112	38,165	1,294	34,000	14,901	505,127	603
Vehiculares	688	631	345	82,321	16,556	7,873	83	1,435,726	153
Total	8,982	6,345	1,634	120,890	18,976	48,403	14,994	2,469,012	761

Notas: Los valores en las sumas pueden no coincidir debido al redondeo. Incluye sólo los municipios que forman parte de la CAME, con excepción de las fuentes móviles, donde se incluyen las entidades completas. Esta proyección fue construida a partir de la base de datos de emisiones para el año 2013, proporcionada por la SEMARNAT-DGGCARETC.

CUADRO A2.8. PARQUE VEHICULAR EN LA MEGALÓPOLIS Y QUERÉTARO

Tipo de vehículo	Puebla	Morelos	Hidalgo	Querétaro	Tlaxcala
Motocicleta	58,947	39,464	11,243	27,136	22,419
Automóvil particular	573,581	236,559	329,128	333,819	150,132
Taxi	18,028	14,213	6,628	5,362	908
Camioneta particular	232,864	91,091	121,746	113,298	58,429
Camioneta transporte público	3,063	2,799	5,566	678	2,912
Pickup	297,552	83,002	228,900	147,731	29,393
Carga ligera	67,781	17,724	21,384	20,702	11,774
Carga pesada	28,346	9,627	12,595	12,037	5,828
Autobús	5,582	1,990	5,569	3,418	254
Tractocamión	7,535	781	14,537	6,516	4,432
Total	1,293,280	497,251	757,295	670,697	286,479

Tipo de vehículo	Ciudad de México	Estado de México
Motocicleta	208,309	165,074
Automóvil particular	1,601,792	2,354,403
Taxi	150,339	82,321
Camioneta particular	429,043	633,504
Camioneta transporte público	7,955	60,829
Carga ligera y pickup	103,747	472,763
Carga pesada	50,424	169,803
Autobús	50,887	19,003
Tractocamión	58,841	27,985
Microbús	5,946	18,167
Total	2,679,504	3,991,631

ANEXO 3. ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS

CUADRO A3.1. ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS DE CARÁCTER FEDERAL INMERSAS EN LA REGIÓN DE LA MEGALÓPOLIS

Nombre	Categoría	Estados	Superficie federal (ha)	Superficie CAME (ha)
Cañón del Río Blanco	PN	Veracruz y Puebla	48,799.78	1,802.24
Cerro de La Estrella	PN	Distrito Federal	1,183.34	1,177.64
Ciénegas del Lerma	APFyF	Estado de México	3,023.96	3,009.86
Corredor Biológico Chichinautzin	APFyF	Distrito Federal, Morelos y Estado de México	37,302.41	37,152.64
Cumbres del Ajusco	PN	Distrito Federal	920.00	499.13
Desierto de los Leones	PN	Distrito Federal	1,529.00	1,516.74
Desierto del Carmen o de Nixcongo	PN	Estado de México	529.00	473.12
El Histórico Coyoacán	PN	Distrito Federal	39.77	39.58
El Tepeyac	PN	Distrito Federal y Estado de México	1,500.00	248.15
El Tepozteco	PN	Morelos y Distrito Federal	23,258.70	23,167.45
Fuentes Brotantes de Tlalpan	PN	Distrito Federal	129.00	21.92
Insurgente Miguel Hidalgo y Costilla	PN	Estado de México y Distrito Federal	1,889.97	1,881.01
Iztaccíhuatl-Popocatepetl	PN	Estado de México, Puebla y Morelos	39,819.09	39,638.51
Lagunas de Zempoala	PN	Morelos y Estado de México	4,790.00	4,536.75
Lomas de Padierna	PN	Distrito Federal	1,161.21	1,155.67
Los Mármoles	PN	Hidalgo	23,150.00	23,294.81
Los Remedios	PN	Estado de México	400.16	398.10
La Montaña Malinche	PN	Tlaxcala y Puebla	46,112.24	45,892.25
Molino de Flores Netzahualcóyotl	PN	Estado de México	45.66	49.01
Pico de Orizaba	PN	Veracruz y Puebla	19,750.01	13,246.66
Sacromonte	PN	Estado de México	43.73	45.11
Sierra de Huautla	RB	Morelos, Puebla y Guerrero	59,030.94	50,393.55
Tula	PN	Hidalgo	99.50	105.77
Xicotóncatl	PN	Tlaxcala	851.30	650.40

