



# PROGRAMA DE GESTIÓN PARA MEJORAR LA CALIDAD DEL AIRE EN EL ESTADO DE VERACRUZ DE IGNACIO DE LA LLAVE

**SEMARNAT**  
SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE  
Y RECURSOS NATURALES



**SEDEMA**  
SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE

# **PROGRAMA DE GESTIÓN PARA MEJORAR LA CALIDAD DEL AIRE EN EL ESTADO DE VERACRUZ DE IGNACIO DE LA LLAVE**

Junio 2018

## DIRECTORIO

### SEMARNAT

ING. RAFAEL PACCHIANO ALAMÁN

Secretario de Medio Ambiente y Recursos Naturales

Q.F.B. MARTHA GARCÍARIVAS PALMEROS

Subsecretaria de Gestión para la Protección Ambiental

M. en I. ANA PATRICIA MARTINEZ BOLÍVAR

Directora General de Gestión de la Calidad del Aire y Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes

ING. JOSÉ ANTONIO GONZÁLEZ AZUARA

Delegado de la SEMARNAT en el Estado de Veracruz

### GOBIERNO DEL ESTADO DE VERACRUZ DE IGNACIO DE LA LLAVE

LIC. MIGUEL ÁNGEL YUNES LINARES

Gobernador Constitucional del Estado de Veracruz

MTRA. MARIANA AGUILAR LÓPEZ

Secretaria de Medio Ambiente

ING. ORLANDO GARCÍA NIETO

Subsecretario de Fomento y Gestión Ambiental

BIÓL. RAFAEL AMADOR MARTÍNEZ

Director General de Control de la Contaminación y Evaluación Ambiental

Q.I. MILY SÁNCHEZ CASTELLANOS

Consultora de Gestión Industrial

## ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS

|                   |                                                                                                               |
|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| CN                | Carbón negro (hollín)                                                                                         |
| CO                | Monóxido de carbono                                                                                           |
| CO <sub>2</sub>   | Bióxido de carbono                                                                                            |
| HC                | Hidrocarburos                                                                                                 |
| SO <sub>2</sub>   | Bióxido de azufre                                                                                             |
| NO <sub>x</sub>   | Óxidos de nitrógeno                                                                                           |
| OMS               | Organización Mundial de la Salud                                                                              |
| PM <sub>10</sub>  | Partículas con diámetro menor a 10 micrómetros                                                                |
| PM <sub>2.5</sub> | Partículas con diámetro menor a 2.5 micrómetros                                                               |
| SEDEMA            | Secretaría de Medio Ambiente - Estado de Veracruz                                                             |
| SEMARNAT          | Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales                                                             |
| SS                | Secretaría de Salud del Estado de Veracruz                                                                    |
| DGGCARETC         | Dirección General de Gestión de la Calidad del Aire y Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes. |

## MENSAJE DE LA SEMARNAT

Los Programas de Gestión para Mejorar la Calidad del Aire (ProAire) son instrumentos fundamentados en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en cuyo artículo 4° se establece que toda persona tiene derecho a un medio ambiente adecuado para su desarrollo y bienestar, así como en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA).

La LGEEPA establece la distribución de facultades de los tres órdenes de gobierno en sus artículos 5º, 7º y 8º. Asimismo, en su artículo 111º se establecen las facultades de la SEMARNAT para controlar, reducir o abatir la contaminación atmosférica, mientras que en el artículo 112 de dicha ley se establecen las atribuciones en materia de calidad del aire para los gobiernos de los Estados, el Distrito Federal y los Municipios. Tanto el artículo 111 como el 112 establecen las bases para la elaboración de los ProAire con la participación concurrente de los tres órdenes de gobierno.

En este contexto, los ProAire son herramientas de gestión de una alta importancia para la conjugación de esfuerzos de los tres órdenes de gobierno, así como del sector industrial, académico y sociedad civil, para el mejoramiento de la calidad del aire. A partir de objetivos y metas formuladas consensuadamente por diversos actores, a través de los ProAire se establecen medidas y acciones concretas para controlar y abatir las emisiones de contaminantes del aire.

Los ProAire contienen tres aspectos fundamentales:

- Un diagnóstico de la situación de la calidad del aire basado en el estado de la calidad del aire, a partir de la información de los sistemas de monitoreo atmosférico, los inventarios de emisiones y la modelación de la contaminación del aire.
- Una estrategia integral para mejorar la calidad del aire dirigida a prevenir, controlar y/o mitigar, en una zona determinada, los contaminantes atmosféricos emitidos por fuentes naturales y antropogénicas; dicha estrategia integral contiene medidas y acciones específicas a implementarse a lo largo de la vigencia del ProAire.
- Un espacio de acuerdos, para implementar la estrategia con la participación de los actores involucrados y la sociedad civil.

Reconociendo que existen contaminantes que no son generados localmente, sino que son transportados por los vientos a largas distancias, rebasando límites de ciudades, de municipios, de las cuencas atmosféricas e incluso estatales, la SEMARNAT ha instrumentado el enfoque de elaboración de ProAires con una visión estatal, de forma tal que las autoridades de los tres niveles de gobierno, asuman, dentro de su ámbito de competencia, sus responsabilidades con un mejor conocimiento y visión integral de las interrelaciones, el comportamiento de los contaminantes atmosféricos y sus impactos en la salud y los ecosistemas.

En el caso específico del estado de Veracruz, la elaboración del ProAire tomó en consideración sus características geográficas, las particularidades de sus áreas urbanas y las variadas actividades industriales, comerciales y de servicios localizadas en las 9 cuencas atmosféricas ubicadas en su territorio. Por ejemplo, la cuenca atmosférica de Coatzacoalcos (región Olmeca), al sur del estado, se caracteriza por una intensa actividad petroquímica; la cuenca atmosférica de Córdoba, en la región de la Montaña, tiene como sus principales fuentes de emisión a la industria cementera y del papel; mientras que la cuenca atmosférica de Poza Rica, las actividades relacionadas con la industria del petróleo son las más relevantes. Asimismo, en la cuenca atmosférica de Tuxpan la generación de energía eléctrica es la principal fuente de emisiones a la atmósfera; la industria de la caña de azúcar se presenta predominantemente en la región de Papaloapan. Cabe destacar que en el norte

del estado está localizada la cuenca atmosférica Tampico-Altamira-Tuxpan, compartida con el estado de Tamaulipas, donde existe una intensa actividad de refinación de petróleo y generación de electricidad. Por otra parte, en las áreas metropolitanas existe una creciente concentración de vehículos automotores y problemas de movilidad que se combinan para potenciar la emisión de contaminantes a la atmósfera.

La SEMARNAT presenta ProAire Veracruz, realizado con una visión a escala estatal, el cual será un importante instrumento de gestión ambiental para las autoridades de los tres órdenes de gobierno y la sociedad veracruzana, en los esfuerzos para revertir el deterioro de la calidad del aire en el estado y en beneficio de la salud de sus habitantes.

## MENSAJE DEL ESTADO DE VERACRUZ

Veracruz es uno de los estados más ricos en recursos naturales: por su territorio escurre la tercera parte del agua del país y cuenta con grandes extensiones de bosques, selvas y humedales que brindan importantes servicios ecosistémicos. No obstante, existen fuertes presiones sobre estos recursos porque también es la tercera entidad con mayor población y la que cuenta con mayor número de ciudades medias a nivel nacional; además aloja una importante actividad industrial asentada en varios complejos a lo largo del estado, además de ser uno de los pilares de la economía del país por su aporte en la provisión de recursos energéticos.

Por ello, el Plan Veracruzano de Desarrollo 2016-2018 ha establecido un capítulo específico con objetivos, estrategias y acciones regionales para “fortalecer e impulsar el desarrollo del sector primario veracruzano a través de su reorganización, innovación y esquemas de apoyos tecnológicos y económicos para consolidar la productividad, y la competitividad del sector en un marco de cuidado y respeto al medio ambiente”. Este capítulo hace mención expresa al Programa de Gestión para Mejorar la Calidad del Aire en el Estado de Veracruz (ProAire Veracruz), al cual le asigna un impacto estatal y beneficios para la población en general. Para ello, la Secretaría de Medio Ambiente ha llevado a cabo diversas acciones encaminadas a desarrollar e implementar políticas para mejorar la calidad del aire en los principales centros de población de la entidad con base en estudios técnicos y diagnósticos actualizados.

En este sentido, tanto los Inventarios de emisiones de contaminantes criterio y gases de efecto invernadero, como los informes de la industria de competencia estatal y el establecimiento del Sistema de Monitoreo de la Calidad del Aire de Veracruz, constituyeron una base importante para la publicación, en septiembre de 2014, del Programa Estratégico de Calidad del Aire de Veracruz, documento que tuvo como objetivo perfilar las líneas estratégicas para atender los problemas de calidad del aire en el estado y del cual se deriva la actualización al Programa de Verificación Vehicular Obligatoria, que entró en etapa operativa desde enero de 2016, cumpliendo con las especificaciones establecidas en la NOM-047-SEMARNAT-2014.

Con este antecedente, y gracias al apoyo de la DGGCARETC de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, el estado de Veracruz cuenta hoy con este ProAire Veracruz. Este instrumento recupera las estrategias planteadas por el estado y, además, considerando las 9 cuencas atmosféricas del estado, establece las metas prioritarias y los indicadores que deben regirnos y que sólo actuando de forma coordinada entre los tres niveles de gobierno, academia, industria y sociedad se podrán alcanzar.

## RESUMEN EJECUTIVO

El Programa de Gestión para Mejorar la Calidad del Aire en el Estado de Veracruz (ProAire Veracruz) es una iniciativa de la SEMARNAT y la Secretaría de Medio Ambiente del Estado de Veracruz. ProAire Veracruz tiene un alcance geográfico a escala estatal. Su propósito es establecer las bases de política pública que conlleven a desarrollo de esfuerzos articulados entre gobierno, sector privado y sociedad civil para mejorar la calidad del aire en las cuencas atmosféricas del estado con la finalidad de proteger la salud de la población veracruzana de los efectos nocivos causados por la contaminación atmosférica. Más allá, ProAire Veracruz está encaminado al establecimiento de una estrategia que conduzca a la armonización del desarrollo económico del estado y la mejora de la calidad del aire, propiciando actividades más limpias, competitivas y eficientes dirigidas al logro de objetivos superiores de desarrollo del país, del estado y sus municipios.

El estado de Veracruz posee grandes oportunidades de desarrollo asociadas con múltiples factores, tales como su estratégica localización geográfica; una vasta extensión territorial; la riqueza de sus recursos naturales; su extensa biodiversidad; su inestimable patrimonio histórico y cultural, además de la importancia de sus centros urbanos, infraestructura y población. Paradójicamente, el Estado enfrenta serios desafíos relacionados con su crecimiento económico, la expansión de sus zonas urbanas y el acelerado aumento de sus actividades urbanas y de producción industrial y de servicios. Entre otras consecuencias, ello se refleja en acelerado aumento del consumo de combustibles fósiles, cuya utilización conlleva a la generación de contaminantes atmosféricos, los cuales deterioran la calidad del aire. A la vez, ésta constituye el mayor riesgo ambiental a la salud pública y los efectos dañinos que produce significan enormes costos en salud pública y un serio perjuicio al bienestar de la población. A los efectos en salud atribuibles a la contaminación atmosférica se suman daños a la agricultura; a los ecosistemas, incluyendo a las áreas naturales protegidas; al patrimonio histórico y arqueológico del estado; y al atractivo turístico, entre otros. Entre otros impactos negativos sobre el desarrollo, ello tiene como consecuencia una disminución de la productividad y pérdida de competitividad, afectando negativamente el cumplimiento de los objetivos y metas ambientales, sociales y económicas del país, estado y municipios. Por ello, la contaminación del aire constituye un pesado freno al desarrollo y al avance del bienestar social y el combate a la pobreza.

El estado de Veracruz se localiza en una angosta franja costera que ha sido históricamente una de las principales puertas de conexión del país con el resto del mundo. Bordeado por la Sierra Madre Oriental, las cuatro quintas partes de su territorio están constituidas por una planicie costera donde los vientos dominantes se desplazan con facilidad a lo largo de su extensión. Si bien ello contribuye a la dispersión de los contaminantes, también propicia el traslado a largas distancias de los contaminantes que se emiten viento arriba, afectando sitios distantes a los sitios donde se generan. Esta situación es particularmente importante porque los vientos dominantes provienen del norte a lo largo de la planicie, arrastrando los contaminantes generados a su paso.

En este contexto geográfico se lleva a cabo una amplia diversidad de actividades agrícolas, industriales y de servicios, asociada con la generación de contaminantes del aire. Entre ellas destaca el cultivo y producción de caña de azúcar vastamente extendida en el Estado. Por otro lado, se tiene una intensa actividad de exploración de petróleo y gas, así como la producción de diversas sustancias químicas y derivados del petróleo. Además, existe una importante infraestructura para la generación de electricidad destacando la central termoeléctrica más grande del país. Otras actividades industriales de primera importancia son la elaboración de cemento y la manufactura de papel. Asimismo, se llevan a cabo importantes actividades agroindustriales, tales como el cultivo de caña de azúcar y la elaboración de azúcar, además de que el Estado ocupa uno de los primeros lugares en producción pecuaria a nivel nacional. Aproximadamente, el 78% de los suelos del Estado

se destinan a la actividad agrícola y pastizales, las cuales están asociadas a una intensa deforestación de selvas y bosques, que, entre otros impactos nocivos, provoca agotamiento de suelos, erosión y emisión de partículas.

La composición de la actividad económica del Estado se ve reflejada en una alta dispersión geográfica de sus habitantes y una elevada proporción de población rural con respecto al promedio nacional. Solamente seis de cada diez personas en el Estado habitan en áreas urbanas, mientras que la media nacional es de ocho de cada diez. Pese a su tamaño, las áreas metropolitanas se están expandiendo en forma desordenada, la tasa de motorización está creciendo aceleradamente y los problemas de tránsito vial y generación de contaminantes se están multiplicando. Como en otras ciudades, los sistemas de transporte público son insuficientes y de baja calidad, lo cual dificulta sensiblemente la satisfacción de las crecientes necesidades de movilidad y la provisión de alternativas a los medios de transporte privado. En 2014, el número de vehículos registrados en el estado de Veracruz fue de casi millón y medio de unidades. Casi un sesenta por ciento del parque vehicular tiene más de 10 años de antigüedad y alrededor de un veinticinco por ciento es mayor a 20 años. Todo ello indica una alta necesidad de desarrollar e implementar una estrategia integral de movilidad urbana sustentable que abarque entre otros aspectos la mejora del transporte público, la planeación del transporte y uso del suelo, la administración de la demanda de viajes, la gestión del transporte de carga y la mejora tecnológica y de combustibles, además de la promoción de modos no motorizados.

Por otro lado, reflejando la alta proporción de población rural, el último censo de población (INEGI, 2010) señala que más de 500 mil viviendas en el estado de Veracruz, utilizan leña y/o carbón, lo que significa que más de 2 millones de personas están potencialmente expuestas a altas concentraciones de contaminantes al interior de sus hogares y zonas circundantes. En el periodo de 2000 a 2010, la proporción de viviendas que utilizan leña pasó de 32% al 27%, sin embargo, todavía se observa que en el 56% de las viviendas de la Huasteca baja, se sigue utilizando este material.

Con respecto a las actividades productivas del sector secundario, en especial el relacionado con la actividad industrial, los municipios de Coatzacoalcos, Minatitlán, Agua Dulce y Cosoloaque (ubicados en la región Olmeca) generan el 99% del PIB industrial. El desarrollo de esta región está basado en una economía proveniente de la industria petroquímica ubicada en Coatzacoalcos, la cual se complementa con la refinería localizada en Minatitlán y los complejos de Escolín, Pajaritos, Morelos, Cosoloaque y Cangrejera. Por otra parte, Poza Rica genera el 99% del PIB en la región Totonaca mediante actividades relacionadas con el sector petrolero.

La región de la montaña se caracteriza por contar con el mayor desarrollo industrial en el Estado. En esta región de la montaña, el sector industrial produce el 65% del PIB. En particular, la actividad de la industria cementera asentada en Ixtaczoquitlán participa con el 37% del PIB. En la zona norte, en la Huasteca Alta y Baja (identificada en las cuencas atmosféricas de Pánuco y Tuxpan), las principales actividades son agrícolas y de la industria petrolera. En particular destaca el Proyecto del Paleocanal de Chicontepec, o Aceite Terciario del Golfo, cuya explotación a cargo de PEMEX, inició con más de 16 mil pozos, en más de 3,700 kilómetros cuadrados.

Con la reciente Reforma Energética y dado que el estado de Veracruz es uno de los principales abastecedores de energía del país, es previsible que en los próximos años ocurra un acelerado aumento de todas las actividades económicas, afectando tanto a las áreas rurales como a las urbanas. Es de esperar que ello conlleve a un mayor uso de energía y, bajo las circunstancias actuales del transporte, la industria, servicios, agricultura, etc., tenga como consecuencia mayores presiones hacia el aumento en la emisión de contaminantes, con el consecuente deterioro de la calidad del aire y daños en la salud, ambiente, sociedad y economía. Gobierno, sector privado y sociedad se

encuentran frente a la necesidad de unir esfuerzos para afrontar estos desafíos y actuar de forma inmediata con una visión de corto, mediano y largo plazo.

Como se ha mencionado, ProAire Veracruz aborda la problemática de la contaminación atmosférica desde una perspectiva estatal. Para ello se toman en cuenta las nueve cuencas atmosféricas previamente definidas para fines de gestión de la calidad del aire. Dichas cuencas atmosféricas son: a) Tampico-Altamira-Pánuco, la cual involucra tanto al estado de Tamaulipas como al de Veracruz, b) Tuxpan, c) Poza Rica, d) Martínez de la Torre, e) Veracruz, f) Xalapa, g) Córdoba, h) San Andrés Tuxtla e i) Coatzacoalcos. En dichas cuencas se localizan las principales áreas metropolitanas del Estado. Adicionalmente, ProAire Veracruz ha identificado y considerado en su diseño diversas actividades y fuentes de contaminación atmosférica localizadas fuera de dichas cuencas y que constituyen un problema mayor desde el punto de vista de la generación, dispersión y exposición a los contaminantes atmosféricos.

Actualmente, en el estado de Veracruz están en operación tres estaciones automáticas para el monitoreo de la calidad del aire. La primera está ubicada en la Secretaría de Trabajo, Previsión Social y Productividad de la ciudad de Xalapa; la segunda, en el Instituto Tecnológico de Minatitlán; y la tercera, en la Vicerrectoría de la Universidad Veracruzana, en la ciudad de Poza Rica. Con estas estaciones, el Gobierno del Estado ha iniciado el desarrollo de la infraestructura para vigilar el cumplimiento de las Normas Oficiales de la Calidad del Aire en el Estado. Las dos primeras estaciones (en Xalapa y Minatitlán) fueron instaladas en enero de 2013, aunque oficialmente registran datos válidos a partir de agosto del 2013. La tercera estación (en Poza Rica) se instaló en noviembre de 2015, iniciando el registro oficial de datos en enero de 2016. A pesar de sus avances, en la evaluación realizada para la elaboración de ProAire Veracruz se encontró que el Estado de Veracruz aún necesita realizar un importante esfuerzo para cumplir con las disposiciones establecidas en la Norma Oficial Mexicana NOM-156-SEMARNAT-2012 “Establecimiento y operación de sistemas de monitoreo de la calidad del aire.” Entre otros aspectos, requiere aumentar la cobertura del monitoreo atmosférico y el establecer los procedimientos necesarios para garantizar la adecuada operación, mantenimiento y calibración de equipos, así como para el aseguramiento y control de calidad correspondientes.

En relación con la situación actual de la calidad del aire, se ha encontrado que las concentraciones atmosféricas de ozono, partículas ( $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$ ) y bióxido de nitrógeno registradas sobrepasan los límites establecidos en las NOM de calidad del aire para la protección de la salud, tanto en el caso de Minatitlán como en Xalapa. Más allá, se ha identificado una alta proporción de datos faltantes y picos inconsistentes con la distribución de los datos registrados. Ello subraya la importancia de llevar a cabo acciones de fortalecimiento integral del monitoreo de la calidad del aire en las estaciones actuales, lo cual redundaría positivamente en el desarrollo del monitoreo atmosférico del estado.

Con respecto a la identificación y caracterización de las actividades y sectores asociados con la generación de contaminantes atmosféricos, en el marco de los trabajos de preparación de ProAire Veracruz se ha llevado a cabo la actualización del inventario de emisiones a una escala de todo el Estado, incluyendo fuentes de jurisdicción federal, estatal y municipal. Para ello, se conjuntó la información disponible para dichas fuentes en relación con las emisiones de contaminantes criterio, además de las correspondientes a gases de efecto invernadero y contaminantes climáticos de vida corta, particularmente carbón negro (hollín). Ello ha permitido elaborar un inventario de emisiones que reúne la información necesaria para contar con una visión integral de la situación actual de las emisiones de contaminantes con efectos en salud y también de aquellas que tienen un impacto en el clima. De esta manera, ha sido posible establecer una línea base a partir de la cual se han evaluado las medidas de control identificadas, con la ventaja de plantear, por primera vez, un ProAire que

incluye tanto los beneficios en la mejora de la calidad del aire como su contribución a las metas nacionales de mitigación de cambio climático.

Entre los principales resultados destaca que, en el caso de partículas menores a  $10\ \mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ), los mayores emisores son: a) caminos no pavimentados, b) labranza y cosecha agrícola, c) la quema de leña en fogones tradicionales, especialmente en zonas periféricas urbanas y en el medio rural, d) la industria alimentaria, primordialmente los ingenios azucareros donde se generan las mayores emisiones en este sector debido a la quema de bagazo y combustóleo, e) generación de energía eléctrica por la quema de combustóleo pesado, f) quemas agrícolas, particularmente de la caña de azúcar antes de la cosecha, y g) fabricación de cemento y cal.

Por lo que se refiere a la generación de partículas  $\text{PM}_{2.5}$ , las principales actividades generadoras con mayor implicación en la salud son la combustión habitacional, la generación de energía eléctrica, los ingenios azucareros, y los vehículos pesados a diésel como los tractocamiones y camiones de carga de más de 3 toneladas.

Por primera vez para el Estado, se cuantificaron las emisiones de Carbono Negro, identificándose que los mayores emisores de este contaminante son la generación de energía eléctrica y la industria alimentaria por la quema de bagazo de caña, la combustión habitacional por la quema de leña; también cantidades importantes de este contaminante son emitidas por los vehículos de carga de más de 3 toneladas y los tractocamiones.

El bióxido de azufre se emite principalmente en la generación de energía eléctrica, seguido por la fabricación de productos a base de minerales no metálicos, la industria alimentaria y la fabricación de productos derivados del petróleo y el carbón, esto es debido a las grandes cantidades de combustóleo utilizado.

El monóxido de carbono es un contaminante generado por la combustión incompleta y en este inventario se identifican como fuentes generadoras los vehículos automotores. Por orden de importancia de mayor a menor cantidad de emisiones son los autos particulares, camionetas pick up, tractocamiones, taxis, vehículos de más de tres toneladas, motocicletas, y en las fuentes fijas en la generación de energía eléctrica.

Los principales generadores antropogénicos de óxidos de nitrógeno, por orden de importancia son: a) autos particulares, b) tractocamiones, c) vehículos de carga de más de tres toneladas, d) generación de energía eléctrica, e) embarcaciones marítimas comerciales, f) autobuses, g) industria de productos derivados del petróleo y el carbón, h) industria alimentaria, i) combustión habitacional y j) locomotoras.

Los compuestos orgánicos volátiles se generan principalmente en: a) combustión habitacional, b) industria química, c) autos particulares, d) recubrimiento de superficies arquitectónicas, e) fugas en instalaciones de gas LP, g) limpieza de superficies industriales, h) hidrocarburos no quemados, i) camionetas pick up, j) combustión comercial institucional y k) aplicación de plaguicidas.

En relación con las emisiones de amoníaco, éstas se generan principalmente en la descomposición de residuos ganaderos, agrícolas y urbanos, así como en la aplicación de fertilizantes.

Referente a los gases de efecto invernadero, el metano se genera principalmente por el tratamiento de las aguas residuales, por la disposición de la basura en los rellenos sanitarios, por la combustión habitacional, los incendios forestales y descomposición de estiércol.

Las fuentes más relevantes de bióxido de carbono son: a) generación de energía eléctrica, b) fabricación de productos derivados del petróleo y el carbón, c) combustión habitacional, d) fabricación de productos a base de minerales no metálicos, e) autos particulares, f) quemas agrícolas, g) industria alimentaria, h) tractocamiones y i) vehículos de carga de más de tres toneladas.

La contaminación atmosférica es el principal riesgo ambiental que afecta a la salud pública a nivel mundial. La estimación de los efectos en una localidad específica requiere la aplicación de metodologías donde se combinan los aspectos relacionados con la incidencia de efectos en la mortalidad y la morbilidad, los niveles de calidad del aire prevalecientes y factores de riesgo que se han generado a través de décadas de investigación científica en todo el mundo.

En el estado de Veracruz se registra uno de los menores valores de esperanza de vida en todo el país. Si bien todo esto no puede ser atribuido directamente a las condiciones ambientales, si constituye un indicador de gran importancia para dimensionar el problema de salud pública en el Estado. La entidad tiene una tasa de incidencia menor que el promedio nacional para la mayoría de las enfermedades relacionadas con la contaminación atmosférica. Sin embargo, el análisis realizado en ProAire Veracruz a nivel municipal ha permitido identificar problemáticas específicas, en ciertas localidades del Estado. Por ejemplo, destaca una alta tasa de incidencia de infección respiratoria aguda en los municipios de Nanchital y Minatitlán, en las inmediaciones de la producción de químicos y petroquímicos en la cuenca de Coatzacoalcos. Por otro lado, en el municipio de la Antigua, al norte del Puerto de Veracruz, la alta incidencia de morbilidad podría estar relacionada con una importante actividad portuaria y de producción de azúcar. Asimismo, se ha identificado una alta tasa de incidencia de asma y estado asmático también en el municipio de la Antigua y niveles que sobrepasan el promedio nacional en varios municipios de las cuencas de Veracruz, Coatzacoalcos y Xalapa. Estas altas tasas de incidencia dan un sentido de urgencia a la necesidad de profundizar en el diagnóstico sólido y la atención de estos problemas de salud pública en los municipios identificados. Además, es conveniente resaltar la necesidad de fortalecer el rico registro de incidencia de enfermedades con el que cuenta el Estado.

Como parte de la preparación de ProAire Veracruz, se ha llevado a cabo una estimación preliminar de la carga de mortalidad atribuible a la contaminación del aire en las ciudades de Xalapa y Minatitlán, así como de los costos económicos asociados. Esta estimación se realizó mediante el uso de funciones concentración respuesta, incorporando información de la población local, tasas de incidencia de mortalidad registradas por el sector salud, y datos del monitoreo de la calidad del aire disponibles para dichas ciudades. Para realizar esta estimación se aplicó la metodología de evaluación de la carga de enfermedad por contaminación del aire utilizada por la Organización Mundial de la Salud (WHO, 2016). Los resultados obtenidos indican que:

- Alrededor de 280 muertes son atribuibles a la contaminación del aire en los municipios de Xalapa y Minatitlán.
- La mortalidad atribuible a la contaminación del aire representa el 7.5% de la mortalidad total en Xalapa y el 14% en Minatitlán,
- El costo económico de estas muertes asciende a por lo menos 127 millones de dólares por año, tomando como referencia valores estadísticos de la vida utilizados comúnmente en México.

Cabe resaltar que esta estimación no incluye efectos en morbilidad ni en mortalidad infantil. La evaluación realizada muestra que los niveles actuales de contaminación del aire en Xalapa y Minatitlán significan un importante riesgo a la salud pública. Más allá, estos hallazgos resaltan la importancia de ampliar la cobertura del monitoreo atmosférico en el estado con la finalidad de evaluar y dar seguimiento a los efectos de la contaminación del aire en cada una de las cuencas atmosféricas.

Con base en un sólido diagnóstico de la situación que prevalece en el estado, el propósito de ProAire Veracruz es establecer las bases que aseguren el logro de objetivos cuantificables de mejora de la calidad del aire para proteger la salud y el bienestar de la población veracruzana, así como para contribuir a alcanzar objetivos superiores de desarrollo sustentable del Estado. Los objetivos específicos de ProAire Veracruz son:

- Identificar, evaluar y priorizar un conjunto de medidas de alto impacto para reducir significativamente las emisiones contaminantes en el estado y en cuencas atmosféricas específicas.
- Establecer un sistema integrado de gestión de calidad del aire con la intervención concurrente de los Gobiernos Federal, Estatal y Municipal, así como la vinculación de actores clave del sector privado, la sociedad civil, y la participación de la población.
- Desarrollar una cultura ciudadana proactiva y corresponsable en pro de la mejora de la calidad del aire.
- Fortalecer las capacidades para asegurar una efectiva implementación de ProAire Veracruz.
- Generar y aplicar conocimientos técnicos y científicos acerca de problemas y soluciones de la contaminación atmosférica del Estado, vinculando a universidades y centros de investigación y desarrollo.

Las metas planteadas en ProAire Veracruz se expresan en términos de reducción de emisiones para cada uno de los contaminantes de interés: PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, COV y NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y Carbón Negro (hollín). A continuación, se presentan las metas de reducción de emisiones del programa.

| Contaminante      | Metas de reducción |
|-------------------|--------------------|
| PM <sub>10</sub>  | 35%                |
| PM <sub>2.5</sub> | 36                 |
| SO <sub>2</sub>   | 76%                |
| CO                | 13%                |
| COV               | 5%                 |
| NO <sub>x</sub>   | 33%                |
| CO <sub>2</sub>   | 21%                |
| CH <sub>4</sub>   | 20%                |
| Carbono Negro     | 44%                |

Conforme a los lineamientos del Gobierno Federal, las estrategias planteadas en ProAire Veracruz se dividen en los siguientes 6 grupos principales:

- I. Reducción de emisiones de fuentes fijas.
- II. Reducción de emisiones de fuentes móviles.
- III. Reducción de emisiones en comercios, servicios (y fuentes de área)
- IV. Comunicación y educación ambiental.
- V. Salud y externalidades.
- VI. Fortalecimiento institucional y financiamiento.

A continuación, se presentan las medidas definidas para cada estrategia:

#### Estrategia I. Reducción de emisiones de fuentes fijas

| # | Medida                                                                                     |
|---|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Implementación de mejores prácticas ambientales en el sector de energía eléctrica.         |
| 2 | Instalar sistemas de control de emisiones en ingenios azucareros.                          |
| 3 | Preparar e implementar un programa de reducción de emisiones en la industria cementera.    |
| 4 | Sustituir combustóleo por gas natural en la industria del papel.                           |
| 5 | Control de emisiones de contaminantes a la atmósfera en el sector petróleo y petroquímica. |

#### Estrategia II. Reducción de emisiones de fuentes móviles

| # | Medida                                                                                                                                                                                                         |
|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Modernizar el programa de verificación vehicular mediante la incorporación de pruebas dinámicas de emisiones y operativos de identificación de vehículos ostensiblemente contaminantes.                        |
| 2 | Implementar sistemas de autobuses rápidos (BRT), reestructurar el transporte público y reemplazar unidades de transporte de pasajeros actuales con unidades de baja emisión de contaminantes o emisiones cero. |
| 3 | Cambiar y chatarrizar autobuses foráneos con más de 15 años de antigüedad por autobuses que cumplan con estándares EURO VI y posteriores.                                                                      |
| 4 | Sustitución y chatarrización de vehículos de carga con más de 15 años de antigüedad.                                                                                                                           |

#### Estrategia III. Reducción de emisiones en comercios, servicios (y fuentes de área)

| # | Medida                                                                                                                                                   |
|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Reemplazar fogones de leña por estufas limpias y eficientes.                                                                                             |
| 2 | Implementar un programa de pavimentación en las principales áreas metropolitanas acoplado al fortalecimiento de los programas de desarrollo urbano.      |
| 3 | Capturar y aprovechar el metano generado en plantas de tratamiento de aguas residuales.                                                                  |
| 4 | Reducir la emisión de compuestos orgánicos volátiles en actividades de pintura, recubrimiento de superficies, lavado en seco, artes gráficas y limpieza. |
| 5 | Implantar prácticas de cosecha mecanizada sin quema agrícola.                                                                                            |
| 6 | Aplicar técnicas de agricultura con labranza cero en sustitución de las prácticas actuales que erosionan el suelo.                                       |

#### Estrategia IV. Comunicación y educación ambiental.

| # | Medida |
|---|--------|
|---|--------|

- 1 Desarrollar un programa de comunicación pública de la calidad del aire para el estado de Veracruz.
- 2 Desarrollar un programa de educación ambiental de la calidad del aire.

#### Estrategia V. Salud y externalidades.

| # | Medida                                                                                              |
|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Fortalecer el sistema de vigilancia epidemiológica de los efectos de calidad del aire en el Estado. |
| 2 | Implementar un plan de contingencias atmosféricas.                                                  |

#### Estrategia VI. Fortalecimiento institucional y financiamiento

| # | Medida                                                                                            |
|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Expandir la red de monitoreo atmosférico.                                                         |
| 2 | Desarrollar un marco integral de aseguramiento de la calidad y control de calidad.                |
| 3 | Establecer procesos efectivos de gestión, verificación y disseminación de los datos de monitoreo. |
| 4 | Utilizar el Fondo Ambiental Veracruzano para fortalecer la gestión de la calidad del aire.        |

El impacto esperado del programa se estima aproximadamente en la siguiente reducción de emisiones contaminantes con respecto al inventario de emisiones del año base 2012.

| Contaminante      | Metas de reducción (ton/año) |
|-------------------|------------------------------|
| PM <sub>10</sub>  | 45,000                       |
| PM <sub>2.5</sub> | 12,000                       |
| SO <sub>2</sub>   | 157,000                      |
| CO                | 138,000                      |
| COV               | 47,000                       |
| NO <sub>x</sub>   | 57,000                       |
| CO <sub>2</sub>   | 10'500,00                    |
| CH <sub>4</sub>   | 122,000                      |
| Carbono Negro     | 2,000                        |

Con la implementación de ProAire Veracruz será posible avanzar hacia el logro de los objetivos de mejora de la calidad del aire y en la salud, así como también lograr múltiples beneficios ambientales, sociales y económicos asociados con mayor eficiencia, competitividad, responsabilidad social, protección a la salud de los pobladores y mejora de la calidad de vida, entre otros. Para ello se requiere un compromiso común con la participación de todos los actores responsables de gobierno, sector privado y sociedad civil.

## INTRODUCCIÓN

El estado de Veracruz posee grandes oportunidades de desarrollo asociadas con su privilegiada localización estratégica; una vasta extensión territorial; la riqueza de sus recursos naturales; su extensa biodiversidad; su inestimable patrimonio histórico y cultural, además de la importancia de sus centros urbanos, infraestructura y población. Paradójicamente, el Estado enfrenta serios desafíos relacionados con su crecimiento económico, la expansión de sus zonas urbanas y el acelerado ritmo de sus actividades urbanas y de producción industrial y de servicios.

Entre otras consecuencias, ello se refleja en un acelerado aumento del consumo de combustibles fósiles y otros insumos cuya utilización conlleva a la generación de contaminantes atmosféricos, los cuales deterioran la calidad del aire. A la vez, ésta constituye el mayor riesgo ambiental a la salud pública y los efectos dañinos que produce significan enormes costos en salud pública y un serio perjuicio al bienestar de la población. A los efectos en salud atribuibles a la contaminación atmosférica se suman daños a la agricultura; a los ecosistemas, incluyendo a las áreas naturales protegidas; al patrimonio histórico y arqueológico del estado; y al atractivo turístico, entre otros. Entre otros impactos negativos sobre el desarrollo, ello tiene como consecuencia una disminución de la productividad y pérdida de competitividad, afectando negativamente el cumplimiento de los objetivos y metas ambientales, sociales y económicas del estado y municipios. De esta manera, la contaminación del aire constituye un pesado freno al desarrollo y al avance del bienestar social y el combate a la pobreza.

Las áreas metropolitanas del Estado se están expandiendo aceleradamente y en forma desordenada, mientras que la creciente motorización y los problemas de congestión que genera consumen los limitados presupuestos municipales hacia el desarrollo de infraestructura orientada al uso del automóvil. Como ocurre en otras ciudades del país, los sistemas de transporte público son insuficientes para atender la creciente demanda de viajes y su baja eficiencia no favorece su uso como alternativa a los medios de transporte privado.

Con la reciente reforma energética y siendo el estado de Veracruz uno de los principales abastecedores de energía del país, es previsible que en los próximos años ocurra una intensificación de las actividades en todas las esferas económicas del Estado y de la vida social. Ello conllevará a un mayor uso de energía y, bajo las circunstancias de la planta productiva y la estructura urbana actual, ello podría significar mayores presiones hacia el aumento en la emisión de contaminantes atmosféricos, el deterioro de la calidad del aire y la afectación a la salud, los ecosistemas, la producción agrícola y ganadera y el turismo en el Estado, entre otros impactos negativos.

En este contexto, la SEMARNAT y la Secretaría de Medio Ambiente del Gobierno del Estado de Veracruz, han iniciado un esfuerzo conjunto para elaborar e implementar este primer programa estatal de mejora de la calidad del aire (ProAire del estado de Veracruz). Como se describirá más adelante, la motivación de ProAire Veracruz es establecer las bases de política pública que conlleven a la construcción de una armonización entre el desarrollo económico del Estado y el combate a la contaminación atmosférica y, por ende, la protección de la salud pública. Más allá, se trata de establecer los caminos que permitan lograr actividades industriales, comercio, servicios y otras más limpias, competitivas y eficientes para el logro de los objetivos superiores de desarrollo del país, estado y municipios. Una descripción del marco legal del ProAire se incluye en el Anexo 1: Contexto Legal para la Gestión de la Calidad del Aire en el Estado de Veracruz.

ProAire Veracruz ha sido organizado en siete capítulos. El primero describe aspectos generales del medio físico y socioeconómico que caracterizan a la entidad, como punto de partida para establecer

la relación entre naturaleza, sociedad y calidad del aire, incluyendo una visión panorámica de las fuerzas motrices que afectan a la calidad del aire.

El segundo capítulo aborda la situación actual del monitoreo de la calidad del aire en el Estado y los resultados de los dos primeros años de operación de las estaciones de monitoreo localizadas en Xalapa y Minatitlán<sup>1</sup>. El tercer capítulo presenta el inventario de emisiones del estado, así como su desglose en cada una de sus cuencas atmosféricas, lo cual permite tener un diagnóstico general de los aportes a la emisión de contaminantes de los diferentes sectores de la actividad industrial, agrícola, transporte, servicios y comercio, entre otras.

En el cuarto capítulo se presenta un análisis acerca de la relación entre calidad del aire y salud, tomando como punto de partida los datos del inventario de emisiones, el monitoreo de la calidad del aire y los registros de mortalidad y morbilidad de los servicios de salud del Estado, así como la aplicación de metodologías recomendadas por la Organización Mundial de la Salud. El capítulo 5 aborda el tema de la educación en pro de la calidad del aire tomando en consideración, tanto los aspectos de concientización y construcción de ciudadanía, como la vinculación y participación activa de los actores clave, grupos de interés y los ciudadanos en general en la implementación, seguimiento y evaluación del ProAire.

El capítulo 6 está dedicado a la elaboración de una estrategia integrada para atender los siguientes aspectos principales: a) identificar, evaluar y priorizar medidas de alto impacto para contener y revertir las tendencias negativas actuales de emisión de contaminantes, b) plantear medidas para prevenir y mitigar los efectos de la contaminación del aire sobre la salud, c) proponer medidas de fortalecimiento institucional dirigidas al establecimiento de un sistema integral de gestión de calidad del aire en el estado de Veracruz con un énfasis en la mejora y expansión del monitoreo de la calidad del aire, así como para el establecimiento de un fondo que apoye tanto al fortalecimiento institucional como a la ejecución de proyectos estratégicos.

Finalmente, el capítulo 7 identifica posibles fuentes y mecanismos de financiamiento que podrían apoyar con recursos técnicos y financieros la implementación de las medidas del ProAire de Veracruz, además de fortalecer sus mecanismos de seguimiento y evaluación.

La experiencia nacional e internacional señala que para mejorar la calidad del aire se requiere un esfuerzo sostenido con la participación concurrente de los tres órdenes de gobierno, así como la vinculación de actores clave del sector privado y la sociedad civil. Más allá, se requiere el apoyo y la colaboración corresponsable de los ciudadanos.

La máxima aspiración de las instituciones que han participado en la elaboración de ProAire Veracruz es éste sirva como punto de partida de un diálogo colectivo donde las acciones para mejorar la calidad de aire se conviertan en una palanca para impulsar el desarrollo del Estado, además de contribuir a la erradicación de la pobreza y al máximo aprovechamiento del potencial de la entidad.

---

<sup>1</sup> La estación de Poza Rica no fue incluida en este análisis debido a su reciente inicio de operaciones.

# CONTENIDO

|                                                                                                                                                    |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. GENERALIDADES DE LA ZONA DE ESTUDIO.....                                                                                                        | 26 |
| 1.1. Delimitación geográfica y aspectos físicos.....                                                                                               | 26 |
| 1.1.1. Localización y superficie territorial.....                                                                                                  | 26 |
| 1.1.2. Fisiografía- Orografía .....                                                                                                                | 27 |
| 1.1.3. Hidrografía .....                                                                                                                           | 30 |
| 1.1.4. Climatología .....                                                                                                                          | 33 |
| 1.1.5. Uso de suelo y vegetación .....                                                                                                             | 36 |
| 1.1.7. Áreas Naturales Protegidas .....                                                                                                            | 44 |
| 1.2. Aspectos sociales y económicos .....                                                                                                          | 46 |
| 1.2.1. Dinámica poblacional.....                                                                                                                   | 46 |
| 1.2.2. Desarrollo socioeconómico .....                                                                                                             | 49 |
| 1.3. Vías de comunicación y transporte.....                                                                                                        | 52 |
| 1.3.1. Infraestructura de vías de comunicación en Veracruz .....                                                                                   | 52 |
| 1.3.2. Transporte .....                                                                                                                            | 54 |
| 1.3.3. Programa de verificación vehicular .....                                                                                                    | 55 |
| 1.4. Consumo de combustibles y energía eléctrica.....                                                                                              | 57 |
| 2. Diagnóstico de la calidad del aire en el Estado de Veracruz .....                                                                               | 59 |
| 2.1. Introducción .....                                                                                                                            | 59 |
| 2.2. Descripción del sistema de monitoreo actual.....                                                                                              | 59 |
| 2.2.1. Sistema de monitoreo atmosférico del estado de Veracruz. ....                                                                               | 59 |
| 2.2.2. Cumplimiento de la norma NOM-156-SEMARNAT-2012 .....                                                                                        | 61 |
| 2.2.3. Auditorías realizadas a los sistemas de monitoreo de la calidad del aire .....                                                              | 66 |
| 2.3. Indicadores de la calidad del aire.....                                                                                                       | 67 |
| 2.3.1. Elaboración de un diagnóstico general de la situación de la contaminación del aire en las cuencas atmosféricas del estado de Veracruz ..... | 67 |
| 2.3.2. Evaluación de la calidad del aire con base en indicadores primarios y secundarios .....                                                     | 67 |
| 2.3.3. Resultados.....                                                                                                                             | 68 |
| 2.4. Plan de Contingencias Atmosféricas .....                                                                                                      | 85 |
| 3. INVENTARIO DE EMISIONES CONTAMINANTES Y DE EFECTO INVERNADERO .....                                                                             | 87 |
| 3.1. Introducción .....                                                                                                                            | 87 |
| 3.2. Metodología.....                                                                                                                              | 87 |
| 3.3. Inventario de emisiones en el Estado .....                                                                                                    | 88 |
| 3.4. Emisiones desagregadas por jurisdicción.....                                                                                                  | 91 |

|                                                                                                                                                                                                              |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 3.5. Inventario de emisiones por cuencas atmosféricas.....                                                                                                                                                   | 92  |
| 3.6. Proyecciones .....                                                                                                                                                                                      | 92  |
| Proyecciones del Inventario al 2020 y al 2030 .....                                                                                                                                                          | 92  |
| 3.7. Conclusiones .....                                                                                                                                                                                      | 96  |
| 3.8. Recomendaciones .....                                                                                                                                                                                   | 96  |
| 4. IMPACTOS SOBRE LA SALUD Y EXTERNALIDADES.....                                                                                                                                                             | 97  |
| 4.1. Impactos en la salud de la contaminación del aire en el estado de Veracruz .....                                                                                                                        | 98  |
| 4.2. Acciones de la Secretaría de salud .....                                                                                                                                                                | 103 |
| 4.3. Estimación de Impactos en Salud en los Municipios de Xalapa y Minatitlán .....                                                                                                                          | 104 |
| 4.3.1. Metodología de Evaluación .....                                                                                                                                                                       | 104 |
| 4.3.2. Carga de Mortalidad Atribuible a la Contaminación Atmosférica en Xalapa y Minatitlán. ....                                                                                                            | 106 |
| 4.3.3. Modelo BENMAP .....                                                                                                                                                                                   | 107 |
| 5. Comunicación Pública y Educación Ambiental en Materia de Calidad del Aire.....                                                                                                                            | 109 |
| 5.1 Descripción del Proceso actual de la comunicación pública sobre la calidad del aire .....                                                                                                                | 109 |
| 5.1.1. Portal Web .....                                                                                                                                                                                      | 109 |
| 5.1.2. Redes Sociales.....                                                                                                                                                                                   | 111 |
| 5.2 Actores involucrados en la comunicación y difusión de la calidad del aire .....                                                                                                                          | 112 |
| 5.3 Percepción general de la ciudadanía sobre la calidad del aire .....                                                                                                                                      | 113 |
| 5.4 Educación ambiental.....                                                                                                                                                                                 | 114 |
| 6. ESTRATEGIAS Y MEDIDAS .....                                                                                                                                                                               | 116 |
| 6.1. LAS METAS Y ESTRATEGIAS .....                                                                                                                                                                           | 117 |
| 6.1.1. Las metas .....                                                                                                                                                                                       | 117 |
| 6.1.2. Las estrategias .....                                                                                                                                                                                 | 117 |
| 6.2. Estrategia 1. Reducción de emisiones en fuentes fijas .....                                                                                                                                             | 119 |
| 6.2.1. MEDIDA 1. Implementación de mejores prácticas ambientales en el sector de energía eléctrica .....                                                                                                     | 120 |
| 6.2.2. MEDIDA 2. Programa de control de emisiones en ingenios azucareros .....                                                                                                                               | 123 |
| 6.2.3. MEDIDA 3. Preparar e implementar un programa de reducción de emisiones en la industria cementera.....                                                                                                 | 125 |
| 6.2.4. MEDIDA 4. Sustituir combustóleo por gas natural en la industria del papel .....                                                                                                                       | 127 |
| 6.2.5. MEDIDA 5. Control de emisiones de contaminantes a la atmósfera en el sector petróleo y petroquímica .....                                                                                             | 129 |
| 6.3. Estrategia 2. Reducción de emisiones en fuentes móviles .....                                                                                                                                           | 131 |
| 6.3.1. MEDIDA 1. Modernizar el programa de verificación vehicular mediante la incorporación de pruebas dinámicas de emisiones y operativos de identificación de vehículos ostensiblemente contaminantes..... | 132 |

|                                                                                                                                                                                   |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 6.3.2. MEDIDA 2. Introducir sistemas de autobuses rápidos (BRT) y reemplazar unidades de transporte de pasajeros actuales con unidades de baja emisión de contaminantes.          | 135 |
| 6.3.3. MEDIDA 3. Reemplazar autobuses foráneos con más de 15 años de antigüedad por nuevas unidades que cumplan con EURO VI.                                                      | 137 |
| 6.3.4. MEDIDA 4. Sustitución y chatarrización de los vehículos de carga con más de 15 años de antigüedad                                                                          | 139 |
| 6.4. Estrategia 3. Reducción de emisiones en comercio, servicios y fuentes de área                                                                                                | 142 |
| 6.4.1. MEDIDA 1. Reemplazar estufas de leña por estufas limpias y eficientes                                                                                                      | 143 |
| 6.4.2. MEDIDA 2. Implementar un programa de pavimentación en las principales áreas metropolitanas                                                                                 | 146 |
| 6.4.3. MEDIDA 3. Capturar y aprovechar el poder calorífico del metano generado en plantas de tratamiento de aguas residuales                                                      | 148 |
| 6.4.4. MEDIDA 4. Reducir la emisión de compuestos orgánicos volátiles en diversas actividades de pintura, recubrimiento de superficies, lavado en seco, artes gráficas y limpieza | 150 |
| 6.4.5. MEDIDA 5. Implantar prácticas de cosecha mecanizada sin quema agrícola                                                                                                     | 152 |
| 6.4.6. MEDIDA 6. Aplicar técnicas de agricultura con labranza cero en sustitución de prácticas que erosionan el suelo                                                             | 154 |
| 6.5. Estrategia 4. Comunicación y educación ambiental                                                                                                                             | 156 |
| 6.5.1. MEDIDA 1. Desarrollar un programa de comunicación pública de la calidad del aire para el estado de Veracruz                                                                | 156 |
| 6.5.2. MEDIDA 2. Desarrollar un programa de educación ambiental de la calidad del aire                                                                                            | 158 |
| 6.6. Estrategia 5. Salud y externalidades                                                                                                                                         | 160 |
| 6.6.1. MEDIDA 1. Fortalecer el sistema de vigilancia epidemiológica de los efectos de la calidad del aire en el estado de Veracruz                                                | 160 |
| 6.6.2. MEDIDA 2. Implementar un plan de contingencia para la calidad del aire                                                                                                     | 162 |
| 6.7. Estrategia 6. Fortalecimiento institucional y financiamiento                                                                                                                 | 164 |
| 6.7.1. MEDIDA 1. Expandir la red de monitoreo atmosférico en el estado de Veracruz                                                                                                | 167 |
| 6.7.2. MEDIDA 2. Desarrollar un marco integral de aseguramiento de calidad y control de calidad (QA/QC)                                                                           | 169 |
| 6.7.3. MEDIDA 3. Establecer procesos efectivos de gestión, verificación y diseminación de los datos                                                                               | 172 |
| 6.7.4. MEDIDA 4. Establecer un fondo estatal para la mejora de la calidad del aire                                                                                                | 175 |
| 6.8. Resumen de reducción de emisiones                                                                                                                                            | 177 |
| 7. Fuentes de Financiamiento                                                                                                                                                      | 185 |
| 7.1. Fuentes de financiamiento nacional/local                                                                                                                                     | 186 |
| 7.1.1. Presupuesto Egresos de la Federación                                                                                                                                       | 186 |
| 7.1.2. Fondo Nacional de Infraestructura                                                                                                                                          | 187 |

|                                                                                                    |                                                                                                                                   |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 7.1.3. Fondo para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía .....    | 188                                                                                                                               |
| 7.1.4. Desarrollo de un programa tipo Carl Moyer de California como mecanismo de financiación..... | 190                                                                                                                               |
| 7.1.5. Fuentes de financiamiento privado .....                                                     | 193                                                                                                                               |
| 7.2. Fuentes de financiamiento y/o asistencia técnica internacional.....                           | 193                                                                                                                               |
| 7.2.1. Acciones Nacionales de Mitigación Apropriadas (NAMAs).....                                  | 193                                                                                                                               |
| 7.2.2. Fondo de Tecnología Limpia .....                                                            | 195                                                                                                                               |
| 7.2.3. Coalición de Clima y Aire Limpio.....                                                       | 198                                                                                                                               |
| 7.2.4. Fondo Verde del Clima.....                                                                  | 199                                                                                                                               |
| 7.2.5. Alianza Global para Estufas Limpias .....                                                   | 201                                                                                                                               |
| 7.3. Opciones de financiamiento por medida propuesta en el ProAire .....                           | 202                                                                                                                               |
| 8. REFERENCIAS .....                                                                               | 204                                                                                                                               |
| ANEXO 1:                                                                                           | Contexto Legal para la Gestión de la Calidad del Aire en el Estado de Veracruz                                                    |
| ANEXO 2:                                                                                           | Parque Vehicular en el Estado de Veracruz                                                                                         |
| ANEXO 3:                                                                                           | Valores Límite de las NOM Vigentes en Materia de Protección a la Salud                                                            |
| ANEXO 4:                                                                                           | Memoria de Cálculo para Estimar las Emisiones Contaminantes y de Efecto Invernadero del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave |
| ANEXO 5:                                                                                           | Inventario de Emisiones Detallado                                                                                                 |

## ÍNDICE DE CUADROS

|                                                                                                                                                                                                                         |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Cuadro 1.1. Provincias fisiográficas en el estado de Veracruz.....                                                                                                                                                      | 28 |
| Cuadro 1.2. Cuencas atmosféricas de Veracruz, definidas por la Semarnat .....                                                                                                                                           | 29 |
| Cuadro 1.3. Cuencas hidrológicas en el estado de Veracruz .....                                                                                                                                                         | 32 |
| Cuadro 1.4. Área por ecorregión nivel III y IV en que se divide el estado de Veracruz. ....                                                                                                                             | 40 |
| Cuadro 1.5. Número de habitantes y tasa promedio de crecimiento en las zonas metropolitanas de Veracruz (2010). ....                                                                                                    | 46 |
| Cuadro 1.6. Municipios con mayor número de habitantes en Veracruz .....                                                                                                                                                 | 47 |
| Cuadro 1.7. Superficies sembrada y cosechada y valor de la producción agrícola por tipo de cultivo y principales cultivos (año agrícola 2011) .....                                                                     | 50 |
| Cuadro 1.8. Regiones económicas y cuencas atmosféricas y su PIB.....                                                                                                                                                    | 51 |
| Cuadro 1.9. Indicadores de infraestructura de comunicaciones y transportes.....                                                                                                                                         | 52 |
| Cuadro 1.10. Número de vehículos en Veracruz para el 2014 .....                                                                                                                                                         | 54 |
| Cuadro 1.11. Distribución de viajes en medios de transporte en Xalapa .....                                                                                                                                             | 55 |
| Cuadro 1.12. Demanda / ventas de combustibles 2012 .....                                                                                                                                                                | 57 |
| Cuadro 2.1. Parámetros que se registran en la estaciones de monitoreo .....                                                                                                                                             | 60 |
| Cuadro 2.2. Valoración de las características básicas de los sistemas de monitoreo atmosférico (artículo 7 de la NOM 156) de Minatitlán y Xalapa.....                                                                   | 62 |
| Cuadro 2.3. Valoración de la instalación de estaciones, operación, mantenimiento y calibración de equipos de las estaciones de monitoreo (artículo 8 la NOM 156) de Minatitlán y Xalapa. ...                            | 63 |
| Cuadro 2.4. Gestión del aseguramiento y control de la calidad en los sistemas de monitoreo de la calidad del aire (Artículo 9), y Manejo de datos de la calidad del aire” (al artículo 10) de Minatitlán y Xalapa ..... | 66 |
| Cuadro 2.5. Suficiencia en los sitios Minatitlán y Xalapa. ....                                                                                                                                                         | 71 |
| Cuadro 2.6. Evaluación del cumplimiento de las NOM en el sitio de Minatitlán. ....                                                                                                                                      | 72 |
| Cuadro 2.7. Evaluación del cumplimiento de las GCA-OMS en el sitio de Minatitlán. ....                                                                                                                                  | 74 |
| Cuadro 2.8. Distribución de la calidad del aire en Minatitlán.....                                                                                                                                                      | 75 |
| Cuadro 2.9. Distribución de la calidad del aire en Xalapa.....                                                                                                                                                          | 75 |
| Cuadro 2.10. Mosaico de la calidad del aire de Minatitlán (2013). ....                                                                                                                                                  | 76 |
| Cuadro 2.11. Mosaico de la calidad del aire de Minatitlán (2014). ....                                                                                                                                                  | 77 |
| Cuadro 2.13. Mosaico de la calidad del aire de Xalapa (2014). ....                                                                                                                                                      | 79 |
| Cuadro 3.1. Emisiones de contaminantes criterio y de efecto invernadero generadas en el estado de Veracruz, año base 2012. ....                                                                                         | 89 |
| Cuadro 3.2 Distribución de las emisiones por tipo de jurisdicción .....                                                                                                                                                 | 91 |
| Cuadro 3.3. Emisiones de contaminantes criterio y de GEI del estado de Veracruz, año base 2012. ....                                                                                                                    | 92 |
| Cuadro 3.4. Inventario de Emisiones del Estado de Veracruz de los años 2012, 2020 y 2030....                                                                                                                            | 93 |

|                                                                                                                                                               |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Cuadro 3.5. Proyección de las Emisiones del estado de Veracruz al 2020 .....                                                                                  | 94  |
| Cuadro 3.6. Proyección de las Emisiones del estado de Veracruz al 2030 .....                                                                                  | 95  |
| Cuadro 4.1. Municipios priorizados por enfermedades respiratorias. ....                                                                                       | 101 |
| Cuadro 4.2. Riesgo Relativo (RR) para efectos en la salud asociados a un cambio de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en la concentración de $\text{PM}_{2.5}$ ..... | 105 |
| Cuadro 4.3. Línea base de información – mortalidad en mayores de 30 años. Municipios de Xalapa y Minatitlán. Año de referencia 2012 .....                     | 106 |
| Cuadro 4.4. Mortalidad atribuible a la contaminación atmosférica. Municipios de Xalapa - Minatitlán.....                                                      | 107 |
| Cuadro 5.1. Inclusión de la temática de calidad del aire en los PMEA del Estado. ....                                                                         | 115 |
| Cuadro 6.1. Reducción de emisiones por el cambio de combustóleo a gas natural en la Termoeléctrica Adolfo López Mateos .....                                  | 121 |
| Cuadro 6.2. Reducción de emisiones por el cambio de combustóleo a gas natural en la Termoeléctrica Planta I de Altamira .....                                 | 121 |
| Cuadro 6.3. Reducción de emisiones por la incorporación de secadores de bagazo de caña y equipo de control en los Ingenios Azucareros .....                   | 125 |
| Cuadro 6.4 Reducción de emisiones por la incorporación de equipo de control en la Industria cementera .....                                                   | 127 |
| Cuadro 6.5. Reducción de emisiones por el cambio de combustóleo a gas natural en la industria del Papel.....                                                  | 129 |
| Cuadro 6.6. Reducción de emisiones por el cambio de combustóleo a gas natural en la industria del Petróleo.....                                               | 130 |
| Cuadro 6.7. Reducción de emisiones – Programa de Verificación Vehicular Obligatoria .....                                                                     | 135 |
| Cuadro 6.8. Reducción de emisiones por la implementación de transporte tipo BRT .....                                                                         | 137 |
| Cuadro 6.9. Reducción de emisiones, por la sustitución y chatarrización de autobuses foráneos con EURO VI .....                                               | 139 |
| Cuadro 6.10. Vehículos de jurisdicción local a sustituir y chatarrizar y su reducción de emisiones .....                                                      | 141 |
| Cuadro 6.11. Reducción de emisiones, por la sustitución y chatarrización de vehículos de carga Federal .....                                                  | 142 |
| Cuadro 6.12. Reducción de emisiones por la introducción de un 30% de estufas ahorradoras de leña.....                                                         | 145 |
| Cuadro 6.13. Reducción de emisiones por cuenca, por la introducción de un 30% de estufas ahorradoras de leña.....                                             | 145 |
| Cuadro 6.14. Emisiones generadas por kilómetro lineal de vialidad.....                                                                                        | 146 |
| Cuadro 6.15. Reducción de emisiones por la pavimentación del 30% de vialidades .....                                                                          | 147 |
| Cuadro 6.16. Reducción de emisiones por cuenca, por la pavimentación del 30% de vialidades .....                                                              | 148 |
| Cuadro 6.17. Reducción de emisiones por cuenca, por la captura y aprovechamiento del metano en un 30% del agua tratada .....                                  | 150 |
| Cuadro 6.18. Reducción de COV por cuenca .....                                                                                                                | 152 |

|                                                                                                                                |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Cuadro 6.19. Reducción de emisiones por la introducción en un 15% de cosecha mecanizada de la caña de azúcar .....             | 154 |
| Cuadro 6.20. Reducción de emisiones por cuenca, por la introducción en un 15% de cosecha mecanizada de la caña de azúcar ..... | 154 |
| Cuadro 6.21. Reducción de emisiones por la siembra directa en un 10% de los cultivos agrícolas .....                           | 156 |
| Cuadro 6.22. Reducción de emisiones por cuenca, por la siembra directa en un 10% de los cultivos agrícolas .....               | 156 |
| Cuadro 6.23. Reducción de emisiones de las medidas seleccionadas.....                                                          | 177 |
| Cuadro 6.24. Reducción de emisiones por la implementación de medidas en el estado de Veracruz .....                            | 178 |
| Cuadro 7.1. Fuentes de Financiación para el Programa Carl Moyer.....                                                           | 190 |
| Cuadro 7.2. Tipo de proyectos considerados en el Programa Carl Moyer. ....                                                     | 192 |
| Cuadro 7.3. Requerimientos Metodológicos para el financiamiento del sector público CTF ...                                     | 196 |
| Cuadro 7.4. Plan de financiamiento del CTF, fase 2.....                                                                        | 197 |
| Cuadro 7.5. Potenciales Opciones de Fuentes y Mecanismos de Financiamiento .....                                               | 202 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                                                                              |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 1.2. Subprovincias fisiográficas .....                                                                                | 28  |
| Fuente: Elaboración propia con datos del Programa de Ordenamiento del Territorio Estatal de Veracruz, 2014. ....             | 28  |
| Figura 1.9. Proporción del estado por uso de suelo y vegetación; elaboración propia a partir de datos del INEGI (2007). .... | 39  |
| Figura 1.11. Ecorregiones nivel III en que se divide el estado de Veracruz .....                                             | 40  |
| Figura 2.2. Comportamiento de los registros horarios de CO. ....                                                             | 68  |
| Figura 2.4. Comportamiento de los registros horarios de Ozono.....                                                           | 69  |
| .....                                                                                                                        | 70  |
| ..... ¡Error! Marcador no definido.                                                                                          |     |
| ..... ¡Error! Marcador no definido.                                                                                          |     |
| Figura 2.8. Perfil diario (continúa en la siguiente página) .....                                                            | 80  |
| Figura 2.8. Perfil diario (continuación).....                                                                                | 81  |
| Figura 2.9. Perfil por día de la semana (continúa en la siguiente página) .....                                              | 81  |
| Figura 2.9. Perfil por día de la semana (continuación) .....                                                                 | 82  |
| Figura 2.10. Perfil por día de la semana (continúa en la siguiente página) .....                                             | 82  |
| Figura 2.10 Perfil estacional (continuación).....                                                                            | 83  |
| Figura 6.1. Pluma de Concentración Anual de PM <sub>2.5</sub> (primarias).....                                               | 120 |
| Figura 6.2. Pluma de Concentración Anual de PM <sub>2.5</sub> (secundarias).....                                             | 121 |
| Figura 6.3. Marco general de la gestión de la calidad del aire.....                                                          | 164 |
| Figura 6.3. Gráficas de tendencias y medidas de reducción de emisiones contaminantes y de efecto invernadero.....            | 178 |
| Figura 7.1. Resultados Estratégicos. Fondo Verde del Clima .....                                                             | 200 |

# 1. GENERALIDADES DE LA ZONA DE ESTUDIO

Este capítulo presenta una visión panorámica de las principales características del medio natural y socioeconómico del estado de Veracruz que contribuyen a explicar el origen, situación, tendencias e impactos del problema de la contaminación del aire en la entidad.

Por una parte, se describe de manera general la ubicación geográfica del Estado y un conjunto de atributos clave para entender la relación entre el medio físico y la contaminación atmosférica. De esta manera se ilustra la configuración topográfica del territorio estatal, así como sus principales características meteorológicas, climáticas e hidrológicas. Asimismo, se hace un breve recuento de ecosistemas, flora y fauna distintivos del Estado que, además de los seres humanos, están sujetos a los efectos de la contaminación atmosférica.

Por otra parte, se enumeran las principales zonas metropolitanas del Estado, identificando sus tendencias de crecimiento poblacional y las características de las mayores actividades desarrolladas en los sectores primario, secundario y terciario de la economía. La descripción se realiza a nivel de cada una de las cuencas atmosféricas en las que se ha dividido al estado para fines de gestión de la calidad del aire.

## 1.1. DELIMITACIÓN GEOGRÁFICA Y ASPECTOS FÍSICOS

### *1.1.1. Localización y superficie territorial*

Como puede observarse en la figura 1.1, el estado de Veracruz está ubicado sobre una estrecha franja del territorio nacional, bordeada por el golfo de México al Este y por la Sierra Madre Oriental al Oeste, colindando con los estados de Tamaulipas, San Luis Potosí, Hidalgo, Puebla, Oaxaca, Chiapas y Tabasco. El territorio del estado se extiende sobre un litoral de casi 750 kilómetros de longitud y abarca una superficie total de aproximadamente 72 mil km<sup>2</sup>. Veracruz ocupa el undécimo lugar por su extensión en el país.

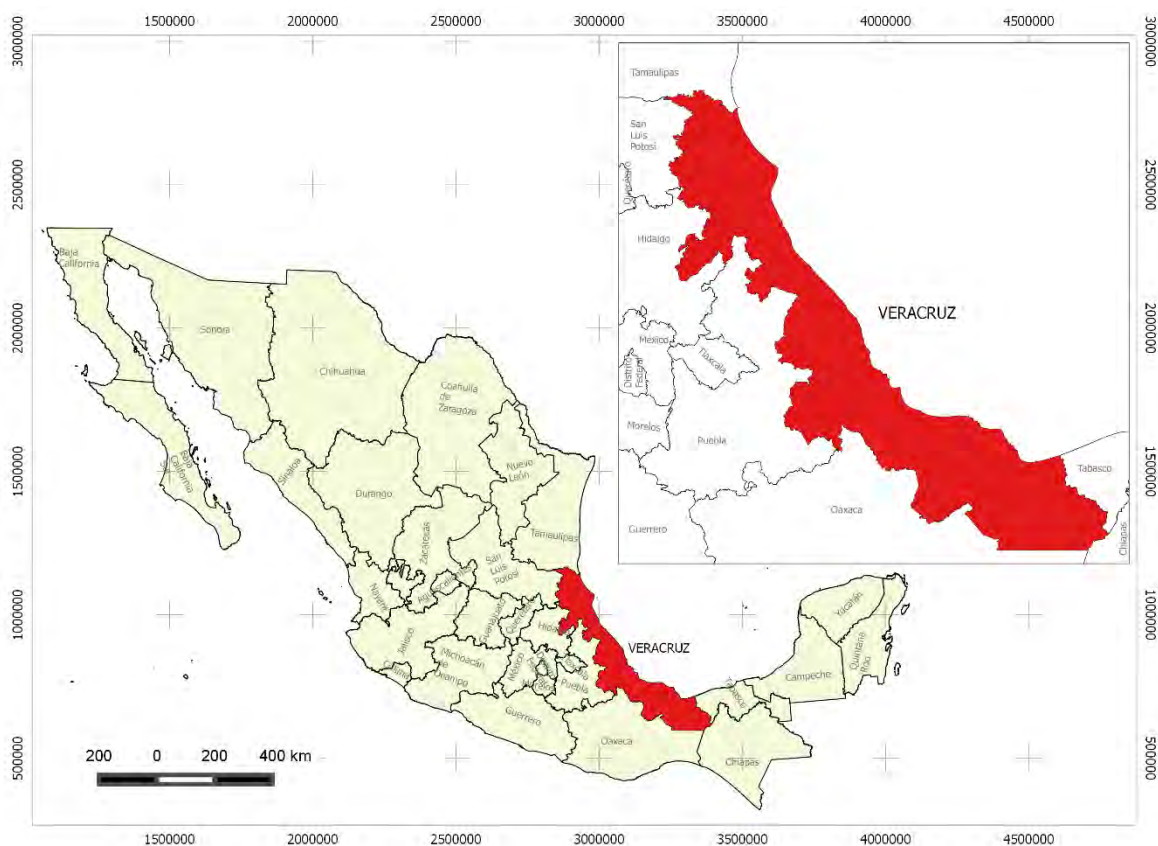


Figura 1.1. Ubicación geográfica del estado de Veracruz y entidades vecinas

Fuente: Elaboración propia.

### 1.1.2. Fisiografía- Orografía

En el territorio del Estado se han identificado siete provincias fisiográficas, como se muestra en el Cuadro 1.1. (Atlas del Patrimonio Natural, Histórico y Cultural de Veracruz, 2010). Casi el 80% del territorio está constituido por zonas bajas o costeras que forman parte de la Llanura Costera del Golfo Sur y la Llanura Costera del Golfo Norte.

No obstante, la Sierra Madre Oriental constituye una barrera natural cuyas elevaciones más altas están representadas por el volcán Pico de Orizaba o Citlaltépetl (máxima altura del país y el volcán más alto de Norteamérica), con más de 5,600 metros sobre el nivel del mar (msnm) y el Cofre de Perote, con 4,280 msnm. La menor altitud se encuentra en la Sierra La Garganta con 860 msnm. (INEGI).

Las zonas intermedias del territorio estatal se encuentran entre los 3,000 y 500 msnm, conformadas por mesetas, lomas redondeadas y algunas elevaciones aisladas; aquí los ríos han formado profundas barrancas que cortan gruesas secuencias de sedimentos y depósitos volcánicos. Las

tierras bajas se encuentran por debajo de los 500 msnm, se distinguen por tener lomeríos suaves, extensas planicies y ríos caudalosos que presentan patrones meándricos antes de su desembocadura al océano. En la Figura 1.2 se ilustra la distribución geográfica de las subprovincias fisiográficas del Estado.

Cuadro 1.1. Provincias fisiográficas en el estado de Veracruz

| Provincias fisiográficas        | Localización                                              | % de la superficie estatal |
|---------------------------------|-----------------------------------------------------------|----------------------------|
| Llanura Costera del Golfo sur   | Límite con el Eje Neovolcánico hasta el estado de Tabasco | 48.3                       |
| Llanura Costera del Golfo norte | Límite con Tamaulipas hasta la región de Nautla;          | 28.8                       |
| Eje Neovolcánico                | Porción central montañosa del estado                      | 11.1                       |
| Sierra Madre Oriental           | Porción Noreste del estado                                | 4.9                        |
| Sierras de Chiapas y Guatemala  | Extremo sureste del estado                                | 2.9                        |
| Sierra Madre del Sur            | Extremo oeste del estado                                  | 2.8                        |
| Cordillera Centroamericana      | Extremo sureste del estado                                | 0.6                        |
| Cuerpos de agua                 |                                                           | 0.6                        |

Fuente: Atlas del Patrimonio Natural, Histórico y Cultural de Veracruz, 2010.

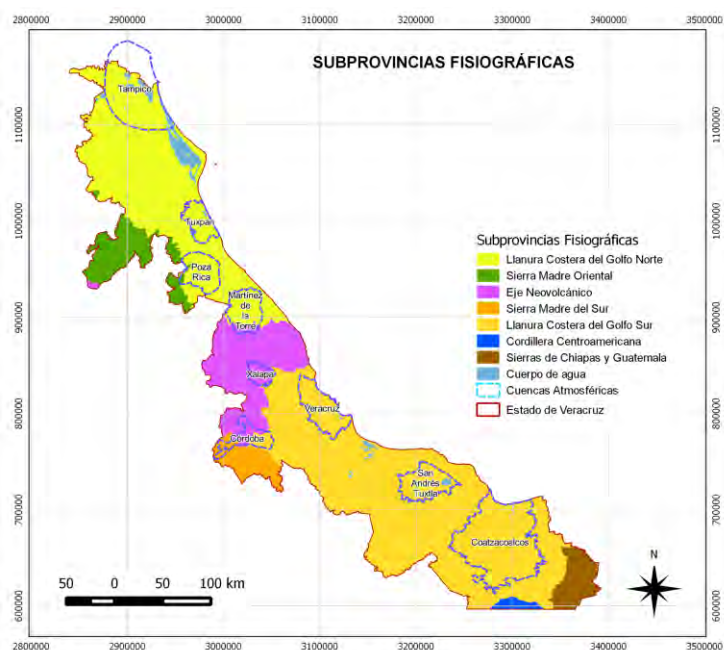


Figura 1.2. Subprovincias fisiográficas

Fuente: Elaboración propia con datos del Programa de Ordenamiento del Territorio Estatal de Veracruz, 2014.

## CUENCAS ATMOSFÉRICAS DE VERACRUZ

La SEMARNAT ha identificado 9 cuencas atmosféricas para fines de gestión de la calidad del aire en el estado de Veracruz, las cuales se muestran en el cuadro 1.2 y en la figura 1.3. Como puede observarse, la Cuenca Atmosférica de Tampico ocupa un espacio que comparten los estados de Veracruz y Tamaulipas. Esta delimitación se basa en un estudio realizado por el Centro Mario Molina (CMM, 2010) y en la definición de cuenca atmosférica propuesta en el Proyecto de Reglamento a la Atmósfera<sup>2</sup>. Conforme al estudio del Centro Mario Molina, las cuencas pueden ser cerradas, semicerradas o abiertas. Una cuenca cerrada es aquella que se encuentra rodeada por elevaciones montañosas en más de un 50% de su perímetro poligonal cuando colinden con el mar y en un 70% o más de su poligonal, cuando ésta no colinde con el mar. Una cuenca semicerrada es aquella en la que elevaciones montañosas oscilan entre 40 y 70% de su perímetro poligonal. Una cuenca abierta es aquella en la que las elevaciones montañosas no circundan en más de un 40% al área de estudio. Para definir los límites territoriales de las cuencas atmosféricas, es necesario tomar en cuenta la división política nacional, estatal o municipal, (CMM, 2010).

Cuadro 1.2. Cuencas atmosféricas de Veracruz, definidas por la SEMARNAT

| Cuenca               | Área (km <sup>2</sup> ) | Tipo        | Zonas urbanas                                        | Método                             |
|----------------------|-------------------------|-------------|------------------------------------------------------|------------------------------------|
| Córdoba              | 939                     | Cerrada     | Córdoba y Orizaba                                    | Parteaguas                         |
| Coatzacoalcos        | 5928                    | Abierta     | Coatzacoalcos, Minatitlán y Acayucan                 | División política y pie de montaña |
| Martínez de la Torre | 1397                    | Semicerrada | Martínez de la Torre                                 | División política y parteaguas     |
| Poza Rica            | 1311                    | Semicerrada | Poza Rica de Hidalgo, Papantla                       | División política y parteaguas     |
| Tuxpan               | 957                     | Abierta     | Tuxpan                                               | División política                  |
| San Andrés Tuxtla    | 1551                    | Semicerrada | San Andrés Tuxtla                                    | División política y parteaguas     |
| Veracruz             | 1683                    | Abierta     | Veracruz                                             | División política e hidrología     |
| Xalapa               | 490                     | Abierta     | Xalapa-Enríquez                                      | Parteaguas y división política     |
| Tampico              | 4430                    | Abierta     | Tampico y Ciudad Madero (Tamaulipas) y Pánuco (Ver.) | División política                  |

Fuente: Centro Mario Molina, 2010.

<sup>2</sup> **Cuenca atmosférica** es el espacio geográfico ocupado por una porción de la atmósfera con características similares, delimitado parcial o totalmente por elevaciones montañosas u otros atributos naturales, que influyen en la dispersión de los contaminantes atmosféricos, emitidos por fuentes antropogénicas y naturales, ya sean provenientes del interior de la cuenca atmosférica o de contaminantes exógenos.”

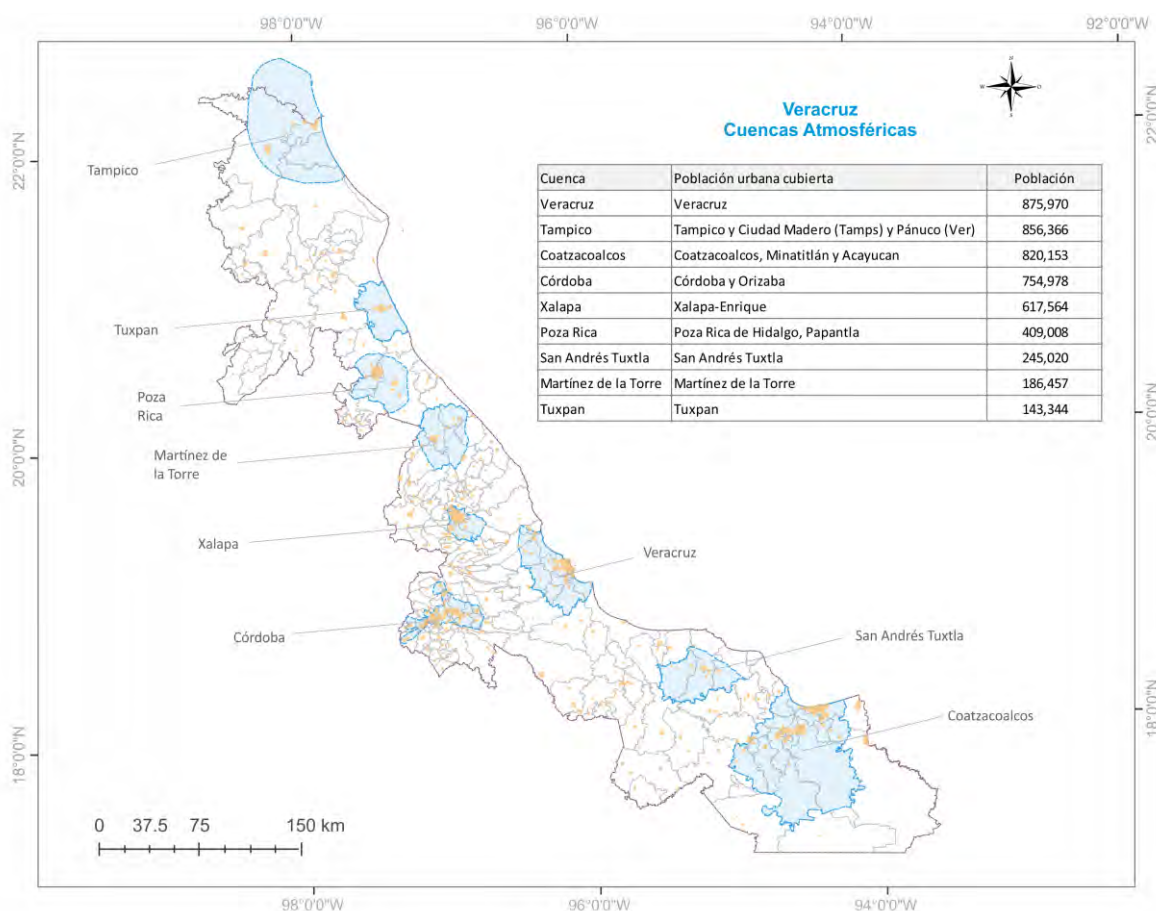


Figura 1.3. Cuencas atmosféricas de Veracruz

Fuente: Elaboración propia con datos del Centro Mario Molina.

### 1.1.3. Hidrografía

El 35% de las aguas superficiales mexicanas atraviesan el estado de Veracruz, con más de 40 ríos integrados en 10 cuencas hidrológicas, entre las que destacan las de los ríos Pánuco, Tuxpan, Cazones, Nautla, Jamapa, Papaloapan y Coatzacoalcos.

En la costa veracruzana se delimitan cuatro regiones hidrológicas de norte a sur, a partir de sus características hidrológicas y los límites de cuencas hidrológicas establecidos por la Comisión Nacional del Agua: RH-26 Pánuco, RH-27 Norte de Veracruz o Tuxpan-Nautla, RH-28 Papaloapan y RH-29 Coatzacoalcos (Florescano, et al, 2010).

#### Región Hidrológica 26. Pánuco

El sistema fluvial determinante es la cuenca del río Pánuco, y de manera secundaria los ríos Tamesí y Moctezuma. En esta región se ubica la laguna de Pueblo Viejo con una extensión de 90.9 km<sup>2</sup>, además de otras lagunas de menor extensión interconectadas por diversos esteros.

Esta región presenta valores bajos, con respecto a las otras, en extensión de la cuenca, en superficie de manglar y en descarga fluvial. Abarca una extensión de 11,501 km<sup>2</sup> (15.7% del total de las regiones hidrológicas presentes en el estado de Veracruz y 13.43% del total de la superficie territorial estatal). La extensión total de manglar para esta región es de 6.61 km<sup>2</sup>, que representa 1.51% del total del estado. La descarga fluvial es de 14,057 millones de metros cúbicos, lo que representa 13.26% del total estatal. En esta región hidrológica se encuentra la cuenca del Río Pánuco un área aproximada de 84,956 km<sup>2</sup>, que la sitúa en el cuarto lugar de la República Mexicana.

#### Región Hidrológica 27. Tuxpan-Nautla o Norte de Veracruz

Es la segunda región en extensión dentro del territorio veracruzano. El sistema fluvial determinante son las cuencas de los ríos Tuxpan-Nautla, además de los cauces secundarios y sistemas lagunares-estuarinos asociados a esta región, entre ellos Tamiahua y otros de menor dimensión. Esta región se caracteriza por presentar las principales expresiones geomorfológicas del litoral, como son las dunas e islas de barrera. Ocupa 25.70% del total de la superficie del territorio veracruzano. Esta Región hidrológica cuenca con 4 cuencas las de los ríos Tuxpan, Cazones, Tecolutla y Nautla.

#### Región Hidrológica 28. Papaloapan

El sistema fluvial determinante para esta región hidrológica es la cuenca del río Papaloapan, y de manera secundaria los ríos Actopan, La Antigua y Jamapa. Ocupa 41.11% del total de la superficie territorial estatal (28,636 km<sup>2</sup>, siendo 39.32% del total de las regiones), así como la mayor descarga de agua dulce (44,829 millones de metros cúbicos por año que representa 42.28% para el Estado). Su principal ecosistema estuarino es la Laguna de Alvarado, que corresponde a la superficie de inundación costera más grande, pero también incluye otras lagunas de diversas magnitudes e importancia. Esta región ocupa el segundo lugar en superficie de manglar (169.47 km<sup>2</sup> que corresponde al 38.69% del total estatal).

#### Región Hidrológica 29. Coatzacoalcos

Los principales aportes fluviales a esta región son el río Coatzacoalcos y el sistema lagunar-estuarino de la Laguna del Ostión, pero también desembocan otros cauces. Esta región es la tercera en extensión dentro del territorio veracruzano (14,419 km<sup>2</sup>, 19.80% del total de las regiones y el 19.21% del total de la superficie territorial estatal), y ocupa el tercer lugar en superficie de manglar (46.59 km<sup>2</sup>, que corresponde a 10.63% del total estatal) y el segundo lugar en descarga fluvial (32,941 millones de metros cúbicos, que representan 31.07%). Las cuencas de los ríos Coatzacoalcos y Tonalá forman parte de esta región hidrológica.

11 de las 13 cuencas hidrológicas que conforman al estado de Veracruz, son exorreicas, es decir, drenan directamente al Golfo de México, y cubren el 94% de la superficie total del estado (Figura 1.4 y Cuadro 1.3). Estas cuencas emisoras entran en contacto con la porción marina por medio de ríos y lagunas costeras a lo largo de aproximadamente 745 km de línea litoral, drenando sus aguas hacia la plataforma continental (Florescano et al, 2010).

Cuadro 1.3. Cuencas hidrológicas en el estado de Veracruz

| Cuenca hidrológica del Estado                  | Región CNA    | Superficie Total (Ha) | Superficie dentro del Estado | Porcentaje de la cuenca dentro del estado (%) |
|------------------------------------------------|---------------|-----------------------|------------------------------|-----------------------------------------------|
| 1.-Río Tamesí                                  | Pánuco        | 1'692,950             | 112,135                      | 6.62                                          |
| 2.- Río Pánuco                                 | Pánuco        | 670,507               | 597,216                      | 89                                            |
| 3.- Laguna de Tamiahua                         | Tuxpan-Nautla | 343,374               | 343,374                      | 100                                           |
| 4.-Río Moctezuma*                              | Pánuco        | 4'258,098             | 321,263                      | 7.5                                           |
| 5.-Río Tuxpan                                  | Tuxpan-Nautla | 582,997               | 415,690                      | 71.3                                          |
| 6.-Río Cazones                                 | Tuxpan-Nautla | 384,903               | 244,423                      | 63.5                                          |
| 7.-Río Tecolutla                               | Tuxpan-Nautla | 802,729               | 174,263                      | 21.7                                          |
| 8.- Río Nautla y otros                         | Tuxpan-Nautla | 498,739               | 479,675                      | 96.2                                          |
| 9.- Río Jamapa y otros                         | Papaloapan    | 1'025,967             | 979,919                      | 95.5                                          |
| 10.- Río Atoyac*                               | Balsas        | 3'180,730             | 57,503                       | 1.8                                           |
| 11.-Río Papaloapan                             | Papaloapan    | 4'628,319             | 1'886,301                    | 40.8                                          |
| 12.-Río Coatzacoalcos                          | Coatzacoalcos | 2'128,061             | 1'156,886                    | 54.3                                          |
| 13.- Río Tonalá y lagunas del Carmen y Machona | Coatzacoalcos | 833,442               | 249,847                      | 30                                            |

Fuente. Florescano, 2010.

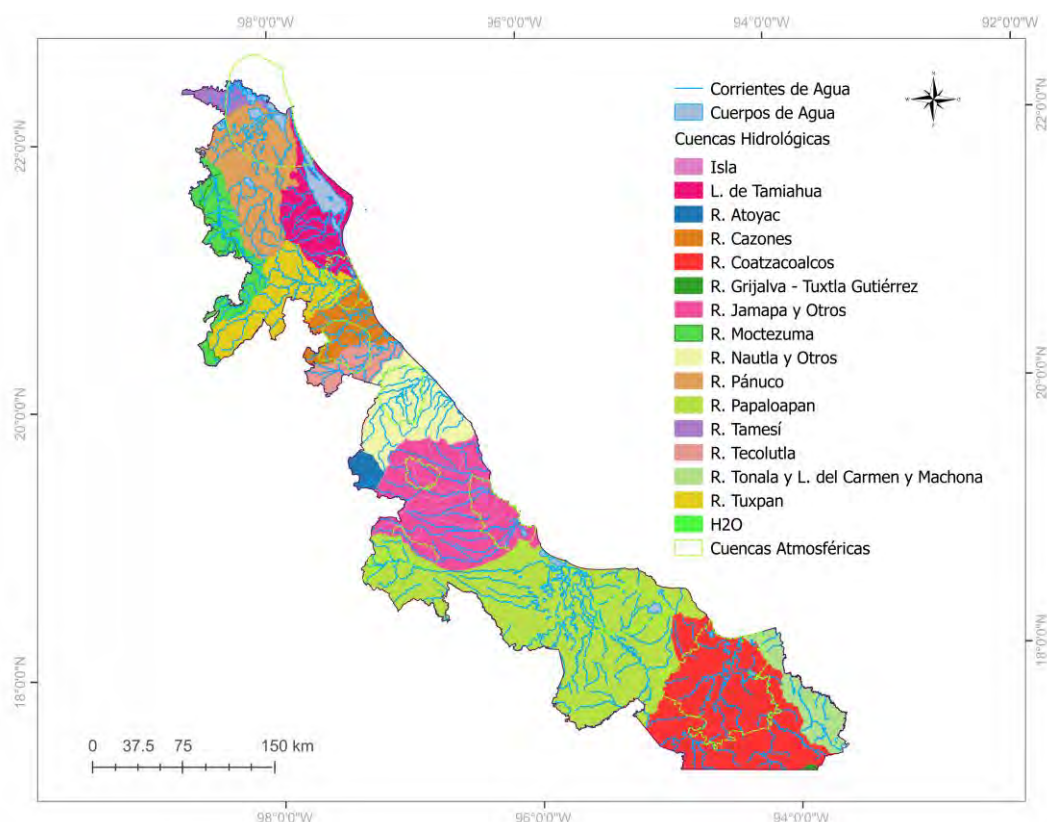


Figura 1.4. Cuencas Hidrológicas y Cuerpos de Agua

Fuente: Elaboración propia con datos del Programa de Ordenamiento del Territorio Estatal de Veracruz, 2014.

### 1.1.4. Climatología

#### CLIMA EN LA REGIÓN

Dos tipos de masas de aire se presentan en el Estado: la tropical, en el verano, y la polar, durante el invierno. Al pasar de una estación a otra, se presentan períodos de transición donde estas masas de aire se alternan. Durante el invierno, el aire polar avanza del norte hacia el sur. En el verano llega aire tropical (cálido y húmedo) del oriente. De esta manera se hace patente el efecto de la latitud, que permite la llegada tanto de un tipo de aire como de otro (Atlas del Patrimonio Natural, Histórico y Cultural de Veracruz 2010).

El aire tropical se manifiesta a través de vientos alisios, que para junio ya se manifiestan claramente, al soplar del golfo de México hacia el continente y al chocar con la Sierra Madre Oriental se fuerza el ascenso de aire húmedo provocando lluvias en las zonas montañosas. La presencia de aire polar puede ocurrir de octubre a mayo. A veces lo hace como un frente frío (llamado norte), que consiste en un desprendimiento de la masa polar por el norte del Golfo, cuyo efecto no es muy profundo, pues en la vertical se extiende apenas hasta los 700 milibares (3,500 m de altitud aproximadamente). Hay una disminución sensible de la temperatura en superficie y bien puede asociarse con nublados en las cimas de las sierras que están de cara al Golfo. La temperatura media anual del Estado es de 23°C. La temperatura máxima promedio es de alrededor de 32°C, lo cual ocurre entre los meses de abril y mayo; y la temperatura mínima promedio es de 13°C y se presenta en el mes de enero. Los climas cálidos húmedos y subhúmedos propician el desarrollo de una gran variedad de cultivos tales como: cítricos, mango, café, arroz, piña, vainilla, plátano, caña de azúcar y maíz, entre otros (INEGI, 2010).

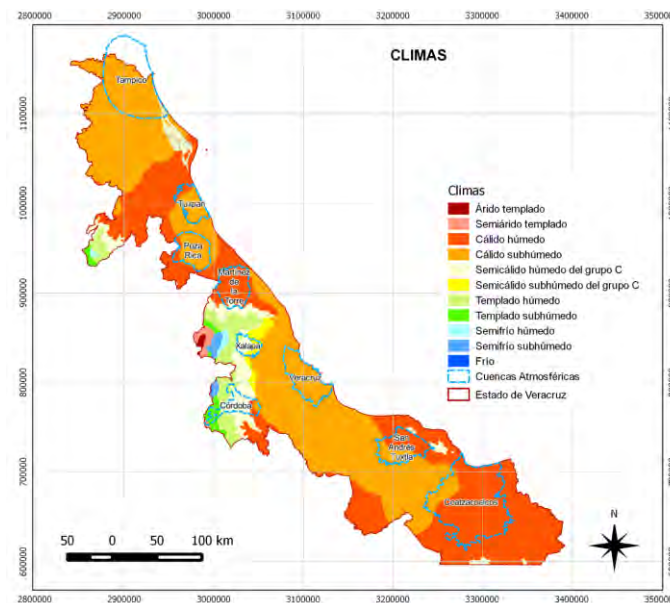


Figura 1.5. Distribución de climas en Veracruz

Fuente: Elaboración propia con datos del Programa de Ordenamiento del Territorio Estatal de Veracruz, 2014.

## PRECIPITACIÓN

Las características hidrográficas del estado descritas en la sección 1.1.3 juegan un papel determinante sobre su régimen de lluvias. En la entidad ocurre una precipitación pluvial promedio de 1,500 mm anuales, con lluvias principalmente en verano (en los meses de junio a octubre) en la mayor parte del estado y todo el año en la región colindante con Tabasco<sup>3</sup>. En la gráfica siguiente, se muestra el comportamiento de la precipitación pluvial total mensual en el periodo de 2005 a 2009, considerando los datos de 6 estaciones ubicadas en las cuencas atmosféricas de Martínez de la Torre y de Xalapa, así como en las cercanías de esta última. Si bien la precipitación pluvial relativamente alta favorece el lavado de los contaminantes atmosféricos, también puede conllevar a su transferencia a los cuerpos de agua y al suelo.

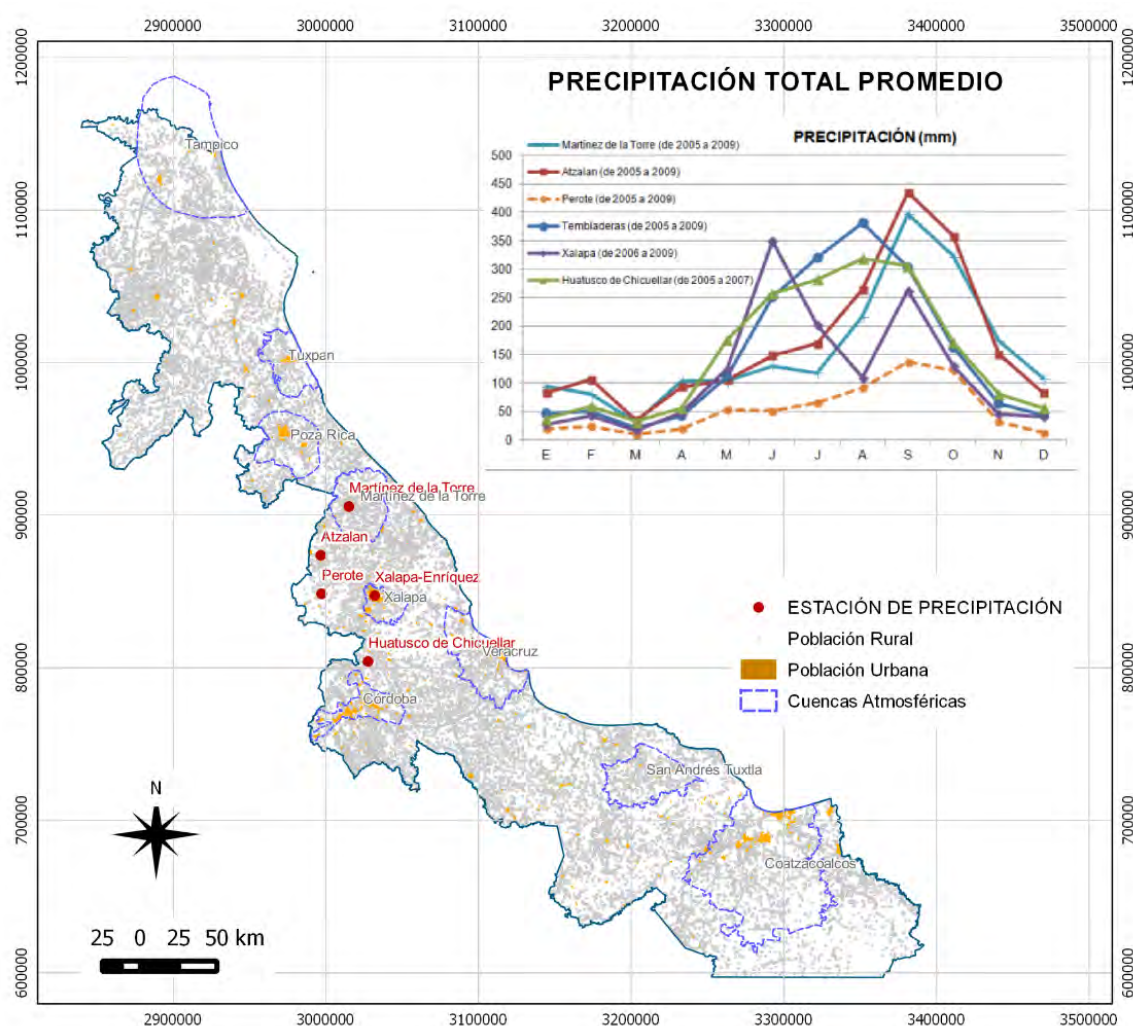


Figura 1.6. Precipitación total promedio

Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI, 2010.

<sup>3</sup> <http://www.cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/ver/territorio/clima.aspx?tema=me&e=30>

## DIRECCIÓN Y VELOCIDAD DE VIENTOS

Los vientos máximos mensuales dominantes provienen del norte en la mayor parte del estado, con excepción en la cuenca atmosférica de Córdoba, donde los datos registrados en la estación meteorológica de Orizaba, muestran que los vientos máximos dominantes son australes. Ello podría ser resultado de que la configuración topográfica de esa zona está fuertemente accidentada en esa zona, lo que provoca que los vientos provengan del sur y suroeste, bajo la influencia de una zona de baja presión originada en el Valle de Perote y en el centro del país. También, puede ser resultado de que la pendiente de las zonas frontales (nortes) no alcanzan a rebasar la altitud media de la estación, lo que trae como consecuencia que los vientos sean australes en la parte alta, para compensar la circulación de la parte baja (Llanos, 1995).

En la figura 1.7 se aprecia el comportamiento de los vientos máximos en el estado de Veracruz en el periodo de 1960 a 1990. Entre otras cosas, los patrones de dirección de vientos muestran que los contaminantes generados en las múltiples fuentes de emisión localizadas viento arriba pueden ser transportados hacia el resto del estado, afectando no solamente a las áreas urbanas y rurales próximas sino a otras distantes. Si bien ello es importante en todo el estado, es importante resaltar que la cuenca atmosférica de Pánuco es afectada no solamente por las fuentes de contaminación del aire ubicadas en el estado sino también en la parte sur de Tamaulipas.

Es importante señalar que mediciones meteorológicas más recientes realizadas por la Comisión Nacional del Agua, muestran un comportamiento relativamente distinto al reportado por Llanos (1995), para algunas de las estaciones ubicadas en la misma zona. Más allá, el análisis realizado en la preparación de ProAire Veracruz muestra que la información meteorológica generada en el estado no es procesada de manera regular. Ello representa una limitación para la investigación y la toma de decisiones en materia de contaminación atmosférica y otras áreas de política pública que requieren basarse en el conocimiento meteorológico. Al mismo tiempo, ello constituye un área de oportunidad para mejorar la información en la materia, como parte del mejoramiento del sistema de gestión de la calidad del aire en el estado.

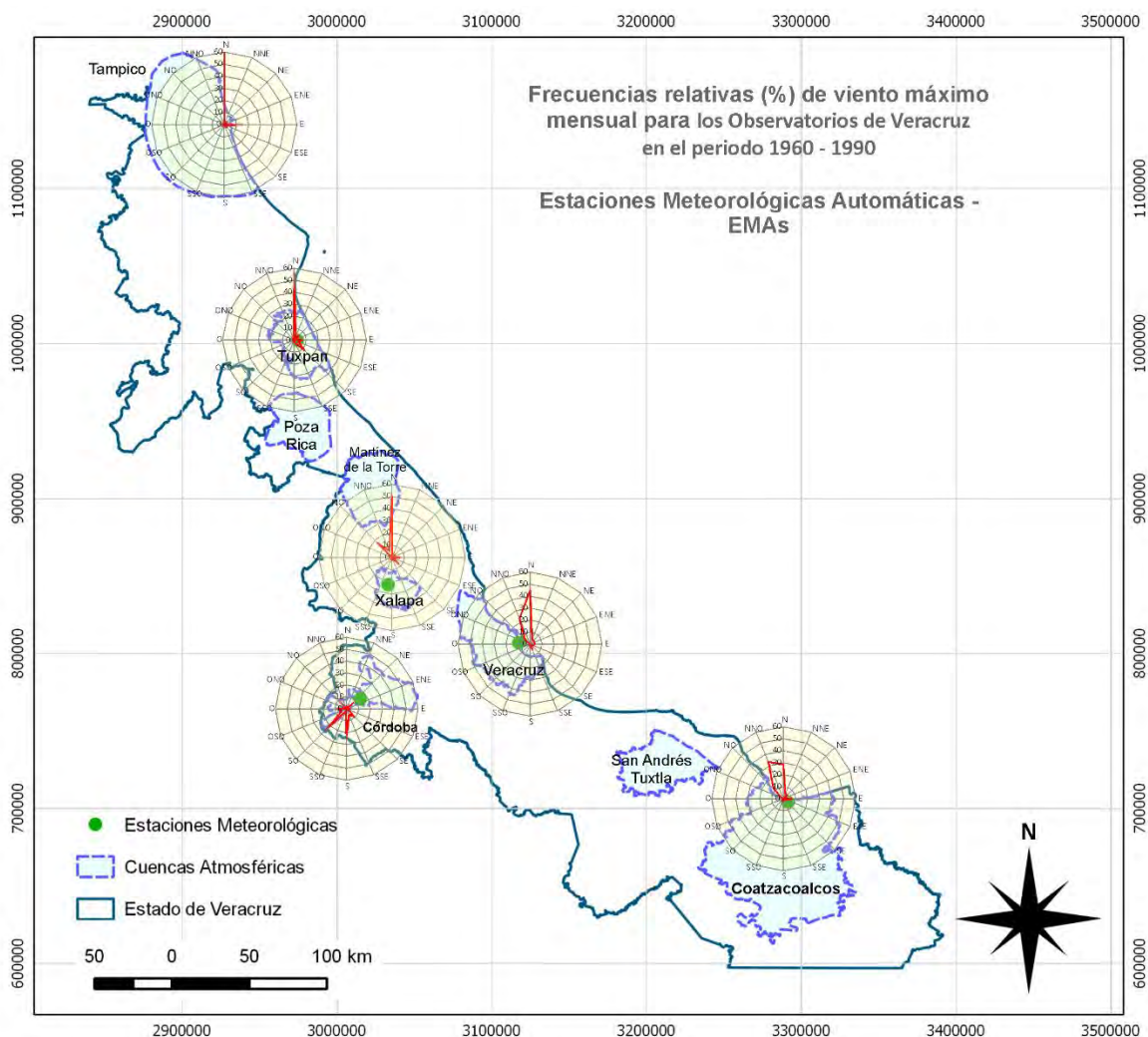


Figura 1.7. Comportamiento de los vientos en Veracruz (1960 – 1990)

Fuente: Elaboración propia, con datos José Llanos (1995).

### 1.1.5. Uso de suelo y vegetación

Los paisajes que caracterizan al estado de Veracruz han florecido en el contexto de su posición geográfica, evolución geológica, características geomorfológicas y características climáticas. La interacción entre el relieve, los procesos hidrodinámicos y las actividades socioeconómicas se manifiesta en una gran heterogeneidad ambiental que hace de este estado uno de los más biodiversos del país. De acuerdo Chiappy-Jhones *et al.* (2002) en el estado de Veracruz se encuentran 28 clases de paisajes, conformados por 64 subclases y por 280 tipos.

Estas características han permitido el desarrollo de diferentes tipos de vegetación. Tal riqueza florística está contenida en 19 comunidades vegetales: 1) bosque tropical perennifolio; 2) bosque tropical subcaducifolio; 3) bosque tropical caducifolio; 4) bosque mesófilo de montaña; 5) palmar; 6) sabana; 7) bosque de encino (*Quercus*); 8) bosque de pino (*Pinus*); 9) bosque de pino-encino; 10)

matorral xerófilo; 11) bosque de galería o vegetación ribereña; 12) manglar; 13) vegetación de dunas costeras; 14) pastizal; 15) popal-tular; 16) vegetación de páramos de altura; 17) bosque de abeto (*Abies*); 18) bosque de táscate (*Juniperus*) y 19) vegetación secundaria. Los disturbios a los que ha sido sometida la vegetación primaria han afectado a más del 85% de ésta, reduciéndola a fragmentos que en ocasiones se encuentran aislados, principalmente en las cañadas o barrancas, acantilados y laderas más pronunciadas, por lo que la vegetación secundaria constituye la mayor superficie en el estado (Castillo-Campos *et al.*, 2011).

De acuerdo al INEGI (2007), de los diferentes tipos de cobertura del suelo del estado, el destinado a actividades agrícolas, pecuarias y forestales es el que ocupa la mayor extensión (~74.7%), seguido por la selva alta perennifolia con ~8% de la superficie, los cuerpos de agua y el bosque mesófilo de montaña (~1.7%).

La selva alta perennifolia (Miranda y Hernández, 1963) o bosque tropical perennifolio (Rzedowsky, 1978), es una comunidad vegetal muy densa dominada por árboles de más de 30 m, con abundantes bejucos y plantas epífitas (Miranda y Hernández, 1963) en la que ni el agua ni la temperatura son factores limitantes durante todo el año. Aunque no todos los componentes son perennifolios, la falta de coincidencia en los periodos de caída de hojas entre las diferentes especies que lo hacen, ocasiona que este tipo de vegetación nunca pierda su verdor (Rzedowsky, 1978).

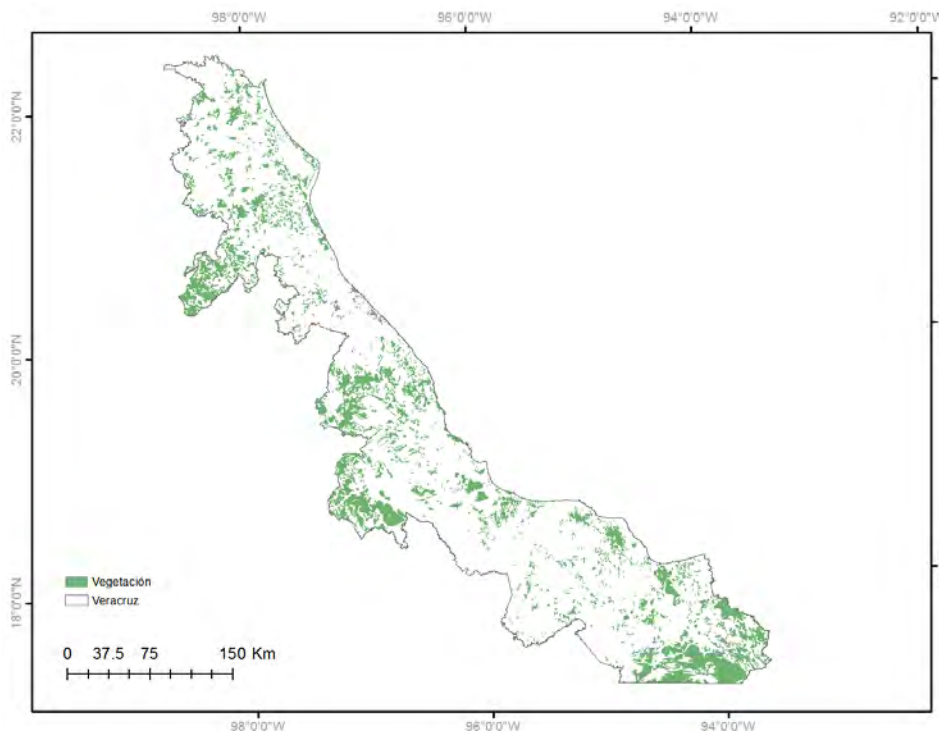


Figura 1.8. Distribución de la vegetación en el estado de Veracruz; se excluyen los usos de suelo agrícola-pecuario-forestal.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del INEGI.

Actualmente, a nivel nacional, solo la décima parte presenta características florísticas semejantes al clímax, ya que el resto está ocupado por zonas agrícolas, pastizales inducidos y diferentes comunidades secundarias (Rzedowsky, 1978). De los ~5,815 km<sup>2</sup> que ocupa este tipo de vegetación en el estado de Veracruz, únicamente el ~22.5% es de vegetación primaria (INEGI, 2007). En la zona limítrofe de Veracruz, Chiapas y Oaxaca esta comunidad se presenta en mejor estado de conservación (Rzedowsky, 1978), principalmente en los municipios de Las Choapas y Uxpanapa.

La selva alta perennifolia es una de las comunidades con mayor diversidad del estado y presenta el mayor número de especies endémicas (Benítez *et al.*, 2010); el número de especies que componen el estrato superior es grande y a menudo no es muy evidente la dominancia (Rzedowsky, 1978). En esta comunidad se encuentran especies como el sombrerete o suchi amarillo (*Terminalia amazonia*); ramón, (*Brosimum alicastrum*); la caoba (*Swietenia macrophylla*); el chicozapote (*Manilkara zapota*); hualhua (*Talauma mexicana*); corpus (*Vochysia guatemalensis*); el macayo (*Andira galeottiana*); el palo mulato (*Bursera simaruba*); frijolillo (*Pithecellobium arboreum*), zapote mamey (*Pouteria sapota*); alzaprima (*Carpodiptera ameliae*) la pimienta (*Pimenta dioica*) y palmas camedoras (*Chamaedora sp.*) (Ellis y Martínez, 2010).

Otra de las comunidades vegetales representativas de Veracruz es el Bosque mesófilo de montaña (Rzedowsky, 1978) o selva mediana o baja perennifolia (Miranda y Hernández, 1963) que cubre ~1.7% de la superficie del estado. Al igual que la selva alta perennifolia, es una comunidad muy densa, pero con árboles de menor altura (de entre 15 y 35 metros); se desarrolla en climas con temperatura media anual menor a 10°C, precipitación media anual mayor a los 1,500 mm y con nieblas frecuentes (Miranda y Hernández, 1963). Estas condiciones climáticas se presentan en zonas restringidas por lo que su distribución es limitada y de forma fragmentaria. En la Sierra Madre Oriental se presenta a lo largo de una faja angosta discontinua desde el suroeste de Tamaulipas hasta Oaxaca. Se desarrolla frecuentemente en zonas expuestas a la influencia de los nortes, de relieve accidentado y laderas de pendiente pronunciada (Rzedowsky, 1978).

Los endemismos a nivel de género son escasos pero el número de especies de distribución restringida es considerable (Rzedowsky, 1978). Se presentan árboles de los géneros *Inga*, *Quercus*, *Juglans*, *Ficus*, *Fagus*, *Cornus*, *Clethra*, *Carpinus* y *Ulmus*. Además, se puede encontrar el árbol endémico magnolia (*Magnolia dealbata*). Muchos de los bosques distribuidos en altitudes menores a 1,000 msnm, han sido transformados en cafetales, uno de los sistemas agroforestales más desarrollados en el estado (Ellis y Martínez, 2010).

Los demás tipos de vegetación en su conjunto cubren aproximadamente el 11.3% de la superficie del estado.

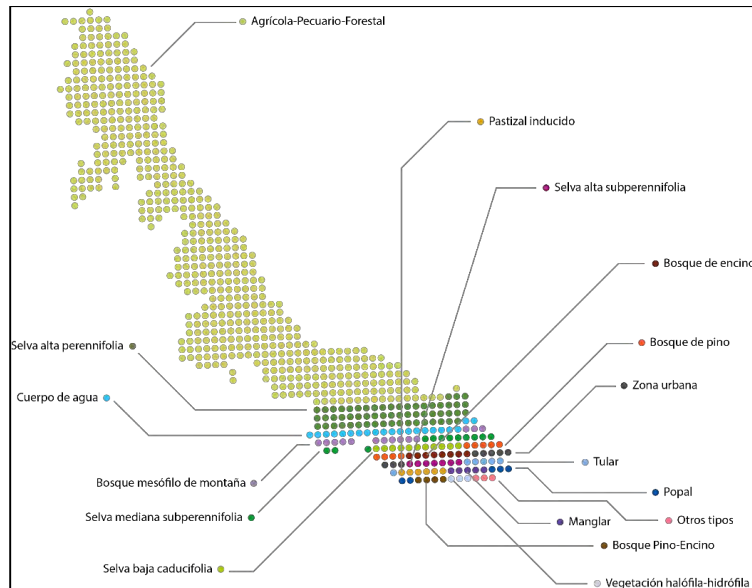


Figura 1.9. Proporción del estado por uso de suelo y vegetación; elaboración propia a partir de datos del INEGI (2007).

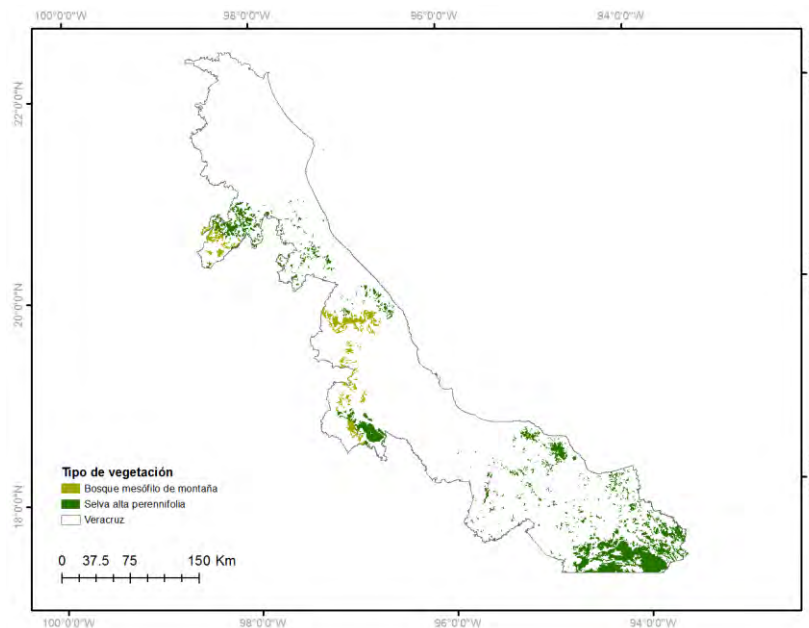


Figura 1.10. Distribución de los dos tipos de vegetación con más extensión en el estado de Veracruz.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del INEGI (2007).

## BIOTA

México no sólo resalta por su riqueza de especies, sino que es considerado el segundo país con mayor variedad de ecosistemas y ecorregiones (Luna *et al.*, 2011). De los diferentes tipos de regionalización ambiental que existen, las ecorregiones se pueden definir como unidades de terreno relativamente grandes que presentan un conjunto característico de comunidades naturales y especies, con límites que se aproximan a la extensión original de las comunidades naturales antes de un gran cambio de uso del suelo (Olson *et al.*, 2001). Para contar con un sistema que permita conocer y delimitar las ecorregiones en Norte América, la Comisión para la Cooperación Ambiental (CEC) define estas zonas de acuerdo a diferentes factores biológicos, físicos y humanos que se encuentran en todos los ecosistemas naturales y modificados por el hombre. Estos factores son: 1) localización, 2) clima, 3) vegetación, 4) hidrología, 5) terreno, 6) vida Silvestre y 7) uso de suelo / actividades humanas (Wiken *et al.*, 2011). Así, el estado de Veracruz cuenta con nueve ecorregiones nivel III.

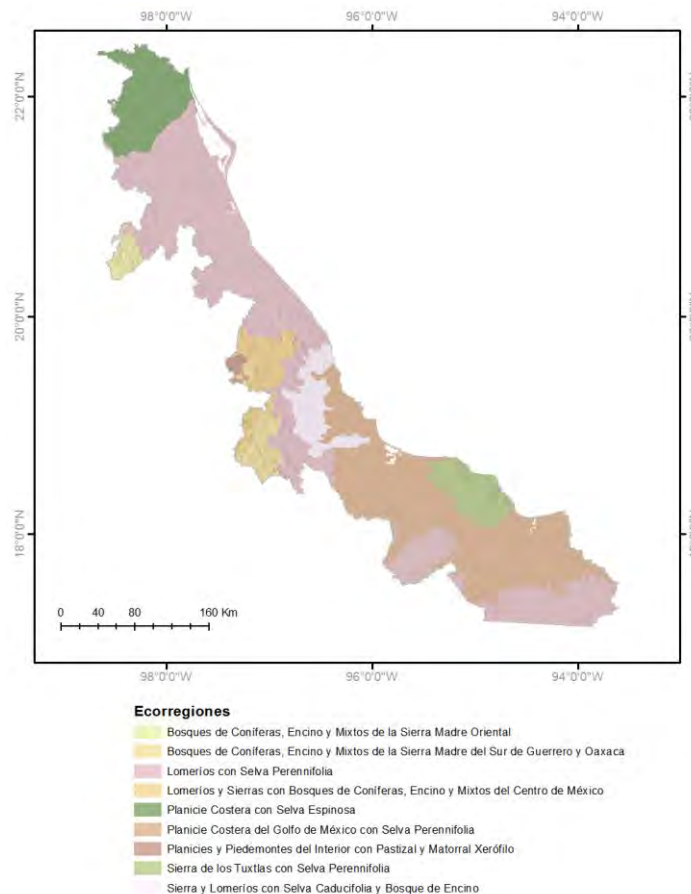


Figura 1.11. Ecorregiones nivel III en que se divide el estado de Veracruz

Cuadro 1.4. Área por ecorregión nivel III y IV en que se divide el estado de Veracruz.

| Ecorregión nivel III | Ecorregión nivel IV                             | Área Km <sup>2</sup> |
|----------------------|-------------------------------------------------|----------------------|
|                      | Bosque mesófilo de montaña del norte de Oaxaca. | 1,143.97             |

| Ecorregión nivel III                                                                   | Ecorregión nivel IV                                                                                                                            | Área Km <sup>2</sup> |
|----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| Bosques de Coníferas, Encino y Mixtos de la Sierra Madre del Sur de Guerrero y Oaxaca. | Sierras con bosques de coníferas, encinos y mixtos de Guerrero y Oaxaca.                                                                       | 721.53               |
| Bosques de Coníferas, Encino y Mixtos de la Sierra Madre Oriental.                     | Sierra con bosque mesófilo de montaña de la Sierra Madre Oriental.                                                                             | 501.49               |
|                                                                                        | Sierra con bosques de encinos, coníferas y mixtos.                                                                                             | 587.18               |
|                                                                                        | Humedales del Norte de Veracruz.                                                                                                               | 525.95               |
| Lomeríos con Selva Perennifolia.                                                       | Lomeríos del Norte de Veracruz con selva mediana superennifolia.                                                                               | 10,673.93            |
|                                                                                        | Lomeríos del Norte de Veracruz con selva mediana y alta perennifolia.                                                                          | 8,728.06             |
|                                                                                        | Selva alta perennifolia de la vertiente del Golfo de la Sierra Madre del Sur.                                                                  | 9,938.05             |
| Lomeríos y Sierras con Bosques de Coníferas, Encino y Mixtos del Centro de México.     | Lomeríos y Sierras con bosques de coníferas, encinos y mixtos.                                                                                 | 1,348.39             |
|                                                                                        | Sierra con bosque mesófilo de montaña del Sistema Neovolcánico Transversal.                                                                    | 2,060.87             |
|                                                                                        | Sierras con pradera de alta montaña y sin vegetación aparente.                                                                                 | 24.80                |
| Planicie Costera con Selva Espinosa.                                                   | Humedales del Pánuco.                                                                                                                          | 1,100.60             |
|                                                                                        | Planicie Costera con selva baja espinosa.                                                                                                      | 4,944.11             |
| Planicie Costera del Golfo de México con Selva Perennifolia.                           | Humedales del Sur del Golfo de México.                                                                                                         | 4,162.52             |
|                                                                                        | Selva alta perennifolia de la planicie Costera del Golfo.                                                                                      | 17,561.45            |
| Planicies y Piedemontes del Interior con Pastizal y Matorral Xerófilo.                 | Planicies Interiores y Piedemontes con pastizal, matorral xerófilo y selvas bajas de la porción oriental del Sistema Neovolcánico Transversal. | 411.70               |
| Sierra de los Tuxtlas con Selva Perennifolia.                                          | Sierra de los Tuxtlas con Selva Alta Perennifolia.                                                                                             | 3,516.87             |
| Sierra y Lomeríos con Selva Caducifolia y Bosque de Encino.                            | Lomeríos y Planicies con selva baja caducifolia (de la Sierra de Cucharas).                                                                    | 8.06                 |
|                                                                                        | Lomeríos y Planicies con selva baja caducifolia (del Sureste de Xalapa).                                                                       | 3,505.44             |

El territorio veracruzano posee una topografía muy heterogénea a la que están asociados varios tipos de suelos y climas. Esto se manifiesta en un diverso mosaico de condiciones ambientales y microambientales a lo largo de un gradiente altitudinal que va desde el nivel del mar hasta los 5,700 msnm. Estas características hacen que Veracruz, junto con Chiapas y Oaxaca, sea uno de los estados con mayor biodiversidad del país (Benítez *et al.*, 2010).

Veracruz es el estado más estudiado desde el punto de vista biológico (Halfter, 2011). En la bibliografía científica, así como en las grandes recopilaciones específicas del estado, se da cuenta de la riqueza de especies de los diferentes grupos taxonómicos que se distribuyen en la entidad. La cantidad de especies de cada grupo varía según los diferentes autores; en los estudios publicados en el suplemento Biodiversidad de México de la Revista Mexicana de Biodiversidad, se presenta un análisis de 56 grupos biológicos para los que se tienen registradas 94,412 especies en México. Éstas representan el 8.59% del total mundial de los grupos examinados (Martínez-Meyer *et al.*, 2014). A partir de los datos de esta publicación, y para aquellos grupos con riqueza desglosada a nivel estatal, se generaron las siguientes gráficas; éstas representan el estado actual del conocimiento sobre la diversidad del estado. Las magnitudes indicadas representan un aproximado pues espera que, en promedio, la biota de México puede ser 3.3 veces más grande que lo que ahora se conoce (Martínez-Meyer *et al.*, 2014).

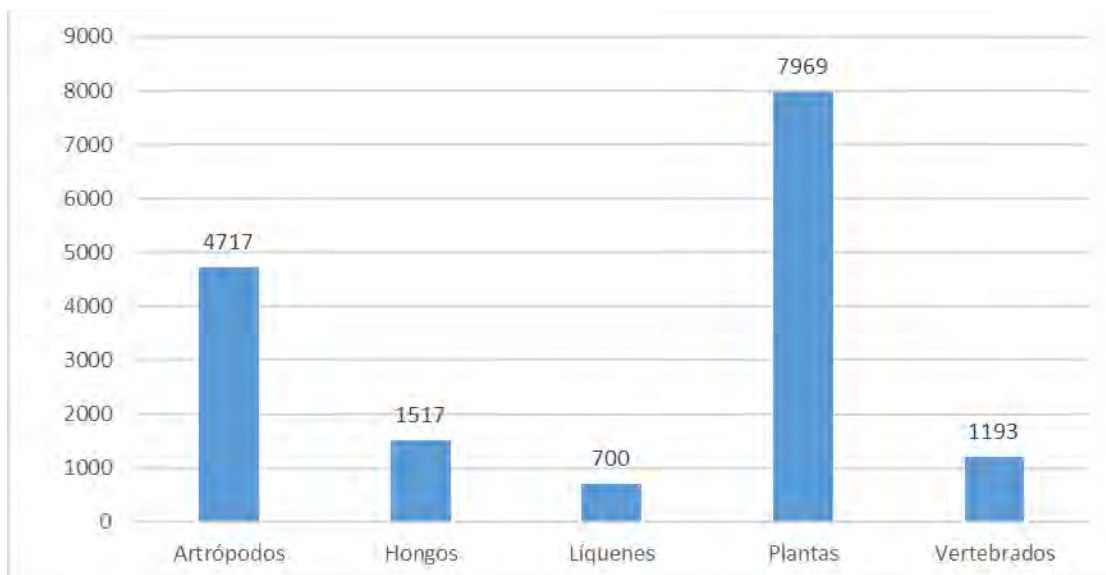


Figura 1.12. Riqueza de especies de diferentes grupos biológicos en el estado de Veracruz.

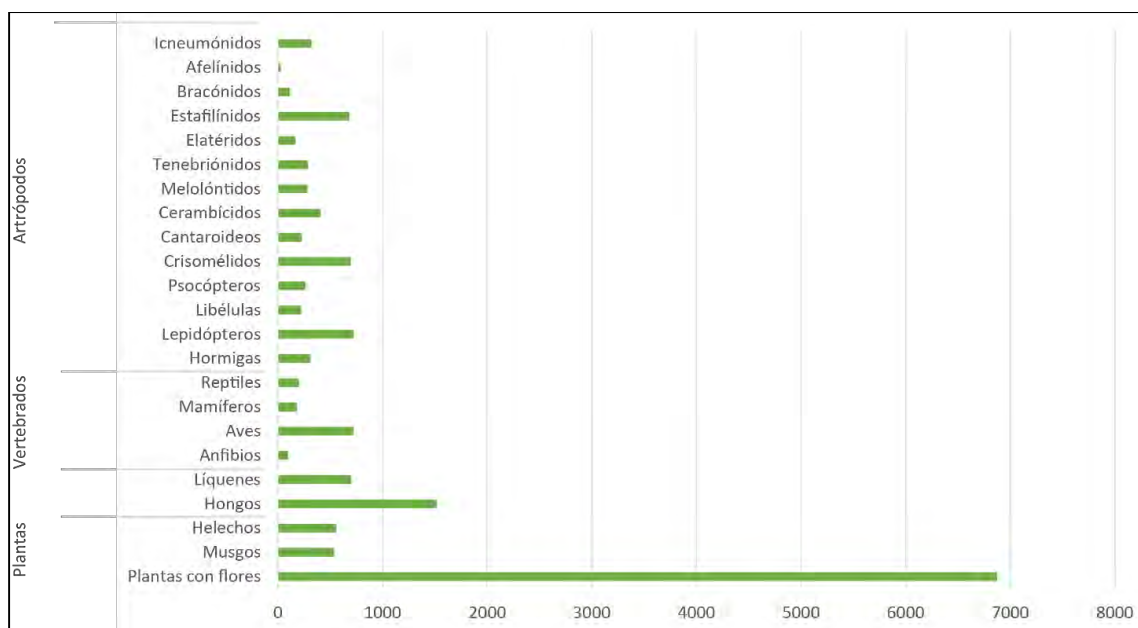


Figura 1.13. Riqueza de especies de diferentes grupos biológicos en el estado de Veracruz; el número de especies de musgos (briofitas) y helechos (pteridofitas)

Fuente: Tomado de Lorea (2011).

A pesar de ser uno de los estados más ricos en todos los niveles de biodiversidad, Veracruz presenta igualmente una fuerte presión sobre sus áreas naturales (Luna *et al.*, 2011). Se estima que Veracruz tiene más especies de flora y fauna en riesgo de extinción que cualquier otro estado mexicano (Travieso-Bello y Ros, 2011). 656 especies de aves, 239 especies de mamíferos, 103 de anfibios y 18 de reptiles distribuidas en el estado se encuentran bajo algún tipo de amenaza de acuerdo a la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN).

De acuerdo a diferentes criterios de agregación y objetivos, se han establecido en México algunos elementos de regionalización del medio natural encaminados a la conservación de la diversidad biológica. Actualmente, el estado de Veracruz cuenta con 101 de estas zonas especiales de conservación, bajo diversas categorías: 15 decretadas por la federación, 9 sitios Ramsar, 18 decretadas por el gobierno estatal, 59 áreas privadas de conservación. (Luna *et al.*, 2011), 15 Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAS), 12 Regiones Hidrológicas Prioritarias (RHP) y 10 Regiones Terrestres Prioritarias (RTP).

## USO DE LEÑA

En zonas rurales y semiurbanas, el uso de leña y/o carbón, para preparación de alimentos, calentamiento de agua y calefacción de las viviendas, sigue siendo una práctica común en muchas regiones del país y Veracruz no es la excepción. Además de generar concentraciones de contaminantes, que ponen en riesgo la salud de las personas expuestas, en especial de las mujeres y niños pequeños que permanecen diariamente durante horas cerca del “fogón” u horno, también el uso de leña, contribuye a la deforestación en las zonas circundantes a las viviendas.

Según el último censo de población (INEGI, 2010) más de 500 mil viviendas en el estado de Veracruz, utilizan leña y/o carbón, lo que significa que más de 2 millones de personas están potencialmente expuestas a altas concentraciones de contaminantes al interior de sus hogares y zonas circundantes. En el periodo de 2000 a 2010, la proporción de viviendas que utilizan leña pasó de 32% al 27%, sin embargo, todavía se observa que en el 56% de las viviendas de la Huasteca baja, se sigue utilizando este material.

En el mapa de la Figura 1.14, se observa la distribución del uso de leña a lo largo del estado de Veracruz, lo que representa una señal de alerta para considerar acciones que protejan la salud de los habitantes de esas regiones. (Gobierno del estado de Veracruz, 2014).

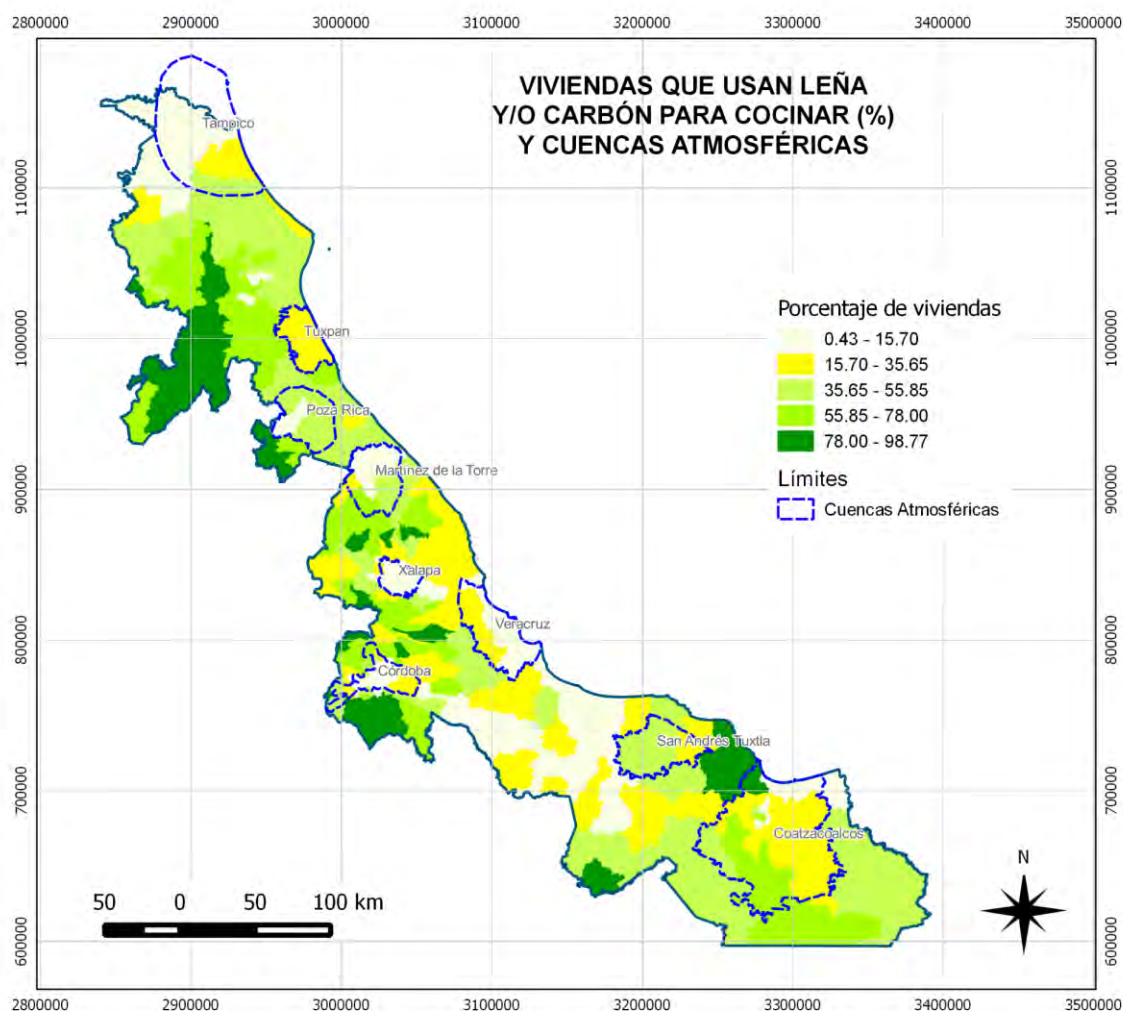


Figura 1.14. Viviendas que usan leña

Fuente: Actualización del Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio Estatal de Veracruz, 2014.

### 1.1.7. Áreas Naturales Protegidas

El estado de Veracruz cuenta con 15 áreas naturales federales divididas en los siguientes tipos: a) áreas de protección de recursos naturales, b) parques nacionales, c) parques marinos nacionales, d) áreas de protección de flora y fauna y e) reserva de la biosfera. También se tienen 18 áreas naturales protegidas estatales, 59 áreas privadas de conservación y 9 sitios RAMSAR (sitios con humedales importantes).

En el mundo existen evidencias científicas sobre el daño que ocasionan los contaminantes atmosféricos a la vegetación (Mohamed K. Khallaf, 2011). Desafortunadamente, no se han desarrollado estudios específicos para evaluar los daños a las zonas boscosas y las áreas naturales protegidas (ANP) de Veracruz por efectos de la contaminación del aire.

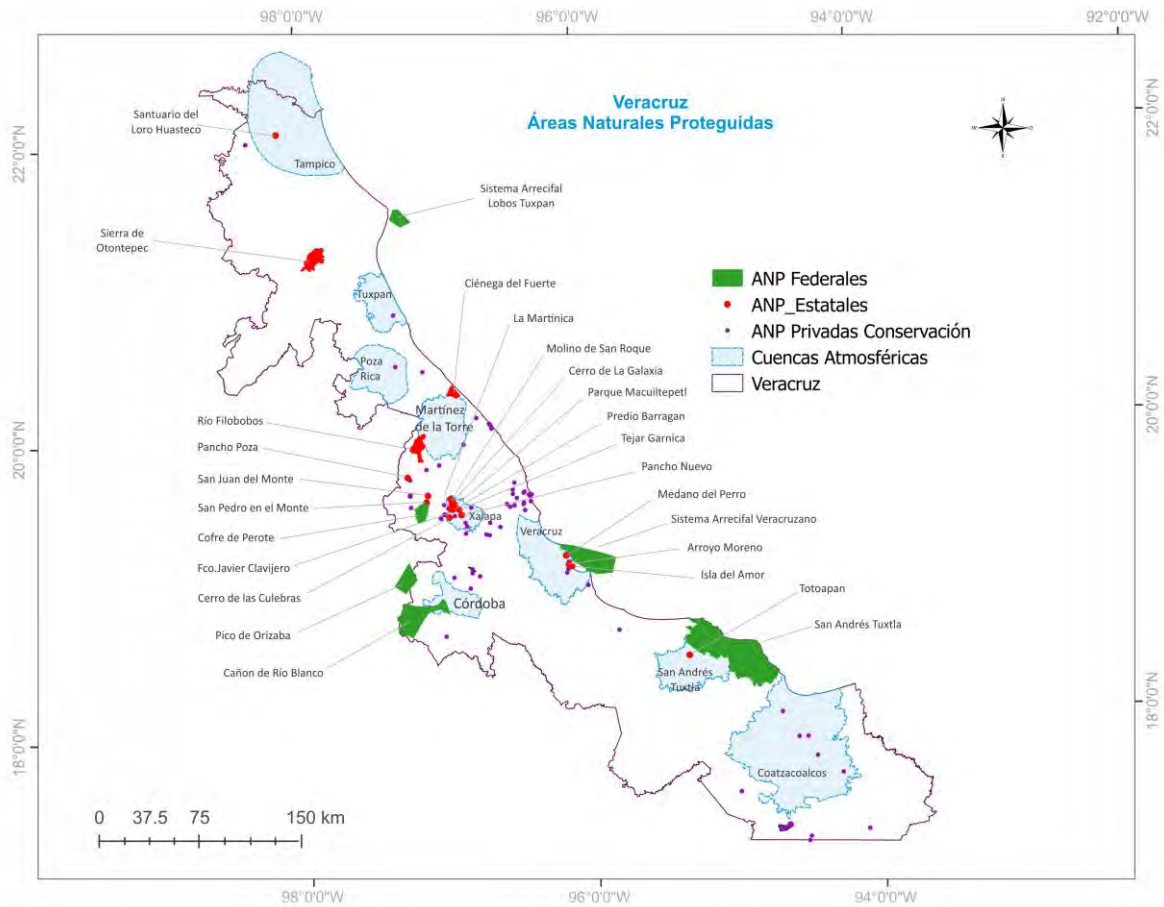


Figura 1.15. Áreas naturales protegidas en Veracruz

Fuente: Actualización del Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio Estatal de Veracruz, 2014.

## 1.2. Aspectos sociales y económicos

En el estado de Veracruz, alrededor del 61% de la población es urbana y 39% rural (INEGI, 2015). En contraste, el 78% de la población vive en localidades urbanas y 22% en rurales a nivel nacional.

El alto porcentaje de población rural explica la amplia dispersión de la población a lo largo del territorio del Estado. No obstante, existen conglomerados urbanos que se han ido agrupando alrededor de sus ciudades más importantes. Actualmente, el estado cuenta con ocho zonas metropolitanas, cada una de ellas con problemas característicos de desarrollo urbano, usos de suelo, movilidad y contaminación atmosférica, entre otros.

Las cuencas atmosféricas de Córdoba y Coatzacoalcos, cuentan con dos zonas metropolitanas cada una de ellas, lo que indica la dinámica urbana que dichos polos de desarrollo han presentado en los últimos años. Además, Acayucan es una zona metropolitana que no forma parte de las cuencas atmosféricas previamente identificadas en el estado. Las zonas metropolitanas con su correspondiente cuenca atmosférica se muestran en el cuadro siguiente:

**Cuadro 1.5. Número de habitantes y tasa promedio de crecimiento en las zonas metropolitanas de Veracruz (2010).**

| Zona Metropolitana /cuenca atmosférica | Superficie de zona metropolitana Km <sup>2</sup> | Número habitantes | Tasa promedio crecimiento % | Densidad Hab/Ha |
|----------------------------------------|--------------------------------------------------|-------------------|-----------------------------|-----------------|
| Veracruz/Veracruz                      | 1,441.6                                          | 811,671           | 1.6                         | 104.6           |
| Xalapa/Xalapa                          | 867                                              | 666 535           | 1.8                         | 96.7            |
| Poza Rica/Poza Rica                    | 2 789                                            | 513 518           | 0.9                         | 63.4            |
| Orizaba/Córdoba                        | 619.9                                            | 427 406           | 1.1.                        | 68.1            |
| Córdoba/Córdoba                        | 460.4                                            | 316 032           | 1.3                         | 77.6            |
| Minatitlán/Coatzacoalcos               | 2 930.3                                          | 356 137           | 0,9                         | 52.6            |
| Coatzacoalcos/Coatzacoalcos            | 469.9                                            | 347 257           | 1.2                         | 80.2            |
| Acayucan                               | 830                                              | 112 996           | 0.9                         | 53.1            |

Fuente: <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/index.html>

### 1.2.1. Dinámica poblacional

De acuerdo al Censo Nacional de Población y Vivienda 2010, la población de Veracruz era de alrededor de 7 millones 650 mil habitantes, de los cuales el 52% eran mujeres y el 48% hombres. El 61% de la población vive en zonas urbanas, mientras que el 39% en zonas rurales. La densidad de población es de 106.4 hab/km<sup>2</sup>. La tasa de crecimiento de la población para el Estado es de 1.4 referida al período 1910-2010 y tendencial al 2030 de 0.71 (CONAPO). En la Figura 1.16 se presenta la tasa de crecimiento 1990-2009 y la proyección para el período 2010 a 2030.

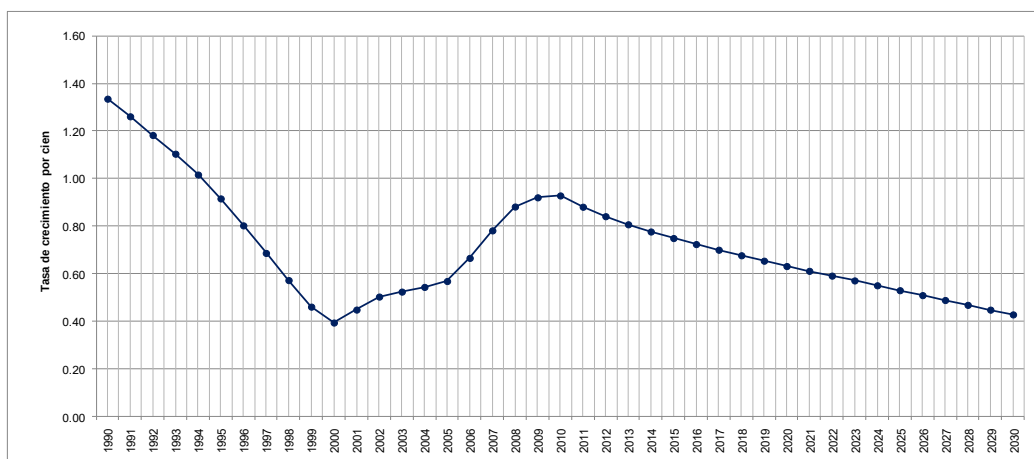


Figura 1.16. Tasa de crecimiento de la población al 2030

Fuente: CONAPO, 2010. Indicadores demográficos, 1990-2030.

Cuadro 1.6. Municipios con mayor número de habitantes en Veracruz

| Municipio            | No. de hab | Pob. en la Cabecera | Cuenca Atmosférica   | Municipios de la Cuenca Atmosférica                                                                                                                                                                                         |
|----------------------|------------|---------------------|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Veracruz             | 552,156    | 428,323             | Veracruz             | Alvarado, Jamapa, La Antigua, Manlio Fabio Altamirano, Medellín, Paso de Ovejas, Puente Nacional, Úrsulo Galván, Veracruz                                                                                                   |
| Boca del Río         | 138,058    | 126,507             |                      |                                                                                                                                                                                                                             |
| Xalapa               | 457,928    | 424,755             | Xalapa               | Banderilla, Coatepec, Emiliano Zapata, Tlanelhuayoacan, Xalapa                                                                                                                                                              |
| Coatzacoalcos        | 305,260    | 235,983             | Coatzacoalcos        | Chinameca, Coatzacoalcos, Cosoleacaque, Hidalgotitlán, Ixhuatlán, Jáltipan, Choapas, Minatitlán, Moloacán, Nanchital, Oluta, Oteapan, Pajapan, Sayula, Sononusco, Tatahuicapan, Texistepec, Zaragoza                        |
| Cosoleacaque         | 117,725    |                     |                      |                                                                                                                                                                                                                             |
| Minatitlán           | 157,840    | 112,046             | Córdoba              | Acultzingo, Amatlán de los Reyes, Atoyac, Camerino Z. Mendoza, Chocomán, Córdoba, Coscomatepec, Fortín, Huiloapan, Ixtaczoquitlán, Maltrata, Nogales, Orizaba, Rafael Delgado, Río Blanco, Soledad Atzompa, Tomatlán, Yanga |
| Córdoba              | 196,541    | 140,896             |                      |                                                                                                                                                                                                                             |
| Orizaba              | 120,995    | 120,844             | Poza Rica            | Coatzintla, Papantla, Poza Rica de Hidalgo, Tihuatlán                                                                                                                                                                       |
| Poza Rica            | 193,311    | 185,242             |                      |                                                                                                                                                                                                                             |
| Papantla             | 158,599    |                     | San Andrés Tuxtla    | Catemaco, San Andrés Tuxtla, Santiago Tuxtla                                                                                                                                                                                |
| San Andrés Tuxtla    | 157,364    | 61,769              |                      |                                                                                                                                                                                                                             |
| Tuxpan               | 143,362    | 84,750              | Tuxpan               | Tuxpan                                                                                                                                                                                                                      |
| Martínez de la Torre | 101,358    |                     | Martínez de la Torre | Atzalan, Martínez de la Torre, Misantla, Nautla, San Rafael, Tlapacoyan                                                                                                                                                     |
| Álamo                | 104,499    |                     |                      |                                                                                                                                                                                                                             |

| Municipio | No. de hab | Pob. en la Cabecera | Cuenca Atmosférica                | Municipios de la Cuenca Atmosférica |
|-----------|------------|---------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|
| Tantoyuca | 101,743    |                     | Fuera de las cuencas atmosféricas |                                     |

Fuente: INEGI, 2010.

El Cuadro 1.6 presenta una lista de los municipios con mayor número de habitantes en el Estado junto con la población de las cabeceras municipales correspondientes, así como la cuenca atmosférica de la que forman parte y los municipios que los circundan. Esta información es importante para el establecimiento de medidas y acciones dentro de ProAire Veracruz, debido que es previsible un mayor consumo de combustibles y emisión de contaminantes como resultado de una mayor concentración poblacional. Se puede observar que los municipios más poblados no necesariamente corresponden con las ciudades de la cabecera municipal. Por ejemplo, Papantla es el séptimo municipio más poblado, pero no presenta ninguna ciudad entre las 10 con mayor número de habitantes. Lo anterior significa, sin duda, que existe una alta dispersión de la población que se refleja en un gran número de localidades con un número muy reducido de habitantes.

Desde el punto de vista de concentración poblacional, podemos dividir a Veracruz en 5 grandes regiones: a) Coatzacoalcos-Cosoloaque-Minatitlán; b) San Andrés Tuxtla; c) Veracruz-Boca del Río; d) Xalapa; e) Córdoba-Orizaba; y f) Martínez de la Torre-Papantla-Poza Rica-Tuxpan-Álamo-Tantoyuca.

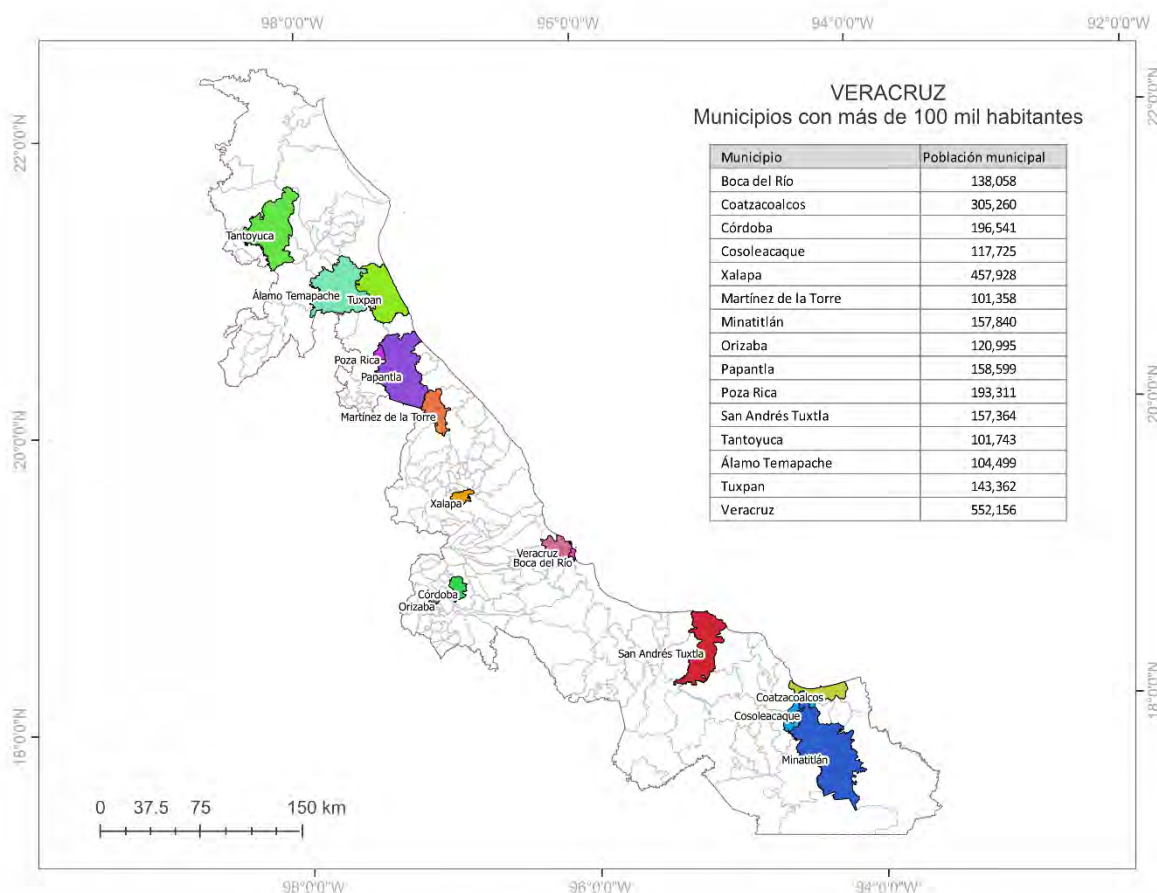


Figura 1.17. Municipios con más de cien mil habitantes

Fuente: Elaboración propia basado en datos de INEGI, 2010.

### 1.2.2. Desarrollo socioeconómico

El estado de Veracruz, presenta una gran desigualdad territorial, con grandes contrastes de desarrollo social y humano entre regiones y municipios. Desde el punto de vista ambiental y en especial de la calidad del aire, se observa que los principales problemas de contaminación atmosférica se presentan en las zonas urbanas más pobladas y en aquellas donde se concentra la industria, las cuales coinciden con aquellas áreas de mayor generación de producto interno bruto.

## SECTOR PRIMARIO

### Agricultura

En el sector primario, Veracruz se caracteriza por tener una intensa actividad agrícola, destacando el cultivo del maíz, naranja y caña de azúcar (Ver Cuadro 1.7). El maíz es predominante en los

municipios de Papantla, Chicontepec y Minatitlán. La caña predomina en Tres Valles, Cosamaloapan y Tierra Blanca, Omealca y Pánuco. Por su parte el cultivo de naranja es dominante en los municipios del norte del estado, concentrándose especialmente, en el municipio de Álamo Temapache en la Huasteca Baja, así como en los municipios de Papantla y Tihuatlán, en la región Totonaca, y de Martínez de la Torre

en la Región Nautla.

**Cuadro 1.7. Superficies sembrada y cosechada y valor de la producción agrícola por tipo de cultivo y principales cultivos (año agrícola 2011)**

| Tipo/cultivo            | Superficie sembrada<br>(hectáreas) | Superficie<br>cosechada<br>(hectáreas) | Valor<br>(miles de pesos) |
|-------------------------|------------------------------------|----------------------------------------|---------------------------|
| Cultivos cíclicos Total | 667,896                            | 625,614                                | 6, 701,122                |
| Maíz                    | 566,509                            | 534,550                                | 4,067,530                 |
| Frijol                  | 33,664                             | 32,069                                 | 277,010                   |
| Resto                   | 67,723                             | 58,995                                 | 2,356,582                 |
| Cultivos perennes total | 788,409 a/                         | 735,265 b/                             | 20,654,265                |
| Caña de azúcar          | 280,510                            | 268,586                                | 10,197,234                |
| Naranja                 | 160,889                            | 160,672                                | 2,435,843                 |
| Café cereza             | 156,977                            | 143,548                                | 1,848,846                 |
| Resto                   | 190,033                            | 162,459                                | 6,172,342                 |
| Total                   | <b>1,456,305</b>                   | <b>1,360,880</b>                       | <b>27,355,387</b>         |

Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 2012. Anuario Estadístico de Veracruz de Ignacio de la Llave 2012 /Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Gobierno del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave. -- México

#### **1.1.1.1.1 Actividad pecuaria**

En el 2010, se destinó una superficie de alrededor de 3.7 millones de hectáreas a la ganadería, lo que representa el 51% de la superficie estatal. Ello es un indicador de los procesos de deforestación asociados con el aumento de tierras destinadas a la actividad pecuaria, con los consecuentes impactos en la pérdida de biodiversidad, en el clima, en la disminución de áreas de absorción de CO<sub>2</sub>, además de incrementos en la emisión de gases de efecto invernadero por el metano que emiten los residuos del ganado. La mayor actividad ganadera del estado se localiza en región económica Olmeca (cuenca atmosférica de Coatzacoalcos), la Huasteca Alta (cuenca atmosférica de Pánuco) y la Región de Papaloapan.

#### **1.1.1.2 SECTOR SECUNDARIO Y TERCIARIO**

En el cuadro 1.8, se presentan las principales regiones económicas en las que se divide el estado, dentro de las cuales se ubican las cuencas atmosféricas identificadas, vinculando el PIB generado en las mismas con los principales municipios con mayores aportes.

| Cuenca y/o región           | % del PIB sector secundario y servicios a nivel estatal | % de PIB sector secundario a nivel cuenca y/o región | Municipios con mayor participación de la cuenca o sector | % de PIB sector secundario |
|-----------------------------|---------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------|
| Veracruz/Sotavento          | 30.4                                                    | 78.9                                                 | Veracruz                                                 | 55                         |
|                             |                                                         |                                                      | Boca del Río                                             | 43                         |
| Coatzacoalcos/Olmeca        | 35.1                                                    | 89                                                   | Coatzacoalcos                                            | 70                         |
|                             |                                                         |                                                      | Minatitlán, Agua Dulce y Cosoloacaque                    | 29                         |
| Poza Rica/Totonaca          | 12.9                                                    | 86                                                   | Poza Rica                                                | 99                         |
| Córdoba/Montañas            | 9.5                                                     | 65                                                   | Ixtaczoquitlán                                           | 37                         |
|                             |                                                         |                                                      | Orizaba                                                  | 26                         |
|                             |                                                         |                                                      | Córdoba                                                  | 20                         |
| Xalapa/capital              | 6.4                                                     | 28.3                                                 | Xalapa                                                   | 56.4                       |
|                             |                                                         |                                                      | Coatepec                                                 | 31.8                       |
| Tuxpan/Huasteca baja        | 1.4                                                     | 50                                                   | Tuxpan                                                   | 79                         |
|                             |                                                         |                                                      | Temapache                                                | 18                         |
| Martínez de la Torre/Nautla | 0.9                                                     | 30                                                   | Martínez de la Torre                                     | 39.8                       |
| Pánuco/Huasteca Alta        | 1.3                                                     | 57.7                                                 | Pánuco                                                   | 39                         |
|                             |                                                         |                                                      | Pueblo Viejo                                             | 27                         |
|                             |                                                         |                                                      | El Higo                                                  | 15                         |
|                             |                                                         |                                                      | Ozuluama                                                 | 13                         |
| San Andrés Tuxtla/Tuxtlas   | 0.5                                                     | 23                                                   | San Andrés Tuxtla                                        | 56.9                       |
|                             |                                                         |                                                      | Hueyapan de Ocampo                                       | 28.6                       |
| Región Papaloapan           | 1.7                                                     | 37                                                   | Tres Valles                                              | 32.3                       |
|                             |                                                         |                                                      | Carlos A. Carrillo                                       | 23.3                       |
|                             |                                                         |                                                      | Lerdo de Tejada                                          | 17.9                       |

**Cuadro 1.8. Regiones económicas y cuencas atmosféricas y su PIB**

Fuente: Actualización del Ordenamiento Ecológico del estado de Veracruz, 2013.

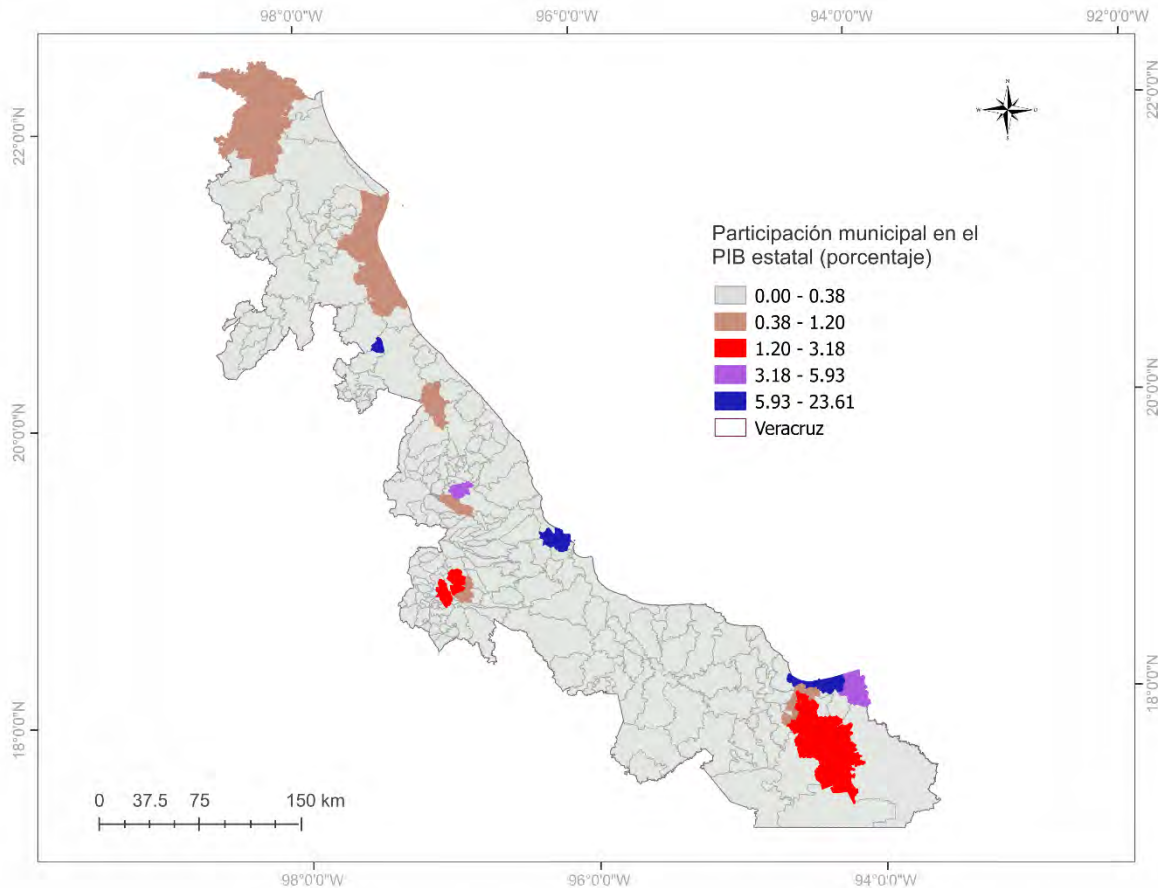


Figura 1.18. Participación municipal en el PIB estatal

Fuente: Actualización del Ordenamiento Ecológico del estado de Veracruz, 2013.

Puede observarse un amplio espectro de actividades distribuidas a lo largo del estado, así como la existencia de regiones en las que predominan actividades industriales y de servicios, frente a otras con vocación agrícola.

## 1.3. Vías de comunicación y transporte

### 1.3.1. Infraestructura de vías de comunicación en Veracruz

El siguiente cuadro muestra algunos de los indicadores más relevantes relacionados con la infraestructura de vías de comunicación en el estado de Veracruz.

Cuadro 1.9. Indicadores de infraestructura de comunicaciones y transportes

| Indicador de infraestructura     | Longitud o área |
|----------------------------------|-----------------|
| Longitud de la red de carreteras | 24,339.6 Km     |
| Longitud de vías férreas         | 1,523.55 Km     |

|                                            |                       |
|--------------------------------------------|-----------------------|
| Longitud de pistas aeroportuarias          | 421.04 m <sup>2</sup> |
| Longitud de Obras Portuarias de Protección | 21,463 m              |
| Longitud de Obras Portuarias de Atraque    | 33,145 m              |

Fuente: <http://www.sct.gob.mx/informacion-general/centros-sct/veracruz/> (consultada el 04 de diciembre de 2014)

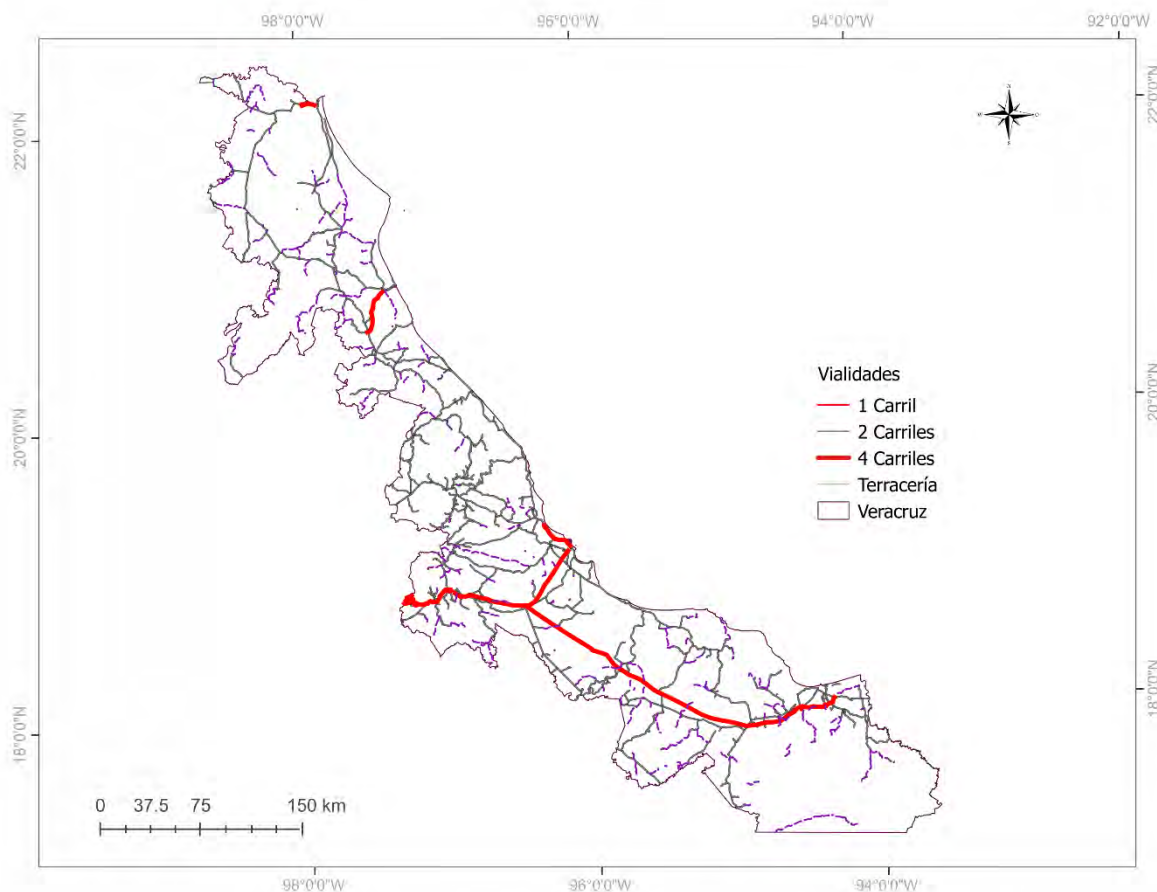


Figura 1.19. Vías de comunicación

### 1.1.1.3 AUTOTRANSPORTE (2012)

Con respecto a las empresas e infraestructura conexas al autotransporte de pasajeros y carga, sus principales características son las siguientes:

- Individuales 67
- Centrales 29
- Empresas en servicio de pasajeros 115
- Empresas en servicio de carga 995
- Personas físicas en servicio de carga: 6,270

A nivel de infraestructura aérea, Veracruz dispone de 4 aeropuertos: Xalapa, Minatitlán, Poza Rica y Veracruz. A nivel de infraestructura portuaria, se tienen 4 puertos de importancia de altura y cabotaje con movimiento de carga que hay que trasladar por vía férrea o transporte terrestre a distintas partes de la República Mexicana, en especial al centro del país:

- Coatzacoalcos con 32,366 mil toneladas
- Pajaritos con 32,584 miles de toneladas
- Tuxpan con 21,828 miles de toneladas
- Veracruz con 22,018 miles de toneladas

### 1.3.2. Transporte

El número de vehículos registrados en el estado de Veracruz para el 2014 fue de 1,552,396 automotores. Por edades, los vehículos registrados presentan la siguiente distribución que se muestra en el Cuadro 1.10.

Cuadro 1.10. Número de vehículos en Veracruz para el 2014

| Año modelo        | Número de vehículos | Porcentaje |
|-------------------|---------------------|------------|
| 1992 y anteriores | 361,469             | 23.3%      |
| 1993-2002         | 528,571             | 34.0%      |
| 2003-2009         | 375,814             | 24.2%      |
| 2010-2014         | 286,542             | 18.5%      |

Un 23% del parque vehicular son 1992 y anteriores, mientras que un 34% se encuentra en el rango de 1993-2002 y el 43% entre 2003-2014. Es decir, alrededor del 57% de los vehículos en circulación tienen más de 12 años de edad. Ello subraya la necesidad de desarrollar instrumentos que permitan transitar a una renovación de la planta vehicular, al mismo tiempo que se desaliente el uso del automóvil a través de un mejor transporte público y acciones de transporte alternativo, como la bicicleta.

De acuerdo con información del INEGI y el SENER (Ver Anexo 2: Parque Vehicular en el estado de Veracruz), el 92% de los vehículos son a gasolina, y cerca del 90% de los vehículos a diesel son anteriores al año 2009. Un análisis de la distribución de la flota indica que el 68% de los vehículos son autos privados, el 4% vehículos de transporte público de pasajeros; el 22% vehículos de carga y el 6% motos.

El Banco Interamericano de Desarrollo (BID), el ayuntamiento de Xalapa y la Universidad Veracruzana, realizaron un estudio que tiene el propósito de analizar opciones de movilidad sustentable. Para ello, se analizaron las rutas peatonales, recreativas, de bicicletas, de transporte público y de vehículos en circulación en varias zonas de la ciudad de Xalapa. A partir de este análisis se seleccionaron algunas áreas urbanas, con el objetivo de diseñar una intervención piloto en la que se demuestre como se pueden mejorar estos espacios, tomando como hilo conductor al peatón.

Entre los principales hallazgos de este estudio destaca que 37% de los viajes al trabajo en Xalapa se llevan a cabo en transporte público, como se puede observar en el siguiente cuadro:

**Cuadro 1.11. Distribución de viajes en medios de transporte en Xalapa**

| Medio de transporte | % de viajes/día |
|---------------------|-----------------|
| Vehículo privado    | 33              |
| Trasporte público   | 37              |
| Caminando           | 20              |
| Taxi                | 7               |
| Moto                | 2               |
| Bicicleta           | <1              |

Fuente: Gehl, 2014. Intervenciones urbanas en Xalapa.

El estudio también señala que el tiempo promedio de viaje en transporte público es de 40 minutos, la distancia promedio de 8.5 km y una velocidad promedio 13 km/h. Los autobuses, representan el 6% del parque vehicular de la ciudad con 200 unidades distribuidas en 14 rutas, el 94% restante son vehículos privados, taxis, camiones y motocicletas. Los vehículos privados en promedio recorren 11.5 km en 27 minutos a una velocidad promedio de 25 km/h. Es de resaltar que los vehículos privados ocupan el 65% de espacio de las vialidades. Los taxis recorren por viaje un promedio de 7 km en un tiempo aproximado de 30 minutos. (Gehl, 2014). Las bajas velocidades registradas son un indicador de la problemática de la traza urbana de la ciudad, que se caracteriza por calles angostas con muchas pendientes.

### **1.3.3. Programa de verificación vehicular**

El Programa de Verificación Vehicular se estableció en 1990 e inició formalmente en 1991 con 48 centros de inspección. En enero de 2010 se publicó un Programa Estatal de Verificación Vehicular Obligatoria. Este programa establece dos opciones de verificación: la dinámica y la estática, aunque la primera no se puso en operación de forma inmediata. Por otra parte, se incorporó al Programa oficial el “Sistema Integral de Verificación Vehicular de Veracruz- SIVVER”, como una herramienta de administración del programa y de supervisión de los centros de verificación, al cual tenían que conectarse todos los analizadores de gases para transmitir, en tiempo real, datos e imágenes y generar el video de cada una de las verificaciones realizadas.

Posteriormente, el 12 de septiembre de 2014 se publicó en la Gaceta Oficial Número Extraordinario 366, el Programa Estratégico de Calidad del Aire del Estado de Veracruz y la actualización del Programa de Verificación Vehicular Obligatoria para el Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave.

El principal objetivo de esta actualización es homologar criterios con la Ciudad de México y otras entidades federativas que han transitado a un sistema de verificación dinámico. A partir de enero de 2015, con un periodo de 1 años para realizar la transición a partir de enero de 2016. La verificación dinámica es obligatoria para todos los vehículos emplacados en el estado que usan gasolina, así como los que usan gas natural, gas licuado de petróleo y otro combustible alterno de acuerdo a los límites establecidos en la norma NOM-041-SEMARNAT-2006, o la que la sustituya, así como para los vehículos a diésel en cumplimiento a la Norma Oficial Mexicana NOM-045-SEMARNAT-2006.

Se llevaron a cabo dos concursos públicos para otorgar concesiones para realizar la prueba de verificación vehicular dinámica y al día de hoy ya se encuentran en operación 36 verificentros con 71 líneas dinámicas en las regiones con mayor parque vehicular, con lo que se estima que se incrementará en forma sustancial su cumplimiento. Asimismo, aún operan cerca de 150 centros de verificación con el procedimiento de medición estática.

En las revisiones realizadas por la SEDEMA se han detectado las siguientes fallas en el procedimiento de medición de emisiones vehiculares en centros de verificación:

- 90% de los equipos analizadores son anteriores a 2007, que presentan muchas fallas y que no cumplen con los estándares de calidad establecidos en programas de verificación como el de la Ciudad de México.
- Únicamente el 62% de analizadores de gases cumplen con el requisito de conexión a la SEDEMA a través del Sistema Integral de Verificación Vehicular del Estado de Veracruz (SIVVER).
- Sólo el 18.8% de los equipos cumple con los LMP definidos en la N-2006 (el resto se quedó con la de 1999)
- Ninguno de los opacímetros cumple con la NOM-045-SEMARNAT-2006, que indica los límites máximos permisibles de opacidad de los gases para automotores que utilizan diesel como combustible.
- Al utilizar normas no actualizadas se está permitiendo la circulación de vehículos que, aunque cumplan con el trámite, no tienen garantizadas emisiones bajas.
- La mayoría de los Centros de Verificación no cumple con los lineamientos de espacio y uso exclusivo para el servicio de verificación vehicular establecidos en las propias concesiones.
- Los laboratorios de calibración avalan una situación irregular al emitir curvas de calibración correctas de equipos que operan irregularmente, equipos que en su mayoría no utilizan gas patrón para calibrar.
- El equipo de cómputo otorgado a los concesionarios por parte de Gobierno del Estado en comodato, utilizado para la comunicación con el SIVVER, data de 2009, presentando en su mayoría problemas con la vida útil de tarjetas de video, tarjetas madres, y disco duro y fuentes de poder, además de presentar dificultad, cada vez mayor, para encontrar las partes dañadas.
- La infraestructura física de los Centros de Verificación, en su mayoría, no acatan al 100% los lineamientos de espacio y de uso exclusivo para verificación vehicular, compartiendo con otro tipo de negocios generalmente talleres mecánicos, venta de autopartes y refacciones, venta de llantas y lavado de automóviles.

Un ejemplo de la baja penetración del programa, es que el número de verificaciones realizadas entre 2014 y 2016 se fue reduciendo.

Entre los factores que favorecen esta situación se encuentran la falta de certificados con holograma, así como la falta de sanciones por no verificar a tiempo y más recientemente a la desinformación durante el período de transición de la verificación estática a la dinámica; todo lo anterior desestimula que el propietario del vehículo acuda a realizar su verificación en tiempo y forma. Como consecuencia, los vehículos transitan sin verificación y muchos con emisiones de humo negro o azul ostensiblemente visible. Aunque es obligatorio, muy pocos autobuses de transporte público se verifican en el estado, lo que muestra la importancia de llevar a cabo acciones que permitan la regularización ambiental de esta flota vehicular.

## 1.4. Consumo de combustibles y energía eléctrica

Un hilo conductor de los problemas de contaminación atmosférica es el uso y consumo de combustibles fósiles y la generación de energía eléctrica. Veracruz es un caso singular, ya que en su territorio se produce el 13.7% de la energía del país, mientras que consume solo el 5.4% de la misma. Es importante mencionar que gran parte de esta energía se produce en termoeléctricas que utilizan combustóleo como uno de sus principales combustibles, precisamente, la quinta parte de combustóleo de ventas internas en el país, es consumido en el Estado, lo que implica mayores emisiones de contaminantes asociados a él, como es el caso del bióxido de azufre. El cuadro 1.12 muestra la comparación de demanda y venta de combustibles en 2012 del Estado frente al país y la figura 1.20 muestra los datos de ventas de combustibles en el estado durante 2014 los cuales se mantienen constantes.

Cuadro 1.12. Demanda / ventas de combustibles 2012

| Combustible                             | Veracruz | País    | Veracruz/País |
|-----------------------------------------|----------|---------|---------------|
| Gasolina (Mbd) (ventas internas) (1)    | 44.5     | 803.1   | 5.5%          |
| Turbosina (Mbd) (ventas internas)       | 3.6      | 59.5    | 6.1%          |
| Combustóleo (Mbd) (ventas internas) (2) | 44.2     | 214.5   | 20.6%         |
| Coque de Petróleo (Mt) (3)              | 171.5    | 4,437.4 | 3.9%          |
| GLP (Mbd) (ventas internas) (4)         | 14.9     | 286.5   | 5.2%          |
| Gas Seco (MMpcd) (demanda interna)      | 976.8    | 8,157.4 | 12.0%         |
| Diésel (Mbd) (ventas internas)          | 30.8     | 386.7   | 8.0%          |

(1) Gasolinas automotrices (Nova, Magna, Premium y etanol).

(2) Las ventas internas en este cuadro están regionalizadas por su destino; no por la ubicación de las Terminales de Almacenamiento y Reparto.

(3) Incluye coque de petróleo calcinado y no calcinado, proveniente de producción de Pemex y de importación por particulares y por Pemex.

(4) Incluye ventas de butanos y propanos.

Fuente: SENER con información de CFE.

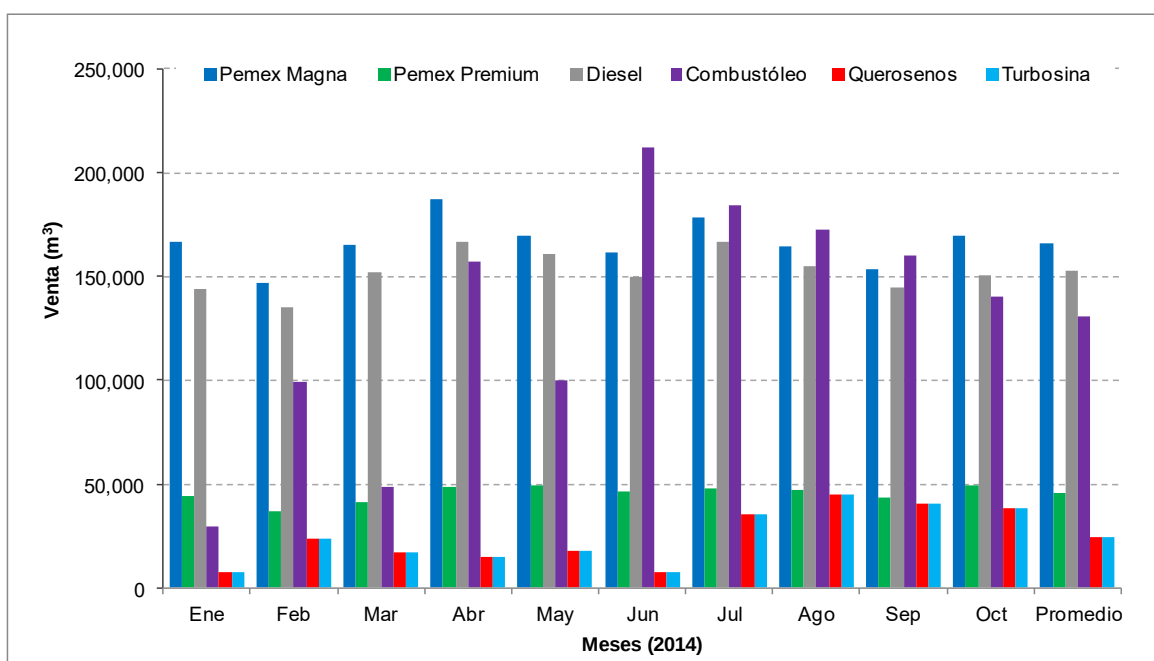


Figura 1.20. Venta de combustibles durante 2014 – Estado de Veracruz

Fuente: SENER, Sistema de Información Energética.

## 2. DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN EL ESTADO DE VERACRUZ

### 2.1. INTRODUCCIÓN

El monitoreo de la calidad del aire y el inventario de emisiones son herramientas fundamentales para la gestión integral de la calidad del aire. Entre los objetivos principales del monitoreo atmosférico destacan los siguientes:

- Evaluar la eficacia de las medidas establecidas en los programas de mejoramiento de la calidad del aire.
- Proporcionar información para el diseño de políticas y estrategias en materia de calidad del aire.
- Vigilar el cumplimiento de las normas de calidad del aire y activar programas de contingencia.
- Informar a la población sobre las concentraciones de contaminantes atmosféricos a las que están expuestas.

### 2.2. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE MONITOREO ACTUAL

#### *2.2.1. Sistema de monitoreo atmosférico del estado de Veracruz.*

El estado de Veracruz cuenta actualmente con tres estaciones automáticas en operación para el monitoreo de la calidad del aire, las cuales están ubicadas en las ciudades de Xalapa, Minatitlán y Poza Rica, respectivamente (Ver Figura 2.1). Las estaciones de Xalapa y Minatitlán fueron instaladas en enero de 2013 y comenzaron a registrar datos válidos a partir de agosto del 2013. La tercera estación de monitoreo, localizada en Poza Rica, fue instalada en noviembre de 2015 e inició oficialmente el registro de datos en enero de 2016.

Con las estaciones mencionadas se lleva a cabo la medición de la calidad del aire en las cuencas atmosféricas de Coatzacoalcos, Xalapa y Poza Rica. Adicionalmente, la SEDEMA planea la instalación y operación de estaciones de monitoreo en las cuencas de Veracruz, Córdoba, Tuxpan, Martínez de la Torre, Los Tuxtlas y Tampico-Pánuco.

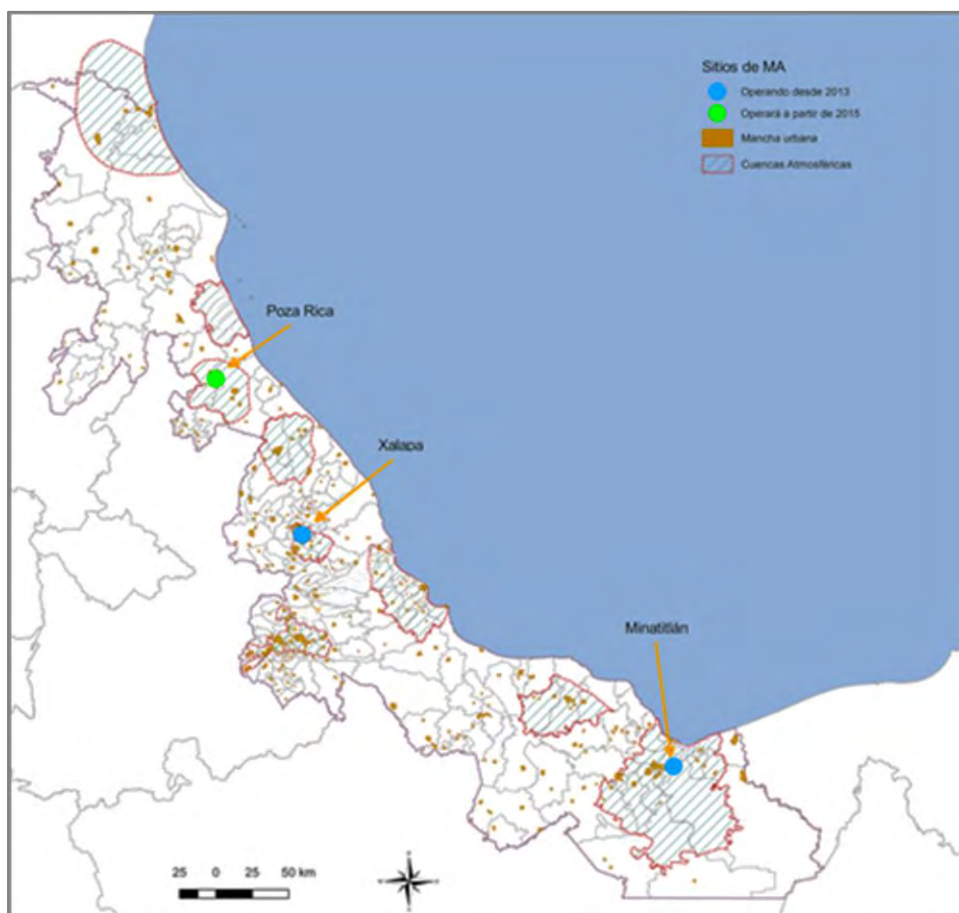


Figura 2.1. Sistema de monitoreo en el estado de Veracruz (2015)

## EQUIPAMIENTO DE LAS ESTACIONES

Las tres estaciones de monitoreo de la calidad del aire instaladas en el estado tienen un diseño estructural y equipamiento similares. El Cuadro 2.1 muestra los contaminantes y variables meteorológicas que registran.

Cuadro 2.1. Parámetros que se registran en las estaciones de monitoreo

| Contaminantes                                  | Variables meteorológicas    |
|------------------------------------------------|-----------------------------|
| Ozono ( $O_3$ )                                | Velocidad de viento (VV)    |
| Óxidos de Nitrógeno ( $NO$ - $NO_2$ - $NO_x$ ) | Dirección de viento (DV)    |
| Bióxido de Azufre ( $SO_2$ )                   | Temperatura ambiente (TEMP) |
| Monóxido de Carbono (CO)                       | Humedad relativa (HR)       |
| Partículas Suspensas $PM_{10}$                 | Presión barométrica (PB)    |
| Partículas Suspensas $PM_{2.5}$                | Radiación solar total (RS)  |
|                                                | Precipitación pluvial (PP)  |

## CENTRO DE CONTROL

Actualmente, la SEDEMA realiza el acopio, verificación y validación de datos de calidad del aire con apoyo de la infraestructura de cómputo de uso general. Para elevar el desempeño de sus funciones de gestión integral de la calidad del aire en el estado, la SEDEMA requiere contar con un centro de control dedicado específicamente al integrar y salvaguardar el acervo de datos de calidad del aire, a su aseguramiento y control de calidad, y al procesamiento y comunicación de información. Asimismo, requiere ampliar el personal calificado, infraestructura de cómputo y herramientas para este fin.

Cabe señalar que la SEDEMA transmite, vía internet y en tiempo real, los datos generados por las tres estaciones de monitoreo del estado al Sistema Nacional de Información de la Calidad del Aire (SINAICA) operado por el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.

### ***2.2.2. Cumplimiento de la norma NOM-156-SEMARNAT-2012***

En el marco de la preparación de ProAire Veracruz, se llevó a cabo una evaluación del cumplimiento en el estado de Veracruz de la Norma Oficial Mexicana NOM-156-SEMARNAT-2012 “Establecimiento y operación de sistemas de monitoreo de la calidad del aire”, la cual establece las condiciones mínimas que deben ser observadas para el establecimiento y operación de sistemas de monitoreo de la calidad del aire. A continuación, se presentan los resultados de dicha evaluación.

## REQUISITOS PARA EL ESTABLECIMIENTO DE SISTEMA DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE

La norma mencionada rige en todo el territorio nacional y es de observancia obligatoria para los gobiernos locales, según corresponda, en aquellas zonas o centros de población que cuenten con alguna de las condiciones siguientes:

- Asentamientos humanos con más de 500,000 habitantes.
- Zonas metropolitanas.
- Asentamientos humanos con emisiones superiores a 20 mil toneladas anuales de contaminantes criterio primarios a la atmósfera.
- Conurbaciones y
- Actividad industrial que por sus características se requiera del establecimiento de estaciones de monitoreo de calidad del aire y/o de muestreo de contaminantes atmosféricos.

Como se mencionó en el capítulo anterior, el estado de Veracruz tiene ocho zonas metropolitanas que cumplen uno o varios de los criterios anteriores. Por lo tanto, en cumplimiento de la NOM-156, cada una de dichas zonas metropolitanas del estado deberían tener sistemas de monitoreo de la calidad del aire en operación.

Como se ha mencionado, el estado solamente cuenta con estaciones de monitoreo en las zonas metropolitanas de Minatitlán, Poza Rica y Xalapa. En el caso de Xalapa, además de ser una zona metropolitana tiene más de 600 mil habitantes, mientras que Minatitlán y Poza Rica son zonas con una actividad industrial importante. Las otras seis áreas metropolitanas del estado aún carecen de estaciones de monitoreo atmosférico.

En cuanto a las emisiones a la atmósfera de contaminantes criterio, de acuerdo al Inventario Nacional de Emisiones de México del 2008, las ocho zonas metropolitanas del estado de Veracruz sobrepasan los valores de las 20 mil toneladas de emisiones de contaminantes criterio, establecidas en la NOM-156-SEMARNAT-2012.

Por otra parte, existen grupos de municipios fuera de las zonas metropolitanas, que sobrepasan las emisiones de 20 mil toneladas de contaminantes criterio a la atmósfera, por lo que en cumplimiento a la NOM-156, éstos deben de contar con monitoreo atmosférico.

Todo ello justifica la necesidad de que la SEDEMA cuente con el apoyo para seguir avanzando con la instalación y operación de infraestructura de monitoreo de la calidad del aire, lo cual permitirá a su vez que el estado cumpla con las disposiciones de la norma NOM-156. Para ello, es necesario llevar a cabo los estudios pertinentes que permitan diseñar e implementar la ampliación del sistema de monitoreo atmosférico en el estado.

La NOM-156-SEMARNAT-2012, establece dentro de su articulado las especificaciones de diseño y las características básicas de los sistemas de monitoreo, mismas que se revisaron para determinar si las estaciones en operación, tanto en Xalapa como en Minatitlán y Poza Rica, cumplen con lo establecido en la normatividad vigente.

En el siguiente cuadro, se presentan los resultados del análisis realizado en relación con los principales elementos que forman parte del artículo 7° de la NOM-156, “Características básicas de los sistemas de monitoreo de la calidad del aire”, para las estaciones de Minatitlán y Xalapa.

**Cuadro 2.2. Valoración de las características básicas de los sistemas de monitoreo atmosférico (artículo 7 de la NOM 156) de Minatitlán y Xalapa<sup>4</sup>**

| Elementos la NOM 156                      | Situación actual                                                                                                        | Cumplimiento con la NOM156 | Recomendación                                                                                                          |
|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Estaciones de medición                    | Las estaciones son de reciente instalación y cuentan con el equipamiento establecido en la normatividad vigente         | Cumple                     | Establecer un programa de renovación y actualización de la estación y sus equipos                                      |
| Sistemas de acopio y transmisión de datos | Las estaciones cuentan con sistema de captura de información y transmisión de datos                                     | Cumple                     | Establecer un programa de renovación y actualización del sistema de captura y transmisión de datos                     |
| Centro de cómputo/control                 | No cuenta con centro de control                                                                                         | No cumple                  | Instalar un centro de control con sistema de respaldo de energía, con las características adecuadas para recibir datos |
| Oficinas administrativas                  | No se cuenta con oficinas destinadas específicamente a este fin, ocupan espacios en las oficinas generales de la SEDEMA | No cumple                  | Destinar espacios adecuados para las oficinas administrativas                                                          |

<sup>4</sup> En lo que se desarrollan los procedimientos, se pueden usar las guías de monitoreo atmosférico publicadas por el INECC, que se pueden consultar en la página web [http://sinaica.ine.gob.mx/guias\\_monitoreo.html](http://sinaica.ine.gob.mx/guias_monitoreo.html).

| Elementos la NOM 156                                                     | Situación actual                                                                                                                                                                                                                               | Cumplimiento con la NOM156                                                                     | Recomendación                                                                                                                                                                               |
|--------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Personal capacitado                                                      | Cuenta con personal capacitado para la operación de la estación, pero no para el manejo de datos                                                                                                                                               | No cumple                                                                                      | Contratar y capacitar al personal dedicado a la operación de los equipos y al manejo de datos                                                                                               |
| Información meteorológica                                                | Las estaciones cuentan con instrumentos de medición meteorológica; velocidad y dirección del viento, humedad relativa, radiación solar, precipitación pluvial y presión barométrica                                                            | Cumple                                                                                         | Establecer un programa de renovación y actualización de los instrumentos meteorológicos                                                                                                     |
| Laboratorio analítico, de calibración y de los patrones de transferencia | No se cuenta con un laboratorio analítico, ni de calibración                                                                                                                                                                                   | Cumple, pero con la garantía de la estación y los equipos por parte del proveedor del servicio | Asegurar el servicio de un proveedor externo que proporcione los servicios de laboratorio y de calibración o tener convenios con laboratorios externos para que le proporcionen el servicio |
| Área mantenimiento y almacén de refacciones                              | No se tiene área para el servicio de mantenimiento y calibración de los equipos de la red de monitoreo y un almacén para las refacciones y consumibles                                                                                         | No cumple                                                                                      | Asignar áreas para mantenimiento y calibración y almacén de refacciones y consumibles                                                                                                       |
| Actividades del área responsable del sistema de monitoreo atmosférico    | Se realiza, soporte técnico, mantenimiento y calibración de equipos.<br>Análisis estadístico, interpretación de datos de la calidad del aire y meteorología, control y aseguramiento de calidad y comunicación social, se realiza parcialmente | Parcial                                                                                        | La SEDEMA ha contratado al personal para apoyar el desarrollo de estas actividades.                                                                                                         |

Con relación al artículo 8 “**Instalación de estaciones, operación, mantenimiento y calibración de equipos**”, en el siguiente cuadro se describe la situación actual con base en la revisión realizada.

Cuadro 2.3. Valoración de la instalación de estaciones, operación, mantenimiento y calibración de equipos de las estaciones de monitoreo (artículo 8 la NOM 156) de Minatitlán y Xalapa.<sup>5</sup>

| Parámetro de la NOM 156                 | Situación actual                                                                    | Cumplimiento con la NOM 156 | Recomendación                                                  |
|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|----------------------------------------------------------------|
| Instalación de estaciones de monitoreo. | Las estaciones cumplen con los requisitos de instalación de estaciones de monitoreo | Cumple                      | Vigilar que no haya obstáculos en las cercanías de la estación |

<sup>5</sup> Al igual que en el cuadro anterior, se pueden usar como referencias las guías de monitoreo atmosférico publicadas por el INECC. [http://sinaica.inec.gob.mx/guías\\_monitoreo.html](http://sinaica.inec.gob.mx/guías_monitoreo.html)

| Parámetro de la NOM 156                      | Situación actual                                                                                                                                                            | Cumplimiento con la NOM 156 | Recomendación                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Operación de estaciones y redes de monitoreo | No cuenta con un procedimiento de evaluación de rutina de las estaciones de monitoreo y registrar en bitácora o formatos preestablecidos los resultados de dicha evaluación | No cumple                   | Elaborar un procedimiento de evaluación de rutina de las estaciones de monitoreo y una bitácora para el registro de las evaluaciones                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Operación del Centro de Control              | No se cuenta con centro de control y parcialmente se realizan las actividades de limpieza de datos de verificación del cumplimiento con las NOM de calidad del aire         | No cumple                   | Instalar un centro de control con el personal suficiente para realizar las actividades de recolección y limpieza de datos su verificación con el cumplimiento de las NOM de calidad del aire                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Operación de equipos                         | Los equipos de medición operan de acuerdo a las especificaciones del fabricante                                                                                             | Cumple                      | Asegurar que se continuará con una operación confiable de los equipos de medición.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Mantenimiento                                | Se tiene un contrato para mantenimiento de las estaciones en operación y se llevan bitácoras de mantenimiento preventivo y correctivo.                                      | Cumple                      | <p>Establecer e implementar medidas que permitan la mejora continua del mantenimiento preventivo y correctivo, así como de la aplicación correcta y efectiva de las bitácoras correspondientes.</p> <p>Actualmente, la SEDEMA ya ha incorporado personal técnico calificado dedicado al mantenimiento y operación del Sistema de Monitoreo de Calidad del Aire, llevando a cabo las tareas de registro, verificación y calibración de cada uno de los instrumentos.</p> <p>Hoy en día el departamento responsable está trabajando en la elaboración de un programa de aseguramiento y control de calidad en el SMCA</p> |
| Calibración.                                 | No se cuenta con un programa de calibración elaborado ni con una bitácora de registro                                                                                       | No cumple                   | Elaborar un programa de calibración con sus bitácoras respectivas y vigilar su cumplimiento                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |

| Parámetro de la NOM 156                                     | Situación actual                                                                                                                   | Cumplimiento con la NOM 156 | Recomendación                                                                                                                  |
|-------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Laboratorio de calibraciones y transferencia de estándares: | No se cuenta con laboratorio propio, pero se encuentra dentro de garantía                                                          | cumple                      | Para cuando termine la garantía, considerar la contratación de un laboratorio externo acreditado que proporcione este servicio |
| Certificación de estándares de transferencia                | La certificación de los estándares de transferencia es trazable al CENAM o al laboratorio autorizado por la Secretaría de Economía | Cumple                      | Establecer programas periódicos de certificación de los estándares de transferencia                                            |
| Seguridad y planes de emergencia:                           | No se cuenta con programa de seguridad y planes de emergencia                                                                      | No cumple                   | Elaborar un programa de seguridad y un plan de atención a emergencias                                                          |

Con relación al artículo 9 “Gestión del aseguramiento y control de la calidad en los sistemas de monitoreo de la calidad del aire”, y al artículo 10 “Manejo de datos de la calidad del aire”.

Cuadro 2.4. Gestión del aseguramiento y control de la calidad en los sistemas de monitoreo de la calidad del aire (Artículo 9), y Manejo de datos de la calidad del aire” (al artículo 10) de Minatitlán y Xalapa

| Parámetro de la NOM 156                                                                                                                                                                  | Situación actual                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Cumplimiento con la NOM 156 | Recomendación                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Artículo 9. Establece que el programa de aseguramiento y control de calidad, deberá asegurar, la confiabilidad de los datos, la trazabilidad, registros, comparabilidad y compatibilidad | A la fecha no se han desarrollado los manuales de procedimientos para todo el sistema de monitoreo, incluyendo los manuales operativos de cada instrumento de medición, soporte, interacción entre ellos, procedimientos generales de inspección y actividades que se deben ejecutar. Así como bitácoras para la estación y para cada uno de los equipos de medición y de soporte | No cumple                   | Es necesario que se elaboren los procedimientos y bitácoras relacionados con los alcances de un programa de aseguramiento y control de calidad                                                                                                                                              |
| El artículo 10 “Manejo de datos de la calidad del aire” Señala los elementos mínimos para desarrollar un análisis de datos.                                                              | Al no contar con un centro de control, esta actividad queda muy limitada a sólo la adquisición de la información por medio de una computadora de escritorio no dedicada. La limpieza, verificación y validación de datos se realiza de manera incipiente, por lo que no se está cumpliendo a cabalidad                                                                            | No se cumple                | Es indispensable que se establezcan procedimientos para el manejo de datos y generación de reportes, así como la contratación y capacitación de personal dedicado exclusivamente a realizar dicha actividad y la revisión, validación y generación de reportes para difusión a la población |

### 2.2.3. Auditorías realizadas a los sistemas de monitoreo de la calidad del aire

A la fecha, no se ha llevado a cabo ninguna auditoría formal del funcionamiento de las estaciones de monitoreo de la calidad del aire desde su instalación. No obstante, en junio del 2014, la Universidad Tecnológica de León llevó a cabo una verificación de la operación y calibración de los analizadores de la calidad del aire de las estaciones de Minatitlán y Xalapa, así como de los flujos de operación de los muestreadores de partículas PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>.

## 2.3. INDICADORES DE LA CALIDAD DEL AIRE

### 2.3.1. *Elaboración de un diagnóstico general de la situación de la contaminación del aire en las cuencas atmosféricas del estado de Veracruz*

La generación de indicadores de calidad del aire, requiere contar con una base de datos confiable. Para ello se requiere la realización del proceso de limpieza, verificación y validación de los datos (INE-DGCENICA, 2010). Adicionalmente, es necesario cumplir las condiciones del manejo de datos que contemplan las normas o guías con las que se va a evaluar la calidad del aire (Normas Oficiales Mexicanas de Salud Ambiente, Guías de la Organización Mundial de la Salud o alguna norma internacional).

El análisis de calidad del aire que se presenta a continuación incluye a los sitios de monitoreo localizados en Minatitlán y Xalapa, los cuales han estado en operación desde el 2013. La estación de monitoreo de Poza Rica comenzó a operar en 2016 y a la fecha de elaboración de este análisis aún no existía una base de datos suficiente para fines de evaluación.

### 2.3.2. *Evaluación de la calidad del aire con base en indicadores primarios y secundarios*

La evaluación de la calidad del aire de cada sitio de monitoreo se realiza por medio de dos tipos de indicadores:

- **Indicadores primarios**, los cuales están relacionados con: a) el cumplimiento de las normas oficiales mexicanas que establecen límites permisibles para la concentración de contaminantes en el aire ambiente y criterios para su evaluación; b) la comparación con los valores recomendados en las guías de la Organización Mundial de la Salud; c) la distribución de los días del año por la calidad del aire (buena, regular o mala) con base en índices de calidad del aire; y d) la evolución o tendencia de cada parámetro.
- **Indicadores secundarios**, orientados a mejorar la comprensión del comportamiento y evolución del fenómeno de la contaminación atmosférica, brindando información acerca del comportamiento diario, semanal y estacional de cada parámetro. Los detalles de estos Indicadores se encuentran en el Anexo 3: Valores Límite de la NOM Vigentes en Materia de Protección a la Salud.

#### **Manejo de datos**

**Criterio de Suficiencia.** En la generación de los indicadores se debe tomar en cuenta la cantidad de datos con la que se realizan los cálculos, pues se requiere de un mínimo de información para considerar que los indicadores son representativos. Las Normas Oficiales Mexicanas de Salud Ambiente que en el último año se actualizaron ya refieren la cantidad de datos mínima necesaria (NOM-020-SSA1-2014, NOM-025-SSA1-2014), sin embargo, hay varias normas que aún no se han actualizado y por ende no cuentan con esta restricción (NOM-021-SSA1-1993, NOM-023-SSA1-1993), o bien que en su última actualización quedó ambiguo el manejo de los datos (NOM-022-SSA1-2010). Es por esto de suma importancia dejar establecido cómo se realizarán los cálculos.

De igual manera se debe considerar que al ser el Sistema de Monitoreo Atmosférico de Veracruz de reciente creación, se encuentra en un proceso de consolidación, y requiere pasar la curva de aprendizaje para poder contar cada vez más con más datos y de mejor calidad. Por lo cual es altamente recomendable que se propongan metas anuales de suficiencia de datos, para que a lo largo de los próximos cinco o diez años vean la madurez que han adquirido en el control y aseguramiento de sus datos. Es por esto que, en el caso de las normas que no establecen el mínimo de registros necesarios para la obtención de indicadores, no se aplicó ninguna restricción a los datos. No obstante, es importante tener claro que en la evaluación anual de la calidad del aire se deberá escalar poco a poco hasta llegar al límite de 75 % de datos, o bien, el mínimo de datos que en su caso establezca la normatividad correspondiente.

### 2.3.3. Resultados

#### BASE DE DATOS Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN DE CALIDAD DEL AIRE

El nivel de confianza (suficiencia de datos) de la base de datos es del 80% debido a que faltó información detallada para discriminar si casos atípicos de datos eran correctos o no. Sin embargo, para ser el primer análisis de validación de la base de datos completa (3/enero/2013 al 31/noviembre/2014), es aceptable. Podría mejorar la validación en cuanto se cuente con información detallada de campo (mantenimientos, calibraciones), reportes de fallas eléctricas, reporte de casos extraordinarios que puedan alterar el comportamiento de los contaminantes (como puede ser la presencia de huracanes, incendios o tolvaneras), prácticas de bacheo cerca de los sitios de monitoreo, obstrucción de las tomas de muestra debidas a edificaciones o crecimiento de árboles; entre otras.

El comportamiento de los registros horarios en Minatitlán y Xalapa, cuyos datos estuvieron disponibles en la fecha del análisis realizado, se muestra en las siguientes gráficas:

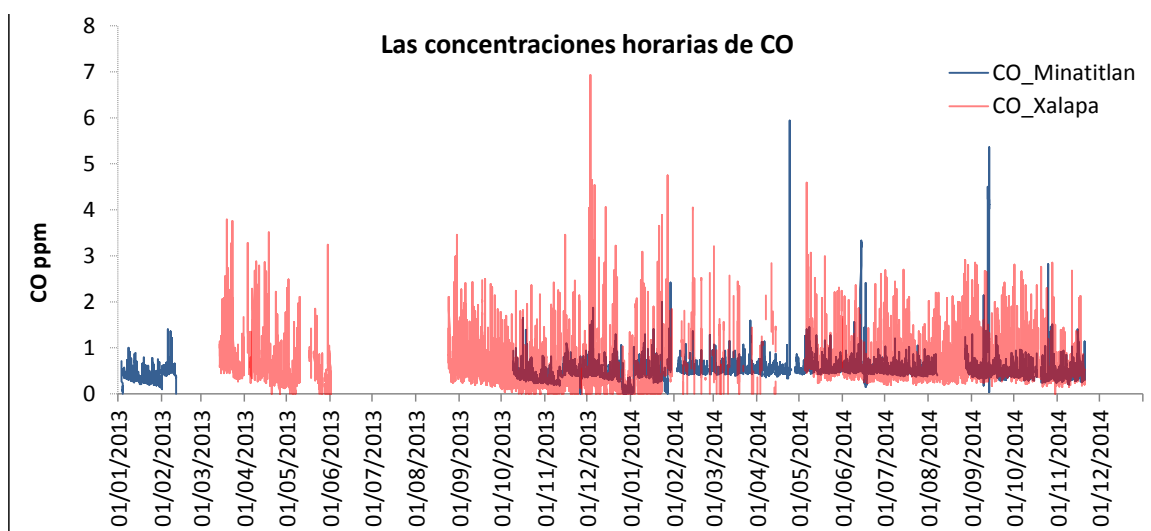


Figura 2.2. Comportamiento de los registros horarios de CO.

Fuente: Elaboración propia con base en datos de SEDEMA, 2014.

Es importante mencionar que los valores mínimos se encuentran en el rango de  $\pm 0.4$  ppm, por lo cual aún no es necesario hacer corrección por línea base.

Aunque el bióxido de nitrógeno no rebasa su norma de calidad del aire en las dos estaciones de monitoreo, es importante mencionar que en Minatitlán ya se tienen registros por encima de la mitad de la norma (210 ppb).

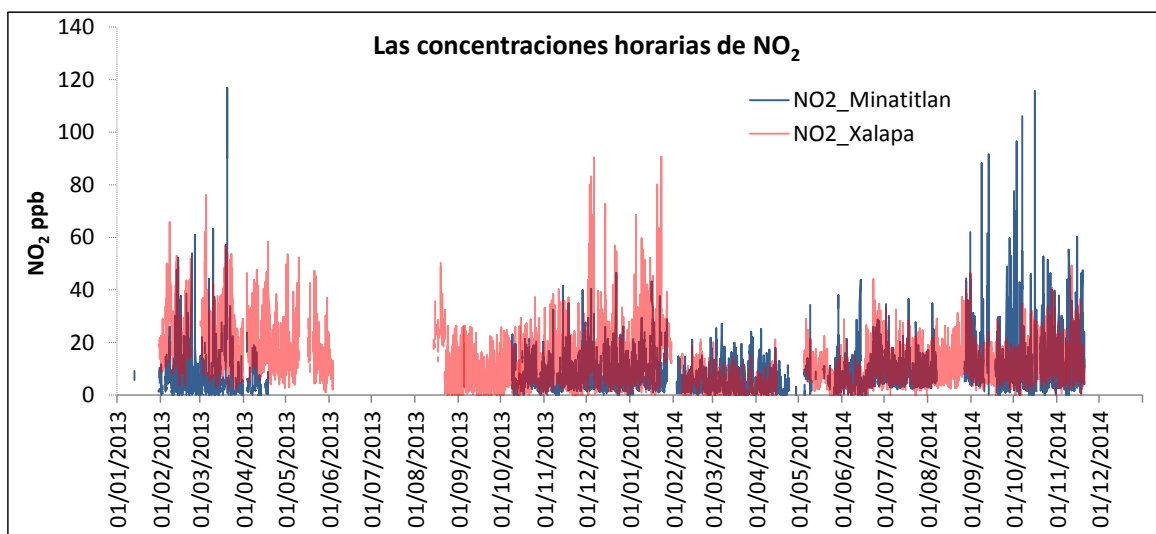


Figura 2.3. Comportamiento de los registros horarios de  $\text{NO}_2$ .

Fuente: Elaboración propia con base en datos de SEDEMA, 2014.

En cuanto a Ozono, en Minatitlán ya se registra concentraciones por arriba de la norma de calidad del aire de este contaminante (95 ppb). Esto indica que ya es necesario aplicar medidas que frenen el deterioro de la calidad del aire de ciudades como Xalapa, incluso de zonas donde actualmente no se tiene registros del nivel de la calidad del aire en el estado de Veracruz.

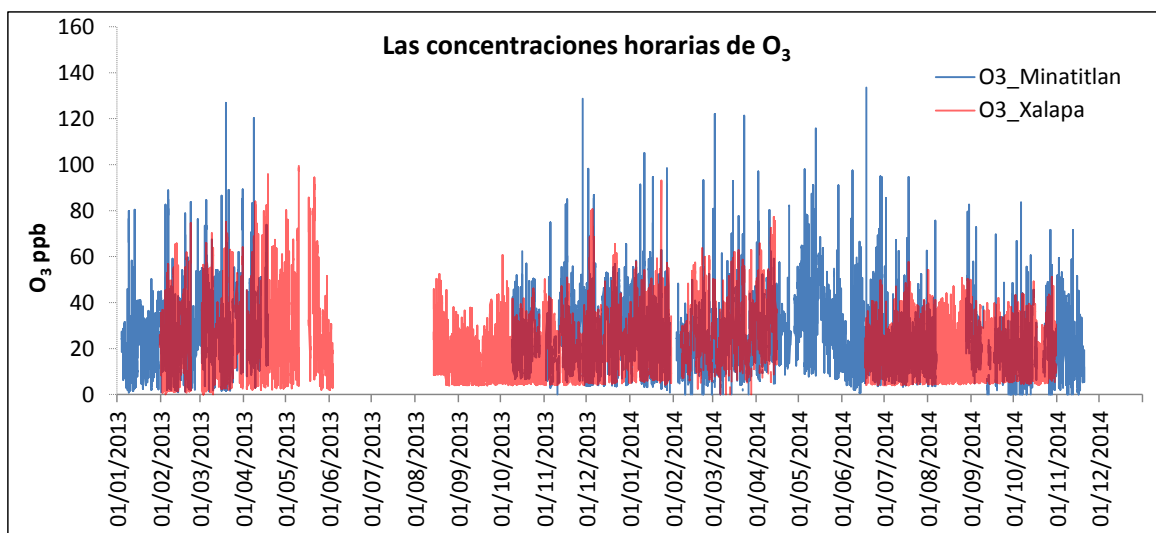


Figura 2.4. Comportamiento de los registros horarios de Ozono.

Fuente: Elaboración propia con base en datos de SEDEMA, 2014.

El comportamiento de  $\text{SO}_2$  responde directamente al entorno de cada sitio, mientras Minatitlán registra valores regularmente altos, los de Xalapa son relativamente bajos (aunque con algunos picos en fechas específicas como puede observarse). Lo anterior, debido a que Minatitlán es una ciudad con actividades industriales considerables y Xalapa es de mayor actividad comercial. Es conveniente considerar un programa de eventos extraordinarios por  $\text{SO}_2$  para alertar a la población de concentraciones altas.

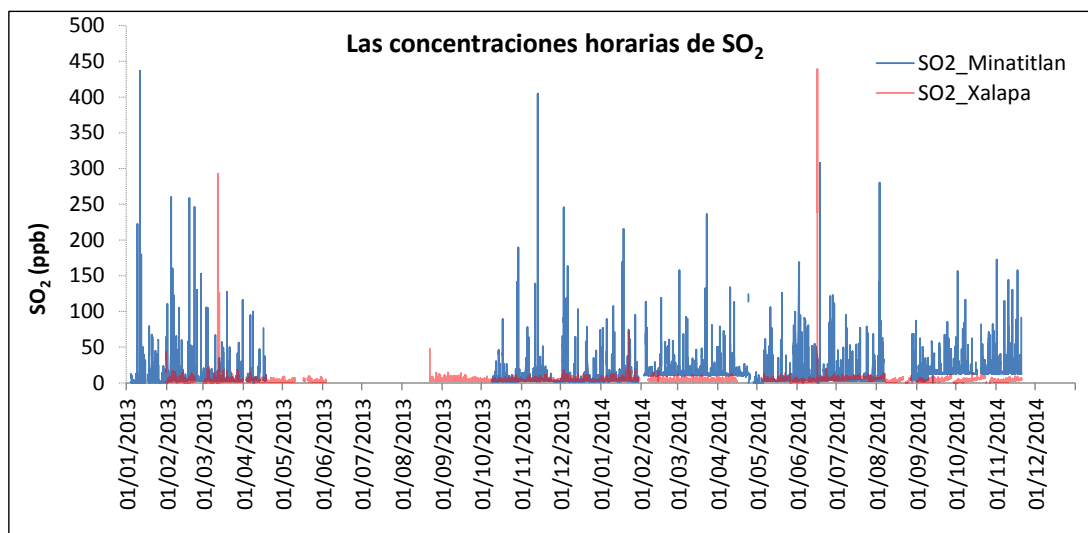


Figura 2.5. Comportamiento de los registros horarios de  $\text{SO}_2$

Fuente: Elaboración propia con base en datos de SEDEMA, 2014.

La cantidad de picos de partículas en Minatitlán dejan ver la necesidad de implementar un programa de eventos extraordinarios, tanto para  $\text{PM}_{10}$  como  $\text{PM}_{2.5}$  a fin de proteger la salud de la población.

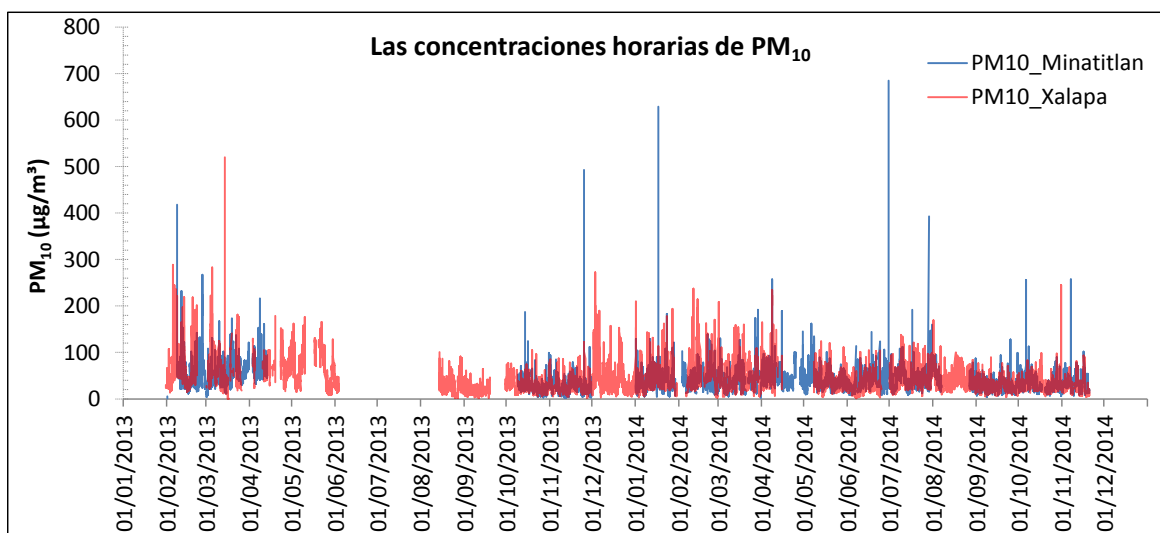


Figura 2.6. Comportamiento de los registros horarios de  $\text{PM}_{10}$

Fuente: Elaboración propia con base en datos de SEDEMA, 2014.

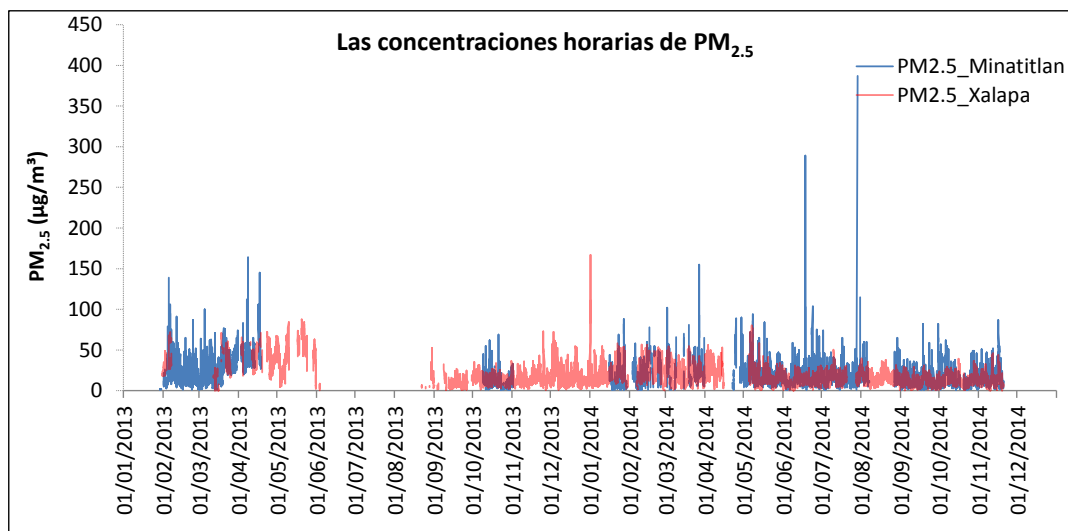


Figura 2.7. Comportamiento de los registros horarios de PM<sub>2.5</sub>

Fuente: Elaboración propia con base en datos de SEDEMA, 2014.

## CRITERIO DE SUFICIENCIA

El primer año de medición fue poco informativo para Minatitlán, debido a que los parámetros cuentan con menos del 75% de registros válidos. En el segundo año se mostró una mejoría en algunos parámetros, sin embargo, de los contaminantes sólo el CO logró el 75% de suficiencia. En el caso de Xalapa, se ha mantenido ambos años con un rango de 50% a 74% de registros válidos y para el segundo año sólo PM<sub>2.5</sub> logró el 75% de suficiencia.

Cuadro 2.5. Suficiencia en los sitios Minatitlán y Xalapa.

|      | Minatitlán       |                   |                |     |                 |                 |                 |     |     |     |     |     |     |     |     |
|------|------------------|-------------------|----------------|-----|-----------------|-----------------|-----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|      | PM <sub>10</sub> | PM <sub>2.5</sub> | O <sub>3</sub> | NO  | NO <sub>2</sub> | NO <sub>x</sub> | SO <sub>2</sub> | CO  | PB  | DV  | VV  | HR  | PP  | RS  | TMP |
| 2013 | 48%              | 43%               | 67%            | 45% | 45%             | 45%             | 65%             | 33% | 58% | 69% | 2%  | 69% | 68% | 69% | 69% |
| 2014 | 74%              | 57%               | 73%            | 66% | 66%             | 66%             | 78%             | 78% | 15% | 79% | 18% | 78% | 78% | 78% | 78% |
|      | Xalapa           |                   |                |     |                 |                 |                 |     |     |     |     |     |     |     |     |
|      | PM <sub>10</sub> | PM <sub>2.5</sub> | O <sub>3</sub> | NO  | NO <sub>2</sub> | NO <sub>x</sub> | SO <sub>2</sub> | CO  | PB  | DV  | VV  | HR  | PP  | RS  | TMP |
| 2013 | 54%              | 40%               | 66%            | 56% | 56%             | 56%             | 61%             | 48% | 50% | 59% | 59% | 59% | 59% | 54% | 59% |
| 2014 | 74%              | 75%               | 57%            | 71% | 71%             | 71%             | 74%             | 60% | 81% | 81% | 81% | 81% | 81% | 80% | 81% |

Códigos de color:

menos de 50% de registros horarios    entre 50 y 74% de registros horarios    75% o más registros horarios

Fuente: Elaboración propia con base en datos de SEDEMA, 2014.

## CUMPLIMIENTO DE LAS NORMAS OFICIALES MEXICANAS DE SALUD AMBIENTE

Debido a que se cuenta con muy pocos datos al año, la evaluación de las normas de salud se ve comprometida al no contar con datos suficientes, sin embargo, a manera de una revisión exploratoria se presentan los resultados.

En el caso de Minatitlán y Xalapa se cumplen con la NOM de monóxido de carbono y bióxido de azufre, no así de ozono, bióxido de nitrógeno y partículas (PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>).

Cuadro 2.6. Evaluación del cumplimiento de las NOM en el sitio de Minatitlán.

| Contaminante criterio                   | Tiempo promedio       | Límite de exposición | Minatitlán |       | Xalapa |       |
|-----------------------------------------|-----------------------|----------------------|------------|-------|--------|-------|
|                                         |                       |                      | 2013       | 2014  | 2013   | 2014  |
| Ozono (O <sub>3</sub> )                 | 1 hora                | 95 ppb               | 128.7      | 133.5 | 99.5   | 93.2  |
|                                         | 8 horas               | 70 ppb               | 77         | 82    | 87     | 69    |
| Monóxido de Carbono (CO)                | 8 horas               | 11 ppm               | 1.1        | 4.8   | 2.5    | 2     |
| bióxido de Azufre (SO <sub>2</sub> )    | 24 horas              | 110 ppb              | 44         | 47    | 11     | 46    |
|                                         | Anual                 | 25 ppb               | 8          | 13    | 3      | 4     |
|                                         | 8 horas               | 200 ppb              | 102        | 101   | 31     | 122   |
| bióxido de Nitrógeno (NO <sub>2</sub> ) | 1 hora                | 210 ppb              | 117        | 238   | 90.4   | 295.5 |
| Partículas Suspensas PM10               | 24 horas              | 75 µg/m <sup>3</sup> | 131.8      | 94.7  | 116.8  | 95.3  |
|                                         | Anual                 | 40 µg/m <sup>3</sup> | DI         | 46.3  | DI     | DI    |
|                                         | Anual sin restricción |                      | 59.8       | 44.3  | 51.7   | 43.6  |
| Partículas Suspensas PM2.5              | 24 horas              | 45 µg/m <sup>3</sup> | 72.1       | 51.7  | 67.6   | 59.4  |
|                                         | Anual                 | 12 µg/m <sup>3</sup> | DI         | DI    | DI     | 20.2  |
|                                         | Anual sin restricción |                      | 34.5       | 22.1  | 26.4   | 18.9  |

Nota: En el caso de ozono y partículas no cumplen con la suficiencia anual requerida (75%), por la cual formalmente deben aparecer las leyendas DI=Dato Insuficiente, pero se presentan los valores a modo comparativo.

## EVALUACIÓN DE LAS GUÍAS DE CALIDAD DEL AIRE DE LA ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD

Para cada sitio se presenta la evaluación de las guías de la OMS en los años 2013 y 2014.

En el caso de Minatitlán se cumple con las guías de calidad del aire (GCA) para el monóxido de carbono (de los dos indicadores propuestos) y para el bióxido de nitrógeno en el indicador promedio anual (Cuadro 2.7). Al comparar la magnitud de los casos que no cumplen con las GCA, se identifica que bióxido de azufre está a más de 6 veces el valor recomendado, ozono está 1.5 veces el valor

referido y partículas oscila entre 2 y 3.5 veces el valor de la guía. En el caso de Xalapa se cumple con las GCA en el monóxido de carbono (para los dos indicadores propuestos) y en el bióxido de nitrógeno en el indicador anual sólo en 2013 (Cuadro 2.7). Al comparar la magnitud de los casos que no cumplen con las GCA, se identifica que bióxido de azufre está entre 3 y 6 veces el valor recomendado, ozono está entre 1.3 y 1.7 veces el valor referido y partículas oscila entre 1.6 y 2.6 veces el valor de la guía.

Cuadro 2.7. Evaluación del cumplimiento de las GCA-OMS en el sitio de Minatitlán.

| Contaminante      | Indicador OMS                            | Límite OMS              | Minatitlán             |                        | Xalapa                 |                        |
|-------------------|------------------------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
|                   |                                          |                         | 2013                   | 2014                   | 2013                   | 2014                   |
| SO <sub>2</sub>   | Máximo anual de promedios de 24 h        | 20 µg/m <sup>3</sup>    | 128 µg/m <sup>3</sup>  | 139 µg/m <sup>3</sup>  | 63 µg/m <sup>3</sup>   | 118 µg/m <sup>3</sup>  |
| NO <sub>2</sub>   | Máximo anual de promedios de 1 h         | 200 µg/m <sup>3</sup>   | 220 µg/m <sup>3</sup>  | 447 µg/m <sup>3</sup>  | 169 µg/m <sup>3</sup>  | 556 µg/m <sup>3</sup>  |
|                   | Promedio anual de máximos de 24 h        | 40 µg/m <sup>3</sup>    | 32 µg/m <sup>3</sup>   | 39 µg/m <sup>3</sup>   | 56 µg/m <sup>3</sup>   | 41 µg/m <sup>3</sup>   |
| CO                | Máximo anual de promedios de 1 h         | 30000 µg/m <sup>3</sup> | 2141 µg/m <sup>3</sup> | 6801 µg/m <sup>3</sup> | 7935 µg/m <sup>3</sup> | 5439 µg/m <sup>3</sup> |
|                   | Máximo anual de promedios móviles de 8 h | 10000 µg/m <sup>3</sup> | 1260 µg/m <sup>3</sup> | 5496 µg/m <sup>3</sup> | 2863 µg/m <sup>3</sup> | 2290 µg/m <sup>3</sup> |
| O <sub>3</sub>    | Máximo anual de promedios móviles de 8 h | 100 µg/m <sup>3</sup>   | 151 µg/m <sup>3</sup>  | 161 µg/m <sup>3</sup>  | 171 µg/m <sup>3</sup>  | 135 µg/m <sup>3</sup>  |
| PM <sub>10</sub>  | Percentil 99 anual de promedios de 24 h  | 50 µg/m <sup>3</sup>    | 125 µg/m <sup>3</sup>  | 95 µg/m <sup>3</sup>   | 109 µg/m <sup>3</sup>  | 84 µg/m <sup>3</sup>   |
|                   | Promedio anual de promedios de 24 h      | 20 µg/m <sup>3</sup>    | 57 µg/m <sup>3</sup>   | 45 µg/m <sup>3</sup>   | 47.9 µg/m <sup>3</sup> | 44.6 µg/m <sup>3</sup> |
| PM <sub>2.5</sub> | Percentil 99 anual de promedios de 24 h  | 25 µg/m <sup>3</sup>    | 72.1 µg/m <sup>3</sup> | 48.3 µg/m <sup>3</sup> | 65.1 µg/m <sup>3</sup> | 46.5 µg/m <sup>3</sup> |
|                   | Promedio anual de promedios de 24 h      | 10 µg/m <sup>3</sup>    | 35.8 µg/m <sup>3</sup> | 21.6 µg/m <sup>3</sup> | 23.4 µg/m <sup>3</sup> | 19.2 µg/m <sup>3</sup> |

## DISTRIBUCIÓN DE LOS DÍAS DEL AÑO POR LA CALIDAD DEL AIRE

En los cuadros 2.8 y 2.9 se presenta la distribución de calidad del aire para los sitios de monitoreo de Minatitlán y Xalapa en los años 2013 y 2014. En primer lugar, es notoria la alta cantidad de datos faltantes en ambas ciudades, para todos los parámetros. Por otra parte, en ambos sitios, los contaminantes que registran una mayor frecuencia de eventos de mala calidad del aire son el ozono y las partículas. Asimismo, la mayor frecuencia de días con mala calidad del aire tiende a presentarse en Minatitlán.

Cuadro 2.8. Distribución de la calidad del aire en Minatitlán.

|                  | 2013 |                 |                |                  |                   |                 | 2014 |                 |                |                  |                   |                 |
|------------------|------|-----------------|----------------|------------------|-------------------|-----------------|------|-----------------|----------------|------------------|-------------------|-----------------|
| Calidad del aire | CO   | NO <sub>2</sub> | O <sub>3</sub> | PM <sub>10</sub> | PM <sub>2.5</sub> | SO <sub>2</sub> | CO   | NO <sub>2</sub> | O <sub>3</sub> | PM <sub>10</sub> | PM <sub>2.5</sub> | SO <sub>2</sub> |
| Buena            | 123  | 254             | 104            | 42               | 45                | 245             | 295  | 281             | 142            | 96               | 130               | 286             |
| Regular          | 0    | 2               | 118            | 103              | 79                | 0               | 0    | 2               | 111            | 169              | 77                | 0               |
| Mala             | 0    | 0               | 9              | 36               | 38                | 0               | 0    | 1               | 9              | 15               | 5                 | 0               |
| Faltantes        | 242  | 109             | 134            | 184              | 203               | 120             | 39   | 50              | 72             | 54               | 122               | 48              |

Fuente: Elaboración propia con base en datos de SEDEMA, 2014.

Cuadro 2.9. Distribución de la calidad del aire en Xalapa.

|                  | 2013 |                 |                |                  |                   |                 | 2014 |                 |                |                  |                   |                 |
|------------------|------|-----------------|----------------|------------------|-------------------|-----------------|------|-----------------|----------------|------------------|-------------------|-----------------|
| Calidad del aire | CO   | NO <sub>2</sub> | O <sub>3</sub> | PM <sub>10</sub> | PM <sub>2.5</sub> | SO <sub>2</sub> | CO   | NO <sub>2</sub> | O <sub>3</sub> | PM <sub>10</sub> | PM <sub>2.5</sub> | SO <sub>2</sub> |
| Buena            | 202  | 249             | 156            | 101              | 98                | 234             | 232  | 298             | 151            | 100              | 200               | 284             |
| Regular          | 0    | 0               | 80             | 60               | 35                | 0               | 0    | 0               | 35             | 161              | 82                | 0               |
| Mala             | 0    | 0               | 2              | 42               | 17                | 0               | 0    | 1               | 0              | 15               | 3                 | 0               |
| Faltantes        | 163  | 116             | 127            | 162              | 215               | 131             | 102  | 35              | 148            | 58               | 49                | 50              |

Fuente: Elaboración propia con base en datos de SEDEMA, 2014.

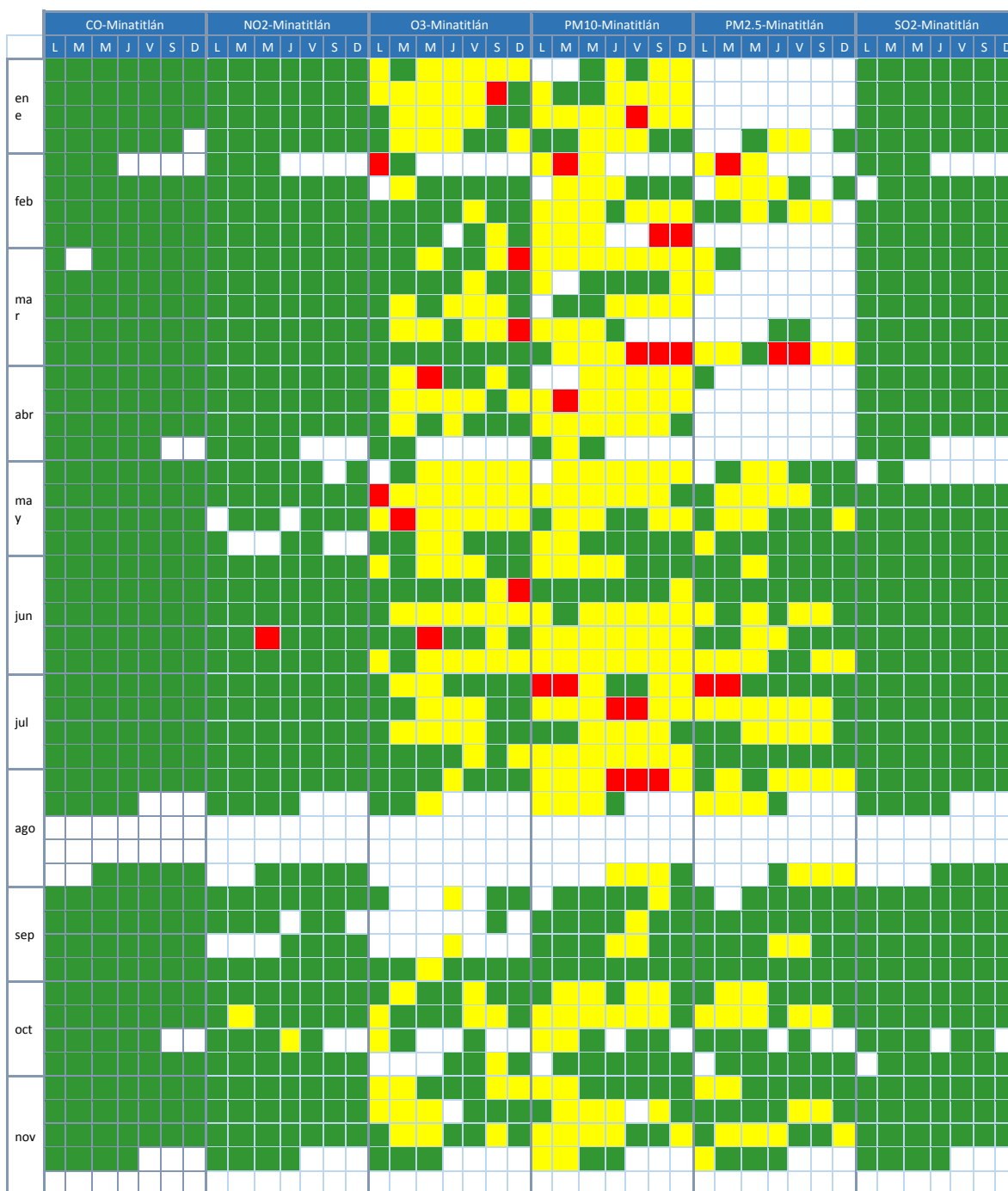
A manera de resumen se presenta el siguiente mosaico de la calidad del aire, donde se identifican las épocas críticas de cada contaminante. Los Cuadros 10 al 13 ilustran de manera sintética el comportamiento de la calidad del aire en los sitios de monitoreo de Minatitlán y Xalapa, para los diferentes contaminantes y los años 2013 y 2014. La alta frecuencia de datos perdidos es un tema que resalta en todos los casos, lo cual resalta la necesidad de fortalecer de manera integral la operación de dichos sitios de monitoreo. El Cuadro 2.10 y el Cuadro 2.11 muestran nuevamente que el ozono y las partículas (PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>) son los contaminantes que se encuentran con mayor frecuencia en los intervalos de calidad del aire “regular” (cuadros amarillos) y mala (cuadros rojos). Desafortunadamente, la alta cantidad de datos perdidos<sup>6</sup> (sobre todo en el 2013) limita el análisis de estacionalidad en los datos. Al contarse con solamente dos años de monitoreo, no se cuenta todavía con bases para identificar una tendencia de la calidad del aire en este sitio.