Z.P.F.V. la Cuenca Hidrográfica del Río Necaxa	APRN	Hidalgo y Puebla	42,129.35	41,837.36
Nevado de Toluca	APFyF	Estado de México	53,590.68	53,348.84
Mariposa Monarca	RB	Michoacán y Estado de México	56,259.05	21,756.18
Bosencheve	PN	Estado de México y Michoacán	14,599.62	12,082.76
El Chico	PN	Hidalgo	2,739.03	2,721.19
Barranca de Metztitlán	RB	Hidalgo	96,042.95	95,333.94
Tehuacán- Cuicatlán	RB	Puebla y Oaxaca	490,186.88	183,432.00
Z.P.F.T.C.C. de los ríos Valle de Bravo, Malacatepec, Tilostoc y Temascaltepec	APRN	Estado de México	140,234.43	139,558.10
TOTAL			1,211,140	800,466

CUADRO A3.2. ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS DE CARÁCTER ESTATAL Y/O MUNICIPAL INMERSAS EN LA REGIÓN DE LA MEGALÓPOLIS

Id	Nombre	Categoría	Área (ha)	Estado
1	Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco	Zona Sujeta a Conservación Ecológica	2,507.12	Distrito Federal
2	Santuario del Agua Manantiales de Tiacaque	Parque Estatal	2,180.56	Estado de México
3	Tehuacán - Zapotitlán	Zona Sujeta a Conservación Ecológica	ND	Puebla
4	Mario Molina Pasquel	Reserva Estatal	1,280.76	Querétaro
5	Bosque El Hiloche (pol 4)	Parque Estatal	44.11	Hidalgo
6	Bosque El Hiloche (pol 3)	Parque Estatal	2.38	Hidalgo
7	Bosque El Hiloche (pol 2)	Parque Estatal	0.20	Hidalgo
8	Bosque El Hiloche (pol 1)	Parque Estatal	54.24	Hidalgo
9	Los Sabinos - Santa Rosa - San Cristóbal (Río Cuautla)	Zona Sujeta a Conservación Ecológica	185.67	Morelos
10	Cubitos	Parque Estatal	89.86	Hidalgo
11	Santuario del Agua Valle de Bravo	Parque Estatal	15,199.45	Estado de México
12	Sierra de Guadalupe	Zona Sujeta a Conservación Ecológica	50.42	Distrito Federal
13	Sierra de Guadalupe	Zona Sujeta a Conservación Ecológica	337.09	Distrito Federal
14	Sierra de Guadalupe	Zona Sujeta a Conservación Ecológica	8.04	Distrito Federal
15	Sierra de Guadalupe	Zona Sujeta a Conservación Ecológica	3.57	Distrito Federal
16	Sierra de Guadalupe	Zona Sujeta a Conservación Ecológica	67.15	Distrito Federal
17	Sierra de Guadalupe	Zona Sujeta a Conservación Ecológica	39.05	Distrito Federal
18	Sierra de Guadalupe	Zona Sujeta a Conservación Ecológica	18.09	Distrito Federal
19	Tercera Sección del Bosque de Chapultepec II	Zona Sujeta a Conservación Ecológica	2.85	Distrito Federal
20	Tercera Sección del Bosque de Chapultepec II	Zona Sujeta a Conservación Ecológica	6.81	Distrito Federal
21	Tercera Sección del Bosque de Chapultepec I	Zona Sujeta a Conservación Ecológica	2.45	Distrito Federal
22	Tercera Sección del Bosque de Chapultepec I	Zona Sujeta a Conservación Ecológica	101.42	Distrito Federal
23	Tercera Sección del Bosque de Chapultepec I	Zona Sujeta a Conservación Ecológica	2.57	Distrito Federal
24	Tercera Sección del Bosque de Chapultepec II	Zona Sujeta a Conservación Ecológica	1.15	Distrito Federal