<sup>6</sup> Es notorio que el número de datos perdidos disminuyó considerablemente en el 2014 en relación con el año previo. Contar con bases de datos con datos existentes y válidos es fundamental para un análisis fehaciente del estado y tendencias de la calidad del aire.

[illegible]

Página 76

Cuadro 2.11. Mosaico de la calidad del aire de Minatitlán (2014).

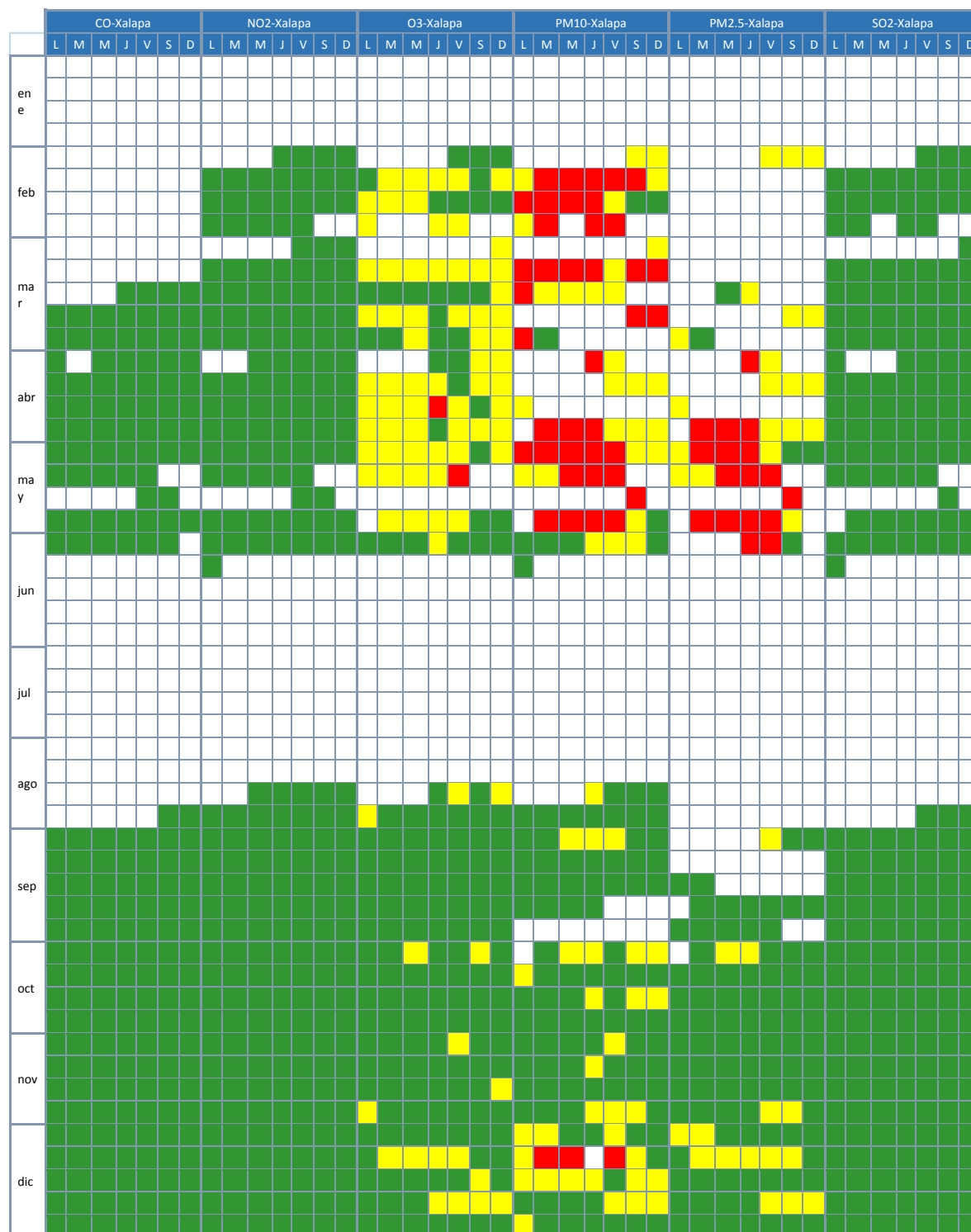


Fuente: Elaboración propia con base en datos de SEDEMA, 2014.

El Cuadro 2.12 y el Cuadro 2.13 resumen el comportamiento de la calidad del aire en Xalapa en los años 2013 y 2014. En este caso, las partículas PM10 y PM2.5 son los contaminantes que se encuentran con mayor frecuencia en los intervalos de calidad del aire “regular” (cuadros amarillos) y mala (cuadros rojos). Como en Jalapa, existe una alta cantidad de datos perdidos (principalmente en el 2013) dificulta la identificación de una estacionalidad en los datos y por lo pronto aún no se

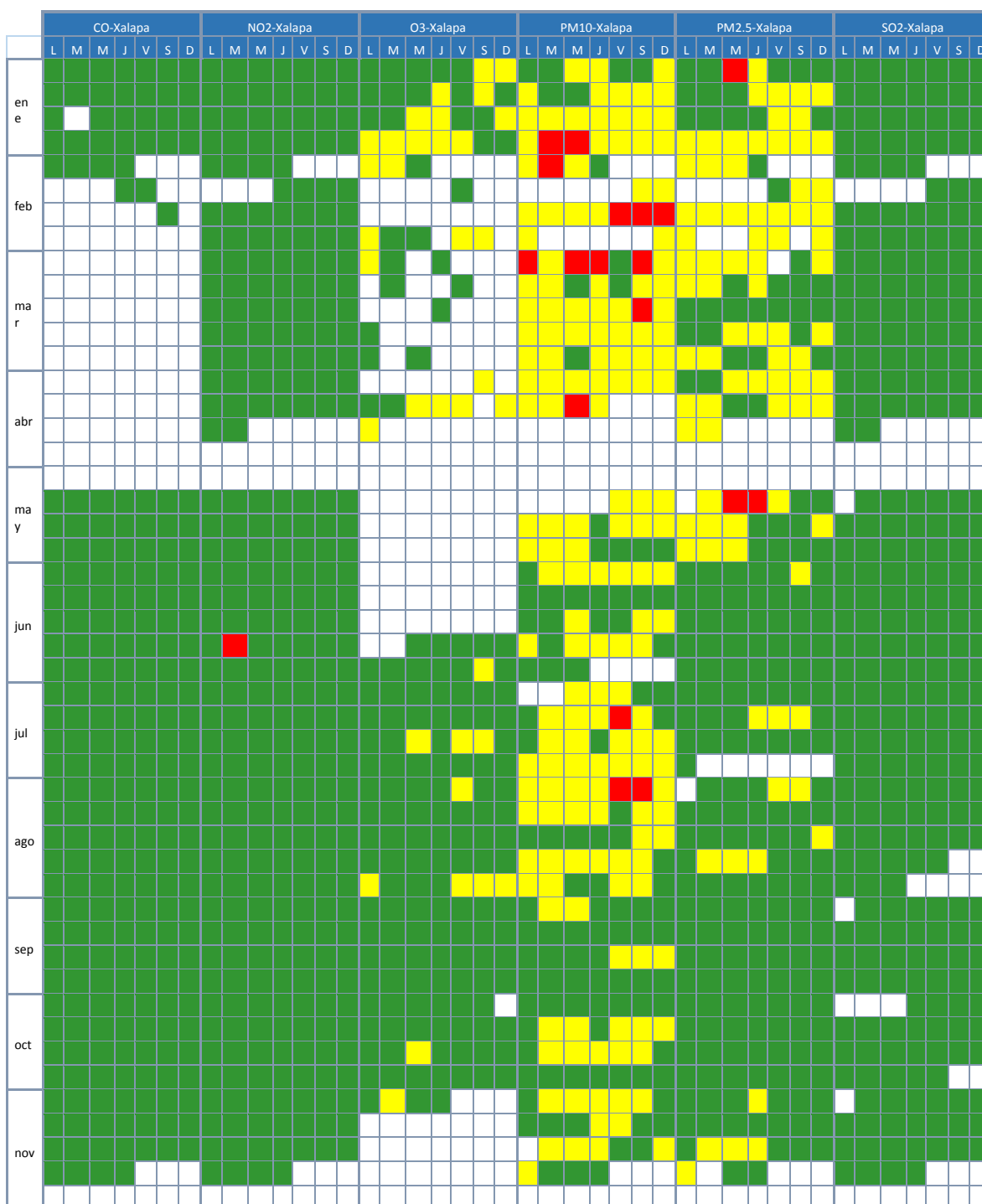
cuenta con elementos suficientes si los mayores niveles de calidad del aire son característicos de ciertas épocas del año.

Cuadro 2.12. Mosaico de la calidad del aire de Xalapa (2013).



Fuente: Elaboración propia con base en datos de SEDEMA, 2014.

Cuadro 2.13. Mosaico de la calidad del aire de Xalapa (2014).



Fuente: Elaboración propia con base en datos de SEDEMA, 2014.

## EVOLUCIÓN Y TENDENCIAS

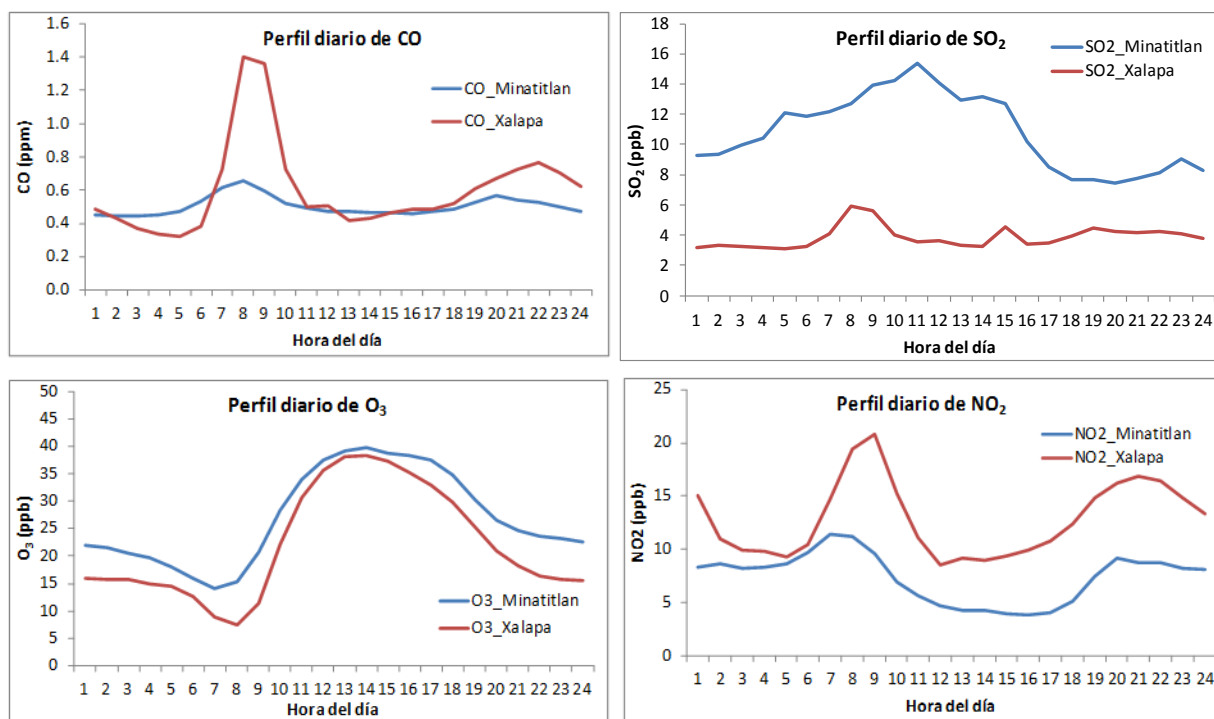
A continuación se presenta una revisión del comportamiento y tendencias en la concentración de los contaminantes y de los parámetros meteorológicos.

### COMPORTAMIENTO DIARIO, SEMANAL Y ESTACIONAL

#### Comportamiento diario

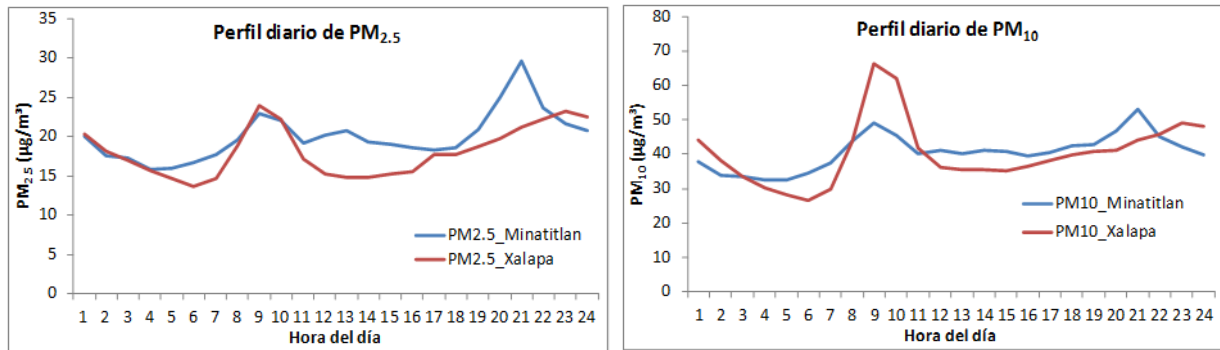
La figura 2.8 muestra el comportamiento típico diario de las concentraciones de contaminantes. Las concentraciones en ambas estaciones de monitoreo indican una contribución significativa del tráfico vehicular con mayores concentraciones durante el pico de los flujos de tráfico por la mañana y la noche. Esto ocurre de manera particular en la estación de Xalapa. Las concentraciones diarias de ozono siguen un patrón típico en el que las concentraciones más bajas se producen durante las concentraciones máximas de contaminantes precursores del ozono, tales como el  $\text{NO}_2$ , y las concentraciones más altas ocurren cercanas al mediodía cuando la radiación está en su máximo y las concentraciones de otros contaminantes son más bajas. Las concentraciones de  $\text{SO}_2$  aumentan durante el día y se reducen nuevamente en horas de la noche. Esto muy probablemente refleja la acumulación de emisiones provenientes de fuentes industriales.

Figura 2.8. Perfil diario (continúa en la siguiente página)



Fuente: Elaboración propia con base en datos de SEDEMA, 2014.

Figura 2.8. Perfil diario (continuación)

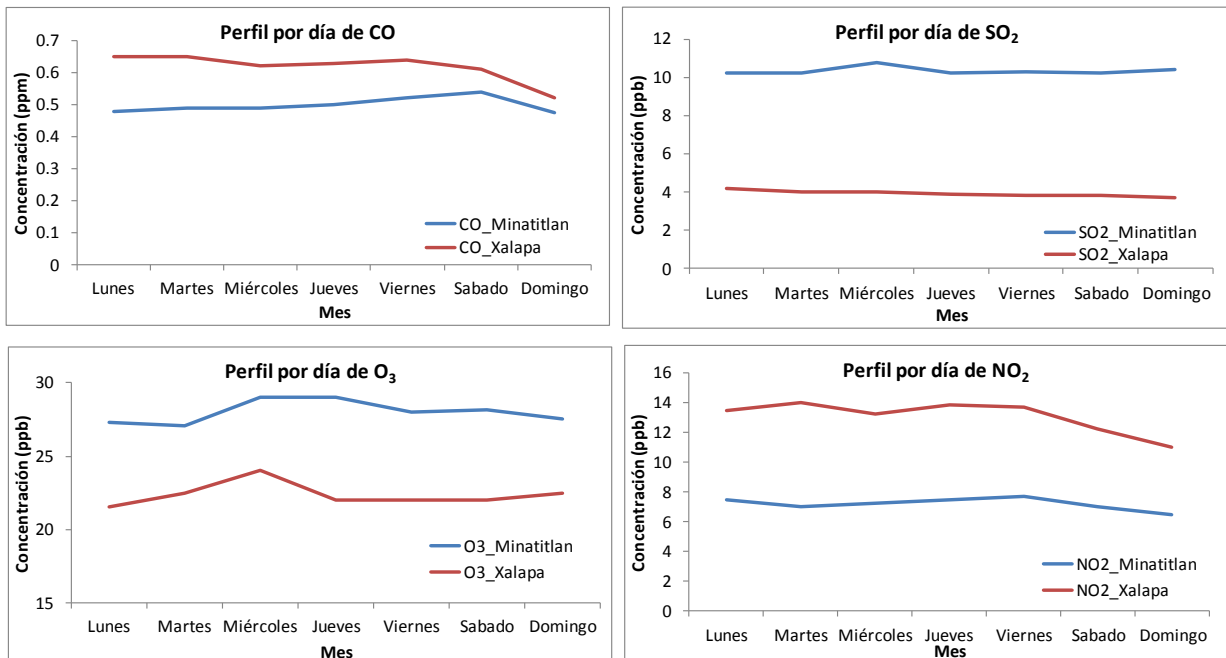


Fuente: Elaboración propia con base en datos de SEDEMA, 2014.

## COMPORTAMIENTO SEMANAL

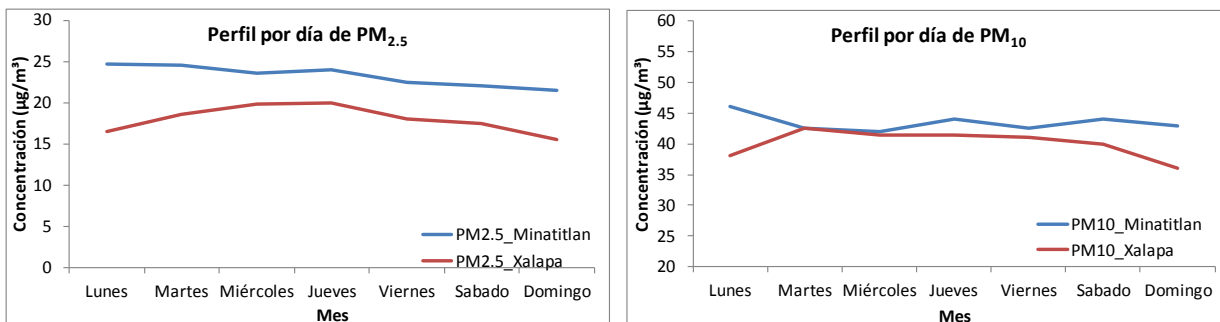
De manera consistente, a lo largo de la semana, de lunes a viernes la actividad es similar y las concentraciones de los contaminantes presentan valores muy parecidos, sin embargo, el fin de semana decrece un poco siendo el domingo el día con menores niveles. En el caso de bióxido de azufre en Minatitlán parece que no hay cambios con respecto a los días.

Figura 2.9. Perfil por día de la semana (continúa en la siguiente página)



Fuente: Elaboración propia con base en datos de SEDEMA, 2014.

Figura 2.9. Perfil por día de la semana (continuación)

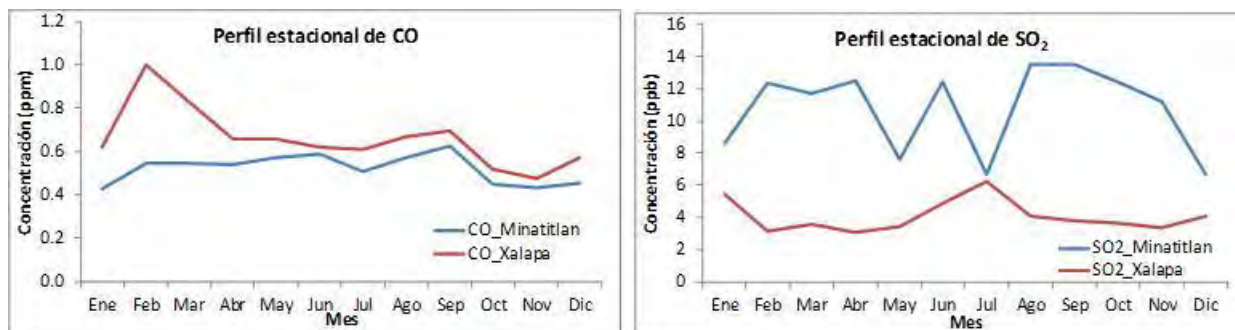


Fuente: Elaboración propia con base en datos de SEDEMA, 2014.

## COMPORTAMIENTO ESTACIONAL

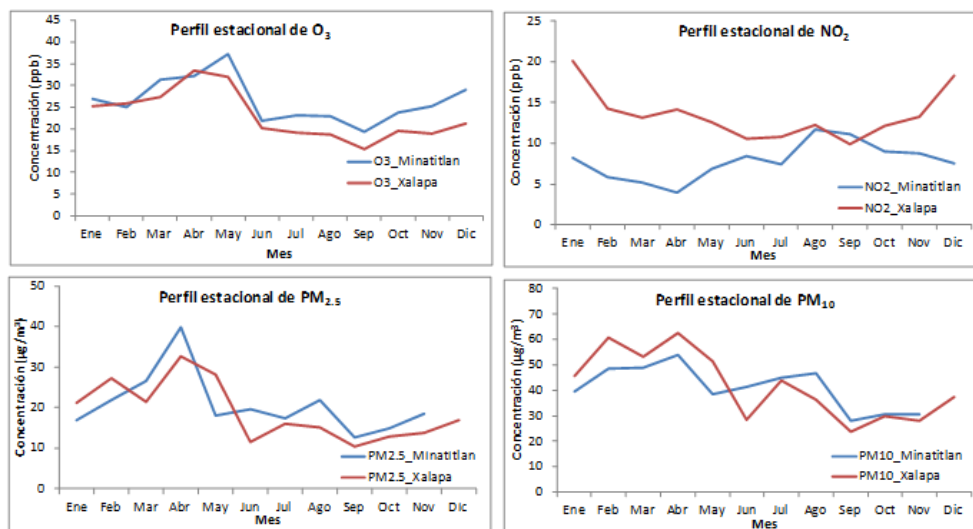
La figura 2.10 muestra las concentraciones medias mensuales. Esta información será más representativa cuando las estaciones lleven más tiempo en operación y se cuente con una base de datos de mediciones más robusta. Por ahora, estos resultados deben ser entendidos como preliminares e indicativos. Es recomendable realizar este mismo análisis cuando se cuente con más años de datos confiables para validar los hallazgos aquí detectados. En general, la mayoría de los contaminantes, con excepción del SO<sub>2</sub> y el NO<sub>2</sub>, muestran un comportamiento similar en los dos sitios de medición. Cuando se cuente con una base de datos consolidados se podrá analizar en mayor detalle este fenómeno. Por su parte, las concentraciones de PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> y ozono muestran las concentraciones máximas durante abril y mayo y las concentraciones más bajas en septiembre. La razón de esto no está clara y se sugiere que se lleve a cabo una investigación de las emisiones de temporada.

Figura 2.10. Perfil por día de la semana (continua en la siguiente página)



Fuente: Elaboración propia con base en datos de SEDEMA, 2014.

Figura 2.10 Perfil estacional (continuación)



Fuente: Elaboración propia con base en datos de SEDEMA, 2014.

## ROSAS DE VIENTO

La evaluación de la calidad del aire ha sido complementada con un análisis de rosas de viento en Minatitlán y Xalapa. La figura 2.11 muestra el patrón de dirección del viento en ambos sitios. Mientras que en Minatitlán predomina el viento del Norte-Noreste, en Xalapa los vientos predominantes son del noroeste, aunque con un componente importante Sur-Sureste.

En el caso de Xalapa es claro el predominio del viento del noroeste para las horas hasta 09:00 y del este a sur en las horas de 10:00 a 21:00.

En el caso de Minatitlán, el horario de 10:00 a 21:00 está definido por los vientos de norte y noreste, de 03:00 a 07:00 no muestra una dirección predominante.

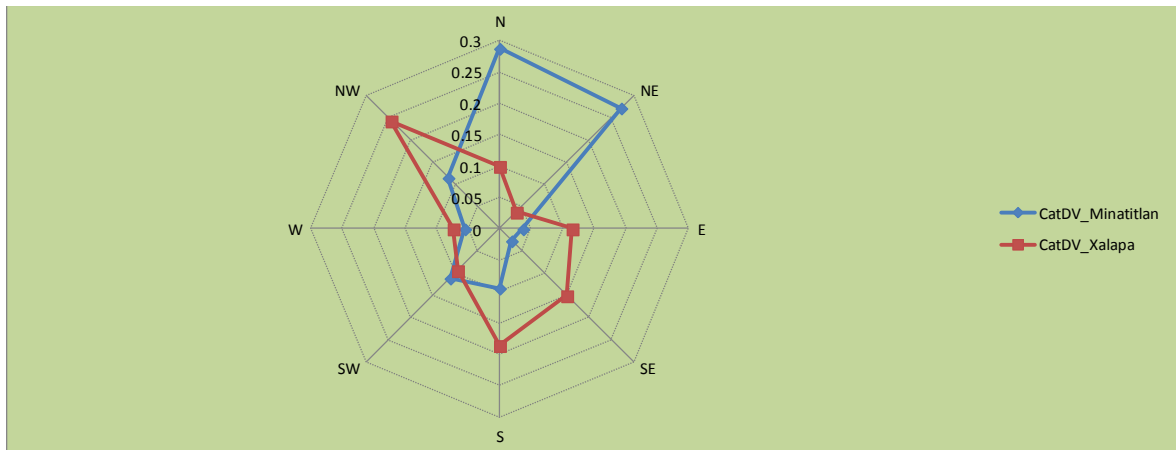
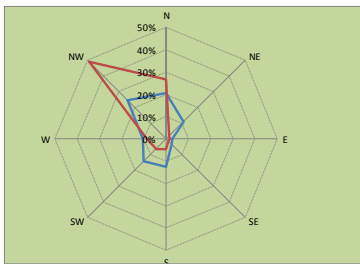
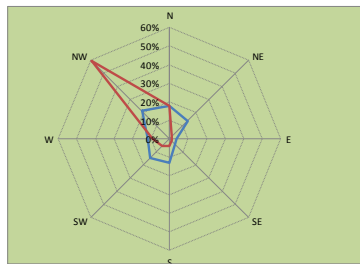


Figura 2.11. Rosas de viento por estación

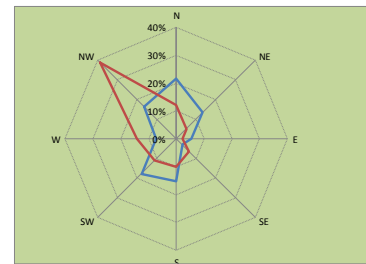
07:00 hrs



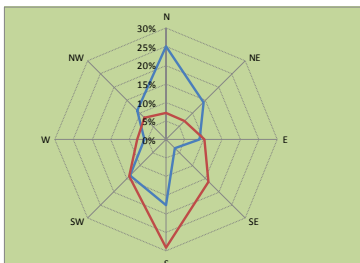
08:00 hrs



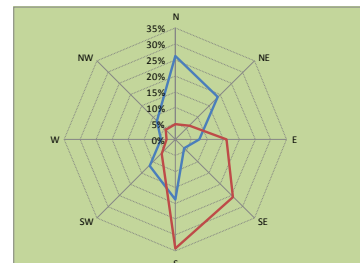
09:00 hrs



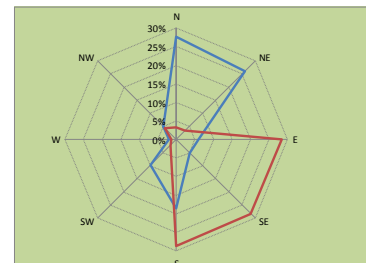
10:00 hrs



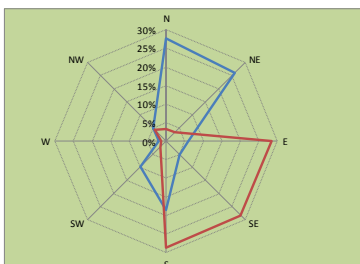
11:00 hrs



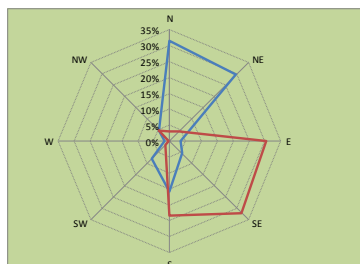
12:00 hrs



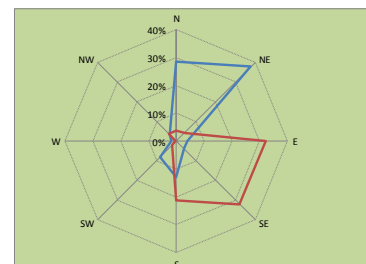
13:00 hrs



14:00 hrs



15:00 hrs



16:00 hrs



17:00 hrs



18:00 hrs



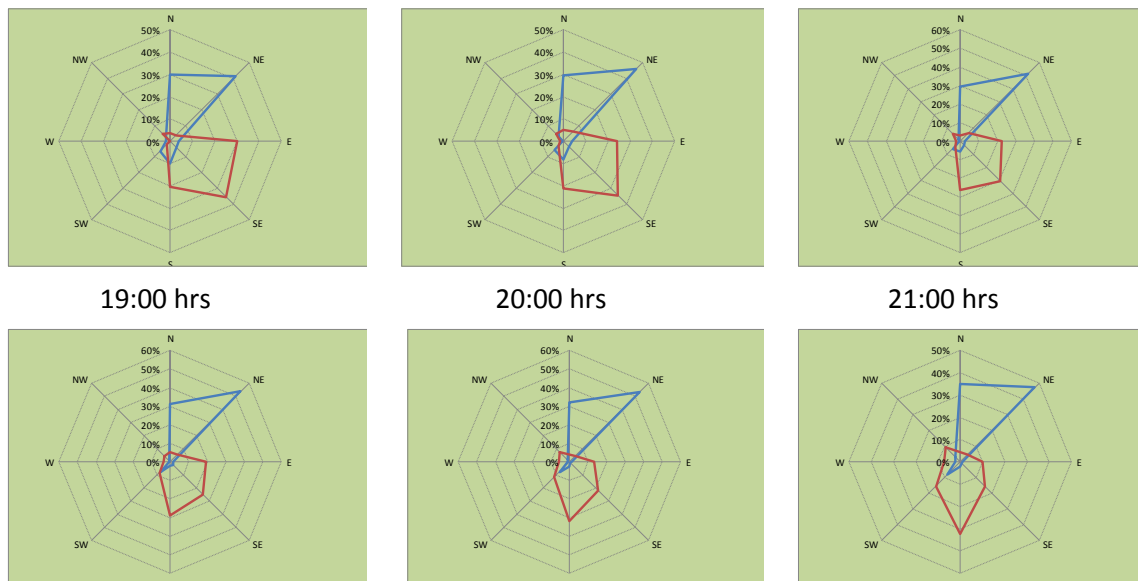


Figura 2.12. Rosas de viento por las horas críticas del día (rojo = Xalapa; azul = Minatitlán)

Fuente: Elaboración propia con base en datos de la Comisión Nacional del Agua, 2014.

## 2.4. PLAN DE CONTINGENCIAS ATMOSFÉRICAS

Según el Diario Oficial del Distrito Federal, una contingencia ambiental atmosférica o contingencia ambiental es una situación eventual y transitoria declarada por las autoridades competentes, cuando se presenta o se prevé con base en análisis objetivos o en el monitoreo de la contaminación ambiental, una concentración de contaminantes o un riesgo ecológico derivado de actividades humanas o fenómenos naturales que afectan la salud de la población o al medio ambiente; de acuerdo con las normas oficiales. De igual manera una pre contingencia ambiental es una situación eventual y transitoria declarada por las autoridades competentes, cuando la concentración de contaminantes en la atmósfera alcance niveles potencialmente dañinos a la salud de la población más vulnerable tales como niños, adultos mayores y enfermos de vías respiratorias (GOF, 2012).

La aplicación de un plan de contingencias requiere de un monitoreo confiable para sustentar las decisiones en información oportuna y confiable. Si los datos proporcionados no son exactos o hay muchos vacíos en la información, entonces es difícil poner en práctica un plan de contingencia efectivo.

Es importante comprender que un plan de contingencia se utiliza para controlar los episodios de alta contaminación. No es una herramienta para el control de las emisiones a largo plazo y reducir la contaminación por debajo de los estándares de calidad del aire, sino para proteger a la población de altas concentraciones. Con el fin de desarrollar un Plan de Contingencia Ambiental es necesario analizar en detalle los datos para determinar qué contaminantes tienen picos altos de concentración que requieren control. Una revisión inicial de las superaciones de los niveles de las NOMs a corto plazo sugiere que el Ozono, bióxido de Nitrógeno,  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$  deben ser considerados para un Plan de Contingencia Ambiental en el Estado de Veracruz.

Otra característica a considerar al contar con un Plan de Contingencia Ambiental es la oportunidad de notificar a la población en tiempo y forma de estos eventos. Esto requiere de sistemas para identificar episodios y difundir información de manera eficaz a las personas afectadas.

Además de determinar el nivel en el que se va a activar el plan de contingencias ambientales, se debe establecer qué medidas se realizarán durante la activación y a qué o a quién van dirigidas, así como los responsables de darle seguimiento y la posible penalización en caso de no cumplir con alguna de éstas.

## 3. INVENTARIO DE EMISIONES CONTAMINANTES Y DE EFECTO INVERNADERO

### 3.1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se describe el inventario de emisiones contaminantes y de efecto invernadero del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave del año 2012 que sirvió de base para el desarrollo del Programa para Mejorar la Calidad del Aire que se respira en el estado de Veracruz; por primera vez en esta Entidad, se elaboró de forma integral el inventario de contaminantes criterio y el de compuestos de efecto invernadero, donde se incluye la estimación de partículas  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$ , bióxido de Azufre ( $SO_2$ ), Monóxido de Carbono (CO), Óxidos de Nitrógeno ( $NO_x$ ), Compuestos Orgánicos Volátiles (COV) y Amoníaco ( $NH_3$ ), Metano ( $CH_4$ ), bióxido de Carbono ( $CO_2$ ) y Carbono Negro (CN). Este inventario, es la herramienta indicativa básica para seleccionar y diseñar las políticas públicas más adecuadas que permitirán incidir en las fuentes que verdaderamente generan las mayores emisiones contaminantes y con ello optimizar los recursos económicos para su prevención y control.

### 3.2. METODOLOGÍA

Para el desarrollo del inventario de emisiones 2012 del estado de Veracruz, en lo que se refiere a los contaminantes criterio se tomaron como base las recomendaciones documentadas en los manuales de la Metodología para el Cálculo de Emisiones para México, publicadas por el entonces Instituto Nacional de Ecología (INE) y la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), y por lo que corresponde a los gases de efecto invernadero se tomaron las sugerencias descritas en los manuales publicados por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC).

Lo primero que se realizó para establecer la línea base, fue proyectar a los años 2020 y 2030, las emisiones por sector estimadas en el año base 2012 con los siguientes criterios:

- Fuentes fijas. Con base en las prospectivas de Gas Natural, Gas L.P, Petróleo y Petrolíferos 2013-2027, además de los datos del PIB que INEGI tiene para el Estado de Veracruz, se obtuvieron tasas de crecimiento de los diferentes combustibles industriales para los años 2010 y 2030. Para la estimación de las emisiones de las fuentes fijas se contó con los datos registrados en las cédulas de operación anual tanto para las industrias de jurisdicción estatal como las de jurisdicción federal, de donde se tomaron los datos de consumo de combustible y otros datos de actividad y operación de las actividades industriales, aplicándoles los factores de emisión publicados por la U.S. EPA en el AP42 y el IPCC; previo a la estimación de las emisiones se aplicó control de calidad verificando los consumos energéticos registrados con los consumos estatales publicados por la Secretaría de Energía.
- Fuentes de área. Las proyecciones de las emisiones de las fuentes de área per cápita, se realizaron mediante las proyecciones de población de la CONAPO. Para las que tienen que ver con fuentes móviles como son el recubrimiento de automóviles y caminos pavimentados y sin pavimentar se tomaron las consideraciones de crecimiento de las fuentes móviles. También se tomaron como base los datos publicados en el Anuario Estadístico del Estado de Veracruz 2012 y se le aplicaron los factores de emisión recomendados en el manual V de la Metodología de Inventario de Emisiones para México y para los gases de efecto invernadero

se tomaron los factores publicados en el IPCC, en casos particulares se utilizaron datos de consumo de combustibles publicados por la Secretaría de Energía y algunos modelos como el FAEED (Federal Aircraft Engine Emissions Database) para la estimación de emisiones generadas por los aviones.

- Fuentes móviles. Se empleó la misma metodología y supuestos utilizados en la estimación del año base (2012) y se estimó un crecimiento del parque vehicular del Estado para esos años con base en las Prospectivas de Petróleo Crudo y Petrolíferos 2013-2027 publicadas por la Secretaría de Energía, de donde se obtuvo un aumento porcentual esperado del consumo de combustibles de gasolina y diesel vehicular, que se le aplicó directamente al parque vehicular estimado para el año 2012. También se consultó la base estatal de la flota vehicular para el año 2012, la cual se agrupó por tipo de vehículo, combustible utilizado, tipo de servicio y año modelo desagregado por municipio; para obtener los datos de actividad se consultó la literatura publicada sobre el tema por el INECC, SEMARNAT, Centro de Transporte Sustentable (CTS) y el Instituto de Políticas para el Transporte y el Desarrollo (ITDP, por sus siglas en inglés), además se obtuvieron datos de comercializadores de autos para obtener una base de datos más consistente en cuanto a los kilómetros recorridos; para la estimación de los factores de emisión se utilizó el modelo MOBILE6 adaptándolo a las condiciones promedio de temperatura y altitud de las cuencas atmosféricas del Estado y para la estimación de emisiones de gases de efecto invernadero se tomaron los factores publicados en el IPCC.
- Otras fuentes. Para las fuentes emisoras que involucran ganado, siembra, labranza, quemas, incendios y vegetación, se mantuvieron constantes las emisiones del 2012 a los años 2020 y 2030. Las fuentes naturales fueron estimadas mediante la toma de datos de la cobertura vegetal estatal así como las principales especies existentes en cada una de las regiones y se aplicó el modelo GLOBEIS para la estimación de las emisiones en cada uno de los municipios del Estado.

Es importante mencionar que para la mayor parte de las fuentes se consideró la estimación de emisiones de carbono negro partiendo de las emisiones de las partículas  $PM_{2.5}$  y aplicándoles una fracción porcentual dependiendo de la fuente o categoría donde se esté generando este contaminante. En el Anexo 4: Memoria de Cálculo para Estimar las Emisiones Contaminantes y de Efecto Invernadero del Estado de Veracruz, se presenta el detalle metodológico y los cálculos realizados.

### 3.3. INVENTARIO DE EMISIONES EN EL ESTADO

En el cuadro siguiente se pueden observar en forma desagregada las emisiones en toneladas por año generadas para cada uno de los sectores y subcategorías; así mismo, después se identifican y analizan las fuentes generadoras de mayores emisiones sobre las cuales se deberán realizar algunas acciones para prevenirlas y controlarlas.

**Cuadro 3.1. Emisiones de contaminantes criterio y de efecto invernadero generadas en el estado de Veracruz, año base 2012.**

| Subsector                                                                                            | Emisión [ton/año] |                   |              |                 |                |                 |                |                 |                 |                   |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-------------------|--------------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|-------------------|
|                                                                                                      | PM <sub>10</sub>  | PM <sub>2.5</sub> | CN           | SO <sub>2</sub> | CO             | NO <sub>x</sub> | COV's          | NH <sub>3</sub> | CH <sub>4</sub> | CO <sub>2</sub>   |
| <b>Fuentes fijas*</b>                                                                                | <b>48,507</b>     | <b>27,767</b>     | <b>3,357</b> | <b>193,571</b>  | <b>11,083</b>  | <b>27,890</b>   | <b>32,262</b>  | <b>523</b>      | <b>1,936</b>    | <b>33,372,153</b> |
| Generación de energía eléctrica                                                                      | 6,935             | 5,164             | 1,522        | 143,309         | 5,635          | 16,088          | 491            | 354             | 187             | 13,161,580        |
| Industria alimentaria                                                                                | 37,490            | 21,419            | 1,740        | 4,414           | 124            | 4,142           | 13             | 8               | 1,422           | 5,068,961         |
| Industria de las bebidas y el tabaco                                                                 | 17                | 12                | 0.4          | 255             | 34             | 61              | 2.4            | 1.5             | 1.3             | 65,210            |
| Fabricación de insumos textiles y acabado de textiles                                                | 0.3               | 0.3               | N/S          | N/S             | 2.8            | 3.4             | 0.2            | 0.1             | 0.1             | 4,886             |
| Curtido y acabado de cuero y piel, y fabricación de productos de cuero, piel y materiales sucedáneos | N/S               | N/S               | N/S          | 1.4             | 0.2            | 0.6             | N/S            | N/S             | N/S             | 657               |
| Industrias del papel                                                                                 | 366               | 329               | 28           | 2,830           | 1,836          | 383             | 553            | 8               | 224             | 321,855           |
| Fabricación de productos derivados del petróleo y del carbón                                         | 854               | 684               | 55           | 13,401          | 2,789          | 4,285           | 198            | 123             | 80              | 10,486,837        |
| Industria química                                                                                    | 58                | 52                | 6            | 1,498           | 313            | 490             | 30,527         | 15              | 9               | 590,169           |
| Industria del plástico y el hule                                                                     | 0.2               | 0.0               | N/S          | 11              | 0.8            | 3.0             | N/S            | 0.1             | N/S             | 3,362             |
| Fabricación de productos a base de minerales no metálicos                                            | 2,724             | 84                | 1.1          | 27,838          | 78             | 2,128           | 88             | 2.2             | 4.8             | 3,257,802         |
| Industria metal básica                                                                               | 64                | 23                | 4.9          | 7               | 269            | 302             | 390            | 10              | 7               | 407,412           |
| Fabricación de Productos Metálicos                                                                   | 0.2               | 0.1               | N/S          | 4.5             | 1.4            | 2.9             | 0.1            | 0.1             | N/S             | 3,267             |
| Otras industrias manufactureras                                                                      | N/S               | N/S               | N/S          | 2.3             | 0.1            | 0.3             | N/S            | N/S             | N/S             | 153               |
| <b>Fuentes de área</b>                                                                               | <b>91,357</b>     | <b>17,275</b>     | <b>1,159</b> | <b>2,945</b>    | <b>299,779</b> | <b>22,661</b>   | <b>139,490</b> | <b>45,919</b>   | <b>602,716</b>  | <b>8,176,655</b>  |
| Recubrimiento de superficies industriales                                                            | N/A               | N/A               | N/A          | N/A             | N/A            | N/A             | 581            | N/A             | N/A             | N/A               |
| Pintura automotriz                                                                                   | N/A               | N/A               | N/A          | N/A             | N/A            | N/A             | 1,403          | N/A             | N/A             | N/A               |
| Recubrimiento de superficies arquitectónicas                                                         | N/A               | N/A               | N/A          | N/A             | N/A            | N/A             | 12,063         | N/A             | N/A             | N/A               |
| Limpieza de superficie industrial                                                                    | N/A               | N/A               | N/A          | N/A             | N/A            | N/A             | 8,487          | N/A             | N/A             | N/A               |
| Lavado en seco                                                                                       | N/A               | N/A               | N/A          | N/A             | N/A            | N/A             | 4,715          | N/A             | N/A             | N/A               |
| Artes gráficas                                                                                       | N/A               | N/A               | N/A          | N/A             | N/A            | N/A             | 2,594          | N/A             | N/A             | N/A               |
| Productos de cuidado personal                                                                        | N/A               | N/A               | N/A          | N/A             | N/A            | N/A             | 8,251          | N/A             | N/A             | N/A               |
| Productos de consumo doméstico                                                                       | N/A               | N/A               | N/A          | N/A             | N/A            | N/A             | 2,829          | N/A             | N/A             | N/A               |
| Productos para el cuidado automotriz                                                                 | N/A               | N/A               | N/A          | N/A             | N/A            | N/A             | 4,794          | N/A             | N/A             | N/A               |
| Adhesivos y selladores                                                                               | N/A               | N/A               | N/A          | N/A             | N/A            | N/A             | 2,043          | N/A             | N/A             | N/A               |
| Pintura de tránsito                                                                                  | N/A               | N/A               | N/A          | N/A             | N/A            | N/A             | 252            | N/A             | N/A             | N/A               |
| Productos misceláneos                                                                                | N/A               | N/A               | N/A          | N/A             | N/A            | N/A             | 236            | N/A             | N/A             | N/A               |
| Pinturas en aerosol                                                                                  | N/A               | N/A               | N/A          | N/A             | N/A            | N/A             | 361            | N/A             | N/A             | N/A               |
| Plaguicidas domésticos                                                                               | N/A               | N/A               | N/A          | N/A             | N/A            | N/A             | 6,365          | N/A             | N/A             | N/A               |
| Combustión comercial/institucional                                                                   | 16                | 16                | N/S          | 1               | 166            | 291             | 17             | N/S             | 16              | 294,995           |
| Combustión habitacional                                                                              | 28,563            | 9,365             | 839          | 375             | 215,579        | 3,466           | 49,445         | 0.013           | 18,334          | 4,032,392         |
| Operación de aeronaves                                                                               | 1                 | 1                 | N/S          | N/S             | 587            | 378             | 0              | N/E             | 168             | 465,943           |
| Locomotoras (foráneas/patio)                                                                         | 109               | 107               | 63           | 1               | 636            | 3,051           | 169            | N/E             | 14              | 246,178           |
| Embarcaciones marítimas comerciales                                                                  | 280               | 140               | 83           | 748             | 2,804          | 7,712           | 1405           | N/E             | 32              | 615,401           |
| Incendios forestales                                                                                 | 70                | 59                | 7            | 7               | 640            | 30              | 21             | 5               | 163             | 114,648           |
| Quemas agrícolas                                                                                     | 3,800             | 507               | 31           | 1,813           | 77,534         | 7,644           | 3,153          | N/E             | 3,841           | 2,150,747         |
| Distribución y almacenamiento de gas L.P.                                                            | N/A               | N/A               | N/A          | N/A             | N/A            | N/A             | 549            | N/A             | N/S             | N/A               |
| Fugas en instalaciones de gas L.P.                                                                   | N/A               | N/A               | N/A          | N/A             | N/A            | N/A             | 12,015         | N/A             | N/S             | N/A               |
| HNQ en la combustión de gas L.P.                                                                     | N/A               | N/A               | N/A          | N/A             | N/A            | N/A             | 8,410          | N/A             | N/S             | N/A               |
| Distribución y almacenamiento de gasolina                                                            | N/A               | N/A               | N/A          | N/A             | N/A            | N/A             | 302            | N/A             | N/A             | N/A               |
| Carga de combustible en aeronaves                                                                    | N/A               | N/A               | N/A          | N/A             | N/A            | N/A             | 1              | N/A             | N/A             | N/A               |
| Asados al carbón                                                                                     | 96                | 76                | 5            | N/A             | 1,833          | 89              | 11             | N/A             | N/S             | N/A               |
| Rellenos sanitarios                                                                                  | N/A               | N/A               | N/E          | N/A             | N/A            | N/A             | 797            | N/E             | 93,175          | 255,651           |
| Tratamiento de aguas residuales                                                                      | N/A               | N/A               | N/E          | N/A             | N/A            | N/A             | 6,236          | N/E             | 319,773         | N/A               |
| Caminos pavimentados                                                                                 | 1,112             | 264               | 7            | N/A             | N/A            | N/A             | N/A            | N/A             | N/A             | N/A               |
| Caminos sin pavimentar                                                                               | 46,634            | 4,661             | 88           | N/A             | N/A            | N/A             | N/A            | N/A             | N/A             | N/A               |
| Labranza y cosecha agrícola                                                                          | 7,974             | 1,770             | 11           | N/A             | N/A            | N/A             | N/A            | N/A             | N/A             | N/A               |
| Corrales de engorda                                                                                  | 2,702             | 308               | 25           | N/A             | N/A            | N/A             | N/A            | N/A             | N/A             | N/A               |
| Panaderías                                                                                           | N/A               | N/A               | N/A          | N/A             | N/A            | N/A             | 1,980          | N/A             | N/A             | N/A               |
| Esterilización en hospitales                                                                         | N/A               | N/A               | N/A          | N/A             | N/A            | N/A             | 5              | N/A             | N/A             | N/A               |
| Emisiones domésticas de amoníaco                                                                     | N/A               | N/A               | N/A          | N/A             | N/A            | N/A             | N/A            | 13,358          | N/A             | N/A               |
| Emisiones ganaderas de amoníaco                                                                      | N/A               | N/A               | N/A          | N/A             | N/A            | N/A             | N/A            | 29,603          | N/A             | N/A               |
| Aplicación de fertilizantes                                                                          | N/A               | N/A               | N/A          | N/A             | N/A            | N/A             | N/A            | 2,953           | N/A             | N/A               |
| Fermentación entérica                                                                                | N/A               | N/A               | N/A          | N/A             | N/A            | N/A             | N/A            | N/A             | 163,900         | N/A               |
| Gestión del estiércol                                                                                | N/A               | N/A               | N/A          | N/A             | N/A            | N/A             | N/A            | N/A             | 3,300           | 200               |
| Cultivo del arroz                                                                                    | N/A               | N/A               | N/A          | N/A             | N/A            | N/A             | N/A            | N/A             | N/A             | 500               |
| <b>Fuentes móviles</b>                                                                               | <b>2,227</b>      | <b>1,869</b>      | <b>1,263</b> | <b>2,627</b>    | <b>426,163</b> | <b>90,376</b>   | <b>47,142</b>  | <b>1,392</b>    | <b>N/E</b>      | <b>9,224,931</b>  |
| <b>Autos particulares</b>                                                                            | <b>200</b>        | <b>107</b>        | <b>65</b>    | <b>569</b>      | <b>288,223</b> | <b>32,049</b>   | <b>26,963</b>  | <b>684</b>      | <b>N/E</b>      | <b>2,662,775</b>  |
| Taxis                                                                                                | 27                | 14                | 9            | 80              | 16,881         | 2,000           | 1,295          | 120             | N/E             | 423,366           |
| Vagonetas de pasajeros                                                                               | 3                 | 2                 | 1            | 11              | 3,446          | 321             | 310            | 13              | N/E             | 56,639            |

| Subsector                          | Emisión [ton/año] |                   |              |                 |                |                 |                |                 |                 |                   |
|------------------------------------|-------------------|-------------------|--------------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|-------------------|
|                                    | PM <sub>10</sub>  | PM <sub>2.5</sub> | CN           | SO <sub>2</sub> | CO             | NO <sub>x</sub> | COV's          | NH <sub>3</sub> | CH <sub>4</sub> | CO <sub>2</sub>   |
| Medibuses                          | 69                | 61                | 38           | 43              | 927            | 2,249           | 691            | 4               | N/E             | 135,695           |
| Autobuses                          | 165               | 144               | 91           | 259             | 3,699          | <b>7,272</b>    | 815            | 10              | N/E             | 829,365           |
| Camionetas Pick up                 | 42                | 23                | 23           | 184             | <b>46,618</b>  | 2,966           | <b>6,817</b>   | 112             | N/E             | 926,024           |
| Vehículos de carga de hasta 3 ton  | 33                | 21                | 10           | 109             | <b>22,634</b>  | 2,037           | 2,876          | 142             | N/E             | 527,790           |
| Vehículos de carga de más de 3 ton | 1,078             | <b>970</b>        | <b>692</b>   | 767             | <b>14,163</b>  | <b>18,076</b>   | 2,822          | 263             | N/E             | <b>1,760,309</b>  |
| Tractocamiones                     | 586               | <b>513</b>        | <b>327</b>   | 585             | <b>18,310</b>  | <b>22,962</b>   | 2,540          | 38              | N/E             | <b>1,827,152</b>  |
| Motocicletas                       | 23                | 14                | 7            | 20              | <b>11,262</b>  | 444             | 2,014          | 8               | N/E             | 75,818            |
| <b>Fuentes naturales</b>           | <b>N/A</b>        | <b>N/A</b>        | <b>N/A</b>   | <b>N/A</b>      | <b>N/A</b>     | <b>38,041</b>   | <b>141,626</b> | <b>N/A</b>      | <b>N/A</b>      | <b>N/A</b>        |
| vegetación                         | N/A               | N/A               | N/A          | N/A             | N/A            | 38,041          | 141,626        | N/A             | N/A             | N/A               |
| <b>Total</b>                       | <b>142,090</b>    | <b>46,910</b>     | <b>5,779</b> | <b>199,143</b>  | <b>737,025</b> | <b>178,968</b>  | <b>360,521</b> | <b>47,836</b>   | <b>604,652</b>  | <b>50,773,741</b> |

Nota: Es posible que la suma difiera debido al redondeo de cifras

N/S: No significativo. N/A: No aplica

Analizando las emisiones por cada uno de los contaminantes presentados en la Cuadro 3.1, podemos observar que en los caminos no pavimentados, en la labranza y cosecha agrícola se generan cantidades importantes de partículas PM<sub>10</sub>; pero por sus efectos a la salud y en orden de importancia en la combustión habitacional se generan más emisiones, donde se utilizan grandes cantidades de leña como combustible para la cocción de alimentos en las zonas periféricas urbanas y en el medio rural; pero en cantidad mayor la industria es el principal emisor de PM<sub>10</sub>, con el sector alimentaria donde se agrupa la industria cervecera y los ingenios azucareros que es donde se generan las mayores emisiones en este sector debido a la quema de bagazo que se utiliza como combustible principal. Otros sectores importantes generadores de PM<sub>10</sub> son: la generación de energía eléctrica por la quema de combustóleo pesado; las quemas agrícolas de las hojas de la caña de azúcar antes de la cosecha; y la fabricación a base de minerales no metálicos debido principalmente a la fabricación de cemento y cal.

Por lo que se refiere a la generación de partículas PM<sub>2.5</sub> los principales subsectores generadores que tienen mayor implicación en la salud son la combustión habitacional, la generación de energía eléctrica, la industria alimentaria, y los vehículos pesados a diésel como los tractocamiones y camiones de carga de más de 3 toneladas.

Por primera vez para el Estado se cuantificaron las emisiones de carbono negro por la importancia que tiene este contaminante en el calentamiento global y en la salud, se identificó que los mayores emisores de este contaminante son la generación de energía eléctrica y la industria alimentaria por la quema de gabazo de caña, la combustión habitacional por la quema de leña; también cantidades importantes de este contaminante son emitidas por los vehículos de carga de más de 3 toneladas y los tractocamiones.

El bióxido de azufre se emite principalmente en la generación de energía eléctrica seguido por la fabricación de productos a base de minerales no metálicos, la industria alimentaria y la fabricación de productos derivados del petróleo y el carbón, esto es debido a las grandes cantidades de combustóleo utilizado.

El monóxido de carbono es un contaminante generado por la combustión incompleta y en este inventario se identifican como fuentes generadoras los vehículos automotores o fuentes móviles, por orden de importancia de mayor a menor cantidad de emisiones son los autos particulares, camionetas pick up, tractocamiones, taxis, vehículos de más de tres toneladas, motocicletas y en las fuentes fijas en la generación de energía eléctrica.

En cuanto a los óxidos de nitrógeno el principal emisor es la vegetación como un proceso natural sin embargo este dato sólo debe tomarse en cuenta para cuantificar las aportaciones de emisiones pero

no para el diseñar medidas para reducirlas. Los principales generadores antropogénicos por orden de importancia son: los autos particulares, los tractocamiones, los vehículos de carga de más de tres toneladas, la generación de energía eléctrica, las embarcaciones marítimas comerciales, los autobuses, la industria de productos derivados del petróleo y el carbón, la industria alimentaria, la combustión habitacional y las locomotoras.

Los compuestos orgánicos volátiles, se generan principalmente en las fuentes naturales como un proceso natural de la vegetación que es un valor indicativo de las emisiones y en las fuentes antropogénicas los principales sectores emisores son: la combustión habitacional, industria química, autos particulares, recubrimiento de superficies arquitectónicas, productos de cuidado personal, fugas en instalaciones de gas L P, limpieza de superficies industriales, hidrocarburos no quemados, camionetas pick up, tratamiento de agua residual y plaguicidas.

Respecto a las emisiones de amoniaco se generan principalmente en emisiones ganaderas, emisiones domésticas y aplicación de fertilizantes. Referente a los gases de efecto invernadero que se estimaron para el 2012, el metano se genera principalmente por el tratamiento de las aguas residuales, por la disposición de la basura en los rellenos sanitarios, por la combustión habitacional y la fermentación entérica.

Las fuentes más relevantes de bióxido de carbono son: la generación de energía eléctrica, la fabricación de productos derivados del petróleo y el carbón, la combustión habitacional, la industria alimentaria, la fabricación de productos a base de minerales no metálicos, los autos particulares, las quemas agrícolas, tractocamiones y vehículos de carga de más de tres toneladas.

### 3.4. EMISIONES DESAGREGADAS POR JURISDICCIÓN

Para que los diferentes órdenes de gobierno puedan optimizar los esfuerzos en la prevención y control de las emisiones en cada una de las fuentes de su competencia es importante hacer una desagregación de las emisiones, para lo cual en la Cuadro 3.2, se presenta la desagregación de las emisiones por tipo de jurisdicción.

Cuadro 3.2 Distribución de las emisiones por tipo de jurisdicción

| Jurisdicción | Emisiones [ton/año] |                   |              |                 |                |                 |                |                 |                 |                   |
|--------------|---------------------|-------------------|--------------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|-------------------|
|              | PM <sub>10</sub>    | PM <sub>2.5</sub> | CN           | SO <sub>2</sub> | CO             | NO <sub>x</sub> | COV            | NH <sub>3</sub> | CH <sub>4</sub> | CO <sub>2</sub>   |
| Local        | 130,108             | 39,806            | 3,685        | 9,340           | 703,141        | 82,154          | 182,360        | 47,292          | 603,927         | 19,210,491        |
| Federal      | 11,983              | 7,104             | 2,094        | 189,803         | 33,884         | 96,814          | 178,161        | 544             | 725             | 31,563,250        |
| <b>Total</b> | <b>142,090</b>      | <b>46,910</b>     | <b>5,779</b> | <b>199,143</b>  | <b>737,025</b> | <b>178,968</b>  | <b>360,521</b> | <b>47,836</b>   | <b>604,652</b>  | <b>50,773,741</b> |

De acuerdo con los datos presentados en la cuadro anterior las fuentes de jurisdicción local emiten 92% de las partículas PM<sub>10</sub>, 85% de las partículas PM<sub>2.5</sub>, 64% del carbono negro, 5% del SO<sub>2</sub>, 95% del CO, 46% de los NO<sub>x</sub>, 51% de los COV, 99% del NH<sub>3</sub>, 99% del metano y 38% del CO<sub>2</sub>, por lo que corresponde a las fuentes de jurisdicción federal es importante mencionar que estas fuentes son responsables de las emisiones mayores de SO<sub>2</sub> con un 95%, 54% de los NO<sub>x</sub> y un 62% del CO<sub>2</sub>.

### 3.5. INVENTARIO DE EMISIONES POR CUENCAS ATMOSFÉRICAS

Para definir medidas de reducción de emisiones específicas para cada una de las diferentes regiones en que se dividió el Estado, se elaboró un inventario para cada una de las nueve cuencas atmosféricas que se ubican en el Estado de Veracruz, para ello se tomaron en cuenta las emisiones generadas dentro de los municipios que integran cada cuenca.

Cuadro 3.3. Emisiones de contaminantes criterio y de GEI del estado de Veracruz, año base 2012.

| Cuenca                               | Emisión [ton/año] |                   |              |                 |                |                 |                |                 |                 |                   |
|--------------------------------------|-------------------|-------------------|--------------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|-------------------|
|                                      | PM <sub>10</sub>  | PM <sub>2.5</sub> | CN           | SO <sub>2</sub> | CO             | NO <sub>x</sub> | COV's          | NH <sub>3</sub> | CH <sub>4</sub> | CO <sub>2</sub>   |
| Coatzacoalcos, Minatitlán y Acayucan | 12,026            | 3,028             | 359          | 14,953          | 86,903         | 24,485          | 54,452         | 5,954           | 135,841         | 12,899,152        |
| Tuxpan                               | 8,387             | 5,370             | 1,535        | 142,587         | 15,937         | 17,097          | 3,595          | 806             | 4,057           | 11,954,453        |
| Córdoba y Orizaba                    | 15,031            | 4,793             | 619          | 13,440          | 81,335         | 21,026          | 24,066         | 2,781           | 29,525          | 4,472,482         |
| Veracruz                             | 13,627            | 4,518             | 506          | 503             | 84,477         | 16,782          | 22,358         | 2,628           | 28,242          | 4,785,360         |
| Xalapa-Enriquez                      | 8,013             | 1,945             | 274          | 1,067           | 72,586         | 10,950          | 17,079         | 1,704           | 15,771          | 1,625,415         |
| Poza Rica de Hidalgo, Papantla       | 5,568             | 1,198             | 163          | 969             | 46,705         | 8,597           | 14,078         | 1,634           | 13,661          | 1,129,507         |
| Pánuco                               | 5,762             | 1,917             | 46           | 1,202           | 27,962         | 6,593           | 6,941          | 2,568           | 19,714          | 987,668           |
| Martínez de la Torre                 | 5,951             | 2,002             | 128          | 520             | 24,192         | 3,867           | 8,040          | 1,302           | 16,026          | 766,709           |
| San Andrés Tuxtla                    | 2,937             | 566               | 44           | 45              | 14,560         | 3,329           | 6,266          | 1,513           | 10,307          | 294,246           |
| <b>Total</b>                         | <b>77,301</b>     | <b>25,336</b>     | <b>3,675</b> | <b>175,287</b>  | <b>454,657</b> | <b>112,725</b>  | <b>156,874</b> | <b>20,890</b>   | <b>273,144</b>  | <b>38,914,992</b> |

En el cuadro 3.3 se observa que, en el estado de Veracruz, la mayor parte de las emisiones se generan en cuatro cuencas: Coatzacoalcos-Minatitlán-Acayucan, Tuxpan, Córdoba-Orizaba y Veracruz. Por lo que en estas cuencas se deberán de concentrar los esfuerzos para prevenir y disminuir las emisiones.

### 3.6. PROYECCIONES

#### *Proyecciones del Inventario al 2020 y al 2030*

Con la finalidad de fortalecer el diseño de programas y políticas para la reducción de emisiones, se proyectó el inventario de emisiones contaminantes y de efecto invernadero del año 2012 a los años 2020 y 2030; es importante mencionar que para la estimación de las proyecciones se tomó en cuenta las prospectivas energéticas donde se considera una disminución del consumo de combustóleo en el sector industrial y una distribución de gasolina y diesel vehicular con ultra bajo contenido de azufre, con lo cual se reduce el potencial de emisiones esperado, e incluso como se aprecia en el Cuadro 3.4, hay una baja al 2020 en las emisiones de partículas PM<sub>2.5</sub>, carbono negro y bióxido de azufre, e incluso este último contaminante sigue bajando al año 2030.

Cuadro 3.4. Inventario de Emisiones del Estado de Veracruz de los años 2012, 2020 y 2030

| Año                  | Emisión [ton/año] |                   |       |                 |         |                 |         |                 |                 |                 |
|----------------------|-------------------|-------------------|-------|-----------------|---------|-----------------|---------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                      | PM <sub>10</sub>  | PM <sub>2.5</sub> | CN    | SO <sub>2</sub> | CO      | NO <sub>x</sub> | COV's   | NH <sub>3</sub> | CH <sub>4</sub> | CO <sub>2</sub> |
| 2012                 | 142,090           | 46,910            | 5,779 | 199,143         | 737,025 | 178,968         | 360,521 | 47,836          | 604,652         | 50,773,741      |
| 2020                 | 147,120           | 47,572            | 4,962 | 194,148         | 842,865 | 194,873         | 385,410 | 48,756          | 630,561         | 52,472,569      |
| 2030                 | 153,369           | 49,558            | 5,806 | 191,183         | 928,776 | 210,678         | 404,941 | 50,536          | 637,073         | 54,430,819      |
| Reducción Porcentual |                   |                   |       |                 |         |                 |         |                 |                 |                 |
| 2012-2020            | 4%                | 1%                | -14%  | -3%             | 14%     | 9%              | 7%      | 2%              | 4%              | 3%              |
| 2012-2030            | 8%                | 6%                | 0.5%  | -4%             | 26%     | 18%             | 12%     | 6%              | 5%              | 7%              |

En el anterior cuadro podemos observar que las emisiones que más aumentan del año 2012 al año 2020 son, el monóxido de carbono con el 14%, los óxidos de nitrógeno con el 9% y los compuestos orgánicos volátiles con el 7%. Las partículas aumentarán en un 4% las PM<sub>10</sub> y en un 1% las PM<sub>2.5</sub>. De los gases de efecto invernadero estos aumentarán en un 4% el metano y en un 3% el bióxido de carbono. Es importante resaltar la disminución del 14% del carbono negro debido principalmente a la disminución del consumo de combustóleo y al uso de combustibles vehiculares de ultra bajo contenido de azufre.

También podemos observar que las emisiones que más aumentan del año 2012 al año 2030 siguen siendo, el monóxido de carbono con el 26%, los óxidos de nitrógeno con el 18% y los compuestos orgánicos volátiles con el 12%. Las partículas aumentarán en un 8% las PM<sub>10</sub>, en un 6% las PM<sub>2.5</sub> y el carbono negro aumentará ligeramente el 0.5%. De los gases de efecto invernadero, estos aumentarán en un 5% el metano y en un 7% el bióxido de carbono.

En los cuadros 3.5 y 3.6 se presentan las emisiones desagregadas proyectadas a los años 2020 y 2030.

Cuadro 3.5. Proyección de las Emisiones del estado de Veracruz al 2020

| Subsector                                                    | Emisión [ton/año] |                   |              |                 |                |                 |                |                 |                 |                   |
|--------------------------------------------------------------|-------------------|-------------------|--------------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|-------------------|
|                                                              | PM <sub>10</sub>  | PM <sub>2.5</sub> | CN           | SO <sub>2</sub> | CO             | NO <sub>x</sub> | COV's          | NH <sub>3</sub> | CH <sub>4</sub> | CO <sub>2</sub>   |
| <b>Fuentes fijas</b>                                         | <b>50,102</b>     | <b>28,657</b>     | <b>3,346</b> | <b>183,100</b>  | <b>11,451</b>  | <b>27,848</b>   | <b>34,643</b>  | <b>529</b>      | <b>2,021</b>    | <b>34,290,714</b> |
| Generación de energía eléctrica                              | 6,443             | 4,809             | 1,409        | 132,202         | 5,700          | 15,439          | 486            | 346             | 180             | 12,956,153        |
| Industria alimentaria                                        | 39,566            | 22,605            | 1,836        | 4,659           | 131            | 4,371           | 13             | 9               | 1,505           | 5,349,709         |
| Industria de las bebidas y el tabaco                         | 18                | 13                | 0            | 278             | 37             | 66              | 3              | 2               | 1               | 71,064            |
| Industrias del papel                                         | 366               | 329               | 28           | 2,830           | 1,836          | 383             | 553            | 8               | 224             | 321,855           |
| Fabricación de productos derivados del petróleo y del carbón | 918               | 735               | 59           | 14,402          | 2,998          | 4,606           | 211            | 132             | 86              | 11,270,818        |
| Industria química                                            | 61                | 56                | 7            | 1,610           | 336            | 527             | 32,809         | 16              | 10              | 634,290           |
| Fabricación de productos a base de minerales no metálicos    | 2,651             | 82                | 1            | 27,091          | 76             | 2,072           | 86             | 2               | 5               | 3,170,466         |
| Industria metal básica                                       | 77                | 28                | 6            | 8               | 332            | 373             | 481            | 12              | 9               | 503,056           |
| Industria del papel                                          | 0.20              | 0.15              | N/S          | 6               | 2              | 4               | 0.16           | N/S             | N/S             | 4,029             |
| Otras industrias manufactureras                              | 0.41              | 0.30              | N/S          | 14              | 4              | 7               | 0.19           | 1               | 0.3             | 9,273             |
| <b>Fuentes de área</b>                                       | <b>95,966</b>     | <b>18,147</b>     | <b>1,222</b> | <b>9,834</b>    | <b>313,504</b> | <b>23,043</b>   | <b>149,623</b> | <b>46,650</b>   | <b>628,540</b>  | <b>8,519,937</b>  |
| Recubrimiento de superficies arquitectónicas                 | N/A               | N/A               | N/A          | N/A             | N/A            | N/A             | 12,785         | N/A             | N/A             | N/A               |
| Limpieza de superficie industrial                            | N/A               | N/A               | N/A          | N/A             | N/A            | N/A             | 8,978          | N/A             | N/A             | N/A               |
| Lavado en seco                                               | N/A               | N/A               | N/A          | N/A             | N/A            | N/A             | 4,997          | N/A             | N/A             | N/A               |
| Productos de cuidado personal                                | N/A               | N/A               | N/A          | N/A             | N/A            | N/A             | 8,745          | N/A             | N/A             | N/A               |
| Productos para el cuidado automotriz                         | N/A               | N/A               | N/A          | N/A             | N/A            | N/A             | 5,080          | N/A             | N/A             | N/A               |
| Plaguicidas domésticos                                       | N/A               | N/A               | N/A          | N/A             | N/A            | N/A             | 6,746          | N/A             | N/A             | N/A               |
| Combustión habitacional                                      | 30,270            | 9,925             | 889          | 397             | 228,466        | 3,673           | 52,401         | N/S             | 19,430          | 4,273,445         |
| Operación de aeronaves                                       | 1                 | 1                 | 1            | N/S             | 622            | 401             | N/E            | N/E             | 178             | 493,797           |
| Embarcaciones marítimas comerciales                          | 285               | 142               | 84           | 7,601           | 2,850          | 7,601           | 1,431          | N/E             | 33              | 625,493           |
| Quemas controladas                                           | 3,830             | 511               | 31           | 1,827           | 78,134         | 7,703           | 3,178          | N/E             | 3,871           | 2,167,397         |
| Fugas en instalaciones de gas L.P.                           | N/A               | N/A               | N/A          | N/A             | N/A            | N/A             | 12,940         | N/A             | N/S             | N/A               |
| HNQ en la combustión de gas L.P.                             | N/A               | N/A               | N/A          | N/A             | N/A            | N/A             | 10,262         | N/A             | N/S             | N/A               |
| Relenos sanitarios                                           | N/A               | N/A               | N/E          | N/A             | N/A            | N/A             | 844            | N/E             | 98,745          | 270,934           |
| Tratamiento de aguas residuales                              | N/A               | N/A               | N/E          | N/A             | N/A            | N/A             | 6,607          | N/E             | 338,888         | N/A               |
| Caminos pavimentados                                         | 1,178             | 280               | 8            | N/A             | N/A            | N/A             | N/A            | N/A             | N/A             | N/A               |
| Caminos sin pavimentar                                       | 49,422            | 4,940             | 94           | N/A             | N/A            | N/A             | N/A            | N/A             | N/A             | N/A               |
| Labranza y cosecha agrícola                                  | 7,974             | 1,770             | 11           | N/A             | N/A            | N/A             | N/A            | N/A             | N/A             | N/A               |
| Panaderías                                                   | N/A               | N/A               | N/A          | N/A             | N/A            | N/A             | 2,098          | N/A             | N/A             | N/A               |
| Emisiones domésticas de amoníaco                             | N/A               | N/A               | N/A          | N/A             | N/A            | N/A             | N/A            | 14,089          | N/A             | N/A               |
| Emisiones ganaderas de amoníaco                              | N/A               | N/A               | N/A          | N/A             | N/A            | N/A             | N/A            | 29,603          | N/A             | N/A               |
| Fermentación entérica                                        | N/A               | N/A               | N/A          | N/A             | N/A            | N/A             | N/A            | N/A             | 163,900         | N/A               |
| Otras fuentes de área                                        | 3,006             | 578               | 104          | 9               | 3,432          | 3,665           | 12,531         | 2,958           | 3,495           | 688,871           |
| <b>Fuentes móviles</b>                                       | <b>1,052</b>      | <b>768</b>        | <b>394</b>   | <b>1,214</b>    | <b>517,910</b> | <b>105,941</b>  | <b>59,518</b>  | <b>1,577</b>    | <b>N/E</b>      | <b>9,661,918</b>  |
| Autos particulares                                           | 273               | 144               | 40           | 684             | 371,424        | 52,555          | 36,307         | 961             | N/E             | 3,009,619         |
| Taxis                                                        | 37                | 20                | 5            | 112             | 25,354         | 3,168           | 2,001          | 168             | N/E             | 595,563           |
| Vagonetas de pasajeros                                       | 4                 | 2                 | 1            | 15              | 4,860          | 484             | 446            | 18              | N/E             | 80,315            |
| Medibuses                                                    | 29                | 62                | 17           | 1               | 698            | 2,483           | 533            | 5               | N/E             | 154,295           |
| Autobuses                                                    | 81                | 65                | 41           | 9               | 3,574          | 8,079           | 883            | 11              | N/E             | 933,113           |
| Camionetas Pick up                                           | 57                | 31                | 31           | 197             | 52,318         | 5,016           | 9,228          | 160             | N/E             | 1,012,935         |
| Vehículos de carga de hasta 3 ton                            | 37                | 21                | 6            | 129             | 28,569         | 3,043           | 3,948          | 184             | N/E             | 731,355           |
| Vehículos de carga de más de 3 ton                           | 217               | 174               | 106          | 22              | 5,421          | 8,367           | 1,229          | 28              | N/E             | 1,016,054         |
| Tractocamiones                                               | 286               | 230               | 144          | 19              | 9,367          | 22,135          | 2,109          | 34              | N/E             | 2,022,696         |
| Motocicletas                                                 | 30                | 17                | 3            | 26              | 16,325         | 610             | 2,835          | 9               | N/E             | 105,971           |
| <b>Fuentes naturales</b>                                     | <b>N/A</b>        | <b>N/A</b>        | <b>N/A</b>   | <b>N/A</b>      | <b>N/A</b>     | <b>38,041</b>   | <b>141,626</b> | <b>N/A</b>      | <b>N/A</b>      | <b>N/A</b>        |
| vegetación                                                   | N/A               | N/A               | N/A          | N/A             | N/A            | 38,041          | 141,626        | N/A             | N/A             | N/A               |
| <b>Total</b>                                                 | <b>147,120</b>    | <b>47,572</b>     | <b>4,962</b> | <b>194,148</b>  | <b>842,865</b> | <b>194,873</b>  | <b>385,410</b> | <b>48,756</b>   | <b>630,561</b>  | <b>52,472,569</b> |

Cuadro 3.6. Proyección de las Emisiones del estado de Veracruz al 2030

| Subsector                                                    | Emisión [ton/año] |                   |              |                 |                |                 |                |                 |                 |                   |
|--------------------------------------------------------------|-------------------|-------------------|--------------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|-------------------|
|                                                              | PM <sub>10</sub>  | PM <sub>2.5</sub> | CN           | SO <sub>2</sub> | CO             | NO <sub>x</sub> | COV's          | NH <sub>3</sub> | CH <sub>4</sub> | CO <sub>2</sub>   |
| <b>Fuentes fijas</b>                                         | <b>51,012</b>     | <b>28,992</b>     | <b>3,317</b> | <b>179,052</b>  | <b>11,746</b>  | <b>28,042</b>   | <b>35,579</b>  | <b>534</b>      | <b>2,059</b>    | <b>35,130,656</b> |
| Generación de energía eléctrica                              | 6,126             | 4,582             | 1,336        | 124,936         | 5,798          | 15,081          | 486            | 343             | 177             | 12,911,328        |
| Industria alimentaria                                        | 40,482            | 23,128            | 1,877        | 4,767           | 134            | 4,472           | 14             | 9               | 1,541           | 5,473,701         |
| Industria de las bebidas y el tabaco                         | 22                | 15                | 1            | 330             | 43             | 79              | 3              | 2               | 2               | 84,363            |
| Industrias del papel                                         | 366               | 329               | 28           | 2,830           | 1,836          | 383             | 553            | 8               | 224             | 321,855           |
| Fabricación de productos derivados del petróleo y del carbón | 939               | 753               | 60           | 14,743          | 3,069          | 4,715           | 216            | 136             | 88              | 11,537,209        |
| Industria química                                            | 62                | 58                | 7            | 1,648           | 344            | 539             | 33,585         | 17              | 10              | 649,281           |
| Fabricación de productos a base de minerales no metálicos    | 2,913             | 90                | 1            | 29,766          | 84             | 2,276           | 94             | 2               | 5               | 3,483,492         |
| Industria metal básica                                       | 101               | 35                | 8            | 11              | 431            | 485             | 627            | 14              | 12              | 654,757           |
| Industria del papel                                          | 0.26              | 0.19              | N/S          | 7               | 2              | 5               | 0.20           | N/S             | N/S             | 5,244             |
| Otras industrias manufactureras                              | 0.41              | 0.30              | N/S          | 14              | 4              | 7               | 0.19           | 1               | 0               | 9,424             |
| <b>Fuentes de área</b>                                       | <b>100,417</b>    | <b>18,990</b>     | <b>1,282</b> | <b>10,049</b>   | <b>326,795</b> | <b>23,946</b>   | <b>157,941</b> | <b>47,417</b>   | <b>635,014</b>  | <b>8,846,474</b>  |
| Recubrimiento de superficies arquitectónicas                 | N/A               | N/A               | N/A          | N/A             | N/A            | N/A             | 13,480         | N/A             | N/A             | N/A               |
| Limpieza de superficie industrial                            | N/A               | N/A               | N/A          | N/A             | N/A            | N/A             | 9,467          | N/A             | N/A             | N/A               |
| Lavado en seco                                               | N/A               | N/A               | N/A          | N/A             | N/A            | N/A             | 5,269          | N/A             | N/A             | N/A               |
| Productos de cuidado personal                                | N/A               | N/A               | N/A          | N/A             | N/A            | N/A             | 9,221          | N/A             | N/A             | N/A               |
| Productos para el cuidado automotriz                         | N/A               | N/A               | N/A          | N/A             | N/A            | N/A             | 5,357          | N/A             | N/A             | N/A               |
| Plaguicidas domésticos                                       | N/A               | N/A               | N/A          | N/A             | N/A            | N/A             | 7,113          | N/A             | N/A             | N/A               |
| Combustión habitacional                                      | 31,918            | 10,465            | 938          | 419             | 240,899        | 3,873           | 55,252         | N/S             | 20,487          | 4,506,005         |
| Operación de aeronaves                                       | 1                 | 1                 | 1            | N/S             | 656            | 423             | N/S            | N/E             | 188             | 520,669           |
| Embarcaciones marítimas comerciales                          | 291               | 146               | 86           | 7,780           | 2,917          | 8,023           | 1,465          | N/E             | 34              | 629,863           |
| Quemas controladas                                           | 3,859             | 515               | 31           | 1,841           | 78,739         | 7,763           | 3,203          | N/E             | 3,901           | 2,184,176         |
| Fugas en instalaciones de gas L.P.                           | N/A               | N/A               | N/A          | N/A             | N/A            | N/A             | 13,644         | N/A             | N/S             | N/A               |
| HNQ en la combustión de gas L.P.                             | N/A               | N/A               | N/A          | N/A             | N/A            | N/A             | 10,820         | N/A             | N/S             | N/A               |
| Rellenos sanitarios                                          | N/A               | N/A               | N/E          | N/A             | N/A            | N/A             | 890            | N/E             | 104,119         | 285,678           |
| Tratamiento de aguas residuales                              | N/A               | N/A               | N/E          | N/A             | N/A            | N/A             | 6,968          | N/E             | 338,888         | N/A               |
| Caminos pavimentados                                         | 1,243             | 295               | 8            | N/A             | N/A            | N/A             | N/A            | N/A             | N/A             | N/A               |
| Caminos sin pavimentar                                       | 52,111            | 5,208             | 99           | N/A             | N/A            | N/A             | N/A            | N/A             | N/A             | N/A               |
| Labranza y cosecha agrícola                                  | 7,974             | 1,770             | 11           | N/A             | N/A            | N/A             | N/A            | N/A             | N/A             | N/A               |
| Panaderías                                                   | N/A               | N/A               | N/A          | N/A             | N/A            | N/A             | 2,212          | N/A             | N/A             | N/A               |
| Emisiones domésticas de amoníaco                             | N/A               | N/A               | N/A          | N/A             | N/A            | N/A             | N/A            | 14,856          | N/A             | N/A               |
| Emisiones ganaderas de amoníaco                              | N/A               | N/A               | N/A          | N/A             | N/A            | N/A             | N/A            | 29,603          | N/A             | N/A               |
| Fermentación entérica                                        | N/A               | N/A               | N/A          | N/A             | N/A            | N/A             | N/A            | N/A             | 163,900         | N/A               |
| Otras fuentes de área                                        | 3,019             | 590               | 108          | 9               | 3,584          | 3,864           | 13,580         | 2,958           | 3,497           | 720,083           |
| <b>Fuentes móviles</b>                                       | <b>1,941</b>      | <b>1,576</b>      | <b>1,207</b> | <b>2,082</b>    | <b>590,235</b> | <b>120,649</b>  | <b>69,795</b>  | <b>2,585</b>    | <b>N/S</b>      | <b>10,453,689</b> |
| Autos particulares                                           | 298               | 157               | 43           | 690             | 405,018        | 57,846          | 39,888         | 1,038           | N/E             | 2,750,184         |
| Taxis                                                        | 47                | 25                | 7            | 142             | 32,238         | 4,029           | 2,544          | 214             | N/E             | 757,001           |
| Vagonetas de pasajeros                                       | 5                 | 3                 | 1            | 20              | 6,179          | 615             | 567            | 23              | N/E             | 102,279           |
| Medibuses                                                    | 43                | 35                | 22           | 2               | 884            | 3,149           | 676            | 6               | N/E             | 195,828           |
| Autobuses                                                    | 102               | 82                | 51           | 11              | 4,529          | 10,268          | 1,119          | 14              | N/E             | 1,184,407         |
| Camionetas Pick up                                           | 72                | 39                | 39           | 200             | 66,574         | 6,383           | 11,736         | 203             | N/E             | 1,038,988         |
| Vehículos de carga de hasta 3 ton                            | 45                | 24                | 6            | 165             | 36,337         | 3,871           | 5,020          | 233             | N/E             | 939,558           |
| Vehículos de carga de más de 3 ton                           | 870               | 837               | 788          | 726             | 5,487          | 7,487           | 1,737          | 731             | N/E             | 836,977           |
| Tractocamiones                                               | 402               | 333               | 227          | 74              | 11,679         | 26,217          | 2,672          | 93              | N/E             | 2,517,400         |
| Motocicletas                                                 | 57                | 41                | 23           | 51              | 21,309         | 785             | 3,836          | 30              | N/E             | 131,068           |
| <b>Fuentes naturales</b>                                     | <b>N/A</b>        | <b>N/A</b>        | <b>N/A</b>   | <b>N/A</b>      | <b>N/A</b>     | <b>38,041</b>   | <b>141,626</b> | <b>N/A</b>      | <b>N/A</b>      | <b>N/A</b>        |
| Vegetación                                                   | N/A               | N/A               | N/A          | N/A             | N/A            | 38,041          | 141,626        | N/A             | N/A             | N/A               |
| <b>Total</b>                                                 | <b>153,369</b>    | <b>49,558</b>     | <b>5,806</b> | <b>191,183</b>  | <b>928,776</b> | <b>210,678</b>  | <b>404,941</b> | <b>50,536</b>   | <b>637,073</b>  | <b>54,430,819</b> |

### 3.7. CONCLUSIONES

Un análisis de los contaminantes por cada tipo de sector emisor, indica que las fuentes fijas son las mayores emisoras del SO<sub>2</sub> con un 97%, partículas PM<sub>2.5</sub> con un 59%, un 58% de carbono negro y el 66% de CO<sub>2</sub>; las fuentes de área son las responsables de las mayores emisiones de partículas PM<sub>10</sub> con un 64%, 96% del NH<sub>3</sub>, 39% de COV y casi el 100% de CH<sub>4</sub>; las fuentes móviles aportan el 58% de CO, y 51% de los NO<sub>x</sub>.

En resumen, de acuerdo con lo observado en el análisis de los datos aportados por el inventario de emisiones, se deben de hacer esfuerzos en reducir emisiones en la generación de energía eléctrica, la industria alimentaria y la de productos a base de minerales no metálicos, la combustión habitacional, las quemas agrícolas y reglamentar los programas para reducir las emisiones en las fuentes móviles sobre todo en los tractocamiones, vehículos de más de tres toneladas y autos particulares.

### 3.8. RECOMENDACIONES

Con el propósito de fortalecer la gestión de la calidad del aire en el estado de Veracruz, es necesario aumentar la precisión de los inventarios de emisiones, para esto se recomienda llevar a cabo al menos las siguientes actividades:

- Con fines de estimar sus emisiones contaminantes y de efecto invernadero, usar el sistema de captura y procesamiento de los vehículos registrados en la entidad.
- Realizar estudios de velocidad a la que circulan los vehículos en las diferentes regiones del Estado.
- Realizar estudios de la actividad vehicular (kilómetros al día y días que circulan al año) por tipo de vehículo en las diferentes regiones o ciudades más importantes de la entidad.
- Fortalecer la regulación ambiental para aumentar el cumplimiento ambiental de la industria.
- Automatizar con controles de calidad el manejo de la información procedente de la cédula de operación anual de las industrias de jurisdicción estatal y acordar con el Gobierno Federal la integración de la información de la industria de jurisdicción federal.
- Hacer estudios para precisar el consumo de leña en los hogares y para obtener factores de emisión por la quema de leña en los hogares.
- Realizar estudios para obtener factores de emisión por la quema de bagazo de caña en los ingenios y por las quemas controladas de los cultivos de caña.

## 4. IMPACTOS SOBRE LA SALUD Y EXTERNALIDADES

La contaminación del aire es el mayor riesgo ambiental a la salud humana de nuestros días. De acuerdo con la Organización Mundial de Salud (OMS), siete millones de personas murieron en el año 2012 como consecuencia de la contaminación del aire ambiente e intramuros (WHO, 2014). La cifra representa también un aumento frente a estimaciones anteriores evidenciando una problemática creciente en los últimos años.

Los siete millones de muertes atribuibles a la contaminación se dividen en 4.3 millones ocasionados por la contaminación intramuros (asociado al uso de biomasa para cocción de alimentos) y 3.7 millones por la contaminación del aire ambiente. Si bien problemática puede ser aún mayor, ya que no todas las ciudades realizan mediciones de monitoreo atmosférico, estas cifras dan un dimensionamiento de la problemática de contaminación del aire y envían un mensaje de urgencia para el desarrollo de acciones que permitan mejorar la calidad del aire, proteger a la población y mejorar su calidad de vida.

La relación entre la exposición a contaminantes atmosféricos y la aparición de efectos adversos en la salud se encuentra ampliamente documentada (Griffom, 2007; EPA, 2004; American Thoracic Society, 2003). Estos efectos incluyen entre otros el cáncer de pulmón, la enfermedad pulmonar obstructiva crónica, infartos cardiovasculares y respiratorios, la exacerbación del asma, el incremento en las tasas de incidencia de la infección respiratoria aguda y la ocurrencia de mortalidades en los grupos poblacionales más sensibles como los adultos mayores, niños menores de 5 años y población con preexistencia de enfermedades respiratorias (OMS, 2005). Estos efectos en la salud se ven reflejados también en un mayor uso de los servicios de asistencia hospitalaria (consultas, visitas a salas de emergencia y hospitalizaciones) por causas respiratorias y cardiovasculares, así como en la pérdida de productividad por incapacidades por enfermedad y días de actividad restringida.

Los impactos económicos de los efectos en salud de la contaminación del aire son enormes también. En los países de América Latina los costos de estos impactos se encuentran entre el 1.5% y el 3% del PIB, siendo esto un obstáculo para el desarrollo de las ciudades y sobre los sistemas de salud (World Bank, 2012; World Bank, 2013; AMVA - CAI, 2014). Otros costos no valorados como daños a los bosques, agricultura, biodiversidad, además del deterioro de materiales en construcciones y monumentos pueden acentuar aún más esta problemática.

Tanto la OMS como el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) han resaltado la contaminación del aire ambiental como una de las áreas focales estratégicas para combatir causas fundamentales de mortalidad y morbilidad a nivel mundial. Los daños causados por la contaminación del aire son evitables y sus múltiples beneficios superan a los costos de su abatimiento. El camino para mejorar la calidad del aire en las ciudades es claro y Veracruz no es la excepción. En este capítulo se hará una revisión de los indicadores de salud en el Estado, como base para la identificación de acciones para mejorar el conocimiento de los efectos a la salud atribuibles a la contaminación del aire.

## 4.1. IMPACTOS EN LA SALUD DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE EN EL ESTADO DE VERACRUZ

De acuerdo con información del CONHAPO, el estado de Veracruz reporta uno de los menores valores de esperanza de vida con respecto al promedio nacional y al resto del país (ver Figura 4.1). Veracruz ocupa el lugar 27 entre los 32 estados de México incluyendo al Distrito Federal. Si bien esto no puede relacionarse directamente a condiciones ambientales, permite dimensionar la importancia de la salud pública en Veracruz.

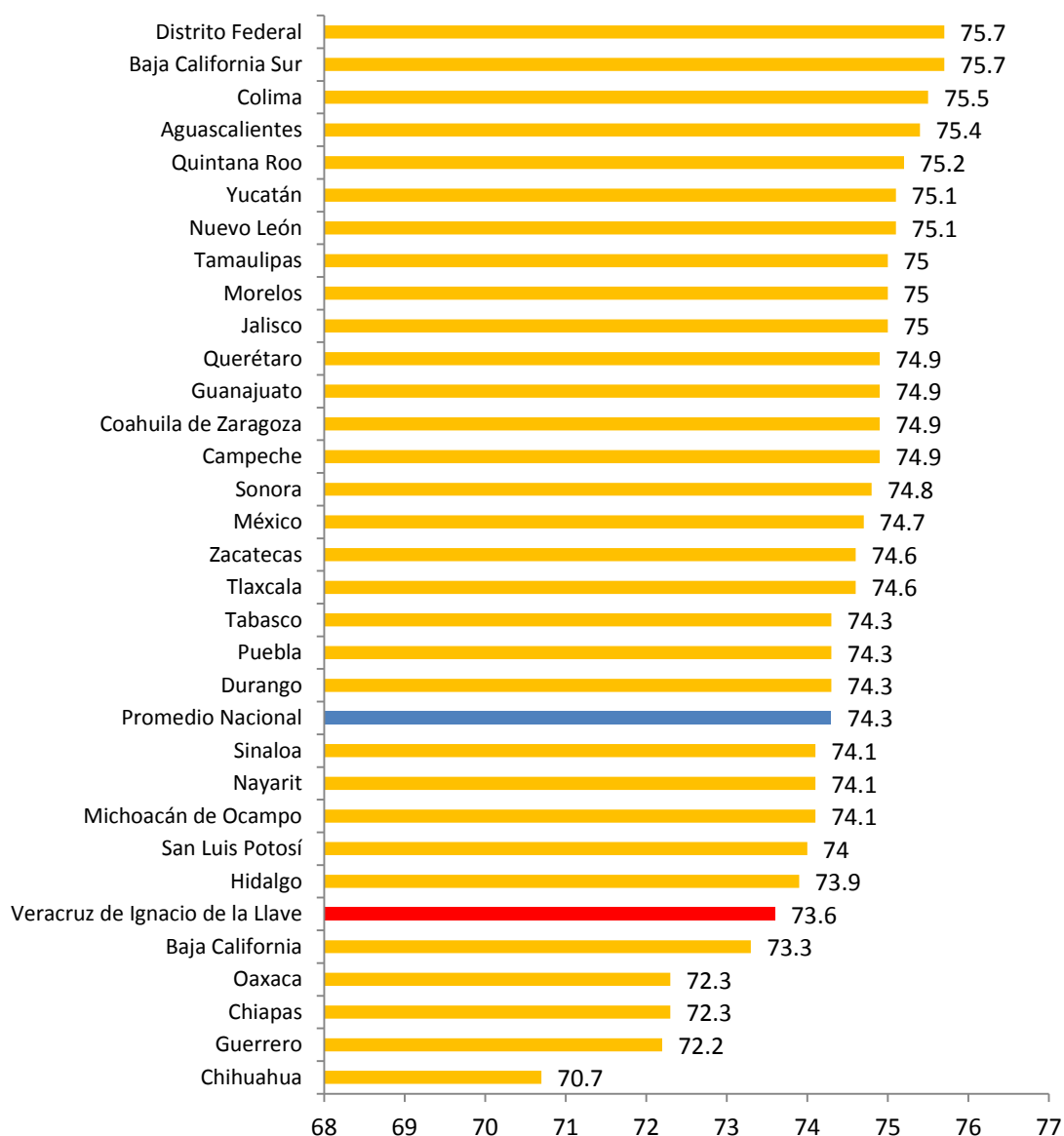


Figura 4.1. Esperanza de Vida al Nacer – año 2012

Fuente: Elaboración propia con base en Consejo Nacional de Población (CONAPO). Proyecciones de la población 2010-2050.

En la Figura 4.2, se muestran las tasas de incidencia de enfermedades respiratorias y cardiovasculares que se relacionan con la contaminación del aire. Si bien la aparición de estas enfermedades no puede relacionarse únicamente a condiciones ambientales, los datos permiten tener información para dimensionar la problemática en salud y poder evaluar su interrelación con la calidad del aire.

En relación a la morbilidad por causas respiratorias, de acuerdo con informes de la Secretaría de Salud, el estado de Veracruz presenta una tasa promedio de incidencia de infecciones respiratorias agudas de 17,318 casos por cada 100,000 habitantes. Esta tasa es menor que el promedio nacional de 22,846 casos por cada 100,000 habitantes (Secretaría de Salud, 2013). De manera similar, pero en menor proporción, ocurre con el asma y episodios asmáticos en los cuales el Estado tiene una tasa de incidencia de 229 casos por cada 100,000 habitantes frente al promedio nacional de 280 casos por cada 100,000 habitantes (Ibidem).

El análisis de la incidencia de enfermedades cardiovasculares muestra que, para el caso de las enfermedades isquémicas del corazón, el estado de Veracruz presenta una tasa de incidencia de 62.29 casos por cada 100,000 habitantes, ligeramente menor al promedio nacional de 69.89 casos (Secretaría de Salud, 2013). En relación con las enfermedades cerebrovasculares, el Estado presenta una tasa de incidencia promedio de 43.33 casos por 100,000 habitantes superando el promedio nacional de 33.93 (Ibidem.). En la Figura 4.2 se muestra el promedio del Estado frente a los promedios nacionales.

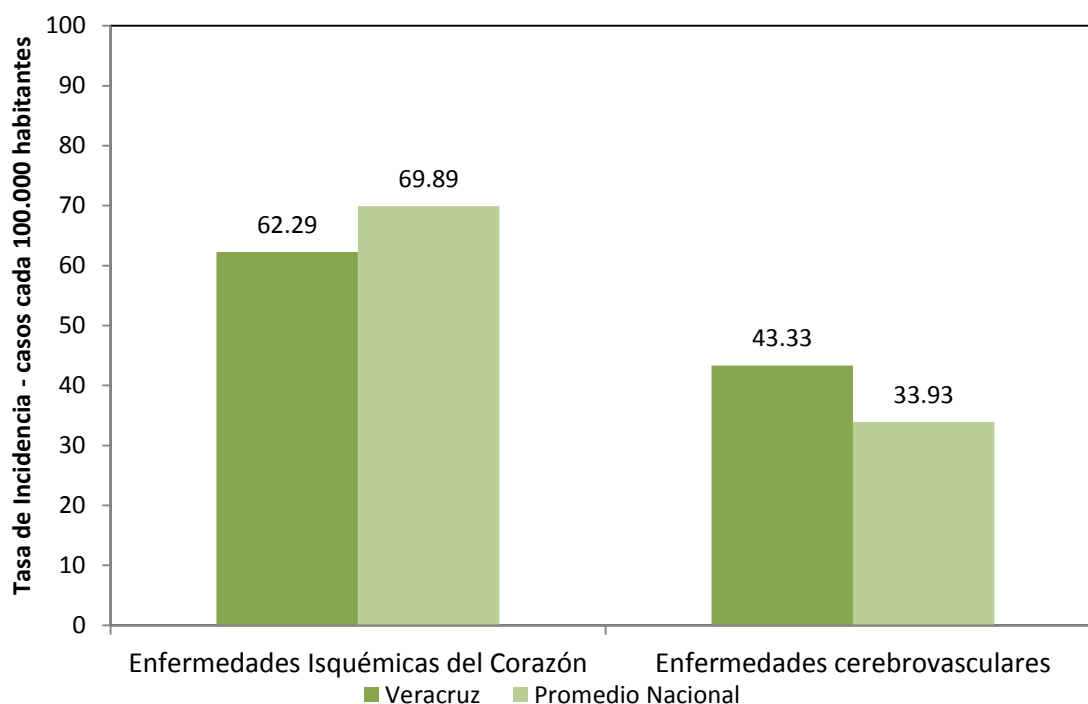


Figura 4.2. Tasa de incidencia enfermedades cardiovasculares – año 2012  
Fuente: Secretaría de Salud, 2013.

El estado de Veracruz tiene una tasa de incidencia menor que la del promedio nacional para la mayoría de las enfermedades relacionadas con la contaminación atmosférica. Sin embargo, el análisis a nivel municipal permite identificar problemáticas localizadas en algunos de los municipios del Estado. En las figuras 4.3 y 4.4 se presenta esta comparación para las tasas de incidencia de la infección respiratoria aguda, asma y episodios asmáticos.

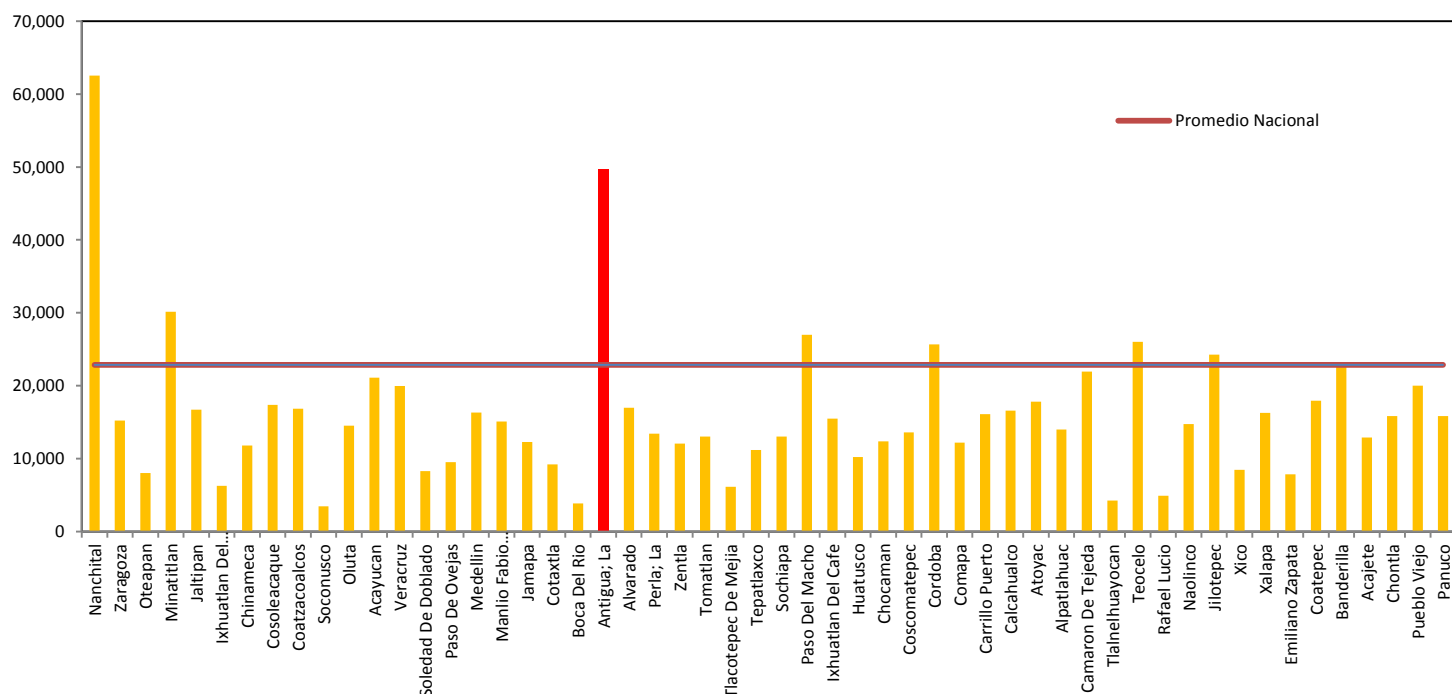


Figura 4.3. Tasa de Incidencia de Infección Respiratoria Aguda a Nivel Municipal – Año 2012. Casos por cada 100,000 habitantes

Fuente: Elaboración Propia con base en Anuario Estadístico de Morbilidad 2012. Datos de incidencias Municipales provistos por la Secretaría de Salud del Estado de Veracruz con base en SUIVE y CONAPO-

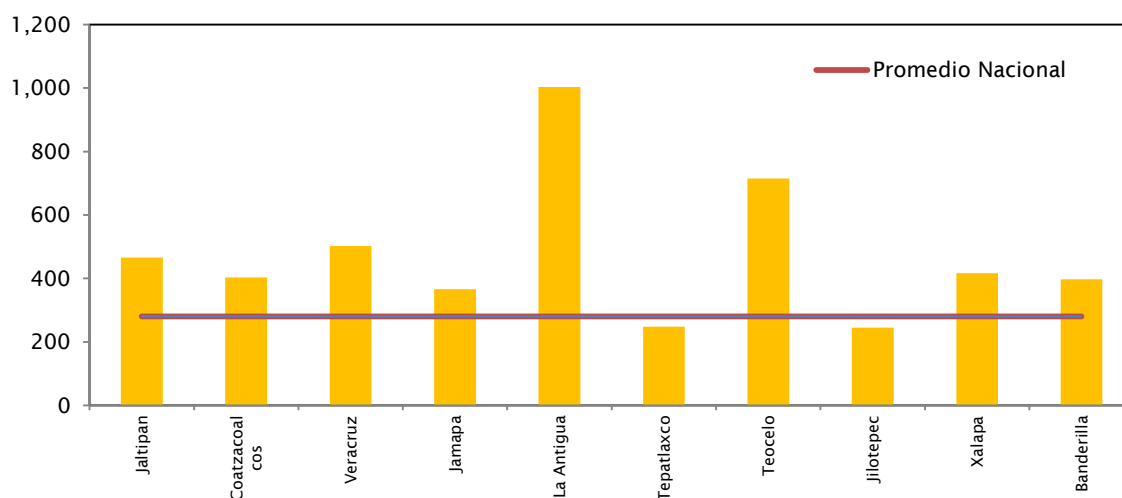


Figura 4.4. Tasa de Incidencia Asma y Estado Asmático a Nivel Municipal – Año 2012. Casos por cada 100,000 habitantes

Fuente: Elaboración Propia con base en Anuario Estadístico de Morbilidad 2012. Datos de incidencias para las 10 principales causas de morbilidad municipales provistos por la Secretaría de Salud del Estado de Veracruz con base en SUIVE y CONAPO.

El municipio de La Antigua supera el promedio nacional para la incidencia de infección respiratoria aguda, asma y estado asmático. Por su parte, el municipio de Teocelo rebasa en más del doble el promedio nacional de incidencia de asma y presenta una tasa de incidencia mayor que el promedio nacional para infecciones respiratorias agudas.

Una alta tasa de incidencia de una enfermedad es un indicador que implica un sentido de urgencia sobre una problemática de salud pública. Como valor de referencia se incluyen en el Cuadro 4.1 los municipios que presentan excedencias mayores al 30% frente a las tasas de incidencia nacionales de las enfermedades respiratorias analizadas, estos municipios pueden entenderse como con problemática prioritaria.

Cuadro 4.1. Municipios priorizados por enfermedades respiratorias.

| Infección Respiratoria Aguda       | Asma y Estado Asmático                                                              |
|------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Nanchital, La Antigua y Minatitlán | La Antigua, Teocelo, Veracruz, Jaltipan, Xalapa, Coatzacoalcos, Banderilla y Jamapa |

En las Figura 4.5 y 4.6 se incluye la información gráfica en forma de mapas de las tasas de incidencia para enfermedad respiratoria y prevalencia de Asma en el estado de Veracruz. La información se presenta para las cuencas con información consolidada. Para realizar un análisis más completo de la cuenca de Tampico se requiere también de información de los municipios de Tampico y Ciudad Madero del estado de Tamaulipas.

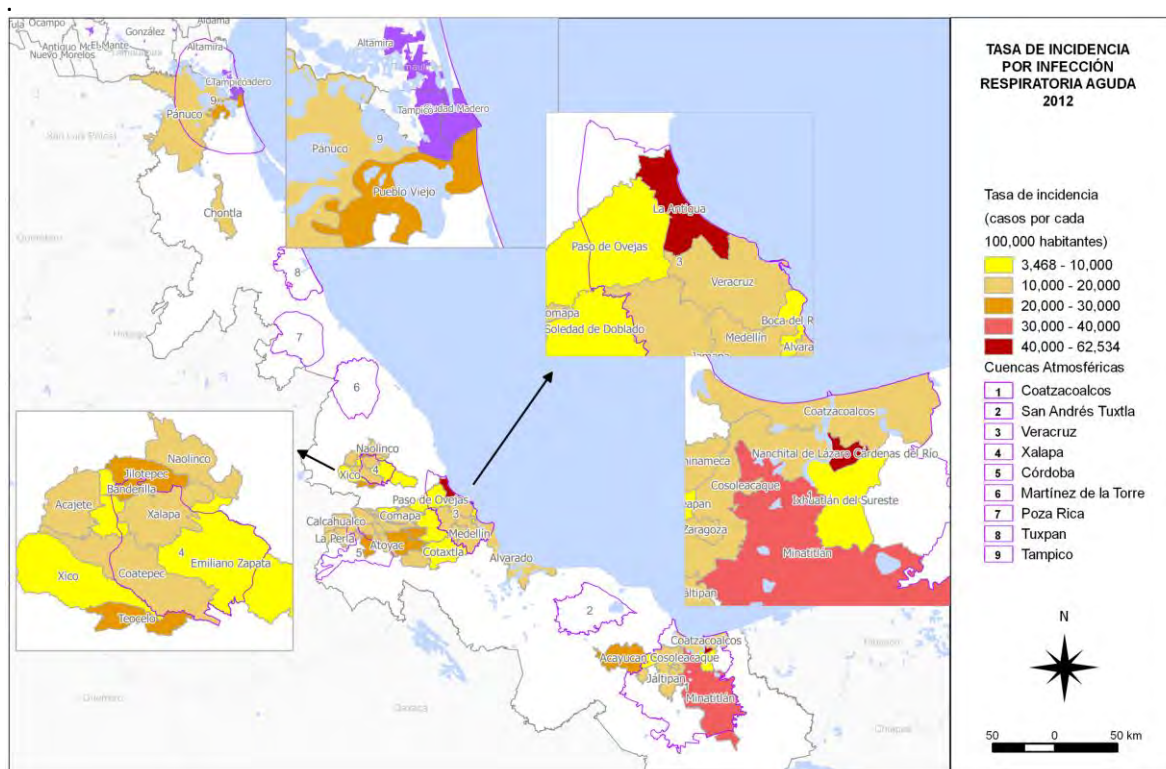


Figura 4.5. Mapa Tasa de Incidencia de Enfermedad Respiratoria Aguda a Nivel Municipal – Año 2012. Casos por cada 100,000 habitantes

Fuente: Elaboración Propia con base en datos de incidencias Municipales provistos por la Secretaría de Salud del Estado de Veracruz con base en SUIVE y CONAPO.

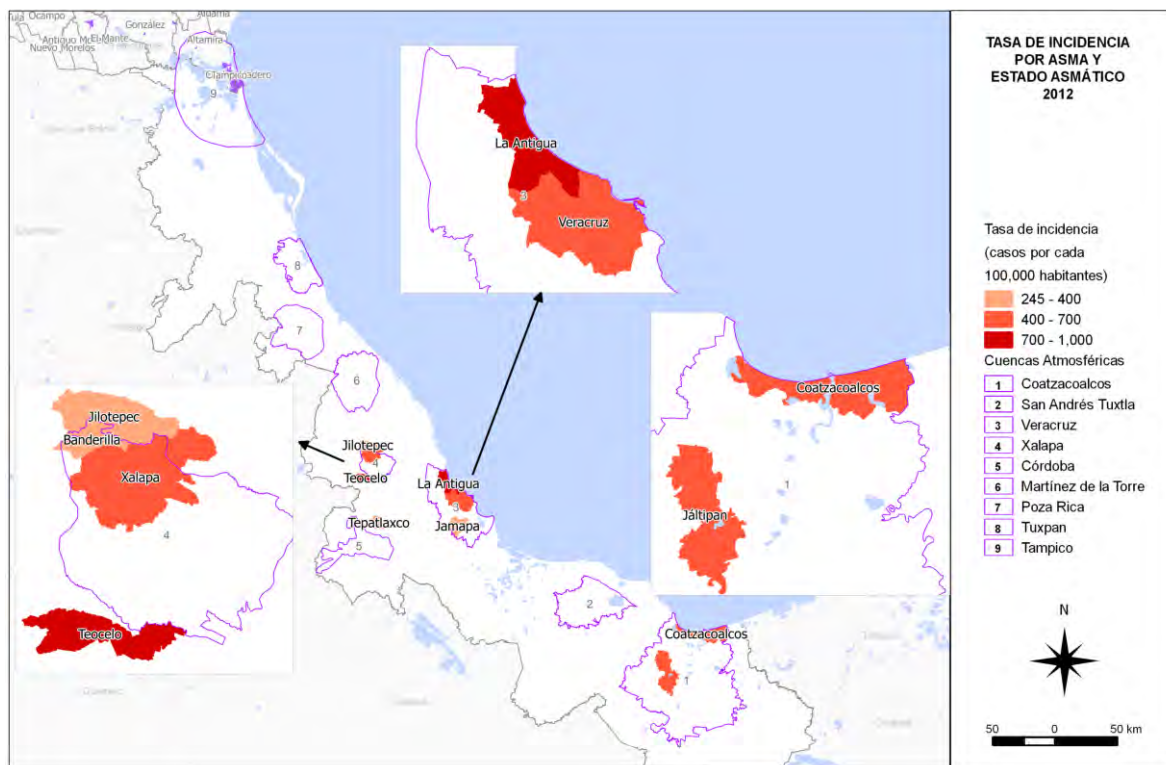


Figura 4.6. Mapa Tasa de Incidencia Asma y Estado Asmático a Nivel Municipal – Año 2012. Casos por cada 100,000 habitantes

Fuente: Elaboración Propia con base en datos de incidencias Municipales provistos por la Secretaría de Salud del Estado de Veracruz con base en SUIVE y CONAPO.

## 4.2. ACCIONES DE LA SECRETARÍA DE SALUD

Las acciones de salud ambiental del Gobierno del Estado de Veracruz son coordinadas desde el programa de Salud Ambiental de la Dirección de Protección contra Riesgos Sanitarios de la Secretaría de Salud. Actualmente el programa se encuentra en reestructuración definiendo su plan operacional y tiene funciones de respuesta frente a quejas por eventos de contaminación.

Veracruz constituyó en el año 2014 el Consejo Consultivo de Salud Ambiental<sup>7</sup> en el que participan las secretarías de Salud, Medio Ambiente y Educación y la Procuraduría del Estado, así como los delegados estatales de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y de la Procuraduría Federal de Protección de al Ambiente. El Consejo Consultivo tiene entre sus funciones el promover la coordinación institucional y el involucramiento de la población en los temas de calidad del aire, así como apoyar a las dependencias de gobierno en la atención de casos de emergencia o contingencia en salud ambiental.

<sup>7</sup> Ver <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Estatal/Veracruz/wo91645.pdf>

La problemática de calidad del aire también se aborda desde la perspectiva del cambio climático a través del Programa Especial de Cambio Climático en Salud<sup>8</sup> que tiene por objetivo establecer las líneas de acción para prevenir y mitigar los efectos a la salud ocasionados por alteraciones ambientales. El programa es liderado por la Dirección de Protección contra Riesgos Sanitarios y tiene entre sus objetivos la reducción de las emisiones de contaminantes climáticos de vida corta, dentro de los cuales se encuentra el carbono negro, con influencia en la calidad del aire.

### **4.3. ESTIMACIÓN DE IMPACTOS EN SALUD EN LOS MUNICIPIOS DE XALAPA Y MINATITLÁN**

La estimación de beneficios en salud y la valoración económica de los mismos es un elemento frecuente en los planes de gestión de la calidad del aire. Esta estimación permite conocer el impacto en salud y económico de la contaminación del aire y sirve como una herramienta para evaluar el beneficio de la implementación de medidas de control de la contaminación.

La evaluación de estos beneficios se encuentra dentro del marco metodológico de las Estrategias Ambientales Integradas - IES (EPA, 2004) y el Clean Air for Europe (2005) y ha sido utilizada entre otras por ciudades como Ciudad de México (Cesar, 2002); Barcelona (Pérez, 2009) y Bogotá (2010).

#### **4.3.1. Metodología de Evaluación**

El proceso salud-enfermedad es un proceso multicausal en el que diversos factores de riesgo interactúan para la aparición de una enfermedad. El estilo de vida, la edad, variables climáticas, condiciones genéticas y ambientales, incluida la contaminación atmosférica, son factores de riesgo para la aparición de efectos en salud. Por medio de un análisis multivariado considerando dichos factores de riesgo, estudios epidemiológicos han estimado el riesgo relativo de la aparición de efectos en la salud atribuible a la exposición a diferentes contaminantes atmosféricos.

Para el caso de la exposición al material particulado se ha determinado entre otros el riesgo relativo para la mortalidad por exposición crónica en mayores de 30 años (Pope et al, 2002), mortalidad en menores de 1 año en América Latina (Loomis, 1999), y admisiones hospitalarias por causas respiratorias y cardiovasculares (Gouveia et al, 2003; Le Tertre, 2002). En el cuadro 4.2 se indican los valores de riesgo relativo estimados por estos estudios, los valores de riesgo relativo se expresan en términos de variaciones en el factor de riesgo, en este caso una variación de 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en la concentración de  $\text{PM}_{2.5}$ .

---

<sup>8</sup> Ver <http://web.ssaver.gob.mx/riesgos-sanitarios/files/2015/06/4.-Estrategia-Cambio-climatico.pdf>

Cuadro 4.2. Riesgo Relativo (RR) para efectos en la salud asociados a un cambio de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en la concentración de  $\text{PM}_{2.5}$

| Efecto                                               | Edad en años | RR (IC 95%)          | Fuente                |
|------------------------------------------------------|--------------|----------------------|-----------------------|
| Mortalidad por todas las causas (exposición crónica) | $\geq 30$    | 1.06 (1.02-1.10)     | (Pope et al, 2002)    |
| Mortalidad Infantil (exposición aguda)               | $\leq 1$     | 1.07(1.02-1.11)      | (Loomis, 1999)        |
| Admisiones hospitalarias: causas respiratorias       | $\leq 5$     | 1.04 (1.008-1.05)    | (Gouveia et al, 2003) |
| Admisiones hospitalarias: causas cardiovasculares    | Todas        | 1.012 (1.006-1.0018) | (Le Terte, 2002)      |

Fuente: Elaboración propia basado en Pope et al (2002), Loomis (1999), Gouveia et al (2003) y Le Terte, (2002).

Los riesgos relativos se usan para el desarrollo de funciones concentración respuesta (FCR) que relacionan factores poblacionales, incidencia de enfermedades y concentraciones contaminantes para estimar el número de casos de morbilidad y mortalidad atribuibles a la contaminación, la Ecuación 1 presenta la forma básica de una FCR.

Ecuación 1 
$$H = FAP \cdot I_t \cdot \Delta C \cdot N$$

En dónde:

- H: Número de casos potencialmente evitados (para un efecto dado)
- FAP: Fracción atribuible poblacional; definida como el porcentaje de casos que pueden ser evitados en la población si se suprime el factor de riesgo. Se estima a partir del riesgo relativo.
- $I_t$ : Tasa de incidencia inicial del efecto en la población (línea base del efecto).
- $\Delta C$ : Cambio en la concentración del contaminante.
- N: Número de personas expuestas al factor de riesgo.

En la medida en que se conozca en mayor detalle las variables de la FCR se puede realizar una evaluación más completa y precisa del impacto de la contaminación.

El número de casos estimados puede expresarse también en términos económicos mediante técnicas de valoración como: 1) evaluación de los costos de enfermedad; 2) disponibilidad a pagar y 3) valor estadístico de la vida. Los dos primeros se usan para valorar la morbilidad y el tercero para la mortalidad.

Los costos de enfermedad hacen referencia a aquellos en los cuales se incurre por el padecimiento de una enfermedad, estos incluyen los costos de atención médica y la pérdida de productividad. La valoración de la disponibilidad a pagar (WTP por sus siglas en inglés) es un enfoque con amplia utilización en la toma de decisiones políticas que representa los valores cuantificados mediante costos de enfermedad más la valoración que los individuos hacen de la pérdida de bienestar que implica sufrir el efecto en la salud.

El valor estadístico de la vida (VSL por sus siglas en inglés) representa la WTP por la disminución del riesgo de muerte. Es decir, representa la cantidad de dinero que una persona está dispuesta a pagar por disminuir un factor de riesgo de muerte. Este valor no representa el valor de la vida sino el valor asociado a una reducción en el riesgo de muerte. En este caso entendido como la reducción de los niveles de concentración de material particulado.

#### 4.3.2. Carga de Mortalidad Atribuible a la Contaminación Atmosférica en Xalapa y Minatitlán.

Utilizando funciones concentración respuesta, se estimó la carga de mortalidad potencialmente atribuible a la exposición a material particulado para los municipios de Xalapa y Minatitlán. La selección de estos municipios y efecto en la salud corresponde a la existencia de información de calidad del aire y bases de datos de mortalidad consolidadas. Esta estimación representa por lo tanto una fase inicial de la evaluación que dimensiona el impacto en salud de la contaminación pero que debe ser extendida a la totalidad del estado y abarcar otros efectos en salud.

En el cuadro 4.3 se presenta la línea base de información para la evaluación de la mortalidad atribuible a la contaminación por PM<sub>2.5</sub> en los municipios objeto de estudio. Como riesgo relativo para la evaluación se usó el estimado en el estudio de la Sociedad Americana del Cáncer (ACS) (Pope et al., 2002), en mortalidad en adultos mayores de 30 años asociado a la exposición a PM<sub>2.5</sub><sup>9</sup>.

Cuadro 4.3. Línea base de información – mortalidad en mayores de 30 años. Municipios de Xalapa y Minatitlán. Año de referencia 2012

| Municipio  | Población<br>(≥30 años) | Defunciones <sup>a</sup><br>(≥30 años) | Tasa de Mortalidad x<br>1,000 hab<br>(≥30 años) |
|------------|-------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------------|
| Xalapa     | 230,385                 | 2,179                                  | 9.46                                            |
| Minatitlán | 77,746                  | 852                                    | 10.96                                           |

<sup>a</sup> excluye muertes por causas no naturales.

Fuente: Elaboración propia con datos de la Secretaría de Salud del Estado.

Para la estimación se usó el promedio anual de los promedios de 24 horas para el año 2013 obtenidos a partir de la información de las estaciones de monitoreo como es indicado en el capítulo 2 de este documento<sup>10</sup>. En el cuadro 4.4 se presentan los resultados de mortalidad atribuibles a las concentraciones de PM<sub>2.5</sub> en los municipios de Xalapa y Minatitlán.

<sup>9</sup> Riesgo relativo de mortalidad por todas las causas: 1.06 (1.02-1.11) (95% CI) por un cambio de 10µg/m<sup>3</sup> de PM<sub>2.5</sub> (Pope et al., 2002).

<sup>10</sup> Xalapa 23.4 µg/m<sup>3</sup>, Minatitlán 35.8 µg/m<sup>3</sup>. Cuadro 2.14.

Cuadro 4.4. Mortalidad atribuible a la contaminación atmosférica. Municipios de Xalapa - Minatitlán

| Municipio  | Edad     | Número de casos<br>( IC 95%) | % Atribuible      |
|------------|----------|------------------------------|-------------------|
| Xalapa     | ≥30 años | 164 (57 – 284)               | 7.5 (2.6 – 13.0)  |
| Minatitlán | ≥30 años | 119 (42 – 201)               | 14.0 (4.9 – 23.5) |

Fuente: Cálculos propios.

En total 283 muertes son potencialmente atribuibles a la contaminación del aire en estos dos municipios esto representa el 7.5% de las mortalidades en Xalapa y el 14% de las existentes en Minatitlán, el mayor valor en esta ciudad es atribuible a una mayor concentración de PM<sub>2.5</sub>. De acuerdo con el Global Burden of Disease del año 2012 se atribuyen cerca de 20,500 mortalidades a la contaminación del aire correspondientes al 8-10% de la carga de mortalidad.

Usando el valor estadístico de la vida de US\$ 449,264 estimado a partir del estudio *análisis costo-beneficio y costo-efectividad de las medidas de seguridad implementadas en carreteras mexicanas* (Rivera & Mendoza, 2009) se tiene que los costos de la contaminación ascienden a por lo menos US\$ 127.14 millones.

Esta información no incluye efectos en morbilidad ni en mortalidad infantil, pero manda un mensaje de urgencia sobre la necesidad de establecer acciones inmediatas sobre la calidad de aire en el estado de Veracruz. Un adecuado dimensionamiento de la problemática implica también el monitoreo o modelación de la calidad del aire en otros municipios ya que actualmente no es posible realizar estimaciones para municipios adicionales.

### 4.3.3. Modelo BENMAP

Para la evaluación de los efectos en salud de la calidad del aire, como parte de la preparación de ProAire Veracruz se usó la metodología de funciones concentración respuesta y el análisis de indicadores, así como su representación geográfica, tal como se indica en la sección 4.3.1. Para la sistematización de estos análisis se utilizó el software BENMAP (Environmental Benefits Mapping and Analysis Program) (Ver Figura 4.7) desarrollado por la USEPA.<sup>11</sup>

De manera similar a las estimaciones de este ProAire, el software utiliza funciones concentración respuesta e información económica para evaluar los impactos en salud de la contaminación del aire y de la implementación de políticas. Para su implementación se requiere información distribuida espacialmente acerca de los datos de calidad del aire, salud y población para el área de estudio. Esta información puede ser consolidada por las Secretarías de Salud y Medio Ambiente para la realización de evaluaciones posteriores.

<sup>11</sup> <http://www.epa.gov/air/benmap/>

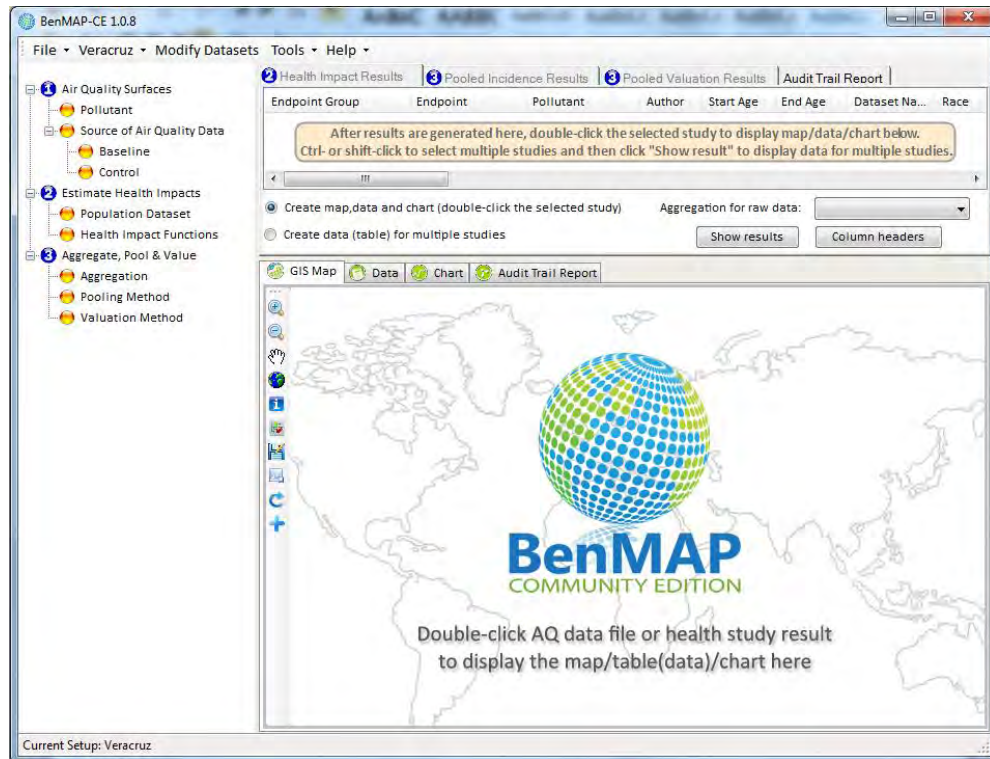


Figura 4.7. Mapa Software BENMAP. Pantalla de Inicio

## 5. COMUNICACIÓN PÚBLICA Y EDUCACIÓN AMBIENTAL EN MATERIA DE CALIDAD DEL AIRE

ProAire Veracruz es el principal instrumento de gestión para prevenir y controlar la contaminación del aire en el estado. El resultado de su buen ejercicio conlleva a mantener informada a la población sobre la calidad del aire, así como destacar la importancia que ésta tiene en cuanto a los posibles riesgos para la salud pública. Además de difundir una cultura de prevención, sus esfuerzos de comunicación orientan sobre las acciones que se deben llevar a cabo para mejorar la calidad del aire.

Este capítulo presenta dentro de esta premisa un diagnóstico sobre la situación actual de la comunicación pública y educación ambiental en torno a la calidad del aire en el Estado, sentando las bases para su fortalecimiento y articulación con las acciones del ProAire, permitiendo su buen desempeño y el involucramiento continuo del gobierno, industria, instituciones educativas y la ciudadanía, en todas sus fases.

### 5.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO ACTUAL DE LA COMUNICACIÓN PÚBLICA SOBRE LA CALIDAD DEL AIRE

#### 5.1.1. Portal Web

El principal canal de comunicación pública establecido para los temas de calidad del aire en el Estado de Veracruz es el portal web de la SEDEMA. En la página principal del portal<sup>12</sup> se encuentra una sección de noticias de la Entidad en donde se publica información ambiental de diversa índole, incluyendo los programas relacionados con la calidad del aire como el programa de verificación vehicular.

El portal web de la entidad cuenta con un apartado de calidad del aire<sup>13</sup> donde se brindan definiciones técnicas sobre el monitoreo de la calidad del aire, y se describen los componentes del Sistema de Monitoreo de la Calidad del Aire de Veracruz, el cual, actualmente, se conforma por las estaciones de Xalapa, Minatitlán y Poza Rica. Adicionalmente, el Estado adelanta el equipamiento y puesta en operación de una estación de monitoreo en Ixtaczoquitlán.

En dicho apartado, se difunde el Índice Veracruzano para la Calidad del Aire (IVCA) para cada uno de los contaminantes criterios: Ozono ( $O_3$ ), Óxidos de Nitrógeno ( $NO_2$ ), bióxido de azufre ( $SO_2$ ), Monóxido de Carbono (CO) y partículas suspendidas  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$ . Aunado a esta información, se presentan variables meteorológicas como la temperatura, dirección y velocidad del viento (ver Figura 5.1). En conjunto con los valores del IVCA para cada estación, se provee también de una escala de calificación del IVCA que permite conocer la condición de la calidad del aire en una escala de buena, regular, mala, muy mala y extremadamente mala (ver Figura 5.2). La información del

<sup>12</sup> Ver <http://www.veracruz.gob.mx/medioambiente/>

<sup>13</sup> <http://www.veracruz.gob.mx/medioambiente/servicio/calidadaire/>

IVCA se actualiza diariamente y se cuenta con enlaces a la información en tiempo real para consultar los datos de las estaciones de Xalapa<sup>14</sup> y Minatitlán<sup>15</sup>.

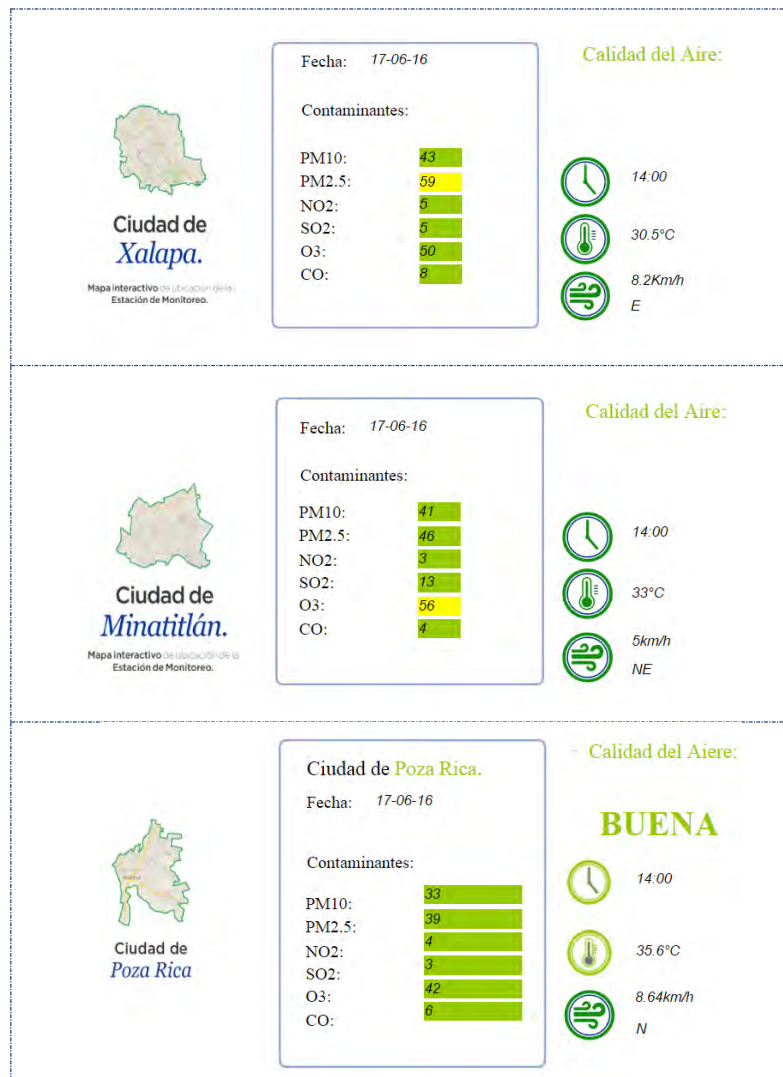


Figura 5.1 Reporte del Índice Veracruzano de Calidad del Aire en el sitio web SEDEMA Veracruz  
Fuente: Extracto del portal <http://www.veracruz.gob.mx/medioambiente/servicio/calidadaire/>  
Consultado en Junio 17 de 2015.

<sup>14</sup> Ver <http://189.190.59.133:5800/> (requiere contar con versión JAVA actualizado, Clave de acceso visita1)

<sup>15</sup> Ver <http://187.143.94.143:5800/> (requiere contar con versión JAVA actualizado, Clave de acceso visita1)

0 - 50

Buena

51 - 100

Regular

101 - 150

Mala

151 - 200

Muy mala

200

Extremadamente mala

Mantenimiento



Figura 5.2 Valores que conforman al índice Veracruzano de la Calidad del Aire

Fuente: Extracto del portal <http://www.veracruz.gob.mx/medioambiente/servicio/calidadaire/>

Consultado en Junio 17 de 2015.

### 5.1.2. Redes Sociales

La SEDEMA de Veracruz cuenta con la cuenta en Twitter [@SedemaVer](https://twitter.com/SedemaVer) con más de 3,000 seguidores<sup>16</sup>. En esta cuenta se publican diferentes elementos incluyendo eventos, campañas e información ambiental general. En la cuenta se difunde información relacionada con la calidad del aire y el ProAire como campañas para el uso de la bicicleta e información del programa de verificación vehicular (ver Figura 5.3).



<sup>16</sup> Ver <https://twitter.com/SedemaVer>. A Junio 17 de 2016, la cuenta reportaba 3,324 seguidores.

Figura 5.3 Comunicación de temas relacionados con la calidad del aire en redes sociales

## 5.2 ACTORES INVOLUCRADOS EN LA COMUNICACIÓN Y DIFUSIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE

En estado de Veracruz, la responsabilidad en la generación de información de calidad del aire, así como su comunicación y difusión se encuentra a cargo de la SEDEMA. En este proceso de comunicación y difusión de la calidad del aire participan la unidad de control ambiental, el área de comunicación social y la oficina de servicios tecnológicos. En la Figura 5.4 se presenta de manera esquemática el mapeo de actores involucrados en la comunicación en torno a la calidad del aire.

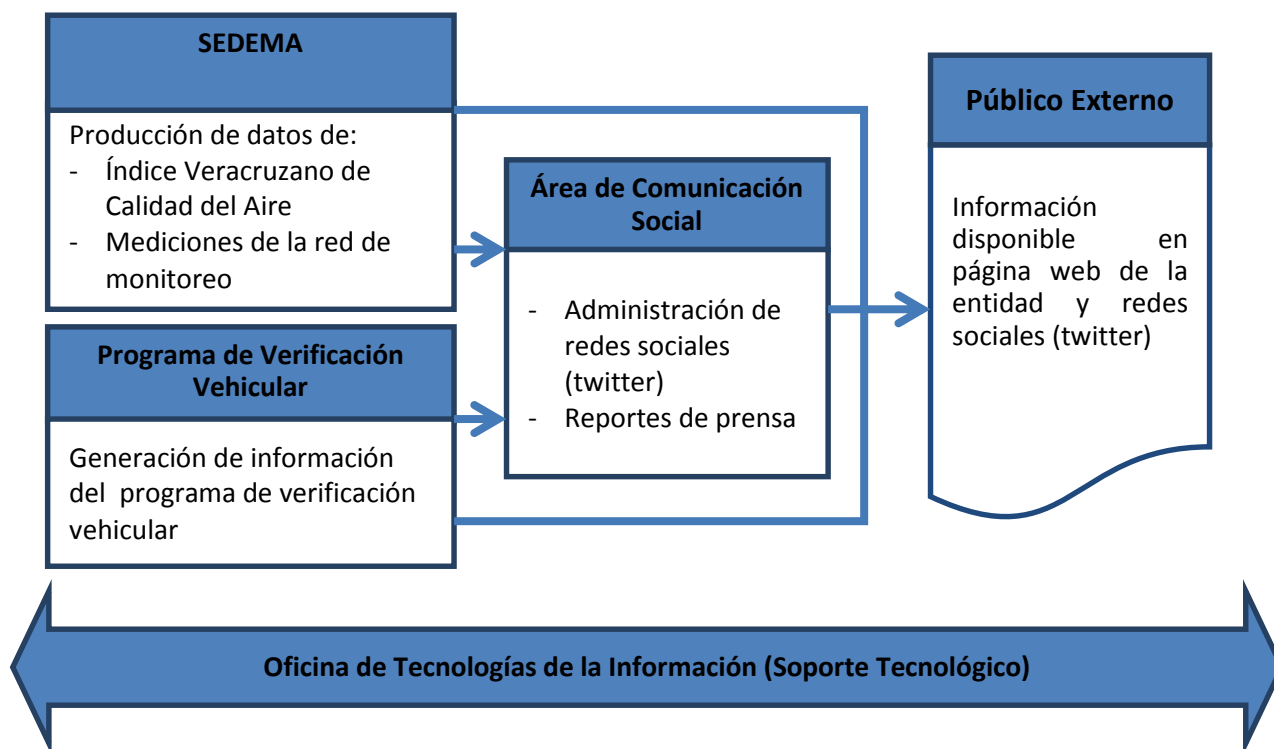


Figura 5.4 Mapeo de Actores de la Comunicación de la Calidad del Aire en Veracruz  
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a lo identificado, la información relacionada con el monitoreo de la calidad del aire es administrada por la Consultoría de Gestión Industrial. Esta Consultoría es parte de la Dirección General de Control de la Contaminación y Evaluación Ambiental. Esta Dirección es responsable también del Programa de Verificación Vehicular. La información generada por esta área es difundida de dos formas principales: a) a través de redes sociales y boletines de prensa por medio del Área de Comunicación Social de la Secretaría y b) a través de información en la página web publicada directamente por la Oficina de Prevención de la Contaminación y el Programa de Verificación Vehicular. La Oficina de Tecnologías de la Información brinda soporte tecnológico a la plataforma

de información.

### 5.3 PERCEPCIÓN GENERAL DE LA CIUDADANÍA SOBRE LA CALIDAD DEL AIRE

De acuerdo con el informe de la OCDE sobre la medición del bienestar en los estados mexicanos<sup>17</sup>, Veracruz ocupa el lugar número 28 entre los 32 estados mexicanos (incluyendo el Distrito Federal) presentando un desempeño ambiental<sup>18</sup> inferior a la media nacional (ver Figura 5.5)

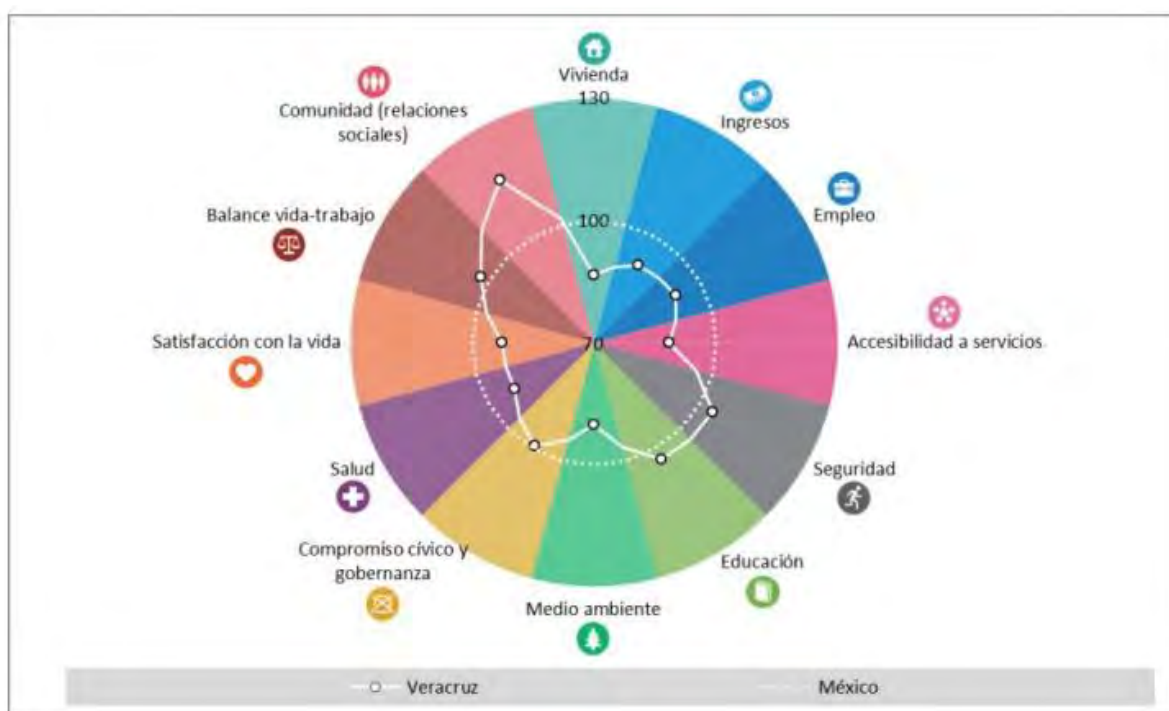


Figura 5.5 Indicadores de Medición del Bienestar. Estado de Veracruz  
Fuente: OCDE, 2015

De manera más específica, en términos de percepción ciudadana, los resultados del ejercicio de opinión para indagar percepciones sobre desastres en Veracruz<sup>19</sup>, desarrollado en 2013 por el

<sup>17</sup> Disponible en: <http://www.oecd.org/gov/regional-policy/Mexican-States-Highlights-Spanish.pdf> consultado en Junio 22 de 2016.

<sup>18</sup> La métrica del indicador de desempeño ambiental de la OCDE incluye calidad del aire (como concentración de PM<sub>2.5</sub>) y el porcentaje de residuos con adecuada disposición final.

<sup>19</sup> Disponible en: <http://www.uv.mx/blogs/obvio/sin-categoria/ejercicio-de-opinion-para-indagar-percepciones-sobre-desastres-en-veracruz/> consultado en Junio 22 de 2016

Observatorio Veracruzano de Medios indican que el 59% de las personas participantes opinan que la zona en la que viven es vulnerable a desastres entre los que se encuentra la contaminación del aire.

La Universidad de Veracruz desarrolló un estudio con la participación de 381 personas encuestadas para conocer la percepción ciudadana sobre los problemas ambientales en la ciudad de los Naranjos<sup>20</sup>, del Estado de Veracruz. De acuerdo con los resultados del estudio, la contaminación del aire<sup>21</sup> fue identificada como el sexto problema ambiental de mayor importancia, otras fuentes de contaminación del aire como calles sucias, industrias y vehículos también hacen parte de los problemas ambientales percibidos por la comunidad. En la Figura 5.6 se ilustran estos resultados en donde el eje X representa la frecuencia con la cual el problema es identificado como prioritario.

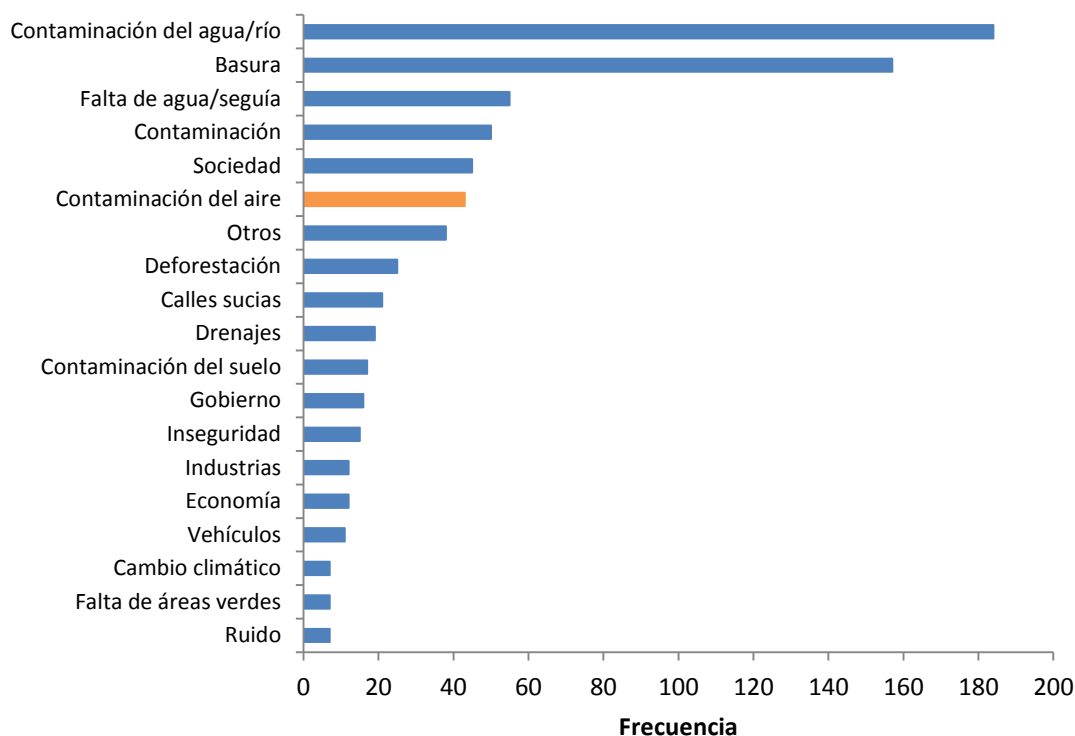


Figura 5.6 Percepción ciudadana sobre los principales problemas ambientales. Naranjos (Veracruz)  
Fuente: Elaboración propia con base en Castellanos-Medellín (2013)

## 5.4 EDUCACIÓN AMBIENTAL

<sup>20</sup> Castellanos-Medellín (2013). Percepción de los problemas ambientales por parte de la población en la ciudad de los Naranjos, Veracruz. Universidad Veracruzana. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Tuxpan.

<sup>21</sup> Incluyendo quema de basuras.

La Secretaría de Medio Ambiente de Veracruz (SEDEMA), tiene entre sus atribuciones el fortalecer la cultura ecológica mediante programas de educación ambiental (Ley Número 58 Orgánica del Poder Ejecutivo del Estado de Veracruz-Llave). Para el desarrollo de estas atribuciones, la SEDEMA cuenta con la Dirección General de Vinculación Social, dentro de la cual se encuentra el Ejecutivo de Proyectos de Educación Ambiental.

El marco general de actuación en educación ambiental en el Estado está determinado por la Estrategia Veracruzana de Educación Ambiental (EVEA). La estrategia prioriza las actividades de educación ambiental relacionadas con la protección de la biodiversidad, el cuidado del agua, el reciclaje y la gestión de residuos. El tema de calidad del aire se aborda de manera tangencial dentro de la temática de cambio climático.

La implementación de la EVEA se ve reflejada en los Programas Municipales de Educación Ambiental (PMEA). En estos programas los municipios establecen las acciones a desarrollar en materia de educación ambiental. Las acciones incluidas en los PMEAs suelen estar relacionadas con manejo de residuos (incluyendo pilas y aceites usados); prevención de incendios; campañas de limpieza y reforestación y protección de la biodiversidad. La temática de calidad del aire es abordada en algunos de los PMEAs, en el Cuadro 5.1 se presenta de manera esquemática la forma en que la calidad del aire es incluida en los PMEAs disponibles en el Estado.

Cuadro 5.1. Inclusión de la temática de calidad del aire en los PMEAs del Estado.

| Municipio               | No Incluido | Mención | Identificación | Definición de Acciones                          |
|-------------------------|-------------|---------|----------------|-------------------------------------------------|
| Alto Lucero             |             | X       |                |                                                 |
| Alvarado                | X           |         |                |                                                 |
| Banderilla              |             | X       | X              |                                                 |
| Boca del Río            |             | X       | X              |                                                 |
| Coacoatzintla           | X           |         |                |                                                 |
| Ignacio de la Llave     | X           |         |                |                                                 |
| Jamapa                  | X           |         |                |                                                 |
| Manlio Fabio Altamirano | X           |         |                |                                                 |
| Naolinco                | X           |         |                |                                                 |
| Paso de Ovejas          |             | X       | X              | Incluido en las líneas estratégicas el programa |
| Perote                  |             | X       | X              |                                                 |
| Teocelo                 | X           |         |                |                                                 |
| Tlalnelhuayocan         | X           |         |                |                                                 |
| Veracruz                | X           |         |                |                                                 |
| Xalapa                  |             | X       | X              |                                                 |
| Xico                    | X           |         |                |                                                 |

Fuente: Elaboración propia con base en los PMEAs publicados por la SEDEMA<sup>22</sup>

El área de Educación Ambiental de la SEDEMA realiza también capacitaciones y talleres de educación ambiental. El enfoque principal de estos talleres es conservación del agua y biodiversidad, gestión de residuos y cambio climático. No se aborda directamente la temática de calidad del aire.

<sup>22</sup> Disponibles aquí.

<https://docs.google.com/folderview?usp=sharing&id=0B87bmmJLaLgSlc0WUhhM1pGREU> consulta realizada el 17 de Junio de 2016

## 6. ESTRATEGIAS Y MEDIDAS

El propósito de ProAire Veracruz es establecer las bases que aseguren el logro de objetivos cuantificables de mejora de la calidad del aire para proteger la salud y el bienestar de la población veracruzana, así como para contribuir al logro de objetivos superiores de desarrollo sustentable en el Estado.

Para fines de este programa, los objetivos de calidad del aire están representados por las normas oficiales mexicanas en esta materia. El programa está orientado a definir las acciones necesarias para que las cuencas atmosféricas del Estado que exceden las normas logren el cumplimiento y que se prevenga que las cuencas con una calidad del aire adecuada caigan en incumplimiento. Así mismo, se busca que dichas acciones aporten simultáneamente a la reducción de gases de efecto invernadero y contaminantes climáticos de vida corta (CCVC) para contribuir al logro de las metas estatales y nacionales en la materia, además de otros cobeneficios.

Los objetivos específicos de este programa son:

- Identificar, evaluar y priorizar un conjunto de medidas de alto impacto para lograr una reducción significativa de las emisiones contaminantes a nivel del Estado y en cuencas atmosféricas específicas, con respecto a una línea base.
- Establecer un sistema integrado de gestión de calidad del aire para la comprensión de la problemática de la contaminación del aire en el Estado y la administración de políticas, programas y proyectos en la materia, con la intervención concurrente del gobierno federal, el gobierno estatal y las autoridades municipales, así como la vinculación de actores clave y la participación del público.
- Desarrollar una cultura ciudadana proactiva y corresponsable a favor de la mejora de la calidad del aire, con la intervención de gobierno, sector privado y sociedad civil.
- Fortalecer las capacidades para la implementación del programa y del sistema de gestión de la calidad del aire en general.
- Generar y aplicar conocimientos técnicos y científicos acerca de los problemas y soluciones de la contaminación del aire en el Estado, vinculando a universidades y centros de investigación y desarrollo con la preparación e implementación de las medidas de este programa.

## 6.1. LAS METAS Y ESTRATEGIAS

Esta primera versión del ProAire Veracruz está encaminada principalmente a identificar, evaluar y priorizar un conjunto de acciones para reducir las emisiones de contaminantes criterio con respecto a una línea base, considerando el periodo 2015 – 2030. Como se mostrará más adelante, algunas de las acciones tendrán también como resultado una reducción de gases de efecto invernadero y contaminantes climáticos de vida corta, particularmente carbón negro (popularmente conocido como hollín).

### 6.1.1. Las metas

Idealmente, las metas de este programa deberían formularse en términos de las normas de calidad del aire y sus especificaciones en términos de concentración de contaminantes en la atmósfera, tiempos de promedio y frecuencia. No obstante, como se ha explicado, el estado de Veracruz cuenta en la actualidad con solamente dos estaciones de monitoreo atmosférico (Minatitlán y Xalapa) que han estado en operación desde el 2013 y una más (Poza Rica) que genera información desde enero de 2016. Ello limita la posibilidad de contar con la cobertura ni series de datos suficientes que sirvan de base para la definición de metas basadas en niveles de calidad del aire.

Por lo anterior, las metas planteadas en esta primera versión del ProAire Veracruz se expresan en términos de reducción de emisiones contaminantes. En resumen, las metas por contaminante que se plantean alcanzar con la implementación de las estrategias, medidas y acciones propuestas en ProAire Veracruz con respecto al año base 2012 son las siguientes:

- 35% de reducción de emisiones de PM<sub>10</sub>
- 36% de reducción de emisiones de PM<sub>2.5</sub>
- 76% de reducción de emisiones de SO<sub>2</sub>
- 13% de reducción de emisiones de CO
- 5% de reducción de emisiones de COV
- 33% de reducción de emisiones de NOx

Asimismo, se prevé el logro de las siguientes metas en gases de efecto invernadero (CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub>) y en Carbón Negro:

- 21% de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>
- 20% de reducción de emisiones de CH<sub>4</sub>
- 44% de reducción de emisiones de Carbón Negro

Estas metas han sido estimadas con base en el impacto integral que resultaría de la implementación de estrategias y medidas propuestas.

### 6.1.2. Las estrategias

De acuerdo con los lineamientos establecidos por SEMARNAT, las estrategias planteadas en ProAire Veracruz, se dividen en los siguientes seis grupos principales:

- I. Reducción de emisiones de fuentes fijas;
- II. Reducción de emisiones en fuentes móviles;
- III. Reducción de emisiones en comercios, servicios y fuentes de área;
- IV. Comunicación y educación ambiental;
- V. Salud y externalidades;
- VI. Fortalecimiento institucional y financiamiento.

A continuación, se describen cada una de estas estrategias con sus correspondientes medidas. Con frecuencia los programas de mejora de calidad del aire incluyen una lista larga de medidas con diferente impacto, cuya implementación es difícil de materializar, ya sea por limitaciones de recursos y/o la dispersión de esfuerzos. Por ello, en ProAire Veracruz se ha preferido identificar y evaluar una lista de medidas prioritarias con base en su alto potencial para reducir emisiones de contaminantes en las cuencas atmosféricas del Estado. No obstante, es conveniente aclarar que las medidas presentadas, no excluyen otras posibles acciones de interés local ni sustituyen el cumplimiento de los estándares de emisión aplicables a las diferentes fuentes.

## 6.2. ESTRATEGIA 1. REDUCCIÓN DE EMISIONES EN FUENTES FIJAS

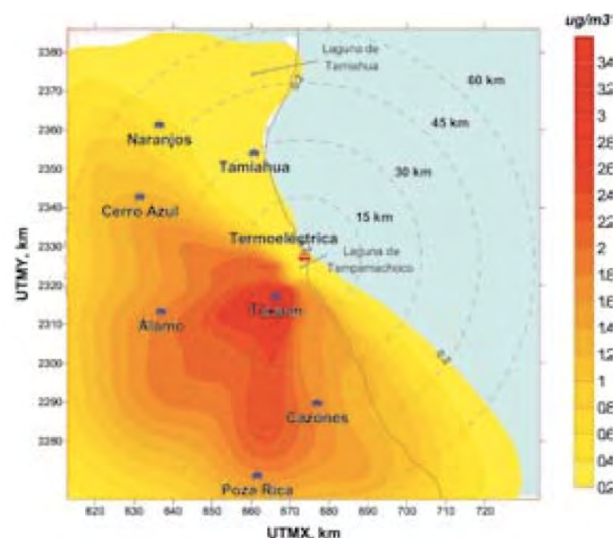
El inventario de emisiones presentado en el capítulo 2 ha permitido la identificación y caracterización de las diversas categorías de actividad de manufactura, y energía existente en el Estado, así como sus aportes a la emisión de los contaminantes y sustancias incluidos en este programa. Como se ha mencionado, destacan la generación de energía eléctrica, la industria alimentaria (principalmente industria azucarera, industria de bebidas y tabaco, industria del papel, fabricación de productos derivados del petróleo y del carbón, industria química y cementeras). Más allá, el inventario de emisiones ha permitido tanto identificar fuentes específicas en cada cuenca atmosférica, como aquellas que tienen un alto potencial de emisiones a lo largo de la franja costera.

Las medidas identificadas en esta estrategia y sus metas de reducción son las siguientes:

| Estrategia I. Reducción de emisiones de fuentes fijas |                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| #                                                     | Medida                                                                                     | Metas de Reducción                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 1                                                     | Implementación de mejores prácticas ambientales en el sector de energía eléctrica.         | PM <sub>10</sub> : 8,397 ton/año<br>PM <sub>2.5</sub> : 6,051 ton/año<br>CN: 1,916 ton/año<br>SO <sub>2</sub> : 189,827 ton/año<br>NO <sub>x</sub> : 10,158 ton/año<br>COV: 102 ton/año<br>CO <sub>2</sub> : 3,238,285 ton/año<br>CH <sub>4</sub> : 43 ton/año        |
| 2                                                     | Diseño e implementación de un Programa de control de emisiones en ingenios azucareros      | PM <sub>10</sub> : 12,599 ton/año<br>PM <sub>2.5</sub> : 2,857 ton/año<br>CN: 255 ton/año<br>SO <sub>2</sub> : 1,028 ton/año<br>CO: 9 ton/año<br>NO <sub>x</sub> : 1,028 ton/año<br>COV: 2 ton/año<br>CO <sub>2</sub> : 81,068 ton/año<br>CH <sub>4</sub> : 1 ton/año |
| 3                                                     | Diseño e implementación de un programa de reducción de emisiones en la industria cementera | PM <sub>10</sub> : 2,409 ton/año<br>PM <sub>2.5</sub> : 20 ton/año<br>PM <sub>10</sub> : 320 ton/año<br>PM <sub>2.5</sub> : 293 ton/año<br>CN: 26 ton/año                                                                                                             |
| 4                                                     | Diseño e implementación de un programa de reducción de emisiones en la industria del papel | SO <sub>2</sub> : 2,209 ton/año<br>CO: 1,659 ton/año<br>NO <sub>x</sub> : 130 ton/año<br>COV: 265 ton/año<br>CO <sub>2</sub> : 17,004 ton/año<br>CH <sub>4</sub> : 219 ton/año<br>PM <sub>10</sub> : 458 ton/año<br>PM <sub>2.5</sub> : 330 ton/año<br>CN: 17 ton/año |
| 5                                                     | Control de emisiones de contaminantes a la atmósfera en el sector petróleo y petroquímica  | SO <sub>2</sub> : 10,424 ton/año<br>CO: 2,094 ton/año<br>NO <sub>x</sub> : 691 ton/año<br>COV: 2 ton/año<br>CO <sub>2</sub> : 5,626,466 ton/año                                                                                                                       |



Figura 6.2. Pluma de Concentración Anual de PM<sub>2.5</sub> (secundarias)



Fuente: Introducción a la evaluación de los impactos de la termoeléctricas de México. SEMARNAT (2006). Imagen con baja resolución en el original.

Asimismo, se presenta una estimación de la reducción de emisiones que podría alcanzarse con esta medida (ver Cuadro 6.1), suponiendo un cambio total de combustóleo por gas natural y que el 30% de la generación de electricidad fuera por ciclo combinado. Entre otros beneficios, esta medida permitiría una reducción cercana al 90% de las emisiones de PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub>, el 95% del Carbón Negro, 66% de SO<sub>2</sub> y 8.7% de CO<sub>2</sub>.

Cuadro 6.1. Reducción de emisiones por el cambio de combustóleo a gas natural en la Termoeléctrica Adolfo López Mateos

| Reducción de emisiones (ton/año) |                   |       |                 |     |       |     |                 |                 |
|----------------------------------|-------------------|-------|-----------------|-----|-------|-----|-----------------|-----------------|
| PM <sub>10</sub>                 | PM <sub>2.5</sub> | CN    | SO <sub>2</sub> | CO  | NOX   | COV | CO <sub>2</sub> | CH <sub>4</sub> |
| 6,316                            | 4,555             | 1,440 | 142,506         | --- | 8,343 | 67  | 2,654,426       | 10              |

Adicionalmente, es importante mencionar que en la cuenca compartida de Tampico – Altamira, de lado del estado de Tamaulipas, existe una planta termoeléctrica (Planta I de Altamira) que consume grandes cantidades de combustóleo. Si se cambiara el uso de combustóleo por gas natural, se podría alcanzar la reducción de emisiones indicada en el Cuadro 6.2.

Cuadro 6.2. Reducción de emisiones por el cambio de combustóleo a gas natural en la Termoeléctrica Planta I de Altamira

| Reducción de emisiones (ton/año) |                   |     |                 |     |       |     |                 |                 |
|----------------------------------|-------------------|-----|-----------------|-----|-------|-----|-----------------|-----------------|
| PM <sub>10</sub>                 | PM <sub>2.5</sub> | CN  | SO <sub>2</sub> | CO  | NOX   | COV | CO <sub>2</sub> | CH <sub>4</sub> |
| 2,081                            | 1,496             | 476 | 47,321          | --- | 1,815 | 35  | 583,859         | 33              |

## CONTAMINANTES A REDUCIR

| PM <sub>10</sub> | PM <sub>2.5</sub> | CN | SO <sub>2</sub> | CO | NO <sub>x</sub> | COV | Tóxicos | GEI |
|------------------|-------------------|----|-----------------|----|-----------------|-----|---------|-----|
| *                | *                 | *  | *               |    | *               | *   | *       | *   |

## CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN

| Acciones                                                                                                      | Responsable                                   | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Integrar grupo de trabajo interinstitucional                                                                  | SEMARNAT,<br>Comisión Federal de Electricidad |      |      | *    | *    |      |      |      |      |      |      |
| Caracterización del estado actual y prospectiva de emisiones en la Central Termoeléctrica Adolfo López Mateos | SEMARNAT,<br>Comisión Federal de Electricidad |      |      |      | *    | *    |      |      |      |      |      |
| Identificación, evaluación y priorización de acciones de control y reducción de emisiones                     | SEMARNAT<br>Comisión Federal de Electricidad  |      |      |      | *    | *    |      |      |      |      |      |
| Implementación de las acciones seleccionadas                                                                  | Comisión Federal de Electricidad              |      |      |      |      | *    | *    | *    | *    | *    | *    |

## ACTORES INVOLUCRADOS

Comisión Federal de Electricidad, SEMARNAT.

## ESTIMACIÓN DE COSTOS

La estimación de costos deberá formar parte del proceso de identificación, evaluación y priorización de estrategias de control.

## ESTIMACIÓN DE REDUCCIÓN DE EMISIONES.

| Reducción de emisiones (ton/año) |                   |       |                 |     |                 |     |                 |                 |
|----------------------------------|-------------------|-------|-----------------|-----|-----------------|-----|-----------------|-----------------|
| PM <sub>10</sub>                 | PM <sub>2.5</sub> | CN    | SO <sub>2</sub> | CO  | NO <sub>x</sub> | COV | CO <sub>2</sub> | CH <sub>4</sub> |
| 8,397                            | 6,051             | 1,916 | 189,827         | --- | 10,158          | 102 | 3,238,285       | 43              |

## 6.2.2. MEDIDA 2. Diseño e implementación de un Programa de control de emisiones en ingenios azucareros

### OBJETIVO

Desarrollar un programa para la reducción de emisiones atmosféricas de la industria de la caña de azúcar.

### JUSTIFICACIÓN

El estado de Veracruz es el principal productor de caña de azúcar del país. El Estado cuenta con 19 ingenios azucareros y su producción representa cerca del 35% de la producción nacional. Ésta se concentra principalmente en las cuencas atmosféricas de Córdoba y Orizaba, Veracruz, Xalapa y Pánuco. De acuerdo con el inventario de emisiones del Estado descrito en el capítulo 3, los ingenios azucareros, son la tercera fuente de emisión de partículas, bióxido de azufre y carbono negro. Estas emisiones están asociadas a la quema de combustóleo y bagazo de caña como fuente de energía en los equipos de combustión de los ingenios, sin equipos de control de emisiones. El uso del bagazo como fuente de energía representa un importante beneficio en el aprovechamiento de un biocombustible debido a que sustituye la quema de combustibles fósiles, aprovechando un recurso que de otra manera sería un residuo. Sin embargo, para evitar efectos negativos en contaminación del aire requiere el acoplamiento de equipos de control de emisiones. Considerando lo anterior y las proyecciones de crecimiento sectoriales mencionadas en el Programa Nacional de la Agroindustria de la Caña de Azúcar se hace prioritario establecer un programa de reducción de emisiones para este sector que contribuya a su sostenibilidad y a un ambiente más sano

Por otra parte, otra causa de emisiones a la atmósfera asociada con la producción de azúcar está constituida por las quemas agrícolas de la caña de azúcar, las cuales son también una importante fuente de emisiones de partículas durante la época de cosecha de este cultivo. Estas emisiones son abordadas en la Estrategia de Actividades de Comercio, Servicios y Fuentes de Área.

Como medida de reducción de emisiones en los ingenios azucareros, se propone instalar secadores de bagazo de caña, acoplados a una caldera bagacera convencional, con lo cual se espera reducir aproximadamente en un 18% el consumo energético, en la generación de vapor (Federico J. Franck Colombres\*, 2010). Además, es conveniente instalar ciclones de alta eficiencia para reducir en un 75% la generación de partículas.

### CONTAMINANTES A REDUCIR

| PM <sub>10</sub> | PM <sub>2.5</sub> | SO <sub>2</sub> | CO | NO <sub>x</sub> | COV | Carbono negro | GEI |
|------------------|-------------------|-----------------|----|-----------------|-----|---------------|-----|
| *                | *                 | *               | *  | *               | *   | *             | *   |

## CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN

| Acciones                                                                                                                                                                          | Responsable                                                                                                    | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Estimación de la línea base de emisiones y de las principales fuentes de emisión                                                                                                  | Gobierno del Estado de Veracruz, SEMARNAT, SAGARPA, Asociaciones de productores de azúcar, Banca de Desarrollo | *    | *    |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Identificación y evaluación de tecnologías de control y buenas prácticas para la reducción de emisiones                                                                           | Gobierno del Estado de Veracruz, SEMARNAT, SAGARPA, Asociaciones de productores de azúcar, Banca de Desarrollo |      | *    |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Desarrollo de instrumentos normativos e identificación de alternativas de financiamiento                                                                                          | Gobierno del Estado de Veracruz, SEMARNAT, SAGARPA, Asociaciones de productores de azúcar, Banca de Desarrollo |      | *    | *    |      |      |      |      |      |      |      |
| Implementación del programa: Aplicación de los instrumentos normativos y de las alternativas tecnológicas identificadas para la reducción de emisiones en los ingenios azucareros | Gobierno del Estado de Veracruz, SEMARNAT, SAGARPA, Asociaciones de productores de azúcar, Banca de Desarrollo |      |      | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    |
| Seguimiento y evaluación del programa                                                                                                                                             | Gobierno del Estado de Veracruz, SEMARNAT, SAGARPA, Asociaciones de productores de azúcar, Banca de Desarrollo |      |      | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    |

## ACTORES INVOLUCRADOS

Gobierno del Estado de Veracruz, SAGARPA, SEMARNAT, asociaciones de productores de azúcar, banca de desarrollo.

## ESTIMACIÓN DE COSTOS

La estimación de costos deberá formar parte del proceso de preparación del programa.

## ESTIMACIÓN DE REDUCCIÓN DE EMISIONES.

En el Cuadro 6.3, se presentan los datos estimados de la reducción anual de emisiones contaminantes derivada de la implementación de esta medida. Ello representa las siguientes reducciones, con respecto a las emisiones de la industria alimentaria del estado en el año base 2012.

Cuadro 6.3. Reducción de emisiones por la incorporación de secadores de bagazo de caña y equipo de control en los Ingenios Azucareros

| Reducción de emisión (t/año) |                   |     |                 |    |       |     |                 |                 |
|------------------------------|-------------------|-----|-----------------|----|-------|-----|-----------------|-----------------|
| PM <sub>10</sub>             | PM <sub>2.5</sub> | CN  | SO <sub>2</sub> | CO | NOX   | COV | CO <sub>2</sub> | CH <sub>4</sub> |
| 12,599                       | 2,857             | 255 | 1,028           | 9  | 1,028 | 2   | 81,068          | 1               |

## OBSERVACIONES

No Aplica

## 6.2.3. MEDIDA 3. Diseño e implementación de un programa de reducción de emisiones en la industria cementera

### OBJETIVO

Disminuir las emisiones generadas por el proceso de elaboración de cemento, mediante la incorporación de sistemas de control de emisiones y, en su caso, incorporación de mejores prácticas en el proceso.

### JUSTIFICACIÓN

La industria cementera se caracteriza por generar grandes cantidades de polvo o partículas PM<sub>10</sub>, asociadas con el manejo de las materias primas en sus procesos de trituración y molienda. Para reducir estas emisiones es indispensable incorporar equipos de control. Es importante mencionar que las emisiones de partículas generadas en los procesos de trituración y molienda, son en su mayor parte de un diámetro aerodinámico de entre 2.5 micrómetros y 10 micrómetros, a diferencia de las generadas en los procesos de combustión en donde gran parte de las emisiones de partículas son PM<sub>2.5</sub>.

Dado el alto impacto que tiene la industria del cemento sobre cuencas específicas como la de Orizaba – Córdoba, es recomendable implementar un programa de instalación de sistemas de control de emisiones, que incluya filtros de bolsa, ciclones y/u otras tecnologías similares, así como la revisión de procesos, y en su caso la implementación de mejoras prácticas.

### CONTAMINANTES A REDUCIR

| PM <sub>10</sub> | PM <sub>2.5</sub> | SO <sub>2</sub> | CO | NOx | COV | Carbono negro | GEI |
|------------------|-------------------|-----------------|----|-----|-----|---------------|-----|
| *                | *                 | *               | *  | *   | *   | *             | *   |

## CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN

| Acciones                                                                                                                                                                                      | Responsable                                                                         | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Desarrollo de la línea base de emisiones e identificación de las principales fuentes de emisión                                                                                               | Gobierno del Estado de Veracruz, SEMARNAT, Asociaciones de la industria del cemento | *    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Identificación y evaluación de tecnologías de control y buenas prácticas para la reducción de emisiones                                                                                       | Gobierno del Estado de Veracruz, SEMARNAT, Asociaciones de la industria del cemento |      | *    |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Diseño del Programa de Control de Emisiones, identificación y desarrollo de instrumentos regulatorios (convenios, normas) y financieros                                                       | Gobierno del Estado de Veracruz, SEMARNAT, Asociaciones de la industria del cemento |      | *    |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Implementación del programa: aplicación de los instrumentos regulatorios y financieros, así como de las alternativas tecnológicas para la reducción de emisiones en la industria del cemento. | Gobierno del Estado de Veracruz, SEMARNAT, Asociaciones de la industria del cemento |      |      | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    |
| Seguimiento y evaluación del programa                                                                                                                                                         | Gobierno del Estado de Veracruz, SEMARNAT, Asociaciones de la industria del cemento |      |      | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    |

## ACTORES INVOLUCRADOS

Gobierno del Estado de Veracruz, SEMARNAT, Asociaciones de la industria del cemento.

## ESTIMACIÓN DE COSTOS

La estimación de costos deberá formar parte del proceso de identificación, evaluación y priorización de las estrategias de control.

## ESTIMACIÓN DE REDUCCIÓN DE EMISIONES

Con la incorporación de filtros de bolsas y ciclones en las plantas de la industria cementera, sus emisiones contaminantes se reducirían anualmente en cerca de 2,400 toneladas, como se aprecia en el Cuadro 6.4.

Cuadro 6.4 Reducción de emisiones por la incorporación de equipo de control en la Industria cementera

| Reducción de emisión (t/año) |                   |     |
|------------------------------|-------------------|-----|
| PM <sub>10</sub>             | PM <sub>2.5</sub> | CN  |
| 2,409                        | 20                | --- |

La cuenca Córdoba-Orizaba podría ser la más beneficiada con esta medida, ya que se lograrían reducciones de casi mil toneladas por año de PM<sub>10</sub>.

## OBSERVACIONES

No Aplica

### 6.2.4. MEDIDA 4. Diseño e implementación de un programa de reducción de emisiones en la industria del papel

#### OBJETIVO

Disminuir las emisiones contaminantes generadas por la industria del papel mediante el uso de combustibles menos contaminantes.

#### JUSTIFICACIÓN

La industria del papel instalada en el estado de Veracruz quema grandes cantidades de combustóleo, sin equipos de control de emisiones, ello genera altas cantidades de emisiones contaminantes y gases de efecto invernadero. En este caso, la medida propuesta para reducir estas emisiones es la sustitución de combustóleo por gas natural.

Los beneficios de implementación de esta medida se presentan principalmente en el municipio de Tres Valles y en la Cuenca Orizaba – Córdoba, donde están localizadas las plantas de producción de papel más grandes del Estado.

#### CONTAMINANTES A REDUCIR

| PM <sub>10</sub> | PM <sub>2.5</sub> | SO <sub>2</sub> | CO | NO <sub>x</sub> | COV | Carbono negro | GEI |
|------------------|-------------------|-----------------|----|-----------------|-----|---------------|-----|
| *                | *                 | *               | *  | *               | *   | *             | *   |

## CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN

| Acciones                                                                                                                                    | Responsable                                                                                  | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Identificación de la línea base de uso de combustóleo en el sector papelerero                                                               | Gobierno del Estado de Veracruz, SEMARNAT, Asociaciones y empresas de la industria del papel | *    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Identificación de tecnologías y alternativas para el cambio de combustible. Discusión en mesas de trabajo con el sector                     | Gobierno del Estado de Veracruz, SEMARNAT, Asociaciones y empresas de la industria del papel |      | *    |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Diseño del programa de sustitución del combustóleo: elaboración de reglamentación e instrumentos financieros para el cambio de combustibles | Gobierno del Estado de Veracruz, SEMARNAT, Asociaciones y empresas de la industria del papel |      | *    | *    |      |      |      |      |      |      |      |
| Implementación del programa: aplicación de los instrumentos normativos y de las alternativas tecnológicas para el cambio de combustible,    | Gobierno del Estado de Veracruz, SEMARNAT, Asociaciones y empresas de la industria del papel |      |      | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    |
| Seguimiento y evaluación del programa                                                                                                       | Gobierno del Estado de Veracruz, SEMARNAT, Asociaciones y empresas de la industria del papel |      |      | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    |

## ACTORES INVOLUCRADOS

Gobierno del Estado de Veracruz, SEMARNAT, Asociaciones y empresas de la industria del papel.

## ESTIMACIÓN DE COSTOS

La estimación de costos deberá formar parte del proceso de identificación, evaluación y priorización de las estrategias de control.

## ESTIMACIÓN DE REDUCCIÓN DE EMISIONES.

En el Cuadro 6.5, se muestra la reducción estimada de contaminantes que resultaría de esta medida.

Cuadro 6.5. Reducción de emisiones por el cambio de combustóleo a gas natural en la industria del Papel

| Reducción de emisión (t/año) |                   |    |                 |       |     |     |                 |                 |
|------------------------------|-------------------|----|-----------------|-------|-----|-----|-----------------|-----------------|
| PM <sub>10</sub>             | PM <sub>2.5</sub> | CN | SO <sub>2</sub> | CO    | NOX | COV | CO <sub>2</sub> | CH <sub>4</sub> |
| 320                          | 293               | 26 | 2,209           | 1,659 | 130 | 265 | 17,004          | 219             |

## OBSERVACIONES

No Aplica

### 6.2.5. MEDIDA 5. Control de emisiones de contaminantes a la atmósfera en el sector petróleo y petroquímica

#### OBJETIVO

Controlar las emisiones principalmente de SO<sub>2</sub> y partículas, provenientes de los procesos del sector petróleo y petroquímica.

#### JUSTIFICACIÓN

La industria del petróleo es una de las principales actividades económicas del Estado, principalmente en las cuencas atmosféricas de Coatzacoalcos-Minatitlán-Acayucan y Poza Rica. Esta medida se considera de alta importancia debido a la alta densidad poblacional en las áreas de influencia de la operación y emisiones de esta industria, así como los efectos a la salud asociados. El cambio de combustible y los sistemas de control de emisiones, podrían resultar en una reducción significativa de todos los contaminantes atmosféricos, además de beneficios en la disminución de gases de efecto invernadero.

Esta industria utiliza grandes cantidades de combustóleo, lo cual repercute en la generación de altas cantidades de emisiones contaminantes y de efecto invernadero. Una posibilidad de reducción de estas emisiones, consiste en la sustitución de combustóleo por gas natural, la cual depende de la disponibilidad de este combustible en la región, y la incorporación de sistemas de combustión con quemadores de bajas emisiones de NOx. Otras opciones que pueden explorarse, están relacionadas con la instalación de sistemas de control de emisiones y mejora de procesos.

## CONTAMINANTES A REDUCIR

| PM <sub>10</sub> | PM <sub>2.5</sub> | SO <sub>2</sub> | CO | NO <sub>x</sub> | COV | Carbono negro | GEI |
|------------------|-------------------|-----------------|----|-----------------|-----|---------------|-----|
| *                | *                 | *               | *  | *               | *   | *             | *   |

## CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN

| Acciones                                                                                             | Responsable           | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Integrar grupo de trabajo interinstitucional                                                         | SEMARNAT, PEMEX, ASEA |      |      | *    | *    |      |      |      |      |      |      |
| Identificación, evaluación y priorización de acciones de control y reducción de emisiones del sector | SEMARNAT, PEMEX, ASEA |      |      |      | *    | *    |      |      |      |      |      |
| Implementación de las acciones seleccionadas                                                         | PEMEX                 |      |      |      |      | *    | *    | *    | *    | *    | *    |

## ACTORES INVOLUCRADOS

ASEA, SEMARNAT, PEMEX.

## ESTIMACIÓN DE COSTOS

La estimación de costos deberá formar parte del proceso de identificación, evaluación y priorización de las estrategias de control.

## ESTIMACIÓN DE REDUCCIÓN DE EMISIONES.

El Cuadro 6.6 muestra la reducción de emisiones que podría lograrse mediante la aplicación de esta medida en el estado de Veracruz.

**Cuadro 6.6. Reducción de emisiones por el cambio de combustóleo a gas natural en la industria del Petróleo**

| Reducción de emisión (t/año) |                   |    |                 |       |                 |     |                 |                 |
|------------------------------|-------------------|----|-----------------|-------|-----------------|-----|-----------------|-----------------|
| PM <sub>10</sub>             | PM <sub>2.5</sub> | CN | SO <sub>2</sub> | CO    | NO <sub>x</sub> | COV | CO <sub>2</sub> | CH <sub>4</sub> |
| 458                          | 330               | 17 | 10,424          | 2,094 | 691             | 2   | 5,626,466       | N/S             |

Es importante mencionar que, aunque dentro del sector del Petróleo hay otras empresas, la reducción de emisiones presente en la tabla 8, corresponde casi en su totalidad a la Refinería

General Lázaro Cárdenas, ubicada en el municipio de Minatitlán, perteneciente a la cuenca Coatzacoalcos-Minatitlán-Acayucan. Ello se debe a la alta magnitud de los consumos de combustible que se registran en dicha refinería, una de las más importantes del país.

## OBSERVACIONES

No Aplica

## 6.3. ESTRATEGIA 2. REDUCCIÓN DE EMISIONES EN FUENTES MÓVILES

Las áreas metropolitanas del estado de Veracruz están sufriendo un acelerado proceso de motorización debido al aumento en el número de vehículos de uso privado. Estos vehículos se usan de una forma cada vez más intensa como resultado de la expansión de las manchas urbanas, el crecimiento de la actividad económica y del ingreso disponible. Al mismo tiempo, está ocurriendo un deterioro de los insuficientes servicios de transporte público, los cuales no reúnen las condiciones necesarias para funcionar de una manera limpia, accesible y eficiente, en detrimento del ambiente, la sociedad y la economía del Estado.

El desarrollo de una estrategia ambiental integrada de transporte sustentable para el estado de Veracruz es una alta prioridad. Esta estrategia debe incluir los siguientes aspectos principales: a) mejora y expansión del transporte público masivo, b) desarrollo e integración de facilidades de movilidad peatonal y en bicicleta, c) planeación integral del uso del suelo y del transporte, d) gestión de la demanda de viajes, e) gestión integral del transporte de carga y f) mejora de la tecnología de los vehículos y los combustibles o fuentes de energía que utilizan.

Para fines de ProAire Veracruz, se plantean las medidas tecnológicas que pueden tener un mayor impacto sobre la reducción de emisiones de contaminantes atmosféricos y contaminantes climáticos de vida corta (principalmente carbón negro). Algunas de estas medidas tienen efectos positivos en la disminución de emisiones de gases de efecto invernadero. Las medidas propuestas han sido identificadas mediante el análisis del inventario de emisiones del Estado y son las siguientes:

- Diseñar e implementar una Estrategia Ambiental Integrada de Movilidad Sostenible, dirigidas a materializar la pirámide invertida de la movilidad (primer lugar, peatones, segundo lugar, uso de bicicleta; tercer lugar, transporte público, cuarto lugar, transporte de mercancías; y quinto lugar, automóviles).
- En particular, diseñar e implementar un programa de mejora de la infraestructura y promoción de transporte no motorizado, incluyendo movilidad peatonal y ciclista en las ciudades del Estado.
- Implementar el programa de verificación vehicular dinámica y llevar a cabo operativos de identificación de vehículos ostensiblemente contaminantes.
- Introducir sistemas de autobuses rápidos (BRT) y reemplazar unidades de transporte de pasajeros actuales con unidades de baja emisión de contaminantes.
- Cambiar y chatarrizar los autobuses foráneos con más de 15 años de antigüedad por autobuses que cumplan con EURO VI.
- Sustitución y chatarrización de los vehículos de carga con más de 15 años de antigüedad.

Las medidas identificadas en esta estrategia y sus metas de reducción son las siguientes:

| Estrategia II. Reducción de emisiones en fuentes móviles |                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                              |
|----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| #                                                        | Medida                                                                                                                                                                                                        | Metas de Reducción                                                                                                                                                                                                                                           |
| 1                                                        | Modernizar el programa de verificación vehicular mediante la incorporación de pruebas dinámicas de emisiones y operativos de identificación de vehículos ostensiblemente contaminantes.                       | PM <sub>10</sub> : 41 ton/año<br>PM <sub>2.5</sub> : 23 ton/año<br>CN: 11 ton/año<br>SO <sub>2</sub> : 83 ton/año<br>CO: 44,991 ton/año<br>NO <sub>x</sub> : 6,409 ton/año<br>COV: 5,895 ton/año<br>CO <sub>2</sub> : 335,950 ton/año                        |
| 2                                                        | Implementar sistemas de autobuses rápidos (BRT), reestructurar el transporte público y remplazar unidades de transporte de pasajeros actuales con unidades de baja emisión de contaminantes o emisiones cero. | PM <sub>10</sub> : 14 ton/año<br>PM <sub>2.5</sub> : 11 ton/año<br>CN: 7 ton/año<br>SO <sub>2</sub> : 1 ton/año<br>CO: 543 ton/año<br>NO <sub>x</sub> : 1,266 ton/año<br>COV: 117 ton/año<br>CO <sub>2</sub> : 70,357 ton/año<br>CH <sub>4</sub> : 1 ton/año |
| 3                                                        | Cambiar y chatarrizar autobuses foráneos con más de 15 años de antigüedad por autobuses que cumplan con estándares EURO VI y posteriores.                                                                     | PM <sub>10</sub> : 35 ton/año<br>PM <sub>2.5</sub> : 27 ton/año<br>CN: 16 ton/año<br>SO <sub>2</sub> : 1 ton/año<br>CO: 1,436 ton/año<br>NO <sub>x</sub> : 3,964 ton/año<br>COV: 278 ton/año<br>CO <sub>2</sub> : 94,030 ton/año                             |
| 4                                                        | Sustitución y chatarrización de vehículos de carga con más de 15 años de antigüedad.                                                                                                                          | PM <sub>10</sub> : 233 ton/año<br>PM <sub>2.5</sub> : 182 ton/año<br>CN: 34 ton/año<br>SO <sub>2</sub> : 5 ton/año<br>CO: 7,323 ton/año<br>NO <sub>x</sub> : 18,887 ton/año<br>COV: 984 ton/año<br>CO <sub>2</sub> : 222,384 ton/año                         |

A continuación, se describen las medidas citadas.

### ***6.3.1. MEDIDA 1. Modernización del programa de verificación vehicular mediante la incorporación de pruebas dinámicas de emisiones y operativos de identificación de vehículos ostensiblemente contaminantes.***

#### **OBJETIVO**

Reducir las emisiones contaminantes generadas por el parque vehicular, incentivando su mantenimiento efectivo mediante la revisión técnica periódica de las unidades y la detección de vehículos altamente contaminantes.

## JUSTIFICACIÓN

El programa de verificación vehicular obligatoria constituye la columna vertebral de las acciones de control de emisiones de la flota en circulación. Su eficacia depende principalmente de la tecnología de medición, su aplicación adecuada y la vigilancia de que tanto los centros de verificación, como los ciudadanos cumplen con los requerimientos aplicables.

Se estima que en el estado de Veracruz solamente el 35% del parque vehicular registrado acude a la realización de las pruebas de verificación, por lo que no se logra cabalmente el objetivo del programa, resultando en una mayor generación de contaminantes atmosféricos. Ello indica la necesidad de fortalecer la vigilancia del cumplimiento del programa mediante la vigilancia en la vía pública y la vinculación de la verificación vehicular con otros trámites y permisos necesarios para circular, además de medidas pedagógicas, de concientización a los conductores, como se hace en otras entidades del país y otras naciones.

El Gobierno del Estado de Veracruz ha iniciado la implementación de la verificación vehicular aplicando el método dinámico. La consolidación de esta medida se considera indispensable para el logro de los programas establecidos.

Es habitual el descuido mecánico de los vehículos de mayor edad, lo que afecta sensiblemente el rendimiento del combustible. Por ejemplo, con datos de la CONUEE<sup>23</sup>, se sabe que un automóvil con un mantenimiento deficiente, puede aumentar hasta en un 30% su consumo de combustible y por traer sucio el filtro de aire, puede aumentar hasta en 10% el consumo de gasolina, e incluso por traer presiones incorrectas en las llantas se puede incrementar el consumo de combustible en un 5%.

Por otra parte, es importante resaltar que una pequeña fracción del parque vehicular es responsable de una gran porción de las emisiones vehiculares arrojadas a la atmósfera. La identificación de unidades altas emisoras por medio de mecanismos como el programa de Verificación de Emisiones y el uso de sistemas de detección remota de emisiones y su desincorporación del parque vehicular es una alternativa eficaz. Sin embargo, la selección de procedimientos de identificación y retiro condicionan la efectividad de la medida. Para 2020, los altos emisores podrían ser responsables del 50% del carbón negro y materia particulada en la atmósfera (ICCT).

La aplicación de un Programa de Verificación Vehicular (PVV) más exigente en la entidad, junto con un programa para evitar que circulen vehículos con emisiones ostensibles, puede modificar los hábitos de conducta, para que todos los vehículos de la entidad estén en buenas condiciones mecánicas.

## CONTAMINANTES A REDUCIR

| PM <sub>10</sub> | PM <sub>2.5</sub> | SO <sub>2</sub> | CO | NO <sub>x</sub> | COV | Tóxicos | GEI |
|------------------|-------------------|-----------------|----|-----------------|-----|---------|-----|
| *                | *                 | *               | *  | *               | *   | *       | *   |

<sup>23</sup> Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía/ Guía del Uso Eficiente de Energía en el Automóvil 2009.

## CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN

| Acciones                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Responsable                                                                            | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Rediseño integral del programa de verificación vehicular del Estado, incluyendo:<br>- Generalización y mejora de la aplicación de la prueba dinámica de emisiones.<br>- Revisión y mejora de los procedimientos de fiscalización en vía, con el apoyo de la policía de tránsito.<br>- Operativos de vigilancia en vía mediante el uso de sensores remotos de emisiones.<br>- Campañas de sensibilización a los conductores para el cumplimiento del programa y el mantenimiento periódico de las unidades | Gobierno del Estado de Veracruz con el apoyo de SEMARNAT                               | *    | *    |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Implementación del programa                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Gobierno del Estado de Veracruz con el apoyo de SEMARNAT y participación de municipios |      | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    |
| Seguimiento y evaluación del programa.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Gobierno del Estado de Veracruz con el apoyo de SEMARNAT y participación de municipios |      | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    |

## ACTORES INVOLUCRADOS

Gobierno del Estado de Veracruz con el apoyo de SEMARNAT y participación de municipios.

## ESTIMACIÓN DE COSTOS

El costo de inversión inicial para una línea de verificación de emisiones dinámica es del orden de un millón de pesos. Como el Programa de Verificación Vehicular Obligatoria es operado por el sector privado mediante un esquema de concesión, los costos de implementación de la prueba dinámica están a cargo de los concesionarios, quienes recuperan sus inversiones mediante las tarifas de verificación pagadas por los conductores. Una parte de los ingresos de la verificación podría destinarse a un fondo que apoye la implementación de medidas planteadas en ProAire Veracruz.

## ESTIMACIÓN DE REDUCCIÓN DE EMISIONES

El Cuadro 6.7 muestra la reducción estimada de emisiones que ocurriría como resultado de esta medida.

Cuadro 6.7. Reducción de emisiones – Programa de Verificación Vehicular Obligatoria

| Emisiones [ton/año] |                   |    |                 |        |                 |       |                 |
|---------------------|-------------------|----|-----------------|--------|-----------------|-------|-----------------|
| PM <sub>10</sub>    | PM <sub>2.5</sub> | CN | SO <sub>2</sub> | CO     | NO <sub>x</sub> | COV   | CO <sub>2</sub> |
| 41                  | 23                | 11 | 83              | 44,991 | 6,409           | 5,895 | 335,950         |

Cabe destacar que esta medida tendría impactos positivos en todas las áreas metropolitanas del Estado donde se implemente.

## OBSERVACIONES

No aplica

### ***6.3.2. MEDIDA 2. Diseño de un programa para la introducción de sistemas de autobuses rápidos (BRT) y reemplazo de unidades de transporte de pasajeros actuales con unidades de baja emisión de contaminantes.***

## OBJETIVO

Incorporar vehículos de transporte público de bajas emisiones como parte de una estrategia de sistemas de autobuses rápidos (BRT) y renovación de la flota existente, incluyendo unidades de bajas emisiones y emisiones cero.

## JUSTIFICACIÓN

Los sistemas de transporte público en las áreas metropolitanas de Veracruz requieren ser modernizados mediante la incorporación de sistemas tipo BRT y la renovación de la flota en general. Los sistemas tipo BRT (llamados así por sus siglas en inglés por Bus Rapid Transit), serían una alternativa para las grandes ciudades del estado de Veracruz, lo cual requiere el desarrollo de infraestructura y confinamiento de carriles viales en donde se daría prioridad al transporte público masivo de pasajeros. Experiencias con BRT en la ciudad de México nos indican un ahorro en tiempos de traslados de más del 40% con respecto a lo que invertía una persona en el mismo recorrido antes del Metrobús.

Como parte de este proceso de modernización, existe la oportunidad de eliminar definitivamente de la circulación vehículos contaminantes y obsoletos, reemplazándolos por autobuses de muy bajas emisiones que cumplan estándares Euro VI o más estrictos, tales como unidades a diesel de ultra bajo contenido de azufre, vehículos híbridos y autobuses eléctricos.

## CONTAMINANTES A REDUCIR

| PM <sub>10</sub> | PM <sub>2.5</sub> | SO <sub>2</sub> | CO | NO <sub>x</sub> | COV | TÓXICOS | GEI |
|------------------|-------------------|-----------------|----|-----------------|-----|---------|-----|
| *                | *                 | *               | *  | *               | *   | *       | *   |

## CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN

| Acciones                                                                                                                                                                               | Responsable                                                                                                              | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Estudio de línea base del transporte público y análisis de demanda para la implementación de BRT                                                                                       | Gobierno del Estado de Veracruz y Municipios con el apoyo de SEMARNAT y la participación de los operadores de transporte | *    | *    |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Identificación y desarrollo de instrumentos normativos y de financiación para la implementación del programa                                                                           | Gobierno del Estado de Veracruz y Municipios con el apoyo de SEMARNAT y la participación de los operadores de transporte | *    | *    |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Diseño del programa para la introducción de sistemas BRT y renovación de la flota de transporte público, incluyendo la incorporación de autobuses de bajas emisiones y emisiones cero. | Gobierno del Estado de Veracruz y Municipios con el apoyo de SEMARNAT y la participación de los operadores de transporte |      | *    | *    | *    |      |      |      |      |      |      |
| Implementación del programa                                                                                                                                                            | Gobierno del Estado de Veracruz y Municipios con el apoyo de SEMARNAT y la participación de los operadores de transporte |      |      |      |      | *    | *    | *    | *    | *    | *    |
| Seguimiento y evaluación                                                                                                                                                               | Gobierno del Estado de Veracruz y Municipios con el apoyo de SEMARNAT y la participación de los operadores de transporte |      |      |      |      | *    | *    | *    | *    | *    | *    |

## ACTORES INVOLUCRADOS

Gobierno del Estado de Veracruz y Municipios con el apoyo de SEMARNAT y la participación de los operadores de transporte.

## ESTIMACIÓN DE COSTOS

En los últimos años se han logrado grandes avances en el desarrollo de tecnologías competitivas de autobuses eléctricos, los cuales logran autonomías de 400km por carga con tiempos de recarga de la batería de 2 horas y bajos costos de operación y mantenimiento. Dichos autobuses tienen un costo similar al de un autobús a diesel de alta tecnología, sin incluir el costo de la batería. Un esquema para hacer estos autobuses asequibles a los operadores de transporte consiste en un esquema de “leasing” de la batería, el cual se paga con los ahorros asociados con el consumo de diesel que ya no se va a utilizar.

## ESTIMACIÓN DE REDUCCIÓN DE EMISIONES

Para fines de esta estimación se ha supuesto la implementación de sistemas de transporte tipo BRT que sustituirían en un 20% a los modos de transporte público existentes en las principales ciudades del estado de Veracruz. Bajo este supuesto se destruirían definitivamente 220 vagonetas, 1,797 medibuses y 1,466 autobuses. Estos vehículos serían sustituidos por 1,694 autobuses que cumplan con límites de emisión EURO VI (estos podrán ser a diesel o híbridos) y 726 autobuses eléctricos.

Con esta medida, al año 2030 se dejarían de emitir anualmente 1,266 toneladas de NOx y más de 70 mil toneladas de CO<sub>2</sub>.

Cuadro 6.8. Reducción de emisiones por la implementación de transporte tipo BRT

| Tipo                 | Número | Emisiones [ton/año] |                   |    |                 |     |       |     |                 |
|----------------------|--------|---------------------|-------------------|----|-----------------|-----|-------|-----|-----------------|
|                      |        | PM <sub>10</sub>    | PM <sub>2.5</sub> | CN | SO <sub>2</sub> | CO  | NOx   | COV | CO <sub>2</sub> |
| Autobuses EURO VI    | 1694   | 14                  | 11                | 7  | 1               | 543 | 1,266 | 117 | 70,357          |
| Autobuses Eléctricos | 726    |                     |                   |    |                 |     |       |     |                 |

## OBSERVACIONES

No aplica

### ***6.3.3. MEDIDA 3. Promoción del reemplazo de autobuses foráneos con más de 15 años de antigüedad por nuevas unidades que cumplan con EURO VI.***

## OBJETIVO

Disminuir las emisiones de la flota de autobuses foráneos mediante la sustitución de unidades obsoletas y contaminantes por autobuses de bajas emisiones.

## JUSTIFICACIÓN

En las carreteras del estado de Veracruz circula una alta cantidad de autobuses que brindan servicios de transporte de pasajeros entre las ciudades de la entidad. Los vehículos con más de 15 años de antigüedad tienen emisiones significativamente mayores, debido al atrasado estándar tecnológico al que corresponden y al desgaste asociado con su uso intenso.

La medida propuesta consiste en la chatarrización de las unidades en circulación con más de 15 años de edad, sustituyéndolas por autobuses que cumplan los límites de emisión EURO VI. A nivel federal, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes ha puesto en marcha el Programa de Modernización del Autotransporte Federal de Carga y Pasaje, integrado por el Esquema de Sustitución Vehicular (chatarrización) y el Programa de Financiamiento SCT-NAFIN. El Esquema de Sustitución Vehicular brinda créditos fiscales para apoyar a los transportistas en la adquisición de unidades más recientes y menos contaminantes, con reglas de operación que están en proceso de ser actualizadas para hacer que este programa sea más atractivo para los transportistas. El Programa de Financiamiento SCT-NAFIN proporciona préstamos preferenciales a empresas transportistas y “hombres-camión” para la adquisición de nuevas unidades.

La medida que se propone para ProAire Veracruz consiste en unir esfuerzos entre el gobierno estatal, el gobierno federal y los transportistas para aprovechar los apoyos mencionados en un paquete de inversiones y estímulos que aceleren la renovación de la flota con autobuses foráneos más limpios.

## CONTAMINANTES A REDUCIR

| PM <sub>10</sub> | PM <sub>2.5</sub> | SO <sub>2</sub> | CO | NO <sub>x</sub> | COV | Tóxicos | GEI |
|------------------|-------------------|-----------------|----|-----------------|-----|---------|-----|
| *                | *                 | *               | *  | *               | *   | *       | *   |

## CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN

| Acciones                                                                                                                                              | Responsable                                                     | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Identificación de las principales flotas y/o rutas donde existe el mayor volumen de vehículos susceptibles de chatarrización por unidades más limpias | SCT con el apoyo del Gobierno del Estado de Veracruz y SEMARNAT | *    | *    |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Definición de un paquete integral de apoyos que combinen el Esquema de Chatarrización con el Programa de Modernización del Autotransporte SCT-NAFIN   | SCT, NAFIN y SEMARNAT                                           | *    | *    |      |      |      |      |      |      |      |      |

| Acciones                    | Responsable                       | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 |
|-----------------------------|-----------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Implementación del programa | SCT, NAFIN, SEMARNAT y operadores |      | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    |
| Seguimiento y evaluación    | SCT, NAFIN y SEMARNAT             |      | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    |

## ACTORES INVOLUCRADOS

SCT, NAFIN, SEMARNAT, Gobierno del Estado de Veracruz y operadores.

## ESTIMACIÓN DE COSTOS

La estimación de costos deberá formar parte del proceso de dimensionamiento y formulación del paquete integrado de apoyos.

## ESTIMACIÓN DE REDUCCIÓN DE EMISIONES

En el siguiente cuadro se muestra una estimación de la reducción de emisiones que podría lograrse mediante la aplicación de esta medida.

Cuadro 6.9. Reducción de emisiones, por la sustitución y chatarrización de autobuses foráneos con EURO VI

| Vehículos a sustituir y chatarrizar |        | Emisiones [ton/año] |                   |    |                 |       |       |     |                 |
|-------------------------------------|--------|---------------------|-------------------|----|-----------------|-------|-------|-----|-----------------|
| Tipo                                | Número | PM <sub>10</sub>    | PM <sub>2.5</sub> | CN | SO <sub>2</sub> | CO    | NOx   | COV | CO <sub>2</sub> |
| Autobuses                           | 1,628  | 35                  | 27                | 16 | 1               | 1,436 | 3,964 | 278 | 94,030          |

## OBSERVACIONES

No aplica

### 6.3.4. MEDIDA 4. Promoción de la sustitución y chatarrización de los vehículos de carga con más de 15 años de antigüedad

#### OBJETIVO

Disminuir las emisiones de la flota de transporte de carga a través de su renovación mediante mecanismos de desincorporación de automotores antiguos.

## JUSTIFICACIÓN

Un intenso flujo vehicular de transporte de carga tanto de jurisdicción federal como estatal circula por las carreteras de la entidad, lo cual se explica por el tránsito de mercancías desde el puerto de Veracruz, las zonas agrícolas, los centros de producción petroquímica e industrial, entre las ciudades del Estado y, más allá, la costa del golfo de México. La flota de transporte de carga incluye una gran cantidad de vehículos con más de 15 años de antigüedad con emisiones muy altas, debido a la obsolescencia tecnológica y el desgaste de los motores. En múltiples casos, las flotas de transporte de carga incluyen vehículos fuera de especificación con emisiones ostentosas.

La medida propuesta consiste en chatarrizar tanto camiones de jurisdicción federal como estatal de más de 15 años de edad, sustituyéndolos por camiones que cumplan los límites de emisión EURO VI. A nivel federal, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes ha puesto en marcha el Programa de Modernización del Autotransporte Federal de Carga y Pasaje, integrado por el Esquema de Sustitución Vehicular (chatarrización) y el Programa de Financiamiento SCT-NAFIN. El Esquema de Sustitución Vehicular brinda créditos fiscales para apoyar a los transportistas en la adquisición de unidades más recientes y menos contaminantes, con reglas de operación que están en proceso de ser actualizadas para hacer que este programa sea más atractivo para los transportistas. El Programa de Financiamiento SCT-NAFIN proporciona préstamos preferenciales a empresas transportistas y “hombres-camión” para la adquisición de nuevas unidades. No existe un programa similar a nivel estatal.

La medida que se propone para ProAire Veracruz consiste en unir esfuerzos entre el gobierno estatal, el gobierno federal y los transportistas para aprovechar los apoyos mencionados en un paquete de inversiones y estímulos que aceleren la renovación de la flota con camiones más limpios.

## CONTAMINANTES A REDUCIR

| PM <sub>10</sub> | PM <sub>2.5</sub> | SO <sub>2</sub> | CO | NO <sub>x</sub> | COV | Tóxicos | GEI |
|------------------|-------------------|-----------------|----|-----------------|-----|---------|-----|
| *                | *                 |                 | *  | *               | *   |         | *   |

## CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN

| Acciones                                                                                                                                              | Responsable                                                     | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Identificación de las principales flotas y/o rutas donde existe el mayor volumen de vehículos susceptibles de chatarrización por unidades más limpias | SCT con el apoyo del Gobierno del Estado de Veracruz y SEMARNAT | *    | *    |      |      |      |      |      |      |      |      |

| Acciones                                                                                                                                            | Responsable                       | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Definición de un paquete integral de apoyos que combinen el Esquema de Chatarrización con el Programa de Modernización del Autotransporte SCT-NAFIN | SCT, NAFIN y SEMARNAT             | *    | *    |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Implementación del programa                                                                                                                         | SCT, NAFIN, SEMARNAT y operadores |      | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    |
| Seguimiento y evaluación                                                                                                                            | SCT, NAFIN y SEMARNAT             |      | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    |

## ACTORES INVOLUCRADOS

SCT, NAFIN, SEMARNAT, Gobierno del Estado de Veracruz y operadores

## ESTIMACIÓN DE COSTOS

La estimación de costos deberá formar parte del proceso de dimensionamiento y formulación del paquete integrado de apoyos.

## ESTIMACIÓN DE REDUCCIÓN DE EMISIONES

La estimación de la reducción de emisiones se ha realizado en dos partes. La primera está relacionada con los vehículos a chatarrizar y reemplazar que son de jurisdicción estatal. La segunda, de naturaleza similar, está dirigida a los vehículos de jurisdicción federal.

### A) Vehículos de Jurisdicción del Gobierno del Estado de Veracruz

La sustitución y chatarrización al año 2030 de la flota vehicular local que tiene más de 15 años de fabricación (78,015 unidades), con vehículos que cumplan con EPA 2010 o EURO VI (para lo que es necesario que cuenten con filtro de partículas y control de NOx), tendría los resultados que se muestran en el siguiente cuadro:

Cuadro 6.10. Vehículos de jurisdicción local a sustituir y chatarrizar y su reducción de emisiones

| Vehículos a sustituir y chatarrizar |        | Emisiones [ton/año] |                   |    |                 |        |       |       |                 |
|-------------------------------------|--------|---------------------|-------------------|----|-----------------|--------|-------|-------|-----------------|
| Tipo                                | Número | PM <sub>10</sub>    | PM <sub>2.5</sub> | CN | SO <sub>2</sub> | CO     | NOx   | COV   | CO <sub>2</sub> |
| Vehículos de carga de hasta 3 ton   | 39,600 | 35                  | 17                | 4  | 133             | 24,222 | 3,010 | 4,009 | 165,088         |

|                                    |        |     |     |     |     |        |        |       |         |
|------------------------------------|--------|-----|-----|-----|-----|--------|--------|-------|---------|
| Vehículos de carga de más de 3 ton | 37,139 | 196 | 152 | 93  | 12  | 1,920  | 8,824  | 708   | 207,837 |
| Tractocamiones                     | 1,276  | 38  | 30  | 3   | 0   | 1,270  | 3,434  | 176   | 49,264  |
| Total                              | 78,015 | 269 | 199 | 100 | 146 | 27,413 | 15,268 | 4,893 | 422,189 |

## B) Vehículos de Jurisdicción Federal

La sustitución y chatarrización al año 2030 de la flota vehicular federal que tiene más de 15 años de fabricación (11,952 unidades), con vehículos que cumplan con EPA 2010 o EURO VI (para lo que es necesario que cuenten con filtro de partículas y control de NOx), tendría como resultado la reducción de emisiones que se muestra en el siguiente cuadro:

Cuadro 6.11. Reducción de emisiones, por la sustitución y chatarrización de vehículos de carga Federal

| Vehículos a sustituir y chatarrizar |        | Emisiones [ton/año] |                   |    |                 |       |        |     |                 |
|-------------------------------------|--------|---------------------|-------------------|----|-----------------|-------|--------|-----|-----------------|
| Tipo                                | Número | PM <sub>10</sub>    | PM <sub>2.5</sub> | CN | SO <sub>2</sub> | CO    | NOx    | COV | CO <sub>2</sub> |
| Vehículos de carga de más de 3 ton  | 1,267  | 5                   | 4                 | 2  | 3               | ---   | 320    | 62  | 9,687           |
| Tractocamiones                      | 10,685 | 228                 | 178               | 31 | 2               | 7,323 | 18,566 | 922 | 212,698         |
| Total                               | 11,952 | 233                 | 182               | 34 | 5               | 7,323 | 18,887 | 984 | 222,384         |

## OBSERVACIONES

No aplica

## 6.4. ESTRATEGIA 3. REDUCCIÓN DE EMISIONES EN COMERCIO, SERVICIOS Y FUENTES DE ÁREA

El inventario de emisiones del estado de Veracruz presentado en el capítulo 3 identifica un conjunto de múltiples actividades de comercio y servicios, así como instalaciones de servicios públicos, zonas urbanas y rurales que liberan contaminantes a la atmósfera. Para fines de ProAire Veracruz, se han identificado medidas y acciones que se consideran de alto impacto debido a la reducción de emisiones que cada una conlleva a escala estatal y/o en cuencas atmosféricas específicas.

Las medidas identificadas dentro de esta estrategia son las siguientes:

- Reemplazar estufas de leña por estufas limpias y eficientes
- Implementar un programa de pavimentación en las principales áreas metropolitanas
- Capturar y aprovechar el poder calorífico del metano generado en plantas de tratamiento de aguas residuales
- Reducir la emisión de compuestos orgánicos volátiles en diversas actividades de pintura, recubrimiento de superficies, lavado en seco, artes gráficas y limpieza
- Implantar prácticas de cosecha mecanizada sin quema agrícola

- Aplicar técnicas de agricultura con labranza cero en sustitución de prácticas que erosionan el suelo

Las medidas identificadas en esta estrategia y sus metas de reducción son las siguientes:

| Estrategia III. Reducción de emisiones en comercios, servicios (y fuentes de área) |                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| #                                                                                  | Medida                                                                                                                                                   | Metas de Reducción                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 1                                                                                  | Reemplazar fogones de leña por estufas limpias y eficientes.                                                                                             | PM <sub>10</sub> : 3,442 ton/año<br>PM <sub>2.5</sub> : 1,118 ton/año<br>CN: 209 ton/año<br>SO <sub>2</sub> : 45 ton/año<br>CO: 10,557 ton/año<br>NO <sub>x</sub> : 134 ton/año<br>COV: 2,729 ton/año<br>CO <sub>2</sub> : 38,880 ton/año<br>CH <sub>4</sub> : 972 ton/año |
| 2                                                                                  | Implementar un programa de pavimentación en las principales áreas metropolitanas acoplado al fortalecimiento de los programas de desarrollo urbano.      | PM <sub>10</sub> : 15,404 ton/año<br>PM <sub>2.5</sub> : 1,508 ton/año                                                                                                                                                                                                     |
| 3                                                                                  | Capturar y aprovechar el metano generado en plantas de tratamiento de aguas residuales.                                                                  | CH <sub>4</sub> : 101,666 ton/año                                                                                                                                                                                                                                          |
| 4                                                                                  | Reducir la emisión de compuestos orgánicos volátiles en actividades de pintura, recubrimiento de superficies, lavado en seco, artes gráficas y limpieza. | COV: 4,990 ton/año                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 5                                                                                  | Implantar prácticas de cosecha mecanizada sin quema agrícola.                                                                                            | PM <sub>10</sub> : 579 ton/año<br>PM <sub>2.5</sub> : 77 ton/año<br>CN: 5 ton/año<br>SO <sub>2</sub> : 276 ton/año<br>CO: 11,181 ton/año<br>NO <sub>x</sub> : 1,164 ton/año<br>COV: 480 ton/año<br>CO <sub>2</sub> : 327,62 ton/año                                        |
| 6                                                                                  | Aplicar técnicas de agricultura con labranza cero en sustitución de las prácticas actuales que erosionan el suelo.                                       | PM <sub>10</sub> : 797 ton/año<br>PM <sub>2.5</sub> : 177 ton/año                                                                                                                                                                                                          |

A continuación, se describen las medidas citadas.

#### **6.4.1. MEDIDA 1. Diseño de un programa de reemplazo de estufas de leña por estufas limpias y eficientes**

##### **OBJETIVO**

Disminuir las emisiones a la atmósfera generadas por estufas de leña y reducir la exposición de la población a humos nocivos dentro de los hogares mediante la sustitución por estufas limpias y eficientes.

##### **JUSTIFICACIÓN**

En las viviendas del medio rural del estado de Veracruz, todavía se queman grandes cantidades de leña en hornos o fogones tradicionales, esto principalmente para la cocción de los alimentos y para el calentamiento de agua; por lo que esta práctica genera grandes cantidades de emisiones contaminantes, Carbón Negro (hollín) y gases de efecto invernadero.

El proyecto tipo “Estufas ahorradoras de leña” realizado dentro del Programa Especial para la Seguridad Alimentaria de la FAO y la SAGARPA, ha demostrado con datos en México que la introducción de estufas ahorradoras de leña en sustitución del fogón tradicional, podría reducir hasta en un 60% el consumo de leña. Si consideramos que anualmente una familia consume aproximadamente 6 toneladas de leña en un fogón tradicional, con el cambio a una estufa ahorradora podría dejar de quemar hasta 3.6 toneladas. La adopción generalizada de estufas ahorradoras de leña en las comunidades rurales del estado de Veracruz, podría traer grandes beneficios ambientales al dejar de quemar gran parte de la leña que utilizan actualmente.

Por otra parte, existen alternativas al fogón tradicional tales como estufas de gas o eléctricas. La experiencia ha demostrado que la introducción de estufas ahorradoras de leña y/u otras alternativas, requiere la superación de diversas barreras económicas, sociales y culturales, entre otras. Dada la importancia del problema y sus altos impactos negativos al ambiente y la salud, se requiere la combinación de esfuerzos locales, nacionales e internacionales para la generación de proyectos sostenibles de estufas eficientes con un alto impacto.

## CONTAMINANTES A REDUCIR

| PM <sub>10</sub> | PM <sub>2.5</sub> | SO <sub>2</sub> | CO | NO <sub>x</sub> | COV | Tóxicos | GEI |
|------------------|-------------------|-----------------|----|-----------------|-----|---------|-----|
| *                | *                 | *               | *  | *               | *   | *       | *   |

## CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN

| Acciones                                                                                                | Responsable                                                             | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Identificación de la línea base de uso de leña en la preparación de alimentos en el estado de Veracruz  | Gobierno del Estado de Veracruz, Municipios selectos, SEMARNAT, SAGARPA | *    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Diseño de un programa de sustitución de estufas para las condiciones específicas del estado de Veracruz | Gobierno del Estado de Veracruz, Municipios selectos, SEMARNAT, SAGARPA | *    | *    |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Identificación de herramientas de financiamiento                                                        |                                                                         |      | *    |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Implementación del programa                                                                             | Gobierno del Estado de Veracruz, Municipios selectos, SEMARNAT, SAGARPA |      | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    |
| Seguimiento y evaluación                                                                                | Gobierno del Estado de Veracruz, Municipios selectos, SEMARNAT, SAGARPA |      | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    |

## ACTORES INVOLUCRADOS

Gobierno del Estado de Veracruz, Municipios selectos, SEMARNAT, SAGARPA.

## ESTIMACIÓN DE COSTOS

La estimación de costos deberá formar parte del proceso de dimensionamiento y formulación del paquete integrado de apoyos.

## ESTIMACIÓN DE REDUCCIÓN DE EMISIONES

La sustitución del 30% de los fogones tradicionales por estufas ahorradoras de leña puede representar las reducciones que se muestran en el cuadro siguiente.

**Cuadro 6.12. Reducción de emisiones por la introducción de un 30% de estufas ahorradoras de leña**

| Reducción de emisiones [ton/año] |                   |     |                 |        |                 |       |                 |                 |
|----------------------------------|-------------------|-----|-----------------|--------|-----------------|-------|-----------------|-----------------|
| PM <sub>10</sub>                 | PM <sub>2.5</sub> | CN  | SO <sub>2</sub> | CO     | NO <sub>x</sub> | COV   | CO <sub>2</sub> | CH <sub>4</sub> |
| 3,422                            | 1,118             | 209 | 45              | 10,557 | 134             | 2,729 | 38,880          | 972             |

Debido a la amplia utilización de leña como combustible en la preparación de alimentos, la implementación de esta medida tendría beneficios en todas las cuencas del Estado, tal como se muestra en el Cuadro 6.13.

**Cuadro 6.13. Reducción de emisiones por cuenca, por la introducción de un 30% de estufas ahorradoras de leña**

| Cuenca                               | Emisión [ton/año] |                   |    |                 |       |                 |     |                 |                 |
|--------------------------------------|-------------------|-------------------|----|-----------------|-------|-----------------|-----|-----------------|-----------------|
|                                      | PM <sub>10</sub>  | PM <sub>2.5</sub> | CN | SO <sub>2</sub> | CO    | NO <sub>x</sub> | COV | CO <sub>2</sub> | CH <sub>4</sub> |
| Coatzacoalcos, Minatitlán y Acayucan | 717               | 234               | 44 | 9               | 2,229 | 28              | 572 | 8,147           | 204             |
| Tuxpan                               | 106               | 35                | 7  | 1               | 326   | 4               | 84  | 1,203           | 30              |
| Córdoba Orizaba                      | 596               | 195               | 36 | 8               | 1,834 | 23              | 475 | 6,769           | 169             |
| Veracruz                             | 601               | 196               | 36 | 8               | 1,849 | 24              | 479 | 6,824           | 171             |
| Xalapa-Enríquez                      | 483               | 158               | 30 | 6               | 1,486 | 19              | 385 | 5,483           | 137             |
| Poza Rica de Hidalgo, Papantla       | 362               | 118               | 22 | 5               | 1,114 | 14              | 288 | 4,109           | 103             |
| Pánuco                               | 138               | 45                | 8  | 2               | 425   | 5               | 110 | 1,567           | 39              |
| Martínez de la Torre                 | 228               | 74                | 14 | 3               | 701   | 9               | 182 | 2,586           | 65              |
| San Andrés Tuxtla                    | 193               | 63                | 12 | 3               | 594   | 8               | 154 | 2,191           | 55              |

## OBSERVACIONES

No aplica

### 6.4.2. MEDIDA 2. Diseño e implementación de un programa de pavimentación en las principales áreas metropolitanas

#### OBJETIVO

Reducir la superficie de calles y avenidas carentes de pavimento para disminuir las emisiones de partículas respirables en las ciudades del Estado.

#### JUSTIFICACIÓN

Las vialidades sin pavimento son una de las principales categorías generadoras de partículas. Se estima que aproximadamente el 38% de las vialidades del estado de Veracruz no están pavimentadas. Estas emisiones, son consecuencia del paso de los vehículos sobre estas vialidades, en donde por el rodamiento de las llantas produce una fricción y turbulencia que desprende de la superficie de la vialidad polvo que contamina el aire. Se estima que en cada kilómetro de vialidad se pueden generar anualmente 5.5 toneladas de partículas PM<sub>10</sub>, como se muestra en el cuadro siguiente.

Cuadro 6.14. Emisiones generadas por kilómetro lineal de vialidad

| Subsector              | Emisión [Kg/año-km vialidad] |                   |
|------------------------|------------------------------|-------------------|
|                        | PM <sub>10</sub>             | PM <sub>2.5</sub> |
| Caminos sin pavimentar | 5,533.1                      | 553.0             |

En gran medida el problema de zonas urbanas carentes de pavimento está relacionado con la rápida expansión de las manchas urbanas y la carencia de planes adecuados de uso del suelo.

La medida propuesta consiste en llevar a cabo un programa de pavimentación en las principales áreas urbanas del Estado, acompañado del establecimiento de políticas y programas de uso del suelo que reduzcan la multiplicación de vías sin pavimentos.

#### CONTAMINANTES A REDUCIR

| PM <sub>10</sub> | PM <sub>2.5</sub> | SO <sub>2</sub> | CO | NO <sub>x</sub> | COV | Tóxicos | GEI |
|------------------|-------------------|-----------------|----|-----------------|-----|---------|-----|
|------------------|-------------------|-----------------|----|-----------------|-----|---------|-----|

\*

\*

## CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN

| Acciones                                                                                                                  | Responsable                                  | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Priorización de vías a pavimentar con base en información de emisiones                                                    | Gobierno del Estado de Veracruz y Municipios | *    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Diseño de un programa para acelerar la pavimentación de calles y avenidas en las principales áreas del estado de Veracruz | Gobierno del Estado de Veracruz y Municipios | *    | *    |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Identificación de elementos de financiación                                                                               | Gobierno del Estado de Veracruz y Municipios |      | *    |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Implementación del programa                                                                                               | Gobierno del Estado de Veracruz y Municipios |      | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    |
| Seguimiento y evaluación                                                                                                  | Gobierno del Estado de Veracruz y Municipios |      | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    |

## ACTORES INVOLUCRADOS

Gobierno del Estado de Veracruz y Municipios.

## ESTIMACIÓN DE COSTOS

La estimación de costos deberá formar parte del proceso de dimensionamiento y formulación del paquete integrado de apoyos.

## ESTIMACIÓN DE REDUCCIÓN DE EMISIONES

La disminución en un 30% de las vialidades sin pavimento, tendría como resultado la reducción de emisiones que se presenta en el siguiente cuadro.

Cuadro 6.15. Reducción de emisiones por la pavimentación del 30% de vialidades

| Subsector                 | Reducción de emisión [ton/año] |                   |
|---------------------------|--------------------------------|-------------------|
|                           | PM <sub>10</sub>               | PM <sub>2.5</sub> |
| Vialidades sin pavimentar | 15,404                         | 1,508             |

En el Cuadro 6.16 se muestra la reducción esperada de emisiones por cuenca. La mayoría de las cuencas tendrían un beneficio ambiental significativo.

Cuadro 6.16. Reducción de emisiones por cuenca, por la pavimentación del 30% de vialidades

| Cuenca                               | Emisión [ton/año] |                   |    |
|--------------------------------------|-------------------|-------------------|----|
|                                      | PM <sub>10</sub>  | PM <sub>2.5</sub> | CN |
| Coatzacoalcos, Minatitlán y Acayucan | 3,228             | 316               | 6  |
| Tuxpan                               | 477               | 46                | 1  |
| Córdoba Orizaba                      | 2,682             | 263               | 5  |
| Veracruz                             | 2,704             | 265               | 5  |
| Xalapa-Enríquez                      | 2,172             | 213               | 4  |
| Poza Rica de Hidalgo, Papantla       | 1,628             | 159               | 3  |
| Pánuco                               | 621               | 61                | 1  |
| Martínez de la Torre                 | 1,025             | 100               | 2  |
| San Andrés Tuxtla                    | 868               | 85                | 2  |

#### OBSERVACIONES

No aplica

### 6.4.3. MEDIDA 3. Aprovechamiento del poder calorífico del metano generado en plantas de tratamiento de aguas residuales

#### OBJETIVO

Disminuir las emisiones de metano generadas en plantas de tratamiento de aguas residuales mediante la instalación de sistemas de captación, almacenamiento y aprovechamiento como combustible alternativo.

#### JUSTIFICACIÓN

Para eliminar la materia orgánica dentro el tratamiento del agua residual, se utilizan procesos biológicos, como la digestión anaerobia. Este es un proceso de fermentación que se caracteriza por la conversión de la materia orgánica a metano, en ausencia de oxígeno y con la interacción de diferentes poblaciones bacterianas.

La medida propuesta en ProAire Veracruz consiste en la instalación de sistemas de captación, almacenamiento y aprovechamiento como combustible alternativo que se puede utilizar en procesos de combustión (desplazando el uso de combustibles fósiles) y/o en la generación de energía eléctrica.

## CONTAMINANTES A REDUCIR

| PM <sub>10</sub> | PM <sub>2.5</sub> | SO <sub>2</sub> | CO | NO <sub>x</sub> | COV | Tóxicos | GEI |
|------------------|-------------------|-----------------|----|-----------------|-----|---------|-----|
|------------------|-------------------|-----------------|----|-----------------|-----|---------|-----|

\*

## CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN

| Acciones                                                                                                          | Responsable                                                                                            | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Identificación de alternativas para la captura y aprovechamiento del metano en plantas de aguas residuales        | Gobierno del Estado de Veracruz, Municipios y operadores de plantas de tratamiento de aguas residuales | *    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Identificación de alternativas de financiación y desarrollo de los instrumentos normativos para la implementación | Gobierno del Estado de Veracruz, Municipios y operadores de plantas de tratamiento de aguas residuales | *    | *    |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Implementación del programa                                                                                       | Gobierno del Estado de Veracruz, Municipios y operadores de plantas de tratamiento de aguas residuales |      | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    |
| Seguimiento y evaluación                                                                                          | Gobierno del Estado de Veracruz, Municipios y operadores de plantas de tratamiento de aguas residuales |      | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    |

## ACTORES INVOLUCRADOS

Gobierno del Estado de Veracruz, Municipios y operadores de plantas de tratamiento de aguas residuales.

## ESTIMACIÓN DE COSTOS

La estimación de costos deberá formar parte del proceso de dimensionamiento y formulación del paquete integrado de apoyos.

## ESTIMACIÓN DE REDUCCIÓN DE EMISIONES

El programa plantea la captura y aprovechamiento del 30% del metano generado en las plantas de tratamiento de aguas residuales. Esto representa una reducción que supera las 100,000 toneladas de CH<sub>4</sub>. En el Cuadro 6.17, se presentan las reducciones por cuenca.

Cuadro 6.17. Reducción de emisiones por cuenca, por la captura y aprovechamiento del metano en un 30% del agua tratada

| Cuenca                               | Emisiones [ton/año] |
|--------------------------------------|---------------------|
|                                      | CH <sub>4</sub>     |
| Coatzacoalcos, Minatitlán y Acayucan | 40,421              |
| Córdoba Orizaba                      | 27,326              |
| Veracruz                             | 10,164              |
| Xalapa-Enríquez                      | 7,714               |
| Poza Rica de Hidalgo, Papantla       | 4,741               |
| Pánuco                               | 1,200               |
| Martínez de la Torre                 | 9,660               |
| San Andrés Tuxtla                    | 440                 |

## OBSERVACIONES

No aplica

### ***6.4.4. MEDIDA 4. Reducción de la emisión de compuestos orgánicos volátiles en diversas actividades de pintura, recubrimiento de superficies, lavado en seco, artes gráficas y limpieza***

## OBJETIVO

Evitar la emisión a la atmósfera de sustancias relacionadas con el uso y aplicación de disolventes orgánicos en diversas actividades comerciales, de servicios y en los hogares.

## JUSTIFICACIÓN

Existen emisiones considerables de compuestos orgánicos volátiles (COV), en varias categorías de fuentes de área que utilizan solventes o productos que los contienen, como son las actividades de recubrimiento de superficies arquitectónicas, la limpieza de superficie industrial, el lavado en seco, los productos de cuidado personal, los productos para el cuidado automotriz y el uso de plaguicidas domésticos. Debido a que estas actividades son numerosas y se encuentran dispersas en todo el Estado, es difícil implementar medidas de control que se puedan instrumentar individualmente, por lo que para reducir las emisiones de este sector, se recomienda implementar una campaña de buenas prácticas para evitar el uso excesivo de disolventes orgánicos, así como aplicar y vigilar el cumplimiento de las normas vigentes que regulan el contenido de disolventes y promover el uso de materiales libres de estas sustancias.

## CONTAMINANTES A REDUCIR

| PM <sub>10</sub> | PM <sub>2.5</sub> | SO <sub>2</sub> | CO | NO <sub>x</sub> | COV | Tóxicos | GEI |
|------------------|-------------------|-----------------|----|-----------------|-----|---------|-----|
|                  |                   |                 |    |                 | *   | *       |     |

## CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN

| Acciones                                                                                                                                                               | Responsable                     | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Diseño e implementación de una campaña de buenas prácticas para reducir y/o evitar el uso excesivo de productos con disolventes orgánicos                              | Gobierno del Estado de Veracruz | *    | *    |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Aplicar y vigilar el cumplimiento de las normas que regulan el contenido de disolventes orgánicos en pinturas, recubrimientos, productos de limpieza y otros similares | Gobierno del Estado de Veracruz | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    |
| Implementación del programa                                                                                                                                            | Gobierno del Estado de Veracruz |      | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    |
| Seguimiento y evaluación                                                                                                                                               | Gobierno del Estado de Veracruz |      | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    |

## ACTORES INVOLUCRADOS

SEMARNAT, Gobierno del Estado de Veracruz.

## ESTIMACIÓN DE COSTOS

La estimación de costos deberá formar parte del proceso de planeación de la campaña.

## ESTIMACIÓN DE REDUCCIÓN DE EMISIONES

La reducción de emisiones de COV por el desarrollo de esta medida se estima en cerca de 5 mil toneladas. En el Cuadro 6.18 se presentan las reducciones estimadas por cuenca.

Cuadro 6.18. Reducción de COV por cuenca

| Cuenca                               | Reducción de COV |
|--------------------------------------|------------------|
|                                      | [ton/año]        |
| Coatzacoalcos, Minatitlán y Acayucan | 1,055            |
| Tuxpan                               | 144              |
| Córdoba Orizaba                      | 860              |
| Veracruz                             | 854              |
| Xalapa-Enríquez                      | 672              |
| Poza Rica de Hidalgo, Papantla       | 585              |
| Pánuco                               | 199              |
| Martínez de la Torre                 | 354              |
| San Andrés Tuxtla                    | 267              |

#### OBSERVACIONES

No aplica

#### 6.4.5. MEDIDA 5. Valoración de prácticas de cosecha mecanizada sin quema agrícola

##### OBJETIVO

Prevenir y/o evitar la emisión de partículas y otros contaminantes que se generan en las actividades de cosecha de la caña de azúcar.

##### JUSTIFICACIÓN

En el estado de Veracruz, la quema de la caña de azúcar en las actividades de la cosecha es una práctica común. Esto se realiza como un método para eliminar residuos vegetales, malezas e incluso insectos u otros animales presentes en los cultivos y que interfieren en la cosecha de los tallos. Esta práctica, genera grandes cantidades de contaminantes y compuestos de efecto invernadero.

Una práctica para evitar estas emisiones, es la cosecha mecanizada de la caña verde (corte y limpieza en seco), para la separación de los residuos de la caña. Esta práctica se emplea en diversos países productores. Además de evitar las emisiones con esta práctica, como valor agregado se obtienen residuos agrícolas de la caña que se pueden comercializar como insumos de algunos procesos industriales.

## CONTAMINANTES A REDUCIR

| PM <sub>10</sub> | PM <sub>2.5</sub> | SO <sub>2</sub> | CO | NO <sub>x</sub> | COV | Tóxicos | GEI |
|------------------|-------------------|-----------------|----|-----------------|-----|---------|-----|
| *                | *                 | *               | *  | *               | *   |         | *   |

## CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN

| Acciones                                                                                                                     | Responsable                                                                             | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Identificación de alternativas para el desarrollo de cosecha mecanizada sin quema de labranza – Creación de mesas de trabajo | Gobierno del Estado de Veracruz, SAGARPA, SEMARNAT, Asociaciones de productores de caña | *    | *    |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Diseño de instrumentos normativos y financieros para la implementación de prácticas de cosecha mecanizada                    | Gobierno del Estado de Veracruz, SAGARPA, SEMARNAT, Asociaciones de productores de caña |      | *    | *    |      |      |      |      |      |      |      |
| Implementación del programa                                                                                                  | Gobierno del Estado de Veracruz, SAGARPA, SEMARNAT, Asociaciones de productores de caña |      |      | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    |
| Seguimiento y evaluación                                                                                                     | Gobierno del Estado de Veracruz, SAGARPA, SEMARNAT, Asociaciones de productores de caña |      | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    |

## ACTORES INVOLUCRADOS

Gobierno del Estado de Veracruz, SAGARPA, SEMARNAT, y asociaciones de productores de caña.

## ESTIMACIÓN DE COSTOS

La estimación de costos deberá formar parte del proceso de dimensionamiento y formulación del programa

## ESTIMACIÓN DE REDUCCIÓN DE EMISIONES

Los resultados de la adopción de prácticas de cosecha mecanizada en el 15% de los cultivos del Estado permitiría la reducción de emisiones que se presenta en el Cuadro 6.19.

Cuadro 6.19. Reducción de emisiones por la introducción en un 15% de cosecha mecanizada de la caña de azúcar

| Subsector          | Reducción de emisión [ton/año] |                   |    |                 |        |                 |     |                 |                 |
|--------------------|--------------------------------|-------------------|----|-----------------|--------|-----------------|-----|-----------------|-----------------|
|                    | PM <sub>10</sub>               | PM <sub>2.5</sub> | CN | SO <sub>2</sub> | CO     | NO <sub>x</sub> | COV | CO <sub>2</sub> | CH <sub>4</sub> |
| Quemas controladas | 579                            | 77                | 5  | 276             | 11,811 | 1,164           | 480 | 327,626         | 585             |

La reducción de emisiones por cuenca atmosférica se presenta en el Cuadro 6.20. Pánuco es la cuenca donde ocurriría la mayor reducción de emisiones como resultado de la implementación de esta medida.

Cuadro 6.20. Reducción de emisiones por cuenca, por la introducción en un 15% de cosecha mecanizada de la caña de azúcar

| Cuenca               | Emisión [ton/año] |                   |    |                 |       |                 |     |                 |                 |
|----------------------|-------------------|-------------------|----|-----------------|-------|-----------------|-----|-----------------|-----------------|
|                      | PM <sub>10</sub>  | PM <sub>2.5</sub> | CN | SO <sub>2</sub> | CO    | NO <sub>x</sub> | COV | CO <sub>2</sub> | CH <sub>4</sub> |
| Córdoba Orizaba      | 94                | 13                | 1  | 45              | 1,919 | 189             | 78  | 53,241          | 95              |
| Veracruz             | 72                | 10                | 0  | 34              | 1,477 | 145             | 60  | 40,955          | 73              |
| Xalapa-Enríquez      | 79                | 11                | 0  | 38              | 1,612 | 159             | 65  | 44,710          | 80              |
| Pánuco               | 327               | 43                | 3  | 156             | 6,670 | 658             | 271 | 185,035         | 330             |
| Martínez de la Torre | 6                 | 1                 | 0  | 3               | 133   | 13              | 5   | 3,686           | 7               |

## OBSERVACIONES

No aplica

## 6.4.6. MEDIDA 6. Promoción de técnicas de agricultura con labranza cero en sustitución de prácticas que erosionan el suelo

### OBJETIVO

Evitar y/o reducir la erosión del suelo con la finalidad de disminuir las emisiones de partículas generadas en la labranza.