25	Bosques de las Lomas	Zona Sujeta a Conservación Ecológica	0.09	Distrito Federal
26	Tercera Sección del Bosque de Chapultepec I	Zona Sujeta a Conservación Ecológica	2.90	Distrito Federal
27	Tercera Sección del Bosque de Chapultepec II	Zona Sujeta a Conservación Ecológica	64.54	Distrito Federal
28	Tercera Sección del Bosque de Chapultepec I	Zona Sujeta a Conservación Ecológica	1.67	Distrito Federal
29	Tercera Sección del Bosque de Chapultepec I	Zona Sujeta a Conservación Ecológica	4.22	Distrito Federal
30	Bosques de las Lomas	Zona Sujeta a Conservación Ecológica	1.48	Distrito Federal
31	Bosques de las Lomas	Zona Sujeta a Conservación Ecológica	1.07	Distrito Federal
32	Bosques de las Lomas	Zona Sujeta a Conservación Ecológica	0.33	Distrito Federal
33	Tercera Sección del Bosque de Chapultepec I	Zona Sujeta a Conservación Ecológica	1.61	Distrito Federal
34	Bosques de las Lomas	Zona Sujeta a Conservación Ecológica	0.53	Distrito Federal
35	Bosques de las Lomas	Zona Sujeta a Conservación Ecológica	2.59	Distrito Federal
36	Bosques de las Lomas	Zona Sujeta a Conservación Ecológica	0.89	Distrito Federal
37	Bosques de las Lomas	Zona Sujeta a Conservación Ecológica	0.23	Distrito Federal
38	Bosques de las Lomas	Zona Sujeta a Conservación Ecológica	0.48	Distrito Federal
39	Bosques de las Lomas	Zona Sujeta a Conservación Ecológica	0.24	Distrito Federal
40	Bosques de las Lomas	Zona Sujeta a Conservación Ecológica	0.35	Distrito Federal
41	Bosques de las Lomas	Zona Sujeta a Conservación Ecológica	0.29	Distrito Federal
42	Bosques de las Lomas	Zona Sujeta a Conservación Ecológica	0.73	Distrito Federal
43	Bosques de las Lomas	Zona Sujeta a Conservación Ecológica	0.32	Distrito Federal
44	Bosques de las Lomas	Zona Sujeta a Conservación Ecológica	0.20	Distrito Federal
45	Bosques de las Lomas	Zona Sujeta a Conservación Ecológica	0.33	Distrito Federal
46	Bosques de las Lomas	Zona Sujeta a Conservación Ecológica	1.42	Distrito Federal
47	Bosques de las Lomas	Zona Sujeta a Conservación Ecológica	2.59	Distrito Federal
48	Tercera Sección del Bosque de Chapultepec I	Zona Sujeta a Conservación Ecológica	1.54	Distrito Federal
49	Bosques de las Lomas	Zona Sujeta a Conservación Ecológica	2.70	Distrito Federal
50	Bosques de las Lomas	Zona Sujeta a Conservación Ecológica	0.33	Distrito Federal