### JUSTIFICACIÓN

Veracruz es uno de los estados con actividad agrícola más importantes del país. También lo es en erosión del suelo, como resultado de prácticas comunes de labranza, así como de tumba, roza y quema. La cosecha agrícola comienza con la preparación del suelo, al realizar labores mecánicas de labranza para remover o perturbar el suelo. Esta práctica repercute en un desprendimiento a la atmósfera de partículas de polvo que contaminan el aire, pudiendo llegar a las comunidades aledañas. Más allá, la repetición sistemática de esta práctica pulveriza el suelo, haciéndole perder su estructura, lo cual trae como resultado la pérdida de productividad y erosión. Las tierras erosionadas se convierten en fuentes de polvos que afectan a comunidades locales y también a grandes áreas de la región. La medida propuesta consiste en la introducción de buenas prácticas de

labranza cero en las principales zonas agrícolas del Estado, acoplada a la rotación de cultivos. La experiencia nacional e internacional indica que es posible realizar estas prácticas de agricultura sin labranza con buenos resultados, evitando la generación de zonas erosionadas, además de otros múltiples cobeneficios para los agricultores del Estado.

## CONTAMINANTES A REDUCIR

| PM <sub>10</sub> | PM <sub>2.5</sub> | SO <sub>2</sub> | CO | NO <sub>x</sub> | COV | Tóxicos | GEI |
|------------------|-------------------|-----------------|----|-----------------|-----|---------|-----|
| *                | *                 |                 |    |                 |     |         |     |

## CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN

| Acciones                                                                                    | Responsable                                                                      | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Identificación de cultivos con potencial de implementación de agricultura con labranza cero | Gobierno del Estado de Veracruz, SAGARPA, SEMARNAT, Asociaciones de agricultores | *    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Desarrollo de mesas de trabajo para la identificación de prácticas de labranza cero         | Gobierno del Estado de Veracruz, SAGARPA, SEMARNAT, Asociaciones de agricultores | *    | *    |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Desarrollo de un acuerdo sectorial para la implementación de prácticas de labranza cero     | Gobierno del Estado de Veracruz, SAGARPA, SEMARNAT, Asociaciones de agricultores |      | *    | *    |      |      |      |      |      |      |      |
| Implementación del programa                                                                 | Gobierno del Estado de Veracruz, SAGARPA, SEMARNAT, Asociaciones de agricultores |      | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    |
| Seguimiento y evaluación                                                                    | Gobierno del Estado de Veracruz, SAGARPA, SEMARNAT, Asociaciones de agricultores |      | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    |

## ACTORES INVOLUCRADOS

Gobierno del Estado de Veracruz, SAGARPA, SEMARNAT, Asociaciones de agricultores.

## ESTIMACIÓN DE COSTOS

La estimación de costos deberá formar parte del proceso de dimensionamiento y formulación del programa.

## ESTIMACIÓN DE REDUCCIÓN DE EMISIONES

La implementación de prácticas de labranza cero en un 10% en los cultivos agrícolas del Estado, evitaría la generación de cerca de 800 toneladas de partículas como se indica en el Cuadro 6.21.

**Cuadro 6.21. Reducción de emisiones por la siembra directa en un 10% de los cultivos agrícolas**

| Subsector                   | Reducción de emisión [ton/año] |                   |
|-----------------------------|--------------------------------|-------------------|
|                             | PM <sub>10</sub>               | PM <sub>2.5</sub> |
| Labranza y cosecha agrícola | 797                            | 177               |

En el Cuadro 6.22 se presentan los resultados de reducción por cuencas. Se destaca la reducción de emisiones en la cuenca Coatzacoalcos-Minatitlán-Acayucan.

**Cuadro 6.22. Reducción de emisiones por cuenca, por la siembra directa en un 10% de los cultivos agrícolas**

| Cuenca                               | Emisión [ton/año] |                   |     |
|--------------------------------------|-------------------|-------------------|-----|
|                                      | PM <sub>10</sub>  | PM <sub>2.5</sub> | CN  |
| Coatzacoalcos, Minatitlán y Acayucan | 194.9             | 40.1              | 0.4 |
| Tuxpan                               | 26.4              | 5.6               | N/S |
| Córdoba Orizaba                      | 92.0              | 18.9              | N/S |
| Veracruz                             | 81.2              | 16.7              | N/S |
| Xalapa-Enríquez                      | 41.1              | 8.3               | N/S |
| Poza Rica de Hidalgo, Papantla       | 117.2             | 24.2              | 0.4 |
| Pánuco                               | 26.4              | 18.1              | N/S |
| Martínez de la Torre                 | 158.9             | 32.8              | 0.4 |
| San Andrés Tuxtla                    | 59.4              | 12.2              | N/S |

## 6.5. ESTRATEGIA 4. COMUNICACIÓN Y EDUCACIÓN AMBIENTAL

### 6.5.1. MEDIDA 1. Desarrollo de un programa de comunicación pública de la calidad del aire para el estado de Veracruz

**OBJETIVO:** Lograr que la población del estado de Veracruz considere relevante el mantenerse informada sobre la condición de la calidad del aire y con ello tenga las herramientas necesarias para actuar en consecuencia, tanto para la prevención de su salud como en la pro acción a la mejora continua de la calidad del aire.

## JUSTIFICACIÓN

La percepción de la contaminación del aire es un tema complejo por el hecho de que el aire es un recurso “intangible”, por lo que los diversos sectores de la población tienden a generar impresiones distintas sobre la situación de la calidad del aire local. Por tanto, es necesario desarrollar una Campaña de Comunicación pública sobre calidad del aire proveyendo a la población con información sobre las mediciones de la calidad del aire, sus impactos en salud y acciones de prevención y respuesta.

## BENEFICIOS ESPERADOS

Población informada y consciente de los efectos que derivan de la contaminación atmosférica generados por las actividades de diversos sectores. Sociedad comprometida a colaborar en la ejecución y propuesta de acciones que contribuyan al mejoramiento de la calidad del aire.

## CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DE LAS ACCIONES

| Acción                                                                                                                                      | Responsables                                                                                             | Indicador de cumplimiento              | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Diagnóstico de la información existente de campañas de comunicación de calidad del aire                                                     | SEDEMA                                                                                                   | Diagnóstico                            | *    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Diseño de la plataforma estratégica de comunicación donde se identifican los objetivos y alcances de la campaña de comunicación.            | SEDEMA                                                                                                   | Plataforma estratégica de comunicación | *    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Encuestas de percepción sobre la problemática de la calidad del aire, muestra representativa de la población del estado de Veracruz.        | SEDEMA                                                                                                   | Análisis de percepción                 | *    |      |      |      | *    |      |      |      |      | *    |
| Creación del mensaje rector de la campaña.                                                                                                  | SEDEMA                                                                                                   | Mensaje de la campaña                  | *    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Identificación de las líneas de comunicación costo efectivas                                                                                | SEDEMA                                                                                                   | Estrategia de acción                   | *    |      |      |      |      |      |      |      |      | *    |
| Diseño y desarrollo de las herramientas de comunicación de la calidad del aire: sitio web, aplicaciones móviles, sistema de pantallas, etc. | SEDEMA                                                                                                   | Herramientas de comunicación           | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    |
| Diseño y desarrollo de materiales de difusión.                                                                                              | SEDEMA                                                                                                   | Materiales de difusión                 | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    |
| Diseño y desarrollo de estrategia de comunicación del plan de contingencias.                                                                | SEDEMA, Secretaría de Educación Pública, Secretaría de Seguridad, Secretaría de Salud y Protección Civil | Estrategia de comunicación             | *    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Diseño y desarrollo de estrategia de comunicación de salud y calidad del aire.                                                              | SEDEMA y Secretaría de Salud                                                                             | Estrategia de comunicación             | *    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |

| Acción                                                                                                                       | Responsables                                                                      | Indicador de cumplimiento     | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Desarrollar talleres informativos y de sensibilización con la sociedad civil organizada y organizaciones no gubernamentales. | SEDEMA, Consejo Consultivo Nacional para el Desarrollo Sustentable (CCNDS) y ONGs | Memoria de talleres           |      | *    |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Desarrollar talleres informativos y de sensibilización con los medios masivos de comunicación (editores y periodistas).      | SEDEMA y medios de comunicación                                                   | Memoria de talleres           |      | *    |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Instrumentación de la campaña de calidad del aire (atributos de comunicación del índice de la calidad del aire)              | SEDEMA                                                                            | Campaña instrumentada         |      | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    |
| Diseño y desarrollo de análisis cuantitativo sobre la efectividad de la campaña de comunicación.                             | SEDEMA                                                                            | Análisis cuantitativo         |      |      | *    |      | *    |      | *    |      | *    |      |
| Diseño e instrumentación de la plataforma discursiva de ProAire sobre la instrumentación de sus acciones.                    | SEDEMA y actores involucrados en las medidas del ProAire                          | Plataforma discursiva ProAire |      |      |      | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    |
| Desarrollar un análisis cuantitativo sobre la evaluación social del ProAire.                                                 | SEDEMA                                                                            | Análisis cuantitativo         |      |      |      |      |      | *    |      | *    |      | *    |

## ACTORES INVOLUCRADOS

SEMARNAT, SPA, Secretaría de Salud Federal y Estatal, COFEPRIS, medios de comunicación estatales, Secretaría de Educación del Gobierno del Estado de Veracruz, centros de investigación e instituciones educativas, panel de expertos (Universidad Veracruzana), Consejo Consultivo Nacional para el Desarrollo Sustentable (CCNDS), asociaciones civiles, representantes de grupos indígenas y comunidad en general.

## COSTO ESTIMADO

10 millones de pesos.

## 6.5.2. MEDIDA 2. Desarrollo de un programa de educación ambiental de la calidad del aire

### OBJETIVO

Instaurar un programa de educación ambiental no formal sobre la calidad del aire, en las escuelas del estado de Veracruz, que permita instaurar en ellas una cultura de prevención a la salud y de pro acción de la calidad del aire.

## JUSTIFICACIÓN

Dentro de los programas de educación ambiental impartidos en el estado de Veracruz no sobresale una estrategia clara y definida para abordar la problemática de la contaminación atmosférica. Por lo que se hace necesario el desarrollo de un programa de educación ambiental que radique sólo en el tema de calidad del aire.

## BENEFICIOS ESPERADOS

Posicionar la importancia del tema de la calidad del aire en la comunidad educativa, y con ello otorgar herramientas a profesores y alumnos para que desarrollen valores, habilidades y aptitudes que les permitan desempeñar un mejor planteamiento y manejo sobre dicha problemática ambiental.

## CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DE LAS ACCIONES

| Acción                                                                                                                                           | Responsables                                                                                           | Indicador de cumplimiento                     | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Taller de participación con educadores ambientales para la conformación del programa de educación ambiental de calidad del aire en las escuelas. | SEDEMA y Secretaría de Educación y Secretaría de Salud del Estado de Veracruz y Organizaciones civiles | Memorias del taller                           | *    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Diseño del programa de Educación ambiental de calidad del aire en las escuelas.                                                                  | SEDEMA y Secretaría de Educación y Secretaría de Salud del Estado de Veracruz y Organizaciones civiles | Plataforma estratégica de comunicación        | *    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Creación del comité consultivo del Programa.                                                                                                     | SEDEMA y Secretaría de Educación y Secretaría de Salud del Estado de Veracruz y Organizaciones civiles | Comité Consultivo                             | *    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Diseño y desarrollo de medios y materiales de difusión.                                                                                          | SEDEMA y Secretaría de Educación y Secretaría de Salud del Estado de Veracruz y Organizaciones civiles | Estrategia de medios y materiales de difusión | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    |
| Desarrollo del taller de capacidades para docentes.                                                                                              | SEDEMA y Secretaría de Educación y Secretaría de Salud del Estado de Veracruz y Organizaciones civiles | Memorias de taller                            | *    |      |      | *    |      |      | *    |      |      | *    |
| Instrumentación del programa de educación ambiental de la calidad del aire.                                                                      | SEDEMA y Secretaría de Educación y Secretaría de Salud del Estado de Veracruz y Organizaciones civiles | Programa instrumentado                        |      | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    |

| Acción                                                                              | Responsables                                                                                           | Indicador de cumplimiento | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Campaña de salud y calidad del aire en las escuelas.                                | SEDEMA y Secretaría de Salud del Estado de Veracruz y Organizaciones civiles                           | Campaña instrumentada     |      | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    |
| Análisis cuantitativo y cualitativo de la efectividad del Programa.                 | SEDEMA y Secretaría de Educación y Secretaría de Salud del Estado de Veracruz y Organizaciones civiles | Análisis                  |      |      | *    |      |      | *    |      |      | *    |      |
| Programa de educación de calidad del aire en centros deportivos y espacios públicos | SEDEMA y Secretaría de Educación y Secretaría de Salud del Estado de Veracruz y Organizaciones civiles | Programa instrumentado    |      |      |      | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    |
| Taller de lecciones aprendidas                                                      | SEDEMA y Secretaría de Educación y Secretaría de Salud del Estado de Veracruz y Organizaciones civiles | Memorias del taller       |      |      |      |      |      |      |      |      |      | *    |

#### ACTORES INVOLUCRADOS:

SEDEMA y Secretaría de Educación y Secretaría de Salud del Estado de Veracruz y Organizaciones civiles.

#### ESTIMACIÓN DE COSTOS:

7 millones de pesos.

## 6.6. ESTRATEGIA 5. SALUD Y EXTERNALIDADES

### 6.6.1. MEDIDA 1. Fortalecimiento del sistema de vigilancia epidemiológica de los efectos de la calidad del aire en el estado de Veracruz

#### OBJETIVO

Fortalecer la capacidad de la Secretaría de Salud del Estado de Veracruz para realizar el monitoreo y evaluación de las externalidades asociadas a la contaminación por material particulado por medio de un estudio de valoración de costos en salud de la contaminación en el estado de Veracruz.

## JUSTIFICACIÓN

La población del estado de Veracruz cuenta con una esperanza de vida inferior al promedio nacional. Al analizar estos datos desde la perspectiva de salud ambiental se encontraron altas tasas de incidencia de infecciones respiratorias agudas y de prevalencia de asma en los municipios con mayor concentración de partículas o con mayores fuentes de emisión como La Antigua, Veracruz, Teocelo, Xalapa y Minatitlán. Una estimación preliminar de la carga de mortalidad atribuible a la contaminación en los municipios de Xalapa y Minatitlán, mostró que el 7.5% de la mortalidad en adultos mayores en el municipio de Xalapa y el 14.0% de la mortalidad para este mismo grupo etáreo en el municipio de Minatitlán son potencialmente atribuibles a la contaminación del aire. Las estimaciones de costos asociadas a estas mortalidades superan los US\$ 126 millones haciendo evidente la necesidad de una evaluación integral para el Estado que permita cuantificar en términos económicos y de salud el impacto de la problemática.

Más allá de realizar un estudio específico de evaluación y valoración de la carga de enfermedad atribuible a la contaminación atmosférica, la medida propuesta en ProAire Veracruz consiste en el fortalecimiento de capacidades de la Secretaría de Salud del Estado de Veracruz, que le permita realizar la vigilancia epidemiológica con fines de la evaluación de los efectos de la calidad del aire en el Estado. Esta información permitirá la evaluación de los costos en salud de la contaminación en el estado de Veracruz, lo cual actuará como una herramienta para la toma de decisiones por medio del análisis costo-beneficio de las acciones para la mejora de la calidad del aire.

## CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN

| Acciones                                                                                                                                             | Responsable                                                     | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Diseño de un programa de fortalecimiento institucional para la evaluación de impactos en salud de la contaminación del aire en el estado de Veracruz | Gobierno del Estado de Veracruz, Secretaría de Salud y SEMARNAT | *    | *    |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Implementación del programa                                                                                                                          | Gobierno del Estado de Veracruz, Secretaría de Salud, SEMARNAT  |      |      | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    |
| Seguimiento y evaluación                                                                                                                             | Gobierno del Estado de Veracruz, Secretaría de Salud y SEMARNAT |      |      | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    |

## ACTORES INVOLUCRADOS

Gobierno del Estado de Veracruz, SEMARNAT, Secretaría de Salud

## CONTAMINANTES A REDUCIR

No aplica

## ESTIMACIÓN DE COSTOS

La estimación de costos deberá formar parte del proceso de identificación, evaluación y priorización de las estrategias de control.

## ESTIMACIÓN DE REDUCCIÓN DE EMISIONES.

No aplica

## OBSERVACIONES

No aplica

## 6.6.2. MEDIDA 2. Diseño e implementación de un plan de contingencia para la calidad del aire

### OBJETIVO

Reducir la exposición de la población a altas concentraciones de contaminantes, desarrollando un plan de contingencia para disminuir las emisiones en los días designados con las concentraciones de contaminantes más altas.

### JUSTIFICACIÓN

Como se expuso en el Capítulo 2, los datos de las dos estaciones de monitoreo sobre la calidad del aire disponibles sugieren que durante el año se presenten días de alta contaminación aérea. Estos picos de contaminación del aire son perjudiciales para la salud de poblaciones susceptibles. Por ello, minimizar el alcance de estos picos es una forma de reducir la exposición de la población a concentraciones dañinas de contaminantes aéreos.

### CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN

| Acciones                                                                 | Responsable                                                     | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 |
|--------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Diseño de un plan de contingencias atmosféricas en el estado de Veracruz | Gobierno del Estado de Veracruz, Secretaría de Salud y SEMARNAT | *    | *    |      |      |      |      |      |      |      |      |

| Acciones                    | Responsable                                                           | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 |
|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Implementación del programa | Gobierno del Estado de Veracruz,<br>Secretaría de Salud,<br>SEMARNAT  |      |      | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    |
| Seguimiento y evaluación    | Gobierno del Estado de Veracruz,<br>Secretaría de Salud y<br>SEMARNAT |      |      | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    |

## ACTORES INVOLUCRADOS

Gobierno del Estado de Veracruz, Secretaría de Salud y SEMARNAT.

## ESTIMACIÓN DE COSTOS

La estimación de costos deberá formar parte del proceso de desarrollo del marco de contingencia.

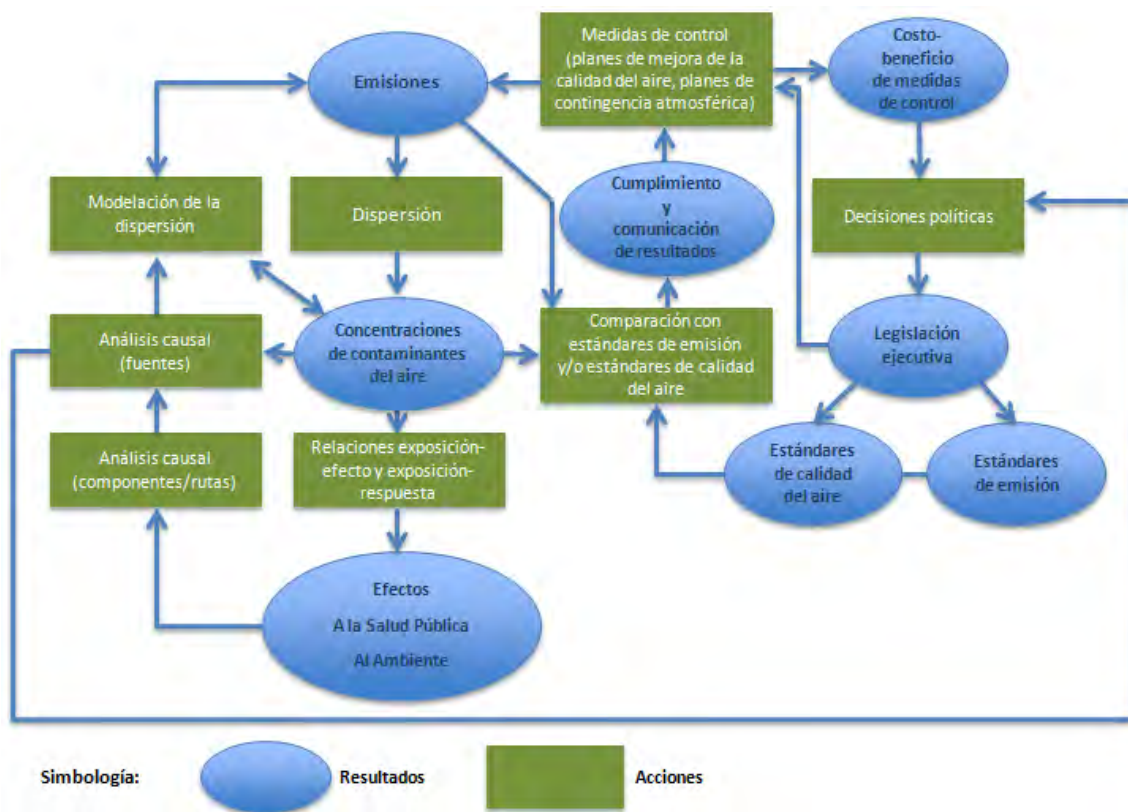
## OBSERVACIONES

No aplica

## 6.7. ESTRATEGIA 6. FORTALECIMIENTO INSTITUCIONAL Y FINANCIAMIENTO

Para enfrentar y abatir la contaminación del aire de manera efectiva y eficiente, es fundamental que el estado de Veracruz, con el apoyo de SEMARNAT y otras instancias competentes, se fortalezca institucionalmente. En especial, se requiere unir esfuerzos para la implantación de un sistema integral de gestión de la calidad del aire. La siguiente figura ilustra los componentes y actividades de este sistema conforme a las mejores prácticas internacionales (UNEP, 2004).

Figura 6.3. Marco general de la gestión de la calidad del aire



Fuente: UNEP, 2004

Los componentes principales de este sistema son:

- **Inventario de emisiones.** La elaboración y actualización periódica de inventarios de emisiones tiene el propósito de identificar el origen, cantidad y localización de las emisiones contaminantes. La realización de inventarios detallados por sector económico y/o actividades principales, incluyendo la distribución de dichas emisiones en el territorio geográfico y sus patrones diarios, semanales y estacionales, es una tarea fundamental para el diseño de políticas de prevención y control de la contaminación atmosférica. Por ejemplo, las autoridades ambientales de la Ciudad de México actualizan y publican inventarios de emisiones para todo el Valle de México cada dos años.
- **Monitoreo de la calidad del aire.** La medición, reporte y verificación de los niveles de contaminación atmosférica es indispensable para la evaluación inicial de las condiciones existentes, la observación de tendencias de largo plazo, la evaluación del cumplimiento de las

regulaciones aplicables, la evaluación de la efectividad de los planes de gestión de la calidad del aire, la activación de planes de contingencia atmosférica para reducir la exposición de la población a los episodios de contaminación del aire, la implementación de acciones de respuesta apropiadas, y el desarrollo de nuevas estrategias de abatimiento. El monitoreo de la calidad del aire debe incluir la **medición y registro de parámetros meteorológicos** que permitan entender los patrones de dispersión, transporte, transformación y decaimiento de los contaminantes.

- El análisis de la relación entre las emisiones contaminantes y los niveles de calidad del aire, mediante la aplicación de **modelos de dispersión**, transporte, transformación y decaimiento de los contaminantes atmosféricos, y/o de modelos que permitan cuantificar y atribuir los contaminantes a las fuentes que los originan. Entre las ciudades que cuentan y utilizan modelos de dispersión como herramientas para la toma de decisiones y la investigación de las políticas de gestión de la calidad del aire se encuentran Santiago de Chile, São Paulo, el área metropolitana del Valle de Aburrá y la Ciudad de México.
- El análisis de las relaciones entre los niveles de calidad del aire y la población que los respira (**análisis de receptores**), con base en la ubicación relativa de las fuentes de emisión de los contaminantes y la ubicación de los receptores.
- La estimación de los **efectos a la salud** asociados con los niveles de contaminación atmosférica, con base en los registros locales de incidencia de mortalidad y morbilidad local, factores de riesgo determinados internacionalmente y la concentración de contaminantes registrados por la red de monitoreo. En complemento, la estimación de los costos asociados con dichos efectos.
- El diseño, aplicación y evaluación de medidas de prevención y control (regulaciones e instrumentos económicos y de información, entre otros), en la forma de los siguientes instrumentos:
- **El ProAire de Veracruz**, con metas basadas en los estándares de calidad del aire, así como su revisión y actualización periódica de este ProAire, particularmente en el caso de las zonas urbanas donde no se cumplen las normas de calidad del aire.
  - **Planes de contingencia atmosférica**, con niveles de activación basados en los estándares de calidad del aire y acciones definidas según el inventario de emisiones, como los establecidos en la Ciudad de México y Santiago de Chile.
  - Aplicación y fiscalización de **límites máximos permisibles** para las distintas fuentes de contaminación, incluyendo las emisiones generadas por los vehículos automotores y los combustibles que utilizan, las actividades de manufactura, comercio y servicios, entre otras. Múltiples países y ciudades de la región cuentan con estos instrumentos, aunque tienden a ser heterogéneos y en algunos casos desactualizados.

En particular, para fines de esta primera versión del ProAire del estado de Veracruz, se considera que llevar a cabo una expansión sólida de la red de monitoreo estatal es un elemento altamente estratégico de fortalecimiento institucional hacia el establecimiento del sistema integral de gestión de la calidad del aire descrito anteriormente.

La medición, reporte y verificación de los niveles de contaminación atmosférica es indispensable para la evaluación inicial de las condiciones existentes y la observación de tendencias de largo plazo, la evaluación del cumplimiento de las regulaciones aplicables, la evaluación de la efectividad de los planes de gestión de la calidad del aire, la activación de planes de contingencia atmosférica para reducir la exposición de la población a los episodios de contaminación del aire y/o para implementar las acciones de respuesta apropiadas y para desarrollar nuevas estrategias de abatimiento. Más allá, el monitoreo de los contaminantes atmosféricos es esencial para asegurar el cumplimiento de los objetivos de la política de calidad del aire, protegiendo la salud, elevando el bienestar, incentivando un desarrollo sustentable y múltiples cobeneficios. El monitoreo de la calidad del aire debe incluir la medición y registro de parámetros meteorológicos que permitan entender los patrones de dispersión, transporte, transformación y decaimiento de los contaminantes.

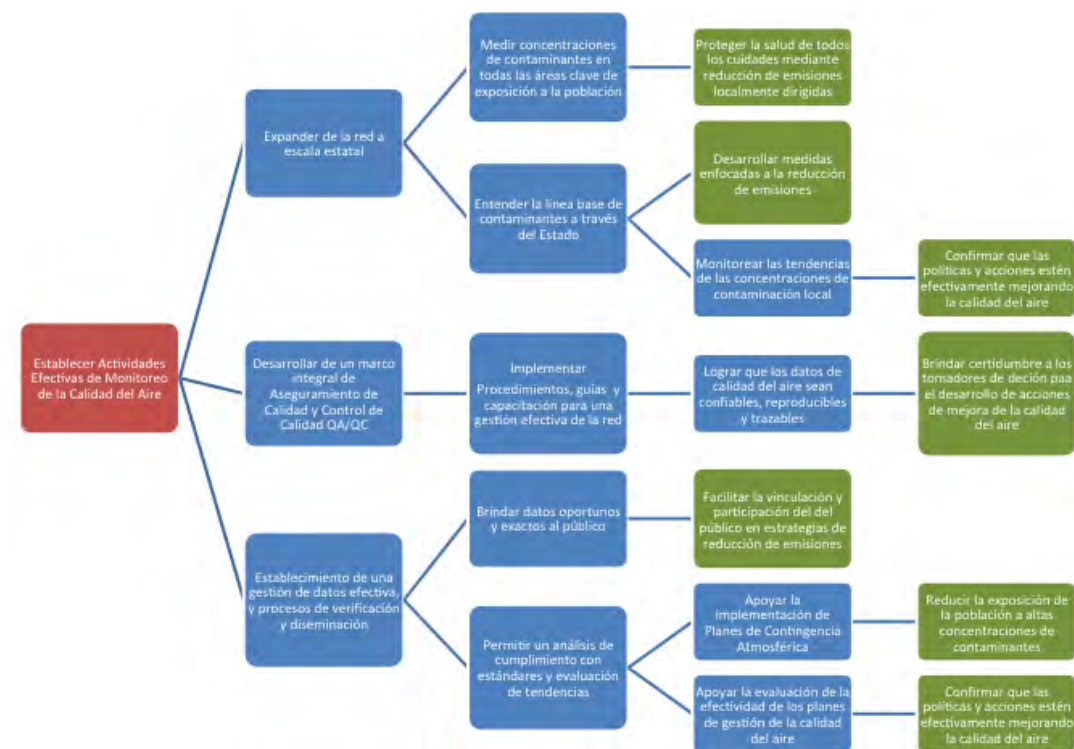
De acuerdo con las mejores prácticas nacionales e internacionales, existen al menos tres objetivos específicos del monitoreo de la calidad del aire:

- Proporcionar datos de manera oportuna y fácilmente accesible y entendible sobre los niveles de contaminación del aire para el público en general.
- Obtener información confiable para apoyar la evaluación del cumplimiento de las normas de calidad del aire y para el desarrollo e implementación de estrategias de reducción y control de emisiones.
- Producir información para apoyar los estudios de investigación sobre la contaminación del aire y sus efectos, y para evaluar el avance de las políticas de gestión ambiental.

Para apoyar estos objetivos es esencial tener una red de monitoreo eficaz y procedimientos robustos de gestión, verificación y divulgación de datos. Las medidas seleccionadas para alcanzar esta meta son:

- Expansión de la red de monitoreo
- Mejora de la operación y el desarrollo de un marco integral de Control de Calidad / Aseguramiento de Calidad de la Red.
- Establecimiento de procesos de gestión de datos, verificación y difusión eficaces.

A continuación, se muestra la forma en que estas medidas tendrán un alto impacto en la reducción de las emisiones y la mejora de la calidad del aire.



La implementación del sistema integrado de gestión de calidad del aire que requiere el estado de Veracruz, así como la puesta en marcha de acciones estratégicas selectas, requiere de una fuente de recursos disponibles.

A continuación, se describen tres medidas para el fortalecimiento del monitoreo de la calidad del aire en el Estado, así como una medida para la creación de un fondo orientado a apoyar el fortalecimiento institucional en la entidad.

### **6.7.1. MEDIDA 1. Ampliación de la cobertura de la red de monitoreo atmosférico en el estado de Veracruz**

#### **OBJETIVO.**

Establecer una red de monitoreo óptima con estaciones a través del estado de Veracruz y asegurar que las estaciones estén adecuadamente localizadas para coleccionar datos que permitan el cumplimiento de los objetivos del monitoreo.

#### **JUSTIFICACIÓN**

Actualmente, el estado de Veracruz no está en cumplimiento de la norma oficial mexicana *NOM-156-SEMARNAT-2012: "Establecimiento y operación de sistemas de monitoreo de la calidad del aire"*, la cual tiene el objetivo principal de especificar las condiciones mínimas que deben ser observadas para el establecimiento y operación de sistemas de monitoreo de la calidad del aire. Esta norma oficial mexicana rige en todo el territorio nacional y es de observancia obligatoria para los gobiernos locales, según corresponda, en aquellas zonas o centros de población que cuenten con alguna de las condiciones siguientes:

- Asentamientos humanos con más de 500,000 habitantes.
- Zonas metropolitanas.
- Asentamientos humanos con emisiones superiores a 20 mil toneladas anuales de contaminantes criterio primarios a la atmósfera.
- Conurbaciones y
- Actividad industrial que por sus características se requiera del establecimiento de estaciones de monitoreo de calidad del aire y/o de muestreo de contaminantes atmosféricos.

Hay ocho zonas metropolitanas identificadas en este documento, que requieren estaciones de monitoreo (Veracruz, Xalapa, Poza Rica, Orizaba-Córdoba, Minatitlán, Coatzacoalcos, Acayucan y Tuxpan). En la actualidad sólo tres están representadas (Xalapa, Poza Rica y Minatitlán). Actualmente está en proceso de instalación una nueva estación en Ixtaczoquitlán. Con estas estaciones se espera dar cobertura de monitoreo atmosférico a cuatro de las nueve cuencas atmosféricas: Coatzacoalcos, Córdoba, Poza Rica y Xalapa. Faltan por cubrir las cuencas de Veracruz, Tuxpan, Martínez de la Torre, Los Tuxtlas y Tampico-Pánuco. La instalación de un mayor número de estaciones en zonas prioritarias junto con el establecimiento de condiciones óptimas de manejo, brindaría elementos para un mejor entendimiento de la calidad del aire, así como la definición de políticas de control y reducción de emisiones más efectivas en todo el Estado. Adicionalmente, se observa la necesidad de realizar estudios pertinentes para la definición de otras regiones prioritarias y facilitar la instalación de estaciones de monitoreo adicionales. Por ejemplo, existen grupos de municipios fuera de las zonas metropolitanas que sobrepasan las emisiones de 20 mil toneladas de contaminantes criterio a la atmósfera, por lo que en cumplimiento a la NOM-156, deben de contar con monitoreo atmosférico.

Además de asegurar que las zonas urbanas estén plenamente representadas con estaciones de monitoreo de calidad del aire, también es esencial que éstas utilicen el equipo apropiado y que éste se encuentre operando correctamente. Una estación ubicada erróneamente o una estación con

analizadores inadecuados no proporcionarán los datos correctos y, como tal, pueden hacer que los datos no sean apropiados para fines de análisis y cumplimiento.

## CONTAMINANTES A REDUCIR

Esta medida no conducirá directamente a la reducción de las concentraciones de contaminantes, pero permitirá el desarrollo de políticas focalizadas y específicas, así como el fortalecimiento de planes de gestión para reducir las concentraciones de los contaminantes de interés. Además, permitirá avanzar hacia la medición de los objetivos de mejora de la calidad del aire y su seguimiento en el tiempo.

## CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN

| Acciones                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Responsable                                          | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Con base en la <i>NOM-156-SEMARNAT-2012</i> y el documento del INECC 2012: <i>Redes, Estaciones y Equipos de Medición de la Calidad del Aire</i> , llevar a cabo una revisión para definir y/o confirmar donde se requiere instalar estaciones de monitoreo en el estado de Veracruz.                | Gobierno del Estado de Veracruz                      | *    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Con base en el documento <i>INECC 2012: Redes, Estaciones y Equipos de Medición de la Calidad del Aire</i> establecer el número mínimo de sitios de cada área identificada, las escalas espaciales, la localización y los contaminantes que deben ser monitoreados y diseñar un plan de instalación. | Gobierno del Estado de Veracruz                      | *    | *    |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Calcular los fondos requeridos para implementar el plan de instalación e identificar oportunidades de financiamiento.                                                                                                                                                                                | SEMARNAT, Gobierno del Estado de Veracruz/Municipios |      | *    |      |      |      |      |      |      |      |      |

| Acciones                                                                                           | Responsable                                | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Llevar a cabo visitas de campo para identificar sitios adecuados para las estaciones de monitoreo. | Gobierno del Estado de Veracruz/Municipios |      | *    |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Ajustar el plan de instalación con base en oportunidades de fondeo y disponibilidad de sitios.     | Gobierno del Estado de Veracruz            |      | *    |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Ejecutar el plan de instalación.                                                                   | Gobierno del Estado de Veracruz/Municipios |      | *    | *    | *    |      |      |      |      |      |      |

## ACTORES INVOLUCRADOS

Gobierno del Estado de Veracruz y Municipios, INECC-SEMARNAT.

## ESTIMACIÓN DE COSTOS

El costo final de la instalación de una red en todo el Estado depende del número de estaciones que finalmente sean necesarias. Como una estimación, el costo de la revisión y el establecimiento de un plan de instalación estarán en el intervalo de 3 a 6 millones de pesos. Los costos de instalación de una estación de monitoreo individual podrían variar de entre 3 millones y 4 millones de pesos en función de los contaminantes monitoreados, además de los costos asociados con consumibles operacionales.

## OBSERVACIONES

No aplica

## 6.7.2. MEDIDA 2. Desarrollo de un marco integral de aseguramiento de calidad y control de calidad (QA/QC) en el monitoreo atmosférico del estado de Veracruz

### OBJETIVO

Establecer un programa de aseguramiento y control de calidad que permita asegurar la confiabilidad de los datos, la trazabilidad, comparabilidad y compatibilidad y la estructura operacional asociado.

## JUSTIFICACIÓN

El estado de Veracruz no está cumpliendo actualmente con los artículos 7, 8, o 9 de la norma oficial mexicana NOM-156-SEMARNAT-2012: “Establecimiento y operación de sistemas de monitoreo de la calidad del aire”. Estos artículos se refieren a:

- Artículo 7 - Características básicas de los sistemas de monitoreo de la calidad del aire;
- Artículo 8 – Instalación de estaciones, operación, mantenimiento y calibración de equipos;
- Artículo 9 - Gestión del aseguramiento y control de la calidad en los sistemas de monitoreo de la calidad del aire.

El incumplimiento de estos artículos se traduce en una baja calidad de los datos de salida de las dos estaciones existentes. Esto se evidencia en temas como las bajas tasas de captura de datos para muchos contaminantes (por debajo del 75%), líneas de base cuestionables y picos en los conjuntos de datos que pudieran no representar las concentraciones reales. Por tanto, existe una limitada confianza en la solidez de los datos para evaluar el cumplimiento de las normas, la elaboración de políticas y estrategias para la reducción de emisiones y el análisis de tendencias, el modelado de exposición, etc. Es esencial el establecimiento de un marco integral para asegurar datos robustos, confiables y trazables para asegurar que toda la actividad de monitoreo sea eficaz.

A partir del análisis del funcionamiento integral del sistema de monitoreo en el estado de Veracruz se encontró que se requiere: a) fortalecer el manejo y operación de las estaciones actualmente en funcionamiento mediante el establecimiento de guías y adquisición de personal altamente capacitado y dedicado exclusivamente a la operación de equipos y procesamiento de datos, b) establecer un centro de control y espacios exclusivos para la gestión de la red de monitoreo, c) definir y poner en práctica procedimientos de aseguramiento y control de calidad.

## CONTAMINANTES A REDUCIR

Esta medida no conducirá directamente a una reducción de la concentración de contaminantes, pero brindará confianza en los datos proporcionados por la red para apoyar a los tomadores de decisiones y el desarrollo de acciones y planes para reducir las concentraciones de los contaminantes de interés.

## CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN

Las acciones que se describen a continuación deben ser llevadas a cabo bajo la guía de la norma oficial mexicana *NOM-156-SEMARNAT-2012* y el documento *INECC 2012: Redes, Estaciones y Equipos de Medición de la Calidad del Aire*.

| Acciones                                                                                                                                                                                                              | Responsable                                 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Diseñar e implementar un plan o programa para el control y aseguramiento de la calidad en las actividades de monitoreo en todo el Estado.                                                                             | Gobierno del Estado de Veracruz             | *    | *    |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Diseñar e instalar un centro de control, adecuación de espacios administrativos, adquisición de personal capacitado para la operación de equipos y adquisición de un laboratorio analítico de calibración de equipos. | Gobierno del Estado de Veracruz             | *    | *    |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Definir un mecanismo para la vigilancia y la revisión de la implementación de políticas y lineamientos de QA/QC.                                                                                                      | Gobierno del Estado de Veracruz             |      | *    |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Reclutamiento y capacitación de personal para la preparación e implementación de QA/QC.                                                                                                                               | Gobierno del Estado de Veracruz             |      | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    |
| Capacitación de personal de campo acerca de cómo aplicar los procedimientos de QA/QC y guía para la operación de la red día a día.                                                                                    | Gobierno del Estado de Veracruz /Municipios |      | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    |

## ACTORES INVOLUCRADOS

Gobierno del Estado de Veracruz y Municipios.

## ESTIMACIÓN DE COSTOS

Se recomienda utilizar los marcos existentes en funcionamiento en otros estados, cuando estén disponibles, como un modelo para reducir al mínimo los costos de esta medida. Una estimación del costo de desarrollar el marco de QA/QC inicial, incluyendo los procedimientos y directrices, es 5 a 7 millones de pesos. La formación continua, los gastos de personal y de ejecución se estima entre los 7 y 10 millones de pesos por año para la red totalmente establecida. El desarrollo de un centro de control central, un laboratorio y el personal asociado depende de las actividades necesarias de las instalaciones, pero se estima en 10 a 20 millones de pesos, además de los gastos de personal en curso.

## OBSERVACIONES

No aplica

## ESTIMACIÓN DE REDUCCIÓN DE EMISIONES

Esta medida no conducirá directamente a la reducción de emisiones, pero apoyará la formulación de políticas eficaces para mejorar la calidad del aire. Por favor, ver el diagrama de la cadena causal al inicio de esta sección.

### ***6.7.3. MEDIDA 3. Establecimiento de procesos efectivos de gestión, verificación y diseminación de los datos***

## OBJETIVO

Establecer procedimientos para el manejo y análisis de datos; la generación de reportes; y difusión de datos a la población.

## JUSTIFICACIÓN.

El estado de Veracruz no está cumpliendo en la actualidad con el artículo 10 de la ley mexicana NOM-156-SEMARNAT-2012: "Manejo de Datos de la Calidad del Aire". Como con la medida 2 anterior, el incumplimiento de este artículo se ha traducido en los datos de salida de baja calidad de las dos estaciones existentes. Esto se evidencia en temas como las bajas tasas de captura de datos para muchos contaminantes (por debajo del 75%) y las líneas de base cuestionables y picos en los conjuntos de datos que pudieran no representar las concentraciones reales. Por tanto, existe una falta de confianza en la solidez de los datos para evaluar el cumplimiento de las normas, la elaboración de políticas y estrategias para la reducción de emisiones y el análisis de tendencias, el modelado de exposición, etc. Es esencial el establecimiento de un marco integral para asegurar datos robustos, confiables y trazables con la finalidad de asegurar la eficacia de toda la actividad de monitoreo.

Además, aunque los datos de las dos estaciones de monitoreo actuales están relacionados con el Sistema Nacional de Información de la Calidad del Aire (SINAICA) no eran visibles en el momento de la escritura y, en todo caso sería de uso limitado de estos datos debido a la falta de validación y

verificación. Antes de la difusión al público, incluso cuando casi en tiempo real, es importante que al menos básico de limpieza y comprobaciones de validación se lleven a cabo.

## CONTAMINANTES A REDUCIR

Esta medida no conducirá directamente a una reducción de la concentración de contaminantes, pero brindará confianza en los datos proporcionados por la red para apoyar a los tomadores de decisiones y el desarrollo de acciones y planes para reducir las concentraciones de los contaminantes de interés.

## CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN

Las acciones que se describen a continuación deben ser llevadas a cabo bajo la guía de la norma oficial mexicana *NOM-156-SEMARNAT-2012* y el documento *INECC 2012: Redes, Estaciones y Equipos de Medición de la Calidad del Aire*.

| Acciones                                                                                                                                                                         | Responsable                                        | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Establecer procedimientos para la verificación y validación de datos en línea con las directrices de QA / QC.                                                                    | Gobierno del Estado de Veracruz                    |      | *    |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Contratar y capacitar personal dedicado exclusivamente a realizar dicha actividad.                                                                                               | Gobierno del Estado de Veracruz                    |      | *    |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Implementar estrategias para la diseminación de los datos validados en tiempo real, por ejemplo, utilizando al Sistema Nacional de Información de la Calidad del Aire (SINAICA). | INECC, Gobierno del Estado de Veracruz             |      | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    |
| Adquirir software para la gestión, validación y verificación de datos a nivel central.                                                                                           | Gobierno del Estado de Veracruz                    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Brindar datos en un formato fácil de entender tal como una comparación contra un índice de calidad del aire.                                                                     | INECC, Gobierno del Estado de Veracruz /Municipios |      | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    |

| Acciones                                                                                                                                                        | Responsable                                 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Brindar acceso a datos históricos, horarios, validados en un formato utilizable para los investigadores y los tomadores de decisiones.                          | INECC, Gobierno del Estado de Veracruz      |      | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    |
| Llevar a cabo análisis de datos y reportes periódicos, revisando el cumplimiento con estándares, tendencias, episodios de contaminación, causas probables, etc. | Gobierno del Estado de Veracruz /Municipios |      | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    |

## ACTORES INVOLUCRADOS

INECC, Gobierno del Estado de Veracruz y Municipios.

## ESTIMACIÓN DE COSTOS

El costo estimado de esta medida es de 7 a 13 millones de pesos, además de 3 millones a 5 millones de pesos por gastos anuales de funcionamiento. Estas estimaciones dependen del número de estaciones que finalmente se integran dentro de la red.

## ESTIMACIÓN DE REDUCCIÓN DE EMISIONES

Esta medida no conducirá directamente a la reducción de las concentraciones de contaminantes, pero proporcionará acceso a datos que faciliten los compromisos de las partes interesadas; permitirá el desarrollo de un plan de contingencia de la calidad del aire y proporcionará datos para apoyar a los responsables de las políticas públicas e investigadores en el desarrollo de acciones y planes para reducir las concentraciones de los contaminantes de interés.

## OBSERVACIONES

No aplica

#### **6.7.4. MEDIDA 4. Institución de un fondo estatal para la mejora de la calidad del aire**

##### **OBJETIVO**

Establecer una fuente sostenible de recursos que apoye el fortalecimiento de la gestión de la calidad del aire y acciones de interés prioritario.

##### **JUSTIFICACIÓN.**

El Gobierno del Estado de Veracruz ha establecido el Fondo Ambiental Veracruzano para la conservación, restauración y manejo del agua, de los bosques y las cuencas de la entidad. No obstante, este fondo no menciona al aire como una materia de apoyo en sus reglas de operación.

Para obtener los recursos necesarios para el fortalecimiento de la gestión de la calidad del aire, sus instrumentos y acciones de interés estratégico, es recomendable un fondo con esta finalidad y/o abrir la posibilidad en el Fondo Ambiental Veracruzano de incluir este tema.

Existen antecedentes en México, para este tipo de fondos. Por ejemplo, el fideicomiso 1490 de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público permitió la captación de un sobreprecio a los combustibles de uso vehicular y, con los fondos recolectados se financiaron diversos proyectos que incluyeron la instalación de sistemas de recuperación de vapores en las estaciones de servicio en el Valle de México, así como el desarrollo de una estrategia integral de gestión de calidad del aire y de diversas investigaciones para mejorar la comprensión del comportamiento de los contaminantes atmosféricos en dicha región.

Por otro lado, como se menciona en el capítulo 7 de ProAire Veracruz, existen en diversos países fondos que cuentan con fuentes de financiamiento múltiples para dar viabilidad a la implementación de acciones a favor de la calidad del aire. Un ejemplo es el programa Carl Moyer del estado de California que capta un porcentaje de las cuotas de verificación vehicular, impuestos a las llantas y cuotas de registro vehicular para integrar un fondo que facilita a entidades públicas y privadas la introducción de vehículos más limpios, repotenciación de motores e incorporación de trampas de partículas, entre otros. Otro ejemplo es la ciudad de Quito, donde la operación de la red de monitoreo se financia con recursos de la inspección técnica vehicular. Por otro lado, en Colombia, una sobretasa a los combustibles (de alrededor del 23% del precio al público) se destina a la implementación y operación de sistemas de transporte masivo, además del mantenimiento de vías.

##### **CONTAMINANTES A REDUCIR**

Esta medida facilitará la implementación de un sistema integrado de gestión de calidad del aire y acciones estratégicas seleccionadas, incidiendo en la reducción de todos los contaminantes de interés.

## CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN

| Acciones                 | Responsable                                           | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 |
|--------------------------|-------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Diseño del fondo         | Gobierno del Estado de Veracruz, municipios, SEMARNAT | *    | *    |      |      |      |      |      |      |      |      |
| Implementación del fondo | Gobierno del Estado de Veracruz, municipios, SEMARNAT |      | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    |
| Seguimiento y evaluación | Gobierno del Estado de Veracruz, municipios, SEMARNAT |      | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    | *    |

## ACTORES INVOLUCRADOS

Gobierno del Estado de Veracruz, municipios, SEMARNAT.

## ESTIMACIÓN DE COSTOS

El costo de esta medida está relacionado con el diseño y negociación de la creación y operación del fondo.

## ESTIMACIÓN DE REDUCCIÓN DE EMISIONES

No aplica

## OBSERVACIONES

No aplica

Implementación de mejores prácticas ambientales en el sector de energía eléctrica.  
 Diseño e implementación de un Programa de control de emisiones en ingenios azucareros  
 Diseño e implementación de un programa de reducción de emisiones en la industria cementera

## 6.8. Resumen de reducción de emisiones

Los resultados de las proyecciones al año 2030 del inventario de emisiones contaminantes y de efecto invernadero del estado de Veracruz y de la estimación de la reducción de emisiones de las medidas seleccionadas, tenemos que se tendría una reducción de emisiones: de partículas de casi 43 mil toneladas, un poco más de 167 mil toneladas de SO<sub>2</sub>, casi 60 mil toneladas de NO<sub>x</sub>, alrededor de 47 mil toneladas de COV y 10 millones de toneladas de gases de efecto invernadero en el año 2030. El resumen de resultados se presenta en el Cuadro 6.23.

Cuadro 6.23. Reducción de emisiones de las medidas seleccionadas

| Medida de reducción de emisiones                                                                              | Reducción de emisiones [ton/año] |                   |       |                 |        |                 |        |                 |                 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|-------------------|-------|-----------------|--------|-----------------|--------|-----------------|-----------------|
|                                                                                                               | PM <sub>10</sub>                 | PM <sub>2.5</sub> | CN    | SO <sub>2</sub> | CO     | NO <sub>x</sub> | COV    | CO <sub>2</sub> | CH <sub>4</sub> |
| Implementación de mejores prácticas ambientales en el sector de energía eléctrica.                            | 6,316                            | 4,555             | 1,440 | 142,506         | N/S    | 8,343           | 67     | 2,654,426       | 10              |
| Diseño e implementación de un Programa de control de emisiones en ingenios azucareros                         | 12,599                           | 2,857             | 255   | 1,028           | 9      | 1,028           | 2      | 81,068          | 1               |
| Diseño e implementación de un programa de reducción de emisiones en la industria cementera                    | 2,409                            | 20                | N/S   | N/A             | N/A    | N/A             | N/A    | N/A             | N/A             |
| Control de emisiones de contaminantes a la atmósfera en el sector petróleo y petroquímica                     | 458                              | 330               | 17    | 10,424          | 2,094  | 691             | 19,553 | 5,626,466       | N/S             |
| Diseño e implementación de un programa de reducción de emisiones en la industria del papel                    | 320                              | 293               | 26    | 2,209           | 1,659  | 130             | 265    | 17,004          | 219             |
| Introducción de estufas ahorradoras de leña                                                                   | 5,440                            | 1,778             | 160   | 71              | 41,031 | 498             | 9,422  | 604,439         | 3,484           |
| Cosecha mecanizada sin quema agrícola                                                                         | 579                              | 77                | 5     | 276             | 11,811 | 1,164           | 480    | 327,626         | 585             |
| Agricultura sin labranza                                                                                      | 797                              | 177               | 1     | N/A             | N/A    | N/A             | N/A    | N/A             | N/A             |
| Programa de pavimentación                                                                                     | 15,404                           | 1,508             | 28    | N/A             | N/A    | N/A             | N/A    | N/A             | N/A             |
| Captura de metano en plantas de tratamiento de aguas residuales                                               | N/A                              | N/A               | N/A   | N/A             | N/A    | N/A             | N/A    | N/A             | 101,666         |
| Reducción de metano en la fermentación entérica                                                               | N/A                              | N/A               | N/A   | N/A             | N/A    | N/A             | N/A    | N/A             | 16,390          |
| Reducción de emisiones de compuestos orgánicos volátiles                                                      | N/A                              | N/A               | N/A   | N/A             | N/A    | N/A             | 4,991  | N/A             | N/A             |
| Aplicación rigurosa de un Programa de Verificación Vehicular y Programa Ostensiblemente Contaminante          | 41                               | 23                | 11    | 83              | 44,991 | 6,409           | 5,895  | 335,950         | N/E             |
| Sustitución y chatarrización de los vehículos de carga con más de 15 años de antigüedad                       | 502                              | 381               | 134   | 151             | 34,736 | 34,155          | 5,877  | 644,573         | N/E             |
| Cambiar los medibuses y autobuses viejos para establecer un sistema BTR con autobuses que cumplan con EURO VI | 14                               | 11                | 7     | 1               | 543    | 1,266           | 117    | 70,357          | N/E             |

| Medida de reducción de emisiones                                                                                    | Reducción de emisiones [ton/año] |                   |              |                 |                |                 |               |                   |                 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|-------------------|--------------|-----------------|----------------|-----------------|---------------|-------------------|-----------------|
|                                                                                                                     | PM <sub>10</sub>                 | PM <sub>2.5</sub> | CN           | SO <sub>2</sub> | CO             | NO <sub>x</sub> | COV           | CO <sub>2</sub>   | CH <sub>4</sub> |
| Cambiar y chatarrizar los autobuses foráneos con más de 15 años de antigüedad por autobuses que cumplan con EURO VI | 35                               | 27                | 16           | 1               | 1,436          | 3,964           | 278           | 94,030            | N/E             |
| <b>Total</b>                                                                                                        | <b>44,916</b>                    | <b>12,036</b>     | <b>2,101</b> | <b>156,750</b>  | <b>138,310</b> | <b>57,648</b>   | <b>46,947</b> | <b>10,455,939</b> | <b>122,355</b>  |

Haciendo un análisis desagregado de las emisiones contaminante y de los compuestos de efecto invernadero generados y que se dejarán de emitir al año 2030 por la implementación de las medidas seleccionadas para las fuentes emisoras ubicadas en el ESTADO de Veracruz, tenemos que, en porcentual las emisiones que se reducirán en mayor proporción, son: el bióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) con un 78%; le sigue en magnitud el carbono negro, la partículas PM<sub>2.5</sub> y la PM<sub>10</sub> con una reducción del 44%, 34% y 32% respectivamente; los óxidos de nitrógeno en un 28% y en un proporción más modesta tenemos las reducciones de bióxido de carbono y metano con el 19% cada uno (ver Cuadro 6.24 y Figura 6.3).

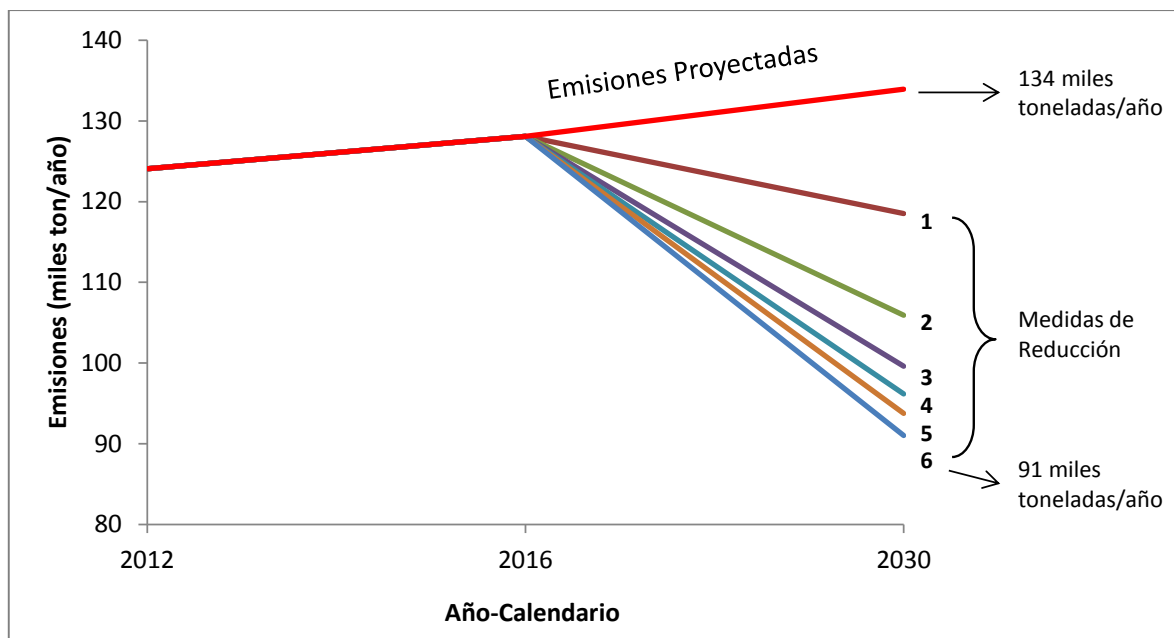
Cuadro 6.24. Reducción de emisiones por la implementación de medidas en el estado de Veracruz

| Emisiones Estatales                  | Emisiones [ton/año] |                   |            |                 |            |                 |           |                 |                 |
|--------------------------------------|---------------------|-------------------|------------|-----------------|------------|-----------------|-----------|-----------------|-----------------|
|                                      | PM <sub>10</sub>    | PM <sub>2.5</sub> | CN         | SO <sub>2</sub> | CO         | NO <sub>x</sub> | COV       | CO <sub>2</sub> | CH <sub>4</sub> |
| Inventario de emisiones del año 2030 | 133,924             | 33,233            | 4,484      | 214,130         | 929,330    | 210,527         | 408,616   | 51,264,903      | 635,996         |
| Reducción de emisiones al año 2030   | 42,898              | 11,376            | 1,986      | 167,236         | 97,413     | 59,879          | 18,183    | 9,890,380       | 119,843         |
| <b>Reducción porcentual</b>          | <b>32%</b>          | <b>34%</b>        | <b>44%</b> | <b>78%</b>      | <b>10%</b> | <b>28%</b>      | <b>4%</b> | <b>19%</b>      | <b>19%</b>      |

Figura 6.3. Gráficas de tendencias y medidas de reducción de emisiones contaminantes y de efecto invernadero

## Emisiones proyectadas para PM<sub>10</sub>

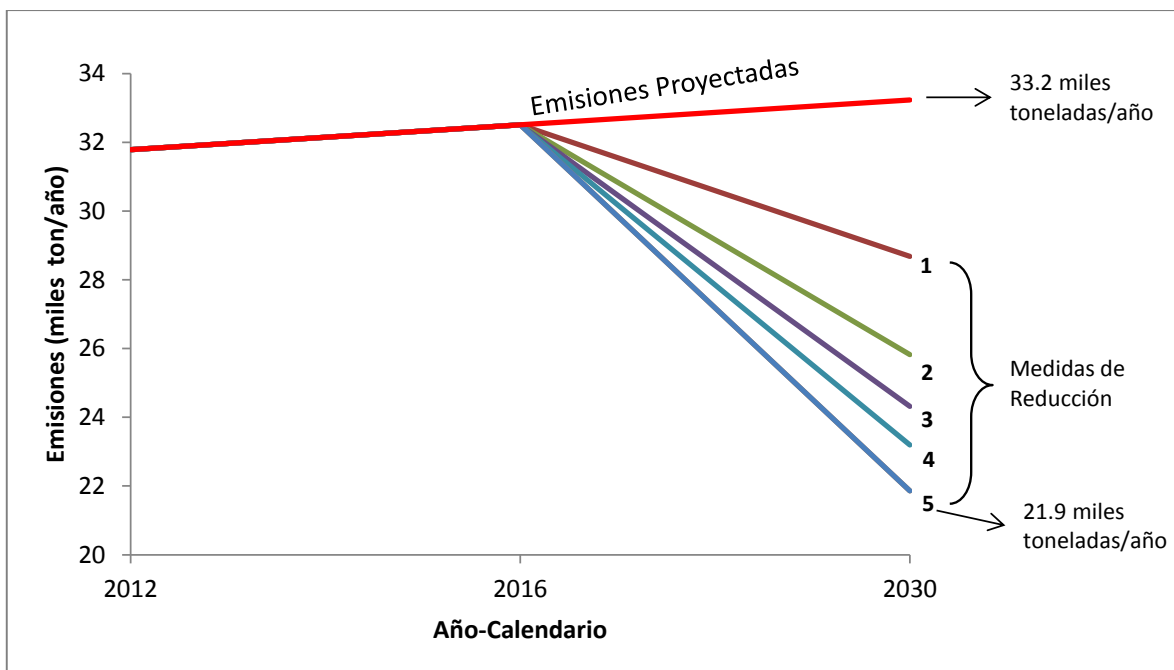
Cada medida supone poner en marcha una opción tecnológica para retirar 43 mil toneladas de emisiones de PM<sub>10</sub> al año 2030.



| Número | Medida de Reducción                                                                 |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 1      | Programa de pavimentación                                                           |
| 2      | Incorporación de secadores de bagazo y equipo de control en los Ingenios Azucareros |
| 3      | Implementación de mejores prácticas ambientales en el sector de energía eléctrica   |
| 4      | Introducción de estufas ahorradoras de leña                                         |
| 5      | Incorporar filtros de bolsa y ciclones en la Industria Cementera                    |
| 6      | Otras                                                                               |

### Emisiones proyectadas para PM<sub>2.5</sub>

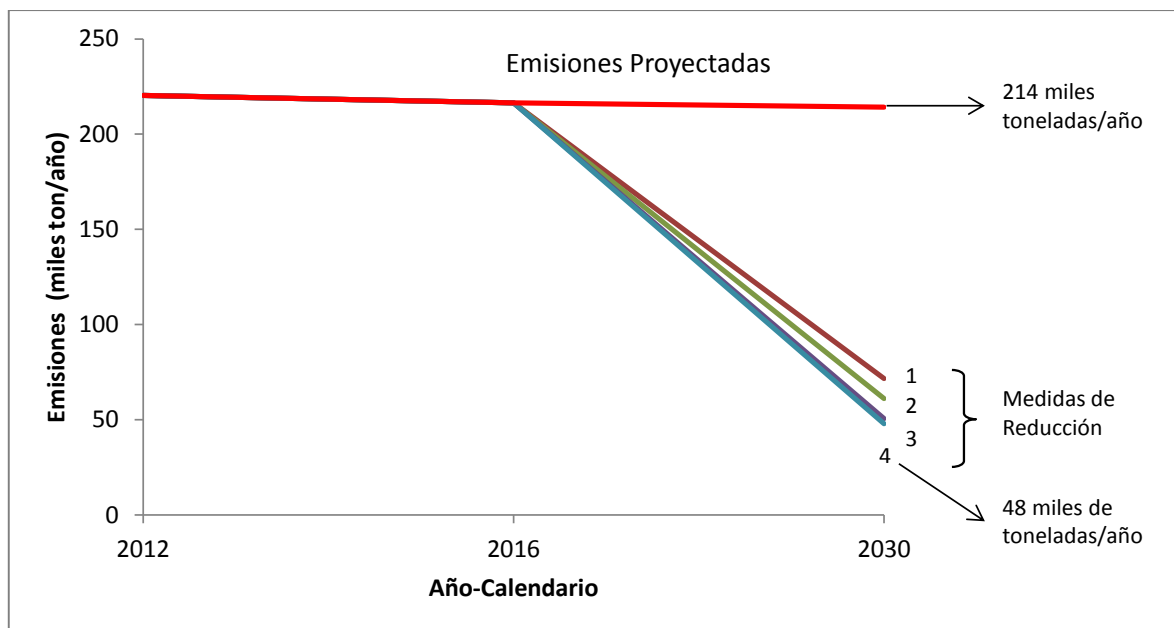
Cada medida supone poner en marcha una opción tecnológica para retirar 11.4 mil toneladas de emisiones de PM<sub>2.5</sub> al año 2030.



| Número | Medida de Reducción                                                                 |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 1      | Implementación de mejores prácticas ambientales en el sector de energía eléctrica   |
| 2      | Incorporación de secadores de bagazo y equipo de control en los Ingenios Azucareros |
| 3      | Programa de pavimentación                                                           |
| 4      | Introducción de estufas ahorradoras de leña                                         |
| 5      | Otras                                                                               |

## Emisiones proyectadas para SO<sub>2</sub>

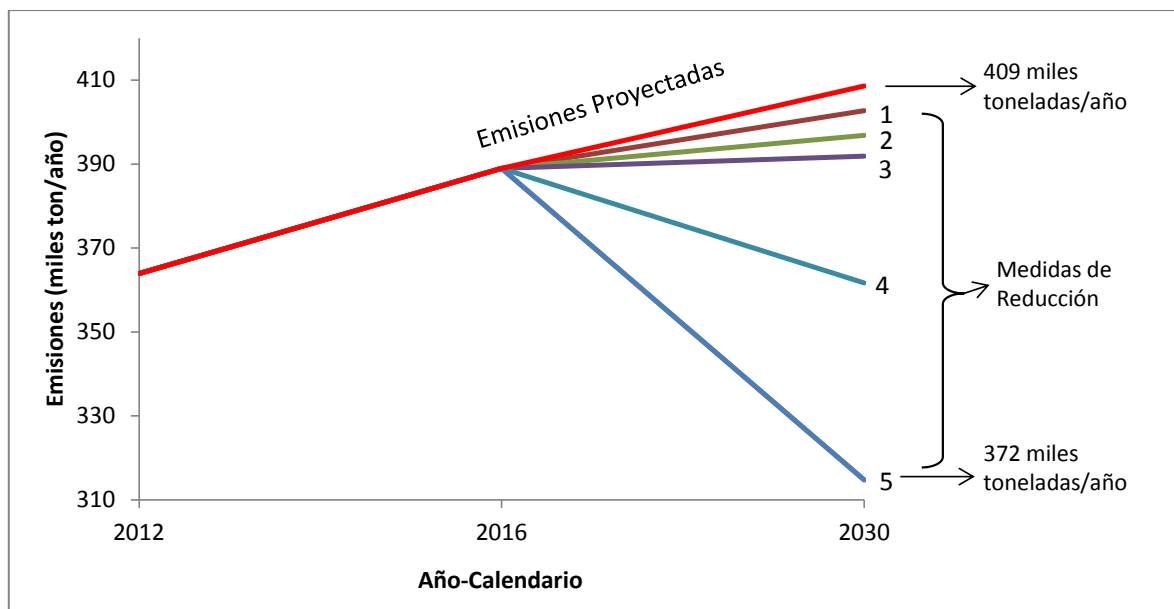
Cada medida supone poner en marcha una opción tecnológica para retirar 166 mil toneladas de emisiones de SO<sub>2</sub> al año 2030.



| Número | Medida de Reducción                                                                       |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1      | Implementación de mejores prácticas ambientales en el sector de energía eléctrica         |
| 2      | Introducción de estufas ahorradoras de leña                                               |
| 3      | Control de emisiones de contaminantes a la atmósfera en el sector petróleo y petroquímica |
| 4      | Otras                                                                                     |

## Emisiones proyectadas para COV

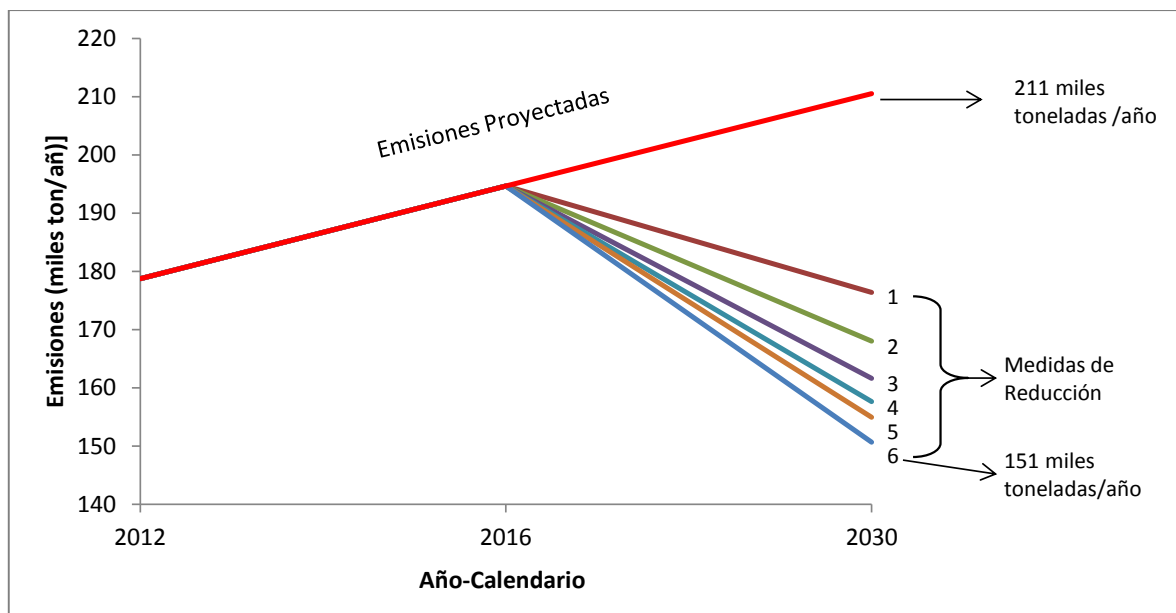
Cada medida supone poner en marcha una opción tecnológica para retirar 18 mil toneladas de emisiones de COV al año 2030.



| Número | Medida de Reducción                                                                                              |
|--------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1      | Aplicación rigurosa de un Programa de Verificación Vehicular Obligatoria y Programa Ostensiblemente Contaminante |
| 2      | Sustitución y chatarrización de los vehículos de carga con más de 15 años de antigüedad                          |
| 3      | Reducción de emisiones de compuestos orgánicos volátiles                                                         |
| 4      | Otras                                                                                                            |

## Emisiones proyectadas para NOx

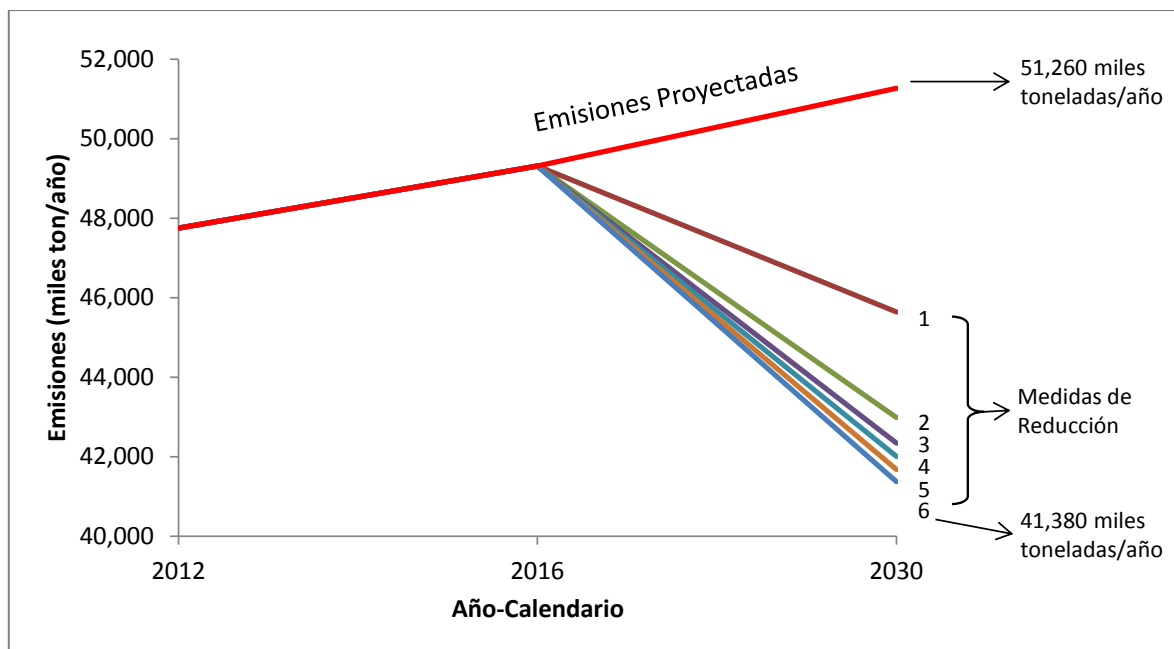
Cada medida supone poner en marcha una opción tecnológica para retirar 60 mil toneladas de emisiones de NOx al año 2030.



| Número | Medida de Reducción                                                                                                 |
|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1      | Sustitución y chatarrización de los vehículos de carga con más de 15 años de antigüedad                             |
| 2      | Implementación de mejores prácticas ambientales en el sector de energía eléctrica                                   |
| 3      | Aplicación rigurosa de un Programa de Verificación Vehicular Obligatoria y Programa Ostensiblemente Contaminante    |
| 4      | Cambiar y chatarrizar los autobuses foráneos con más de 15 años de antigüedad por autobuses que cumplan con EURO VI |
| 5      | Introducción de estufas ahorradoras de leña                                                                         |
| 6      | Otras                                                                                                               |

## Emisiones proyectadas para CO<sub>2</sub>

Cada medida supone poner en marcha una opción tecnológica para retirar 9,890 mil toneladas de emisiones de CO<sub>2</sub> al año 2030.



| Número | Medida de Reducción                                                                                              |
|--------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1      | Control de emisiones de contaminantes a la atmósfera en el sector petróleo y petroquímica                        |
| 2      | Implementación de mejores prácticas ambientales en el sector de energía eléctrica                                |
| 3      | Sustitución y chatarrización de los vehículos de carga con más de 15 años de antigüedad                          |
| 4      | Aplicación rigurosa de un Programa de Verificación Vehicular Obligatoria y Programa Ostensiblemente Contaminante |
| 5      | Cosecha mecanizada sin quema agrícola                                                                            |
| 6      | Otras                                                                                                            |

## 7. FUENTES DE FINANCIAMIENTO

La identificación de herramientas de financiamiento que permitan acelerar el paso a tecnologías más limpias en el transporte público o desarrollar mejoras en infraestructura, es una necesidad para los responsables de la implementación de las medidas de mejora de la calidad del aire. Entre otros aspectos, es conveniente definir estrategias que permitan acceder a recursos internacionales o nacionales. Bajo este contexto es recomendable establecer planes que incluyan:

- Una participación intersectorial o interinstitucional, según el proyecto.
- Identificar oportunidades de ahorro en ciertos sectores, traspasando esas ganancias a otros.
- Buscar alianzas entre concesionarios para establecer planes de financiamiento que les permita reducir costos y mejora el apalancamiento de las deudas.
- Identificar los diferentes organismos que dentro del marco institucional pueden revisar, apoyar y/o avalar las propuestas técnicas y financieras a presentar.
- Identificar oportunidades estratégicas para el involucramiento y posible co-financiamiento de las medidas por parte del sector privado.
- Establecer convenios con fondos monetarios de financiamiento como: el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), la Corporación Andina de Fomento, el Banco Europeo de Inversiones, el Banco Centroamericano de Integración Económica, el Banco de Desarrollo del Caribe, el Banco Europeo de Inversiones (BEI), la fundación Clinton, el Banco Mundial conformado por dos instituciones de desarrollo el Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento (BIRF) diseñado para el apoyo a países de mediano ingreso y países pobres con capacidad crediticia y la Asociación Internacional de Fomento (AIF), diseñada para el apoyo a países pobres sin capacidad crediticia.

Otras estrategias que pueden permitir obtener recursos están ligadas al desarrollo de una evaluación y seguimiento a los planes estratégicos de los mercados verdes asociados al sector ambiental, vinculados al Fondo Nacional de Infraestructura y al establecimiento de políticas de gestión que permitan generar planes de implementación conjunta con países estratégicos para alcanzar las metas de reducción de emisiones asociadas a los planes prioritarios.

Asimismo, existen otros mecanismos estratégicos de financiamiento para la prevención y control de la contaminación, que podrían ser establecidos por el Estado para la recaudación de fondos a través de impuestos de responsabilidad medio ambiental; bajo el principio de quien contamina paga. Un ejemplo de estos mecanismos es el Programa Carl Moyer desarrollado en California, el cual se describirá más adelante como un Programa tipo que podría permitir obtener recursos adicionales para la implementación de este ProAire.

En este mismo sentido, para fines de su implementación, a continuación, se presenta una síntesis de la identificación de posibles fuentes de financiamiento disponibles agrupadas por tipo ya sea local, nacional, internacional y/o privado que podrían cubrir los costos asociados a la ejecución de las medidas y acciones propuestas para reducir la contaminación en el estado de Veracruz.

## 7.1. Fuentes de financiamiento nacional/local

### 7.1.1. Presupuesto Egresos de la Federación

El Presupuesto de Egresos de la Federación (PEF) consiste en los recursos totales estimados para el cumplimiento de las funciones de gobierno del próximo año fiscal comprendido entre el 1 de enero al 31 de diciembre. A estos recursos se les conoce como gasto público, los cuales son utilizados por el gobierno federal para brindar a la población: a) servicios educativos y de salud, b) acceso a carreteras y viviendas, c) apoyo en el desarrollo del campo, d) actividades económicas y fomento al turismo, e) mecanismos para la generación y distribución de energía eléctrica, f) soberanía y seguridad nacional, g) procurar e impartir justicia, h) actividades legislativas, i) regulación, j) recursos a los estados y municipios, k) mantener relaciones con otros países, l) atención al costo financiero de la deuda, entre otros.

Cada año el poder Ejecutivo Federal a través de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP) realiza la estimación de todos los ingresos que tendrá el país, y prepara la propuesta de Proyecto de Presupuesto de Egresos de la Federación, incluyendo todos los soportes que integran la Política Fiscal. El proyecto de PEF incluye tanto el monto como el objetivo y destino de los recursos estimados con base en el gasto público. La SHCP integra toda la información elaborada a su vez por el poder Legislativo y Judicial, el Instituto Federal Electoral y la Comisión Nacional de los Derechos Humanos, incluyendo las propuestas para cada una de las Secretarías de Estado y entidades estatales a su cargo. La Cámara de Diputados es la encargada de revisar, modificar y aprobar la propuesta presentada por la SHCP, la cual una vez es aprobada se publica para el cumplimiento de la ejecución presupuestal del siguiente año fiscal.

Para el año 2016 el PEF total aprobado fue de \$4,763,874 millones de pesos de los cuales el 6.05% se destinó para la protección del medio ambiente (\$28,065.5 millones de pesos). Proyectos como los Proaires, Inventarios de Emisiones y otros destinados para la protección del medio ambiente pueden ser solicitados por la entidad federativa y municipios dentro del sector de medio ambiente y recursos naturales de acuerdo al nivel de priorización que se le asigne (muy alto, alto, medio y bajo).

Tipo de apoyo otorgado:

El costo total del proyecto.

Sujeto de apoyo:

Proyectos propuestos por el sector público estatal y municipal.

Criterios de apoyo:

De acuerdo a las prioridades de la Entidad Federativa se asignan los recursos proyectos de mayor impacto del sector Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Monto máximo de apoyo:

No disponible

Fechas de convocatoria:

No aplica

Lineamientos de aplicación:

No aplica

### **7.1.2. Fondo Nacional de Infraestructura**

El Fondo Nacional de Infraestructura (FONADIN)<sup>24</sup>, fue creado por el Gobierno de México para impulsar la infraestructura en diferentes sectores como: comunicaciones, transporte, agua, medio ambiente y turismo, incluyendo su planeación, diseño, construcción y transferencia de proyectos con impacto social o rentabilidad económica.

Dentro de las funciones se encuentran: a) apoyar la ejecución del Programa Nacional de Infraestructura (PNI), b) facilitar la transferencia de recursos del sector privado a proyectos de infraestructura, c) promover la participación del sector público, privado y social en proyectos de infraestructura sirviendo como plataforma financiera, d) asumir los riesgos, e) apoyar proyectos con rentabilidad social y/o con baja rentabilidad económica en la consecución de recursos, y f) buscar financiamientos de largo plazo en condiciones competitivas. El PNI establece una inversión de 7.7 billones de pesos mexicanos entre 2014-2018 para los sectores comunicaciones y transportes, desarrollo urbano, agua y energía (hidrocarburos y electricidad).

Tipo de apoyo otorgado:

Los instrumentos de apoyo disponible para proyectos de inversión se dividen en recuperables (capital de riesgo, deuda subordinada y garantías) y no recuperables (aportaciones y subvenciones). Es decir, incluyen tanto fondo perdido como crédito y co-financiamiento.

Los fondos recuperables incluyen el financiamiento para estudios y asesorías de proyectos de infraestructura, con el propósito de generar utilidad financiera. Los fondos no recuperables que podrían destinarse a estudios y asesorías o a proyectos de infraestructura del sector público para cubrir hasta el 50% de los gastos asociados a estudios y la contratación de asesorías, asociados principalmente con un alto beneficio social.

Sujeto de apoyo:

Entidades del sector público, privado y subdirecciones sectoriales de la dirección de la Banca de Inversión, pueden solicitar apoyo financiero. Sin embargo, los proyectos deben ser promovidos por el sector público.

Criterios de apoyo:

El FONADIN brinda apoyo a los siguientes sectores, en términos de su planeación, diseño, construcción y transferencia de proyectos con impacto social o rentabilidad económica:

- Comunicaciones y Transportes (Carreteras, puertos, aeropuertos, puentes y cruces fronterizos, terminales de carga y de pasajeros, ferrocarriles, trenes suburbanos, BRT)
- Hidráulico (Plantas de potabilización y saneamiento, redes de distribución)
- Medio ambiente (Residuos sólidos y fuentes de energía limpia)
- Turismo (Centros integralmente planeados)

---

<sup>24</sup> Información disponible en línea FONADIN en: <http://www.fonadin.gob.mx/wb/fni/inicio>

Monto máximo de apoyo:

No disponible

Fechas de convocatoria:

No aplica

Lineamientos de aplicación:

Los proyectos deben ser avalados y promovidos por el sector público, mediante el llenado del formato de Ficha Técnica o Plan de Negocios. Adicional a esto se debe adjuntar una solicitud formal, lo cual será evaluado por FONADIN a partir de los criterios establecidos en sus reglas de operación<sup>25</sup>. Las solicitudes de apoyo deberán tramitarse ante la Subdirección Sectorial correspondiente.

- Carreteras y Ferrocarriles (incluye transporte urbano).
- Puertos, Aeropuertos y Turismo.
- Agua y Medio Ambiente.

Adicionalmente, las propuestas deben contener un Estudio Preliminar de Factibilidad que contenga:

1. Descripción del proyecto
2. Descripción de las autorizaciones requeridas
3. Viabilidad jurídica
4. Rentabilidad social
5. Estimación de inversión y aportaciones
6. Viabilidad económica y financiera
7. Características esenciales del contrato.

Datos de contacto:

Datos de contacto según el sector de infraestructura que corresponda al proyecto:

| Funcionario                   | Puesto                                        | Teléfonos             |
|-------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------|
| Lic. Federico Gutiérrez Soria | Subdirector de Carreteras y Transporte Masivo | (55) 5270-1639 y 1423 |
| Ing. Carlos Mier y Terán      | Subdirector de Puertos, Aeropuertos y Turismo | (55) 5270-1771        |
| Lic. Carlos Andrés Puente     | Subdirector de Agua, Energía y Medio Ambiente | (55) 5270-1770 y 1753 |

### ***7.1.3. Fondo para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía***

El Fondo para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía (FOTEASE) es un instrumento creado con el propósito de apoyar financieramente a la Estrategia Nacional para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía, con la finalidad de promover energías renovables y acciones de mejora de la eficiencia energética (artículo 27 de la Ley

<sup>25</sup> Reglas de operación establecidas en el Marco Jurídico, disponibles en:  
[http://www.fonadin.gob.mx/wb/fni/reglas\\_de\\_operacion](http://www.fonadin.gob.mx/wb/fni/reglas_de_operacion)

para el Aprovechamiento de las Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética). Este fondo es administrado por la Secretaría de Energía.

En el período 2009-2013, se ejecutaron 24 proyectos por un valor de \$7,343.83 millones de pesos mexicanos, materializados en temas de eficiencia energética en un 85% y energía renovable en un 15%. En el 2014, se destinaron recursos de mil millones de pesos adicionales para proyectos en estos mismos temas. Alrededor de 300 millones de pesos han sido asignados con el objetivo estratégico de reducir el impacto ambiental del sector energético, a través del impulso a proyectos alineados a la transición energética y aprovechamiento sustentable de la energía. El fondo está en proceso de obtener recursos adicionales con el apoyo de donativos y préstamos de bajo interés del Banco Mundial operados por la SENER.

Los solicitantes pueden acceder a recursos de este fondo mediante la presentación de propuestas, las cuales son sometidas a concurso. La definición de las bases y proceso de selección está a cargo de un comité conformado por representantes de diversas entidades públicas, el cual es responsable de la asignación de recursos de cada año.<sup>26</sup>

Tipo de apoyo otorgado:

Fondo perdido y/o crédito

Sujeto de apoyo:

Empresas del sector privado, desarrolladores de tecnología, promotores de innovaciones tecnológicas, pequeñas y medianas empresas (PYMES), empresas de generación de energía limpia, investigadores y facultades de las universidades mexicanas y centros de investigación del sector público.

Criterios de apoyo:

Por definir

Monto máximo de apoyo:

No disponible

Fechas de convocatoria:

Por definirse

Lineamientos de aplicación:

Los interesados pueden solicitar recursos a partir de los lineamientos y criterios establecidos en la convocatoria anual publicada por el fondo.

Datos de contacto:

- Lic. Horacio Venegas Espino - Coordinador del Fondo para la Transición Energética.
- Correo: hvenegas@energia.gob.mx
- Tel: (55) 5000 6000
- Dirección: Insurgentes Sur #890 Col. Del Valle, Del Benito Juárez Distrito Federal, CP. 03100

---

<sup>26</sup> Reglas de Operación del Fideicomiso Público de Administración y Pago denominado Fondo para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía. Disponible en: [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5331192&fecha=30/01/2014](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5331192&fecha=30/01/2014)

#### 7.1.4. Desarrollo de un programa tipo Carl Moyer de California como mecanismo de financiación

Un modelo de financiamiento exitoso que podría ser replicado en México es el Programa Carl Moyer. El programa Carl Moyer fue establecido en 1998, e implementado en conjunto por la Junta de Recursos del Aire (ARB, por sus siglas en inglés) del Estado de California y los Distritos locales de aire. Este programa hace parte de la estrategia de mejoramiento de la calidad de aire del estado de California, promoviendo a corto plazo la reducción de emisiones de óxidos de nitrógeno (NOx), partículas (PM), y gases orgánicos reactivos.

En este sentido, el objetivo del programa es proveer fondos que financien el costo incremental de las nuevas tecnologías y a su vez, promuevan la compra voluntaria de tecnologías más limpias como motores, dispositivos y tecnologías de reducción de emisiones. Las reducciones obtenidas bajo esta iniciativa hacen parte del Plan de Implementación del Estado de California cuyo propósito es alcanzar los estándares de la calidad del aire propuestos. El programa es complementario a la regulación de reducción de emisiones de California permitiendo obtener reducciones adicionales de contaminación atmosférica de una forma más rápida y efectiva.

Los fondos para implementar el programa son asignados cada año, gracias a la asignación de recursos establecida a través de legislación. A partir de cambios establecidos en los diferentes códigos de salud y seguridad (códigos normativos). En el 2004, el programa se ha fortalecido hasta contar con un presupuesto de US\$ 141 millones para cada año, una parte de estos son proveídos por Distritos locales de aire. A partir del séptimo año hasta la fecha, en la legislación promulgada en 2004 (Senate Bill 1107 y Assembly Bill 923) se especificaron tres fuentes de financiamiento para el programa, que se señalan en el Cuadro 7.1. Así, el total recaudado en el 2014 fue de 135 millones de dólares aproximadamente.

Cuadro 7.1. Fuentes de Financiación para el Programa Carl Moyer

| Concepto                                     | Característica                                                                                                        | Recaudación obtenida             | Fecha de vencimiento           |
|----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|
| Pago por inspección de emisiones vehiculares | Se aumentó la cuota de \$6 a \$12 USD, para exentar de la revisión de emisiones a los vehículos nuevos.               | \$60 millones de dólares anuales | No tiene fecha de vencimiento. |
| Cuota de llantas                             | Se ajustó la cuota por adquisición de neumáticos de \$1 a \$1.75 USD por cada neumático nuevo.                        | \$25 millones de dólares anuales | Expira en el año 2015          |
| Cuota por registro de vehículo motorizado*   | Modificación de la legislación, para dar facultad a los Distritos de aire de aumentar el cargo por registro a \$2 USD | \$50 millones de dólares anuales | Expira en el año 2015.         |

\* La recaudación por este concepto se envía directamente al Departamento de Vehículos Motorizados de los Distritos de aire, a diferencia de los fondos recaudados por los otros dos conceptos, los cuales distribuye ARB a los Distritos aplicando una fórmula de financiación.

Las bases para la gestión de fondos de este programa están establecidas en el Código de Salud y Seguridad del Estado de California. El ARB elabora y revisa la guía de procedimiento del programa, protocolos y los criterios para el cubrimiento de los proyectos. Asimismo, se encarga de establecer la metodología a utilizar para la evaluación de costo-efectividad de los proyectos. Los distritos

locales de aire<sup>27</sup> siguen las directrices del Programa Carl Moyer usando la guía de procedimiento para seleccionar, financiar y supervisar proyectos específicos de mejoramiento de la calidad del aire en sus áreas. La elegibilidad de los proyectos depende del potencial de reducción. Los proyectos incluyen vehículos en carretera y fuera de carretera, transporte marítimo, locomotoras y vehículos para agricultura.

En principio, los distritos locales de aire se encargan de la aprobación de los beneficiarios de los fondos por orden de llegada e información completa. En proyectos que impliquen un monto mayor a los US\$ 100,000 deben ser revisados y aprobados por el comité de los distritos locales de calidad del aire y los que están por debajo son revisados y aprobados por el Director de Control de la Contaminación del Aire.

Una vez que los fondos son aprobados, el beneficiario debe someter su proyecto a una pre-inspección. Por ejemplo, los motores que se van a remplazar deben estar en funcionamiento al momento de la adjudicación. Después de la revisión, el equipo de la División de Incentivos Estratégicos envía al beneficiario el contrato de subvención para su revisión y aceptación. A partir del acuerdo de las partes, el beneficiario puede ordenar el motor, dispositivo o tecnologías e inicia el proyecto.

Este programa ha financiado proyectos de reducción de emisiones exitosamente por más de 15 años. Durante los primeros seis años de implementación, el Carl Moyer renovó aproximadamente 6,300 motores, reduciendo las emisiones de NOx en 18 ton/día y en 1 ton/día de PM. Para este mismo periodo el programa logró beneficios importantes en salud y bienestar social, ayudando a reducir 17,000 pérdidas en días laborales, previniendo 2,800 ataques de asma y 100 muertes prematuras, lo cual tiene un impacto económico que se traduce en una valoración económica de US\$ 790 millones (ARB, 2007)<sup>28</sup>.

Algunos ejemplos de proyectos financiados por el programa son:

1. Vehículos en la vía y Equipo - Ejemplo de proyectos: repotenciación, modernización o sustitución de camiones pesados y autobuses.
2. Vehículos fuera de la vía y Equipos - Ejemplo de proyectos: repotenciación, modernización y sustitución de tractores y otros equipos agrícolas, equipos de construcción, equipos de apoyo en suelo aeroportuario, carretillas elevadoras.
3. Vehículos de transporte marítimo y Equipos - Ejemplo de proyectos: repotenciación y/o modernización de buques comerciales, compra de nuevos buques y buques.
4. Agricultura y Equipo - Ejemplo de proyectos: repotenciación y/o modernización de las bombas de riego.
5. Locomotoras - Ejemplo de proyectos: cambios alternativos, dispositivo de limitación de inactividad, motores re-manufacturados, y repotenciación y/o modernización.

Si se llegara a implementar un Programa similar,

Tipo de apoyo otorgado:

Co-financiamiento

---

<sup>27</sup> Distritos locales de aire del Estado de California (Air Quality Management Districts).

<sup>28</sup> Reporte de los resultados obtenidos durante los primeros seis años del programa. Mayor información en el siguiente enlace: [http://www.arb.ca.gov/msprog/moyer/status/2006status\\_report.pdf](http://www.arb.ca.gov/msprog/moyer/status/2006status_report.pdf)

#### Sujeto de apoyo:

Transportistas dueños de flota a diesel del sector público o privado.

#### Criterios de apoyo:

Los proyectos deben operar 75% del tiempo dentro de los límites del área de cuestión.

Los tipos de proyectos que considera el Programa Carl Moyer se enumeran en el Cuadro 7.2.

**Cuadro 7.2. Tipo de proyectos considerados en el Programa Carl Moyer.**

| Tipo de proyecto                                    | Característica                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Reemplazo de motor (Repotenciación)                 | Reemplazo de motores en uso por otros más limpios. Los motores antiguos se destruyen en su totalidad.                                                                                                                                                                                                                    |
| Reacondicionamiento (Retrofit):                     | Reacondicionamiento de los motores y vehículos en uso, a través de sistemas de control de emisiones empleado exclusivamente en un motor en uso, vehículo o pieza del equipo.                                                                                                                                             |
| Nuevas adquisiciones                                | Vehículos o equipos certificados opcionalmente en estándares de emisión más bajos que los oficiales. Esta opción era común en vehículos pesados, sin embargo, con el paso del tiempo, los estándares de emisión se han vuelto más estrictos y por lo tanto hay menos motores certificados con los estándares opcionales. |
| Modernización de la flotilla o reemplazo de equipos | Sustitución de un vehículo viejo o pieza de equipo que aún tiene vida útil restante por un vehículo o pieza de equipo más reciente y limpio. Los vehículos y equipos antiguos se destruyen en su totalidad.                                                                                                              |
| Chatarrización                                      | Pago a los propietarios de vehículos contaminantes y viejos, pero con vida útil restante, para retirar voluntariamente sus vehículos antes de que deban hacerlo de otra manera                                                                                                                                           |

Las principales categorías de vehículos que participan en el Programa son:

- Vehículos pesados en carretera,
- Motores agrícolas estacionarios y portátiles,
- Equipos de construcción fuera de pista (off-road),
- Equipo agrícola móvil fuera de pista (off-road),
- Equipo de manejo de carga fuera de pista (off-road),
- Equipos de apoyo en tierra para aeropuertos,
- Embarcaciones,
- Vehículos ligeros, chatarrización de vehículos, Vehículos automotores pesados,
- Modernización de la flota, reemplazo de equipo off road, locomotoras y equipo para césped y jardín-reemplazo.

#### Monto máximo de apoyo:

Para que el proyecto sea apoyado, el solicitante requiere demostrar que el proyecto puede lograr una reducción de emisiones adicional a la que se lograría con la aplicación de las normas y estándares vigentes en California. Esta medición del costo efectividad y los parámetros relacionados constituye la esencia del Programa Carl Moyer. El monto se define por tonelada reducida, y a abril 1, 2014 fue de US \$17,720 por tonelada de emisiones reducidas.

Fechas de convocatoria:

No aplica

Lineamientos de aplicación:

Se debe completar el formulario de solicitud donde se describen las reglas de aplicación.<sup>29</sup>

Datos de contacto:

No aplica

### **7.1.5. Fuentes de financiamiento privado**

Aplicando el principio de quien contamina paga, el ProAire Veracruz incluye medidas que requieren la internalización de costos a cargo de los sectores que generan emisiones contaminantes, incluyendo el sector privado. No obstante, el sector privado también podrá participar invirtiendo en la provisión de bienes y servicios, por ejemplo, a través de concesiones tales como la instalación y operación de centros de verificación vehicular. Asimismo, en función de los beneficios del proyecto, los interesados podrán aportar recursos para apalancamiento de inversiones sujetas de apoyo, tales como las que resultan en reducción de gases de efecto invernadero y/o el despliegue de transformaciones tecnológicas de gran alcance, por ejemplo, el fondo verde del clima, el fondo de tecnología limpia o las NAMAs.

Es decir, los recursos privados pueden ser una fuente importante de co-financiamiento de ciertos proyectos, permitiendo así cubrir el déficit de financiación, transferir riesgos y mejorar la rentabilidad de los mismos. En este sentido, en el ProAire Veracruz se consideran estas modalidades de financiamiento de participación privada para la implementación de las acciones.

## **7.2. Fuentes de financiamiento y/o asistencia técnica internacional**

### **7.2.1. Acciones Nacionales de Mitigación Apropriadas (NAMAs)**

Actualmente, se está evaluando la continuidad de los programas de mercados verdes a nivel internacional. De no continuar con este tipo de programas, llevaría a la estructuración de otro tipo de estrategias que permitan incentivar la disminución de los gases de efecto invernadero y mitigar sus impactos. Bajo este contexto una de las estrategias que se está perfilando con mayor fuerza consiste en las acciones nacionales apropiadas de mitigación (NAMAs, por sus siglas en inglés). Éstas se plantearon como la implementación de medidas de mitigación adecuadas a cada país en vías de desarrollo, en cooperación con países en desarrollo en el contexto del desarrollo sostenible, facilitadas por la implementación de tecnologías, financiamiento y actividades de fomento de la

---

<sup>29</sup> Lineamientos de aplicación al Programa disponibles en:

<http://www.aqmd.gov/home/programs/business/carl-moyer-program-application-forms>

capacidad de acción, de igual forma contempla estas medidas bajo un marco completamente verificable de los resultados.

Algunas propuestas referidas a las NAMAs, su alcance y configuración, sugieren que podría haber tres diferentes categorías de NAMAs:

1. Las unilaterales, consistentes en acciones autónomas realizadas por los países en desarrollo para lograr reducciones de emisiones sin contar con apoyo o financiamiento externo;
2. Las NAMAs con asistencia, o cooperativas, que consisten en acciones ejecutadas por los países en desarrollo que se llevan a cabo con apoyo financiero o de otro tipo provisto por los países desarrollados y que resultan en reducciones más elevadas que las que provienen de acciones que se ejecutan unilateralmente;
3. Las NAMAs que generan créditos, al producir reducciones de emisiones que exceden las que ocurrirían en caso de ponerse en marcha NAMAs con apoyo; este diferencial positivo de reducciones permitiría, en algunas propuestas, que haya NAMAs y acciones basadas en NAMAs, cuyas reducciones excedentes produzcan offsets que puedan volcarse al mercado global de carbono.

En el caso de México, de acuerdo al informe que resume la información comunicada por las partes<sup>30</sup> (FCCC/AWGLCA/2011/INF.1), manifestó que tiene como meta disminuir sus emisiones de GEI en un 30% en comparación con su BAU escenario a 2020. Adicionalmente, el Programa Especial de Cambio Climático 2009, incluye un conjunto de NAMAs aplicables a todos los sectores con el propósito de reducir sus emisiones anuales totales.

En la actualidad, México ha desarrollado la propuesta para la NAMA de transporte público cuyo propósito es establecer una política pública para el transporte urbano. Para ello se cuenta con la asistencia de Banobras, el Programa Federal de Transporte (PROTRAM) y el Programa para la Transformación del Transporte Urbano (PTTU). Adicionalmente, el Partnership for Market Readiness concedió 1 millón de dólares para iniciar la instrumentación de dicha NAMA. Estos fondos serán utilizados para el desarrollo de la etapa inicial del proyecto, incluyendo el fortalecimiento institucional, formación de capacidades, la parte técnica del proyecto y para el desarrollo de la línea base y la metodología para la MRV.

*Sujeto de apoyo:*

Sector público y privado (por definir), en función de las acciones que formen parte de la NAMA.

*Criterios de apoyo:*

Proyectos y acciones encaminadas a reducir emisiones de CO<sub>2</sub> en el transporte público. El propósito de la NAMA es complementar otras fuentes de financiamiento para compensar el costo incremental de medidas seleccionadas.

*Monto máximo:*

Por definir

*Fecha de convocatoria:*

---

<sup>30</sup> Compilación de información sobre NAMAs a ser implementadas por las partes no incluido en el Anexo I de la Convención. Disponible en: <http://unfccc.int/resource/docs/2011/awglca14/eng/inf01.pdf>

Por definir

Lineamientos de aplicación:

Por definir

Persona de contacto:

Luis Alfonso Muñoz Cano, SEMARNAT.

Correo: Luis.munozcano@semarnat.gob.mx

### **7.2.2. Fondo de Tecnología Limpia**

El Fondo de Tecnología Limpia (CTF, por sus siglas en inglés) financia medidas de transformación las cuales incluyen la difusión y transferencia de tecnologías limpias, el financiamiento de programas y proyectos con emisiones bajas de carbono integrados en estrategias nacionales e incentivos a través de inversiones de los sectores público y privado. El alcance de los programas y proyectos financiados pueden ser a gran escala, nivel sectorial o sub sectorial y sub nacional.

Los criterios establecidos para la financiación de los proyectos se encuentran asociados con el potencial de reducción de gases de efecto invernadero (GEI), el potencial de demostración de la reducción, el impacto positivo en el desarrollo de la región y su viabilidad para la implementación. Los términos de los préstamos son similares a las condiciones del IDA<sup>31</sup>, cuyo propósito es proporcionar créditos a países en desarrollo. Estos créditos pueden ser de bajo interés, libre de interés y donaciones para diferentes propósitos como inversión en educación, salud, administración pública, infraestructura, desarrollo del sector financiero y privado, agricultura, ambiente y manejo de los recursos naturales. Cada Plan de Inversión del CTF es diseñado a la medida del país para ser integrado dentro de los objetivos de política nacional y servir como un marco programático para las actividades de los actores entre instituciones, interlocutores y sectores.

México tiene un Plan de Inversiones aprobado por el CTF. Los fondos aprobados ascienden a 500 millones de dólares, los cuales se complementan con un cofinanciamiento de 5,697 millones de dólares provenientes de otras fuentes. El transporte urbano es uno de los componentes del Plan de Inversiones (200 millones de dólares del CTF y un cofinanciamiento de 1,975 millones de dólares de otras fuentes) e incluye apoyos (a través del Programa de Transformación del Transporte Urbano) para el BRT de Monterrey y otros nueve proyectos en preparación. El siguiente cuadro muestra los requerimientos metodológicos para acceder a los fondos del CTF.

---

<sup>31</sup> El IDA (The International Development Association) es un fondo de garantía del Banco Mundial. Este fondo de garantía se aplica para países de bajo nivel de desarrollado. Mayor información en el siguiente enlace: <http://www.worldbank.org/ida/>

Cuadro 7.3. Requerimientos Metodológicos para el financiamiento del sector público CTF

|                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Criterio:                                           | <p>Potencial de reducción de GEI</p> <p>Emisiones ahorradas – costo efectividad</p> <p>Potencial demostrado a escala</p> <p>Impacto sobre el desarrollo</p> <p>Potencial de implementación</p> <p>Costo adicional y prima de riesgo</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Área de Inversión:                                  | <p>Sector Eléctrico, como resultado de una reducción sustancial de carbono asociado a la producción de electricidad (t CO<sub>2</sub> eq./MWh).</p> <p>Transporte, como resultado de una alta reducción de emisiones (CO<sub>2</sub> kilómetros/pasajero o ton/km) a través de cambio modal, eficiencia en el uso del combustible y combustibles alternativos.</p> <p>Adopción a gran escala de tecnologías de energía renovables y más eficientes que reduzcan la emisión de forma significativa y el uso de energía por unidad en edificios, industria y agricultura.</p>                                                                                                                                                                                                                                                              |
| CTF escenarios de condiciones de co-financiamiento: | <p>Tasa de retorno negativa.</p> <p>Tasa de rendimiento por debajo del umbral normal del mercado.</p> <p>Tasa de rendimiento por encima del umbral normal del mercado, pero por debajo de la prima de riesgo para el tipo de proyecto, tecnología, sector o país.</p> <p>Tasa de rendimiento por encima del umbral normal del mercado, pero la aceleración de las inversiones en proyectos de bajo carbono tendría un alto costo de oportunidad.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Costo adicional y prima de riesgo                   | <p>Cada propuesta de proyecto / programa debe identificar claramente los costos adicionales o prima de riesgo que afectan la tasa de retorno de la inversión a causa de la reducción de las emisiones de GEI y definir cómo la donación del financiamiento del CTF cubre esos gastos adicionales o prima de riesgo.</p> <p>CTF no financia aquellos proyectos que han sido financiados por el MDL (Mecanismo de Desarrollo Limpio).</p> <p>Financiamiento del CTF complementa el GEF. El GEF ofrece financiación en el área de mitigación del cambio climático: a) proyectos piloto y de demostración de nuevas tecnologías; b) eliminar las barreras para transformar los mercados, y c) creación de capacidades, en particular, la creación de un entorno propicio, incluyendo el establecimiento de códigos, normas y estándares.</p> |

Adicionalmente, una segunda fase del Plan de Inversiones del CTF fue presentada en octubre de 2013 con una solicitud de recursos de 300 millones de dólares e incluye los proyectos y montos relacionados en el Cuadro 7.4.

Cuadro 7.4. Plan de financiamiento del CTF, fase 2.

| Programa                                                   | MDB  | Anexo | CTF | GobMx | Crédito IBRD | Crédito IDBO | Otro; Sector Privado | Total |
|------------------------------------------------------------|------|-------|-----|-------|--------------|--------------|----------------------|-------|
| Transporte de carga verde                                  | IBRD | 1     | 50  | 40    | 50           |              |                      | 140   |
| Transporte urbano sustentable                              | IBRD | 2     | 50  | 400   | 50           |              | 240                  | 740   |
| Financiamiento de energía y fondo de mitigación de riesgo  | IBD  | 3     | 80  | 140   |              | 80           | 70                   | 370   |
| Generación de electricidad a partir de residuos forestales | IBD  | 4     | 40  | 10    |              | 30           | 10                   | 90    |
| Eficiencia energética en hogares                           | IBRD | 5     | 50  | 50    | 100          |              | 100                  | 300   |
| Eficiencia energética en la agricultura                    | IBD  | 6     | 30  | 10    |              | 20           | 10                   | 70    |
| TOTAL                                                      |      |       | 300 | 650   | 200          | 130          | 430                  | 1,710 |

Fuente: Plan de financiamiento del CTF para México, fase 2.<sup>32</sup>

En el caso del transporte de carga, las iniciativas propuestas incluyen modernización y renovación de la flota y medidas complementarias para reducir la huella de carbono en todo el sistema.

**Sujeto de apoyo:**

Múltiples, en función de los programas elegibles

**Criterios de apoyo:**

Programas y proyectos incluidos en el plan de inversiones de México, conforme a lo señalado en la tabla 2, incluyendo transporte sustentable, transporte de carga, energía limpia y mitigación de riesgos, generación de electricidad de residuos forestales, eficiencia energética en el sector residencial y en el sector agrícola.

**Fecha de convocatoria:**

No aplica

**Monto máximo:**

No aplica

**Persona de contacto:**

- Claudio Alatorre, Banco Interamericano de Desarrollo.  
Correo: calatorre@iadb.org
- Arturo Ardila, Banco Mundial.  
Correo: aardilagomez@worldbank.org

<sup>32</sup> Documento disponible en: [https://www.climateinvestmentfunds.org/cif/sites/climateinvestmentfunds.org/files/CTF\\_TFC.12\\_5\\_Investment\\_Plan\\_for\\_Mexico\\_Phase\\_II.pdf](https://www.climateinvestmentfunds.org/cif/sites/climateinvestmentfunds.org/files/CTF_TFC.12_5_Investment_Plan_for_Mexico_Phase_II.pdf)

### 7.2.3. Coalición de Clima y Aire Limpio

En 2012 se creó la Coalición de Clima y Aire Limpio (CCAC, por sus siglas en inglés). Esta iniciativa es un acuerdo voluntario establecido por seis gobiernos (Bangladesh, Canadá, Ghana, México, Suecia y Estados Unidos), junto con el Programa Ambiental de las Naciones Unidas (PNUMA), la cual tiene el propósito de unir esfuerzos para reducir las emisiones de los contaminantes climáticos de vida corta (SLCPs por sus siglas en inglés) en el corto plazo. Actualmente, la coalición cuenta con el respaldo de 75 socios los cuales incluyen países, Organizaciones sin ánimo de lucro, organizaciones gubernamentales, entre otros.

A partir de la voluntad política de alto nivel se pretende establecer acciones para la reducción de estos contaminantes a nivel mundial, mediante iniciativas dirigidas a siete sectores y tres transversales.

| Iniciativas basadas en sectores                                                                     | Iniciativas transversales                              |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| 1. Reducción de emisiones de carbono negro procedentes de vehículos pesados diésel y motores.       | 8. Apoyo para los Planes de Acción Nacionales en SLCPs |
| 2. Mitigación de SLCPs y otros contaminantes de la producción de ladrillo.                          | 9. Financiamiento de mitigación de SLCPs               |
| 3. Mitigación de SLCPs de residuos sólidos municipales.                                             | 10. Evaluación regional de SLCPs.                      |
| 4. Promoción de Alternativas Tecnológicas de HFCs y Estándares.                                     |                                                        |
| 5. Aceleración de reducciones de metano y carbono negro de la producción de petróleo y gas natural. |                                                        |
| 6. Reducción de SLCPs de cocinas y calefacción domésticas.                                          |                                                        |
| 7. Dirigirse a SLCPs procedentes de la agricultura.                                                 |                                                        |

Dentro de las iniciativas mencionadas se encuentran algunas de las medidas propuestas de reducción de emisiones del ProAire que podrían ser incluidas dentro de dichos sectores, tales como: cosecha mecanizada sin quema, agricultura sin labranza, introducción de estufas ahorradoras de leña y sustitución y chatarrización de los vehículos de carga con más de 15 años de antigüedad.

Los fondos son administrados por el PNUMA. Un total de 46 millones de dólares es el presupuesto para 2012-2015, donde aproximadamente 29 millones dólares han sido designados para soportar iniciativas y actividades del Secretariado, de los cuales 12 millones de dólares ya han sido asignados. Los fondos han sido destinados para cubrir actividades de asistencia técnica y financiación de algunos proyectos específicos.

#### Sujeto de apoyo:

Sector público y privado.

#### Criterios de apoyo:

Proyectos y acciones encaminadas a reducir contaminantes de vida corta.

Monto máximo:

No disponible

Fecha de convocatoria:

No aplica

Lineamientos de aplicación:

Los apoyos se encuentran asociados principalmente a asistencia técnica y desarrollo de estudios.

Persona de contacto:

Nick Nuttall, UNEP.

Tel: +254 733 632755, E-mail: [nick.nuttall@unep.org](mailto:nick.nuttall@unep.org)

## **7.2.4. Fondo Verde del Clima**

El Fondo Verde del Clima es una iniciativa de la *United Nations Framework Convention on Climate Change* (UNFCCC) y que tiene por mandato “Promover el desarrollo bajo en emisiones y resiliente al clima en países en vía de desarrollo”. Establecido en 2010 en Cancún, la sede de su Secretaría se encuentra en Incheon, Corea del Sur, y cuenta con la participación de los 194 países de la UNFCCC y una junta directiva de 24 países miembros, a saber:

- |                  |                  |
|------------------|------------------|
| • Benín          | • Australia      |
| • Egipto         | • Holanda        |
| • Sudáfrica      | • Francia        |
| • China          | • Alemania       |
| • Arabia Saudita | • Japón          |
| • Pakistán       | • Noruega        |
| • Cuba           | • Hungría        |
| • Argentina      | • Italia         |
| • Perú           | • Suiza          |
| • Zambia         | • Suecia         |
| • Barbados       | • Reino Unido    |
| • Georgia        | • Estados Unidos |

El Fondo cuenta con recursos por 10.2 billones de dólares los cuales se distribuyen en 50% para mitigación y 50% para adaptación. El Fondo cuenta también con recursos por 15 millones de dólares para los procesos de alistamiento. El apoyo preparatorio incluye: 1) fortalecimiento institucional; 2) marcos de trabajo estratégico; 3) desarrollo de una cartera de proyectos; 4) acreditación de entidades y 5) intercambio de experiencias.

Sujeto de apoyo:

Sector público y privado (por definir).

Lineamientos de aplicación:

De acuerdo con las políticas de Inversión del Fondo, financiará proyectos y programas que demuestren el máximo potencial para un cambio de paradigma hacia un desarrollo sostenible, bajo

en carbono y resiliente al clima. Actualmente diferentes actores de la banca multilateral y bancos privados se encuentran en proceso de evaluación para ser entidades acreditadoras.

Criterios de apoyo:

En la Figura 7.1 se presentan los resultados estratégicos del Fondo. Una revisión general de los mismos indica de manera preliminar que algunas de las medidas del ProAire de Veracruz, como: 1) uso de combustibles alternativos; 2) uso de vehículos híbridos y eléctricos; 3) sistemas de transporte colectivo más eficientes y 4) mejora sistémica/reemplazo de estufas domésticas a base de leña; pueden ser objeto de financiamiento de este Fondo.

Figura 7.1. Resultados Estratégicos. Fondo Verde del Clima



Monto máximo:

Por definir

Fecha de convocatoria:

Por definir

Persona de contacto:

Como punto de contacto para la América Latina se cuenta con Carmen Argüello<sup>33</sup>, Asesora para América Latina y el Caribe del programa de Alistamiento del Fondo Verde.

<sup>33</sup> [carguello@gcfund.org](mailto:carguello@gcfund.org) Teléfono +52 1 2221 406711

### **7.2.5. Alianza Global para Estufas Limpias**

La Alianza Global para Estufas Limpias<sup>34</sup> es una iniciativa público privada de carácter internacional con el respaldo de la Fundación de las Naciones Unidas que tiene la misión de promover el desarrollo de mercados sostenibles de estufas eficientes mediante donaciones, asistencia técnica y vinculación de actores clave. Sus operaciones se desarrollan principalmente en África, Asia y América Latina. La Alianza promueve la interacción de los actores relacionados con soluciones para estufas eficientes, provee asistencia técnica y cuenta con recursos para el desarrollo de algunos componentes específicos para el establecimiento de mercados de estufas eficientes.

**Sujeto de apoyo:**

Sector público y privado

**Criterios de apoyo y Lineamientos de aplicación:**

Los sujetos de apoyo son exclusivamente los Asociados de la Alianza (Socios) de cualquiera de las siguientes categorías 1) gobiernos nacionales; 2) organismos implementadores (participantes del sector privado u ONGs involucrados en el proceso de implementación de estufas eficientes incluyendo el diseño, manufactura, distribución, mercadeo o venta); y 3) proveedores de servicios (organizaciones que proveen servicios profesionales a los implementadores). Los criterios para el otorgamiento de apoyos incluyen que los proyectos estén relacionados con los siguientes temas: a) investigación, b) creación de capacidades; c) entrenamiento, d) soporte a emprendedores y d) desarrollo de alianzas en el país. No está especificado un monto máximo de apoyo, el cual está destinado a desarrollar mercados sostenibles de estufas eficientes.

Se han realizado conversaciones preliminares con la Alianza quienes han manifestado su interés en participar en las actividades en Veracruz.

**Fecha de convocatoria:**

Esta iniciativa ofrece asistencia permanente y abre convocatorias periódicas para apoyar proyectos elegibles.

**Monto máximo:**

No aplica

**Persona de contacto:**

Mayor información: Richard Grinnell, Director Regional de Desarrollo de Mercados, América Latina, Alianza Mundial de Estufas Limpias, +502 5318 5756, <http://cleancookstoves.org/home/index.html>

---

<sup>34</sup> Global Alliance for Clean Cookstoves

## 7.3. Opciones de financiamiento por medida propuesta en el ProAire

En el Cuadro 7.5 se presenta el resumen de las potenciales fuentes y mecanismos de financiamiento para las medidas propuestas en el ProAire.

Cuadro 7.5. Potenciales Opciones de Fuentes y Mecanismos de Financiamiento

| Medida de reducción de emisiones                                                    | Fuentes de financiamiento que podrían explorarse                                                                                                 | Posible mecanismo                                                                         |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| Cambio de combustible y ciclo combinado en la Termoeléctrica Adolfo López Mateos    | Presupuesto de Egresos de la Federación                                                                                                          | Inversión directa                                                                         |
| Incorporación de secadores de bagazo y equipo de control en los Ingenios Azucareros | Inversión privada,<br>Fondo de Cambio Climático,<br>Fondo para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía (FOTEASE) | Cofinanciamiento                                                                          |
| Incorporar filtros de bolsa y ciclones en la Industria Cementera                    | Inversión privada                                                                                                                                | Inversión directa                                                                         |
| Cambio de combustible y quemadores de bajo NOx en la Industria del Petróleo         | Presupuesto Federal 2;2<br>Fondo para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía (FOTEASE)                          | Cofinanciamiento                                                                          |
| Cambio de combustible en la Industria del Papel                                     | Inversión privada,<br>Fondo para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía (FOTEASE)                               | Cofinanciamiento                                                                          |
| Introducción de estufas ahorradoras de leña                                         | Global Clean Cookstove Alliance                                                                                                                  | Asistencia técnica y financiera para actividades de demostración y despliegue tecnológico |
| Cosecha mecanizada sin quema agrícola                                               | CCAC                                                                                                                                             | Asistencia técnica y financiera para actividades de demostración y despliegue tecnológico |
| Agricultura sin labranza                                                            | CCAC                                                                                                                                             | Asistencia técnica y financiera para actividades de demostración y despliegue tecnológico |
| Programa de pavimentación                                                           | BANOBRAS                                                                                                                                         | Financiamiento blando al Estado y municipios                                              |
| Captura de metano en plantas de tratamiento de aguas residuales                     | Inversión estatal y<br>Fondo de Cambio Climático                                                                                                 | Asistencia técnica y financiera para actividades de demostración y despliegue tecnológico |
| Reducción de metano en la fermentación entérica                                     | Inversión privada                                                                                                                                | Cofinanciamiento                                                                          |

| Medida de reducción de emisiones                                                                                    | Fuentes de financiamiento que podrían explorarse                                                                                                    | Posible mecanismo                                                                                                                     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                     | Inversión estatal, y<br>Fondo de Cambio Climático                                                                                                   |                                                                                                                                       |
| Reducción de emisiones de compuestos orgánicos volátiles                                                            | Inversión privada                                                                                                                                   | Inversión directa                                                                                                                     |
| Aplicación rigurosa de un Programa de Verificación Vehicular Obligatoria y Programa Ostensiblemente Contaminante    | Inversión privada                                                                                                                                   | Inversión directa                                                                                                                     |
| Sustitución y chatarrización de los vehículos de carga con más de 15 años de antigüedad                             | Programa de Chatarrización para Vehículos de Carga y Pasaje,<br>Programa de Modernización de la Flota de Autotransporte de Carga y Pasaje SCT-NAFIN | Apoyo financiero para la destrucción definitiva de la unidad usada y/o financiamiento blando para la compra de unidades más recientes |
| Cambiar los medibuses y autobuses viejos para establecer un sistema BTR con autobuses que cumplan con EURO VI       | FONADIN-Fondo de Tecnología Limpia                                                                                                                  | Apoyo financiero para la implementación de sistemas BRT                                                                               |
| Cambiar y chatarrizar los autobuses foráneos con más de 15 años de antigüedad por autobuses que cumplan con EURO VI | Programa de Chatarrización para Vehículos de Carga y Pasaje,<br>Programa de Modernización de la Flota de Autotransporte de Carga y Pasaje SCT-NAFIN | Apoyo financiero para la destrucción definitiva de la unidad usada y/o financiamiento blando para la compra de unidades más recientes |

## 8. REFERENCIAS

Cuarto almanaque de datos y tendencias de la calidad del aire en 20 ciudades mexicanas (2000-2009), Cap. 22, INE,

Protocolo de manejo de datos de la calidad del aire publicado por INE (INE-DGCENICA, 2010)

DOF (16/07/2012). Norma Oficial Mexicana NOM-156-SEMARNAT-2012, Establecimiento y operación de sistemas de monitoreo de la calidad del aire.

DOF (20/08/2014). Norma Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-2014, Salud ambiental. Valores límite permisibles para la concentración de partículas suspendidas PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub> en el aire ambiente y criterios para su evaluación.

DOF (19/08/2014). Norma Oficial Mexicana NOM-020-SSA1-2014, Salud ambiental. Valor límite permisible para la concentración de ozono (O<sub>3</sub>) en el aire ambiente y criterios para su evaluación.

DOF (08/09/2010). Norma Oficial Mexicana NOM-022-SSA1-2010, Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al bióxido de azufre (SO<sub>2</sub>). Valor normado para la concentración de bióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población.

INE (2010a). Manual 1. Principios de Medición de la Calidad del Aire. [http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/consultaPublicacion.html?id\\_pub=621](http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/consultaPublicacion.html?id_pub=621)

INE (2010a). Manual 2. Sistemas de Medición de la Calidad del Aire. [http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/consultaPublicacion.html?id\\_pub=622](http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/consultaPublicacion.html?id_pub=622)

SSA (1994a). Norma Oficial Mexicana NOM-021-SSA1-1993. "Salud Ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto al monóxido de carbono (CO). Valor permisible para la concentración de monóxido de carbono (CO) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población".

SSA (1994b). Norma Oficial Mexicana Nom-023-SSA1-1993. "Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al bióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>). Valor normado para la concentración de bióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población".

Barker J.R. and Tingey D.T., 1992. Air Pollution Effects on Biodiversity. Springer US.

Bauer M.L. and Hernández-Tejeda T. 2007. A review of ozone-induced effects on the forests of central Mexico. Environmental Pollution, 147(3):446–453.

Castellanos-Medellín. 2013. Percepción de los Problemas Ambientales por parte de la población en la ciudad de Naranjos, Veracruz. Tesis de Grado. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Región Poza Rica –Tuxpan. Universidad Veracruzana. Tuxpan.

Castillo-Campos G., Avendaño Reyes S., and Medina Abreo M. E., 2011. La biodiversidad en Veracruz: estudio de estado, volume I, chapter Flora y vegetación, páginas 163–179. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), 2011.

Centro Mario Molina, 2009. Cuencas atmosféricas. Presentación Power Point. 49 pp.

Cerón-Bretón J.G., Cerón-Bretón R.M., Guerra-Santos J.J., Aguilar-Ucán C., Montalvo-Romero C., Vargas-Cáliz C., Córdova-Quiroz V., and Jiménez-Corzo R., 2010. Effects of simulated tropospheric ozone on nutrients levels and photosynthetic pigments concentrations of three mangrove species. WSEAS Transactions on Environment and Development, 6(2):133–143.

CONAPO, 2014. [http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Proyecciones\\_Datos](http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Proyecciones_Datos), consultada 28 de noviembre de 2014.

Coordinación General de Medio Ambiente, 2011. Programa de Ordenamiento Ecológico de la Cuenca del Río Tuxpan. Secretaría de Desarrollo Social y Medio Ambiente.

Dirzo, R. & García M.C., 1992. Rates of deforestation in Los Tuxtlas, a Neotropical area in Southeast Mexico. Conservation Biology 6: 84-90.

Emberson L., Ashmore M.R., and Murray F., 2003. Air Pollution Impacts on Crops and Forests: A Global Assessment. Air pollution reviews. Imperial College Press.

Fenn M.E., Bauer L.I., and Hernandez T., 2002. Urban Air Pollution and Forests: Resources at Risk in the Mexico City Air Basin. Ecological Studies. Springer.

Florescano E., Ortiz E.J., 2010. Atlas del Patrimonio Natural, Histórico y Cultural de Veracruz. Gobierno del Estado de Veracruz.

Gaceta Oficial, 18 abril 2012, Programa veracruzano de Desarrollo Social 2011-2016, Gobierno del estado de Veracruz.

Gehl, 2014. Intervenciones urbanas en Xalapa. BID, UV, Ayuntamiento de Xalapa.

Heck W.W., Dentener F.J., Raes F., Krol M.C., Emberson L., and Cofala J., 2009. The global impact of ozone on agricultural crop yields under current and future air quality legislation. Atmospheric Environment, 43(3):604–618.

INAFED, 2014 <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM30veracruz/> consultada 03 de diciembre de 2014.

INEGI, 2010. Censo de Población y Vivienda. INEGI. México.

INEGI, 2013. Anuario estadístico y geográfico de Veracruz de Ignacio de la Llave. INEGI. México.

INGEI, 2012. Anuario estadístico de Veracruz de Ignacio de la Llave 2012 /Instituto Nacional de Estadística y Geografía, Gobierno del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave.

Jauregui, E., 1975. Climate variability and climate change in Mexico: A review. Center for Atmospheric Sciences, UNAM, Mexico.

Jauregui, E., 1975. Climate variability and climate change in Mexico: A review. Center for Atmospheric Sciences, UNAM, Mexico.

John T Middleton and Arie J Haagen-Smit, 1961. The occurrence, distribution, and significance of photochemical air pollution in the United States, Canada, and Mexico. Journal of the Air Pollution Control Association, 11(3):129–134.

Karnosky D.F., Percy K.E., Chappelka A.H., Simpson C., and Pikkarainen J., 2003. Air Pollution, Global Change and Forests in the New Millennium. Developments in Environmental Science. Elsevier Science.

Llanos, José, Cervantes, Juan, 1995. Vientos máximos en el estado de Veracruz. La Ciencia y el Hombre, sep-dic, vol 7, núm 21 185-208.

Mohamed K. Khallaf, 2011. The Impact of Air Pollution on Health, Economy, Environment and Agricultural Sources. InTech.

Olson R.K., Binkley D, Böhm M, Brubaker L, A. Bytnerowicz, Cline S., Cook E., Droessler T., Duriscoe D., et al., 2011. The Response of Western Forests to Air Pollution. Ecological Studies. Springer New York.

SCT, 2014. <http://www.sct.gob.mx/informacion-general/centros-sct/veracruz/> consultada el 04 de diciembre de 2014.

SE, 2014. <http://sie.energia.gob.mx>, consultada 09 de diciembre de 2014.

Secretaría de Desarrollo Social y Medio Ambiente, 2008: Programa de Ordenamiento Ecológico de la Cuenca Baja del Río Coatzacoalcos. Secretaría de Desarrollo Social y Medio Ambiente

Secretaría de Medio Ambiente, 2014. Actualización del Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio Estatal de Veracruz, Fases de Caracterización y Diagnóstico. Documento Inédito. Gobierno del Estado de Veracruz. Xalapa, Veracruz.

SEMARNAT, 2014. <http://sinea.semarnat.gob.mx/sinea.php?>, consultada el 10 de diciembre de 2014.

SEMARNAT. SEC. UV. SEDERE. 2004. Estrategia Veracruzana de Educación Ambiental. Xalapa. México

Smith W.H., 2011. Air Pollution and Forests: Interactions between Air Contaminants and Forest Ecosystems. Springer Series on Environmental Management. Springer New York.

Unsworth H. and Ormrod D.P., 1982. Effects of Gaseous Air Pollution in Agriculture and Horticulture. Elsevier Science.

Velasco, Erik, Bernabé, Rosa, 2004. Emisiones biogénicas. Instituto Nacional de Ecología. 93 pp.

Walter W Heck, OC Taylor, Richard Adams, Gail Bingham, Joseph Miller, Eric Preston, and Leonard Weinstein. 1982. Assessment of crop loss from ozone. Journal of the Air Pollution Control Association, 32(4):353–361.

Cuarto almanaque de datos y tendencias de la calidad del aire en 20 ciudades mexicanas (2000-2009), Cap. 22, INE,

Protocolo de manejo de datos de la calidad del aire publicado por INE (INE-DGCENICA, 2010)

DOF (16/07/2012). Norma Oficial Mexicana NOM-156-SEMARNAT-2012, Establecimiento y operación de sistemas de monitoreo de la calidad del aire.

DOF (19/08/2014). 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.

SSA (1994a). Norma Oficial Mexicana NOM-021-SSA1-1993. "Salud Ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto al monóxido de carbono (CO). Valor permisible para la concentración de monóxido de carbono (CO) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población".

DOF (08/09/2010). Norma Oficial Mexicana NOM-022-SSA1-2010, Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al bióxido de azufre (SO2). Valor normado para la concentración de bióxido de azufre (SO2) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población.

SSA (1994b). Norma Oficial Mexicana Nom-023-Ssa1-1993. "Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al bióxido de nitrógeno (NO2). Valor normado para la concentración de bióxido de nitrógeno (NO2) en el aire ambiente, como medida de protección a la salud de la población".

DOF (20/08/2014). Norma Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-2014, Salud ambiental. Valores límite permisibles para la concentración de partículas suspendidas PM10 y PM2.5 en el aire ambiente y criterios para su evaluación.

INE (2010a). Manual 1. Principios de Medición de la Calidad del Aire. [http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/consultaPublicacion.html?id\\_pub=621](http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/consultaPublicacion.html?id_pub=621)

INE (2010a). Manual 2. Sistemas de Medición de la Calidad del Aire. [http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/consultaPublicacion.html?id\\_pub=622](http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/consultaPublicacion.html?id_pub=622)

OCDE (2015). Midiendo el Bienestar en los Estados Mexicanos. Resultados más destacados. <http://www.oecd.org/gov/regional-policy/Mexican-States-Highlights-Spanish.pdf>

OMS (2000). Guidelines for Air Quality, OMS, 2000.

OMS (2005). Guidelines for Air Quality, OMS, 2005.

DOF (2014). Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. Última reforma publicada en el Diario Oficial de la Federación, 16 de enero de 2014.

GOF (2012). Decreto por el que se expide el Programa para Contingencias Ambientales Atmosféricas en el Distrito Federal. Gaceta Oficial del Distrito Federal, 9 de agosto de 2012.

# ANEXO 1: CONTEXTO LEGAL PARA LA GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE EN EL ESTADO DE VERACRUZ

## Contenido

|                                                                                                   |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 1. Análisis del contexto legal para la gestión de la calidad del aire en el estado de Veracruz. . | 209 |
| 1.1. Autoridades Competentes.....                                                                 | 210 |
| 1.2. Fundamentos Jurídicos del PROAIRE y su alcance.....                                          | 213 |
| 1.3. Limitaciones del Marco Jurídico e Institucional.....                                         | 214 |
| 1.4. Propuestas .....                                                                             | 215 |

## 1.2 1. ANÁLISIS DEL CONTEXTO LEGAL PARA LA GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE EN EL ESTADO DE VERACRUZ.

En este capítulo se hace un análisis de la legislación relacionada con la calidad del aire y emisiones de contaminantes a la atmósfera existente y aplicable en el estado de Veracruz. Como punto inicial se identifican las autoridades competentes y se señalan los derechos y obligaciones de los particulares, después se enlistan los fundamentos jurídicos para la elaboración y aplicación del PROAIRE en el estado de Veracruz, y, por último, cuáles son las limitaciones del marco jurídico e institucional.

En resumen, se identifica que el Artículo 111 Fracción XII de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) faculta a la SEMARNAT para: *“aprobar los programas de gestión de calidad del aire elaborados por los gobiernos locales para el cumplimiento de las normas oficiales mexicanas respectivas”*. Asimismo, el artículo 112 Fracción XI de la misma LGEEPA faculta a los Estados, al Gobierno del Distrito Federal y a los Municipios para formular y aplicar, con base en las normas oficiales mexicanas que expida la Federación para establecer la calidad ambiental en el territorio nacional, programas de gestión de calidad del aire.

En el Estado de Veracruz, su Ley Estatal de Protección al Ambiente (LEPA) faculta tanto a la Secretaría de Medio Ambiente (SEDEMA) como a los Municipios para elaborar, proponer y aplicar programas de gestión de la calidad del aire, y, como se ve, la legislación federal y la local son enunciativas respecto de los programas de calidad del aire. Solo queda claro que los tres órdenes de gobierno deben elaborar y expedir tales programas y que los de los estados y municipios deben pasar por la aprobación de la autoridad ambiental federal.

Debe destacarse que en el Estado de Veracruz la intervención de la SEMARNAT es abundante y muy destacada, dado que la mayoría de los giros y actividades industriales que se desarrollan caen dentro de su competencia, porque cuenta con un amplia zona federal marítimo terrestre y porque hay un importante tráfico internacional de mercancías de importación y exportación; sin considerar que

cuenta con ecosistemas de selva y especies de difícil regeneración que también son de competencia federal.

### **1.2.1 1.1. Autoridades Competentes.**

En Veracruz los órdenes de gobierno, Federación, Estado y Municipios, tienen competencia en materia de calidad del aire o mejor dicho, en materia de prevención y control de la contaminación atmosférica.

Dicha competencia la determina la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) y su Reglamento sobre Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera (RPCCA).

La autoridad federal normativa en esta materia es la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y la vigilancia corresponde a la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA).

La autoridad local es la Secretaría de Medio Ambiente del Estado de Veracruz (SEDEMA). Cada municipio cuenta con unidades administrativas competentes en esta materia. Al igual que la federación, Veracruz cuenta con su Procuraduría Estatal de Protección al Medio Ambiente (PPMA). Veracruz tiene su propia Ley Estatal de Protección Ambiental (LEPA) y los municipios reglamentos sobre la misma materia.

Por mandato del Artículo 73 Fracción XXIX-G de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, corresponde al Congreso de la Unión determinar la competencia de los tres órdenes de gobierno en el tema ambiental (dentro del que cae la contaminación atmosférica), así lo ha interpretado la Suprema Corte de Justicia de la Nación. Como resultado del ejercicio de dicha función, se expidió la LGEEPA. La LGEEPA emplea criterios para determinar la competencia de los órdenes de gobierno en materia de calidad del aire. Los criterios son: por materia, por función y por ámbito territorial.

Por materia, empleando el sistema residual, la LGEEPA establece los giros y actividades federales, dejando a estados y municipios los que no queden incluidos en dichas materias. Por ejemplo, son competencia federal: la industria química, del petróleo y petroquímica, de pinturas, tintas, automotriz, celulosa, papel, metalúrgica, del vidrio, de generación de energía eléctrica, del asbesto, del cemento y calera y de tratamiento de residuos peligrosos<sup>35</sup>.

Por función específica está la expedición de Normas Oficiales Mexicanas (NOM), las actividades altamente riesgosas y otras más que se reserva el gobierno federal.

Por ámbito territorial, encontramos que es competencia federal: la zona federal marítimo terrestre, las vías generales de comunicación, cuando la contaminación afecta a dos o más estados y las zonas fronterizas, entre otras.

En el ámbito local se reprodujo sin variaciones el esquema de distribución de competencias federal y parece que no habría podido ser de otra forma, dado el sistema centralista que impone la LGEEPA.

---

<sup>35</sup> Artículo 111 Bis Párrafo Segundo de la LGEEPA.

La legislación local, al igual que la federal, aborda el tema de la prevención y control de la contaminación de la atmósfera por tipo de fuente. Es decir, establece regulaciones para fuentes fijas y fuentes móviles.

Las **fuentes fijas** son los establecimientos industriales, comerciales y de servicios que expelen humos, gases y polvos que contaminan a la atmósfera. Y las **fuentes móviles**, como su nombre lo dice, son aquéllos artefactos que al impulsarse producen gases contaminantes de la atmósfera.

Con base en la LGEEPA la función de controlar las emisiones contaminantes a la atmósfera, provenientes tanto de fuentes fijas como de fuentes móviles, se efectúa en principio, determinando límites máximos aceptables de emisión. Es decir, la autoridad, que en este caso es el gobierno federal, determina cuánto es lo máximo aceptable de emisión de contaminantes a la atmósfera, sean provenientes de fuentes fijas o de fuentes móviles.

El documento en donde se establecen esos límites de emisión se denomina Norma Oficial Mexicana (NOM) y es autoridad competente para expedirlo, es la SEMARNAT. La Secretaría de Salud federal también ha expedido NOM pero en materia de calidad del aire. Es decir, mediante dicho instrumento jurídico se ha determinado cuál es la calidad óptima del aire para la salud de las personas.

Los estados y los municipios no tienen reconocida expresamente facultad alguna para determinar dichos límites de emisión de contaminantes a través de NOM y ello se explica porque sería un caos que en cada localidad hubiera límites específicos, sobre todo si se trata de fuentes móviles. Una vez determinados dichos límites aplicables a la emisión de contaminantes de la atmósfera por fuentes fijas y móviles, lo siguiente es aplicar y vigilar la observancia de las NOM. Y ahí es donde entra la distribución de competencias por autoridad. Esto es, hay fuentes fijas y móviles que la LGEEPA ha reservado a la autoridad federal y otras para los estados y municipios. Pero para todas ellas existen límites máximos de emisión de contaminantes determinados por la federación, a través, como se dijo, de NOM.

Debe destacarse que en el Estado de Veracruz la intervención de la SEMARNAT es abundante y muy destacada, dado que la mayoría de los giros y actividades industriales que se desarrollan caen dentro de su competencia, porque cuenta con un amplia zona federal marítimo terrestre y porque hay un importante tráfico internacional de mercancías de importación y exportación; sin considerar que cuenta con ecosistemas de selva y especies de difícil regeneración que también son de competencia federal.

La LGEEPA refiere la competencia de las autoridades locales en las materias antes mencionadas, la cual se puede resumir de la siguiente manera:

- Fuentes fijas que no sean de competencia federal, básicamente establecimientos comerciales y de servicios y por supuesto cualquier actividad industrial que la propia ley no marque como federal, pero que no son especificadas.
- Para el caso de las fuentes móviles, los vehículos automotores en circulación. Naturalmente dejando en manos de las propias autoridades locales todo el sistema de acreditamiento de instalaciones y equipos para la verificación de las emisiones contaminantes.
- Lo concerniente a la prestación de servicios públicos municipales, como es el caso del manejo de residuos sólidos no peligrosos, el transporte público, rastros, entre otros que son impuestos a los municipios por el artículo 115 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

En el ámbito local, la legislación ambiental, como mencionado, reproduce tal cual el esquema funcional de la LGEEPA. Es decir, las fuentes fijas requieren autorización para funcionar, los generadores de contaminantes atmosféricos están obligados a no rebasar los límites establecidos en NOM, medir sus emisiones contaminantes y reportar periódicamente a la autoridad las mediciones de contaminantes y las modificaciones que sufran sus procesos. En la ley local también se describe la competencia para la autoridad ambiental estatal y para la municipal.

Aunque se optó en el caso de fuentes fijas por determinar un listado de giros de competencia municipal, es ambiguo el ámbito de competencia de los municipios debido a que comparten muchas facultades de la autoridad estatal y la de vigilancia. Es decir, no queda claro cuándo interviene cada una de estas. El caso de las fuentes móviles es claro debido a que la autoridad estatal se reservó todo lo concerniente a verificación vehicular.

La competencia de las autoridades del Estado de Veracruz en materia de calidad del aire se encuentra distribuida de la siguiente forma:

Al Ejecutivo del Estado se le reserva expedir el Programa de Verificación Vehicular Obligatoria, el cual debe contener:

- Las especificaciones que deben cumplir los verificentros<sup>36</sup>.
- Los diferentes tipos de holograma que podrán obtenerse<sup>37</sup>.
- Los vehículos automotores inoperables en los dinamómetros<sup>38</sup>.
- Las tarifas por concepto de verificación vehicular<sup>39</sup>.
- La periodicidad de las verificaciones<sup>40</sup>.

Sin especificar a qué autoridades se refiere, la LEPA establece que las autoridades competentes, que parece ser son las de tránsito y vialidad podrán establecer medidas de tránsito y vialidad para reducir la emisión de contaminantes a la atmósfera<sup>41</sup>. Aunque la ley local en materia ambiental trata de precisar la competencia por autoridad y orden de gobierno, es decir, el estatal y el municipal, se aprecia que al estar redactadas en forma tan amplia ocasiona confusión en la identificación de en qué casos participa uno u otro. Por ejemplo, dado que no se especifican giros y actividades, respecto de fuentes fijas para la autoridad estatal, pareciera que su competencia incluye a los giros y actividades que se conceden a los municipios.

Por otra parte, si bien se concede a las autoridades municipales lo concerniente a la vigilancia del cumplimiento de la normatividad aplicable al transporte público, resulta confuso ver que la misma facultad se otorga a la autoridad estatal. Da la impresión que se buscó que ambos órdenes de gobierno compartieran la mayoría de las facultades, empleando como mecanismo de diferenciación

---

<sup>36</sup> Artículo 143 Bis Fracción I de la LEPA.

<sup>37</sup> Artículo 143 Bis Fracción II de la LEPA.

<sup>38</sup> Artículo 143 Bis Fracción III de la LEPA.

<sup>39</sup> Artículo 143 Bis Fracción IV de la LEPA.

<sup>40</sup> Artículo 143 Bis Fracción V de la LEPA.

<sup>41</sup> Artículo 140 de la LEPA.

de la competencia la circunscripción territorial, pero esto confunde y afecta el principio de seguridad jurídica para los particulares.

En todo caso, tal parece que la autoridad que decida imponer regulaciones o restricciones podría ser cualquiera de ellas, circunstancia que es contraria a lo prescrito por la LGEEPA que, como se mencionó antes, es el instrumento constitucional de distribución de competencias en materia ambiental. Dicho en otros términos, el Congreso local al autorizar la ley ambiental local y con ello determinar la competencia de los órdenes de gobierno estatal y municipal, está invadiendo la competencia del Congreso de la Unión para ello, pues, como se mencionó antes, constitucionalmente es el encargado de señalar la competencia ambiental de los tres órdenes de gobierno, federal, estatal y municipal.

### **1.2.2 1.2. Fundamentos Jurídicos del PROAIRE y su alcance**

El artículo 111 Fracción XII de la LGEEPA faculta a la SEMARNAT para: “Aprobar los programas de gestión de calidad del aire elaborados por los gobiernos locales para el cumplimiento de las normas oficiales mexicanas respectivas”.

Asimismo, el artículo 112 Fracción XI de la misma LGEEPA faculta a los Estados, al Gobierno del Distrito Federal y a los Municipios para formular y aplicar, con base en las normas oficiales mexicanas que expida la Federación para establecer la calidad ambiental en el territorio nacional, programas de gestión de calidad del aire.

En el Estado de Veracruz, la LEPA faculta tanto a la SEDEMA como a los Municipios para elaborar, proponer y aplicar programas de gestión de la calidad del aire<sup>42</sup>, <sup>43</sup> y <sup>44</sup>. Como se ve, la legislación federal y la local son enunciativas respecto de los programas de calidad del aire. Solo queda claro que los tres órdenes de gobierno deben elaborar y expedir tales programas y que los de los estados y municipios deben pasar por la aprobación de la autoridad ambiental federal.

Sabiendo que en términos constitucionales el espacio situado sobre el territorio nacional es un bien propiedad de la nación y bajo la responsabilidad de la federación, resulta entendible que las acciones que pretendan efectuar las autoridades locales que incidan en dicho bien federal, deberán ser del conocimiento de su administradora, la autoridad federal, sin embargo, conveniente sería que se precisara el alcance de tal obligación, así como las consecuencias jurídicas de su inobservancia.

Por ello, los programas locales de calidad del aire, se estima, caen básicamente en el contexto de la planeación del desarrollo, que es el instrumento de base constitucional para planear el desarrollo integral y sustentable de la nación mexicana. Y por ello deben sujetarse a las prescripciones de la Ley de Planeación de cada entidad federativa.

Considerando que lo que planeen hacer estados y municipios y que incida en el espacio situado sobre el territorio nacional, es una materia del orden de gobierno federal, parece que dichos programas de gestión de la calidad del aire deberían ser ejercidos por el propio gobierno federal,

---

<sup>42</sup> Artículo 125 Fracción X de la LEPA.

<sup>43</sup> Artículo 145 Fracción IX de la LEPA.

<sup>44</sup> Artículo 145 Fracción IX de la LEPA.

naturalmente con la participación de estados y municipios vía acuerdos de coordinación, como lo prevé la Ley de Planeación federal.

La gran mayoría de elementos que contengan los programas de gestión de la calidad del aire abordarán materias que son de la competencia de las autoridades locales, pero el hecho de que tengan como objetivo primordial la protección de la calidad del aire (el espacio situado sobre el territorio nacional) indica que la rectoría corresponde al gobierno federal que cuenta con instrumentos de coordinación como los acuerdos que prevé la Ley de Planeación para convenir con aquéllos la asunción de determinados compromisos.

Por ejemplo, si las ladrilleras ocasionan afectaciones a la calidad del aire, en términos constitucionales corresponde al gobierno federal controlar sus emisiones, sea de forma impositiva o convenida o mediante programas para estimular el cambio del proceso productivo, debido, se insiste, a que el espacio situado sobre el territorio nacional, independientemente de la zona geográfica en la que se encuentren los procesos, es competencia federal.

Pero dado que en términos de la legislación ambiental federal son las autoridades locales las que tienen competencia para controlar las emisiones de las ladrilleras, la atención al asunto debería ser mediante convenios de coordinación, en los que tanto la federación como las autoridades locales determinen qué acciones corresponderá a cada orden de gobierno efectuar y a partir de ahí programarlas, seguramente también bajo un esquema de coordinación.

Igual tratamiento correspondería respecto de cualquier fuente de contaminación, se fija o móvil, debido, se insiste, a que el objeto a proteger es la atmósfera o espacio situado sobre el territorio nacional. Ello permitiría sumar esfuerzos entre órdenes de gobierno, incluyendo la asignación de recursos. Otro ejemplo es la medición de contaminantes atmosféricos.

En estricto sentido y nuevamente con base en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, a quien correspondería generar la información respecto de la situación de contaminación del aire es al orden de gobierno federal, pues es él quien detenta la responsabilidad de administrarlo. Sin embargo en la LGEEPA se determinó que fueran las autoridades locales las que instalaran y operaran los sistemas de medición de concentración de contaminantes, que como se sabe carecen de los recursos económicos suficientes para hacerlo, haciendo además dependiente a la federación de la calidad de información que éstas generen, circunstancia que afecta hasta en la determinación de políticas en la materia.

### ***1.2.3 1.3. Limitaciones del Marco Jurídico e Institucional***

La legislación federal y local en materia de protección al ambiente es básicamente orgánica. Es decir, es profusa en el señalamiento de funciones o facultades a ejercer por las autoridades pero no en el señalamiento de las obligaciones de los particulares en la materia.

Se considera a esto una limitante porque la sola intervención institucional no es suficiente para alcanzar los propósitos del desarrollo sustentable y la protección al ambiente. Parece indispensable que se amplíe y aclare en el contenido de la ley el catálogo de conductas que los particulares deben observar. Circunstancia que además permitirá cumplir con el principio de seguridad jurídica, es decir que todo ciudadano o habitante de la entidad sepa cuáles son sus responsabilidades en el tema ambiental y las consecuencias jurídicas de su incumplimiento.

La legislación federal y local en materia ambiental fue diseñada sin considerar una base económica, cultural y social que permita evaluar las posibilidades de su cumplimiento. Esto es, se concedieron gran cantidad de facultades institucionales sin considerar si se podrían aportar los recursos económicos, humanos y materiales que aseguraran su efectivo ejercicio, pero además sin analizar la realidad cultural y social de la entidad de manera que se pudiera apreciar las posibilidades de observancia de la normatividad por parte de los particulares. Esto es una limitante porque materialmente muchas funciones no se ejecutan así como obligaciones de los particulares en materia ambiental.

El diseño de acciones de gobierno en materia ambiental y del presupuesto que permita su ejercicio, está al margen de la materia ambiental. Los criterios que se imponen son de corte asistencialista para el caso del fomento y de austeridad presupuestal cuando no hay la posibilidad de auto-generados. Por ejemplo, para el tema de la calidad del aire, para el año de 2014 se le concedió a la SEDEMA la cantidad de \$ 1,270,200.00. Cantidad insuficiente, para el cúmulo de funciones que se tiene asignadas. No obstante la evidencia científica, social y ambiental de poner en práctica acciones para enfrentar la problemática, se decide la asignación de recursos sin sujetarlo a indicadores de la situación ambiental.

Por ejemplo, se diseñan programas con una gran lista de acciones que terminan siendo meras pretensiones, debido a que en su diseño se pensó en lo necesario para enfrentar el tema pero no en la posibilidad material de ponerlo en práctica. Todavía es un indicador el número de habitantes beneficiados con la puesta en práctica de diversas acciones de gobierno, pero nunca los resultados ambientales de la acción. Ello no permite valorar la efectividad de las acciones de gobierno y mucho menos de la política ambiental. La legislación estatal es confusa. Son imprecisas tanto la competencia de las autoridades como las obligaciones de los particulares.

El diseño normativo no consideró las posibilidades materiales y de recursos humanos de las autoridades competentes, es decir, todas las autoridades cuentan con gran cantidad de facultades pero carecen de los recursos para su ejercicio y cumplimiento.

#### **1.2.4 1.4. Propuestas**

El diseño del Programa de Gestión de la Calidad del Aire para el Estado de Veracruz, debe considerar tanto la realización de acciones por parte de las autoridades locales como de las federales. La sola participación de las autoridades ambientales no permitirá la inclusión de todas las acciones que son necesarias para proteger la calidad del aire y aunque éstas tienen facultades importantes como la limitación de la circulación de vehículos por zonas determinadas, al no caer bajo su competencia real es prácticamente imposible su aplicación.

Las acciones que se determinen en el programa deben estar referidas a obligaciones de los particulares. Es decir, si la acción que se determine impactará en molestias hacia los particulares, no basta con que la autoridad tenga la facultad de imponerla, sino que es indispensable que en el contenido de la ley haya la obligación del particular de acatarla. Ello puede motivar, como se sugiere, que se reforme la ley ambiental local para ampliar el catálogo de obligaciones de los particulares.

Se insiste, no es suficiente dotar de facultades a las autoridades. Éstas no podrán ser ejercidas, jurídicamente hablando, si no existe la obligación expresa en la ley para el particular. Se debe revisar todo el marco legal vigente en el Estado. La intención es involucrar la variable ambiental en toda ella. Concentrar el cúmulo de funciones en la autoridad ambiental ha demostrado insuficiencia. Esto

se debe a que para las demás autoridades las leyes de su sector son las que imperan, mucho más si hay contradicción con la legislación ambiental.

En resumen, se debe revisar además del marco jurídico en materia ambiental, el correspondiente a otros sectores que inciden en las cuestiones ambientales, posiblemente todos. La ley ambiental local debe simplificarse. No es necesario que se reproduzcan los contenidos de la LGEEPA pues ella ya establece la distribución de competencias entre los tres órdenes de gobierno. Lo deseable es que cada facultad se desarrolle en esquemas de obligaciones para los particulares.

No es necesario que se repita en la ley local que las fuentes móviles en circulación son competencia estatal. Lo necesario es que se establezcan las obligaciones de los responsables de esas fuentes de contaminación.

Cada una de las prescripciones jurídicas que van dirigidas a los responsables de las fuentes de contaminación atmosférica identificadas como controlables a través de su incorporación en la ley, deben pasar por el análisis constitucional. Es decir, se tendrá que determinar a qué autoridad, con base en la constitución corresponde aplicar y vigilar la observancia de cada prescripción jurídica dirigida a los gobernados. No puede olvidarse que se tiene que hacer el análisis constitucional, debido a que las referidas prescripciones jurídicas están dirigidas a los gobernados y éstos sólo pueden ser afectados en sus derechos por autoridades constitucional y legalmente competentes.

En materia de prevención y control de la contaminación atmosférica debe considerarse que en principio la competencia es federal. Esto es así porque la propia constitución federal determina que el espacio situado sobre el territorio nacional es un bien de propiedad nacional que se encuentra sujeto a la jurisdicción federal. Por eso, el análisis antes descrito en principio debiera ser elaborado por las autoridades federales. Aunque esto no es obstáculo para que las autoridades locales lo hicieran y sugirieran a la federación su implementación. Acción esta última recomendable dado que las autoridades locales han tenido que cargar con la imposición desde el centro de su propia competencia.

A nivel institucional, se observan algunos elementos a considerar en el diseño de políticas públicas en la materia:

- 1) Presupuesto insuficiente. No está calculado en razón de las facultades a desempeñar, por lo menos no existe un documento oficial que así lo determine, parece que el presupuesto está calculado en razón de los salarios que se pagarán pero no por acciones institucionales a realizar. La alternativa es efectuar un estudio que determine, con base en las funciones concedidas a la institución, qué requerimientos materiales y humanos existen para su debido ejercicio y cuáles debieran ser las fuentes de financiamiento para asegurar su realización. Un análisis de costo beneficio, en la actualidad no lo existe.
- 2) Programa Operativo Anual desorganizado e irreal. Las acciones son genéricas, sin especificación de objetivos y metas y su justificación. No está vinculado con el cumplimiento de funciones legales ni con asignación de recursos materiales, económicos y humanos. Carece de prescripciones para su evaluación. Consiste en una tabla simple que imposibilita conocer su naturaleza y alcances. No se precisa su vinculación con el Plan Estatal de Desarrollo ni con el programa sectorial de medio ambiente. La alternativa es diseñar el modelo de programa operativo anual, con especificación de los elementos que deben estar sujetos a evaluación para identificar la eficiencia y eficacia en el desempeño de las funciones institucionales.
- 3) No hay determinación de perfiles profesionales ni una justificación de que con el personal actualmente contratado se pueden ejercer suficientemente las facultades legales otorgadas

a la institución. La plantilla de personal sólo especifica el nombre de los servidores públicos y su asignación a las áreas de la institución. Esta información no está vinculada con la materia que se debe atender ni con el presupuesto a ejercer. La alternativa consiste en diseñar el perfil de los servidores públicos que deben encargarse de la materia ambiental, el señalamiento del número necesario de servidores públicos para el cumplimiento de las funciones legales de la institución y de los procesos administrativos a aplicar. En suma adecuar el manual de procedimientos.

Se carece de información sobre las capacidades institucionales de los municipios para ejercer las facultades que en la materia les concede la legislación ambiental. La alternativa consiste en elaborar un diagnóstico institucional para cada municipio y proponer adecuaciones a su estructura administrativa.

## 2 ANEXO 2. PARQUE VEHICULAR EN EL ESTADO DE VERACRUZ

Cuadro B.1. Número de vehículos en circulación en el Estado de Veracruz

| Transporte                      | Tipo de vehículo                   | Número           | %          |
|---------------------------------|------------------------------------|------------------|------------|
| Privado de pasajeros            | Autos Particulares                 | 750,793          | 68.3%      |
| Público de pasajeros            | Taxis                              | 30,020           | 2.7%       |
|                                 | Colectivos sedan                   | 2,424            | 0.2%       |
|                                 | Vagonetas de pasajeros             | 3,423            | 0.3%       |
|                                 | Medibuses                          | 4,324            | 0.4%       |
|                                 | Autobuses                          | 7,830            | 0.7%       |
| Carga de mercancías o servicios | Camionetas Pick Up                 | 112,169          | 10.2%      |
|                                 | Camionetas de carga de hasta 3 ton | 65,051           | 5.9%       |
|                                 | Camiones de carga de más de 3 ton  | 43,052           | 3.9%       |
|                                 | Tractocamiones                     | 17,462           | 1.6%       |
|                                 | Motocicletas                       | 62,149           | 5.7%       |
|                                 | <b>Total</b>                       | <b>1,098,697</b> | <b>1.0</b> |

Fuente: Estimación propia con datos del INEGI, del Gobierno del Estado de Veracruz y de SENER.

Cuadro B.2. Número de vehículos en circulación por tipo y año modelo en el estado de Veracruz

| Año-modelo   | Autos Particulares | Taxis         | Colectivos sedan | Vagonetas de pasajeros | Medibuses    | Autobuses    | Camionetas Pick Up | Camionetas de carga de hasta 3 ton | Camiones de carga de más de 3 ton | Tractocamiones | Motocicletas  | Total            |
|--------------|--------------------|---------------|------------------|------------------------|--------------|--------------|--------------------|------------------------------------|-----------------------------------|----------------|---------------|------------------|
| 1988 y ant   | 107,532            | 6             | 11               | 18                     | 237          | 831          | 34,435             | 6,015                              | 18,386                            | 4,965          | 885           | 173,321          |
| 1989         | 14,347             | 0             | 2                | 3                      | 6            | 41           | 5,906              | 1,401                              | 483                               | 347            | 71            | 22,607           |
| 1990         | 15,915             | 1             | 0                | 2                      | 20           | 106          | 6,616              | 1,379                              | 812                               | 373            | 64            | 25,288           |
| 1991         | 20,188             | 1             | 7                | 22                     | 44           | 181          | 6,975              | 1,787                              | 1,211                             | 503            | 77            | 30,996           |
| 1992         | 22,496             | 1             | 5                | 25                     | 81           | 177          | 6,234              | 1,505                              | 1,296                             | 458            | 124           | 32,402           |
| 1993         | 24,114             | 1             | 5                | 7                      | 60           | 203          | 8,047              | 1,987                              | 1,257                             | 472            | 130           | 36,283           |
| 1994         | 26,386             | 4             | 1                | 4                      | 103          | 168          | 8,645              | 2,726                              | 1,033                             | 421            | 169           | 39,660           |
| 1995         | 22,747             | 4             | 1                | 6                      | 100          | 71           | 7,763              | 2,231                              | 689                               | 268            | 76            | 33,956           |
| 1996         | 23,368             | 4             | 0                | 5                      | 49           | 54           | 4,954              | 1,653                              | 305                               | 112            | 87            | 30,591           |
| 1997         | 27,570             | 4             | 0                | 7                      | 266          | 113          | 4,373              | 1,562                              | 688                               | 368            | 119           | 35,070           |
| 1998         | 32,751             | 15            | 8                | 8                      | 144          | 165          | 1,623              | 1,667                              | 633                               | 459            | 175           | 37,648           |
| 1999         | 25,993             | 12            | 2                | 16                     | 135          | 234          | 881                | 1,029                              | 823                               | 520            | 276           | 29,921           |
| 2000         | 29,485             | 30            | 16               | 136                    | 219          | 399          | 1,000              | 1,459                              | 951                               | 609            | 452           | 34,756           |
| 2001         | 33,057             | 67            | 24               | 167                    | 321          | 535          | 1,028              | 1,494                              | 1,147                             | 646            | 792           | 39,278           |
| 2002         | 33,650             | 135           | 30               | 110                    | 385          | 244          | 694                | 1,640                              | 1,060                             | 362            | 1,384         | 39,694           |
| 2003         | 29,540             | 135           | 39               | 255                    | 409          | 425          | 839                | 1,605                              | 1,039                             | 428            | 2,180         | 36,894           |
| 2004         | 30,263             | 776           | 120              | 89                     | 298          | 437          | 3,331              | 2,529                              | 1,220                             | 390            | 2,961         | 42,414           |
| 2005         | 36,318             | 549           | 83               | 106                    | 204          | 630          | 2,016              | 2,005                              | 1,058                             | 475            | 3,553         | 46,997           |
| 2006         | 31,948             | 843           | 139              | 152                    | 243          | 529          | 2,038              | 2,666                              | 1,298                             | 558            | 6,923         | 47,337           |
| 2007         | 32,374             | 1,169         | 234              | 79                     | 309          | 575          | 1,715              | 3,563                              | 1,747                             | 732            | 5,261         | 47,758           |
| 2008         | 31,120             | 2,500         | 435              | 364                    | 102          | 570          | 1,523              | 4,303                              | 1,879                             | 1,094          | 8,112         | 52,002           |
| 2009         | 22,645             | 2,479         | 303              | 485                    | 245          | 432          | 656                | 4,376                              | 1,536                             | 1,037          | 4,985         | 39,179           |
| 2010         | 19,687             | 9,175         | 569              | 273                    | 31           | 74           | 693                | 6,275                              | 680                               | 271            | 7,181         | 44,909           |
| 2011         | 24,418             | 8,640         | 210              | 520                    | 181          | 391          | 131                | 4,970                              | 879                               | 761            | 7,263         | 48,364           |
| 2012         | 32,881             | 3,469         | 180              | 564                    | 132          | 245          | 53                 | 3,224                              | 942                               | 833            | 8,849         | 51,372           |
| <b>Total</b> | <b>750,793</b>     | <b>30,020</b> | <b>2,424</b>     | <b>3,423</b>           | <b>4,324</b> | <b>7,830</b> | <b>112,169</b>     | <b>65,051</b>                      | <b>43,052</b>                     | <b>17,462</b>  | <b>62,149</b> | <b>1,098,697</b> |

Fuente: Estimación propia con datos del INEGI, del Gobierno del Estado de Veracruz y de SENER.

Cuadro B.3. Número de vehículos en circulación por tipo de combustible en el Estado de Veracruz

| Vehículos a gasolina |           | Año modelo | Vehículos a diésel |            |
|----------------------|-----------|------------|--------------------|------------|
| Porcentaje           | Número    |            | Número             | Porcentaje |
| 15%                  | 149,969   | 1988 y ant | 23,352             | 30%        |
| 2%                   | 21,774    | 1989       | 833                | 1%         |
| 2%                   | 24,033    | 1990       | 1,255              | 2%         |
| 3%                   | 29,142    | 1991       | 1,854              | 2%         |
| 3%                   | 30,454    | 1992       | 1,948              | 2%         |
| 3%                   | 34,346    | 1993       | 1,937              | 2%         |
| 4%                   | 37,974    | 1994       | 1,686              | 2%         |
| 3%                   | 32,840    | 1995       | 1,116              | 1%         |
| 3%                   | 30,090    | 1996       | 501                | 1%         |
| 3%                   | 33,682    | 1997       | 1,388              | 2%         |
| 4%                   | 36,283    | 1998       | 1,365              | 2%         |
| 3%                   | 28,228    | 1999       | 1,693              | 2%         |
| 3%                   | 32,432    | 2000       | 2,324              | 3%         |
| 4%                   | 36,519    | 2001       | 2,759              | 3%         |
| 4%                   | 37,532    | 2002       | 2,162              | 3%         |
| 3%                   | 34,106    | 2003       | 2,788              | 4%         |
| 4%                   | 40,043    | 2004       | 2,371              | 3%         |
| 4%                   | 44,499    | 2005       | 2,498              | 3%         |
| 4%                   | 44,195    | 2006       | 3,142              | 4%         |
| 4%                   | 43,561    | 2007       | 4,197              | 5%         |
| 5%                   | 47,374    | 2008       | 4,628              | 6%         |
| 3%                   | 34,494    | 2009       | 4,685              | 6%         |
| 4%                   | 43,008    | 2010       | 1,901              | 2%         |
| 4%                   | 45,069    | 2011       | 3,295              | 4%         |
| 5%                   | 48,106    | 2012       | 3,266              | 4%         |
| 100%                 | 1,019,753 | Total      | 78,944             | 100%       |

Fuente: Estimación propia con datos del INEGI, del Gobierno del Estado de Veracruz y de SENER

## 3 ANEXO 3. VALORES LÍMITE DE LAS NOM VIGENTES EN MATERIA DE PROTECCIÓN A LA SALUD

A continuación se listan los criterios que se tomaron en cuenta para la generación de estos indicadores.

### 3.1 INDICADORES PRIMARIOS

**Cumplimiento de las normas oficiales mexicanas de salud ambiente.** La evaluación de las normas de salud requiere revisar la versión vigente de las mismas y las condiciones necesarias para el manejo de datos. En la Cuadro A.1 se resumen.

Cuadro C.1. Valores límites de las Normas Oficiales Mexicanas de Salud Ambiental, vigentes (2014)

| Contaminante                                              | Valores límite                  |                             |                                                      |                             |                              |                                          |                             | Norma Oficial Mexicana |
|-----------------------------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------|------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------|------------------------|
|                                                           | Exposición aguda                |                             |                                                      |                             | Exposición crónica           |                                          |                             |                        |
|                                                           | Concentración promedio (tiempo) | Frecuencia máxima aceptable | Indicador                                            | Criterio de no cumplimiento | Concentración promedio anual | Indicador                                | Criterio de no cumplimiento |                        |
| Monóxido de carbono (CO)                                  | 11 ppm (8 h)                    | Ninguna vez al año          | Máximo de promedios móviles de 8 horas               | Máximo > 11 ppm             | NA                           | NA                                       | NA                          | NOM-021-SSA1-1993      |
| Bióxido de nitrógeno (NO <sub>2</sub> )                   | 0.21 ppm (1 h)                  | Ninguna vez al año          | Máximo de promedios horarios                         | Máximo > 0.21 ppm           | NA                           | NA                                       | NA                          | NOM-023-SSA1-1993      |
| Ozono (O <sub>3</sub> )                                   | 0.095 ppm (1 h)                 | Ninguna vez al año          | Máximo anual de promedios horarios                   | Máximo > 0.095 ppm          | NA                           | NA                                       | NA                          | NOM-020-SSA1-2014      |
|                                                           | 0.070 ppm (8 h)                 | Ninguna vez al año          | Máximo anual de promedios móviles de 8 horas         | Máximo > 0.070 ppm          | NA                           | NA                                       | NA                          |                        |
| Partículas menores a 10 micrómetros (PM <sub>10</sub> )   | 75 µg/m³ (24 h)                 | Ninguna vez al año          | Promedio de 24 horas                                 | Promedio > 75 µg/m³         | 40 µg/m³                     | Promedio anual de promedios trimestrales | Promedio > 40 µg/m³         | NOM-025-SSA1-2014      |
| Partículas menores a 2.5 micrómetros (PM <sub>2.5</sub> ) | 45 µg/m³ (24 h)                 | Ninguna vez al año          | Promedio de 24 horas                                 | Promedio > 45 µg/m³         | 12 µg/m³                     | Promedio anual de promedios trimestrales | Promedio > 12 µg/m³         |                        |
| bióxido de azufre (SO <sub>2</sub> )                      | 0.110 ppm (24 h)                | Ninguna vez al año          | Promedio de 24 horas                                 | Promedio > 0.110 ppm        | 0.025 ppm                    | Promedio anual de promedios horarios     | Promedio > 0.025 ppm        | NOM-022-SSA1-2010      |
|                                                           | 0.200 ppm (8 h)                 | 1 vez al año                | Segundo máximo anual de promedios móviles de 8 horas | Segundo máximo > 0.200 ppm  |                              |                                          |                             |                        |

**Evaluación de las guías de la Organización Mundial de la Salud.** Otra referencia para evaluar la calidad del aire de las cuencas de Veracruz son los valores propuestos en las Guías de Calidad del Aire de la Organización Mundial de la Salud, que en 2005 tuvo su más reciente actualización. En el Cuadro A.2 se resumen.

**Cuadro C.2. Valores de las Guías de Calidad del Aire de la Organización Mundial de la Salud, vigentes (2005)**

| Contaminante               | Indicador OMS                            | Límite OMS               |
|----------------------------|------------------------------------------|--------------------------|
| SO <sub>2</sub>            | Máximo anual de promedios de 24 h        | 20 µg/m <sup>3</sup>     |
| NO <sub>2</sub>            | Máximo anual de promedios de 1 h         | 200 µg/m <sup>3</sup>    |
|                            | Promedio anual de máximos de 24 h        | 40 µg/m <sup>3</sup>     |
| CO<br>(vigente desde 2000) | Máximo anual de promedios de 1 h         | 30,000 µg/m <sup>3</sup> |
|                            | Máximo anual de promedios móviles de 8 h | 10,000 µg/m <sup>3</sup> |
| O <sub>3</sub>             | Máximo anual de promedios móviles de 8 h | 100 µg/m <sup>3</sup>    |
| PM <sub>10</sub>           | Percentil 99 anual de promedios de 24 h  | 50 µg/m <sup>3</sup>     |
|                            | Promedio anual de promedios de 24 h      | 20 µg/m <sup>3</sup>     |
| PM <sub>2.5</sub>          | Percentil 99 anual de promedios de 24 h  | 25 µg/m <sup>3</sup>     |
|                            | Promedio anual de promedios de 24 h      | 10 µg/m <sup>3</sup>     |

**Distribución de los días del año por la calidad del aire.** A partir del valor límite establecido en las NOM para la exposición aguda se definen tres intervalos de concentración relacionados con calidad del aire buena, regular y mala (Cuadro A.3) y así se identifica la distribución de los días del año a partir de esta clasificación. De manera visual se presentan en tres tonos (código RGB) para una fácil interpretación (Cuadro A.4).

**Cuadro C.3. Intervalos de clasificación para la calidad del aire.**

|                                  | Contaminante Criterio        |                                             |                             |                                                                           |                                                                             |                                          |
|----------------------------------|------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------|---------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| Calificativo de calidad del aire | Monóxido de carbono (CO) ppm | bióxido de nitrógeno (NO <sub>2</sub> ) Ppm | Ozono (O <sub>3</sub> ) ppm | Partículas menores a 10 micrómetros (PM <sub>10</sub> ) µg/m <sup>3</sup> | Partículas menores a 2.5 micrómetros (PM <sub>2.5</sub> ) µg/m <sup>3</sup> | bióxido de azufre (SO <sub>2</sub> ) Ppm |
| Buena                            | 0 a 5.5                      | 0 a 0.105                                   | 0 a 0.048                   | 0 a 38                                                                    | 0 a 23                                                                      | 0 a 0.055                                |
| Regular                          | 5.6 a 11                     | 0.106 a 0.210                               | 0.049 a 0.095               | 39 a 75                                                                   | 24 a 45                                                                     | 0.056 a 0.110                            |
| Mala                             | 11.1 o más                   | 0.211 o más                                 | 0.096 o más                 | 76 o más                                                                  | 46 o más                                                                    | 0.111 o más                              |

Cuadro C.4. Tonos relacionados con la calidad del aire

| Calificativo de calidad del aire | Color    |
|----------------------------------|----------|
| Buena                            | Verde    |
| Regular                          | Amarillo |
| Mala                             | Rojo     |

\* El código de colores corresponde al semáforo comúnmente utilizado en los índices de calidad del aire, en los cuales el grado de peligrosidad aumenta desde el verde hacia el rojo.

**Evolución o tendencia.** Debido que en el estado de Veracruz los sitios de monitoreo están en su segundo año de registros, no se puede describir la tendencia de los contaminantes, pues se requiere al menos cinco años y preferentemente al menos diez para referirse a la tendencia de un contaminante. Lo que sí se debe realizar es el seguimiento a la evolución, pues esto será clave para identificar acciones preventivas o correctivas para mejorar la calidad del aire, según sea el caso.

## 3.2 INDICADORES SECUNDARIOS

**Comportamiento diario, semanal y estacional.** La generación de este tipo de indicadores busca representar de manera resumida el patrón cíclico que presenta cada parámetro para identificar oportunidades para intervenir en la generación o formación de la contaminación, así como para definir estrategias de acción para la protección de la salud. Los indicadores se obtienen a través de promedios de ciertos tipos de datos. A continuación se listan (Cuadro A.5):

Cuadro C.5. Generación de indicadores secundarios.

| Perfil                    | Tipo de datos válidos a utilizar                                                            | Generación                                                          |
|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| Horario                   | Promedio horario                                                                            | Para cada hora de 1 a 24 se obtuvo el promedio a lo largo del año   |
| Diario (día de la semana) | Dato diario (máximo de 24 horas, promedio de 24 horas, máximo de promedio móvil de 8 horas) | Para cada día de la semana se obtuvo el promedio a lo largo del año |
| Mensual                   | Promedio horario                                                                            | Para cada mes se obtuvo el promedio a partir de registros horarios  |
|                           | Dato diario (máximo de 24 horas, promedio de 24 horas, máximo de promedio móvil de 8 horas) | Para cada mes se obtuvo el promedio a partir de registros diarios   |

## 4 ANEXO 4. MEMORIA DE CÁLCULO PARA ESTIMAR LAS EMISIONES CONTAMINANTES Y DE EFECTO INVERNADERO DEL ESTADO DE VERACRUZ DE IGNACIO DE LA LLAVE

### 4.1 1. MEMORIA DE CÁLCULO DEL SECTOR INDUSTRIAL

Para estimar las emisiones provenientes de los establecimientos industriales ubicados en el Estado de Veracruz, se dividieron en dos grandes rublos, emisiones por combustión y en emisiones por proceso; y para saber cuántas industrias hay en el Estado de Veracruz, se realizó un análisis de la información publicada por el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI) y de la información contenida en la Células de Operación Anual proporcionada por la Secretaría del Medio Ambiente del Estado de Veracruz (SEDEMA).

La ecuación básica para el cálculo de las emisiones es:

$$E_{i,j} = (FA) * (FE_{i,j})$$

Donde:

$E_{i,j}$  = Emisión en (kg/año) del contaminante i, referido a la actividad o combustible j.

$FA$  = Consumo de combustible ( $m^3/año$  o  $ton/año$ ) o materia prima en caso de proceso.

$FE_{i,j}$  = Factor de emisión ( $kg/m^3$ ,  $kg/ton$  de combustible o  $kg//ton$  de materia prima) del contaminante y referido a la actividad o combustible j.

- **Combustible**

Para el cálculo de las emisiones por combustión, se utilizaron los factores de emisión que se describen en las siguientes cuadros, de acuerdo al tipo de combustible y considerando la capacidad de los equipos, además de los equipos de control reportados.

**Cuadro 1.1 Factores de emisión para combustión de Diesel**

| Contaminante | F.E. para equipos < 3000 C.C) en kg/m3 | F.E. PARA EQUIPOS (EQUIPOS >3000 C.C.) en kg/m3 |
|--------------|----------------------------------------|-------------------------------------------------|
| PM2.5        | 0.03                                   | 0.030                                           |
| PM10         | 0.12                                   | 0.120                                           |
| SO2          | 0.85                                   | 0.852                                           |
| CO           | 0.60                                   | 0.600                                           |
| NOX          | 2.40                                   | 2.880                                           |
| QBN/RG       | 0.00                                   | 1.200                                           |
| HC (COT)     | 0.05                                   | 0.124                                           |

|       |      |       |
|-------|------|-------|
| COVS  | 0.04 | 0.103 |
| COTNM | 0.03 | 0.091 |
| CH4   | 0.03 | 0.033 |
| NH3   | 0.10 | 0.096 |
| PST   | 0.24 | 0.240 |

Fuente. Diesel Fuel No. 2 Oil, Sección 1.3 Fuel Oil U.S EPA AP42-Modificada en 2010, Cuadros 1.3-1, 1.3-3 y 1.3-6

**Cuadro 1.2. Factor de emisión para Gas Licuado de Petróleo**

| CONTAMINANTE                         | (10-300 C.C.)<br>KG/M3 | (300-3000 C.C.)<br>KG/M3 |
|--------------------------------------|------------------------|--------------------------|
| PARTICULAS (PST)                     | 0.0888                 | 0.0888                   |
| PM <sub>10</sub> y PM <sub>2.5</sub> | 0.0888                 | 0.0888                   |
| SO <sub>2</sub>                      | 0.0037                 | 0.0037                   |
| CO                                   | 0.9432                 | 0.9432                   |
| NOX                                  | 1.6560                 | 1.6560                   |
| COT                                  | 0.1248                 | 0.1248                   |
| COVS                                 | 0.0806                 | 0.0806                   |
| COTNM                                | 0.0786                 | 0.0786                   |
| CH <sub>4</sub>                      | 0.0240                 | 0.0240                   |
| NH <sub>3</sub>                      | 0.0000                 | 0.0000                   |

Fuente: U.S EPA, AP42 Sección 1.6 Liquefied petroleum Gas Combustión

**Cuadro 1.3. Factores de emisión para Gas Natural.**

| CONTAMINANTE                                   | HORNO<br>RESIDENCIAL (<10<br>C.C.) Kg/106m3 | EQUIPOS<br>(<3000 C.C.)<br>Kg/106m3 | EQUIPOS (>3,000<br>C.C.) Kg/106m3 |
|------------------------------------------------|---------------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|
| PARTICULAS (PST)                               | 121.6                                       | 121.6                               | 121.6                             |
| PM <sub>10</sub> y PM <sub>2.5</sub>           | 121.6                                       | 121.6                               | 121.6                             |
| SO <sub>2</sub>                                | 9.6                                         | 9.6                                 | 9.6                               |
| CO S/CONTROL                                   | 640                                         | 1344                                | 1344                              |
| CO TANGENCIAL S/C                              | 384                                         | 384                                 | 384                               |
| CO TANGENCIAL RECIRGASES*                      | 1568                                        | 1568                                | 1568                              |
| NO <sub>x</sub> SIN CONTROL                    | 1504                                        | 1600                                | 3760                              |
| NO <sub>x</sub> QBNO <sub>x</sub> *            | 0                                           | 800                                 | 2240                              |
| NO <sub>x</sub> QBNO <sub>x</sub> /RECIRGASES* | 0                                           | 512                                 | 1600                              |
| COT                                            | 176                                         | 176                                 | 176                               |
| COVS                                           | 88                                          | 88                                  | 88                                |
| COTNM                                          | 139.2                                       | 139.2                               | 139.2                             |
| CH <sub>4</sub>                                | 36.8                                        | 36.8                                | 36.8                              |
| NH <sub>3</sub>                                | 7.84                                        | 51.2                                | 51.2                              |
| NOX TANGENCIAL S/C                             | 2720                                        | 2720                                | 2720                              |
| NOX TANGENCIAL RECIRGASES*                     | 1216                                        | 1216                                | 1216                              |

Fuente: U.S EPA. AP42 Vol 1, Capítulo 1.4

**Cuadro 1.4. Factores de emisión para gasóleo**

| CONTAMINANTE   | CALDERA (<3,000 C.C.)<br>KG/M3 | CALDERA (>3000 C.C.)<br>KG/M3 |
|----------------|--------------------------------|-------------------------------|
| PM2.5 S/C      | 0.433                          | 0.433                         |
| PM2.5 PE       | 0.003                          | 0.003                         |
| PM2.5 SCRUBBER | 0.048                          | 0.048                         |
| PM10 S/C       | 0.595                          | 0.595                         |
| PM10 PE        | 0.042                          | 0.042                         |
| PM10 SCRUBBER  | 0.050                          | 0.050                         |
| SO2            | 0.900                          | 0.900                         |
| CO             | 0.600                          | 0.600                         |
| NOx            | 2.400                          | 5.640                         |
| QUEM.TANG      | 0.000                          | 3.840                         |
| COT            | 0.048                          | 0.125                         |
| COVS           | 0.040                          | 0.103                         |
| COTNM          | 0.032                          | 0.091                         |
| CH4            | 0.016                          | 0.034                         |
| PST            | 0.837                          | 0.837                         |
| NH3            | 0.096                          | 0.096                         |

Fuente: U.S EPA, AP42, Capítulo 1, Sección 1.3

**Cuadro 1.5. Factores de emisión para combustóleo ligero**

| CONTAMINANTE   | CALDERA (<3,000 C.C.)<br>KG/M3 | CALDERA (>3000 C.C.)<br>KG/M3 |
|----------------|--------------------------------|-------------------------------|
| PM2.5 S/C      | 0.619                          | 0.619                         |
| PM2.5 PE       | 0.004                          | 0.004                         |
| PM2.5 SCRUBBER | 0.069                          | 0.069                         |
| PM10 S/C       | 0.850                          | 0.850                         |
| PM10 PE        | 0.060                          | 0.060                         |
| PM10 SCRUBBER  | 0.072                          | 0.072                         |
| SO2            | 37.680                         | 37.680                        |
| CO             | 0.600                          | 0.600                         |
| NOx            | 6.600                          | 5.640                         |
| QUEM.TANG      | 0.000                          | 3.840                         |
| COT            | 0.173                          | 0.125                         |
| COVS           | 0.143                          | 0.103                         |
| COTNM          | 0.085                          | 0.091                         |
| CH4            | 0.089                          | 0.034                         |
| NH3            | 0.096                          | 0.096                         |
| PST            | 1.195                          | 1.195                         |

Fuente: U.S EPA, AP42 Capítulo 1, Sección 1.3

**Cuadro 1.6. Factores de emisión para combustóleo pesado**

| CONTAMINANTE   | CALDERA (<3,000 C.C.) KG/M3 | CALDERA (>3000 C.C.) KG/M3 |
|----------------|-----------------------------|----------------------------|
| PM2.5 S/C      | 2.503                       | 2.503                      |
| PM2.5 PE       | 0.016                       | 0.016                      |
| PM2.5 SCRUBBER | 0.279                       | 0.279                      |
| PM10 S/C       | 3.434                       | 3.434                      |
| PM10 PE        | 0.244                       | 0.244                      |
| PM10 SCRUBBER  | 0.291                       | 0.291                      |
| SO2            | 75.360                      | 75.360                     |
| CO             | 0.600                       | 0.600                      |
| NOx            | 6.600                       | 5.640                      |
| QUEM.TANG      | 0.000                       | 4.800                      |
| COT            | 0.173                       | 0.125                      |
| COVS           | 0.143                       | 0.103                      |
| COTNM          | 0.085                       | 0.091                      |
| CH4            | 0.089                       | 0.034                      |
| NH3            | 0.096                       | 0.096                      |
| PST            | 4.831                       | 4.831                      |

Fuente: U.S EPA, AP42 Capítulo 1, Sección 1.3

**Cuadro 1.7. Factores de emisión para leña**

| CONTAMINANTE          | F.E. PARA EQUIPOS (EQUIPOS <3000 C.C.) EN kg/ton |
|-----------------------|--------------------------------------------------|
| PM <sub>2.5</sub> S/C | 13.880                                           |
| PM <sub>10</sub> S/C  | 13.880                                           |
| SO <sub>2</sub>       | 0.181                                            |
| CO                    | 104.689                                          |
| NOx                   | 1.270                                            |
| COT                   | 37.648                                           |
| COVS                  | 16.415                                           |
| COTNM                 | 24.040                                           |
| CH <sub>4</sub>       | 13.608                                           |

Fuente: U.S EPA, AP42 Capítulo 1, Sección 1.10

**Cuadro 1.8. Factores de emisión para coque**

| Contaminante        | <3,0000 c.c.)<br>[kg/ton] |
|---------------------|---------------------------|
| PM10 SIN CONTROL    | 0.494                     |
| PM10 CICLON         | 0.167                     |
| PM10 SCRUBBER       | 0.074                     |
| PM10 PES            | 0.010                     |
| PM10 FILTROS BOLSA  | 0.003                     |
| PM2.5 SIN CONTROL   | 0.093                     |
| PM2.5 CICLON        | 0.009                     |
| PM2.5 SCRUBBER      | 0.046                     |
| PM2.5 PES           | 0.004                     |
| PM2.5 FILTROS BOLSA | 0.002                     |
| SO2                 | 98.248                    |
| CO                  | 0.227                     |
| Nox SIN CONTROL     | 9.979                     |
| Nox QBNOx           | 4.989                     |
| COV                 | 0.020                     |
| COT                 | 0.045                     |
| CH4                 | 0.018                     |
| COTNM               | 0.027                     |

Fuente: U.S EPA, AP42 Capítulo 1, Sección 1.1

**Cuadro 1.9. Factores de emisión para bagazo**

| Contaminante              | lb/ton | kg/ton  |
|---------------------------|--------|---------|
| PM sin control            | 15.6   | 7.0746  |
| PM con control colectores | 8.4    | 3.8094  |
| PM con control scruber    | 1.4    | 0.6349  |
| PM10 controlado           | 1.36   | 0.61676 |
| CO2                       | 1560   | 707.46  |
| Nox                       | 1.2    | 0.5442  |

Fuente: U.S EPA, AP42 Capítulo 1, Sección 1.8

**Cuadro 1.10. Fracciones para la estimación de Carbono Negro**

| ACTIVIDAD                             | FRACCIONES |         |        |
|---------------------------------------|------------|---------|--------|
|                                       | PM2.5 *    | PM10 ** | PST ** |
| COMBUSTIÓN INDUSTRIAL CARBÓN          | 0.069      | 0.14    | 0.14   |
| COMBUSTIÓN INDUSTRIAL GAS NATURAL     | 0.225      |         |        |
| COMBUSTIÓN INDUSTRIAL MADERA          | 0.115      |         |        |
| COMBUSTIÓN INDUSTRIAL DIESEL          | 0.268      | 0.15    | 0.15   |
| COMBUSTIÓN INDUSTRIAL COKE            | 0.140      | 0.14    | 0.14   |
| COMBUSTIÓN INDUSTRIAL GAS LP          | 0.335      | 0.50    | 0.50   |
| COMBUSTIÓN INDUSTRIAL DIESEL RESIDUAL | 0.042      | 0.20    | 0.20   |

Fuente: Speciate, Ceidars y Battye (\*Prioridad 1, \*\*Prioridad 2, \*\*\* Prioridad 3)

## Datos de actividad

Los consumos de combustible se presentan en la Cuadro 1.13, cabe mencionar que dentro de estos consumos están incluidos los sectores industrial, eléctrico y petrolero.

**Cuadro 1.11. Consumos totales de combustibles de los sectores industrial, eléctrico y petrolero**

| Tipo de Combustible     | Cantidad      |
|-------------------------|---------------|
| Diesel (m3)             | 103,258       |
| Gas LP (m3)             | 30,398        |
| Gas Natural (m3)        | 5,886,434,679 |
| Gasóleo (m3)            | 471           |
| Combustóleo Ligero (m3) | 9,640         |
| Combustóleo Pesado (m3) | 2,194,768     |
| Leña (ton)              | 16,125        |
| Coqué (ton)             | 201,235       |
| Bagazo (ton)            | 6,674,317     |

- **Proceso**

Para realizar la valoración de las emisiones generadas en el proceso, se utilizaron la base de datos de factores de emisión desarrollada por la Agencia de Protección de los Estados Unidos de América (EPA) denominada FIRE 6.23, que contiene factores de emisión para procesos industriales y no industriales y estos representan las cantidades de contaminantes emitidos en un equipo u operación por cada etapa del proceso.

En el estado de Veracruz existen empresas productoras de cemento, cal, vidrio, industrias químicas, de alimentos y bebidas, a las cuales se les estimaron las emisiones de CO<sub>2</sub>, tomando en cuenta los datos de materia prima reportados en las Cédulas de Operación Anual (COAs) presentadas ante la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y ante la SEDEMA según sea su jurisdicción y se tomaron los factores de emisión recomendados en el volumen 3 de las directrices del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) del 2006 .

Para el cálculo de las emisiones por proceso en la industria, primero se revisó la información de las COAs para seleccionar las materias primas y poder ver a cuales se les puede aplicar Factor de Emisión.

## 4.2 METODOLOGÍA

La metodología utilizada para el cálculo de emisiones por proceso, es el resultado de multiplicar en cada una de las industrias, los datos de actividad con los factores de emisión reportados en el IPCC.

### Datos de actividad

En la Cuadro 1.14 se reportan los datos de actividad para cada una de las empresas a las que se estimaron las emisiones de gases de efecto invernadero, los datos de actividad fueron obtenidos a través de los reportes de los datos de las cédulas de operación anual presentadas por las industrias en la dependencia que les corresponde de acuerdo con la jurisdicción a la que pertenecen.

**Cuadro 1.12. Consumo de materias primas por las industrias generadoras de gases de efecto invernadero**

| Razón social                                     | Domicilio            | Producto | Cantidad  | Unidad       |
|--------------------------------------------------|----------------------|----------|-----------|--------------|
| Industria Vidriera de Tierra Blanca              | Tierra Blanca        | Vidrio   | 774       | Ton/año      |
| Silices de Veracruz S.A. de C.V. Planta Orizaba  | Orizaba              | Vidrio   | 545       | Ton/año      |
| Forma Vitrum de México, S.A. de C.V.             | Amatlán de los Reyes | Vidrio   | 545       | Ton/año      |
| Silices de Veracruz, S.A. de C.V. Planta Nogales | Nogales              | Vidrio   | 545       | Ton/año      |
| Pemex PGPB complejo procesador de gas Poza Rica  | Poza rica de Hidalgo | Etileno  | 96,961    | Ton/año      |
| Cervecería Cuauhtémoc Moctezuma S.A. de C.V.     | Orizaba              | Cerveza  | 6,415,800 | Barriles/año |
| Cementos Apaxco                                  | Ixtaczoquitlán       | Cemento  | 1,635,760 | Ton/año      |
| Moctezuma                                        | Apazapan             | Cemento  | 3,000,000 | Ton/año      |
| Cales de Santa Emilia                            | Perote               | Caliza   | 65,430    | Ton/año      |
| Fábrica de Cal Hidratada                         | Perote               | Caliza   | 65,430    | Ton/año      |
| Peñuela y Contaderos                             | Amatlán de los reyes | Caliza   | 49,073    | Ton/año      |
| Cales de Huatusco                                | Huatusco             | Caliza   | 32,715    | Ton/año      |
| Industrias Nachón                                | Coatepec             | Caliza   | 19,629    | Ton/año      |
| Calhidra Veracruz                                | Veracruz             | Caliza   | 32,715    | Ton/año      |
| Silices de Veracruz                              | Orizaba              | Caliza   | 163,576   | Ton/año      |
| Pemex Complejo Petroquímico Cosoleacaque         | Cosoleacaque         | Amoniaco | 581,765   | Ton/año      |

## Factores de emisión

Los factores de emisión aplicados a cada una de las empresas de acuerdo con el giro industrial se tomaron de las Directrices del IPCC volumen 3 y se describen en la Cuadro 1.15.

**Cuadro 1.13. Factores de Emisión**

| Producto         | Contaminante    | FE     | Unidad                                                | Actividad                       |
|------------------|-----------------|--------|-------------------------------------------------------|---------------------------------|
| Cemento y Caliza | CO <sub>2</sub> | 0.52   | Ton de CO <sub>2</sub> /ton de cemento                | Producción de cemento           |
| Vidrio           | CO <sub>2</sub> | 210    | kg CO <sub>2</sub> / ton de vidrio                    | Producción de envases de vidrio |
| Etileno          | CH <sub>4</sub> | 3      | kg. de CH <sub>4</sub> /tonelada de etileno producido | Producción de etileno           |
| Amoniaco         | CO <sub>2</sub> | 1.666  | toneladas de CO <sub>2</sub> /tonelada de amoniaco    | Producción de amoniaco          |
| Cerveza          | CO <sub>2</sub> | 11.79  | Kg CO <sub>2</sub> /1,000 barriles de cerveza         | Tanque de envejecimiento        |
|                  |                 | 36     |                                                       |                                 |
|                  |                 | 889.56 | Kg de CO <sub>2</sub> /1,000 barriles de cerveza      | Fermentación                    |
|                  |                 | 20.86  | Kg de CO <sub>2</sub> /1,000 barriles de cerveza      | Línea de llenado                |
|                  |                 | 56     |                                                       |                                 |

## Proyecciones

Para las proyecciones de las emisiones generadas por la Generación de Energía Eléctrica se tomó en consideración las TMCA de las prospectivas de Gas Natural y Gas L.P 2013-2027, así como también de las Prospectivas de Petróleo y Petrolíferos 2013-2027. En estas prospectivas se menciona que el consumo de Gas Natural del 2012-2020 tendrá un crecimiento de 3.4% y del 2012-2027 se tendrá un crecimiento del 3.3% el cual se tomó para el 2030; para las proyecciones de combustóleo las Prospectivas de Petróleo y Petrolíferos 2013-2027 dice que para el 2012-2020 se reducirá un -7.75% y de 2012-2030 la reducción será de -6.7%

Con los que respecta a las proyecciones de los demás sectores industriales, se proyectaron los PIB que INEGI tiene para el Estado de Veracruz, esto se logró mediante una ecuación, de estas proyecciones al 2030 da como resultado que los sectores 315,316, 321, 323, 333, 334, 335, 336 y 337 tienen un comportamiento negativo por lo que para estos sectores se consideró dejar la emisión del 2012 ya que no podemos afirmar que van a la baja, con lo que respecta a los demás sectores si se les aplicó el crecimiento del PIB.

## 2. Fuentes de Área

### Uso de solventes

Al no contar con información referente a la cantidad de solventes que son incinerados o utilizados durante el proceso de combustión ya sea para aprovechamiento de energía o simplemente como un control de sus emisiones, se considera que todo el solvente utilizado se evapora durante su procesamiento o paulatinamente durante el uso del producto que lo contenga, por lo que en este apartado solo se estimarán las emisiones de Compuestos Orgánicos Volátiles COV. La ecuación general a utilizar es:

$$E_{i,j} = (FA) * (FE_{i,j})$$

Donde:

$E_{i,j}$ = Emisión en (kg/año) del contaminante i, referido a la actividad j.

$FA$ = Factor o nivel de actividad (habitante/año) en el área de estudio.

$FE_{i,j}$ = Factor de emisión (kg/hab/año) del contaminante y referido a la actividad j.

- **Recubrimientos de superficies industriales**

Los recubrimientos para superficies industriales consisten en la aplicación de una capa de pintura, barniz o laca a un objeto con propósito decorativo y/o de protección, entre estos objetivos se encuentran los de mobiliario, latas, automóviles, aviones y otros equipos de transporte, maquinaria, aparatos domésticos, madera, alambre y otros productos misceláneos y en operaciones de mantenimiento industrial, entre otras. Los solventes contenidos en los recubrimientos se evaporan en la medida en que estos compuestos son utilizados.

En esta categoría se cuantifican las emisiones de COV generadas durante la aplicación de recubrimientos en las superficies industriales, esto se logra con el número de población para el año 2012 el cual de acuerdo a CONAPO es de 7,858,609 personas, el factor de emisión utilizado es 0.07399 Kg de COV/habitante, este factor proviene de las distribuciones de diversos recubrimientos industriales y sus contenidos de COV en dichos recubrimientos.

- **Pintura automotriz**

La aplicación de pintura automotriz en carrocerías, engloba la reparación y restauración de automóviles como parte de una colisión. Las emisiones se generan durante la limpieza, resanado, pintado y pulido son influenciadas por el contenido de solventes en el producto.

Para esta categoría se cuantificaron las emisiones de COV generadas durante las actividades de pintado automotriz, para el cálculo se utilizó el número de automóviles ligeros en el Estado de Veracruz durante el 2012. Con lo que respecta al Factor de Emisión utilizado es obtenido con información de ANAFAPYT y la distribución de acabados por repintado automotriz en México 2004, y con esto se obtiene el Factor de Emisión de COV utilizado el cual es 1.59 kg de COV/ vehículo, y el número de vehículos ligeros para el año 2012 fue de 878,355 vehículos.

- **Recubrimiento de superficies arquitectónicas**

Los recubrimientos para superficies arquitectónicas con el propósito de proteger y mejorar la superficie de interiores y exteriores, implica la aplicación de una capa de pintura, barniz o laca entre otros para dar una mejor estética visual a una superficie terminada.

Las actividades de pintado o de recubrimiento en los hogares también generan emisiones de COV; para la cuantificación de estas emisiones es necesario contar con el número de personas para el 2012 en el Estado de Veracruz, así como también un factor de emisión el cual es 1.53 kg de COV/persona, el cual es obtenido con la ayuda de distribuciones de pinturas y recubrimientos arquitectónicos.

- **Limpieza de superficies industriales**

En la industria es usual que se realicen limpiezas en las superficies de los equipos, por lo que estas actividades son realizadas con sustancias que emiten COV, por lo que para la cuantificación de estas emisiones se utilizó el factor de emisión de 1.08 kg de COV/ persona-año el cual se tomó de la sección 4.6 del AP42, Solent Degreasing (1995).

- **Lavado en seco**

Las operaciones de lavado en seco consisten en la limpieza de ropa mediante el uso de solventes orgánicos no acuosos como son el percloroetileno y gas nafta entre los da mayor uso. La extracción del exceso de solvente en la prenda se realiza por medio de una corriente de vapor de agua. Las emisiones de COT's, se presentan cuando los solventes se evaporan durante el proceso, especialmente en el equipo de lavado y de los sistemas de recuperación o disposición de solventes. Las emisiones de percloroetileno no son consideradas fotoquímicamente reactivas por lo tanto no tendrá emisiones de COV's al igual que los solventes sintéticos. Solo los procesos de lavado en seco que usan solventes derivados del petróleo tendrá emisiones de COV's al 100%. Por otra parte si solo se conoce la cantidad total de solventes o emisiones de COT's, se puede asumir que las emisiones de COV's constituyen el 58% del COT's (U.S. EPA, 1991a).

La actividades en las lavanderías comerciales generan emisiones de COV por los productos utilizados durante el lavado de las prendas, para la cuantificación de estas emisiones se utilizó el factor de emisión de 0.6 kg de COV/habitante-año, proveniente de la metodología del AP-42. Sección 4.1 Dry Cleaning (1995).

- **Artes gráficas**

Las artes gráficas se llevan a cabo las actividades de rotograbado, offset, serigrafía y flexografía, por lo que se estimó el contenido de COV en los diferentes productos utilizados para estas actividades de las hojas técnicas de los diversos fabricantes de tintas por tipo, los cuales se enlistan en la siguiente cuadro 2.1.

**Cuadro 2.1. Factores de emisión para las artes gráficas**

| Actividad   | %COV  |
|-------------|-------|
| Flebografía | 57    |
| Offset      | 27.5  |
| Rotograbado | 57.56 |
| Serigrafía  | 0.2   |

Es necesario tener el consumo per-cápita de estas tintas, el cual se obtuvo de la Encuesta Mensual de la Industria Manufacturera de INEGI.

Con el contenido de COV, el consumo per-cápita (ton/persona) y el total de habitantes del Estado de Veracruz durante el 2012 es posible la estimación de COV generado por las artes gráficas.

- **Uso comercial y doméstico de solventes**

En esta categoría están incluido el uso de productos en aerosol, productos domésticos, productos de cuidado personal, productos de cuidado automotriz, adhesivos y selladores, pesticidas comerciales y domésticos y los productos misceláneos; las emisiones de COV por el uso de estos productos son cuantificadas de manera per-cápita y mediante los factores de emisión que se muestran en la siguientes Cuadro 2.2, provenientes de Radian International, LLC. Manual para los Inventarios de México.

**Cuadro 2.2. Factores de emisión por el uso comercial y domésticos de solventes**

| Actividad                           | Factor de Emisión |
|-------------------------------------|-------------------|
|                                     | COV [kg/año-hab]  |
| Productos en aerosol                | 0.046             |
| Productos domésticos                | 0.36              |
| Productos de cuidado personal       | 1.05              |
| Productos de cuidado automotor      | 0.61              |
| Adhesivos y selladores              | 0.26              |
| Pesticidas comerciales y domésticos | 0.81              |
| Productos misceláneos               | 0.03              |

- **Pintura de tránsito**

La aplicación de pintura en tránsito, consiste en el pintado de carriles, banquetas, marcas de dirección o señalamientos viales, señales de estacionamiento y superficies pavimentadas para facilitar el flujo de tránsito vehicular. La pintura utilizada, en mayor proporción son base solvente y en menor proporción las de base agua, generalmente se aplican con spray o en formas de cintas termoplásticas o preformadas que son aplicadas con epóxicos sobre la superficie de calles y avenidas; factores tales como la durabilidad de la pintura, tipo de pavimento, densidad del tráfico y posición de las señales, determina la frecuencia con la que la pintura debe ser reaplicada y por lo tanto tendrá influencia sobre una mayor o menor emisión anual de COV, para la cuantificación de estas emisiones se realiza de la siguiente manera:

$$E = P * C * H$$

Donde:

E=Emisión de COV ton/año

P= Es el consumo de pintura por habitante (miles de litros/habitante), este dato fue obtenido del Consumo de recubrimientos para señalamiento vial (Archivo Info\_ANAFAPYT.xls)

C= Contenido de COV en la pintura vial o de transito, este dato se obtuvo de una ficha técnica de pinturas Izaval

H=Población (habitantes para el 2012)

- **Combustión comercial/institucional y combustión habitacional**

La combustión comercial e institucional se debe a la quema del Gas L.P, que es el combustible utilizado, mientras que en la combustión habitacional se debe a la quema de Gas L.P y leña en zonas rurales, para la cuantificación de las emisiones por la quema del Gas L.P y leña se utilizaron los siguientes factores de emisión para los contaminantes criterio (AP-42 Air Pollutants Emission Factors V.I. Stationary Point and Area Sources) los cuales se muestran en las Cuadros 2.3 y 2.4.

**Cuadro 2.3. Factores de emisión para la combustión comercial, habitacional e industrial**

| Sector                                    | Combustible | Factor de emisión del contaminante |                   |                 |         |                 |         | Unidades     |
|-------------------------------------------|-------------|------------------------------------|-------------------|-----------------|---------|-----------------|---------|--------------|
|                                           |             | PM <sub>10</sub>                   | PM <sub>2.5</sub> | SO <sub>2</sub> | CO      | NO <sub>x</sub> | COV     |              |
| Comercial/<br>Habitacional/<br>Industrial | GLP         | 0.09                               | 0.09              | 0.00371         | 0.93564 | 1.63920         | 0.09996 | kg/m3        |
|                                           | Leña        | 0.0153                             | 0.0050            | 0.0002          | 0.0472  | 0.0006          | 0.0122  | ton/ton leña |

**Cuadro 2.4. Para los contaminantes GEI se utilizaron los siguientes factores de emisión (IPCC 2006).**

| Combustible                    | FE [Kg/TJ]      |                 |
|--------------------------------|-----------------|-----------------|
|                                | CO <sub>2</sub> | CH <sub>4</sub> |
| Gas LP servicios y residencial | 63100           | 5               |
| Leña                           | 12,000          | 300             |

En cuanto al Carbono Negro se refiere generado por la quema de la leña se obtiene considerando el 0.061 de las PM2.5 dato proveniente del INE 2007.

### Datos de actividad

En la Cuadro 2.5 se muestran los datos de actividad para esta categoría los cuales son los volúmenes de Gas L.P y toneladas de leña.

**Cuadro 2.5. Volúmenes de Gas L.P y demanda de leña por el comercio, la industrial y las casas habitacional**

| Entidad                | Residencial | Servicios | Industrial |
|------------------------|-------------|-----------|------------|
| Consumo de Gas LP (m3) | 521,321     | 124,088   | 53,944     |
| Leña (ton)             | 1,863,869   |           |            |

Fuente: SENER Sistema de Información de Energía (SIE)

- **Operación de aeronaves**

El Modelo FAED3.1 (Federal Aircraft Engine Emission Database) tiene como objetivo determinar la emisión de contaminantes emitidos por las aeronaves cuando los motores están en operación (emisiones por combustión).

Los puntos de emisión están limitados a aquellas porciones de vuelo (modo de operación) que se presentan entre el nivel de piso y una altitud definida como altura de inversión térmica (Altura de capa de mezclado).

El modo de operación está conformado por las siguientes categorías descenso, carretero/ reposo llegada, carretero/reposo salida, despegue y ascenso. En su conjunto, de estos cinco modos integran el ciclo de aterrizaje y despegue (AD) “equivalente al número de ciclos de operación de vuelo (LOT’s por sus siglas en inglés)” que constituyen la base para asignar las emisiones por aeronaves a una regla determinada y son calculadas en función al tiempo en modo de operación (TIM por sus siglas en inglés).

Los contaminantes a estimar son Hidrocarburos Totales (HCT), Monóxido de Carbono (CO), Óxidos de Nitrógeno (NO<sub>x</sub>) y Bióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>), para estos contaminantes el modelo FAED3.1 Incluye factores de emisión para varios tipos y modelos de aeronaves, permite ajustar los tiempos en modo de operación característicos a la altura de capa de mezclado en la zona de estudio. Los factores de emisión utilizados en este modelo se presentan en la Cuadro 2.6.

**Cuadro 2.6. Factores de emisión por la operación de aeronaves**

| Contaminante | Factor de emisión |
|--------------|-------------------|
| PM10         | 0.10763 Kg/LOTs   |
| PM2.5        | 96.7% PM10        |
| COT          | 1.4166 COV        |
| COV          | 97% HCT           |
| CH4          | 9.6% COT          |

Fuente: US EPA. FAA Aircraft Engine Emission User Guide and Database (FAED3.1), US EPA Emission Factor and Inventory Group (MD-14) Emissions, Monitoring and Analysis Division/Documentation for the 1996 Base Year National Toxics Inventory for Aircraft Sources

- **Locomotoras (foráneas/patio)**

Para la cuantificación de las emisiones generadas por las locomotoras en el Estado de Veracruz se realizó mediante el dato de actividad que es el consumo de diesel de las locomotoras (90,872 m<sup>3</sup> dato proveniente del SIE) y los factores de emisión para criterio (Documento preparado para la Comisión para la Cooperación Ambiental de América del Norte, CCA.) y GEI (IPCC 2006, Capítulo 2), los cuales se presentan en la Cuadro 2.7 para los contaminantes criterio y en la Cuadro 2.8 se presentan los factores de emisión para los contaminantes GEI.

**Cuadro 2.7. Factores de emisión de contaminantes criterio para locomotoras**

| Contaminante      | FE [ton/litro] |
|-------------------|----------------|
| PM <sub>10</sub>  | 0.00000120     |
| PM <sub>2.5</sub> | 0.00000117     |
| SO <sub>2</sub>   | 0.00000001     |
| CO                | 0.00000700     |
| NO <sub>x</sub>   | 0.00003358     |
| COV               | 0.00000186     |
| COT               | 0.00000191     |
| PM                | 0.00000125     |
| HC                | 0.00000185     |

**Cuadro 2.8. Factores de emisión para contaminantes GEI para locomotoras**

| Combustible | FE [Kg/TJ]      |                 |
|-------------|-----------------|-----------------|
|             | CO <sub>2</sub> | CH <sub>4</sub> |
| Diesel      | 74,100          | 3.9             |

Para la determinación del Carbono Negro se consideró el 59% de las PM<sub>2.5</sub> (Factores de correlación entre carbono negro y PM<sub>2.5</sub> en los Estados Unidos).

- Embarcaciones marítimas comerciales**

Para la estimación de las emisiones generadas por las embarcaciones marítimas comerciales se desarrollaron mediante el dato de actividad que en este caso es el consumo de diesel de las embarcaciones para el año 2012 (233,698 m<sup>3</sup> dato proveniente del SIE) y los Factores de Emisión para criterio (Fuentes de Área Volumen V) y GEI (IPCC 2006), los cuales se pueden ver en la Cuadro 2.9 y 2.10.

**Cuadro 2.9. Factores de emisión para contaminantes criterio para embarcaciones marítimas**

| Kg/1000 l |     |    |                 |                 |      |                  |                     |
|-----------|-----|----|-----------------|-----------------|------|------------------|---------------------|
| GOT       | GOR | CO | NO <sub>x</sub> | SO <sub>2</sub> | COV  | PM <sub>10</sub> | PM <sub>2.5</sub>   |
| 6.2       | 6   | 12 | 33              | 32              | 97.2 | 1.198            | 0.5PM <sub>10</sub> |

**Cuadro 2.10. Factores de emisión para contaminantes GEI para embarcaciones marítimas**

| Combustible | FE [Kg/TJ]      |                 |
|-------------|-----------------|-----------------|
|             | CO <sub>2</sub> | CH <sub>4</sub> |
| Diésel      | 74,100          | 3.9             |

Para la determinación del Carbono Negro se consideró el 59% de las PM<sub>2.5</sub> (Factores de correlación entre carbono negro y PM<sub>2.5</sub> en los Estados Unidos).

- Incendios forestales**

En el Estado de Veracruz en el 2010 se registraron lluvias de diferente magnitud en todos los meses del año haciendo un total anual de 13,624 mm, esto hace que en la entidad se presenten incendios

forestales de muy poca magnitud, sin embargo en pequeñas zonas se pueden presentar incendios de pastizales o de pequeños arbustos que generan emisiones de CO<sub>2</sub> a diferencia de las quemas de biomasa estas emisiones si se contabilizan como tal.

## Metodología

La estimación de emisiones de este apartado se realizó mediante la aplicación de la formula siguiente:

La metodología utilizada para el cálculo de estas emisiones es la recomendada por las Directrices del IPCC del 2006 y se utilizó la formula siguiente:

$$L_{\text{fuego}} = A * M_B * C_f * G_{\text{ef}} * 10^{-3}$$

Dónde:

$L_{\text{fuego}}$  = cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero provocada por el fuego, ton de cada gas de efecto invernadero (GEI) ( p. ej., CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, etc.

A = superficie quemada, ha

$M_B$  = masa de combustible disponible para la combustión, ton ha<sup>-1</sup>. Incluye biomasa, hojarasca molida y madera muerta. Cuando se aplican métodos de Nivel 1, entonces se supone que los depósitos de hojarasca y de madera muerta equivalen a cero, a excepción de los casos en los que hay un cambio en el uso de la tierra (véase la Sección 2.3.2.2).

$C_f$  = factor de combustión, sin dimensión (valores por defecto del Cuadro 2.6)

$G_{\text{ef}}$  = Factor de emisión, g kg<sup>-1</sup> de materia seca quemada (valores por defecto del Cuadro 2.5).

Nota: Cuando no se dispone de datos para MB y Cf, se puede utilizar un valor por defecto para la cantidad de combustible realmente quemado (el producto de MB por Cf) (Cuadro 2.4), según la metodología de Nivel 1.

## Datos de actividad

Para el cálculo de las emisiones en este apartado se consideraron las hectáreas reportadas por la SEMARNAT como siniestradas en el año 2012 como se describen en la Cuadro 2.11.

**Cuadro 2.11. Hectáreas afectadas por incendios forestales en 2012**

| Tipo de vegetación    | Hectáreas    |
|-----------------------|--------------|
| Pastos                | 521          |
| Arbustos y matorrales | 2,651        |
| Arbolada              | 33           |
| Renuevo               | 459          |
| <b>Total</b>          | <b>3,664</b> |

## Factores de emisión

El factor de emisión estimado de acuerdo a las recomendaciones de la Directrices del IPCC por tipo de vegetación resultando los factores que se describe en la Cuadro 2.12.

**Cuadro 2.12. Factores de emisión por tipo de vegetación**

| Tipo de vegetación    | Factor de emisión |                 |                  |
|-----------------------|-------------------|-----------------|------------------|
|                       | Kg/ha             |                 |                  |
|                       | CO <sub>2</sub>   | CH <sub>4</sub> | N <sub>2</sub> O |
| Pastos                | 6,084             | 9               | 1                |
| Arbustos y matorrales | 40,914            | 58              | 5                |
| Arbolada              | 6,761             | 29              | 1                |
| Renuevo               | 6,084             | 9               | 1                |

- Quemas controladas**

Las quemas agrícolas se refieren a la quema de cultivos, madera y hojas asociadas con las actividades agrícolas. En México esta práctica se limita sobre todo a la quema de los restos de la cosecha para preparar los campos para nuevos cultivos. La quema agrícola se permite en México siempre y cuando primero se notifique a la SEMARNAP o a la SAGAR. Todas las quemas agrícolas deben cumplir con la NOM-EM-003-SEMARNAP/ SAGAR-1996.

Las emisiones de quemas agrícolas dependen de varios factores diferentes. Entre los factores principales está el tipo de cultivo, la carga de combustible (cantidad de material orgánico por unidad de área de terreno) y tipo de quemado (directo o a contracandela). Los fuegos directos se inician en el lado del campo contrario al viento y se deja que avancen en la dirección del viento. Los incendios a contracandela se inician en el lado del campo a favor del viento y se les obliga a avanzar en la dirección contraria. Entre otros factores que pueden afectar a las emisiones están el contenido de humedad y el arreglo del material orgánico que se va a quemar. Hay información adicional sobre estos factores en la Sección 2.5.2.3 del AP-42 (AP-42, 1995).

La metodología que se siguió es:

$$\text{Emisiones}_c = \text{Área}_c * \text{Carga de combustible}_c * \text{FE}_c$$

Donde:

$\text{Emisiones}_c$  = Emisiones totales del tipo de cultivo

$\text{Área}_c$  = Área total quemada del tipo de cultivo

$\text{Carga de combustible}_c$  = Carga de combustible promedio para el tipo de cultivo

$\text{FE}_c$  = Factor de emisión para el cultivo de caña.

Para la estimación de estas emisiones se consideraron como quemas controladas a las 273,077 hectáreas de caña de azúcar, por lo que la carga de combustible utilizada es de 8 ton/ha y los factores de emisión se obtuvieron de capítulo 2, sección 5 del AP 42. En la Cuadro 2.13 se presentan los factores de emisión de contaminantes criterio para Quemas Controladas.

**Cuadro 2.13. Factores de emisión para contaminantes Criterio para Quemias Controladas**

| Factores de emisión |          |        |
|---------------------|----------|--------|
| PM10                | 2.9      | kg/ton |
| PM2.5               | 0.08PM10 |        |
| CO                  | 35.5     | kg/ton |
| COT                 | 2        | kg/ton |
| COV                 | 0.72COT  |        |
| NOx                 | 0        | kg/ton |
| SO <sub>2</sub>     | 0        | kg/ton |

La cuantificación de las emisiones de GEI se utilizó la metodología y factores del IPCC2006, Cuadro 2.14.

**Cuadro 2.14. Factores de emisión para contaminantes GEI para Quemias Controladas**

| Contaminante    | Factor de emisión<br>Kg/ha |
|-----------------|----------------------------|
| CO <sub>2</sub> | 7,878                      |
| CH <sub>4</sub> | 14.07                      |

- Distribución y almacenamiento de gas L.P**

El termino gas L.P., es empleado para definir una familia de hidrocarburos llamados gases líquidos, los más prominentes de esta familia son el propano y el butano la importancia de estimar las emisiones de estos hidrocarburos radica en la alta concentración en el ambiente del Estado de Veracruz de propano y butano, componentes principales del gas L.P., su causa principal son las fugas que se presentan por almacenamiento y distribución, las cuales involucra a las terminales de almacenamiento y distribución de gas L.P., en estas se realizan procesos de trasvasado al tanque de almacenamiento masivo o dispensario, la descarga de semirremolques, la recarga de autotanques y el llenado de recipientes en estaciones de distribución del producto consiste en la descarga de autotanques en estaciones de servicio, tanques estacionarios y la distribución y venta de recipientes portátiles. El factor de emisión de COT y COV de la fuente emisora es multiplicado por el suministro de gas LP del Estado de Veracruz, asociado a la actividad realizada por la Entidad.

$$E_{i,j} = (F_A) * (FE_{i,j})$$

Donde:

$E_{i,j}$ = Emisión en (kg/año) del contaminante i referido a la actividad j.

$FE_{i,j}$ = Factor de emisión del contaminante i, actividad j.

$F_A$ = Factor de actividad (Cuadro 2.15)

**Cuadro 2.15. Factores de emisión para almacenamiento y distribución de Gas L.P.**

| Categoría                                       | Actividad j                       | Factor de emisión<br>COT | Unidades |
|-------------------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|----------|
| Almacenamiento masivo de Gas L.P. en terminales | Almacenamiento                    | 0.107                    | Kg/ton   |
|                                                 | Carga de autotanques              | 0.228                    | Kg/ton   |
|                                                 | Descarga de semirremolques        | 0.137                    | Kg/ton   |
|                                                 | Llenado de recipientes portátiles | 0.260                    | Kg/ton   |
| Distribución de Gas L.P.                        | Estaciones de carburación         | 0.262                    | Kg/ton   |
|                                                 | Tanques estacionarios             | 0.229                    | Kg/ton   |
|                                                 | Venta de tanque portátil          | 3.6                      | Kg/ton   |

## Datos de actividad

La cantidad de combustible por cada categoría mencionada en la Cuadro 2.15 se presentan en la Cuadro 2.16, estas cantidades Proviene de bases de Datos del Sistema de Información de Energía y de Prospectivas de Gas Natural y Gas L.P 2013-2027.

**Cuadro 2.16. Cantidades de Gas L.P. por categoría**

| Categoría           | Actividad j                       | Gas L.P. por actividad [m3/año] |
|---------------------|-----------------------------------|---------------------------------|
| Almacenamiento      | Almacenamiento                    | 862,407                         |
|                     | Carga de auto-tanque              | 440,635                         |
|                     | Descarga de semirremolques        | 862,407                         |
|                     | Llenado de recipientes portátiles | 170,489                         |
| Distribución de GLP | Estaciones de carburación         | 66,984                          |
|                     | Tanques estacionarios             | 440,635                         |
|                     | Venta de tanque portátil          | 170,489                         |

- Fugas en instalaciones de gas L.P y HNQ en la combustión de gas L.P.**

Las emisiones de gas L.P. por fugas e hidrocarburos no quemados se emiten dentro del sector industrial, comercial/servicios y residencial, en la cual aplica la metodología desarrollada en el estudio de PEMEX Gas y Petroquímica Básica en conjunto con el Instituto Mexicano de Petróleo, así como del estudio desarrollado por el TUV Rheinland de México S.A de C.V. de los cuales se obtuvieron los siguientes factores de emisión presentes en la cuadro 2.17, por otra parte se asume que el 98.4% de los COT son COV.

**Cuadro 2.17. Factores de emisión por fugas de en instalaciones de Gas L.P. y HNQ en la combustión de Gas L.P.**

| Categoría                                        | Sector        | Fuente de emisión "Actividad"     | Factor de emisión COT |
|--------------------------------------------------|---------------|-----------------------------------|-----------------------|
| Fugas por accesorios en instalaciones domésticas | **Residencial | Tanque portátil "TP"              | 0.00003               |
|                                                  |               | Conexiones en TP                  | 0.00207               |
|                                                  |               | Pictetes en TP                    | 0.00197               |
|                                                  |               | Válvulas de paso en TP            | 0.00002               |
|                                                  |               | Reguladores en TP                 | 0.00109               |
|                                                  |               | Tanque estacionario "TE"          | 0.00105               |
|                                                  |               | Válvulas de paso en TE            | 0.00002               |
|                                                  |               | Reguladores en TE                 | 0.00109               |
|                                                  |               | Estufas                           | 0.00013               |
| Fugas en instalaciones (servicios e industria)   | *Servicios    |                                   | 0.69504               |
|                                                  | *Industria    |                                   | 0.27118               |
| Fugas por apagado y encendido de pilotos         | **Residencial | Pilotos apagados en estufas       | 0.00102               |
|                                                  |               | Pilotos apagados en calentadores  | 0.000000126           |
|                                                  |               | Pilotos encendido de estufas      | 0.00022               |
|                                                  |               | Pilotos encendido de calentadores | 0.000000126           |
| HNQC                                             | **Residencial | Estufas                           | 0.00538               |
|                                                  |               | Calentadores                      | 0.00209               |
|                                                  | *Servicios    |                                   | 15                    |
|                                                  | *Industria    |                                   | 15                    |

Fuente: \* PEMEX Gas y Petroquímica Básica/ Instituto Mexicano del Petróleo/ TÜV Rheinland de México S.A. de C.V. \*\* Radian International, Asociación de Gobernadores del Oeste Denver, Colorado y el Comité Asesor Binacional 1997. Manuales del Programa de Inventarios de Emisiones de México: Volumen V- Desarrollo de Inventario de Emisiones de Fuentes de Área Final; LLC 10389 Old Placerville Road Sacramento, CA 95827, Marzo.  
 quemados por combustión.  
 TE. Número de tanques estacionarios  
 estufas a GLP,  
 piloto  
 HNQC: Hidrocarburos no  
 # TP: Número de tanques portátiles  
 # ESTF: Número de  
 # ESTFcp: Número de estufas con  
 # CAL: Número de calentadores.

Para estimar la emisión de contaminantes, el factor de emisión fue multiplicado por el número de accesorios, como se muestra:

$$E_{i,j} = (F_A) * (FE_{i,j})$$

Donde:

$E_{i,j}$ = Emisión en (kg/año) del contaminante i referido a la actividad j.

$FE_{i,j}$ = Factor de emisión del contaminante i, en la actividad j.

$F_A$ = Nivel de actividad en la zona de estudio

#### ***Estimación del número de accesorios en la zona de estudio.***

Se considera el primer argumento sobre la necesidad de que cada vivienda ocupe por lo menos una estufa, esto es:

#Viviendas= #Estufas

El producto del número de estufas por el factor de saturación de estufas a Gas LP da como resultado las estufas que utilizan Gas L.P:

#Estufas<sub>GLP</sub>=#Estufas\*0.971

Se asume también que por lo menos cada estufa tiene un tanque portátil, por lo que el producto del número de estufas a Gas L.P. y el factor de saturación de estufas a tanque portátil, da como resultado el número de tanques portátiles, es decir:

#Tanques Portátiles= #Estufas<sub>GLP</sub>\*0.808

El producto del número de estufas a Gas L.P y el factor de saturación de estufas a tanque estacionario, da como resultado el número de tanques estacionarios, es decir:

#Tanques estacionarios= #Estufas<sub>GLP</sub>\*0.192

El número de calentadores estimado, se calculó por el producto del número de viviendas y el factor de saturación de calentadores a Gas L.P con piloto, es decir:

#Calentadores= # viviendas\*0.637

El número de estufas con piloto fue estimado por el producto del número de estufas a Gas L.P y el factor de saturación de estufas a Gas L.P. con piloto, es decir:

#Estufas con piloto a gas L.P= # estufas \*0.0798

Los factores de saturación de estufas a Gas L.P. provienen de la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares. Características de las viviendas por niveles de ingresos de sus hogares.

**Cuadro 2.18. Factores de saturación**

| Factor de saturación de estufas a Gas L.P       |       |
|-------------------------------------------------|-------|
| Estufas a Gas L.P                               | 0.971 |
| Con piloto                                      | 0.798 |
| Sin piloto                                      | 0.095 |
| Encendido                                       | 0.107 |
| Factor de saturación de calentadores a Gas L.P  |       |
| Factor de saturación de calentadores a Gas L.P  | 0.637 |
| Factor de saturación de instalaciones a Gas L.P |       |
| Con tanque portátil                             | 0.808 |
| Con tanque estacionario                         | 0.192 |

Fuente: Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares (ENIGH-2000) Características de las viviendas por niveles de ingresos de sus hogares.

## Datos de actividad

Los datos de actividad necesarios se muestran en la Cuadro 2.19, estos datos provienen de la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos en los Hogares 2012, INEGI.

**Cuadro 2.19. Accesorios de instalaciones domesticas**

| Tipo                     | Veracruz                |                                          |           |
|--------------------------|-------------------------|------------------------------------------|-----------|
|                          | Con tanque estacionario | Con tanque portátil (cilindro) de gas LP | Total     |
| Estufas a GLP            | 84,349                  | 1,425,496                                | 1,509,845 |
| Estufas a GLP-piloto     | 67,310                  | 1,137,546                                | 1,204,856 |
| Calentadores a GLP       | 18,337                  | 309,890                                  | 328,227   |
| Tanque portátil "TP"     | N/A                     | 1,782,164                                | 1,782,164 |
| Tanque estacionario "TE" | 548,358                 | N/A                                      | 548,358   |

- Distribución y almacenamiento de gasolina

Las emisiones por la evaporación de hidrocarburos que se emiten en las estaciones de servicio son producidas por la gasolina; diésel por tener presiones de vapor muy bajas no evapora considerablemente. Las emisiones inician por las pérdidas en tránsito (E1), incluye el recorrido de autotankers a partir de la terminal de almacenamiento y distribución hasta la estación de servicio; el segundo punto emisor se da en la estación de servicio durante el llenado de tanques subterráneos de almacenamiento de combustible con traspaso de vapores, conocida como pérdidas de descarga de pipas a estaciones de servicio (E2); otro punto emisor se da por la respiración del tanque subterráneo (E3); sus emisiones ocurren diariamente y son atribuibles a cambios en la presión barométrica.

En el llenado de tanques de los automóviles se producen emisiones por dos procesos, el desplazamiento de vapores por la recarga de gasolina en los automóviles (E4), en donde la cantidad de vapores desplazados depende de la temperatura de la gasolina, de la temperatura del tanque del automóvil, la presión de vapor de la gasolina, y la tasa de llenado del tanque; el último punto emisor del ciclo es por derrames de combustibles en la recarga (E5) estas dependen de varios factores incluyendo el tipo de descarga por control automatizado o manual en la estación de servicio, la configuración del tanque del vehículo y la técnica del operador. Los factores de emisión correspondientes a cada etapa se encuentran presentes en la Cuadro 2.20.

**Cuadro 2.20. Factores de emisión por el almacenamiento de gasolina**

| Punto emisor | Fuente de Emisión                                              | Factor de emisión COT (ton/m3) |
|--------------|----------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| E1           | Perdidas e tránsito. Autotankers cargados y Autotankers vacíos | 6.55E-06                       |
| E2           | Descarga de pipas a estaciones de servicio                     | 5.76E-05                       |
| E3           | Respiración del tanque subterráneo                             | 6.60E-06                       |
| E4           | Recarga de gasolina en automóviles                             | 5.94E-05                       |
| E5           | Derrames de combustibles en la recarga                         | 4.39E-06                       |

Se asume que las emisiones de COV constituyen el 100% de los COT.

#### Datos de actividad

El Sistema de Información Energética (SIE) reporta que para el 2012 el Estado de Veracruz se distribuyeron 316,693 m<sup>3</sup> de gasolinas.

- Carga de combustible en aeronaves**

Para la cuantificación de las emisiones generadas por la carga de combustible en aeronaves se utilizó la metodología del Manual de Inventarios para México de Radián International, estimando las emisiones con la ecuación siguiente:

$$E = FECOT_i \cdot CT$$

Donde:

FECOT<sub>i</sub> = Factor de emisión de COT por recarga del combustible (i) [lb/1,000 gal]

CT = Turbosina demandada (1000 gal)

$$FECOT_i = 12.48 \cdot (S \cdot P \cdot PM / T) = [lb/1,000 gal]$$

Donde:

FECOT<sub>i</sub>= Factor de emisión de COT por recarga del combustible (i) [lb/1,000 gal]

S= Factor de saturación (Radian Internacional LLC, 1997, Cuadro 7.1-1, p. 7-14)

P= Presión de vapor verdadera del combustible (i) a temperatura ambiente [PSIA]

PM= Peso molecular de los vapores del combustible (i) [lb/lb-mol]

T= Temperatura de la masa del combustible (i) a temperatura ambiente [°R]

## Datos de actividad

De acuerdo al Sistema de Información de Energía el volumen total cargado en aeronaves para 2012 fue de 208,700 m<sup>3</sup> de Turbosina.

- **Asados al carbón**

Carnes asadas se refiere al cocinado de carne (por lo general de res o de pollo) sobre una flama abierta en el que permite que la grasa escurra hacia dentro de la flama abierta. Esta categoría se limita a la actividad comercial ya que se piensa que la de las carnes asadas es muy limitada.

La metodología utilizada para la estimación de las emisiones por el asado al carbón es de acuerdo con la EPA 68-D4-00005, la ecuación para la estimación es la siguiente y los Factores de Emisión se presentan en la Cuadro 2.21.

$$\text{Emisión} = (\text{CCi} * \text{FEi} * (1/12)) / 1000000$$

Donde:

Emisión= Emisión proveniente del asado al carbón

CCi= Consumo de Carne para cada tipo (pollo y res) kg carne/persona al mes

FEi=Factor de emisión para cada tipo de carne

**Cuadro 2.21. Factores de emisión para asados al carbón**

| Tipo de Carne  | Factores de Emisión (g/kg de carne) |                   |       |     |                 |     |
|----------------|-------------------------------------|-------------------|-------|-----|-----------------|-----|
|                | PM <sub>10</sub>                    | PM <sub>2.5</sub> | CO    | NO  | NO <sub>2</sub> | COV |
| Res marinada   | 8.4                                 | 6.7               | 188.9 | 2.6 | 3.9             | 1.1 |
| Pollo marinado | 10.2                                | 8.2               | 179.4 | 7.9 | 12.0            | 1.1 |

## Datos de actividad

Se asume que los habitantes consumen carne asada 1 vez al mes, en la Cuadro 2.22 se presentan los consumos de carne de pollo y de res.

**Cuadro 2.22. Consumos de carne de pollo y res por la población del Estado de Veracruz**

| Población | Consumo de carne (res) de 1 día (kg/día) | Consumo de carne(pollo) de 1 día (kg/día) |
|-----------|------------------------------------------|-------------------------------------------|
| 7,858,609 | 322,427.6                                | 511,760.0                                 |

- Rellenos sanitarios**

Para la estimación de las emisiones generadas por los rellenos sanitarios del Estado de Veracruz, se realizó mediante una herramienta proporcionada por la EPA denominada LandGEM (Landfill Emissions) Model, el cual es una herramienta de estimación automatizada con Excel que puede ser usada para estimar emisiones de GEI y COV.

La información que se necesita para correr este modelo son los residuos generados (ton/año) para un periodo de 1999-2012.

## Datos de actividad

Para el año 2012 en el Estado de Veracruz los 7,858,609 habitantes generan 2,185,919 ton/años de residuos, esta información se ingresó en el modelo LandGEM, para la estimación de las emisiones.

- Tratamiento de aguas residuales**

Hay varios procesos industriales que generan corrientes de aguas residuales que contienen compuestos orgánicos. Por lo general estas corrientes se recolectan, se someten a un tratamiento de sus contaminantes y a los pasos de almacenamiento antes de que sean descargadas, ya sea a un cuerpo receptor o a una planta municipal de tratamiento (también llamadas “obras públicas de tratamiento” [POTWs, por sus siglas en inglés], en EU) para recibir un tratamiento posterior. Durante algunas de estas operaciones las aguas residuales están expuestas al aire y se pueden emitir compuestos orgánicos a la atmósfera.

Además de las aguas residuales industriales, las plantas también pueden tratar aguas domésticas, institucionales o comerciales, así como aguas que ingresan al sistema de alcantarillado desde el suelo y desde los escurrimientos pluviales. En general, estos otros tipos de aguas residuales no contienen niveles significativos de COV. En los EU, si se desconoce la contribución anual real de aguas residuales industriales a estas plantas en una región de inventario, se recomienda un valor por omisión del 16% del flujo total anual (i. e., el promedio nacional). Este valor por omisión basado en datos de los EU tiene una aplicación limitada en México y sólo debe usarse si no existen otros datos disponibles.

Los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales deben cumplir con las normas de calidad de los gobiernos federal, estatal y municipal antes de ser descargados a un cuerpo receptor.

El tamaño y grado del tratamiento de las corrientes de aguas residuales dependerá de su volumen y grado de contaminación, así como del grado de remoción de contaminantes que se desea.

Para la cuantificación de las emisiones de COV se consideró que  $COV=0.92 \cdot COT$ , y utilizando la siguiente fórmula se calculó la emisión de COT.

Emisión= FE\*Caudal tratado

Donde

Emisión= Emisión de COT por el tratamiento de aguas residuales

FE= Factor de emisión (0.013 Kg COT/m<sup>3</sup> de agua tratada, EPA, 1991)

Caudal tratado= El caudal de agua que se trató en el Estado de Veracruz

La estimación de las emisiones GEI por el tratamiento de las aguas residuales se basó en la metodología propuesta por el del IPCC, en sus "Directrices para los Inventarios Nacionales de GEI 2006", Vol. 5 de Desechos, a través de la siguiente ecuación:

$$Emis CH_4 = [(EF)] (TOW - S) - R$$

Dónde:

Emis CH<sub>4</sub> =emisiones de CH<sub>4</sub> durante el año del inventario, [kg de CH<sub>4</sub>/año]

TOW= Materia orgánica en las aguas residuales del año del inventario, [kg-DBO/año], puede ser TOW tratado o TOWsin tratar

S= Componente orgánico separado como lodo durante el año del inventario, [kg-DBO/año]

EF= Factor de emisión de metano [kg de CH<sub>4</sub>/kg de DBO]

R= Cantidad de metano recuperado durante el año inventariado en kg/año = 0 (en caso de que no se recupere metano)

DBO: Demanda bioquímica de oxígeno

Para el factor de emisión EF se utiliza la siguiente ecuación.

$$EF_j = Bo * MCF$$

Dónde:

EFj= Factor de emisión [kg. de CH<sub>4</sub>/kg. de DBO]

j= Cada vía o sistema de tratamiento y/o eliminación

Bo= Capacidad máxima de producción de CH<sub>4</sub>

MCFj= Factor corrector para el metano [fracción]

Si no se dispone de datos específicos del país de Bo, se puede usar un valor predeterminado de 0.6 kg de CH<sub>4</sub>/kg de BOD.