51	Tercera Sección del Bosque de Chapultepec I	Zona Sujeta a Conservación Ecológica	0.49	Distrito Federal
52	Bosques de las Lomas	Zona Sujeta a Conservación Ecológica	0.06	Distrito Federal
53	Tercera Sección del Bosque de Chapultepec I	Zona Sujeta a Conservación Ecológica	10.59	Distrito Federal
54	Bosques de las Lomas	Zona Sujeta a Conservación Ecológica	5.81	Distrito Federal
55	Tercera Sección del Bosque de Chapultepec I	Zona Sujeta a Conservación Ecológica	5.37	Distrito Federal
56	Tercera Sección del Bosque de Chapultepec II	Zona Sujeta a Conservación Ecológica	10.03	Distrito Federal
57	Tercera Sección del Bosque de Chapultepec I	Zona Sujeta a Conservación Ecológica	20.51	Distrito Federal
58	Bosques de las Lomas	Zona Sujeta a Conservación Ecológica	2.91	Distrito Federal
59	Tercera Sección del Bosque de Chapultepec I	Zona Sujeta a Conservación Ecológica	1.40	Distrito Federal
60	Tercera Sección del Bosque de Chapultepec I	Zona Sujeta a Conservación Ecológica	0.59	Distrito Federal
61	Bosques de las Lomas	Zona Sujeta a Conservación Ecológica	2.07	Distrito Federal
62	Bosques de las Lomas	Zona Sujeta a Conservación Ecológica	1.99	Distrito Federal
63	Bosques de las Lomas	Zona Sujeta a Conservación Ecológica	0.79	Distrito Federal
64	Sierra de Santa Catarina II	Zona de Conservación Ecológica	105.85	Distrito Federal
65	Sierra de Santa Catarina II	Zona de Conservación Ecológica	58.99	Distrito Federal
66	Sierra de Santa Catarina II	Zona de Conservación Ecológica	28.92	Distrito Federal
67	Sierra de Santa Catarina I	Zona Sujeta a Conservación Ecológica	9.00	Distrito Federal
68	Sierra de Santa Catarina I	Zona Sujeta a Conservación Ecológica	33.10	Distrito Federal
69	Sierra de Santa Catarina II	Zona de Conservación Ecológica	0.10	Distrito Federal
70	Sierra de Santa Catarina I	Zona Sujeta a Conservación Ecológica	37.06	Distrito Federal
71	Sierra de Santa Catarina II	Zona de Conservación Ecológica	0.12	Distrito Federal
72	Sierra de Santa Catarina I	Zona Sujeta a Conservación Ecológica	13.26	Distrito Federal
73	Sierra de Santa Catarina II	Zona de Conservación Ecológica	25.30	Distrito Federal
74	Sierra de Santa Catarina II	Zona de Conservación Ecológica	0.23	Distrito Federal
75	Sierra de Santa Catarina I	Zona Sujeta a Conservación Ecológica	1.84	Distrito Federal
76	Sierra de Santa Catarina I	Zona Sujeta a Conservación Ecológica	0.19	Distrito Federal
77	Sierra de Santa Catarina I	Zona Sujeta a Conservación Ecológica	14.85	Distrito Federal