Para la estimación de materia orgánica TOW se utiliza la siguiente ecuación:

$$TOW = P * DBO * 0.001 * I * Fg * 365$$

Dónde:

TOW= Total de materia orgánica en las aguas residuales del año inventariado [kg DBO/año]

P= Población del país en el año de inventario

DBO= DBO per cápita específico del país en el año del inventario [g-persona/día]

0.001= Conversión de gramos de DBO a kg de DBO

I= Factor de corrección para DBO adicional eliminando las cloacas

Fg= Factor de generación de agua residual doméstica, respecto al caudal total generado

Para obtener TOW tratado y sin tratar, se multiplica el TOW total por las respectivas fracciones (de contribución) con y sin tratamiento.

Estimación del TOW tratado removido como lodo:

$$TOW \text{ removido como lodo [kg-DBO/año]} = TOW \text{ por tipo de tratamiento} * S$$

En donde S es el componente orgánico separado como lodo= 0.5

Con el TOW removido como lodo (tratado y no tratado) y el factor de emisión estimado en cada caso, se calculan las emisiones de metano.

### Datos de actividad

Los datos de actividad utilizados para el cálculo de las descargas de aguas residuales domésticas fue de 767,469,014 m<sup>3</sup> de caudal de aguas públicas sin tratamiento y 175,564,066 M<sup>3</sup> con tratamiento. Cuadro 2.23.

**Cuadro 2.23. Volumen de aguas residuales públicas**

| Tipo de agua residual | Datos de actividad en m <sup>3</sup> |
|-----------------------|--------------------------------------|
| Sin tratamiento       | 767,469,014                          |
| Con tratamiento       | 175,564,066                          |

- **Caminos pavimentados y no pavimentados**

Para el cálculo de emisiones de PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub> se utilizó la metodología desarrollada por la Agencia de Protección al Ambiente de los Estados Unidos para ambos tipos de caminos (EPA; 2003).

### **Caminos pavimentados**

Las emisiones de las partículas están en función del peso promedio de los vehículos y de la carga de material en el camino, y a su vez, la carga de material depende del tipo de camino. Entre otros factores que influyen en la resuspensión de material particulado, están: la granulometría, la humedad y la velocidad de los vehículos (EPA, 1997). La carga de material se define como la masa de material igual o menor a 75 µm de diámetro, por unidad de área de la superficie del camino (sL), sL es la fracción de todo el material depositado en el camino que pasa por a través de una criba de malla No 200 utilizando el método ASTM-C136, recomendado en el Programa de Inventario de Emisiones para México (EPA, 1997)

La cantidad de emisiones provenientes del tráfico vehicular se estima por medio de un factor de emisión (FE) y el número de kilómetros totales recorridos (KRV). EL factor de emisión está dado por la siguiente expresión:

$$FE = k \left( \frac{Cs}{2} \right)^{0.65} \left( \frac{P}{3} \right)^{1.5}$$

Donde:

FE= Factor de emisión (en las unidades de k)

K= Factor de emisión por tamaño de partícula (g/km)

Cs= Carga de sedimentos en la superficie del camino (g/m<sup>2</sup>)

P= Peso promedio del vehículo (Mg)

Es importante resaltar que la ecuación está diseñada para trabajar con el peso promedio de todos los vehículos que transitan el camino, no calcula un factor de emisión por tipo de vehículo sino proporciona un factor representativo de la flota. Por lo tanto, para la obtención del peso promedio de la flota vehicular se estimó con base en los kilómetros recorridos por tipo de vehículo (KRV) y su peso promedio (P).

## Datos de actividad y factores de emisión

Los kilómetros recorridos para el Estado de Veracruz en el año 2012 son de 17,867,204,973 km, los caminos pavimentados se tiene 16,973,844,724 km y de caminos sin pavimentar se tienen 893,360,249 km. Los factores de emisión resultantes para caminos pavimentados y sin pavimentar se muestran en la Cuadro 2.24.

**Cuadro 2.24. Factores de emisión para caminos pavimentados y sin pavimentar**

| Tipo de Caminos | PM10 (g/km recorrido) | PM2.5 (g/km recorrido) |
|-----------------|-----------------------|------------------------|
| Sin Pavimentar  | 52.2                  | 5.2                    |
| Pavimentados    | 0.0655                | 0.0154                 |

- Labranza y cosecha agrícola**

El polvo fugitivo de las operaciones agrícolas puede contribuir de manera significativa a las emisiones de PM10 y PM2.5 en algunas áreas rurales. Por lo general las operaciones agrícolas se dividen en tres clasificaciones: preparación del suelo, mantenimiento del suelo y cosecha. La categoría de labranza agrícola se enfoca principalmente en la preparación del suelo. Ésta incluye operaciones tales como: arado, gradado, nivelado y cortado.

Para cuantificar estas emisiones se utilizó la siguiente fórmula.

$$Emisiones PM10 = \sum (FE_{Suelo\ preparado\ i} * SS_i) + (FE_{cosecha\ i} * SC_i)$$

Donde:

Emisiones PM10= Emisión de PM10 por labranza y cosecha

$FE_{Suelo\ preparado\ i}$ = Factor de emisión por tipo de suelo sembrado

$FE_{cosecha\ i}$ = Factor de emisión por tipo de cosecha

$SS_i$ = Superficie sembrada por tipo

$SC_i$ = Superficie cosechada por tipo

Los factores de emisión que se usaron fueron los mismos que empleo el INE en el INEM 1999. La consideración para la estimación de las PM2.5 es que son el 22.22% de las PM10 (California Emission Inventory and Reporting System), mientras que el Carbono Negro se tomó el 0.6% de las PM2.5.

- Corrales de engorda**

Los corrales de engorda de ganado son áreas utilizadas para engordar o retener el ganado antes de comercializarlo o transferirlo a otro lugar. Por lo general el proceso de engorda consiste en alimentar

el ganado con una ración de granos de alta energía por un periodo de cuatro a cinco meses. Los corrales pueden ser una fuente importante de partículas fugitivas. El principal mecanismo de generación es el movimiento del ganado sobre el polvo del suelo y el estiércol seco. El tránsito vehicular y la acción del viento en la vecindad del corral también pueden contribuir a las emisiones de partículas. No se espera que ocurran emisiones similares cuando el ganado pasta en el exterior por que habrá una acumulación mínima de estiércol concentrado y de área superficial perturbada.

Las emisiones de amoníaco también son generadas por el ganado a causa de la descomposición anaeróbica del estiércol sobre las superficies del patio así como por la volatilización desde la orina. Las emisiones de amoníaco producidas por el ganado se tratarán en la sección sobre desechos animales.

Las emisiones de los corrales de engorda pueden estimarse usando la siguiente ecuación basada en la producción del corral:

$$\text{Emisiones} = \text{Ganado} * \text{Días} * \text{FEcapacidad}$$

Donde:

Emisiones= Emisiones anuales totales de PM10

Ganado= Número de cabezas promedio presentes en el corral

Días= Número de días al año que el ganado permanece en el corral

FEcapacidad= Factor de emisión de PM10 basado en la capacidad promedio

Los actores utilizados se muestran en la siguiente cuadro 2.25.

**Cuadro 2.25. Factores de emisión para corral de engorda**

| Animal          | Factor de emisión<br>Corral de engorda<br>kg Contaminante/1000 cabeza-día | Contaminante      |
|-----------------|---------------------------------------------------------------------------|-------------------|
|                 | 8.62                                                                      | PM <sub>10</sub>  |
| Ganado vacuno   | 0.984                                                                     | PM <sub>2.5</sub> |
| Días de engorda | 120                                                                       |                   |

Fuentes: 1. SEMARNAT-INE (2006). *Apéndice C. Datos adicionales de Fuentes de área*, en *Inventario nacional de emisiones 1999*, y 2. ARB (2008). *California Emission Inventory and Reporting System (CEIDARS)*–Size fractions and reference documentation

### Datos de actividad

En el Estado de Veracruz para el año 2012 se tuvieron 2,452,185 cabezas de Ganado vacuno (SAGARPA).

- **Panaderías**

Para la cuantificación de las emisiones generadas en por la elaboración de pan del Estado de Veracruz se realizó de la siguiente manera:

- 1) Cálculo de emisión de COV por la elaboración de pan.

$$E = FE * Población$$

E= Emisión

FE= Factor de Emisión

- 2) Cálculo del Factor de Emisión.

Considerando que el COV=COT, se calcula el Factor de Emisión para el COT con la siguiente fórmula:

$$FE = \text{Consumo Percápita de Pan (Mg de pan/persona-año)} * \text{Emisión de COT por Leudado (Kg COT/Mg/pan)}$$

Obteniendo el FE de 0.252 kg de COT/ persona-año.

- **Esterilización en hospitales**

Para el sector servicios en el giro de hospitales, en el rubro de esterilización se utilizaron los factores desarrollados por el DDF, considerándose 3 criterios conforme al número de camas por hospital, los factores por rubro se muestran en la Cuadro 2.26.

**Cuadro 2.26. Factores de emisión por la esterilización en hospitales**

| Rango (número de camas) | Factor de emisión [kg COV/cama-año] |
|-------------------------|-------------------------------------|
| 200 >x<500              | 0.59                                |
| X<200                   | 0.77                                |
| x>500                   | 0.82                                |

Fuente: Procedures for Estimating and Allocating Area Source missions of Air Toxics, EPA Contract No. 68-02-4254 Work Assignment No.105

El Factor de Emisión que se utilizó fue el de 0.82 kg COV/cama año.

## Datos de actividad

Con la ayuda de los Indicadores Básicos de Salud de la Secretaría de Salud se tiene que por cada 1,000 habitantes se tiene 0.7 camas, por lo que para el año 2012 se tienen 5,350 camas en el Estado de Veracruz

- **Emissiones domésticas de amoníaco**

Esta categoría consiste de diversas fuentes domésticas de amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) incluyendo los desechos de mascotas, la transpiración y la respiración humanas, el uso doméstico de amoníaco, el humo de cigarrillos y los desechos humanos sin tratar. A nivel individual, las emisiones de estas fuentes son relativamente pequeñas. Sin embargo, a nivel colectivo, podrían ser significativas.

Las estimaciones de emisiones de amoníaco producidas por las mascotas (perros y gatos) se pueden hacer usando la siguiente ecuación:

Emisiones = Población x FE

Donde:

Emisiones= Emisiones anuales para el tipo de mascotas

Población= Población total en la región;

FE=Factor de emisión para el tipo de fuente

Los Factores de emisión se presentan en la Cuadro 2.27.

**Cuadro 2.27. Factores de emisión de  $\text{NH}_3$  por categoría en las fuentes domesticas**

| Categoría                    | FE       |                |
|------------------------------|----------|----------------|
| Perros                       | 2.4900   | kg/cabeza/año  |
| Gatos                        | 0.8200   | kg/cabeza/año  |
| Transpiración humana         | 0.2500   | kg/persona/año |
| Respiración humana           | 0.0016   | kg/persona/año |
| Desechos humano (Otros)      | 0.0230   | kg/persona/año |
| Uso doméstico de amoníaco    | 0.0230   | kg/persona/año |
| Pañales (Desechables)        | 0.1600   | kg/infante/año |
| Cigarrillos                  | 5.2000   | mg/cigarrillo  |
| Ratas                        | 130.0000 | mg/cabeza/año  |
| Alcantarillas                | 80.4000  | g/persona/año  |
| Desechos humano (Indigentes) | 4.9900   | kg/persona/año |
| Pañales (Tela)               | 3.1300   | kg/infante/año |

Las emisiones de amoniaco provenientes de cigarrillos se pueden estimar usando la siguiente ecuación.

$$\text{Emisiones} = \text{Cigarrillos} * \text{Factor de Emisión}$$

### Datos de actividad

En la cuadro 2.28 se presentan el número de perros, gato, cigarrillos, pañales y los datos de todas las actividades mencionadas en la cuadro 2.27.

**Cuadro 2.28. Desglose de datos de actividad para las emisiones de NH<sub>3</sub> domesticas**

| Categoría                 | Cantidades    |
|---------------------------|---------------|
| Perros                    | 3,507,376     |
| Gatos                     | 1,281,708     |
| Transpiración humana      | 1,911         |
| Respiración humana        | 12            |
| Desechos humano (Otros)   | 176           |
| Uso doméstico de amoniaco | 176           |
| Pañales (Desechables)     | 703,885       |
| Cigarrillos               | 4,045,867,318 |
| Pañales (Tela)            | 703,805       |

Fuente: Consulta Mitovsky, Secretaría de Salud

- Emisiones ganaderas de amoniaco**

La estimación de las emisiones de amoniaco generadas por el ganado del Estado de Veracruz, fue realizada mediante el número de cabezas de ganado y sus respectivos factores de emisión, los cuales se presentan en la Cuadro 2.29.

**Cuadro 2.29. Factores de emisión de NH<sub>3</sub> por los desechos de animales**

| Animal            | Factor de emisión Desecho de animales kg NH <sub>3</sub> /cabeza/año |
|-------------------|----------------------------------------------------------------------|
| ganado lechero    | 21.3                                                                 |
| vacuno de engorda | 4.37                                                                 |
| conejo            | 2.8                                                                  |
| ovejas            | 3.37                                                                 |
| cabras            | 6.39                                                                 |
| cerdos            | 4.05                                                                 |
| equinos           | 12.2                                                                 |
| patos             | 0.12                                                                 |
| pavos             | 0.68                                                                 |
| pollos            | 0.19                                                                 |

Fuente: 1. SEMARNAT-INE (2006). *Apéndice C. Datos adicionales de Fuentes de área*, en Inventario nacional de emisiones 1999 2. Radian internacional (1997). 9.5 Desechos de animales, en Manual de inventarios para México

## Datos de actividad

El número de cabezas de los animales que generan emisiones de  $\text{NH}_3$  se presentan en la Cuadro 2.30.

**Cuadro 2.30. Cabezas de animales para emisiones de  $\text{NH}_3$  por ganado**

| Animal            | Cabezas    |
|-------------------|------------|
| ganado lechero    | 407,271    |
| vacuno de engorda | 2,046,900  |
| conejo            | 23,526     |
| ovejas            | 362,792    |
| cabras            | 56,065     |
| cerdos            | 585,920    |
| equinos           | 119,546    |
| patos             | 4,065      |
| pavos             | 5,583      |
| pollos            | 24,817,726 |

Fuente: SIACON (1980-2012)

- Aplicación de fertilizantes**

En la mayoría de los suelos, un incremento del N disponible aumenta las tasas de nitrificación y desnitrificación que, a su vez, incrementan la producción de  $\text{N}_2\text{O}$ . Los aumentos del N disponible pueden producirse por la aplicación fertilizantes sintéticos aplicados al suelo, para el estado de Veracruz esta también es una fuente de generación de emisiones ya que existen cultivos en los que se hace aplicación de fertilizantes nitrogenados.

Para la estimación de las emisiones directas de nitrógeno al suelo se utilizó la formula siguiente:

$$N_2O_{Directas} - N = N_2O - N_{N\text{ aportes}} + N_2O - N_{OS} + N_2O - N_{PRP}$$

Donde:

$$N_2O - N_{N\text{ aportes}} = \left[ \left[ (F_{SN} + F_{ON} + F_{CR} + F_{SOM}) \cdot EF_1 \right] + \left[ (F_{SN} + F_{ON} + F_{CR} + F_{SOM})_{FR} \cdot EF_{1FR} \right] \right]$$

$$N_2O - N_{OS} = \left[ \left( F_{OS,CG,Temp} \cdot EF_{2CG,Temp} \right) + \left( F_{OS,CG,Trop} \cdot EF_{2CG,Trop} \right) + \left( F_{OS,F,Temp,NR} \cdot EF_{2F,Temp,NR} \right) + \left( F_{OS,F,Temp,NP} \cdot EF_{2F,Temp,NP} \right) + \left( F_{OS,F,Trop} \cdot EF_{2F,Trop} \right) \right]$$

$$N_2O - N_{PRP} = \left[ \left( F_{PRP,CP} \cdot EF_{3PRP,CP} \right) + \left( F_{PRP,SO} \cdot EF_{3PRP,SO} \right) \right]$$

Dónde:

$N_2O$  Directas -N = emisiones directas anuales de  $N_2O-N$  producidas a partir de suelos gestionados, kg  $N_2O-N$  año-1

$N_2O-N_{aportes}$  = emisiones directas anuales de  $N_2O-N$  producidas por aportes de N a suelos gestionados, kg  $N_2O-N$  año-1

$N_2O-N_{OS}$  = emisiones directas anuales de  $N_2O-N$  de suelos orgánicos gestionados, kg  $N_2O-N$  año-1

$N_2O-NPRP$  = emisiones directas anuales de  $N_2O-N$  de aportes de orina y estiércol a tierras de pastoreo, kg  $N_2O-N$  año<sup>-1</sup>

FSN = cantidad anual de N aplicado a los suelos en forma de fertilizante sintético, kg N año<sup>-1</sup>

FON = cantidad anual de estiércol animal, *compost*, lodos cloacales y otros aportes de N aplicada a los suelos (Nota: Si se incluyen los barros cloacales, realizar una verificación cruzada con el Sector Desechos para asegurarse de que no hay cómputo doble de las emisiones de  $N_2O$  del N contenido en los barros cloacales), kg N año<sup>-1</sup>

FCR = cantidad anual de N en los residuos agrícolas (aéreos y subterráneos), incluyendo los cultivos fijadores de N y la renovación de forraje/pastura, que se regresan a los suelos, kg N año<sup>-1</sup>

FSOM = cantidad anual de N en suelos minerales que se mineraliza, relacionada con la pérdida de C del suelo de la materia orgánica del suelo como resultado de cambios en el uso o la gestión de la tierra, kg N año<sup>-1</sup>

FOS = superficie anual de suelos orgánicos gestionados/drenados, ha (Nota: los subíndices CG, F, Temp, Trop, NR y NP se refieren a Tierras de cultivo y Pastizales, Tierras forestales, Templado, Tropical, Rico en nutrientes y Pobre en nutrientes, respectivamente).

FPRP = cantidad anual de N de la orina y el estiércol depositada por los animales en pastoreo sobre pasturas, prados y praderas, kg N año<sup>-1</sup> (Nota: los subíndices CPP y SO se refieren a Vacunos, Aves de corral y Porcinos, y a Ovinos y Otros animales, respectivamente).

EF1 = factor de emisión para emisiones de  $N_2O$  de aportes de N, kg  $N_2O-N$  (kg aporte de N)<sup>-1</sup> (Cuadro 11.1)

Cuando se conoce la cantidad total anual de N aplicada al arroz bajo fangueo, este aporte de N puede multiplicarse por un factor de emisión por defecto más bajo aplicable a este cultivo, EF1FR (Akiyama *et al.*, 2005) o, donde se haya determinado un factor de emisión específico del país, por este factor en lugar de aquél. Aunque hay cierta evidencia de que las inundaciones intermitentes.

EF1FR es el factor de emisión para emisiones de  $N_2O$  de aportes de N en plantaciones de arroz inundadas, kg  $N_2O-N$  (kg aporte de N)<sup>-1</sup>

EF2 = factor de emisión para emisiones de  $N_2O$  de suelos orgánicos drenados/gestionados, kg  $N_2O-N$  há<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> (Nota: los subíndices CG, F, Temp, Trop, NR y NP se refieren a Tierras de cultivo y Pastizales, Tierras forestales, Templado, Tropical, Rico en nutrientes y Pobre en nutrientes, respectivamente).

EF3PRP = factor de emisión para emisiones de  $N_2O$  del N de la orina y el estiércol depositado en pasturas, prados y praderas por animales en pastoreo, kg  $N_2O-N$  (kg aporte de N)<sup>-1</sup>; (Nota: los subíndices CPP y SO se refieren a Vacunos, Aves de corral y Porcinos, y a Ovinos y Otros animales, respectivamente).

## Datos de actividad

Los datos de actividad utilizados para la estimación de las emisiones directas generadas por el fertilizante que se aplica a los cultivos agrícolas de las diferentes zonas del estado fueron:

Fertilizante sintético = 83,958 t/año para cultivos agrícolas sin considerar arroz

Fertilizante sintético = 290.3 t/año para cultivo de arroz

Superficie de suelos = 371,610 hectáreas

- **Fermentación entérica**

Las emisiones de CH<sub>4</sub> derivadas de la fermentación entérica son el resultado de los procesos digestivos del ganado rumiante y no rumiante. Los microbios que se encuentran en el sistema digestivo del animal descomponen los alimentos y emiten como subproducto el CH<sub>4</sub>.

## Metodología

Las emisiones por fermentación entérica se estiman por medio de la siguiente ecuación

$$E_{CH_4} = \# \text{Cabezas}_{TIPO} * FE_{TIPOGANADO}$$

Dónde:

$E_{CH_4}$  = Emisión de metano (CH<sub>4</sub>), [t<sub>CH<sub>4</sub></sub>/año]

# cabezas<sub>TIPO</sub> = Número de cabezas por tipo de ganado

$FE_{CH_4}$  = Factor de emisión de metano (CH<sub>4</sub>)

### Datos de actividad

Para el cálculo de la estimación de emisiones estado de Veracruz se tomó el número de cabezas de ganado registrados en el anuario estadístico del estado de Veracruz, publicado por el INEGI, para el 2010. Cuadro 2.31.

**Cuadro 2.31. Número de cabezas de ganado en el Estado de Veracruz, 2010**

| Tipo de ganado           | Número de cabezas |
|--------------------------|-------------------|
| Ganado bovino lechero    | 1,314,740         |
| Ganado bovino de engorda | 1,139,431         |
| Ovejas                   | 362,792           |
| Cabras                   | 56,065            |
| Caballos                 | 119,546           |
| Mulas y asnos            | 58,822            |
| Cerdos                   | 585,920           |
| Conejos                  | 23,526            |
| Aves de corral           | 29,076,045        |

### Factores de emisión

Los factores de emisión que fueron utilizados para la estimación de emisiones fueron tomados de las Directrices del IPCC. Cuadro 2.32.

**Cuadro 2.32. Factores de emisión de metano por tipo de ganado, 2010**

| Animal            | FE desecho de animales | Unidades                              |
|-------------------|------------------------|---------------------------------------|
| Ganado lechero    | 72                     | kg CH <sub>4</sub> /cabeza-año        |
| Ganado de engorda | 56                     |                                       |
| Ovejas            | 5                      | kg CH <sub>4</sub> / 1000 cabezas-año |
| Cabras            | 5                      |                                       |
| Cerdos            | 1                      |                                       |
| Equinos           | 18                     |                                       |
| Mulas y asnos     | 10                     |                                       |

- **Gestión del estiércol**

## Metodología

Las emisiones de N<sub>2</sub>O y CH<sub>4</sub> derivadas del almacenamiento y el manejo del estiércol de ganado son resultado de la descomposición de las excretas en condiciones ambientales naturales de acuerdo con lo que se recomienda en las Directrices del IPCC 2006.

En esta sub-categoría se incluyen las emisiones del metano generado por el manejo y la descomposición anaeróbica del estiércol, además del óxido nitroso formado directamente desde el suelo, aquí se incluyen tanto las emisiones de las excretas con tratamiento y las depositadas en los pastizales, mismas que implican bosta y orina producidos por el ganado.

## Emisiones de N<sub>2</sub>O

El cálculo para el N<sub>2</sub>O se basa en factores de emisión, aplicando la siguiente ecuación y los factores de emisión correspondientes a esta actividad.

$$N_2O_{D(mm)} = \left[ \sum_S \left[ \sum_T (N_{(T)} \cdot Nex_{(T)} \cdot MS_{(T,S)}) \right] \cdot EF_{3(S)} \right] \cdot \frac{44}{28}$$

Dónde:

N<sub>2</sub>OD<sub>(mm)</sub> = emisiones directas de N<sub>2</sub>O de la gestión del estiércol del país, [kg N<sub>2</sub>O/año]

N<sub>(T)</sub> = cantidad de cabezas de la especie/categoría T

MS<sub>(T,S)</sub> = fracción de la excreción total anual de nitrógeno de cada especie/categoría de ganado T que se gestiona en el sistema de gestión del estiércol S en el país, sin dimensión

EF<sub>3(S)</sub> = factor de emisión para emisiones directas de N<sub>2</sub>O del sistema de gestión del estiércol S, [kg N<sub>2</sub>O-N/kg N] en el sistema de gestión del estiércol

S = sistema de gestión del estiércol

T = especie/categoría de ganado

44/28 = conversión de emisiones de (N<sub>2</sub>O-N) a emisiones de N<sub>2</sub>O

Nex<sub>(T)</sub> = promedio anual de excreción de N por cabeza de la especie/categoría T [kg N animal/año]

El promedio anual de excreción se obtiene mediante la siguiente ecuación.

$$Nex_{(T)} = N_{indice(T)} \cdot \frac{TAM}{1000} \cdot 365$$

Dónde:

Nex(T) = excreción anual de N para la categoría de ganado T, kg/ N animal-año

Níndice(T) = tasa de excreción de N, kg N/(1000 kg masa animal)-día

TAM(T) = masa animal típica para la categoría de ganado T, kg/animal

**Cuadro 2.33. Fracción de la excreción total anual de nitrógeno de cada especie (MS)**

| Tipo de animal    | Fracciones              |                |                       |                |                       |                | Total |
|-------------------|-------------------------|----------------|-----------------------|----------------|-----------------------|----------------|-------|
|                   | Sistema de tipo líquido | Abonado diario | Almacenamiento sólido | Parcelas secas | Praderas y pastizales | Otros sistemas |       |
| Ganado lechero    | N/A                     | N/A            | N/A                   | N/A            | 0.99                  | 0.01           | 1     |
| Ganado no lechero | 0.01                    | 0.62           | 0.01                  | N/A            | 0.36                  | N/A            | 1     |
| Cerdos            | 0.08                    | 0.02           | 0.1                   | 0.4            | N/A                   | 0.4            | 1     |
| Borrego           | N/A                     | N/A            | N/A                   | N/A            | 1.                    | N/A            | 1     |
| Aves de corral    | 0.09                    | N/A            | N/A                   | N/A            | 0.42                  | 0.49           | 1     |
| Otros animales    | N/A                     | N/A            | N/A                   | N/A            | 0.99                  | 0.01           | 1     |

**Cuadro 2.34. Parámetros para obtener el promedio anual de excreción de N por cabeza [Nex]**

| Animal            | N índice | TAM  |
|-------------------|----------|------|
| Ganado lechero    | 0.48     | 400  |
| Ganado no lechero | 0.36     | 305  |
| Cerdo (crianza)   | 0.55     | 28   |
| Borregos          | 1.17     | 38   |
| Cabra             | 1.37     | 34   |
| Caballos          | 0.46     | 307  |
| Mulas y asnos     | 0.46     | 130  |
| Conejos           | 8.1      | 160  |
| Aves de corral    |          |      |
| Gallinas          | 0.82     | 2.2  |
| Pollitos          | 0.6      | 0.02 |
| <i>De engorda</i> | 1.1      | 0.9  |
| <i>Pavos</i>      | 0.74     | 6.8  |
| <i>Patos</i>      | 0.83     | 2.7  |

## Emisiones de metano

Las emisiones de metano se estiman por medio de la siguiente ecuación

$$E_{CH_4} = \# \text{Cabezas}_{TIPO} * FE_{TIPOGANADO}$$

Dónde:

$E_{CH_4}$  = Emisión de metano ( $CH_4$ ), [ $t_{CH_4}$ /año]

$FE_{CH_4}$  = Factor de emisión de metano ( $CH_4$ )

# cabezas  $TIPO$  = Número de cabezas por tipo de ganado

## Factores de emisión

Se estimaron los factores de emisión del  $N_2O$  con la utilización de las formulas antes descritas y se tomó el factor de emisión para el CH. 2006.

**Cuadro 2.35. Factores de emisión de metano por tipo de ganado, 2010**

| Animal                 | Kg de $N_2O$ /cabeza-año | kg de $CH_4$ /cabeza-año |
|------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Ganado lechero         | 1.00                     | 0.57                     |
| Ganado doble propósito | 1.00                     | 0.57                     |
| Ovejas                 | 0.149                    | 0.15                     |
| Cabras                 | -                        | 0.17                     |
| Cerdos                 | 1.00                     | 1                        |
| Caballos               | 1.64                     | 1.64                     |
| Mulas y asnos          | 0.90                     | 0.90                     |
| Aves de corral         | 0.0030                   | 0.02                     |

- Cultivo del arroz**

El Estado de Veracruz es el segundo productor de cultivo de arroz en la república mexicana, este cultivo se realiza de dos formas de riego y de temporal, los municipios donde se cultiva son Tlaxiacoan, Tres Valles, Tierra Blanca y Cosamaloapan de Carpio, para la estimación del  $CH_4$  producido en los arrozales.

## Metodología

Se estimaron las emisiones de metano generado por la siembra de arroz, tomando la superficie cosechada reportada por la SAGARPA y tomando un ciclo promedio de 140 días, utilizando para cuantificar las emisiones la formula siguiente:

$$CH_4 \text{ arroz} = \sum (FE_{ijk} * t_{ijk} * A_{ijk} * 10^{-6})$$

Dónde:

$CH_4$  Arroz = emisiones anuales de metano producidas por el cultivo del arroz, Gg  $CH_4$  año<sup>-1</sup>

$EF_{ijk}$  = un factor de emisión diario para las condiciones  $i, j$ , y  $k$ , kg  $CH_4$  há<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>

$t_{ijk}$  = período de cultivo del arroz para las condiciones  $i, j$ , y  $k$ , días

$A_{ijk}$  = superficie de cosecha anual de arroz para las condiciones  $i, j$ , y  $k$ , año<sup>-1</sup>

$i, j$ , y  $k$  = representan los diferentes ecosistemas, regímenes hídricos, tipo y cantidad de abonos orgánicos y otras condiciones bajo las cuales pueden variar las emisiones de  $CH_4$  producidas por el arroz.

Posteriormente se tomó la fórmula para ajustar el factor de emisión y los valores de ajuste reportados en las Directrices del IPCC, volumen 4.

$$EF_{\text{ajustado}} = EF_s * SF_w * SF_p * SF_o * SF_{sr}$$

Dónde:

$EF_i$  = factor de emisión diaria ajustado para una superficie de cosecha dada

$EF_c$  = factor de emisión básico para tierras inundadas permanentemente sin abonos orgánicos

$SF_w$  = factor de ajuste para compensar las diferencias del régimen hídrico durante el período de cultivo

$SF_p$  = factor de ajuste para compensar las diferencias del régimen hídrico durante la temporada previa al cultivo

$SF_o$  = el factor de ajuste deberá variar según el tipo y a cantidad de abono orgánico aplicado

$SF_{s,r}$  = factor de ajuste para tipo de suelo, cultivar del arroz, etc., si está disponible

### Datos de actividad

Se tomó el reporte de la superficie sembrada que se publica en el anuario estadístico para el Estado de Veracruz por el INEGI, para el año 2010 que fue de 10,316 hectáreas de estas 7,934 son de riego y 2,382 de temporal.

### Factores de emisión

Los factores de emisión se ajustaron de acuerdo como lo indican las directrices del IPCC del 2006 en el volumen 4 para las siembras de arroz de riego y de temporal quedando los valores que se indican en La Cuadro 2.36.

**Cuadro 2.36. Factores de emisión**

| Concepto          | Factor en kg/ha |
|-------------------|-----------------|
| Arroz de riego    | 5,096           |
| Arroz de temporal | 5,096           |

## Proyecciones

Las proyecciones de las emisiones de las fuentes de área per cápita, se realizaron mediante las proyecciones de población de la CONAPO.

Las que involucran ganado, siembra, labranza, quemas e incendios se mantuvieron constantes las emisiones del 2012, ya que no se tienen datos proyectados para los datos de actividad y se considera que si llega haber un crecimiento en estos rubros será mínimo.

Las que tienen que ver con fuentes móviles como son el recubrimiento de automóviles y caminos pavimentados y sin pavimentar se tomaron las consideraciones similares a las de fuentes móviles.

### 3. Fuentes móviles carreteras

Para estimar las emisiones contaminantes de las fuentes móviles carreteras, se utilizó la metodología establecida para México, en el Manual VI “Desarrollo de Inventario de Emisiones de Vehículos Automotores” del Programa de Inventarios de Emisiones (SEMARNAT-INE, 1997).

Esta metodología establece que las emisiones de cada una de las emisiones contaminantes, se estiman a partir de los Kilómetros Recorridos Vehiculares (KRV) y los factores de emisión por tipo de vehículo, combustible y año modelo, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$E_{ijk} = (KRV_{ij}) (FE_{ijk}) / (1,000,000) \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

$E_{ijk}$  = Emisión del tipo de vehículo i, año modelo j, del contaminante k [ton/año]

$KRV_{ij}$  = Kilómetros recorridos por el tipo de vehículo i, año modelo j [km/año]

$FE_{ijk}$  = Factor de emisión del tipo de vehículo i, año modelo j, del contaminante k [g/km]

1'000,000 = Factor de conversión de gramos a toneladas.

En este inventario, se estimaron las emisiones de: partículas menores a 10 micrómetros (PM10), partículas menores a 2.5 micrómetros (PM2.5), Carbono negro (CN), Bióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), compuestos orgánicos volátiles (COV) y Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Esto para los auto particular, taxis, colectivo sedan, vagonetas de pasajeros, camionetas pick up, vehículos de carga de hasta 3 ton a gasolina, vehículos de carga de hasta 3 ton a diésel, Medibuses, vehículos de carga de más de 3 ton a gasolina, vehículos de carga de más de 3 ton a diésel, Tractocamiones, autobuses y motocicletas.

### 3.1 Flota Vehicular

Para estimar el número de vehículos registrados en el Estado de Veracruz y que se encontraban en circulación en el año 2012 (Ver Cuadros 3.2 y 3.3), primero se analizó por tipo de vehículo, combustible y año modelo el Registro Vehicular Estatal del año 2014, posteriormente se ajustaron las cifras con las estadísticas del número de vehículos por tipo de servicio estimados por INEGI para el año 2012; después para descartar los vehículos registrados pero que ya no están circulando o no son utilizados con frecuencia, se les aplicó la diferencia porcentual obtenidos de los valores publicados en el documento titulado “Indicadores de Eficiencia Energética en México” publicado por la Secretaría de Energía del Gobierno Federal de México en colaboración con la Agencia Internacional de Energía en el año 2011, y que se muestran en la Cuadro 3.1.

**Cuadro 3.1. “Comparativo entre universo INEGI y universo activo aforos por modalidad”**

| Tipo de Vehículo                       | Registro de vehículos | Vehículos activos  | % de diferencia |
|----------------------------------------|-----------------------|--------------------|-----------------|
|                                        | INEGI                 | Encuesta SENER/AIE |                 |
| Motocicletas                           | 1,007,031             | 606,138            | 0.60            |
| Automóvil y camión ligero de pasajeros | 18,546,472            | 16,333,565         | 0.88            |
| Camión ligero de carga                 | 6,578,021             | 2,393,266          | 0.36            |
| Camión mediano de carga                | 1,021,469             | 594,568            | 0.58            |
| Camión pesado de carga                 | 750,808               | 462,838            | 0.62            |
| <b>Total</b>                           | <b>28,185,327</b>     | <b>20,680,909</b>  | <b>0.73</b>     |

Fuente: Estadísticas de vehículos de motor registrados en circulación, INEGI y Encuesta sobre el consumo de combustible en el sector autotransporte de carga y pasajero por modalidad, SENER/AIE, 2010.

**Cuadro 3.2 Número de vehículos en circulación por tipo y año modelo en el Estado de Veracruz**

| Año-modelo   | Autos Particulares | Taxis         | Colectivos sedan | Vagonetas de pasajeros | Medibuses    | Autobuses    | Camionetas Pick Up | Camionetas de carga de hasta 3 ton | Camiones de carga de más de 3 ton | Tractocamiones | Motocicletas  | Total            |
|--------------|--------------------|---------------|------------------|------------------------|--------------|--------------|--------------------|------------------------------------|-----------------------------------|----------------|---------------|------------------|
| 1988 y ant   | 107,532            | 6             | 11               | 18                     | 237          | 831          | 34,435             | 6,015                              | 18,386                            | 4,965          | 885           | 173,321          |
| 1989         | 14,347             | 0             | 2                | 3                      | 6            | 41           | 5,906              | 1,401                              | 483                               | 347            | 71            | 22,607           |
| 1990         | 15,915             | 1             | 0                | 2                      | 20           | 106          | 6,616              | 1,379                              | 812                               | 373            | 64            | 25,288           |
| 1991         | 20,188             | 1             | 7                | 22                     | 44           | 181          | 6,975              | 1,787                              | 1,211                             | 503            | 77            | 30,996           |
| 1992         | 22,496             | 1             | 5                | 25                     | 81           | 177          | 6,234              | 1,505                              | 1,296                             | 458            | 124           | 32,402           |
| 1993         | 24,114             | 1             | 5                | 7                      | 60           | 203          | 8,047              | 1,987                              | 1,257                             | 472            | 130           | 36,283           |
| 1994         | 26,386             | 4             | 1                | 4                      | 103          | 168          | 8,645              | 2,726                              | 1,033                             | 421            | 169           | 39,660           |
| 1995         | 22,747             | 4             | 1                | 6                      | 100          | 71           | 7,763              | 2,231                              | 689                               | 268            | 76            | 33,956           |
| 1996         | 23,368             | 4             | 0                | 5                      | 49           | 54           | 4,954              | 1,653                              | 305                               | 112            | 87            | 30,591           |
| 1997         | 27,570             | 4             | 0                | 7                      | 266          | 113          | 4,373              | 1,562                              | 688                               | 368            | 119           | 35,070           |
| 1998         | 32,751             | 15            | 8                | 8                      | 144          | 165          | 1,623              | 1,667                              | 633                               | 459            | 175           | 37,648           |
| 1999         | 25,993             | 12            | 2                | 16                     | 135          | 234          | 881                | 1,029                              | 823                               | 520            | 276           | 29,921           |
| 2000         | 29,485             | 30            | 16               | 136                    | 219          | 399          | 1,000              | 1,459                              | 951                               | 609            | 452           | 34,756           |
| 2001         | 33,057             | 67            | 24               | 167                    | 321          | 535          | 1,028              | 1,494                              | 1,147                             | 646            | 792           | 39,278           |
| 2002         | 33,650             | 135           | 30               | 110                    | 385          | 244          | 694                | 1,640                              | 1,060                             | 362            | 1,384         | 39,694           |
| 2003         | 29,540             | 135           | 39               | 255                    | 409          | 425          | 839                | 1,605                              | 1,039                             | 428            | 2,180         | 36,894           |
| 2004         | 30,263             | 776           | 120              | 89                     | 298          | 437          | 3,331              | 2,529                              | 1,220                             | 390            | 2,961         | 42,414           |
| 2005         | 36,318             | 549           | 83               | 106                    | 204          | 630          | 2,016              | 2,005                              | 1,058                             | 475            | 3,553         | 46,997           |
| 2006         | 31,948             | 843           | 139              | 152                    | 243          | 529          | 2,038              | 2,666                              | 1,298                             | 558            | 6,923         | 47,337           |
| 2007         | 32,374             | 1,169         | 234              | 79                     | 309          | 575          | 1,715              | 3,563                              | 1,747                             | 732            | 5,261         | 47,758           |
| 2008         | 31,120             | 2,500         | 435              | 364                    | 102          | 570          | 1,523              | 4,303                              | 1,879                             | 1,094          | 8,112         | 52,002           |
| 2009         | 22,645             | 2,479         | 303              | 485                    | 245          | 432          | 656                | 4,376                              | 1,536                             | 1,037          | 4,985         | 39,179           |
| 2010         | 19,687             | 9,175         | 569              | 273                    | 31           | 74           | 693                | 6,275                              | 680                               | 271            | 7,181         | 44,909           |
| 2011         | 24,418             | 8,640         | 210              | 520                    | 181          | 391          | 131                | 4,970                              | 879                               | 761            | 7,263         | 48,364           |
| 2012         | 32,881             | 3,469         | 180              | 564                    | 132          | 245          | 53                 | 3,224                              | 942                               | 833            | 8,849         | 51,372           |
| <b>Total</b> | <b>750,793</b>     | <b>30,020</b> | <b>2,424</b>     | <b>3,423</b>           | <b>4,324</b> | <b>7,830</b> | <b>112,169</b>     | <b>65,051</b>                      | <b>43,052</b>                     | <b>17,462</b>  | <b>62,149</b> | <b>1,098,697</b> |

Fuente: Estimación propia con datos del INEGI, del Gobierno del Estado de Veracruz y de SENER.

**Cuadro 3.3 Número de vehículos en circulación por tipo de combustible en el Estado de Veracruz**

| Vehículos a gasolina |                  | Año modelo        | Vehículos a diesel |             |
|----------------------|------------------|-------------------|--------------------|-------------|
| Porcentaje           | Número           |                   | Número             | Porcentaje  |
| 15%                  | 149,969          | <b>1988 y ant</b> | 23,352             | 30%         |
| 2%                   | 21,774           | <b>1989</b>       | 833                | 1%          |
| 2%                   | 24,033           | <b>1990</b>       | 1,255              | 2%          |
| 3%                   | 29,142           | <b>1991</b>       | 1,854              | 2%          |
| 3%                   | 30,454           | <b>1992</b>       | 1,948              | 2%          |
| 3%                   | 34,346           | <b>1993</b>       | 1,937              | 2%          |
| 4%                   | 37,974           | <b>1994</b>       | 1,686              | 2%          |
| 3%                   | 32,840           | <b>1995</b>       | 1,116              | 1%          |
| 3%                   | 30,090           | <b>1996</b>       | 501                | 1%          |
| 3%                   | 33,682           | <b>1997</b>       | 1,388              | 2%          |
| 4%                   | 36,283           | <b>1998</b>       | 1,365              | 2%          |
| 3%                   | 28,228           | <b>1999</b>       | 1,693              | 2%          |
| 3%                   | 32,432           | <b>2000</b>       | 2,324              | 3%          |
| 4%                   | 36,519           | <b>2001</b>       | 2,759              | 3%          |
| 4%                   | 37,532           | <b>2002</b>       | 2,162              | 3%          |
| 3%                   | 34,106           | <b>2003</b>       | 2,788              | 4%          |
| 4%                   | 40,043           | <b>2004</b>       | 2,371              | 3%          |
| 4%                   | 44,499           | <b>2005</b>       | 2,498              | 3%          |
| 4%                   | 44,195           | <b>2006</b>       | 3,142              | 4%          |
| 4%                   | 43,561           | <b>2007</b>       | 4,197              | 5%          |
| 5%                   | 47,374           | <b>2008</b>       | 4,628              | 6%          |
| 3%                   | 34,494           | <b>2009</b>       | 4,685              | 6%          |
| 4%                   | 43,008           | <b>2010</b>       | 1,901              | 2%          |
| 4%                   | 45,069           | <b>2011</b>       | 3,295              | 4%          |
| 5%                   | 48,106           | <b>2012</b>       | 3,266              | 4%          |
| <b>100%</b>          | <b>1,019,753</b> | <b>Total</b>      | <b>78,944</b>      | <b>100%</b> |

Fuente: Estimación propia con datos del INEGI, del Gobierno del Estado de Veracruz y de SENER.

El número de vehículos en circulación, se estimó para cada uno de los municipios del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave.

## Actividad Vehicular

Para obtener los kilómetros que recorren diariamente cada tipo de vehículo (ver Cuadro 3.4), primero se realizó un análisis de datos de comercializadores de autos usados para generar una base de datos por tipo de vehículo de la lectura del odómetro y del año modelo del vehículo, con lo cual se estimó el número de kilómetros que recorren diariamente los autos particulares y el transporte de carga; para el caso del transporte de pasajeros, se realizó una balance entre el consumo de combustible vehicular publicado por la SENER y el consumo estimado que se obtenía considerando

rendimientos del combustible por tipo de vehículo y variando los recorridos propuestos para el transporte de pasajeros, hasta llegar a una relación cercana entre los consumos.

### Cuadro 3.4 Datos de actividad

| Tipo de vehículo                              | Recorrido promedio [km/día] |
|-----------------------------------------------|-----------------------------|
| Auto particular,                              | 39.5                        |
| Taxis y colectivo sedan                       | 160                         |
| Vagonetas de pasajeros                        | 160                         |
| Camionetas Pick up                            | 44                          |
| Vehículos de carga de hasta 3 ton gasolina    | 60                          |
| Vehículos de carga de hasta 3 ton diesel      | 60                          |
| Medibuses                                     | 160                         |
| Vehículos de carga de más de 3 ton (gasolina) | 60                          |
| Vehículos de carga de más de 3 ton (diesel)   | 90                          |
| Tractocamiones                                | 279                         |
| Autobuses                                     | 160                         |
| Motocicletas                                  | 39.5                        |

La actividad total de los vehículos o Kilómetros Recorridos por los Vehículos (KRV), se obtuvo aplicando la ecuación 2, con la flota vehicular, los kilómetros recorridos en un día y suponiendo que los vehículos circulan todo el año (365 días).

### $KRV_{ij} = (KD_j) (NV_{ij}) (DT_i)$ Ecuación 2

Donde:

$KRV_{ij}$  = Kilómetros recorridos por el tipo de vehículo i, del año modelo j [km/año].

$KD_j$  = Kilómetros recorridos al día por el tipo de vehículo i [km/día].

$NV_{ij}$  = Número de vehículos del tipo i, del año modelo j.

$DT_i$  = Días por año en que circulan los vehículos del tipo i [días/año].

### Factores de Emisión

En específico para este inventario de emisiones, los factores de emisión se obtuvieron del modelo Mobile México v6.2 desarrollado por la U.S. EPA, 2003, y utilizando como datos de estrada al modelo parámetros propios del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave.

Para fines de cálculo y aplicación del modelo Mobile6 México, en la Cuadro 3.5, se presenta la clasificación vehicular del modelo y el tipo de vehículo asignado.

**Cuadro 3.5 Clasificación vehicular del Mobile6México y correspondiente tipo de vehículo asignado en el Estado de Veracruz**

| Categoría Mobile6México | Vehículo asignado                           |
|-------------------------|---------------------------------------------|
| LDGV                    | Auto particular, taxis y colectivo sedan    |
| LDGT1                   | Vagonetas de pasajeros                      |
| LDGT2                   | Camionetas Pick up                          |
| LDGT3                   | Vehículos de carga de hasta 3 ton gasolina  |
| LDDT34                  | Vehículos de carga de hasta 3 ton diésel    |
| HDDV3                   | Medibuses                                   |
| HDGV5                   | Vehículos de carga de más de 3 ton gasolina |
| HDDV5                   | Vehículos de carga de más de 3 ton diésel   |
| HDDV8B                  | Tractocamiones                              |
| HDDBT                   | Autobuses                                   |
| MC                      | Motocicletas                                |

Para obtener los factores de emisión de los contaminantes y compuestos de efecto invernadero inventariados, se empleó el modelo Mobile6 México, con información local del Estado (Ver Cuadro 3.6)

**Cuadro 3.6 Información proporcionada al Mobile6-México**

| Parámetro                                | Datos proporcionados |
|------------------------------------------|----------------------|
| Altitud                                  | Baja y Alta*         |
| Año calendario a evaluar                 | 2012                 |
| Velocidad promedio [km/h]                | 30                   |
| RVP de gasolina [Psi]                    | 8.7                  |
| Temperatura máxima [°C]                  | 30                   |
| Temperatura mínima [°C]                  | 21                   |
| Contenido de azufre en la gasolina [ppm] | 300                  |
| Contenido de azufre del diesel [ppm]     | 500                  |

\*Se obtuvieron factores de emisión para altitud baja y para altitud alta

En las siguientes cuadros (3.7 a la 3.17), se muestran los factores de emisión por año de fabricación y tipo de emisión para cada tipo de vehículo para una altitud baja.

Cuadro 3.7 Factores de emisión para autos particulares [g/km]

| Año-modelo | PM10  | PM2.5 | CN    | SO <sub>2</sub> | CO   | NOx | COV | NH <sub>3</sub> | CO <sub>2</sub> |
|------------|-------|-------|-------|-----------------|------|-----|-----|-----------------|-----------------|
| 1988       | 0.025 | 0.013 | 0.008 | 0.073           | 48.1 | 3.4 | 4.5 | 0.063           | 321.3           |
| 1989       | 0.025 | 0.013 | 0.008 | 0.073           | 33.6 | 4.7 | 3.9 | 0.063           | 342.1           |
| 1990       | 0.025 | 0.013 | 0.008 | 0.068           | 30.9 | 4.8 | 3.6 | 0.063           | 321.9           |
| 1991       | 0.025 | 0.013 | 0.008 | 0.069           | 30.5 | 4.7 | 3.6 | 0.063           | 322.9           |
| 1992       | 0.023 | 0.012 | 0.008 | 0.065           | 30.0 | 4.5 | 3.4 | 0.063           | 306.0           |
| 1993       | 0.023 | 0.012 | 0.008 | 0.064           | 30.0 | 4.3 | 3.4 | 0.063           | 295.3           |
| 1994       | 0.022 | 0.012 | 0.007 | 0.057           | 29.9 | 4.1 | 3.3 | 0.063           | 258.0           |
| 1995       | 0.021 | 0.011 | 0.007 | 0.056           | 29.8 | 4.0 | 3.2 | 0.063           | 254.6           |
| 1996       | 0.019 | 0.010 | 0.006 | 0.056           | 29.6 | 3.8 | 3.1 | 0.063           | 254.6           |
| 1997       | 0.019 | 0.010 | 0.006 | 0.050           | 29.5 | 3.7 | 3.0 | 0.063           | 216.0           |
| 1998       | 0.019 | 0.010 | 0.006 | 0.050           | 29.3 | 3.6 | 2.9 | 0.063           | 213.7           |
| 1999       | 0.017 | 0.009 | 0.006 | 0.048           | 29.2 | 3.5 | 2.7 | 0.063           | 208.6           |
| 2000       | 0.017 | 0.009 | 0.006 | 0.048           | 29.0 | 3.4 | 2.6 | 0.063           | 212.1           |
| 2001       | 0.016 | 0.009 | 0.005 | 0.046           | 28.4 | 3.3 | 2.4 | 0.063           | 205.3           |
| 2002       | 0.016 | 0.009 | 0.005 | 0.046           | 26.8 | 3.2 | 2.2 | 0.063           | 211.8           |
| 2003       | 0.016 | 0.008 | 0.005 | 0.042           | 25.2 | 2.9 | 2.0 | 0.063           | 196.6           |
| 2004       | 0.016 | 0.008 | 0.005 | 0.042           | 23.5 | 2.6 | 1.8 | 0.063           | 202.4           |
| 2005       | 0.014 | 0.008 | 0.005 | 0.042           | 21.6 | 2.3 | 1.5 | 0.063           | 206.3           |
| 2006       | 0.014 | 0.008 | 0.005 | 0.042           | 19.4 | 2.1 | 1.3 | 0.063           | 209.9           |
| 2007       | 0.014 | 0.008 | 0.005 | 0.042           | 17.0 | 1.8 | 1.1 | 0.063           | 216.2           |
| 2008       | 0.014 | 0.008 | 0.005 | 0.042           | 14.1 | 1.5 | 0.9 | 0.063           | 219.1           |
| 2009       | 0.014 | 0.008 | 0.005 | 0.042           | 10.7 | 1.2 | 0.7 | 0.063           | 222.8           |
| 2010       | 0.014 | 0.008 | 0.005 | 0.042           | 7.5  | 0.9 | 0.6 | 0.063           | 225.4           |
| 2011       | 0.014 | 0.008 | 0.005 | 0.042           | 4.8  | 0.6 | 0.4 | 0.063           | 227.6           |
| 2012       | 0.014 | 0.008 | 0.005 | 0.042           | 2.7  | 0.5 | 0.4 | 0.063           | 228.2           |

Cuadro 3.8 Factores de emisión para vagonetas de pasajeros [g/km]

| Año-modelo | PM10  | PM2.5 | CN    | SO <sub>2</sub> | CO   | NOx | COV | NH <sub>3</sub> | CO <sub>2</sub> |
|------------|-------|-------|-------|-----------------|------|-----|-----|-----------------|-----------------|
| 1988       | 0.026 | 0.014 | 0.008 | 0.052           | 66.8 | 2.6 | 5.4 | 0.061           | 190.3           |
| 1989       | 0.026 | 0.014 | 0.008 | 0.053           | 41.3 | 3.8 | 4.5 | 0.061           | 226.0           |
| 1990       | 0.026 | 0.014 | 0.008 | 0.053           | 35.9 | 3.8 | 4.3 | 0.062           | 234.1           |
| 1991       | 0.026 | 0.014 | 0.008 | 0.052           | 31.6 | 3.8 | 4.3 | 0.063           | 230.3           |
| 1992       | 0.024 | 0.014 | 0.008 | 0.053           | 31.3 | 3.7 | 4.1 | 0.063           | 236.9           |
| 1993       | 0.024 | 0.014 | 0.008 | 0.053           | 30.1 | 3.5 | 4.0 | 0.063           | 236.5           |
| 1994       | 0.023 | 0.013 | 0.007 | 0.054           | 30.0 | 3.4 | 3.9 | 0.063           | 241.5           |
| 1995       | 0.023 | 0.013 | 0.007 | 0.054           | 29.9 | 3.3 | 3.8 | 0.063           | 244.6           |
| 1996       | 0.020 | 0.011 | 0.006 | 0.053           | 29.9 | 3.2 | 3.7 | 0.063           | 240.0           |
| 1997       | 0.020 | 0.011 | 0.006 | 0.054           | 29.4 | 3.1 | 3.6 | 0.063           | 242.8           |
| 1998       | 0.020 | 0.011 | 0.006 | 0.053           | 28.9 | 2.9 | 3.4 | 0.063           | 243.8           |
| 1999       | 0.018 | 0.010 | 0.006 | 0.054           | 28.2 | 2.8 | 3.2 | 0.063           | 254.5           |
| 2000       | 0.018 | 0.010 | 0.006 | 0.054           | 27.3 | 2.6 | 3.0 | 0.063           | 259.7           |
| 2001       | 0.017 | 0.010 | 0.005 | 0.055           | 26.2 | 2.5 | 2.7 | 0.063           | 267.2           |
| 2002       | 0.017 | 0.010 | 0.005 | 0.055           | 24.8 | 2.3 | 2.5 | 0.063           | 271.0           |
| 2003       | 0.016 | 0.009 | 0.005 | 0.055           | 23.3 | 2.1 | 2.2 | 0.063           | 274.3           |
| 2004       | 0.016 | 0.009 | 0.005 | 0.055           | 21.7 | 2.0 | 2.0 | 0.063           | 278.2           |
| 2005       | 0.015 | 0.008 | 0.005 | 0.055           | 20.0 | 1.8 | 1.8 | 0.063           | 281.0           |
| 2006       | 0.015 | 0.008 | 0.005 | 0.055           | 18.1 | 1.6 | 1.5 | 0.063           | 283.7           |
| 2007       | 0.015 | 0.008 | 0.005 | 0.055           | 16.0 | 1.4 | 1.3 | 0.063           | 288.5           |
| 2008       | 0.015 | 0.008 | 0.005 | 0.055           | 13.5 | 1.3 | 1.1 | 0.063           | 290.6           |
| 2009       | 0.015 | 0.008 | 0.005 | 0.055           | 13.5 | 1.3 | 1.1 | 0.063           | 290.6           |
| 2010       | 0.015 | 0.008 | 0.005 | 0.055           | 13.5 | 1.3 | 1.1 | 0.063           | 290.6           |
| 2011       | 0.015 | 0.008 | 0.005 | 0.055           | 13.5 | 1.3 | 1.1 | 0.063           | 290.6           |
| 2012       | 0.015 | 0.008 | 0.005 | 0.055           | 13.5 | 1.3 | 1.1 | 0.063           | 290.6           |

**Cuadro 3.9. Factores de emisión para los Medibuses [g/km]**

| Año-modelo | PM10  | PM2.5 | CN    | SO <sub>2</sub> | CO   | NO <sub>x</sub> | COV | NH <sub>3</sub> | CO <sub>2</sub> |
|------------|-------|-------|-------|-----------------|------|-----------------|-----|-----------------|-----------------|
| 1988       | 0.397 | 0.347 | 0.220 | 0.183           | 10.1 | 13.8            | 7.0 | 0.017           | 558.8           |
| 1989       | 0.397 | 0.347 | 0.220 | 0.181           | 10.0 | 13.7            | 6.7 | 0.017           | 558.8           |
| 1990       | 0.397 | 0.347 | 0.220 | 0.179           | 9.6  | 13.7            | 6.5 | 0.017           | 558.8           |
| 1991       | 0.397 | 0.347 | 0.220 | 0.177           | 2.5  | 8.2             | 2.1 | 0.017           | 563.3           |
| 1992       | 0.375 | 0.328 | 0.207 | 0.175           | 2.5  | 8.2             | 2.0 | 0.017           | 557.3           |
| 1993       | 0.375 | 0.328 | 0.207 | 0.173           | 2.3  | 9.0             | 1.7 | 0.017           | 551.6           |
| 1994       | 0.359 | 0.314 | 0.199 | 0.171           | 2.3  | 9.0             | 1.7 | 0.017           | 547.8           |
| 1995       | 0.350 | 0.306 | 0.193 | 0.169           | 2.2  | 8.9             | 1.7 | 0.017           | 542.1           |
| 1996       | 0.312 | 0.273 | 0.173 | 0.167           | 2.2  | 8.8             | 1.7 | 0.017           | 536.0           |
| 1997       | 0.308 | 0.270 | 0.171 | 0.167           | 2.2  | 8.8             | 1.6 | 0.017           | 535.6           |
| 1998       | 0.308 | 0.270 | 0.171 | 0.167           | 2.1  | 8.7             | 1.6 | 0.017           | 535.7           |
| 1999       | 0.276 | 0.241 | 0.153 | 0.167           | 2.1  | 8.7             | 1.6 | 0.017           | 535.7           |
| 2000       | 0.273 | 0.239 | 0.151 | 0.167           | 2.0  | 8.7             | 1.6 | 0.017           | 535.7           |
| 2001       | 0.265 | 0.232 | 0.146 | 0.167           | 2.0  | 8.6             | 1.5 | 0.017           | 535.8           |
| 2002       | 0.265 | 0.232 | 0.146 | 0.167           | 2.0  | 8.6             | 1.5 | 0.017           | 535.8           |
| 2003       | 0.252 | 0.220 | 0.139 | 0.167           | 1.9  | 8.6             | 1.5 | 0.017           | 535.8           |
| 2004       | 0.252 | 0.220 | 0.139 | 0.167           | 1.9  | 8.5             | 1.5 | 0.017           | 535.8           |
| 2005       | 0.230 | 0.201 | 0.127 | 0.167           | 1.9  | 8.5             | 1.4 | 0.017           | 535.8           |
| 2006       | 0.230 | 0.201 | 0.127 | 0.167           | 1.8  | 8.5             | 1.4 | 0.017           | 535.8           |
| 2007       | 0.230 | 0.201 | 0.127 | 0.167           | 1.8  | 8.4             | 1.4 | 0.017           | 536.1           |
| 2008       | 0.230 | 0.201 | 0.127 | 0.167           | 1.7  | 8.4             | 1.4 | 0.017           | 536.1           |
| 2009       | 0.230 | 0.201 | 0.127 | 0.167           | 1.7  | 8.4             | 1.4 | 0.017           | 536.1           |
| 2010       | 0.230 | 0.201 | 0.127 | 0.167           | 1.7  | 8.4             | 1.3 | 0.017           | 537.6           |
| 2011       | 0.230 | 0.201 | 0.127 | 0.167           | 1.6  | 8.3             | 1.3 | 0.017           | 537.6           |
| 2012       | 0.255 | 0.223 | 0.141 | 0.167           | 1.6  | 8.3             | 1.3 | 0.017           | 537.6           |

**Cuadro 3.10. Factores de emisión para los autobuses [g/km]**

| Año-modelo | PM10  | PM2.5 | CN    | SO <sub>2</sub> | CO   | NO <sub>x</sub> | COV | NH <sub>3</sub> | CO <sub>2</sub> |
|------------|-------|-------|-------|-----------------|------|-----------------|-----|-----------------|-----------------|
| 1988       | 0.368 | 0.322 | 0.204 | 0.492           | 15.7 | 15.2            | 2.2 | 0.017           | 1,553.6         |
| 1989       | 0.368 | 0.322 | 0.204 | 0.486           | 15.5 | 15.2            | 1.9 | 0.017           | 1,535.1         |
| 1990       | 0.359 | 0.314 | 0.198 | 0.482           | 15.2 | 15.2            | 1.9 | 0.017           | 1,520.1         |
| 1991       | 0.350 | 0.306 | 0.193 | 0.476           | 3.5  | 15.8            | 1.3 | 0.017           | 1,521.5         |
| 1992       | 0.341 | 0.298 | 0.189 | 0.471           | 3.5  | 15.8            | 1.3 | 0.017           | 1,506.8         |
| 1993       | 0.333 | 0.291 | 0.184 | 0.466           | 5.4  | 12.8            | 1.3 | 0.017           | 1,486.1         |
| 1994       | 0.325 | 0.285 | 0.180 | 0.461           | 5.3  | 12.8            | 1.3 | 0.017           | 1,469.1         |
| 1995       | 0.318 | 0.278 | 0.176 | 0.456           | 5.3  | 12.8            | 1.3 | 0.017           | 1,451.9         |
| 1996       | 0.311 | 0.272 | 0.172 | 0.451           | 5.2  | 12.7            | 1.3 | 0.017           | 1,436.8         |
| 1997       | 0.304 | 0.266 | 0.168 | 0.451           | 5.2  | 12.7            | 1.3 | 0.017           | 1,445.7         |
| 1998       | 0.292 | 0.255 | 0.161 | 0.451           | 5.2  | 12.7            | 1.3 | 0.017           | 1,445.7         |
| 1999       | 0.292 | 0.255 | 0.161 | 0.451           | 5.1  | 12.6            | 1.3 | 0.017           | 1,445.7         |
| 2000       | 0.292 | 0.255 | 0.161 | 0.451           | 5.1  | 12.6            | 1.3 | 0.017           | 1,445.7         |
| 2001       | 0.292 | 0.255 | 0.161 | 0.451           | 5.0  | 12.5            | 1.3 | 0.017           | 1,445.7         |
| 2002       | 0.292 | 0.255 | 0.161 | 0.451           | 5.0  | 12.0            | 1.3 | 0.017           | 1,445.7         |
| 2003       | 0.292 | 0.255 | 0.161 | 0.451           | 4.9  | 10.4            | 1.3 | 0.017           | 1,445.7         |
| 2004       | 0.292 | 0.255 | 0.161 | 0.451           | 4.9  | 12.4            | 1.3 | 0.017           | 1,445.7         |
| 2005       | 0.264 | 0.231 | 0.146 | 0.451           | 4.8  | 12.4            | 1.3 | 0.017           | 1,445.7         |
| 2006       | 0.264 | 0.231 | 0.146 | 0.451           | 4.8  | 12.4            | 1.3 | 0.017           | 1,445.7         |
| 2007       | 0.264 | 0.231 | 0.146 | 0.451           | 4.7  | 12.3            | 1.3 | 0.017           | 1,445.7         |
| 2008       | 0.264 | 0.231 | 0.146 | 0.451           | 4.7  | 12.3            | 1.3 | 0.017           | 1,445.7         |
| 2009       | 0.241 | 0.211 | 0.133 | 0.451           | 4.7  | 12.3            | 1.3 | 0.017           | 1,445.7         |
| 2010       | 0.241 | 0.211 | 0.133 | 0.451           | 4.6  | 12.2            | 1.3 | 0.017           | 1,449.4         |
| 2011       | 0.233 | 0.204 | 0.129 | 0.451           | 4.6  | 12.2            | 1.3 | 0.017           | 1,449.4         |
| 2012       | 0.233 | 0.204 | 0.129 | 0.451           | 4.6  | 12.2            | 1.3 | 0.017           | 1,449.4         |

**Cuadro 3.11. Factores de emisión para las camionetas pick up [g/km]**

| Año-modelo | PM10  | PM2.5 | CN    | SO <sub>2</sub> | CO   | NOx | COV | NH <sub>3</sub> | CO <sub>2</sub> |
|------------|-------|-------|-------|-----------------|------|-----|-----|-----------------|-----------------|
| 1988       | 0.026 | 0.014 | 0.014 | 0.119           | 42.6 | 1.4 | 5.1 | 0.061           | 575.5           |
| 1989       | 0.026 | 0.014 | 0.014 | 0.119           | 27.3 | 2.0 | 4.4 | 0.061           | 601.2           |
| 1990       | 0.026 | 0.014 | 0.014 | 0.111           | 24.5 | 2.0 | 4.2 | 0.062           | 566.3           |
| 1991       | 0.026 | 0.014 | 0.014 | 0.112           | 22.5 | 2.0 | 4.1 | 0.063           | 569.7           |
| 1992       | 0.024 | 0.014 | 0.014 | 0.107           | 20.6 | 1.9 | 3.9 | 0.063           | 547.3           |
| 1993       | 0.024 | 0.014 | 0.014 | 0.104           | 19.3 | 1.9 | 3.8 | 0.063           | 530.6           |
| 1994       | 0.023 | 0.013 | 0.013 | 0.093           | 18.6 | 1.8 | 3.6 | 0.063           | 478.2           |
| 1995       | 0.023 | 0.013 | 0.013 | 0.092           | 17.9 | 1.8 | 3.4 | 0.063           | 472.0           |
| 1996       | 0.020 | 0.011 | 0.011 | 0.092           | 17.3 | 1.7 | 3.2 | 0.063           | 473.0           |
| 1997       | 0.020 | 0.011 | 0.011 | 0.082           | 16.6 | 1.7 | 2.9 | 0.063           | 425.5           |
| 1998       | 0.020 | 0.011 | 0.011 | 0.082           | 15.9 | 1.6 | 2.7 | 0.063           | 426.3           |
| 1999       | 0.018 | 0.010 | 0.010 | 0.079           | 15.3 | 1.6 | 2.4 | 0.063           | 414.8           |
| 2000       | 0.018 | 0.010 | 0.010 | 0.079           | 14.7 | 1.5 | 2.1 | 0.063           | 413.0           |
| 2001       | 0.017 | 0.010 | 0.010 | 0.075           | 14.0 | 1.5 | 1.9 | 0.063           | 393.8           |
| 2002       | 0.017 | 0.010 | 0.010 | 0.075           | 13.3 | 1.4 | 1.7 | 0.063           | 394.7           |
| 2003       | 0.016 | 0.009 | 0.009 | 0.069           | 12.7 | 1.4 | 1.5 | 0.063           | 362.6           |
| 2004       | 0.016 | 0.009 | 0.009 | 0.069           | 11.9 | 1.3 | 1.3 | 0.063           | 364.0           |
| 2005       | 0.015 | 0.008 | 0.008 | 0.069           | 11.2 | 1.3 | 1.2 | 0.063           | 364.8           |
| 2006       | 0.015 | 0.008 | 0.008 | 0.069           | 10.4 | 1.2 | 1.1 | 0.063           | 365.6           |
| 2007       | 0.015 | 0.008 | 0.008 | 0.069           | 9.6  | 1.2 | 1.0 | 0.063           | 367.6           |
| 2008       | 0.015 | 0.008 | 0.008 | 0.069           | 8.8  | 1.1 | 0.9 | 0.063           | 368.2           |
| 2009       | 0.015 | 0.008 | 0.008 | 0.069           | 8.0  | 1.1 | 0.8 | 0.063           | 369.3           |
| 2010       | 0.015 | 0.008 | 0.008 | 0.069           | 7.1  | 1.0 | 0.7 | 0.063           | 369.6           |
| 2011       | 0.015 | 0.008 | 0.008 | 0.055           | 6.6  | 1.0 | 0.7 | 0.063           | 295.3           |
| 2012       | 0.015 | 0.008 | 0.008 | 0.055           | 6.2  | 1.0 | 0.7 | 0.063           | 295.5           |

**Cuadro 3.12. Factores de emisión para los vehículos de carga de hasta 3 ton a gasolina [g/km]**

| Año-modelo | PM10  | PM2.5 | CN    | SO <sub>2</sub> | CO   | NOx | COV | NH <sub>3</sub> | CO <sub>2</sub> |
|------------|-------|-------|-------|-----------------|------|-----|-----|-----------------|-----------------|
| 1988       | 0.026 | 0.014 | 0.008 | 0.068           | 47.6 | 1.6 | 5.0 | 0.061           | 293.8           |
| 1989       | 0.026 | 0.014 | 0.008 | 0.069           | 30.6 | 2.2 | 4.3 | 0.061           | 325.3           |
| 1990       | 0.026 | 0.014 | 0.008 | 0.069           | 27.8 | 2.2 | 4.2 | 0.062           | 333.3           |
| 1991       | 0.026 | 0.014 | 0.008 | 0.068           | 25.7 | 2.2 | 4.1 | 0.063           | 329.6           |
| 1992       | 0.024 | 0.013 | 0.008 | 0.069           | 23.8 | 2.1 | 3.9 | 0.063           | 340.7           |
| 1993       | 0.024 | 0.013 | 0.008 | 0.069           | 22.3 | 2.1 | 3.7 | 0.063           | 340.8           |
| 1994       | 0.023 | 0.013 | 0.007 | 0.070           | 21.5 | 2.0 | 3.5 | 0.063           | 348.9           |
| 1995       | 0.022 | 0.012 | 0.007 | 0.071           | 20.7 | 1.9 | 3.4 | 0.063           | 355.4           |
| 1996       | 0.020 | 0.011 | 0.006 | 0.070           | 19.8 | 1.9 | 3.1 | 0.063           | 351.5           |
| 1997       | 0.020 | 0.011 | 0.006 | 0.070           | 18.9 | 1.8 | 2.9 | 0.063           | 355.4           |
| 1998       | 0.020 | 0.011 | 0.006 | 0.070           | 18.0 | 1.7 | 2.7 | 0.063           | 354.2           |
| 1999       | 0.018 | 0.010 | 0.006 | 0.071           | 17.3 | 1.7 | 2.4 | 0.063           | 363.9           |
| 2000       | 0.018 | 0.010 | 0.005 | 0.071           | 16.6 | 1.6 | 2.2 | 0.063           | 368.1           |
| 2001       | 0.017 | 0.009 | 0.005 | 0.072           | 15.7 | 1.5 | 1.9 | 0.063           | 374.6           |
| 2002       | 0.017 | 0.009 | 0.005 | 0.072           | 14.8 | 1.5 | 1.7 | 0.063           | 375.8           |
| 2003       | 0.016 | 0.009 | 0.005 | 0.072           | 13.9 | 1.4 | 1.5 | 0.063           | 376.8           |
| 2004       | 0.016 | 0.009 | 0.005 | 0.072           | 12.9 | 1.3 | 1.3 | 0.063           | 377.9           |
| 2005       | 0.015 | 0.008 | 0.005 | 0.072           | 11.9 | 1.3 | 1.2 | 0.063           | 379.1           |
| 2006       | 0.015 | 0.008 | 0.005 | 0.072           | 10.9 | 1.2 | 1.1 | 0.063           | 380.1           |
| 2007       | 0.015 | 0.008 | 0.005 | 0.072           | 9.8  | 1.1 | 0.9 | 0.063           | 382.7           |
| 2008       | 0.015 | 0.008 | 0.005 | 0.072           | 8.8  | 1.1 | 0.8 | 0.063           | 383.7           |
| 2009       | 0.015 | 0.008 | 0.005 | 0.072           | 7.7  | 1.0 | 0.8 | 0.063           | 384.5           |
| 2010       | 0.015 | 0.008 | 0.005 | 0.072           | 6.6  | 0.9 | 0.7 | 0.063           | 385.5           |
| 2011       | 0.015 | 0.008 | 0.005 | 0.072           | 5.7  | 0.9 | 0.6 | 0.063           | 385.8           |
| 2012       | 0.015 | 0.008 | 0.005 | 0.072           | 5.2  | 0.9 | 0.6 | 0.063           | 386.0           |

**Cuadro 3.13. Factores de emisión para los vehículos de carga de hasta 3 ton a diésel [g/km]**

| Año-modelo | PM10  | PM2.5 | CN    | SO <sub>2</sub> | CO  | NOx | COV | NH <sub>3</sub> | CO <sub>2</sub> |
|------------|-------|-------|-------|-----------------|-----|-----|-----|-----------------|-----------------|
| 1988       | 0.097 | 0.080 | 0.027 | 0.127           | 1.5 | 1.6 | 0.0 | 1.074           | 399.4           |
| 1989       | 0.097 | 0.080 | 0.027 | 0.124           | 1.5 | 1.5 | 0.0 | 1.040           | 392.0           |
| 1990       | 0.097 | 0.080 | 0.027 | 0.116           | 1.5 | 1.5 | 0.0 | 1.007           | 366.4           |
| 1991       | 0.097 | 0.080 | 0.027 | 0.116           | 1.5 | 1.2 | 0.0 | 0.973           | 366.6           |
| 1992       | 0.091 | 0.075 | 0.025 | 0.116           | 1.4 | 1.2 | 0.0 | 0.939           | 366.7           |
| 1993       | 0.091 | 0.075 | 0.025 | 0.116           | 1.4 | 1.1 | 0.0 | 0.905           | 366.9           |
| 1994       | 0.087 | 0.072 | 0.024 | 0.116           | 1.4 | 1.1 | 0.0 | 0.871           | 367.0           |
| 1995       | 0.084 | 0.070 | 0.024 | 0.116           | 1.3 | 1.1 | 0.0 | 0.837           | 367.2           |
| 1996       | 0.076 | 0.062 | 0.021 | 0.116           | 1.3 | 1.1 | 0.0 | 0.803           | 367.4           |
| 1997       | 0.074 | 0.061 | 0.021 | 0.116           | 1.3 | 1.0 | 0.0 | 0.769           | 367.5           |
| 1998       | 0.074 | 0.061 | 0.021 | 0.116           | 1.2 | 1.0 | 0.0 | 0.736           | 367.7           |
| 1999       | 0.067 | 0.055 | 0.019 | 0.116           | 1.2 | 1.0 | 0.0 | 0.702           | 367.8           |
| 2000       | 0.066 | 0.055 | 0.018 | 0.116           | 1.2 | 1.0 | 0.0 | 0.668           | 368.0           |
| 2001       | 0.064 | 0.053 | 0.018 | 0.116           | 1.1 | 0.9 | 0.0 | 0.634           | 368.2           |
| 2002       | 0.064 | 0.053 | 0.018 | 0.116           | 1.1 | 0.9 | 0.0 | 0.600           | 368.3           |
| 2003       | 0.061 | 0.050 | 0.017 | 0.116           | 1.1 | 0.9 | 0.0 | 0.566           | 368.5           |
| 2004       | 0.061 | 0.050 | 0.017 | 0.116           | 1.0 | 0.9 | 0.0 | 0.532           | 368.6           |
| 2005       | 0.056 | 0.046 | 0.016 | 0.116           | 1.0 | 0.8 | 0.0 | 0.498           | 368.8           |
| 2006       | 0.056 | 0.046 | 0.016 | 0.116           | 1.0 | 0.8 | 0.0 | 0.464           | 369.0           |
| 2007       | 0.056 | 0.046 | 0.016 | 0.116           | 0.9 | 0.8 | 0.0 | 0.430           | 369.1           |
| 2008       | 0.056 | 0.046 | 0.016 | 0.116           | 0.9 | 0.8 | 0.0 | 0.397           | 369.3           |
| 2009       | 0.056 | 0.046 | 0.016 | 0.116           | 0.9 | 0.7 | 0.0 | 0.363           | 369.4           |
| 2010       | 0.056 | 0.046 | 0.016 | 0.116           | 0.8 | 0.7 | 0.0 | 0.329           | 369.6           |
| 2011       | 0.056 | 0.046 | 0.016 | 0.116           | 0.8 | 0.7 | 0.0 | 0.295           | 369.8           |
| 2012       | 0.056 | 0.046 | 0.016 | 0.116           | 0.8 | 0.7 | 0.0 | 0.274           | 369.9           |

**Cuadro 3.14. Factores de emisión para los camiones de carga de más de 3 ton a gasolina [g/km]**

| Año-modelo | PM10  | PM2.5 | CN    | SO <sub>2</sub> | CO   | NOx | COV | NH <sub>3</sub> | CO <sub>2</sub> |
|------------|-------|-------|-------|-----------------|------|-----|-----|-----------------|-----------------|
| 1988       | 0.075 | 0.057 | 0.008 | 0.135           | 54.0 | 5.9 | 6.1 | 0.028           | 622.5           |
| 1989       | 0.075 | 0.057 | 0.008 | 0.135           | 47.9 | 5.9 | 6.0 | 0.028           | 631.5           |
| 1990       | 0.075 | 0.057 | 0.008 | 0.134           | 27.0 | 5.7 | 4.0 | 0.028           | 671.6           |
| 1991       | 0.075 | 0.057 | 0.008 | 0.133           | 17.2 | 5.2 | 3.7 | 0.028           | 682.7           |
| 1992       | 0.070 | 0.053 | 0.007 | 0.132           | 17.0 | 5.2 | 3.6 | 0.028           | 678.6           |
| 1993       | 0.070 | 0.053 | 0.007 | 0.131           | 10.3 | 3.7 | 3.3 | 0.028           | 684.2           |
| 1994       | 0.067 | 0.052 | 0.007 | 0.130           | 10.0 | 3.6 | 3.2 | 0.028           | 678.7           |
| 1995       | 0.065 | 0.050 | 0.007 | 0.129           | 9.8  | 3.6 | 3.0 | 0.028           | 674.8           |
| 1996       | 0.058 | 0.044 | 0.006 | 0.128           | 9.5  | 3.6 | 2.8 | 0.028           | 670.0           |
| 1997       | 0.057 | 0.044 | 0.006 | 0.128           | 9.3  | 3.5 | 2.6 | 0.028           | 670.5           |
| 1998       | 0.057 | 0.044 | 0.006 | 0.128           | 9.1  | 3.5 | 2.4 | 0.028           | 671.0           |
| 1999       | 0.052 | 0.039 | 0.006 | 0.128           | 8.8  | 3.5 | 2.2 | 0.028           | 671.5           |
| 2000       | 0.051 | 0.039 | 0.005 | 0.127           | 8.6  | 3.4 | 2.0 | 0.028           | 672.0           |
| 2001       | 0.049 | 0.038 | 0.005 | 0.127           | 8.3  | 3.4 | 1.8 | 0.028           | 672.5           |
| 2002       | 0.049 | 0.038 | 0.005 | 0.127           | 8.1  | 3.4 | 1.6 | 0.028           | 673.1           |
| 2003       | 0.047 | 0.036 | 0.005 | 0.127           | 7.8  | 3.3 | 1.4 | 0.028           | 673.6           |
| 2004       | 0.047 | 0.036 | 0.005 | 0.127           | 7.6  | 3.3 | 1.2 | 0.028           | 674.1           |
| 2005       | 0.043 | 0.033 | 0.005 | 0.126           | 7.4  | 3.3 | 1.1 | 0.028           | 674.5           |
| 2006       | 0.043 | 0.033 | 0.005 | 0.126           | 7.1  | 3.2 | 1.0 | 0.028           | 675.1           |
| 2007       | 0.043 | 0.033 | 0.005 | 0.126           | 6.9  | 3.2 | 0.9 | 0.028           | 675.6           |
| 2008       | 0.043 | 0.033 | 0.005 | 0.126           | 6.5  | 3.1 | 0.8 | 0.028           | 676.1           |
| 2009       | 0.043 | 0.033 | 0.005 | 0.126           | 6.0  | 3.1 | 0.7 | 0.028           | 676.6           |
| 2010       | 0.043 | 0.033 | 0.005 | 0.126           | 5.5  | 3.0 | 0.7 | 0.028           | 677.2           |
| 2011       | 0.043 | 0.033 | 0.005 | 0.126           | 5.1  | 3.0 | 0.6 | 0.028           | 678.5           |
| 2012       | 0.043 | 0.033 | 0.005 | 0.126           | 5.1  | 3.0 | 0.6 | 0.028           | 678.5           |

**Cuadro 3.15. Factores de emisión para los camiones de carga de más de 3 ton a diésel [g/km]**

| Año-modelo | PM10  | PM2.5 | CN    | SO <sub>2</sub> | CO  | NO <sub>x</sub> | COV | NH <sub>3</sub> | CO <sub>2</sub> |
|------------|-------|-------|-------|-----------------|-----|-----------------|-----|-----------------|-----------------|
| 1988       | 0.376 | 0.329 | 0.208 | 0.213           | 7.3 | 8.7             | 1.3 | 0.017           | 671.2           |
| 1989       | 0.363 | 0.318 | 0.201 | 0.211           | 7.3 | 8.7             | 1.1 | 0.017           | 665.9           |
| 1990       | 0.351 | 0.307 | 0.194 | 0.209           | 7.1 | 8.7             | 1.1 | 0.017           | 659.6           |
| 1991       | 0.340 | 0.297 | 0.188 | 0.208           | 2.2 | 4.6             | 0.7 | 0.017           | 662.6           |
| 1992       | 0.329 | 0.288 | 0.182 | 0.206           | 2.2 | 4.6             | 0.7 | 0.017           | 657.2           |
| 1993       | 0.319 | 0.279 | 0.176 | 0.204           | 2.3 | 5.4             | 0.6 | 0.017           | 651.2           |
| 1994       | 0.310 | 0.271 | 0.171 | 0.202           | 2.3 | 5.4             | 0.6 | 0.017           | 648.8           |
| 1995       | 0.301 | 0.263 | 0.166 | 0.200           | 2.3 | 5.4             | 0.6 | 0.017           | 642.9           |
| 1996       | 0.293 | 0.256 | 0.162 | 0.199           | 2.3 | 5.4             | 0.6 | 0.017           | 637.7           |
| 1997       | 0.285 | 0.249 | 0.157 | 0.199           | 2.2 | 5.3             | 0.6 | 0.017           | 637.2           |
| 1998       | 0.277 | 0.242 | 0.153 | 0.199           | 2.2 | 5.3             | 0.6 | 0.017           | 637.2           |
| 1999       | 0.277 | 0.242 | 0.153 | 0.199           | 2.2 | 5.3             | 0.6 | 0.017           | 637.2           |
| 2000       | 0.277 | 0.242 | 0.153 | 0.199           | 2.2 | 5.3             | 0.6 | 0.017           | 637.3           |
| 2001       | 0.277 | 0.242 | 0.153 | 0.199           | 2.1 | 5.2             | 0.5 | 0.017           | 637.3           |
| 2002       | 0.277 | 0.242 | 0.153 | 0.199           | 2.1 | 5.2             | 0.5 | 0.017           | 637.3           |
| 2003       | 0.277 | 0.242 | 0.153 | 0.199           | 2.1 | 5.2             | 0.5 | 0.017           | 637.4           |
| 2004       | 0.277 | 0.242 | 0.153 | 0.199           | 2.1 | 5.2             | 0.5 | 0.017           | 637.3           |
| 2005       | 0.277 | 0.242 | 0.153 | 0.199           | 2.0 | 5.2             | 0.5 | 0.017           | 637.3           |
| 2006       | 0.277 | 0.242 | 0.153 | 0.199           | 2.0 | 5.1             | 0.5 | 0.017           | 637.4           |
| 2007       | 0.277 | 0.242 | 0.153 | 0.199           | 2.0 | 5.1             | 0.5 | 0.017           | 637.7           |
| 2008       | 0.277 | 0.242 | 0.153 | 0.199           | 2.0 | 5.1             | 0.5 | 0.017           | 637.7           |
| 2009       | 0.277 | 0.242 | 0.153 | 0.199           | 1.9 | 5.1             | 0.5 | 0.017           | 637.7           |
| 2010       | 0.277 | 0.242 | 0.153 | 0.199           | 1.9 | 5.0             | 0.5 | 0.017           | 639.5           |
| 2011       | 0.277 | 0.242 | 0.153 | 0.199           | 1.9 | 5.0             | 0.5 | 0.017           | 639.5           |
| 2012       | 0.277 | 0.242 | 0.153 | 0.199           | 1.9 | 5.0             | 0.5 | 0.017           | 639.5           |

**Cuadro 3.16. Factores de emisión para los Tractocamiones [g/km]**

| Año-modelo | PM10  | PM2.5 | CN    | SO <sub>2</sub> | CO   | NO <sub>x</sub> | COV | NH <sub>3</sub> | CO <sub>2</sub> |
|------------|-------|-------|-------|-----------------|------|-----------------|-----|-----------------|-----------------|
| 1988       | 0.432 | 0.378 | 0.239 | 0.351           | 21.1 | 16.3            | 2.2 | 0.017           | 1,091.2         |
| 1989       | 0.408 | 0.357 | 0.225 | 0.346           | 20.8 | 16.7            | 2.0 | 0.017           | 1,074.7         |
| 1990       | 0.386 | 0.337 | 0.213 | 0.341           | 20.4 | 17.4            | 2.0 | 0.017           | 1,057.9         |
| 1991       | 0.366 | 0.320 | 0.202 | 0.335           | 23.9 | 18.5            | 1.2 | 0.017           | 1,038.1         |
| 1992       | 0.348 | 0.304 | 0.192 | 0.330           | 4.7  | 20.0            | 1.2 | 0.017           | 1,051.8         |
| 1993       | 0.332 | 0.290 | 0.184 | 0.326           | 4.8  | 15.1            | 1.0 | 0.017           | 1,038.0         |
| 1994       | 0.317 | 0.277 | 0.175 | 0.321           | 4.7  | 12.2            | 1.0 | 0.017           | 1,024.8         |
| 1995       | 0.304 | 0.266 | 0.168 | 0.316           | 4.7  | 12.3            | 1.0 | 0.017           | 1,010.1         |
| 1996       | 0.291 | 0.255 | 0.161 | 0.312           | 4.6  | 11.9            | 1.0 | 0.017           | 995.6           |
| 1997       | 0.274 | 0.240 | 0.152 | 0.312           | 4.5  | 12.0            | 1.0 | 0.017           | 997.7           |
| 1998       | 0.264 | 0.231 | 0.146 | 0.312           | 4.5  | 12.5            | 1.0 | 0.017           | 997.8           |
| 1999       | 0.264 | 0.231 | 0.146 | 0.312           | 4.4  | 11.7            | 1.0 | 0.017           | 998.0           |
| 2000       | 0.264 | 0.231 | 0.146 | 0.312           | 4.4  | 11.6            | 1.0 | 0.017           | 998.1           |
| 2001       | 0.264 | 0.231 | 0.146 | 0.312           | 4.3  | 11.6            | 1.0 | 0.017           | 998.2           |
| 2002       | 0.264 | 0.231 | 0.146 | 0.312           | 4.2  | 9.5             | 1.0 | 0.017           | 998.3           |
| 2003       | 0.264 | 0.231 | 0.146 | 0.312           | 4.2  | 7.2             | 1.0 | 0.017           | 998.4           |
| 2004       | 0.264 | 0.231 | 0.146 | 0.312           | 4.1  | 10.1            | 1.0 | 0.017           | 998.4           |
| 2005       | 0.264 | 0.231 | 0.146 | 0.312           | 4.0  | 10.0            | 1.0 | 0.017           | 998.6           |
| 2006       | 0.264 | 0.231 | 0.146 | 0.312           | 4.0  | 10.0            | 1.0 | 0.017           | 998.7           |
| 2007       | 0.264 | 0.231 | 0.146 | 0.312           | 3.9  | 9.9             | 1.0 | 0.017           | 999.3           |
| 2008       | 0.264 | 0.231 | 0.146 | 0.312           | 3.8  | 9.9             | 1.0 | 0.017           | 999.4           |
| 2009       | 0.264 | 0.231 | 0.146 | 0.312           | 3.8  | 9.8             | 1.0 | 0.017           | 999.5           |
| 2010       | 0.264 | 0.231 | 0.146 | 0.312           | 3.7  | 9.8             | 1.0 | 0.017           | 1,002.7         |
| 2011       | 0.264 | 0.231 | 0.146 | 0.312           | 3.7  | 9.7             | 1.0 | 0.017           | 1,002.7         |
| 2012       | 0.264 | 0.231 | 0.146 | 0.312           | 3.7  | 9.7             | 1.0 | 0.017           | 1,002.7         |

**Cuadro 3.17. Factores de emisión para las Motocicletas [g/km]**

| Año-modelo | PM10  | PM2.5 | CN    | SO <sub>2</sub> | CO   | NOx | COV | NH <sub>3</sub> | CO <sub>2</sub> |
|------------|-------|-------|-------|-----------------|------|-----|-----|-----------------|-----------------|
| 1988       | 0.024 | 0.014 | 0.006 | 0.020           | 31.3 | 0.5 | 9.9 | 0.007           | 39.7            |
| 1989       | 0.024 | 0.014 | 0.006 | 0.020           | 30.3 | 0.5 | 9.5 | 0.007           | 39.7            |
| 1990       | 0.024 | 0.014 | 0.006 | 0.020           | 29.3 | 0.5 | 9.1 | 0.007           | 39.7            |
| 1991       | 0.024 | 0.014 | 0.006 | 0.020           | 28.3 | 0.5 | 8.2 | 0.007           | 44.1            |
| 1992       | 0.024 | 0.014 | 0.006 | 0.020           | 27.3 | 0.5 | 7.8 | 0.007           | 46.6            |
| 1993       | 0.024 | 0.014 | 0.006 | 0.020           | 26.3 | 0.5 | 7.4 | 0.007           | 49.2            |
| 1994       | 0.024 | 0.014 | 0.006 | 0.020           | 25.3 | 0.5 | 7.1 | 0.007           | 51.7            |
| 1995       | 0.024 | 0.014 | 0.006 | 0.020           | 24.3 | 0.5 | 6.7 | 0.007           | 54.3            |
| 1996       | 0.024 | 0.014 | 0.006 | 0.020           | 23.3 | 0.5 | 6.3 | 0.007           | 56.9            |
| 1997       | 0.024 | 0.014 | 0.006 | 0.020           | 22.3 | 0.5 | 5.9 | 0.007           | 59.4            |
| 1998       | 0.024 | 0.014 | 0.006 | 0.020           | 21.3 | 0.5 | 5.5 | 0.007           | 62.0            |
| 1999       | 0.024 | 0.014 | 0.006 | 0.020           | 20.3 | 0.5 | 5.1 | 0.007           | 64.5            |
| 2000       | 0.024 | 0.014 | 0.006 | 0.020           | 19.3 | 0.5 | 4.8 | 0.007           | 67.1            |
| 2001       | 0.024 | 0.014 | 0.006 | 0.020           | 18.3 | 0.5 | 4.4 | 0.007           | 69.6            |
| 2002       | 0.024 | 0.014 | 0.006 | 0.020           | 17.3 | 0.5 | 4.0 | 0.007           | 72.2            |
| 2003       | 0.024 | 0.014 | 0.006 | 0.020           | 16.3 | 0.5 | 3.7 | 0.007           | 74.7            |
| 2004       | 0.024 | 0.014 | 0.006 | 0.020           | 15.3 | 0.5 | 3.3 | 0.007           | 77.3            |
| 2005       | 0.024 | 0.014 | 0.006 | 0.020           | 14.3 | 0.5 | 3.0 | 0.007           | 79.8            |
| 2006       | 0.024 | 0.014 | 0.006 | 0.020           | 13.3 | 0.5 | 2.7 | 0.007           | 82.3            |
| 2007       | 0.024 | 0.014 | 0.006 | 0.020           | 12.4 | 0.5 | 2.3 | 0.007           | 84.9            |
| 2008       | 0.024 | 0.014 | 0.006 | 0.020           | 11.4 | 0.5 | 2.0 | 0.007           | 87.5            |
| 2009       | 0.024 | 0.014 | 0.006 | 0.020           | 10.4 | 0.5 | 1.6 | 0.007           | 90.1            |
| 2010       | 0.024 | 0.014 | 0.006 | 0.020           | 9.4  | 0.5 | 1.3 | 0.007           | 92.6            |
| 2011       | 0.024 | 0.014 | 0.006 | 0.020           | 8.4  | 0.5 | 1.0 | 0.007           | 95.2            |
| 2012       | 0.024 | 0.014 | 0.006 | 0.020           | 8.4  | 0.5 | 1.0 | 0.007           | 95.2            |

## Proyecciones de las emisiones a los años 2020 y 2030

Para estimar las emisiones contaminantes y de efecto invernadero de las fuentes móviles carreteras del año 2012 a los años 2020 y 2030; se empleó la misma metodología y supuestos, sólo que se estimó un crecimiento del parque vehicular del Estado para esos años con base en las Prospectivas de Petróleo Crudo y Petrolíferos 2013-2027 publicadas por la Secretaría de Energía, de donde se obtuvo un aumento porcentual esperado del consumo de combustibles de gasolina y diésel vehicular (cuadro 3.18), que se le aplicó directamente al parque vehicular estimado para el año 2012.

**Cuadro 3.18 Aumento del consumo de combustible vehicular a los años 2020 y 2030**

| Tipo de combustible | Aumento del consumo de combustible respecto al año 2012 |       |
|---------------------|---------------------------------------------------------|-------|
|                     | 2020                                                    | 2030  |
| Gasolina            | 40.5%                                                   | 78.6% |
| Diésel              | 13.9%                                                   | 44.3% |

Es importante mencionar que las Prospectivas sólo son hasta el año 2027, por lo que con la misma tendencia se proyectaron hasta el 2030.

**Cuadro 3.19 Vehículos en circulación al año 2020**

| Año modelo | Auto particular | Taxis y colectivos sedan | Vagonetas | Medibuses | Autobuses | Pick up | Vehículos de hasta 3 ton gasolina | Vehículos de hasta 3 ton diesel | Vehículos de más de 3 ton (gasolina) | Vehículos de más de 3 ton (diesel) | Tractocamiones | Motocicletas | Total     |
|------------|-----------------|--------------------------|-----------|-----------|-----------|---------|-----------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|----------------|--------------|-----------|
| 1996       | 150,779         | 24                       | 25        | 270       | 482       | 48,378  | 7,917                             | 433                             | 1,798                                | 18,996                             | 466            | 1,243        | 230,812   |
| 1997       | 20,138          | 3                        | 4         | 7         | 19        | 8,297   | 1,967                             | 1                               | 52                                   | 485                                | 27             | 100          | 31,101    |
| 1998       | 22,334          | 1                        | 3         | 23        | 67        | 9,295   | 1,936                             | 1                               | 65                                   | 840                                | 66             | 90           | 34,721    |
| 1999       | 28,305          | 11                       | 31        | 50        | 101       | 9,799   | 2,508                             | 2                               | 94                                   | 1,245                              | 118            | 108          | 42,373    |
| 2000       | 31,533          | 8                        | 35        | 92        | 65        | 8,758   | 2,112                             | 2                               | 59                                   | 1,359                              | 74             | 174          | 44,272    |
| 2001       | 33,777          | 8                        | 10        | 68        | 39        | 11,305  | 2,787                             | 3                               | 46                                   | 1,321                              | 100            | 183          | 49,649    |
| 2002       | 36,999          | 7                        | 6         | 117       | 39        | 12,146  | 3,820                             | 8                               | 31                                   | 1,082                              | 57             | 237          | 54,548    |
| 2003       | 31,924          | 7                        | 8         | 114       | 31        | 10,906  | 3,123                             | 9                               | 8                                    | 737                                | 23             | 107          | 46,998    |
| 2004       | 32,799          | 6                        | 7         | 56        | 30        | 6,960   | 2,322                             | -                               | 17                                   | 314                                | 14             | 122          | 42,647    |
| 2005       | 38,689          | 6                        | 10        | 303       | 58        | 6,144   | 2,189                             | 5                               | 49                                   | 698                                | 61             | 167          | 48,378    |
| 2006       | 45,934          | 32                       | 11        | 164       | 80        | 2,280   | 2,327                             | 13                              | 37                                   | 631                                | 60             | 246          | 51,814    |
| 2007       | 36,446          | 20                       | 22        | 154       | 147       | 1,238   | 1,419                             | 22                              | 37                                   | 831                                | 126            | 388          | 40,850    |
| 2008       | 41,300          | 65                       | 191       | 249       | 205       | 1,405   | 1,933                             | 95                              | 44                                   | 963                                | 108            | 635          | 47,193    |
| 2009       | 46,315          | 128                      | 235       | 366       | 301       | 1,444   | 2,044                             | 44                              | 73                                   | 1,154                              | 52             | 1,113        | 53,268    |
| 2010       | 47,198          | 232                      | 155       | 438       | 104       | 975     | 2,248                             | 46                              | 10                                   | 1,124                              | 67             | 1,944        | 54,541    |
| 2011       | 41,402          | 244                      | 358       | 466       | 256       | 1,179   | 1,826                             | 347                             | 53                                   | 1,072                              | 3              | 3,063        | 50,270    |
| 2012       | 42,434          | 1,259                    | 125       | 339       | 350       | 4,680   | 3,466                             | 71                              | 138                                  | 1,208                              | 33             | 4,160        | 58,262    |
| 2013       | 50,920          | 888                      | 149       | 232       | 548       | 2,832   | 2,683                             | 108                             | 48                                   | 1,075                              | 11             | 4,992        | 64,487    |
| 2014       | 44,752          | 1,380                    | 214       | 277       | 408       | 2,863   | 3,130                             | 499                             | 49                                   | 1,328                              | 5              | 9,726        | 64,630    |
| 2015       | 45,354          | 1,971                    | 111       | 352       | 490       | 2,409   | 3,835                             | 949                             | 45                                   | 1,839                              | 5              | 7,391        | 64,751    |
| 2016       | 43,582          | 4,123                    | 511       | 116       | 463       | 2,140   | 4,604                             | 1,168                           | 489                                  | 1,581                              | 237            | 11,397       | 70,412    |
| 2017       | 31,709          | 3,908                    | 681       | 279       | 362       | 922     | 4,728                             | 1,151                           | 46                                   | 1,634                              | 463            | 7,004        | 52,888    |
| 2018       | 27,604          | 13,690                   | 384       | 35        | 26        | 974     | 7,967                             | 688                             | 18                                   | 705                                | 158            | 10,089       | 62,337    |
| 2019       | 34,211          | 12,434                   | 731       | 206       | 302       | 184     | 6,038                             | 765                             | 103                                  | 826                                | 415            | 10,204       | 66,418    |
| 2020       | 46,108          | 5,127                    | 792       | 150       | 161       | 74      | 3,629                             | 730                             | 87                                   | 924                                | 371            | 12,432       | 70,585    |
| Total      | 1,052,548       | 45,581                   | 4,809     | 4,924     | 5,131     | 157,589 | 82,559                            | 7,160                           | 3,495                                | 43,971                             | 3,123          | 87,314       | 1,498,205 |

**Cuadro 3.20 Vehículos en circulación al año 2030**

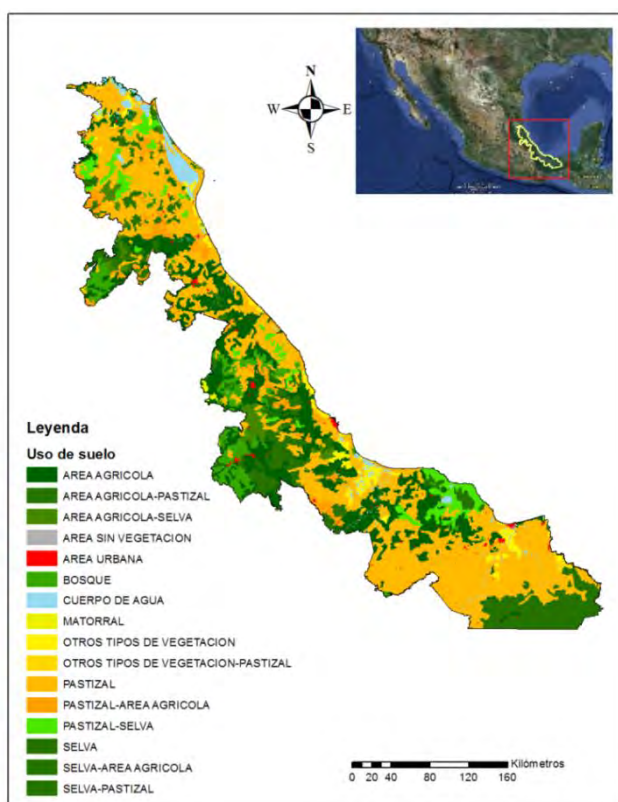
| Año modelo | Auto particular | Taxis y colectivos sedan | Vagonetas | Medibuses | Autobuses | Pick up | Vehículos de hasta 3 ton gasolina | Vehículos de hasta 3 ton diesel | Vehículos de más de 3 ton (gasolina) | Vehículos de más de 3 ton (diesel) | Tractocamiones | Motocicletas | Total     |
|------------|-----------------|--------------------------|-----------|-----------|-----------|---------|-----------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|----------------|--------------|-----------|
| 1996       | 191,719         | 30                       | 32        | 342       | 611       | 61,515  | 10,066                            | 548                             | 2,287                                | 24,075                             | 590            | 1,581        | 293,397   |
| 1997       | 25,606          | 4                        | 5         | 9         | 25        | 10,550  | 2,501                             | 1                               | 66                                   | 615                                | 35             | 127          | 39,544    |
| 1998       | 22,334          | 2                        | 4         | 29        | 85        | 11,819  | 2,462                             | 1                               | 82                                   | 1,065                              | 84             | 114          | 38,081    |
| 1999       | 28,305          | 14                       | 39        | 64        | 128       | 12,460  | 3,189                             | 3                               | 120                                  | 1,578                              | 150            | 138          | 46,187    |
| 2000       | 31,533          | 11                       | 45        | 117       | 82        | 11,136  | 2,685                             | 3                               | 75                                   | 1,722                              | 94             | 222          | 47,724    |
| 2001       | 33,777          | 11                       | 13        | 87        | 49        | 14,375  | 3,544                             | 4                               | 59                                   | 1,674                              | 127            | 232          | 53,952    |
| 2002       | 36,999          | 9                        | 7         | 149       | 49        | 15,443  | 4,857                             | 10                              | 39                                   | 1,371                              | 72             | 302          | 59,308    |
| 2003       | 31,924          | 9                        | 11        | 144       | 39        | 13,868  | 3,971                             | 12                              | 11                                   | 934                                | 29             | 136          | 51,087    |
| 2004       | 32,799          | 7                        | 9         | 71        | 38        | 8,850   | 2,953                             | -                               | 21                                   | 398                                | 17             | 155          | 45,319    |
| 2005       | 38,689          | 7                        | 13        | 384       | 74        | 7,812   | 2,783                             | 6                               | 63                                   | 885                                | 78             | 213          | 51,005    |
| 2006       | 45,934          | 41                       | 14        | 208       | 101       | 2,899   | 2,958                             | 16                              | 46                                   | 800                                | 76             | 313          | 53,407    |
| 2007       | 36,446          | 25                       | 29        | 195       | 186       | 1,574   | 1,804                             | 27                              | 46                                   | 1,054                              | 160            | 493          | 42,040    |
| 2008       | 41,300          | 82                       | 243       | 316       | 260       | 1,786   | 2,458                             | 120                             | 55                                   | 1,221                              | 137            | 807          | 48,787    |
| 2009       | 46,315          | 163                      | 298       | 463       | 381       | 1,836   | 2,599                             | 56                              | 93                                   | 1,462                              | 66             | 1,415        | 55,148    |
| 2010       | 47,198          | 295                      | 197       | 556       | 131       | 1,240   | 2,858                             | 58                              | 13                                   | 1,425                              | 85             | 2,472        | 56,527    |
| 2011       | 41,402          | 311                      | 456       | 590       | 325       | 1,499   | 2,322                             | 440                             | 68                                   | 1,358                              | 4              | 3,894        | 52,669    |
| 2012       | 42,434          | 1,601                    | 159       | 430       | 443       | 5,950   | 4,407                             | 89                              | 175                                  | 1,531                              | 42             | 5,290        | 62,552    |
| 2013       | 50,920          | 1,129                    | 189       | 294       | 694       | 3,601   | 3,412                             | 137                             | 61                                   | 1,362                              | 14             | 6,347        | 68,162    |
| 2014       | 44,752          | 1,754                    | 272       | 351       | 517       | 3,641   | 3,980                             | 632                             | 63                                   | 1,683                              | 6              | 12,367       | 70,017    |
| 2015       | 45,354          | 2,506                    | 141       | 446       | 621       | 3,064   | 4,877                             | 1,202                           | 57                                   | 2,331                              | 6              | 9,398        | 70,003    |
| 2016       | 43,582          | 5,243                    | 650       | 147       | 587       | 2,721   | 5,854                             | 1,481                           | 622                                  | 2,003                              | 300            | 14,491       | 77,682    |
| 2017       | 31,709          | 4,970                    | 866       | 354       | 459       | 1,172   | 6,011                             | 1,459                           | 59                                   | 2,071                              | 587            | 8,905        | 58,623    |
| 2018       | 27,604          | 17,407                   | 488       | 45        | 33        | 1,238   | 10,131                            | 872                             | 23                                   | 893                                | 201            | 12,828       | 71,762    |
| 2019       | 34,211          | 15,810                   | 929       | 261       | 382       | 234     | 7,678                             | 970                             | 130                                  | 1,046                              | 525            | 12,975       | 75,152    |
| 2020       | 46,108          | 6,519                    | 1,008     | 191       | 204       | 95      | 4,614                             | 925                             | 111                                  | 1,171                              | 471            | 15,808       | 77,222    |
| Total      | 1,098,956       | 57,958                   | 6,115     | 6,241     | 6,503     | 200,378 | 104,976                           | 9,074                           | 4,445                                | 55,728                             | 3,957          | 111,023      | 1,665,353 |

Para el caso de los factores de emisión, también se utilizaron los mismos supuestos que para el año 2012, variando solamente el año calendario de la corrida del modelo Mobile6Mexico a los años 2020 y 2030 y considerando que para esos años ya se deberá estar distribuyendo en todo el país combustible vehicular de ultra-bajo contenido de azufre (diésel de 15 ppm y gasolina de 30 ppm).

#### 4. VEGETACIÓN

El estado de Veracruz Ignacio de la Llave se localiza al oriente de la República Mexicana en el litoral del Golfo de México e integra 212 municipios, con los cuales se definieron las celdas del dominio. Se emplearon los centros geométricos municipales basados en los conjuntos vectoriales del marco geoestadístico 2010 versión 5 del Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). Se siguió la metodología de preparación de datos y modelación como se indica en manual del usuario del modelo GLOBEIS v.3. Disponible en [www.globeis.com](http://www.globeis.com) (Yarwood, Wilson, & Shepard, 2002).

Los datos de uso de suelo se tomaron de los conjuntos vectoriales de la serie de recursos naturales del INEGI. La Figura 4.1, muestra la distribución espacial de uso de suelo y entidades naturales consideradas para la modelación. En la Figura 4.2 se puede observar una muestra de la codificación de entrada al modelo GLOBEIS.

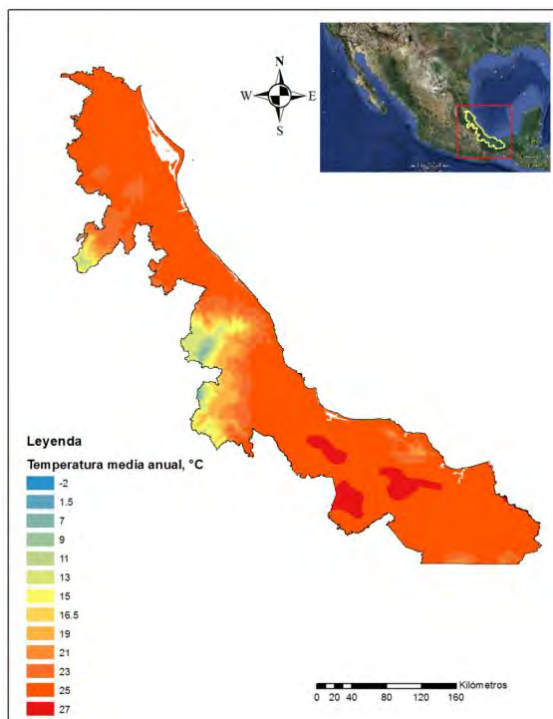


**FIGURA 4.1 DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE USO DE SUELO DE VERACRUZ**

```
#1:,,,
#2:GLOBEIS version 3 ,,,
#3:Archivo de uso de suelo,,,
#4:Caso: Inventario de emisiones biogénicas Veracruz,,,
#5:Fecha: Enero,2013,,,
#6:Autor: Adolfo Hernández M.,,,
#7:Icell, Jcell, LUcode, Cover Fraction
Veracruz,Acajete,98073,0.38135
Veracruz,Acajete,98059,0.42496
Veracruz,Acajete,98030,0.19369
Veracruz,Acatlán,98059,0.17465
Veracruz,Acatlán,98030,0.82535
Veracruz,Acayucan,98073,0.61235
Veracruz,Acayucan,98030,0.35529
Veracruz,Acayucan,98059,0.0201
Veracruz,Acayucan,98117,0.01112
Veracruz,Acayucan,98121,0.00114
Veracruz,Actopan,98121,0.00809
Veracruz,Actopan,98073,0.38319
Veracruz,Actopan,98030,0.40273
```

**FIGURA 4.2 CODIFICACIÓN DE USO DE SUELO PARA EL MODELO GLOBEIS**

Los datos de temperatura se tomaron de los conjuntos vectoriales de la serie de recursos naturales del INEGI. La Figura 4.3 muestra la distribución espacial de la temperatura media anual. En la Figura 4.4 se puede observar una muestra de la codificación de entrada al modelo GLOBEIS.

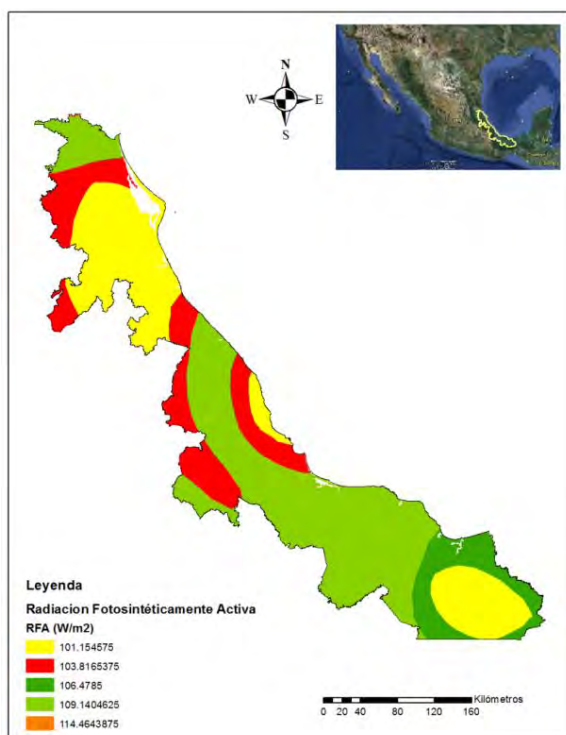


**FIGURA 4.3 DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA TEMPERATURA MEDIA ANUAL**

```
#1:,,,,,
#2:GLOBEIS version 3
#3: Tabla: Temperatura K
#4:Caso: Inventario del Estado de Veracruz
#5:Temperatura Media Anual (Kelvin)
#6:Author: Adolfo Hernández M.
#Año,Día,Hora,I,J,Temperatura K
2012,1,1,Veracruz,Acajete,285.2
2012,1,1,Veracruz,Acatlán,288.9
2012,1,1,Veracruz,Acayucan,299.2
2012,1,1,Veracruz,Actopan,295.2
2012,1,1,Veracruz,Acula,299.2
2012,1,1,Veracruz,Acultzingo,288.5
2012,1,1,Veracruz,Agua Dulce,299.2
2012,1,1,Veracruz,Alpatláhuac,287.0
2012,1,1,Veracruz,Alto Lucero de Gutiérrez Barrios,293.1
```

**FIGURA 4.4 CODIFICACIÓN DE TEMPERATURA PARA EL MODELO GLOBEIS**

Se utilizaron datos de CONABIO (<http://www.conabio.gob.mx>), para obtener los datos de radiación fotosintética activa (RFA) como una fracción de la radiación solar global. La Figura 4.5 muestra la distribución espacial de RFA obtenidos. En la Figura 4.6 se puede observar una muestra de la codificación de entrada de los valores de RFA al modelo GLOBEIS.

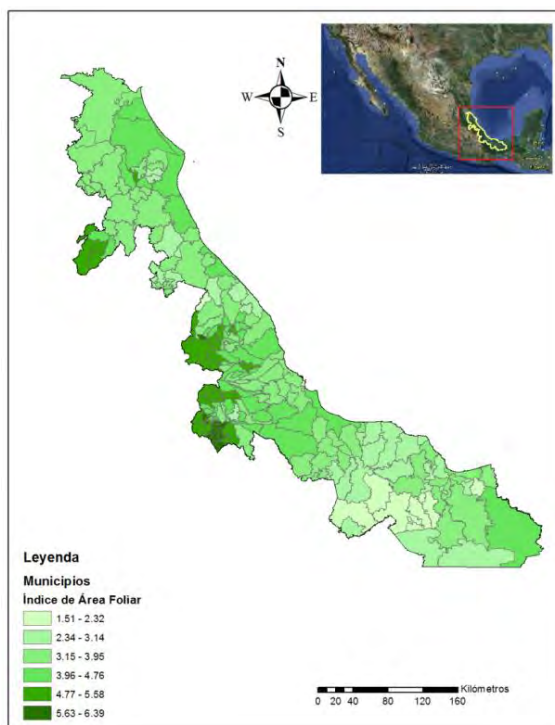


**FIGURA 4.5 DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE RFA**

```
#1:,,,,,
#2:GLOBEIS version 3
#3: Tabla: PAR Primavera
#4: Caso: Inventario de Emisiones Biogénicas-Veracruz, 2011
#5:Fecha de datos de PAR: 2011
#6:Autor: Adolfo Hernández M.
#7:year, day, hour, icell, jcell, PAR (w/m2)
2012,1,1,Veracruz,Misantla,109.1404625
2012,1,1,Veracruz,Minatitlán,106.4785
2012,1,1,Veracruz,Las Minas,109.1404625
2012,1,1,Veracruz,Miahuatlán,109.1404625
2012,1,1,Veracruz,Medellín,109.1404625
2012,1,1,Veracruz,Mecatlán,101.154575
2012,1,1,Veracruz,Martínez de la Torre,109.1404625
2012,1,1,Veracruz,Mariano Escobedo,103.8165375
2012,1,1,Veracruz,Manlio Fabio Altamirano,109.1404625
2012,1,1,Veracruz,Matrara,109.1404625
2012,1,1,Veracruz,Matamoros,103.8165375
```

**FIGURA 4.6 CODIFICACIÓN DE RFA PARA EL MODELO GLOBEIS**

El índice de área foliar (IAF) se determinó con base en las coberturas de uso de suelo y sus correspondientes IAF (Scurlock, Asner, & Gower, 2001). Por cuestiones de requerimientos del modelo, el IAF se codifica por celda, en este caso por municipio. La Figura 4.7 muestra la distribución espacial del IAF obtenidos. En la Figura 4.8 se puede observar una muestra de la codificación de entrada de los valores de IAF al modelo GLOBEIS.