78	Sierra de Santa Catarina I	Zona Sujeta a Conservación Ecológica	3.00	Distrito Federal
79	Sierra de Santa Catarina I	Zona Sujeta a Conservación Ecológica	212.25	Distrito Federal
80	Sierra de Santa Catarina I	Zona Sujeta a Conservación Ecológica	23.12	Distrito Federal
81	Sierra de Santa Catarina I	Zona Sujeta a Conservación Ecológica	25.83	Distrito Federal
82	Sierra de Santa Catarina I	Zona Sujeta a Conservación Ecológica	138.44	Distrito Federal
83	Sierra de Santa Catarina I	Zona Sujeta a Conservación Ecológica	0.22	Distrito Federal
84	Sierra de Santa Catarina I	Zona Sujeta a Conservación Ecológica	13.24	Distrito Federal
85	Bosque de Tlalpan	Zona Preserv Ecol de los Centros de Población	250.60	Distrito Federal
86	Parque Ecológico de la Ciudad de México	Zona Sujeta a Conservación Ecológica	633.93	Distrito Federal
87	Parque Ecológico de la Ciudad de México	Zona Sujeta a Conservación Ecológica	70.96	Distrito Federal
88	Parque Ecológico de la Ciudad de México	Zona Sujeta a Conservación Ecológica	11.58	Distrito Federal
89	Las Estacas	Reserva Estatal	650.11	Morelos
90	Sierra de Montenegro	Reserva Estatal	7,296.49	Morelos
91	Sierra de Huautla	Zona Sujeta a Conservación Ecológica	1,396.39	Morelos
92	El Tangano	Zona Sujeta a Conservación Ecológica	848.43	Querétaro
93	El Texcal	Zona Sujeta a Conservación Ecológica	414.00	Morelos
94	Rancho Los Pitzocales o El Carmen	Zona Sujeta a Conservación Ecológica	62.64	Tlaxcala
95	Parque Ecológico Público Diego Muñoz Camargo	Zona sujeta a Reserva Ecológica	30.08	Tlaxcala
96	Pinal del Zamorano	Reserva de Conservación	13,316.50	Guanajuato
97	Santuario del Agua Laguna de Zumpango	Parque Estatal	19,984.74	Estado de México
98	Santuario del Agua Presa Corral de Piedra	Parque Estatal	3,365.15	Estado de México
99	Santuario del Agua y Forestal Manantiales Cascada Diamantes	Estatal	7,023.20	Estado de México
100	Santuario del Agua Presa Brockman y Victoria	Parque Estatal	1,554.98	Estado de México
101	Santuario del Agua y Forestal Manantial El Salto de Atlautla - Ecatzingo	Parque Estatal	9,038.19	Estado de México
102	La Cañada	Reserva Ecológica Estatal	4.82	Estado de México
103	Barranca México 68	Zona Sujeta a Conservación Ecológica	3.88	Estado de México

104	Ing. Gerardo Cruickshank García	Parque Estatal	804.94	Estado de México
105	Sistema Tetzcotzingo	Reserva Estatal	7,770.55	Estado de México
106	Centro Ceremonial Mazahua	Parque Estatal	18.99	Estado de México
107	Barranca de Tecamachalco	Zona Sujeta a Conservación Ecológica	9.12	Estado de México
108	Barranca de Tecamachalco	Zona Sujeta a Conservación Ecológica	6.20	Estado de México
109	Barranca Río La Pastora, R. La Loma y R. San Joaquín (Río San Joaquín)	ANP sujeta a Conservación Ambiental	22.41	Estado de México
110	Barranca Río La Pastora, R. La Loma y R. San Joaquín (La Pastora)	ANP sujeta a Conservación Ambiental	40.71	Estado de México
111	Barranca Río La Pastora, R. La Loma y R. San Joaquín (La Loma)	ANP sujeta a Conservación Ambiental	5.15	Estado de México
112	Barranca Río La Pastora, R. La Loma y R. San Joaquín (La Pastora)	ANP sujeta a Conservación Ambiental	43.52	Estado de México
113	Barranca Río La Pastora, R. La Loma y R. San Joaquín (La Pastora)	ANP sujeta a Conservación Ambiental	1.15	Estado de México
114	Barrancas Huizachal, Arroyo Santa Cruz y A. Plan de Zanja (Plan de la Zanja)	ANP sujeta a Conservación Ambiental	17.13	Estado de México
115	Barrancas Huizachal, Arroyo Santa Cruz y A. Plan de Zanja (Santa Cruz)	ANP sujeta a Conservación Ambiental	11.02	Estado de México
116	Barrancas Huizachal, Arroyo Santa Cruz y A. Plan de Zanja (El Huizachal)	ANP sujeta a Conservación Ambiental	2.74	Estado de México
117	Barrancas Huizachal, Arroyo Santa Cruz y A. Plan de Zanja (El Huizachal)	ANP sujeta a Conservación Ambiental	2.75	Estado de México
118	Barrancas Huizachal, Arroyo Santa Cruz y A. Plan de Zanja (El Huizachal)	ANP sujeta a Conservación Ambiental	5.01	Estado de México
119	Barrancas Huizachal, Arroyo Santa Cruz y A. Plan de Zanja (El Huizachal)	ANP sujeta a Conservación Ambiental	5.45	Estado de México
120	Barrancas Huizachal, Arroyo Santa Cruz y A. Plan de Zanja (El Huizachal)	ANP sujeta a Conservación Ambiental	11.72	Estado de México

121	Barrancas Huizachal, Arroyo Santa Cruz y A. Plan de Zanja (El Huizachal)	ANP sujeta a Conservación Ambiental	3.42	Estado de México
122	Barrancas Huizachal, Arroyo Santa Cruz y A. Plan de Zanja (El Huizachal)	ANP sujeta a Conservación Ambiental	0.68	Estado de México
123	Barranca Río La Pastora, R. La Loma y R. San Joaquín (La Loma)	ANP sujeta a Conservación Ambiental	3.68	Estado de México
124	Barranca Río La Pastora, R. La Loma y R. San Joaquín (La Loma)	ANP sujeta a Conservación Ambiental	1.71	Estado de México
125	Espíritu Santo (Cerro de Chiluca)	Zona Sujeta a Conservación Ecológica	232.96	Estado de México
126	Río Grande San Pedro	Zona Sujeta a Conservación Ecológica	87,020.55	Estado de México
127	Malpais de Santo Tomás de los Plátanos	Zona Sujeta a Conservación Ambiental	143.50	Estado de México
128	San José Chalco	Parque Estatal Ecológico, Turístico y Recreativo	10.03	Estado de México
129	San José Chalco	Parque Estatal Ecológico, Turístico y Recreativo	6.84	Estado de México
130	Sierra Hermosa	Parque Estatal Ecológico, Turístico y Recreativo	507.33	Estado de México
131	Alameda Poniente San José de la Pila	Parque Estatal	176.74	Estado de México
132	Parque Estado de México - Naucalli	Parque Estatal	44.37	Estado de México
133	Parque Estado de México - Naucalli	Parque Estatal	7.78	Estado de México
134	Tollocan - Calimaya (Zoológico de Zacango)	Parque Ecológico Zoo Recreativo y Turístico	160.20	Estado de México
135	Tenancingo - Malinalco - Zumpahuacan	Parque Ecológico Recreativo	33,135.45	Estado de México
136	Isla de las Aves	Parque Estatal Ecológico, Turístico y Recreativo	194.15	Estado de México
137	Hermenegildo Galeana	Parque Estatal Ecológico, Turístico y Recreativo	334.69	Estado de México
138	Zempoala - La Bufo "Otomí-Mexica"	Parque Ecológico Turístico Recreativo	71,680.60	Estado de México
139	Metropolitano de Naucalpan	Parque Estatal	13.36	Estado de México
140	Metropolitano de Naucalpan	Parque Estatal	21.93	Estado de México
141	Jose María Velasco	Parque de Recreación Popular	3.56	Estado de México
142	Atizapan - Valle Escondido (Los Ciervos)	Parque Natural para la Recreación Popular	307.13	Estado de México
143	El Llano	Parque Natural	239.84	Estado de México
144	Nahuatlaca - Matlazinca	Parque Natural para la Recreación Popular	24,306.24	Estado de México

145	El Ocotal	Parque Natural para la Recreación Popular	165.68	Estado de México
146	Chapa de Mota	Parque Estatal	5,790.32	Estado de México
147	Cerro Gordo	Parque Estatal	3,034.24	Estado de México
148	Sierra Patlachique	Parque Estatal	3,081.54	Estado de México
149	Sierra de Nanchititla	Parque Natural para la Recreación Popular	65,026.00	Estado de México
150	Sierra de Guadalupe	Parque Estatal	7,172.18	Estado de México
151	Sierra Morelos	Parque Estatal	1,188.23	Estado de México
152	Lic. Isidro Fabela	Parque Estatal	2,847.38	Estado de México
153	Barrancas Huizachal, Arroyo Santa Cruz y A. Plan de Zanja (Ampl. Santa Cruz)	ANP sujeta a Conservación Ambiental	8.86	Estado de México
154	Santuario del Agua Lagunas de Xico	Parque Estatal	121.05	Estado de México
155	Santuario del Agua Lagunas de Xico	Parque Estatal	1,428.37	Estado de México
156	Santuario del Agua y Forestal Presa Villa Victoria	Parque Estatal	46,271.19	Estado de México
157	Santuario del Agua y Forestal Presa Guadalupe	Parque Estatal	1,786.97	Estado de México
158	Tehuacán - Zapotitlán	Zona Sujeta a Conservación Ecológica	2,843.78	Puebla
159	Santuario del Agua y Forestal Presa Taxhimay	Parque Estatal	8,207.63	Estado de México
160	Santuario del Agua y Forestal Subcuenca Tributaria Río San Lorenzo	Parque Estatal	12,596.03	Estado de México
161	Santuario del Agua y Forestal Subcuenca Tributaria Río Mayorazgo-Temoaya	Parque Estatal	25,079.80	Estado de México
162	Santuario del Agua y Forestal Subcuenca Tributaria Arroyo Sila	Parque Estatal	53,185.95	Estado de México
163	Santuario del Agua y Forestal Subcuenca Tributaria Presa Antonio Alzate	Parque Estatal	11,480.08	Estado de México
164	Ecoguardas	Zona Sujeta a Conservación Ecológica	132.02	Distrito Federal
165	San Nicolás Totolapan	Reserva Ecológica Comunitaria	1,975.39	Distrito Federal
166	La Armella	Zona de Conservación Ecológica	151.57	Distrito Federal
167	La Armella	Zona de Conservación Ecológica	36.82	Distrito Federal

168	Santuario del Agua Sistema Hidrológico Presa Huapango	Parque Estatal	70,552.54	Estado de México
169	Santuario del Agua Presa Guadalupe	Parque Estatal	4,284.74	Estado de México
170	El Oso Bueno	Parque Estatal	15,072.11	Estado de México
171	San Miguel Topilejo	Reserva Ecológica Comunitaria	4,324.55	Distrito Federal
172	Las Lajas - Cerro del Lobo	Terreno de actividad pública	21.74	Hidalgo
173	Cerro La Paila-El Susto	Zona Preserv Ecol de los Centros de Población	11.92	Hidalgo
174	Cascadas de Cuateníhuatl	Zona Preserv Ecol de los Centros de Población	17.56	Hidalgo
175	Cerro La Paila - Matías Rodríguez	Zona Preserv Ecol de los Centros de Población	24.15	Hidalgo
176	Grutas de la Estrella	Parque Estatal	4.00	Estado de México
177	Barranca de Chapultepec	Parque Urbano Estatal	19.90	Morelos
178	San Miguel Topilejo	Reserva Ecológica Comunitaria	1,506.51	Distrito Federal
179	Bordo Benito Juárez	Zona de Preservación Ecológica de Centro de Población	27.40	Querétaro
180	Sierra de Tepozotlán	Parque Estatal	2,721.58	Estado de México
181	Sierra de Tepozotlán	Parque Estatal	6,510.22	Estado de México
182	La Ciénega	Zona Sujeta a Conservación Ecológica	18.41	Tlaxcala
183	La Ciénega	Zona Sujeta a Conservación Ecológica	24.18	Tlaxcala
184	Rancho Teometitla	Zona sujeta a Reserva Ecológica	21.87	Tlaxcala
185	Rancho Teometitla	Zona sujeta a Reserva Ecológica	26.35	Tlaxcala
186	Monte Alto	Área de Conservación	619.14	Estado de México
187	Cerro Colorado	Área de Conservación	120.62	Estado de México
188	Cerro Cualtenco	Parque Estatal	363.59	Estado de México
189	Tiacaque	ANP de interés estatal	6.71	Estado de México

NOTA. El número de ANP no corresponde con los polígonos que las constituyen, algunas ANP se conforman de varias secciones o polígonos. ND: No disponible