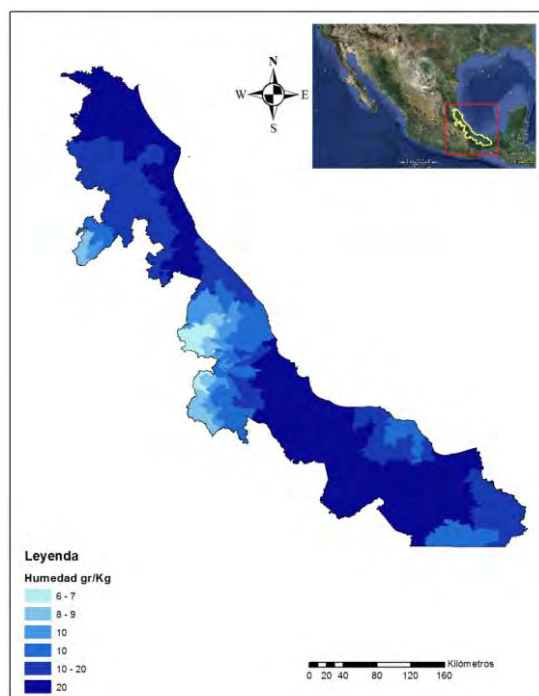


**FIGURA 4.7 DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE IAF**

```
#1:,,,,,
#2:GLOBEIS version 3
#3: Tabla: LAI
#4:Caso: Inventario del Estado de Veracruz
#5:Sistema de coordenadas proyectadas: North_America_Lamk
#6:Author: Adolfo Hernández M.
#7:Año,Día,I,J,LAI_current,LAI_prior,days Between
2012,1,Veracruz,Acajete,5.17,5.17,1
2012,1,Veracruz,Acatlán,5.05,5.05,1
2012,1,Veracruz,Acayucan,3.32,3.32,1
2012,1,Veracruz,Actopan,4.20,4.20,1
2012,1,Veracruz,Acuña,3.50,3.50,1
2012,1,Veracruz,Acultzingo,4.98,4.98,1
2012,1,Veracruz,Agua Dulce,3.61,3.61,1
2012,1,Veracruz,Alpatláhuac,5.17,5.17,1
2012,1,Veracruz,Alto Lucero de Gutiérrez Barrios,3.94,3.94,1
2012,1,Veracruz,Altotonga,3.92,3.92,1
2012,1,Veracruz,Alvarado,4.08,4.08,1
```

**FIGURA 4.8 CODIFICACIÓN DE IAF PARA EL MODELO GLOBEIS.**

Los datos de humedad se obtuvieron al convertir la humedad relativa a su correspondiente relación de humedad en gr/kg para los valores de temperatura ya mencionados arriba empleando las cartas psicométricas. Los datos de humedad relativa se obtuvieron de las bases de datos de meteorología reportadas en Mundomanz.com (<http://www.mundomanz.com/>).



**FIGURA 6.10 DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA HUMEDAD**

```
#1:,,,,,
#2:GLOBEIS version 3
#3: Tabla: Humedad (gr/kg)
#4:Caso: Inventario del Estado de Veracruz
#5:Temperatura Media Anual (Kelvin)
#6:Author: Adolfo Hernández M.
#7:Año,Día,Hora,I,J,Humedad gr/kg
2012,1,1,Veracruz,Acajete,7.0
2012,1,1,Veracruz,Acatlán,8.9
2012,1,1,Veracruz,Acayucan,17.0
2012,1,1,Veracruz,Actopan,13.2
2012,1,1,Veracruz,Acuña,17.0
2012,1,1,Veracruz,Acultzingo,8.6
2012,1,1,Veracruz,Agua Dulce,17.0
2012,1,1,Veracruz,Alpatláhuac,7.9
2012,1,1,Veracruz,Alto Lucero de Gutiérrez Barrios,11.6
2012,1,1,Veracruz,Altamira,10.2
```

**FIGURA 6.11 CODIFICACIÓN DE LA HUMEDAD PARA EL MODELO GLOBEIS**

Se emplearon datos de viento a nivel estatal debido a la falta de datos municipales. La Figura 6.12 muestra la codificación del valor de viento empleado en la modelación.

```
#1:,,,,,
#2:GLOBEIS version 3 PAR File,,,,,
#3: Tabla: Velocidad de viento (m/s),,,,,,
"#4: Caso: Inventario de Emisiones Biogénicas, Veracruz,
#5:Fecha de datos de viento: Primavera 2012,,,,,
#6:Autor: Adolfo Hernández M. ....,
#7:year, day, hour, icell, jcell,wind speed m/s
2012,1,1,Veracruz,Misantla,3.1
2012,1,1,Veracruz,Minatitlán,3.1
2012,1,1,Veracruz,Las Minas,3.1
2012,1,1,Veracruz,Miahuatlán,3.1
2012,1,1,Veracruz,Medellín,3.1
2012,1,1,Veracruz,Mecatlán,3.1
2012,1,1,Veracruz,Martínez de la Torre,3.1
2012,1,1,Veracruz,Mariano Escobedo,3.1
2012,1,1,Veracruz,Manlio Fabio Altamirano,3.1
2012,1,1,Veracruz,Matlaza,3.1
```

**FIGURA 6.12. CODIFICACIÓN DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO PARA EL MODELO GLOBEIS**

## 5 REFERENCIA

ANAFAPYT (2004). Estimación del mercado mexicano de pinturas 2004. Asociación Nacional de Fabricantes de Pinturas y Tintas, A.C. México.

ARB (s/f). Recubrimientos a base de agua. Doc. No. 801b. California Air Resources Board.  
[http://www.dtsc.ca.gov/PollutionPrevention/ABP/upload/TD\\_FS\\_-Recubrimientos\\_a\\_Base\\_de\\_Agua.pdf](http://www.dtsc.ca.gov/PollutionPrevention/ABP/upload/TD_FS_-Recubrimientos_a_Base_de_Agua.pdf)

ARB (29 de octubre de 2010). California Emission Inventory and Reporting System (CEIDARS) Particulate Matter and Gas speciation Profiles [Base de datos], USA.  
<http://www.arb.ca.gov/ei/speciate/dnldopt.htm>

CONAGUA (diciembre de 2009). Inventario Nacional de Plantas Municipales de Potabilización y de Tratamiento de Aguas Residuales en Operación. Consultado en:  
<http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/Inventario%20nacional%20de%20plantas%20municipales%202009.pdf>

CONAPO (2012). Proyecciones de la Población 2010-2050, Consejo Nacional de Población.

INEGI (2011). Sistema de cuentas nacionales de México. Producto interno bruto por entidad federativa 2006-2010. Año base 2003.  
<http://www.inegi.org.mx/sistemas/biblioteca/detalleSCNM.aspx?c=16877&upc=0&s=est&tg=54&f=2&pf=Cue>.

INEGI (2009). Anuario de estadísticas por Entidad Federativa.  
<http://www3.inegi.org.mx/sistemas/productos/?undefined>

INEGI (2013). Anuario Estadístico del Estado de Veracruz 2012.

INEGI (2013). Boletín de prensa número 141/13, Estadísticas básicas sobre medio ambiente Datos Veracruz de Ignacio de la Llave.

INEGI (2011). Censos económicos 2010, de:  
<http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/proyectos/censos/ce2009/saic/default.asp?s=est&c=17166>

INEGI (2011b). Producto interno bruto por actividad económica y entidad a precios corrientes. Sistema de cuentas nacionales de México.  
<http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/scn/default.aspx>

INEGI (2011c). Censo de población y vivienda, 2010. Resultados definitivos. Consultado

INEGI (2010a). Encuesta Nacional de Ingresos y gastos en los hogares. Nueva construcción.  
<http://www.inegi.org.mx/sistemas/microdatos2/defaultenighncv.aspx>

INEGI (2010b). Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE 03/2011). D.F., México. <http://www.inegi.org.mx/Sistemas/denue/Default.aspx>

INEGI (2007a). Clasificación Mexicana de Actividades y Productos, Censos Económicos 2007 (3ª reimpresión). D.F., México.

INEGI (2011). Censos económicos 2010.  
<http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/proyectos/censos/ce2009/saic/default.asp?s=est&c=17166>.

INEGI (2013). Marco Geo estadístico 2010 versión 5 del Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática.

IPCC, 2006. Directrices del para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, Volumen 1, Orientación general y generación de informes.

IPCC (2006). Directrices del para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, Volumen 2, Energía.

IPCC (2006). Directrices del para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, Volumen 3, Procesos industriales y uso de productos.

IPCC (2006). Directrices del para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, Volumen 4, Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra.

IPCC (2006). Directrices del para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, Volumen 5, Desechos.

Radian Internacional LLC y U.S. EPA (1997). Manuales del Programa de Inventario de Emisiones para México, Vol II-V. Research Triangle Park, North Carolina, USA. Consultado en enero de 2013, de: [http://www.epa.gov/ttn/catc/cica/other3\\_s.html](http://www.epa.gov/ttn/catc/cica/other3_s.html)

Radian Corporation (1996). Biogenic Sources Preferred Methods. Final Report. Area Sources Committee-Emission Inventory Improvement Program. Vol. V. Research Triangle Park, North Carolina, USA.

SCT (2010). Estadística Básica del Autotransporte Federal. Subdirección del Transporte. Dirección General de Autotransporte Federal. D.F., México.

SEFIPLAN (2014). Registro Vehicular Estatal de la Secretaría de Finanzas y Planeación del Gobierno del Estado de Veracruz.

SFA SAGARPA (2012). Perspectivas de largo plazo para el sector agropecuario de México 2011-2020.  
[http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Documents/estudios\\_economicos/escenariobase/perspectivalp\\_11-20.pdf](http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Documents/estudios_economicos/escenariobase/perspectivalp_11-20.pdf)

SEMARNAT-INE (2014). Inventario nacional de emisiones de México, 2008.

SEMARNAT-INE (1997). Manual VI “Desarrollo de Inventario de Emisiones de Vehículos Automotores” del Programa de Inventarios de Emisiones.

SEMARNAT-INE (2010). Factores de emisión para los recubrimientos arquitectónicos. Taller para el desarrollo del inventario nacional de emisiones 2008.

SENER (2013). Prospectivas del Petróleo y Petrolíferos 2013-2027,  
[http://www.energia.gob.mx/portal/Default\\_Intermedia.aspx?id=2615](http://www.energia.gob.mx/portal/Default_Intermedia.aspx?id=2615)

SENER (2013). Prospectivas de Gas Natural y Gas L.P 2013-2027,  
[http://www.energia.gob.mx/portal/Default\\_Intermedia.aspx?id=2615](http://www.energia.gob.mx/portal/Default_Intermedia.aspx?id=2615)

SENER (2014). Sistema de Información energética (SIE). <http://sie.energia.gob.mx/>

SENER (2010d). Prospectiva del sector eléctrico 2013-2027. Subsecretaría de planeación energética y desarrollo tecnológico.

SENER (2011). Indicadores de Eficiencia Energética en México” publicado por la Secretaría de Energía del Gobierno Federal de México en colaboración con la Agencia Internacional de Energía.

SEDEMA (2010). Base de datos de las Cédulas de Operación Anual de las fuentes de jurisdicción estatal del Estado de Veracruz.

Mundomanz.com (2012). Bases de datos de meteorología consultada en  
(<http://www.mundomanz.com/>).

TÜV Rheinland de México S.A. de C.V (2000). Programa para la Reducción y Eliminación de Fugas de gas L.P. en las Instalaciones Domésticas de la ZMVM. Reporte Final. D.F., México.

U.S. EPA (Diciembre de 2011).AP-42 Compilation for Air Pollutant Emission Factors in AP-42 fifth edition V.I. Stationary Point and Area Sources. United States Environmental Protection Agency: USA. <http://www.epa.gov/ttnchie1/ap42/>

U.S. EPA (Septiembre de 2011).SPECIATE V.4.2. [Base de datos], USA. Consultado de:  
<http://www.epa.gov/ttnchie1/software/speciate/>

U.S. EPA (2008). Landfill Gas Emissions Model, LandGEM (Versión 3.02) [Software de computadora], United States Environmental Protection Agency. USA. Consultado de:  
<http://www.epa.gov/ttnecat1/products.html>

U.S. EPA (2008a). Factor Information Retrieval (FIRE) V 6.25.[Base de datos], USA. Consultado de:  
<http://cfpub.epa.gov/oarweb/index.cfm?action=fire.main>

US EPA. (FAA Aircraft Engine Emission User Guide and Database (FAEED3.1), US EPA Emission Factor and Inventory Group (MD-14) Emissions, Monitoring and Analysis Division/Documentation for the 1996 Base Year National Toxics Inventory for Aircraft Sources.

U.S. EPA (2003). Modelo Mobile México v6.2 desarrollado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América.

Yarwood, G., Wilson, G., & Shepard, S. (2002). User's Guide to the Global Biosphere Emissions and Interactions System (GLOBEIS3). Novato, California: ENVIRON International Corporation - National Center for Atmospheric Research.

William Battye and Katherine Boyer. Methods for Improving Global Inventories of Black Carbon and Organic Carbon Particulates.

## ANEXO 5: INVENTARIO DE EMISIONES DETALLADO

El inventario de emisiones de la cuenca Coatzacoalcos-Minatitlán-Acayucan (Cuadro E.1), nos indica que gran parte de las emisiones de partículas  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$  provienen de los caminos no pavimentados, pero por daños a la salud es prioritario reducir las emisiones de partículas generadas en la industria química, en la fabricación de productos derivados del petróleo y del carbón, la combustión habitacional y de los tractocamiones que además este último es el principal generador de carbono negro. Los tractocamiones y en menor proporción los autos particulares, son los principales generadores de  $NO_x$ ; referente a los COV la industria química es la principal emisora de este contaminante. Referente a los gases de efecto invernadero, el  $CH_4$  es generado principalmente por el tratamiento de aguas residuales y el  $CO_2$  por la fabricación de productos derivados del petróleo y del carbón.

Cuadro E.1. Emisiones desagregadas generadas en la Cuenca Coatzacoalcos, Minatitlán y Acayucan, 2012

| Subsector                                                    | Emisión [ton/año] |              |            |               |               |               |               |              |                |                   |
|--------------------------------------------------------------|-------------------|--------------|------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|----------------|-------------------|
|                                                              | $PM_{10}$         | $PM_{2.5}$   | CN         | $SO_2$        | CO            | $NO_x$        | COV           | $NH_3$       | $CH_4$         | $CO_2$            |
| <b>Fuentes fijas</b>                                         | <b>888</b>        | <b>717</b>   | <b>58</b>  | <b>14,568</b> | <b>2,987</b>  | <b>4,608</b>  | <b>26,721</b> | <b>133</b>   | <b>112</b>     | <b>10,866,055</b> |
| Industria alimentaria                                        | 5.4               | 4.1          | 0.0        | 148.1         | 1.4           | 13.3          | 0.2           | 0.2          | 0.2            | 6,564.5           |
| Industria de la bebidas y el tabaco                          | N/S               | N/S          | N/S        | N/S           | 1             | 2             | 86            | N/S          | N/S            | 2,577             |
| Industrias del papel                                         | N/S               | N/S          | N/S        | N/S           | 3             | 6             | 9             | N/S          | N/S            | 5,317             |
| Fabricación de productos derivados del petróleo y del carbón | 849               | 679          | 53         | 13,400        | 2,731         | 4,215         | 194           | 121          | 102            | 10,391,299        |
| Industria química                                            | 34                | 34           | 5          | 1,020         | 249           | 369           | 26,285        | 12           | 10             | 457,520           |
| Fabricación de productos a base de minerales no metálicos    | 0.1               | 0.1          | 0.0        | 0.2           | 1.4           | 2.4           | 0.2           | 0.0          | 0.0            | 2,412.5           |
| Otras industrias manufactureras                              | N/S               | N/S          | N/S        | N/S           | N/S           | N/S           | 147           | N/A          | N/S            | 365               |
| <b>Fuentes de área</b>                                       | <b>10,863</b>     | <b>2,089</b> | <b>162</b> | <b>49</b>     | <b>28,309</b> | <b>2,332</b>  | <b>15,929</b> | <b>5,657</b> | <b>135,729</b> | <b>752,644</b>    |
| Recubrimiento de superficies arquitectónicas                 | N/A               | N/A          | N/A        | N/A           | N/A           | N/A           | 1,531         | N/A          | N/A            | N/A               |
| Limpieza de superficie industrial                            | N/A               | N/A          | N/A        | N/A           | N/A           | N/A           | 496           | N/A          | N/A            | N/A               |
| Lavado en seco                                               | N/A               | N/A          | N/A        | N/A           | N/A           | N/A           | 599           | N/A          | N/A            | N/A               |
| Productos de cuidado personal                                | N/A               | N/A          | N/A        | N/A           | N/A           | N/A           | 1,048         | N/A          | N/A            | N/A               |
| Productos para el cuidado automotriz                         | N/A               | N/A          | N/A        | N/A           | N/A           | N/A           | 609           | N/A          | N/A            | N/A               |
| Plaguicidas domésticos                                       | N/A               | N/A          | N/A        | N/A           | N/A           | N/A           | 808           | N/A          | N/A            | N/A               |
| Combustión habitacional                                      | 3,626             | 1,189        | 107        | 48            | 27,638        | 440           | 6,277         | N/S          | 2,328          | 511,924           |
| Operación de aeronaves                                       | N/S               | N/S          | N/S        | N/S           | 21,63         | 11,58         | N/E           | N/E          | 1              | 26,272            |
| Fugas en instalaciones de gas L.P.                           | N/A               | N/A          | N/A        | N/A           | N/A           | N/A           | 1,338         | N/A          | N/S            | N/A               |
| HNQ en la combustión de gas L.P.                             | N/A               | N/A          | N/A        | N/A           | N/A           | N/A           | 1,229         | N/A          | N/A            | N/A               |
| Rellenos sanitarios                                          | N/A               | N/A          | N/E        | N/A           | N/A           | N/A           | 85            | N/E          | 9,992          | 27,417            |
| Tratamiento de aguas residuales                              | N/A               | N/A          | N/E        | N/A           | N/A           | N/A           | 201           | N/E          | 95,841         | N/A               |
| Caminos pavimentados                                         | 141               | 34           | 1          | N/A           | N/A           | N/A           | N/A           | N/A          | N/A            | N/A               |
| Caminos sin pavimentar                                       | 5,920             | 592          | 11         | N/A           | N/A           | N/A           | N/A           | N/A          | N/A            | N/A               |
| Labranza y cosecha agrícola                                  | 650               | 144          | 1          | N/A           | N/A           | N/A           | N/A           | N/A          | N/A            | N/A               |
| Panaderías                                                   | N/A               | N/A          | N/A        | N/A           | N/A           | N/A           | 261           | N/A          | N/A            | N/A               |
| Emisiones domésticas de amoníaco                             | N/A               | N/A          | N/A        | N/A           | N/A           | N/A           | N/A           | 1,688        | N/A            | N/A               |
| Emisiones ganaderas de amoníaco                              | N/A               | N/A          | N/A        | N/A           | N/A           | N/A           | N/A           | 3,728        | N/A            | N/A               |
| Fermentación entérica                                        | N/A               | N/A          | N/A        | N/A           | N/A           | N/A           | N/A           | N/A          | 27010          | N/A               |
| Otras fuentes de área                                        | 526               | 130          | 42         | 1             | 649           | 1880          | 1,447         | 241          | 557            | 187031            |
| <b>Fuentes móviles</b>                                       | <b>274</b>        | <b>630</b>   | <b>398</b> | <b>809</b>    | <b>70,440</b> | <b>31,268</b> | <b>7,819</b>  | <b>188</b>   | <b>N/E</b>     | <b>2,777,131</b>  |
| Autos particulares                                           | 28                | 24           | 15         | 97            | 40,736        | 4,881         | 3,753         | 102          | N/E            | 435,903           |
| Taxis                                                        | 6                 | 3            | 2          | 17            | 3,509         | 418           | 269           | 26           | N/E            | 91,257            |
| Vagonetas de pasajeros                                       | 1                 | N/S          | N/S        | 2             | 564           | 53            | 51            | 2            | N/E            | 9,379             |
| Medibuses                                                    | 6                 | 5            | 3          | 4             | 63            | 194           | 46            | N/S          | N/E            | 11,398            |
| Autobuses                                                    | 33                | 15           | 10         | 29            | 369           | 802           | 86            | 1            | N/E            | 91,775            |
| Camionetas Pick up                                           | 3                 | 2            | 2          | 15            | 3,486         | 247           | 522           | 9            | N/E            | 74,843            |

| Subsector                          | Emisión [ton/año] |                   |            |                 |               |                 |               |                 |                 |                   |
|------------------------------------|-------------------|-------------------|------------|-----------------|---------------|-----------------|---------------|-----------------|-----------------|-------------------|
|                                    | PM <sub>10</sub>  | PM <sub>2.5</sub> | CN         | SO <sub>2</sub> | CO            | NO <sub>x</sub> | COV           | NH <sub>3</sub> | CH <sub>4</sub> | CO <sub>2</sub>   |
| Vehículos de carga de hasta 3 ton  | 2                 | 2                 | 1          | 8               | 1,318         | 131             | 159           | 12              | N/E             | 38,160            |
| Vehículos de carga de más de 3 ton | 90                | 79                | 50         | 60              | 1,213         | 1,795           | 241           | 5               | N/E             | 194,643           |
| Tractocamiones                     | 103               | 499               | 315        | 575             | 18,024        | 22,697          | 2,486         | 29              | N/E             | 1,820,993         |
| Motocicletas                       | 2                 | 1                 | 1          | 2               | 1,159         | 51              | 205           | 1               | N/E             | 8,778             |
| <b>Fuentes naturales</b>           | <b>N/A</b>        | <b>N/A</b>        | <b>N/A</b> | <b>N/A</b>      | <b>N/A</b>    | <b>4,908</b>    | <b>6,026</b>  | <b>N/A</b>      | <b>N/A</b>      | <b>N/A</b>        |
| Vegetación                         | N/A               | N/A               | N/A        | N/A             | N/A           | 4908            | 6,026         | N/A             | N/A             | N/A               |
| <b>Total</b>                       | <b>12,026</b>     | <b>3,028</b>      | <b>359</b> | <b>14,953</b>   | <b>86,903</b> | <b>24,485</b>   | <b>54,452</b> | <b>5,954</b>    | <b>135,841</b>  | <b>12,899,152</b> |

N/S: No significactivo. N/A: No aplica

En la cuenca de Tuxpan (ver Cuadro E.2), la mayor parte de las emisiones de partículas PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> y carbono negro, además de los SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> y CO<sub>2</sub>, son emitidas por la generación de energía eléctrica, principalmente por la Termoeléctrica Adolfo López Mateos que es la fuente donde el gobierno federal deberá realizar esfuerzos para reducir las emisiones que actualmente se generan.

Cuadro E.2. Emisiones desagregadas generadas en la Cuenca Tuxpan, 2012

| Subsector                                    | Emisión [ton/año] |                   |              |                 |               |                 |              |                 |                 |                   |
|----------------------------------------------|-------------------|-------------------|--------------|-----------------|---------------|-----------------|--------------|-----------------|-----------------|-------------------|
|                                              | PM <sub>10</sub>  | PM <sub>2.5</sub> | CN           | SO <sub>2</sub> | CO            | NO <sub>x</sub> | COV          | NH <sub>3</sub> | CH <sub>4</sub> | CO <sub>2</sub>   |
| <b>Fuentes fijas</b>                         | <b>6,823</b>      | <b>5,061</b>      | <b>1,507</b> | <b>142,551</b>  | <b>4,772</b>  | <b>15,014</b>   | <b>434</b>   | <b>321</b>      | <b>332</b>      | <b>11,742,035</b> |
| Generación de energía eléctrica              | 6,823             | 5,061             | 1,507        | 142,546         | 4,771         | 15,010          | 434          | 321             | 332             | 11,739,156        |
| Industria metal básica                       | 0.1               | 0.0               | 0.0          | 4.3             | 0.3           | 1.2             | 0.0          | 0.0             | 0.0             | 1,332             |
| Industria del papel                          | N/S               | N/S               | N/S          | N/S             | 1             | 3               | N/S          | N/S             | N/S             | 1,444             |
| Otras industrias manufactureras              | 0.0               | 0.0               | 0.0          | 0.3             | 0.0           | 0.1             | 0.0          | 0.0             | 0.0             | 103               |
| <b>Fuentes de área</b>                       | <b>1,543</b>      | <b>292</b>        | <b>18</b>    | <b>7</b>        | <b>4,078</b>  | <b>72</b>       | <b>2,239</b> | <b>464</b>      | <b>3,725</b>    | <b>86,414</b>     |
| Recubrimiento de superficies arquitectónicas | N/A               | N/A               | N/A          | N/A             | N/A           | N/A             | 226          | N/A             | N/A             | N/A               |
| Limpieza de superficie industrial            | N/A               | N/A               | N/A          | N/A             | N/A           | N/A             | 18           | N/A             | N/A             | N/A               |
| Lavado en seco                               | N/A               | N/A               | N/A          | N/A             | N/A           | N/A             | 88           | N/A             | N/A             | N/A               |
| Productos de cuidado personal                | N/A               | N/A               | N/A          | N/A             | N/A           | N/A             | 155          | N/A             | N/A             | N/A               |
| Productos para el cuidado automotriz         | N/A               | N/A               | N/A          | N/A             | N/A           | N/A             | 90           | N/A             | N/A             | N/A               |
| Plaguicidas domésticos                       | N/A               | N/A               | N/A          | N/A             | N/A           | N/A             | 119          | N/A             | N/A             | N/A               |
| Combustión habitacional                      | 535               | 176               | 16           | 7               | 4,041         | 65              | 927          | N/S             | 344             | 75,591            |
| Fugas en instalaciones de gas L.P.           | N/A               | N/A               | N/A          | N/A             | N/A           | N/A             | 198          | N/A             | N/S             | N/A               |
| HNQ en la combustión de gas L.P.             | N/A               | N/A               | N/A          | N/A             | N/A           | N/A             | 182          | N/A             | N/S             | N/A               |
| Rellenos sanitarios                          | N/A               | N/A               | N/E          | N/A             | N/A           | N/A             | 16           | N/E             | 1,928           | 5,291             |
| Caminos pavimentados                         | 21                | 5                 | N/S          | N/A             | N/A           | N/A             | N/A          | N/A             | N/A             | N/A               |
| Caminos sin pavimentar                       | 874               | 87                | 2            | N/A             | N/A           | N/A             | N/A          | N/A             | N/A             | N/A               |
| Labranza y cosecha agrícola                  | 88                | 20                | N/S          | N/A             | N/A           | N/A             | N/A          | N/A             | N/A             | N/A               |
| Panaderías                                   | N/A               | N/A               | N/A          | N/A             | N/A           | N/A             | 37           | N/A             | N/A             | N/A               |
| Emisiones domésticas de amoníaco             | N/A               | N/A               | N/A          | N/A             | N/A           | N/A             | N/A          | 249             | N/A             | N/A               |
| Emisiones ganaderas de amoníaco              | N/A               | N/A               | N/A          | N/A             | N/A           | N/A             | N/A          | 182             | N/A             | N/A               |
| Otras fuentes de área                        | 25                | 4                 | N/S          | N/S             | 37            | 7               | 183          | 33              | 29              | 5,532             |
| <b>Fuentes móviles</b>                       | <b>22</b>         | <b>18</b>         | <b>11</b>    | <b>31</b>       | <b>7,086</b>  | <b>1,154</b>    | <b>745</b>   | <b>21</b>       | <b>N/E</b>      | <b>126,005</b>    |
| Autos particulares                           | 4                 | 2                 | 1            | 11              | 5,432         | 613             | 511          | 13              | N/E             | 49,824            |
| Taxis                                        | N/S               | N/S               | N/S          | 1               | 100           | 13              | 9            | 1               | N/E             | 3,581             |
| Vagonetas de pasajeros                       | N/S               | N/S               | N/S          | N/S             | 88            | 8               | 8            | N/S             | N/E             | 1,333             |
| Medibuses                                    | 1                 | N/S               | N/S          | N/S             | 5             | 15              | 4            | N/S             | N/E             | 920               |
| Autobuses                                    | 3                 | 3                 | 2            | 4               | 69            | 127             | 14           | N/S             | N/E             | 14,231            |
| Camionetas Pick up                           | N/S               | N/S               | N/S          | 2               | 413           | 27              | 57           | 1               | N/E             | 8,472             |
| Vehículos de carga de hasta 3 ton            | 1                 | 1                 | N/S          | 4               | 685           | 68              | 86           | 5               | N/E             | 19,413            |
| Vehículos de carga de más de 3 ton           | 13                | 11                | 7            | 8               | 179           | 265             | 35           | 1               | N/E             | 26,492            |
| Tractocamiones                               | N/S               | N/S               | N/S          | N/S             | 9             | 12              | 1            | N/S             | N/E             | 948               |
| Motocicletas                                 | N/S               | N/S               | N/S          | N/S             | 108           | 5               | 20           | N/S             | N/E             | 790               |
| <b>Fuentes naturales</b>                     | <b>N/A</b>        | <b>N/A</b>        | <b>N/A</b>   | <b>N/A</b>      | <b>N/A</b>    | <b>857</b>      | <b>178</b>   | <b>N/A</b>      | <b>N/A</b>      | <b>N/A</b>        |
| Vegetación                                   | N/A               | N/A               | N/A          | N/A             | N/A           | 857             | 178          | N/A             | N/A             | N/A               |
| <b>Total</b>                                 | <b>8,387</b>      | <b>5,370</b>      | <b>1,535</b> | <b>142,587</b>  | <b>15,937</b> | <b>17,097</b>   | <b>3,595</b> | <b>806</b>      | <b>4,057</b>    | <b>11,954,453</b> |

N/S: No significactivo. N/A: No aplica

En la cuenca Córdoba-Orizaba (ver Cuadro E.3), las emisiones de PM<sub>10</sub> se generan en los caminos no pavimentados, pero en orden de importancia por su afectación a la salud, la principal fuente de este contaminante es la proveniente de la industria alimentaria y la combustión habitacional; las partícula PM<sub>2.5</sub> en su gran mayoría son generados por la industria alimentaria y la combustión habitacional, los tractocamiones y los vehículos de más de tres toneladas; el carbono negro es generado mayoritariamente por los tractocamiones, los vehículos de más de tres toneladas y la combustión habitacional; el SO<sub>2</sub> es generado principalmente por la industria de productos de minerales no metálicos y la industria alimentaria; el CO se genera por la combustión habitacional, los autos particulares, los tractocamiones, las camionetas pick up y las quemas agrícolas; los NO<sub>x</sub> son emitidos por los tractocamiones, los autos particulares y los vehículos de más de tres toneladas y los autobuses; los COV son principalmente generados por la combustión habitacional, los autos particulares y el recubrimiento de superficies arquitectónicas; el NH<sub>3</sub> es generado por las emisiones domésticas y las emisiones ganaderas de amoníaco; el CH<sub>4</sub> es emitido principalmente en el tratamiento de aguas residuales y por los rellenos sanitarios; por lo que corresponde a las emisiones de CO<sub>2</sub> es generado en mayores cantidades por la fabricación de productos a base de minerales no metálicos y los tractocamiones. Con base en el análisis anterior para esta cuenca atmosférica se deberán concentrar los esfuerzos para disminuir las emisiones en la industria cementera y las fuentes móviles en especial la proveniente de los tractocamiones, los autos particulares y los autobuses.

Cuadro E.3. Emisiones desagregadas generadas en la Cuenca Córdoba Orizaba, 2012

| Subsector                                                 | Emisión [ton/año] |                   |            |                 |               |                 |               |                 |                 |                  |
|-----------------------------------------------------------|-------------------|-------------------|------------|-----------------|---------------|-----------------|---------------|-----------------|-----------------|------------------|
|                                                           | PM <sub>10</sub>  | PM <sub>2.5</sub> | CN         | SO <sub>2</sub> | CO            | NO <sub>x</sub> | COV           | NH <sub>3</sub> | CH <sub>4</sub> | CO <sub>2</sub>  |
| <b>Fuentes fijas</b>                                      | <b>5,844</b>      | <b>2,762</b>      | <b>245</b> | <b>12,802</b>   | <b>261</b>    | <b>1,554</b>    | <b>3,283</b>  | <b>11</b>       | <b>190</b>      | <b>2,197,930</b> |
| Industria alimentaria                                     | 3,879             | 2,218             | 194        | 992             | 8             | 460             | 1             | 1               | 147             | 524,672          |
| Industria de la bebidas y el tabaco                       | 851               | 489               | 49         | 254             | 69            | 183             | 5             | 3               | 34              | 229,558          |
| Industrias del papel                                      | 26                | 21                | 2          | 320             | 122           | 166             | 514           | 5               | 4               | 206,948          |
| Industria química                                         | 1                 | N/S               | N/S        | 2               | 3             | 5               | 1,085         | N/S             | N/S             | 6,258            |
| Fabricación de productos a base de minerales no metálicos | 964               | 26                | N/S        | 11,228          | 28            | 693             | 81            | 1               | 6               | 1,171,152        |
| Industria metal básica                                    | 24                | 2                 | N/S        | 1               | 17            | 21              | 64            | 1               | N/S             | 27,614           |
| Industria del papel                                       | 0.3               | 0.3               | 0.0        | 0.0             | 3.2           | 3.8             | 0.2           | 0.1             | 0.1             | 5,455            |
| Otras industrias manufactureras                           | 99                | 5                 | 0.0        | 5               | 11            | 23              | 1,533         | N/S             | N/S             | 26,273           |
| <b>Fuentes de área</b>                                    | <b>8,722</b>      | <b>1,632</b>      | <b>107</b> | <b>134</b>      | <b>27,060</b> | <b>1,105</b>    | <b>13,578</b> | <b>2,591</b>    | <b>29,335</b>   | <b>628,803</b>   |
| Recubrimiento de superficies arquitectónicas              | N/A               | N/A               | N/A        | N/A             | N/A           | N/A             | 1,272         | N/A             | N/A             | N/A              |
| Limpieza de superficie industrial                         | N/A               | N/A               | N/A        | N/A             | N/A           | N/A             | 340           | N/A             | N/A             | N/A              |
| Lavado en seco                                            | N/A               | N/A               | N/A        | N/A             | N/A           | N/A             | 497           | N/A             | N/A             | N/A              |
| Productos de cuidado personal                             | N/A               | N/A               | N/A        | N/A             | N/A           | N/A             | 870           | N/A             | N/A             | N/A              |
| Productos para el cuidado automotriz                      | N/A               | N/A               | N/A        | N/A             | N/A           | N/A             | 506           | N/A             | N/A             | N/A              |
| Plaguicidas domésticos                                    | N/A               | N/A               | N/A        | N/A             | N/A           | N/A             | 671           | N/A             | N/A             | N/A              |
| Combustión habitacional                                   | 3,013             | 988               | 88         | 40              | 22,738        | 366             | 5,215         | N/S             | 1,934           | 425,319          |
| Quemas agrícolas                                          | 324               | 26                | 2          | 93              | 3,961         | 390             | 161           | N/E             | 196             | 109,864          |
| Fugas en instalaciones de gas L.P.                        | N/A               | N/A               | N/A        | N/A             | N/A           | N/A             | 1,111         | N/A             | N/S             | N/A              |
| HNQ en la combustión de gas L.P.                          | N/A               | N/A               | N/A        | N/A             | N/A           | N/A             | 1,021         | N/A             | N/S             | N/A              |
| Rellenos sanitarios                                       | N/A               | N/A               | N/E        | N/A             | N/A           | N/A             | 71            | N/E             | 8,283           | 22,727           |
| Tratamiento de aguas residuales                           | N/A               | N/A               | N/E        | N/A             | N/A           | N/A             | 505           | N/E             | 18,260          | N/A              |
| Caminos pavimentados                                      | 117               | 28                | 1          | N/A             | N/A           | N/A             | N/A           | N/A             | N/A             | N/A              |
| Caminos sin pavimentar                                    | 4,919             | 492               | 9          | N/A             | N/A           | N/A             | N/A           | N/A             | N/A             | N/A              |
| Labranza y cosecha agrícola                               | 307               | 68                | N/S        | N/A             | N/A           | N/A             | N/A           | N/A             | N/A             | N/A              |
| Panaderías                                                | N/A               | N/A               | N/A        | N/A             | N/A           | N/A             | 209           | N/A             | N/A             | N/A              |
| Emisiones domésticas de amoníaco                          | N/A               | N/A               | N/A        | N/A             | N/A           | N/A             | N/A           | 1,402           | N/A             | N/A              |
| Emisiones ganaderas de amoníaco                           | N/A               | N/A               | N/A        | N/A             | N/A           | N/A             | N/A           | 1,074           | N/A             | N/A              |
| Fermentación entérica                                     | N/A               | N/A               | N/A        | N/A             | N/A           | N/A             | N/A           | N/A             | 624             | N/A              |
| Otras fuentes de área                                     | 42                | 30                | 7          | 1               | 361           | 349             | 1,129         | 115             | 38              | 70,893           |
| <b>Fuentes móviles</b>                                    | <b>464</b>        | <b>399</b>        | <b>267</b> | <b>504</b>      | <b>54,014</b> | <b>17,407</b>   | <b>6,184</b>  | <b>179</b>      | <b>N/E</b>      | <b>1,645,749</b> |
| Autos particulares                                        | 23                | 12                | 7          | 65              | 33,370        | 3,626           | 3,113         | 77              | N/E             | 302,911          |
| Taxis                                                     | 3                 | 1                 | 1          | 8               | 1,983         | 230             | 149           | 12              | N/E             | 42,353           |

| Subsector                          | Emisión [ton/año] |                   |            |                 |               |                 |               |                 |                 |                  |
|------------------------------------|-------------------|-------------------|------------|-----------------|---------------|-----------------|---------------|-----------------|-----------------|------------------|
|                                    | PM <sub>10</sub>  | PM <sub>2.5</sub> | CN         | SO <sub>2</sub> | CO            | NO <sub>x</sub> | COV           | NH <sub>3</sub> | CH <sub>4</sub> | CO <sub>2</sub>  |
| Vagonetas de pasajeros             | 1                 | 0                 | 0          | 2               | 745           | 68              | 66            | 3               | N/E             | 12,027           |
| Medibuses                          | 13                | 12                | 7          | 8               | 138           | 423             | 103           | 1               | N/E             | 25,414           |
| Autobuses                          | 35                | 31                | 20         | 56              | 753           | 1,556           | 169           | 2               | N/E             | 178,252          |
| Camionetas Pick up                 | 5                 | 3                 | 3          | 21              | 5,535         | 333             | 795           | 13              | N/E             | 105,820          |
| Vehículos de carga de hasta 3 ton  | 2                 | 2                 | 1          | 7               | 1,287         | 118             | 159           | 12              | N/E             | 32,260           |
| Vehículos de carga de más de 3 ton | 169               | 153               | 111        | 124             | 2,107         | 2,706           | 431           | 46              | N/E             | 273,786          |
| Tractocamiones                     | 210               | 184               | 117        | 210             | 6,555         | 8,284           | 916           | 12              | N/E             | 662,231          |
| Motocicletas                       | 3                 | 2                 | 1          | 3               | 1,541         | 63              | 283           | 1               | N/E             | 10,695           |
| <b>Fuentes naturales</b>           | <b>N/A</b>        | <b>N/A</b>        | <b>N/A</b> | <b>N/A</b>      | <b>N/A</b>    | <b>960</b>      | <b>1,021</b>  | <b>N/A</b>      | <b>N/A</b>      | <b>N/A</b>       |
| Vegetación                         | N/A               | N/A               | N/A        | N/A             | N/A           | 960             | 1,021         | N/A             | N/A             | N/A              |
| <b>Total</b>                       | <b>15,031</b>     | <b>4,793</b>      | <b>619</b> | <b>13,440</b>   | <b>81,335</b> | <b>21,026</b>   | <b>24,066</b> | <b>2,781</b>    | <b>29,525</b>   | <b>4,472,482</b> |

N/S: No significativo. N/A: No aplica

En la cuenca de Veracruz (ver Cuadro E.4), gran parte de las emisiones de PM<sub>10</sub> se generan en los caminos no pavimentados, pero las principales emisiones que se tienen que controlar por su afectación a la salud, son las PM<sub>10</sub> proveniente de la Industria alimentaria y por la quema de leña en la combustión habitacional, además este último sector es el principal generador de COV. Los autos particulares después de la combustión habitacional es otro de los principales emisores de COV. De las emisiones de NO<sub>x</sub>, los principales emisores son los autos particulares y los vehículos pesados a diésel como los tractocamiones, vehículos de carga de más de 3 ton y los autobuses, también por la generación de energía eléctrica se emiten cantidades importantes de NO<sub>x</sub>. De los gases de efecto invernadero los principales generadores de CH<sub>4</sub> son los rellenos sanitarios, la fermentación entérica y el tratamiento de aguas residuales; y de las emisiones de CO<sub>2</sub> es la generación de energía eléctrica, la operación de aeronaves y la combustión habitacional.

Con base en el análisis anterior para esta cuenca atmosférica se deberán concentrar los esfuerzos para disminuir las emisiones por el uso de leña en la combustión habitacional, en los autos particulares y vehículos pesados a diésel.

**Cuadro E.4. Emisiones desagregadas generadas en la Cuenca Veracruz, 2012**

| Subsector                                                 | Emisión [ton/año] |                   |            |                 |               |                 |               |                 |                 |                  |
|-----------------------------------------------------------|-------------------|-------------------|------------|-----------------|---------------|-----------------|---------------|-----------------|-----------------|------------------|
|                                                           | PM <sub>10</sub>  | PM <sub>2.5</sub> | CN         | SO <sub>2</sub> | CO            | NO <sub>x</sub> | COV's         | NH <sub>3</sub> | CH <sub>4</sub> | CO <sub>2</sub>  |
| <b>Fuentes fijas</b>                                      | <b>4,571</b>      | <b>2,648</b>      | <b>250</b> | <b>34</b>       | <b>1,171</b>  | <b>1,786</b>    | <b>683</b>    | <b>43</b>       | <b>202</b>      | <b>2,420,882</b> |
| Generación de energía eléctrica                           | 78                | 78                | 12         | 6               | 858           | 1,021           | 56            | 33              | 25              | 1,391,475        |
| Industria alimentaria                                     | 4,463             | 2,549             | 233        | 18              | 39            | 484             | 3             | 1               | 170             | 630,632          |
| Industria de la bebidas y el tabaco                       | N/S               | N/S               | N/S        | N/S             | 1             | 2               | 77            | N/S             | N/S             | 2,536            |
| Industrias del papel                                      | 4                 | N/S               | N/S        | 7               | 1             | 2               | 38            | N/S             | N/S             | 1,543            |
| Industria química                                         | N/S               | N/S               | N/S        | 1               | 2             | 3               | 157           | N/S             | N/S             | 3,258            |
| Fabricación de productos a base de minerales no metálicos | 3                 | N/S               | N/S        | N/S             | N/S           | N/S             | N/S           | N/S             | N/S             | 17,030           |
| Industria metal básica                                    | 22                | 21                | 5          | 2               | 270           | 273             | 96            | 9               | 7               | 372,458          |
| Otras industrias manufactureras                           | 1                 | N/S               | N/S        | N/S             | N/S           | 1               | 256           | N/S             | N/S             | 1,950            |
| <b>Fuentes de área</b>                                    | <b>8,756</b>      | <b>1,623</b>      | <b>101</b> | <b>111</b>      | <b>26,690</b> | <b>1,023</b>    | <b>13,698</b> | <b>2,416</b>    | <b>28,040</b>   | <b>1,008,314</b> |
| Recubrimiento de superficies arquitectónicas              | N/A               | N/A               | N/A        | N/A             | N/A           | N/A             | 1,283         | N/A             | N/A             | N/A              |
| Limpieza de superficie industrial                         | N/A               | N/A               | N/A        | N/A             | N/A           | N/A             | 303           | N/A             | N/A             | N/A              |
| Lavado en seco                                            | N/A               | N/A               | N/A        | N/A             | N/A           | N/A             | 501           | N/A             | N/A             | N/A              |
| Productos de cuidado personal                             | N/A               | N/A               | N/A        | N/A             | N/A           | N/A             | 877           | N/A             | N/A             | N/A              |
| Productos para el cuidado automotriz                      | N/A               | N/A               | N/A        | N/A             | N/A           | N/A             | 510           | N/A             | N/A             | N/A              |
| Plaguicidas domésticos                                    | N/A               | N/A               | N/A        | N/A             | N/A           | N/A             | 677           | N/A             | N/A             | N/A              |
| Combustión habitacional                                   | 3,037             | 996               | 89         | 40              | 22,923        | 369             | 5,258         | N/S             | 1,949           | 428,771          |
| Operación de aeronaves                                    | 1                 | 1                 | N/S        | N/S             | 507           | 314             | 116           | N/S             | 11              | 429,626          |
| Quemas agrícolas                                          | 249               | 20                | 1          | 71              | 3,047         | 300             | 124           | N/E             | 151             | 84,511           |
| Fugas en instalaciones de gas L.P.                        | N/A               | N/A               | N/A        | N/A             | N/A           | N/A             | 1,120         | N/A             | N/S             | N/A              |
| HNQ en la combustión de gas L.P.                          | N/A               | N/A               | N/A        | N/A             | N/A           | N/A             | 1,030         | N/A             | N/S             | N/A              |
| Rellenos sanitarios                                       | N/A               | N/A               | N/E        | N/A             | N/A           | N/A             | 106           | N/E             | 12,403          | 34,031           |
| Tratamiento de aguas residuales                           | N/A               | N/A               | N/E        | N/A             | N/A           | N/A             | 518           | N/E             | 6,792           | N/A              |

| Subsector                          | Emisión [ton/año] |                   |            |                 |               |                 |               |                 |                 |                  |
|------------------------------------|-------------------|-------------------|------------|-----------------|---------------|-----------------|---------------|-----------------|-----------------|------------------|
|                                    | PM <sub>10</sub>  | PM <sub>2,5</sub> | CN         | SO <sub>2</sub> | CO            | NO <sub>x</sub> | COV's         | NH <sub>3</sub> | CH <sub>4</sub> | CO <sub>2</sub>  |
| Caminos pavimentados               | 118               | 28                | 1          | N/A             | N/A           | N/A             | N/A           | N/A             | N/A             | N/A              |
| Caminos sin pavimentar             | 4,959             | 496               | 9          | N/A             | N/A           | N/A             | N/A           | N/A             | N/A             | N/A              |
| Labranza y cosecha agrícola        | 271               | 60                | N/S        | N/A             | N/A           | N/A             | N/A           | N/A             | N/A             | N/A              |
| Panaderías                         | N/A               | N/A               | N/A        | N/A             | N/A           | N/A             | 211           | N/A             | N/A             | N/A              |
| Emisiones domésticas de amoníaco   | N/A               | N/A               | N/A        | N/A             | N/A           | N/A             | N/A           | 1,414           | N/A             | N/A              |
| Emisiones ganaderas de amoníaco    | N/A               | N/A               | N/A        | N/A             | N/A           | N/A             | N/A           | 902             | N/A             | N/A              |
| Fermentación entérica              | N/A               | N/A               | N/A        | N/A             | N/A           | N/A             | N/A           | N/A             | 6,599           | N/A              |
| Otras fuentes de área              | 121               | 22                | 1          | N/S             | 213           | 40              | 1,064         | 100             | 135             | 31,375           |
| <b>Fuentes móviles</b>             | <b>300</b>        | <b>247</b>        | <b>155</b> | <b>358</b>      | <b>56,617</b> | <b>13,146</b>   | <b>6,166</b>  | <b>169</b>      | <b>N/E</b>      | <b>1,356,165</b> |
| Autos particulares                 | 28                | 15                | 9          | 81              | 39,485        | 4,489           | 3,643         | 101             | N/E             | 383,747          |
| Taxis                              | 3                 | 1                 | 1          | 8               | 1,319         | 162             | 106           | 12              | N/E             | 41,763           |
| Vagonetas de pasajeros             | N/S               | N/S               | N/S        | 2               | 442           | 41              | 37            | 2               | N/E             | 8,459            |
| Medibuses                          | 3                 | 2                 | 2          | 2               | 26            | 94              | 20            | N/S             | N/E             | 5,728            |
| Autobuses                          | 25                | 22                | 14         | 39              | 527           | 1,091           | 118           | 1               | N/E             | 125,475          |
| Camionetas Pick up                 | 4                 | 2                 | 2          | 19              | 4,786         | 301             | 686           | 11              | N/E             | 94,630           |
| Vehículos de carga de hasta 3 ton  | 5                 | 4                 | 2          | 18              | 2,267         | 261             | 254           | 28              | N/E             | 87,884           |
| Vehículos de carga de más de 3 ton | 121               | 106               | 67         | 80              | 1,695         | 2,450           | 331           | 7               | N/E             | 257,639          |
| Tractocamiones                     | 104               | 91                | 58         | 104             | 3,234         | 4,137           | 450           | 5               | N/E             | 330,445          |
| Motocicletas                       | 6                 | 3                 | 1          | 5               | 2,836         | 121             | 521           | 2               | N/E             | 20,396           |
| <b>Fuentes naturales</b>           | <b>N/A</b>        | <b>N/A</b>        | <b>N/A</b> | <b>N/A</b>      | <b>N/A</b>    | <b>826</b>      | <b>1,811</b>  | <b>N/A</b>      | <b>N/A</b>      | <b>N/A</b>       |
| Vegetación                         | N/A               | N/A               | N/A        | N/A             | N/A           | 826,3           | 1,811         | N/A             | N/A             | N/A              |
| <b>Total</b>                       | <b>13,627</b>     | <b>4,518</b>      | <b>506</b> | <b>503</b>      | <b>84,477</b> | <b>16,782</b>   | <b>22,358</b> | <b>2,628</b>    | <b>28,242</b>   | <b>4,785,360</b> |

N/S: No significativo. N/A: No aplica

En la cuenca de Xalapa-Enriquez (ver Cuadro E.5), también se deberán concentrar los esfuerzos para disminuir las emisiones por el uso de leña en la combustión habitacional, en los autos particulares y vehículos pesados a diesel.

Cuadro E.5. Emisiones desagregadas generadas en la Cuenca Xalapa-Enrique, 2012

| Subsector                                                     | Emisión [ton/año] |                   |           |                 |               |                 |               |                 |                 |                 |
|---------------------------------------------------------------|-------------------|-------------------|-----------|-----------------|---------------|-----------------|---------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                                                               | PM <sub>10</sub>  | PM <sub>2,5</sub> | CN        | SO <sub>2</sub> | CO            | NO <sub>x</sub> | COV's         | NH <sub>3</sub> | CH <sub>4</sub> | CO <sub>2</sub> |
| <b>Fuentes fijas</b>                                          | <b>814</b>        | <b>450</b>        | <b>36</b> | <b>653</b>      | <b>22</b>     | <b>159</b>      | <b>410</b>    | <b>1</b>        | <b>30</b>       | <b>185,023</b>  |
| 311 Industria alimentaria                                     | 753               | 428               | 36        | 1               | 9             | 96              | 2             | 0.0             | 29              | 134,979         |
| 312 Industria de la bebidas y el tabaco                       | 4                 | 3                 | N/S       | 80              | 1             | 7               | 0.1           | 0.1             | 0.1             | 3,789           |
| 322 Industrias del papel                                      | N/S               | N/S               | N/S       | N/S             | N/S           | 1               | 52            | N/S             | N/S             | 330             |
| 325 Industria química                                         | N/S               | N/S               | N/S       | N/S             | 1             | 2               | 51            | N/S             | N/S             | 2,509           |
| 327 Fabricación de productos a base de minerales no metálicos | 42                | 19                | N/S       | 571             | 5             | 43              | 1             | 1               | 1               | 33,549          |
| 331 industria metal básica                                    | 7                 | N/S               | N/S       | N/S             | 3             | 4               | 8             | N/S             | N/S             | 4,455           |
| 339 Otras industrias manufactureras                           | 8                 | N/S               | N/S       | 1               | 3             | 6               | 296           | N/S             | N/S             | 5,412           |
| <b>Fuentes de área</b>                                        | <b>6,950</b>      | <b>1,282</b>      | <b>82</b> | <b>110</b>      | <b>21,916</b> | <b>657</b>      | <b>10,515</b> | <b>1,493</b>    | <b>15,741</b>   | <b>484,115</b>  |
| Recubrimiento de superficies arquitectónicas                  | N/A               | N/A               | N/A       | N/A             | N/A           | N/A             | 1,031         | N/A             | N/A             | N/A             |
| Limpieza de superficie industrial                             | N/A               | N/A               | N/A       | N/A             | N/A           | N/A             | 127           | N/A             | N/A             | N/A             |
| Lavado en seco                                                | N/A               | N/A               | N/A       | N/A             | N/A           | N/A             | 403           | N/A             | N/A             | N/A             |
| Productos de cuidado personal                                 | N/A               | N/A               | N/A       | N/A             | N/A           | N/A             | 705           | N/A             | N/A             | N/A             |
| Productos para el cuidado automotriz                          | N/A               | N/A               | N/A       | N/A             | N/A           | N/A             | 410           | N/A             | N/A             | N/A             |
| Plaguicidas domésticos                                        | N/A               | N/A               | N/A       | N/A             | N/A           | N/A             | 544           | N/A             | N/A             | N/A             |
| Combustión habitacional                                       | 2,440             | 800               | 72        | 32              | 18,419        | 296             | 4,225         | N/S             | 1,566           | 344,524         |
| Quemas agrícolas                                              | 272               | 22                | 1         | 78              | 3,326         | 328             | 135           | N/E             | 165             | 92,260          |
| Fugas en instalaciones de gas L.P.                            | N/A               | N/A               | N/A       | N/A             | N/A           | N/A             | 900           | N/A             | N/S             | N/A             |
| HNQ en la combustión de gas L.P.                              | N/A               | N/A               | N/A       | N/A             | N/A           | N/A             | 827           | N/A             | N/S             | N/A             |
| Rellenos sanitarios                                           | N/A               | N/A               | N/E       | N/A             | N/A           | N/A             | 69            | N/E             | 8,064           | 22,126          |
| Tratamiento de aguas residuales                               | N/A               | N/A               | N/E       | N/A             | N/A           | N/A             | 83            | N/E             | 5,155           | N/A             |
| Caminos pavimentados                                          | 95                | 23                | 1         | N/A             | N/A           | N/A             | N/A           | N/A             | N/A             | N/A             |
| Caminos sin pavimentar                                        | 3,984             | 398               | 8         | N/A             | N/A           | N/A             | N/A           | N/A             | N/A             | N/A             |
| Labranza y cosecha agrícola                                   | 137               | 30                | N/S       | N/A             | N/A           | N/A             | N/A           | N/A             | N/A             | N/A             |
| Panaderías                                                    | N/A               | N/A               | N/A       | N/A             | N/A           | N/A             | 169           | N/A             | N/A             | N/A             |

| Subsector                          | Emisión [ton/año] |                   |            |                 |               |                 |               |                 |                 |                  |
|------------------------------------|-------------------|-------------------|------------|-----------------|---------------|-----------------|---------------|-----------------|-----------------|------------------|
|                                    | PM <sub>10</sub>  | PM <sub>2,5</sub> | CN         | SO <sub>2</sub> | CO            | NO <sub>x</sub> | COV's         | NH <sub>3</sub> | CH <sub>4</sub> | CO <sub>2</sub>  |
| Emisiones domésticas de amoníaco   | N/A               | N/A               | N/A        | N/A             | N/A           | N/A             | N/A           | 1,136           | N/A             | N/A              |
| Emisiones ganaderas de amoníaco    | N/A               | N/A               | N/A        | N/A             | N/A           | N/A             | N/A           | 306             | N/A             | N/A              |
| Fermentación entérica              | N/A               | N/A               | N/A        | N/A             | N/A           | N/A             | N/A           | N/A             | 774             | N/A              |
| Otras fuentes de área              | 22                | 9                 | N/S        | N/S             | 171           | 33              | 887           | 51              | 17              | 25205            |
| <b>Fuentes móviles</b>             | <b>248</b>        | <b>213</b>        | <b>157</b> | <b>304</b>      | <b>50,648</b> | <b>9,498</b>    | <b>5,526</b>  | <b>210</b>      | <b>N/E</b>      | <b>956,277</b>   |
| Autos particulares                 | 30                | 18                | 11         | 80              | 36,101        | 4,184           | 3,323         | 90              | N/E             | 365,526          |
| Taxis                              | 6                 | 3                 | 2          | 17              | 3,752         | 441             | 285           | 25              | N/E             | 89,852           |
| Vagonetas de pasajeros             | N/S               | N/S               | N/S        | 1               | 412           | 38              | 36            | 2               | N/E             | 7,405            |
| Medibuses                          | 26                | 22                | 14         | 16              | 462           | 846             | 346           | 2               | N/E             | 52,179           |
| Autobuses                          | 10                | 9                 | 6          | 17              | 325           | 468             | 68            | 1               | N/E             | 53,315           |
| Camionetas Pick up                 | 3                 | 1                 | 1          | 12              | 3,068         | 186             | 436           | 7               | N/E             | 59,304           |
| Vehículos de carga de hasta 3 ton  | 3                 | 2                 | 1          | 10              | 2,108         | 182             | 271           | 15              | N/E             | 45,971           |
| Vehículos de carga de más de 3 ton | 116               | 109               | 90         | 97              | 1,331         | 1,214           | 295           | 61              | N/E             | 125,852          |
| Tractocamiones                     | 51                | 45                | 30         | 51              | 1,630         | 1,905           | 229           | 6               | N/E             | 150,832          |
| Motocicletas                       | 3                 | 3                 | 2          | 3               | 1,459         | 33              | 235           | 2               | N/E             | 6,041            |
| <b>Fuentes naturales</b>           | <b>N/A</b>        | <b>N/A</b>        | <b>N/A</b> | <b>N/A</b>      | <b>N/A</b>    | <b>636</b>      | <b>629</b>    | <b>N/A</b>      | <b>N/A</b>      | <b>N/A</b>       |
| Vegetación                         | N/A               | N/A               | N/A        | N/A             | N/A           | 635,8           | 629           | N/A             | N/A             | N/A              |
| <b>Total</b>                       | <b>8,013</b>      | <b>1,945</b>      | <b>274</b> | <b>1,067</b>    | <b>72,586</b> | <b>10,950</b>   | <b>17,079</b> | <b>1,704</b>    | <b>15,771</b>   | <b>1,625,415</b> |

N/S: No significativo. N/A: No aplica

En la cuenca de Poza Rica de Hidalgo, Papantla (ver Cuadro E.6), al igual que en todas las cuencas se deberán reducir las emisiones por el uso de leña y de los autos particulares.

Cuadro E.6. Emisiones desagregadas generadas en la cuenca Poza Rica de Hidalgo, Papantla, 2012

| Subsector                                    | Emisión [ton/año] |                   |           |                 |               |                 |              |                 |                 |                 |
|----------------------------------------------|-------------------|-------------------|-----------|-----------------|---------------|-----------------|--------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                                              | PM <sub>10</sub>  | PM <sub>2.5</sub> | CN        | SO <sub>2</sub> | CO            | NO <sub>x</sub> | COV's        | NH <sub>3</sub> | CH <sub>4</sub> | CO <sub>2</sub> |
| <b>Fuentes fijas</b>                         | <b>34</b>         | <b>25</b>         | <b>3</b>  | <b>757</b>      | <b>7</b>      | <b>59</b>       | <b>93</b>    | <b>1</b>        | <b>1</b>        | <b>32,720</b>   |
| Generación de energía eléctrica              | 34                | 25                | 3         | 757             | 6             | 57              | 1            | 1               | 1               | 30,949          |
| Industria alimentaria                        | 0.1               | 0.1               | N/S       | 0.2             | 1.0           | 1.8             | 0.1          | N/S             | N/S             | 1,737           |
| Industria química                            | N/S               | N/S               | N/S       | N/S             | N/S           | N/S             | 92           | N/S             | N/S             | 34              |
| <b>Fuentes de área</b>                       | <b>5,381</b>      | <b>1,047</b>      | <b>81</b> | <b>24</b>       | <b>14,183</b> | <b>1,214</b>    | <b>8,282</b> | <b>1,541</b>    | <b>13,660</b>   | <b>375,394</b>  |
| Recubrimiento de superficies arquitectónicas | N/A               | N/A               | N/A       | N/A             | N/A           | N/A             | 772          | N/A             | N/A             | N/A             |
| Limpieza de superficie industrial            | N/A               | N/A               | N/A       | N/A             | N/A           | N/A             | 600          | N/A             | N/A             | N/A             |
| Lavado en seco                               | N/A               | N/A               | N/A       | N/A             | N/A           | N/A             | 302          | N/A             | N/A             | N/A             |
| Productos de cuidado personal                | N/A               | N/A               | N/A       | N/A             | N/A           | N/A             | 528          | N/A             | N/A             | N/A             |
| Productos para el cuidado automotriz         | N/A               | N/A               | N/A       | N/A             | N/A           | N/A             | 307          | N/A             | N/A             | N/A             |
| Plaguicidas domésticos                       | N/A               | N/A               | N/A       | N/A             | N/A           | N/A             | 408          | N/A             | N/A             | N/A             |
| Combustión habitacional                      | 1,829             | 600               | 54        | 24              | 13,805        | 222             | 3,166        | N/S             | 1,174           | 258,214         |
| Operación de aeronaves                       | N/S               | N/S               | N/S       | N/S             | 59            | 52              | 3            | N/S             | N/S             | 10,045          |
| Fugas en instalaciones de gas L.P.           | N/A               | N/A               | N/A       | N/A             | N/A           | N/A             | 675          | N/A             | N/S             | N/A             |
| HNQ en la combustión de gas L.P.             | N/A               | N/A               | N/A       | N/A             | N/A           | N/A             | 620          | N/A             | N/S             | N/A             |
| Relenos sanitarios                           | N/A               | N/A               | N/E       | N/A             | N/A           | N/A             | 46           | N/E             | 5,347           | 14,670          |
| Tratamiento de aguas residuales              | N/A               | N/A               | N/E       | N/A             | N/A           | N/A             | 27           | N/E             | 3,168           | N/A             |
| Camino pavimentados                          | 71                | 17                | N/S       | N/A             | N/A           | N/A             | N/A          | N/A             | N/A             | N/A             |
| Camino sin pavimentar                        | 2,986             | 298               | 6         | N/A             | N/A           | N/A             | N/A          | N/A             | N/A             | N/A             |
| Labranza y cosecha agrícola                  | 391               | 87                | 1         | N/A             | N/A           | N/A             | N/A          | N/A             | N/A             | N/A             |
| Panaderías                                   | N/A               | N/A               | N/A       | N/A             | N/A           | N/A             | 127          | N/A             | N/A             | N/A             |
| Emisiones domésticas de amoníaco             | N/A               | N/A               | N/A       | N/A             | N/A           | N/A             | N/A          | 851             | N/A             | N/A             |
| Emisiones ganaderas de amoníaco              | N/A               | N/A               | N/A       | N/A             | N/A           | N/A             | N/A          | 545             | N/A             | N/A             |
| Fermentación entérica                        | N/A               | N/A               | N/A       | N/A             | N/A           | N/A             | N/A          | N/A             | 3,888           | N/A             |
| Otras fuentes de área                        | 104               | 45                | 20        | N/S             | 319           | 940             | 701          | 145             | 83              | 92,465          |
| <b>Fuentes móviles</b>                       | <b>153</b>        | <b>126</b>        | <b>79</b> | <b>188</b>      | <b>32,515</b> | <b>6,716</b>    | <b>3,525</b> | <b>92</b>       | <b>N/E</b>      | <b>721,393</b>  |
| Autos particulares                           | 15                | 8                 | 5         | 42              | 21,759        | 2,332           | 2,019        | 51              | N/E             | 198,335         |
| Taxis                                        | 2                 | 1                 | 1         | 6               | 1,223         | 144             | 93           | 9               | N/E             | 30,336          |
| Vagonetas de pasajeros                       | N/S               | N/S               | N/S       | 1               | 332           | 31              | 31           | 1               | N/E             | 5,099           |
| Medibuses                                    | 3                 | 3                 | 2         | 2               | 23            | 106             | 18           | N/S             | N/E             | 6,682           |
| Autobuses                                    | 23                | 21                | 13        | 37              | 487           | 1,047           | 112          | 1               | N/E             | 119,951         |

| Subsector                          | Emisión [ton/año] |                   |            |                 |               |                 |               |                 |                 |                  |
|------------------------------------|-------------------|-------------------|------------|-----------------|---------------|-----------------|---------------|-----------------|-----------------|------------------|
|                                    | PM <sub>10</sub>  | PM <sub>2.5</sub> | CN         | SO <sub>2</sub> | CO            | NO <sub>x</sub> | COV's         | NH <sub>3</sub> | CH <sub>4</sub> | CO <sub>2</sub>  |
| Camionetas Pick up                 | 2                 | 1                 | 1          | 7               | 1,739         | 112             | 240           | 4               | N/E             | 35,398           |
| Vehículos de carga de hasta 3 ton  | 5                 | 3                 | 2          | 18              | 4,605         | 365             | 603           | 20              | N/E             | 85,334           |
| Vehículos de carga de más de 3 ton | 77                | 68                | 43         | 50              | 1,088         | 1,576           | 210           | 4               | N/E             | 159,718          |
| Tractocamiones                     | 25                | 21                | 14         | 24              | 771           | 983             | 105           | 1               | N/E             | 77,281           |
| Motocicletas                       | 1                 | 1                 | N/S        | 1               | 488           | 20              | 94            | N/S             | N/E             | 3,259            |
| <b>Fuentes naturales</b>           | <b>N/S</b>        | <b>N/S</b>        | <b>N/A</b> | <b>N/A</b>      | <b>N/A</b>    | <b>609</b>      | <b>2,178</b>  | <b>N/A</b>      | <b>N/A</b>      | <b>N/A</b>       |
| Vegetación                         | N/A               | N/A               | N/A        | N/A             | N/A           | 608,6           | 2,178         | N/A             | N/A             | N/A              |
| <b>Total</b>                       | <b>5,568</b>      | <b>1,198</b>      | <b>163</b> | <b>969</b>      | <b>46,705</b> | <b>8,597</b>    | <b>14,078</b> | <b>1,634</b>    | <b>13,661</b>   | <b>1,129,507</b> |

N/S: No significativo. N/A: No aplica

El principal problema en la cuenca del Pánuco (ver Cuadro E.7), son las emisiones de partículas, las PM<sub>10</sub> se generan principalmente por la industria alimentaria y por la quemas agrícolas del cultivo de caña, y de las emisiones de PM<sub>2.5</sub> nuevamente por el consumo de leña en la combustión habitacional.

Cuadro E.7. Emisiones desagregadas generadas en la cuenca del Pánuco, 2012

| Subsector                                    | Emisión [ton/año] |                   |            |                 |               |                 |              |                 |                 |                 |
|----------------------------------------------|-------------------|-------------------|------------|-----------------|---------------|-----------------|--------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                                              | PM <sub>10</sub>  | PM <sub>2.5</sub> | CN         | SO <sub>2</sub> | CO            | NO <sub>x</sub> | COV's        | NH <sub>3</sub> | CH <sub>4</sub> | CO <sub>2</sub> |
| <b>Fuentes fijas</b>                         | <b>2,402</b>      | <b>1,357</b>      | <b>0.1</b> | <b>836</b>      | <b>31</b>     | <b>320</b>      | <b>343</b>   | <b>2</b>        | <b>90</b>       | <b>351,665</b>  |
| 311 Industria alimentaria                    | 2,352             | 1,344             | 0.1        | 440             | 4             | 266             | 1            | 1               | 89              | 312,493         |
| 312 Industria de la bebidas y el tabaco      | N/S               | N/S               | N/S        | 0.1             | 0.8           | 1.4             | 0.1          | N/S             | N/S             | 1,421           |
| 325 Industria química                        | 18                | 13                | N/S        | 391             | 7             | 46              | 93           | 1               | 1               | 34,046          |
| 331 industria metal básica                   | 10                | N/S               | N/S        | 4               | 19            | 4               | 221          | N/S             | N/S             | 2,885           |
| 332 industria del papel                      | 22                | N/S               | N/S        | N/S             | 1             | 3               | 20           | N/S             | N/S             | 806             |
| 339 Otras industrias manufactureras          | N/S               | N/S               | N/S        | N/S             | N/S           | N/S             | 8            | N/S             | N/S             | 14              |
| <b>Fuentes de área</b>                       | <b>3,329</b>      | <b>535</b>        | <b>30</b>  | <b>331</b>      | <b>19,079</b> | <b>1,451</b>    | <b>3,552</b> | <b>2,546</b>    | <b>19,624</b>   | <b>493,536</b>  |
| Recubrimiento de superficies arquitectónicas | N/A               | N/A               | N/A        | N/A             | N/A           | N/A             | 295          | N/A             | N/A             | N/A             |
| Limpieza de superficie industrial            | N/A               | N/A               | N/A        | N/A             | N/A           | N/A             | 81           | N/A             | N/A             | N/A             |
| Lavado en seco                               | N/A               | N/A               | N/A        | N/A             | N/A           | N/A             | 115          | N/A             | N/A             | N/A             |
| Productos de cuidado personal                | N/A               | N/A               | N/A        | N/A             | N/A           | N/A             | 202          | N/A             | N/A             | N/A             |
| Productos para el cuidado automotriz         | N/A               | N/A               | N/A        | N/A             | N/A           | N/A             | 117          | N/A             | N/A             | N/A             |
| Plaguicidas domésticos                       | N/A               | N/A               | N/A        | N/A             | N/A           | N/A             | 155          | N/A             | N/A             | N/A             |
| Combustión habitacional                      | 698               | 229               | 20         | 9               | 5,265         | 85              | 1,208        | N/S             | 448             | 98,476          |
| Quemas agrícolas                             | 1,124             | 90                | 6          | 322             | 13,765        | 1,357           | 560          | N/E             | 682             | 381,825         |
| Fugas en instalaciones de gas L.P.           | N/A               | N/A               | N/A        | N/A             | N/A           | N/A             | 257          | N/A             | N/S             | N/A             |
| HNQ en la combustión de gas L.P.             | N/A               | N/A               | N/A        | N/A             | N/A           | N/A             | 236          | N/A             | N/S             | N/A             |
| Rellenos sanitarios                          | N/A               | N/A               | N/E        | N/A             | N/A           | N/A             | 19           | N/E             | 2,191           | 6,012           |
| Tratamiento de aguas residuales              | N/A               | N/A               | N/E        | N/A             | N/A           | N/A             | 10           | N/E             | 802             | N/A             |
| Caminos pavimentados                         | 27                | 6                 | N/S        | N/A             | N/A           | N/A             | N/A          | N/A             | N/A             | N/A             |
| Caminos sin pavimentar                       | 1,139             | 114               | 2          | N/A             | N/A           | N/A             | N/A          | N/A             | N/A             | N/A             |
| Labranza y cosecha agrícola                  | 88                | 65                | N/S        | N/A             | N/A           | N/A             | N/A          | N/A             | N/A             | N/A             |
| Panaderías                                   | N/A               | N/A               | N/A        | N/A             | N/A           | N/A             | 48           | N/A             | N/A             | N/A             |
| Emisiones domésticas de amoníaco             | N/A               | N/A               | N/A        | N/A             | N/A           | N/A             | N/A          | 325             | N/A             | N/A             |
| Emisiones ganaderas de amoníaco              | N/A               | N/A               | N/A        | N/A             | N/A           | N/A             | N/A          | 2,113           | N/A             | N/A             |
| Fermentación entérica                        | N/A               | N/A               | N/A        | N/A             | N/A           | N/A             | N/A          | N/A             | 15,195          | N/A             |
| Otras fuentes de área                        | 253               | 31                | 2          | N/S             | 49            | 9               | 249          | 108             | 306             | 7,223           |
| <b>Fuentes móviles</b>                       | <b>32</b>         | <b>26</b>         | <b>16</b>  | <b>36</b>       | <b>8,851</b>  | <b>1,518</b>    | <b>938</b>   | <b>21</b>       | <b>N/E</b>      | <b>142,467</b>  |
| Autos particulares                           | 5                 | 3                 | 2          | 13              | 7,032         | 799             | 674          | 15              | N/E             | 61,021          |
| Taxis                                        | N/S               | N/S               | N/S        | 1               | 155           | 18              | 12           | 1               | N/E             | 3,774           |
| Vagonetas de pasajeros                       | N/S               | N/S               | N/S        | N/S             | 29            | 3               | 3            | N/S             | N/E             | 444             |
| Medibuses                                    | N/S               | N/S               | N/S        | N/S             | 4             | 9               | 3            | N/S             | N/E             | 478             |
| Autobuses                                    | 1                 | 1                 | 1          | 2               | 35            | 62              | 7            | N/S             | N/E             | 7,046           |
| Camionetas Pick up                           | 1                 | N/S               | N/S        | 4               | 908           | 57              | 123          | 2               | N/E             | 18,089          |
| Vehículos de carga de hasta 3 ton            | N/S               | N/S               | N/S        | 1               | 147           | 13              | 18           | 1               | N/E             | 3,378           |
| Vehículos de carga de más de 3 ton           | 23                | 20                | 13         | 14              | 394           | 499             | 71           | 1               | N/E             | 43,546          |
| Tractocamiones                               | 1                 | 1                 | 1          | 1               | 45            | 55              | 6            | N/S             | N/E             | 4,127           |
| Motocicletas                                 | N/S               | N/S               | N/S        | N/S             | 103           | 4               | 23           | N/S             | N/E             | 564             |
| <b>Fuentes naturales</b>                     | <b>N/A</b>        | <b>N/A</b>        | <b>N/A</b> | <b>N/A</b>      | <b>N/A</b>    | <b>3,304</b>    | <b>2,108</b> | <b>N/A</b>      | <b>N/A</b>      | <b>N/A</b>      |

| Subsector    | Emisión [ton/año] |                   |           |                 |               |                 |              |                 |                 |                 |
|--------------|-------------------|-------------------|-----------|-----------------|---------------|-----------------|--------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|              | PM <sub>10</sub>  | PM <sub>2.5</sub> | CN        | SO <sub>2</sub> | CO            | NO <sub>x</sub> | COV's        | NH <sub>3</sub> | CH <sub>4</sub> | CO <sub>2</sub> |
| Vegetación   | N/A               | N/A               | N/A       | N/A             | N/A           | 3,304           | 2,108        | N/A             | N/A             | N/A             |
| <b>Total</b> | <b>5,762</b>      | <b>1,917</b>      | <b>46</b> | <b>1,202</b>    | <b>27,962</b> | <b>6,593</b>    | <b>6,941</b> | <b>2,568</b>    | <b>19,714</b>   | <b>987,668</b>  |

N/S: No significativo. N/A: No aplica

Martínez de la Torre y San Andrés Tuxtla, son las dos cuencas donde se generan menos emisiones (Ver Cuadros E.8 y E.9), pero es importante reducir las emisiones de partículas por los daños a la salud que causan estas emisiones, por lo que los esfuerzos deben de dirigirse a la disminución de las emisiones generadas por la Industria alimentaria y en la combustión habitacional donde se utiliza leña.

Cuadro E.8. Emisiones desagregadas generadas en la cuenca Martínez de la Torre, 2012

| Subsector                                    | Emisión [ton/año] |                   |            |                 |               |                 |              |                 |                 |                 |
|----------------------------------------------|-------------------|-------------------|------------|-----------------|---------------|-----------------|--------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                                              | PM <sub>10</sub>  | PM <sub>2.5</sub> | CN         | SO <sub>2</sub> | CO            | NO <sub>x</sub> | COV's        | NH <sub>3</sub> | CH <sub>4</sub> | CO <sub>2</sub> |
| <b>Fuentes fijas</b>                         | <b>2,182</b>      | <b>1,247</b>      | <b>58</b>  | <b>429</b>      | <b>7</b>      | <b>255</b>      | <b>20</b>    | <b>1</b>        | <b>83</b>       | <b>297,380</b>  |
| Industria alimentaria                        | 2,182             | 1,247             | 58         | 429             | 7             | 254             | 1            | 1               | 83              | 296,817         |
| Otras industrias manufactureras              | N/S               | N/S               | N/S        | N/S             | N/S           | 1               | 19           | N/S             | N/S             | 563             |
| <b>Fuentes de área</b>                       | <b>3,712</b>      | <b>709</b>        | <b>40</b>  | <b>21</b>       | <b>9,046</b>  | <b>182</b>      | <b>5,090</b> | <b>1,260</b>    | <b>15,943</b>   | <b>192,959</b>  |
| Recubrimiento de superficies arquitectónicas | N/A               | N/A               | N/A        | N/A             | N/A           | N/A             | 486          | N/A             | N/A             | N/A             |
| Limpieza de superficie industrial            | N/A               | N/A               | N/A        | N/A             | N/A           | N/A             | 288          | N/A             | N/A             | N/A             |
| Lavado en seco                               | N/A               | N/A               | N/A        | N/A             | N/A           | N/A             | 190          | N/A             | N/A             | N/A             |
| Productos de cuidado personal                | N/A               | N/A               | N/A        | N/A             | N/A           | N/A             | 333          | N/A             | N/A             | N/A             |
| Productos para el cuidado automotriz         | N/A               | N/A               | N/A        | N/A             | N/A           | N/A             | 193          | N/A             | N/A             | N/A             |
| Plaguicidas domésticos                       | N/A               | N/A               | N/A        | N/A             | N/A           | N/A             | 257          | N/A             | N/A             | N/A             |
| Combustión habitacional                      | 1,151             | 377               | 34         | 15              | 8,688         | 140             | 1,993        | N/S             | 739             | 162,515         |
| Quemas agrícolas                             | 22                | 2                 | N/S        | 6               | 274           | 26              | 11           | N/E             | 14              | 7,606           |
| Fugas en instalaciones de gas L.P.           | N/A               | N/A               | N/A        | N/A             | N/A           | N/A             | 425          | N/A             | N/S             | N/A             |
| HNQ en la combustión de gas L.P.             | N/A               | N/A               | N/A        | N/A             | N/A           | N/A             | 390          | N/A             | N/S             | N/A             |
| Rellenos sanitarios                          | N/A               | N/A               | N/E        | N/A             | N/A           | N/A             | 33           | N/E             | 3,813           | 10,462          |
| Tratamiento de aguas residuales              | N/A               | N/A               | N/E        | N/A             | N/A           | N/A             | N/S          | N/E             | 6,455           | N/A             |
| Caminos pavimentados                         | 45                | 11                | N/S        | N/A             | N/A           | N/A             | N/A          | N/A             | N/A             | N/A             |
| Caminos sin pavimentar                       | 1,879             | 188               | 4          | N/A             | N/A           | N/A             | N/A          | N/A             | N/A             | N/A             |
| Labranza y cosecha agrícola                  | 530               | 118               | 1          | N/A             | N/A           | N/A             | N/A          | N/A             | N/A             | N/A             |
| Panaderías                                   | N/A               | N/A               | N/A        | N/A             | N/A           | N/A             | 80           | N/A             | N/A             | N/A             |
| Emisiones domésticas de amoníaco             | N/A               | N/A               | N/A        | N/A             | N/A           | N/A             | N/A          | 536             | N/A             | N/A             |
| Emisiones ganaderas de amoníaco              | N/A               | N/A               | N/A        | N/A             | N/A           | N/A             | N/A          | 527             | N/A             | N/A             |
| Fermentación entérica                        | N/A               | N/A               | N/A        | N/A             | N/A           | N/A             | N/A          | N/A             | 4,823           | N/A             |
| Otras fuentes de área                        | 85                | 13                | 1          | N/S             | 84            | 16              | 411          | 197             | 99              | 12,376          |
| <b>Fuentes móviles</b>                       | <b>57</b>         | <b>46</b>         | <b>30</b>  | <b>70</b>       | <b>15,139</b> | <b>2,475</b>    | <b>1,731</b> | <b>42</b>       | <b>N/E</b>      | <b>276,369</b>  |
| Autos particulares                           | 6                 | 3                 | 2          | 18              | 9,416         | 1,061           | 904          | 21              | N/E             | 82,508          |
| Taxis                                        | 1                 | N/S               | N/S        | 2               | 370           | 44              | 28           | 3               | N/E             | 9,032           |
| Vagonetas de pasajeros                       | N/S               | N/S               | N/S        | N/S             | 144           | 14              | 14           | N/S             | N/E             | 1,946           |
| Medibuses                                    | 1                 | 1                 | 1          | 1               | 14            | 47              | 11           | N/S             | N/E             | 2,832           |
| Autobuses                                    | 4                 | 4                 | 2          | 7               | 95            | 188             | 21           | N/S             | N/E             | 21,558          |
| Camionetas Pick up                           | 2                 | 1                 | 1          | 11              | 2,693         | 170             | 399          | 6               | N/E             | 53,029          |
| Vehículos de carga de hasta 3 ton            | 2                 | 1                 | 1          | 6               | 1,506         | 125             | 193          | 7               | N/E             | 31,012          |
| Vehículos de carga de más de 3 ton           | 38                | 34                | 23         | 25              | 614           | 769             | 113          | 5               | N/E             | 69,091          |
| Tractocamiones                               | 1                 | 1                 | 1          | 1               | 37            | 46              | 5            | N/S             | N/E             | 3,484           |
| Motocicletas                                 | 1                 | N/S               | N/S        | N/S             | 249           | 11              | 43           | N/S             | N/E             | 1,878           |
| <b>Fuentes naturales</b>                     | <b>N/A</b>        | <b>N/A</b>        | <b>N/A</b> | <b>N/A</b>      | <b>N/A</b>    | <b>954</b>      | <b>1,199</b> | <b>N/A</b>      | <b>N/A</b>      | <b>N/A</b>      |
| Vegetación                                   | N/A               | N/A               | N/A        | N/A             | N/A           | 954.3           | 1,199        | N/A             | N/A             | N/A             |
| <b>Total</b>                                 | <b>5,951</b>      | <b>2,002</b>      | <b>128</b> | <b>520</b>      | <b>24,192</b> | <b>3,867</b>    | <b>8,040</b> | <b>1,302</b>    | <b>16,026</b>   | <b>766,709</b>  |

N/S: No significativo. N/A: No aplica

Cuadro E.9. Emisiones desagregadas generadas en la Cuenca San Andrés Tuxtla, 2012

| Subsector                                    | Emisión [ton/año] |                   |            |                 |               |                 |              |                 |                 |                 |
|----------------------------------------------|-------------------|-------------------|------------|-----------------|---------------|-----------------|--------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                                              | PM <sub>10</sub>  | PM <sub>2.5</sub> | CN         | SO <sub>2</sub> | CO            | NO <sub>x</sub> | COV's        | NH <sub>3</sub> | CH <sub>4</sub> | CO <sub>2</sub> |
| <b>Fuentes fijas</b>                         | <b>2</b>          | <b>N/S</b>        | <b>N/S</b> | <b>N/S</b>      | <b>N/S</b>    | <b>1</b>        | <b>30</b>    | <b>N/S</b>      | <b>N/S</b>      | <b>806</b>      |
| Industria alimentaria                        | 2                 | N/S               | N/S        | N/S             | N/S           | 1               | N/S          | N/S             | N/S             | 641             |
| Otras industrias manufactureras              | N/S               | N/S               | N/S        | N/S             | N/S           | N/S             | 30           | N/S             | N/S             | 165             |
| <b>Fuentes de área</b>                       | <b>2,911</b>      | <b>547</b>        | <b>33</b>  | <b>13</b>       | <b>7,429</b>  | <b>131</b>      | <b>4,154</b> | <b>1,493</b>    | <b>10,307</b>   | <b>155,678</b>  |
| Recubrimiento de superficies arquitectónicas | N/A               | N/A               | N/A        | N/A             | N/A           | N/A             | 412          | N/A             | N/A             | N/A             |
| Limpieza de superficie industrial            | N/A               | N/A               | N/A        | N/A             | N/A           | N/A             | 59           | N/A             | N/A             | N/A             |
| Lavado en seco                               | N/A               | N/A               | N/A        | N/A             | N/A           | N/A             | 161          | N/A             | N/A             | N/A             |
| Productos de cuidado personal                | N/A               | N/A               | N/A        | N/A             | N/A           | N/A             | 282          | N/A             | N/A             | N/A             |
| Productos para el cuidado automotriz         | N/A               | N/A               | N/A        | N/A             | N/A           | N/A             | 164          | N/A             | N/A             | N/A             |
| Plaguicidas domésticos                       | N/A               | N/A               | N/A        | N/A             | N/A           | N/A             | 217          | N/A             | N/A             | N/A             |
| Combustión habitacional                      | 975               | 320               | 29         | 13              | 7,360         | 118             | 1,688        | N/S             | 626             | 137,663         |
| Fugas en instalaciones de gas L.P.           | N/A               | N/A               | N/A        | N/A             | N/A           | N/A             | 360          | N/A             | N/S             | N/A             |
| HNQ en la combustión de gas L.P.             | N/A               | N/A               | N/A        | N/A             | N/A           | N/A             | 331          | N/A             | N/S             | N/A             |
| Rellenos sanitarios                          | N/A               | N/A               | N/E        | N/A             | N/A           | N/A             | 25           | N/E             | 2,893           | 7,936           |
| Tratamiento de aguas residuales              | N/A               | N/A               | N/E        | N/A             | N/A           | N/A             | 48           | N/E             | 294             | N/A             |
| Caminos pavimentados                         | 38                | 9                 | N/S        | N/A             | N/A           | N/A             | N/A          | N/A             | N/A             | N/A             |
| Caminos sin pavimentar                       | 1,592             | 159               | 3          | N/A             | N/A           | N/A             | N/A          | N/A             | N/A             | N/A             |
| Labranza y cosecha agrícola                  | 198               | 44                | N/S        | N/A             | N/A           | N/A             | N/A          | N/A             | N/A             | N/A             |
| Panaderías                                   | N/A               | N/A               | N/A        | N/A             | N/A           | N/A             | 68           | N/A             | N/A             | N/A             |
| Emisiones domésticas de amoníaco             | N/A               | N/A               | N/A        | N/A             | N/A           | N/A             | N/A          | 454             | N/A             | N/A             |
| Emisiones ganaderas de amoníaco              | N/A               | N/A               | N/A        | N/A             | N/A           | N/A             | N/A          | 965             | N/A             | N/A             |
| Fermentación entérica                        | N/A               | N/A               | N/A        | N/A             | N/A           | N/A             | N/A          | N/A             | 6,365           | N/A             |
| Otras fuentes de área                        | 108               | 15                | 1          | 0               | 69            | 13              | 339          | 74              | 129             | 10,079          |
| <b>Fuentes móviles</b>                       | <b>24</b>         | <b>19</b>         | <b>11</b>  | <b>32</b>       | <b>7,131</b>  | <b>1,263</b>    | <b>801</b>   | <b>20</b>       | <b>N/E</b>      | <b>137,762</b>  |
| Autos particulares                           | 3                 | 2                 | 1          | 9               | 4,606         | 529             | 439          | 11              | N/E             | 42,750          |
| Taxis                                        | 1                 | 1                 | N/S        | 3               | 659           | 78              | 50           | 5               | N/E             | 16,167          |
| Vagonetas de pasajeros                       | N/S               | N/S               | N/S        | N/S             | 149           | 14              | 15           | N/S             | N/E             | 1,997           |
| Medibuses                                    | 4                 | 3                 | 2          | 2               | 40            | 115             | 29           | N/S             | N/E             | 6,591           |
| Autobuses                                    | 4                 | 3                 | 2          | 6               | 82            | 169             | 18           | N/S             | N/E             | 19,295          |
| Camionetas Pick up                           | 1                 | N/S               | N/S        | 4               | 965           | 65              | 147          | 2               | N/E             | 19,834          |
| Vehículos de carga de hasta 3 ton            | N/S               | N/S               | N/S        | 1               | 180           | 19              | 22           | 2               | N/E             | 5,141           |
| Vehículos de carga de más de 3 ton           | 11                | 10                | 6          | 7               | 215           | 246             | 37           | 1               | N/E             | 22,768          |
| Tractocamiones                               | N/S               | N/S               | N/S        | N/S             | 10            | 18              | 2            | N/S             | N/E             | 1,557           |
| Motocicletas                                 | N/S               | N/S               | N/S        | N/S             | 224           | 10              | 40           | N/S             | N/E             | 1,661           |
| <b>Fuentes naturales</b>                     | <b>N/A</b>        | <b>N/A</b>        | <b>N/A</b> | <b>N/A</b>      | <b>N/A</b>    | <b>1,934</b>    | <b>1,281</b> | <b>N/A</b>      | <b>N/A</b>      | <b>N/A</b>      |
| Vegetación                                   | N/A               | N/A               | N/A        | N/A             | 0             | 1933,8          | 1,281        | N/A             | N/A             | N/A             |
| <b>Total</b>                                 | <b>2,937</b>      | <b>566</b>        | <b>44</b>  | <b>45</b>       | <b>14,560</b> | <b>3,329</b>    | <b>6,266</b> | <b>1,513</b>    | <b>10,307</b>   | <b>294,246</b>  |

## 5.1 INDUSTRIAS CON MAYORES EMISIONES POR TIPO DE CONTAMINANTE.

Cuadro E.10. Industrias con mayor emisión de PM<sub>10</sub>

| RAZON SOCIAL                      | ACTIVIDAD PRINCIPAL                                         | DOMICILIO                                              | LATITUD      | LONGITUD     | MUNICIPIO          | PM <sub>10</sub><br>(ton/año) |
|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|--------------|--------------|--------------------|-------------------------------|
| Presidente Adolfo López Mateos    | Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica | Km. 6 al nte. de la desemb. Río Tuxpan, SN             | 21°00'54.43" | 97°20'00.36" | Tuxpan             | 6,495                         |
| Ingenio San Cristóbal             | Elaboración de azúcar de caña                               | Nicolás Bravo # 5, Colonia Congreso Carlos A. Carrillo | 18°22'36.82" | 95°44'33.01" | Carlos a. Carrillo | 4,291                         |
| Ingenio Tres Valles, S.A. de C.V. | Industria alimentaria                                       | Carret La Tinaja-Cd. Alemán km-68                      | 18°26'13.88" | 96°16'41.67" | Tres valles        | 3,506                         |
| Ingenio el Higo, S.A. de C.V.     | Industria alimentaria                                       | Ribera # 39                                            | 21°77'20.03" | 98°45'54.83" | El Higo            | 2,971                         |
| Ingenio Pánuco S.A.P.I. de C.V.   | Industria alimentaria                                       | Alto Estero C.P. 93990                                 | 22°01'52.30" | 98°11'03.47" | Pánuco             | 2,352                         |
| Ingenio San Nicolás, S.A. de C.V. | Industria alimentaria                                       | Carretera Amatlán                                      | 18°78'61.11" | 95°89'33.33" | Cuichapa           | 1,781                         |

|                 |                                                                            |                                      |              |              |                |       |
|-----------------|----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|--------------|--------------|----------------|-------|
| Moctezuma       | Fabricación de cemento y productos a base de cemento en plantas integradas | Camino Vecinal a Cerro Colorado km 1 | 19°20'00.39" | 96°42'00.10" | Apazapán       | 1,667 |
| Cementos apasco | Fabricación de productos a base de minerales no metálicos                  |                                      | 18°51'28.4"  | 97°02'29.5"  | Ixtaczoquitlán | 913   |

**Cuadro E.11. Industrias con mayor emisión de PM<sub>2.5</sub>**

| RAZON SOCIAL                                       | ACTIVIDAD PRINCIPAL                                         | DOMICILIO                                             | LATITUD          | LONGITUD         | MUNICIPIO          | PM <sub>2.5</sub><br>(ton/año) |
|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|------------------|------------------|--------------------|--------------------------------|
| Presidente Adolfo López Mateos                     | Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica | Carretera de los km 15.5, Interior CCC Tuxpan v       | 21°00'54.43<br>" | 97°20'00.36<br>" | Tuxpan             | 4,733                          |
| Ingenio San Cristóbal 80333                        | elaboración de azúcar de caña                               | Nicola Bravo # 5, Colonia Congreso Carlos A. Carrillo | 18°22'36.82<br>" | 95°44'33.01<br>" | Carlos a. Carrillo | 2,450                          |
| Ingenio Tres Valles, S.A. de C.V.                  | Industria alimentaria                                       | Carret la Tinaja-Cd. Aleman km-68                     | 18°26'13.88<br>" | 96°16'41.67<br>" | Tres valles        | 2,001                          |
| Ingenio Panuco S.A.P.I. de C.V.                    | Industria alimentaria                                       | Alto Estero C.P. 93990                                | 22°01'52.30<br>" | 98°11'03.47<br>" | Pánuco             | 1,344                          |
| Ingenio San Nicolas, S.A. DE C.V.                  | Industria alimentaria                                       | Carretera Amatlan                                     | 18°78'61.11<br>" | 95°89'33.33<br>" | Cuichapa           | 1,018                          |
| Pemex Refinación Refinería General Lázaro Cárdenas | Refinación de petróleo                                      | Salvador Díaz Mirón 119                               | 17°99'89.85<br>" | 94°56'11.54<br>" | Minatitlán         | 500                            |

**Cuadro E:12 Industrias con mayor emisión de CN**

| RAZON SOCIAL                   | ACTIVIDAD PRINCIPAL                                         | DOMICILIO                                             | LATITUD      | LONGITUD     | MUNICIPIO          | CN<br>(ton/año) |
|--------------------------------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|--------------|--------------|--------------------|-----------------|
| Presidente Adolfo López Mateos | Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica | Carretera de los km 15.5, Interior CCC Tuxpan V       | 21°00'54.43" | 97°20'00.36" | Tuxpan             | 1,467           |
| Ingenio San Cristóbal 80333    | Elaboración de azúcar de caña                               | Nicola Bravo # 5, Colonia Congreso Carlos A. Carrillo | 18°22'36.82" | 95°44'33.01" | Carlos A. Carrillo | 217             |

**Cuadro E.13. Industrias con mayor emisión de SO<sub>x</sub>**

| RAZON SOCIAL                   | ACTIVIDAD PRINCIPAL                                         | DOMICILIO                                       | LATITUD      | LONGITUD     | MUNICIPIO | SO <sub>x</sub><br>(ton/año) |
|--------------------------------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|--------------|--------------|-----------|------------------------------|
| Presidente Adolfo López Mateos | Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica | Carretera de los km 15.5, interior CCC Tuxpan V | 21°00'54.43" | 97°20'00.36" | Tuxpan    | 142,520                      |

**Cuadro E.14. Industrias con mayor emisión de CO**

| RAZON SOCIAL                                     | ACTIVIDAD PRINCIPAL                                                                         | DOMICILIO                                             | LATITUD          | LONGITUD         | MUNICIPIO     | CO<br>(ton/año) |
|--------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|------------------|------------------|---------------|-----------------|
| Tuxpan Ciclo Combinado II                        | Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica                                 | Carretera de los km 15.5, Interior CCC Tuxpan V       | 21°00'54.43<br>" | 97°20'00.36<br>" | Tuxpan        | 1,778           |
| Grupo PIPSAMEX, S.A. de C.V. Planta Veracruz/    | Fabricación de papel a partir de pulpa                                                      | Carretera federal la Tinaja a Ciudad Alemán km 66+500 | 18°25'16.66<br>" | 96°15'47.22<br>" | Tres valles   | 1,712           |
| Pemex petroquímica complejo petroquímico Morelos | Fabricación de coque y otros productos derivados del petróleo refinado y del carbón mineral | Ejido Pajaritos sn                                    | 18°12'94.44<br>" | 94°37'86.11<br>" | Coatzacoalcos | 1,245           |

| RAZON SOCIAL                    | ACTIVIDAD PRINCIPAL                                         | DOMICILIO                                       | LATITUD          | LONGITUD         | MUNICIPIO | CO<br>(ton/año) |
|---------------------------------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|------------------|------------------|-----------|-----------------|
| Presidente Adolfo López Mateos  | Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica | Carretera de los km 15.5, Interior CCC Tuxpan V | 21°00'54.43<br>" | 97°20'00.36<br>" | Tuxpan    | 1,140           |
| Tuxpan Ciclo Combinado III y IV | Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica | Carretera los km 15.5                           | 21°00'54.43<br>" | 97°20'00.36<br>" | Tuxpan    | 928             |
| Tuxpan Ciclo Combinado V        | Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica | Carretera México Tuxpan km 194, sn              | 21°00'54.43<br>" | 97°20'00.36<br>" | Tuxpan    | 925             |

Cuadro E.15. Industrias con mayor emisión de NOx

| RAZON SOCIAL                                       | ACTIVIDAD PRINCIPAL                                                                        | DOMICILIO                                       | LATITUD          | LONGITUD         | MUNICIPIO     | NOX<br>(ton/año) |
|----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|------------------|------------------|---------------|------------------|
| Presidente Adolfo López Mateos                     | Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica                                | Carretera de los km 15.5, interior CCC Tuxpan V | 21°00'54.43<br>" | 97°20'00.36<br>" | Tuxpan        | 10,687           |
| Tuxpan Ciclo Combinado II                          | Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica                                | Carretera de los km 15.5, interior CCC Tuxpan V | 21°00'54.43<br>" | 97°20'00.36<br>" | Tuxpan        | 2,117            |
| Pemex Refinación Refinería General Lázaro Cárdenas | Refinación de petróleo                                                                     | Salvador Díaz Mirón 119                         | 17°99'89.85<br>" | 94°56'11.54<br>" | Minatitlán    | 1,784            |
| Pemex Petroquímica Complejo Petroquímico Morelos   | Fabricación de coque y otros productos derivados del petróleo reinado y del carbón mineral | Ejido Pajaritos SN                              | 18°12'94.44<br>" | 94°37'86.11<br>" | Coatzacoalcos | 1,555            |

Cuadro E.16. Industrias con mayor emisión de COV

| RAZON SOCIAL                                                                | ACTIVIDAD PRINCIPAL                                                          | DOMICILIO                                | LATITUD          | LONGITUD         | MUNICIPIO     | COV<br>(ton/año) |
|-----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|------------------|------------------|---------------|------------------|
| Pemex gas y petroquímica básica C.P.G. Área Coatzacoalcos Sector Cangrejera | Fabricación de petroquímicos básicos del gas natural y del petróleo refinado | Carret. Coatzacoalcos Villahermosa km 10 | 18°11'72.00<br>" | 94°41'44.89<br>" | Coatzacoalcos | 20,159           |
| Soluciones Químicas para el Campo y la Industria SA de CV                   | Fabricación de fertilizantes                                                 | No especificado                          | 17°99'99.53<br>" | 94°56'02.40<br>" | Minatitlán    | 3,297            |

Cuadro E.17. Industrias con mayor emisión de CH<sub>4</sub>

| RAZON SOCIAL                                                                | ACTIVIDAD PRINCIPAL                                                                        | DOMICILIO                                       | LATITUD          | LONGITUD         | MUNICIPIO     | CH <sub>4</sub><br>(ton/año) |
|-----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|------------------|------------------|---------------|------------------------------|
| Pemex gas y petroquímica básica C.P.G. Área Coatzacoalcos Sector Cangrejera | Fabricación de petroquímicos básicos del gas natural y del petróleo refinado               | Carret. Coatzacoalcos villahermosa km 10        | 18°11'72.00<br>" | 94°41'44.89<br>" | Coatzacoalcos | 20,159                       |
| Presidente Adolfo López Mateos                                              | Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica                                | Km. 6 al nte. De la desemb. Río tuxpan,sn       | 21°00'54.43<br>" | 97°20'00.36<br>" | Tuxpan        | 301                          |
| Tuxpan Ciclo Combinado II                                                   | Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica                                | Carretera de los km 15.5, interior ccc tuxpan v | 21°00'54.43<br>" | 97°20'00.36<br>" | Tuxpan        | 51                           |
| Pemex Refinación Refinería General Lázaro Cárdenas                          | Refinación de petróleo                                                                     | Salvador Díaz Mirón 119                         | 17°99'89.85<br>" | 94°56'11.54<br>" | Minatitlán    | 41                           |
| Pemex Petroquímica Complejo Petroquímico Morelos                            | Fabricación de coque y otros productos derivados del petróleo reinado y del carbón mineral | Ejido Pajaritos SN                              | 18°12'94.44<br>" | 94°37'86.11<br>" | Coatzacoalcos | 40                           |

Cuadro E.18. Industrias con mayor emisión de CO<sub>2</sub>

| RAZON SOCIAL                             | ACTIVIDAD PRINCIPAL                                          | DOMICILIO                                     | LATITUD          | LONGITUD         | MUNICIPIO    | CO <sub>2</sub><br>(ton/año) |
|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|------------------|------------------|--------------|------------------------------|
| Pemex Complejo Petroquímico Cosoleacaque | Fabricación de productos derivados del petróleo y del carbón | Carretera costera del Golfo km 39 - 400,NA,NA | 17°59'19.16<br>" | 94°36'36.34<br>" | Cosoleacaque | 6,325,755                    |

|                                                    |                                                                                             |                                                 |                  |                  |               |           |
|----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|------------------|------------------|---------------|-----------|
| Presidente Adolfo López Mateos                     | Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica                                 | Km 6 al Nte. de la desemb. Río tuxpan sn        | 21°00'54.43<br>" | 97°20'00.36<br>" | Tuxpan        | 5,848,967 |
| Tuxpan Ciclo Combinado II                          | Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica                                 | Carretera de los Km 15.5, Interior Ccc Tuxpan V | 21°00'54.43<br>" | 97°20'00.36<br>" | Tuxpan        | 2,883,810 |
| Pemex Petroquímica Complejo Petroquímico Morelos   | Fabricación de coque y otros productos derivados del petróleo refinado y del carbón mineral | Ejido Pajaritos sn                              | 18°12'94.44<br>" | 94°37'86.11<br>" | Coatzacoalcos | 2,090,649 |
| Moctezuma                                          | Fabricación de cemento y productos a base de cemento en plantas integradas                  | Camino vecinal a cerro Colorado km 1            | 19°20'00.39<br>" | 96°42'00.10<br>" | Apazapan      | 1,927,660 |
| Pemex Refinación Refinería General Lázaro Cárdenas | Refinación de petróleo                                                                      | Salvador Díaz Mirón 119                         | 17°99'89.85<br>" | 94°56'11.54<br>" | Minatitlán    | 1,609,728 |

En las siguientes figuras se presentan las Industrias con mayores emisiones por tipo de contaminante.

Figura E.1. Industrias con mayor emisión de PM<sub>10</sub>

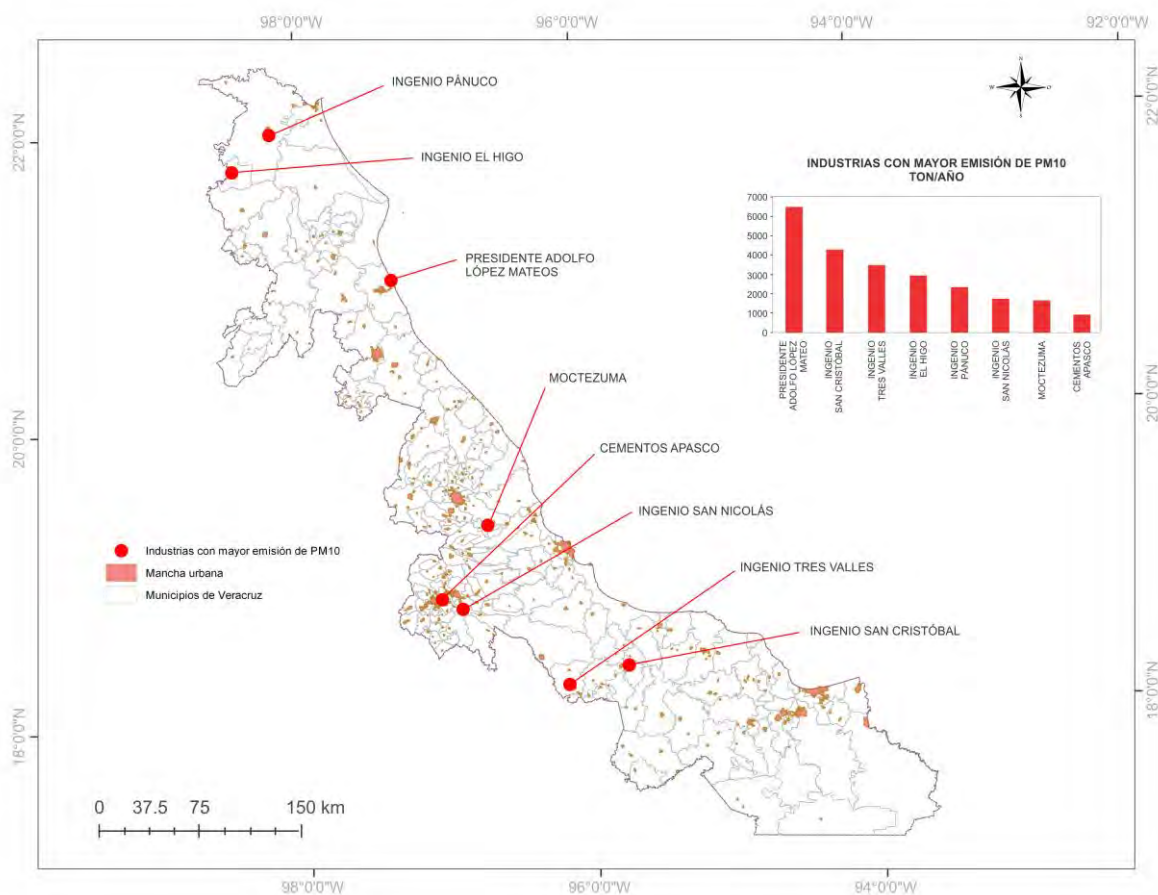


Figura E.2. Industrias con mayor emisión de PM<sub>2.5</sub>

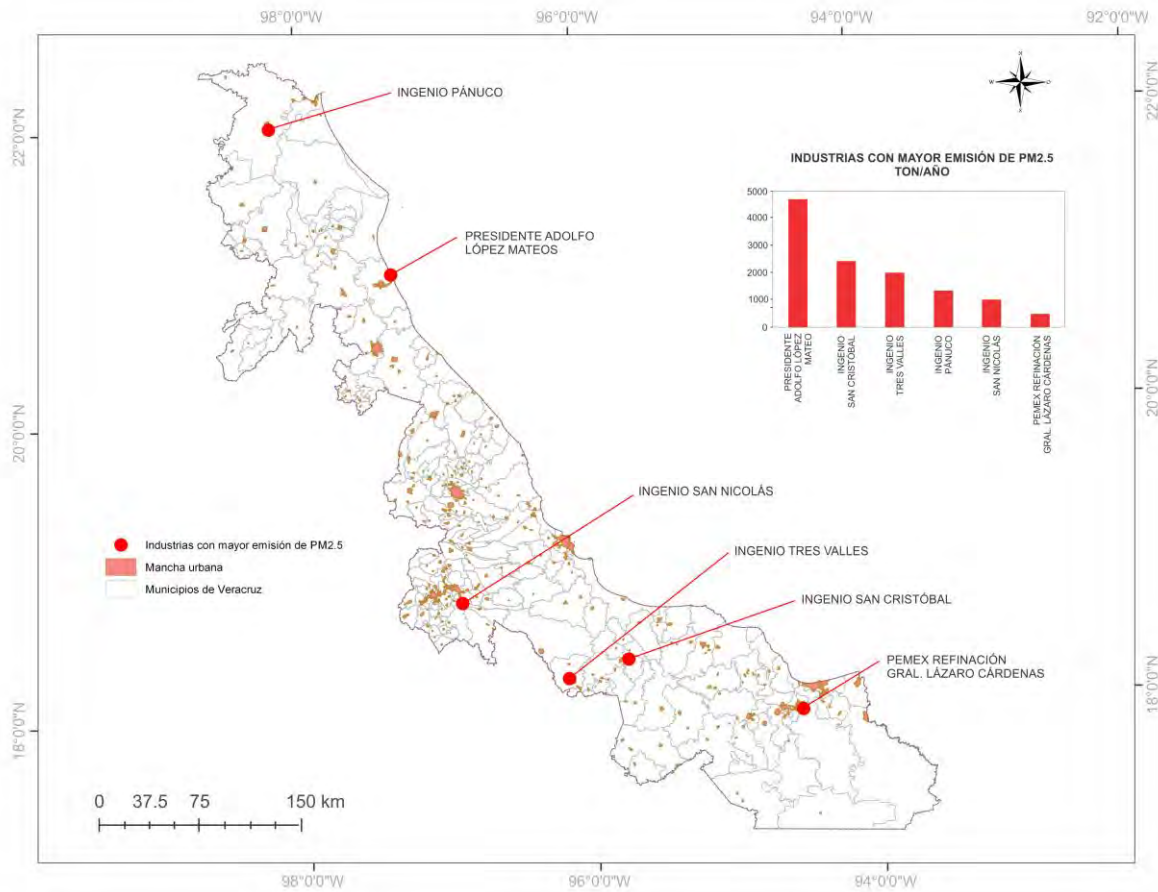


Figura E.3. Industrias con mayor emisión de CN

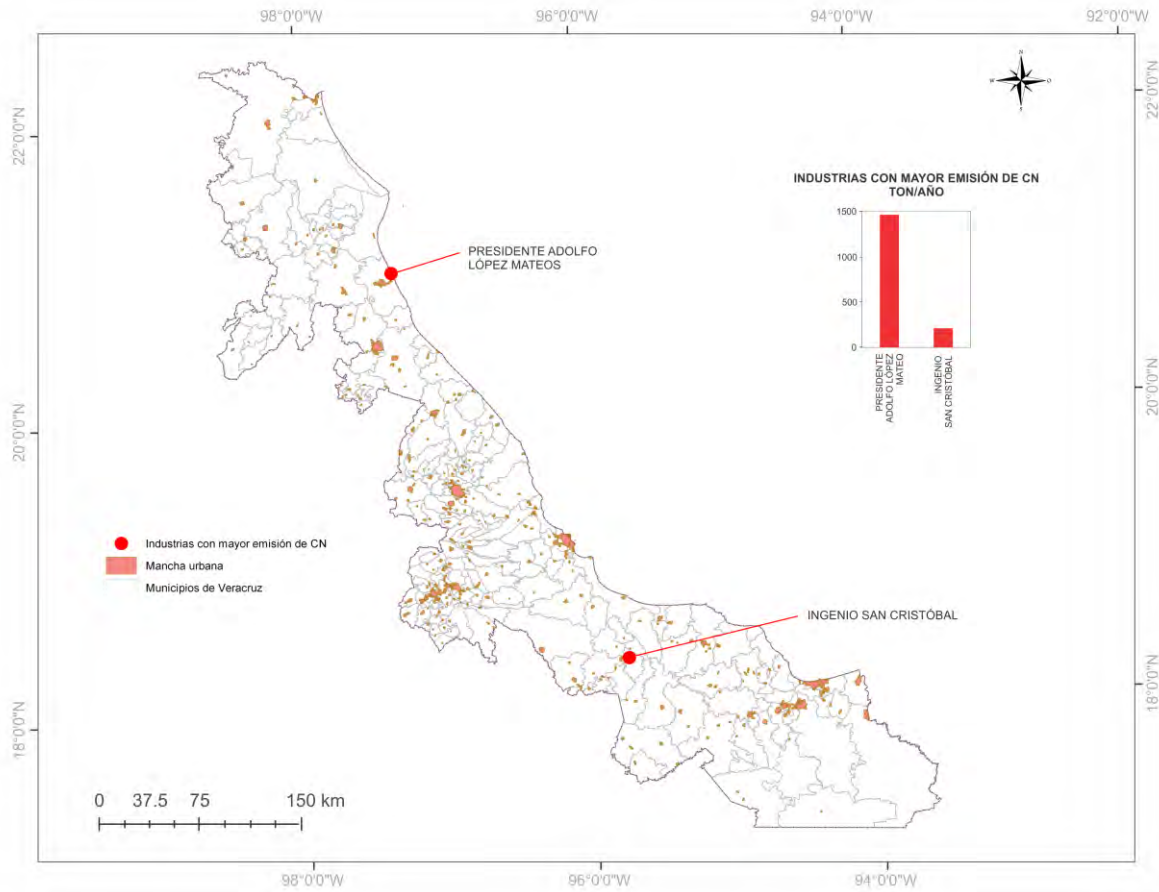


Figura E.4. Industrias con mayor emisión de SO<sub>x</sub>

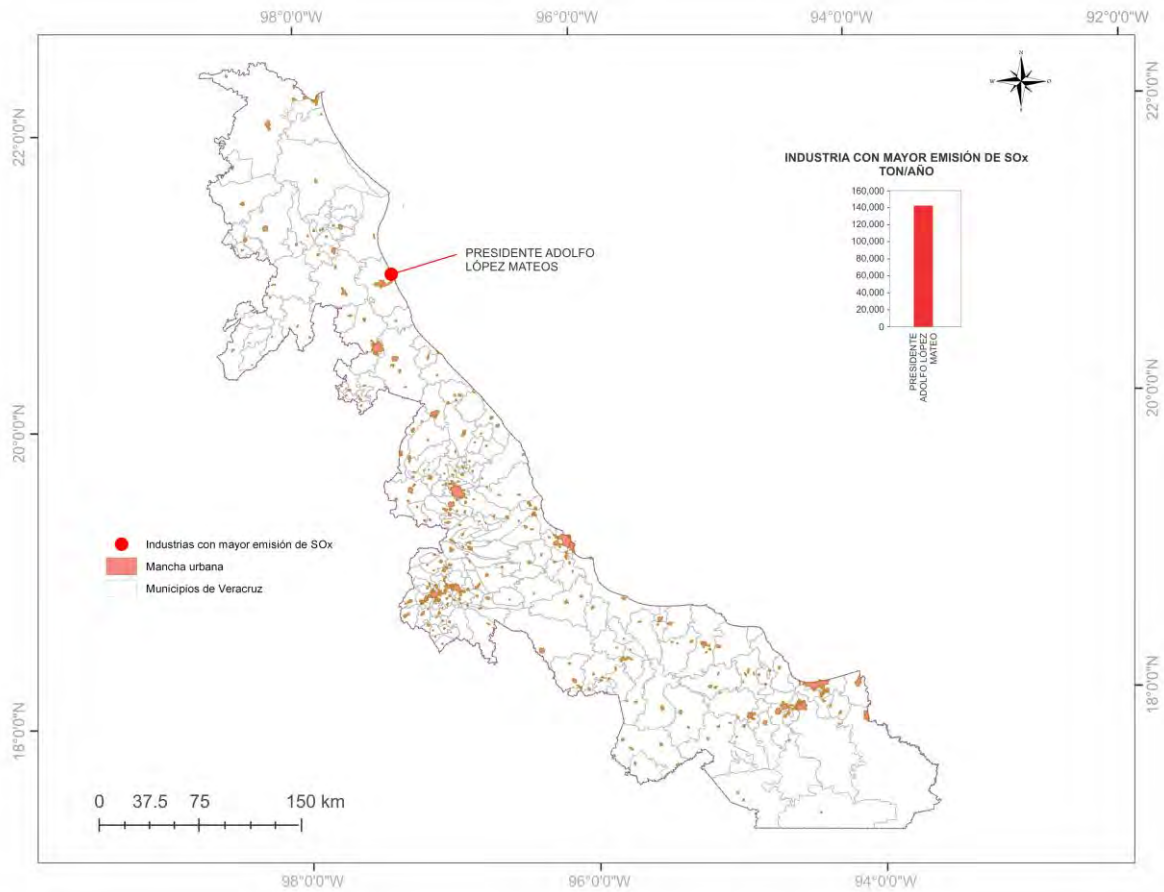


Figura E.5. Industrias con mayor emisión de CO

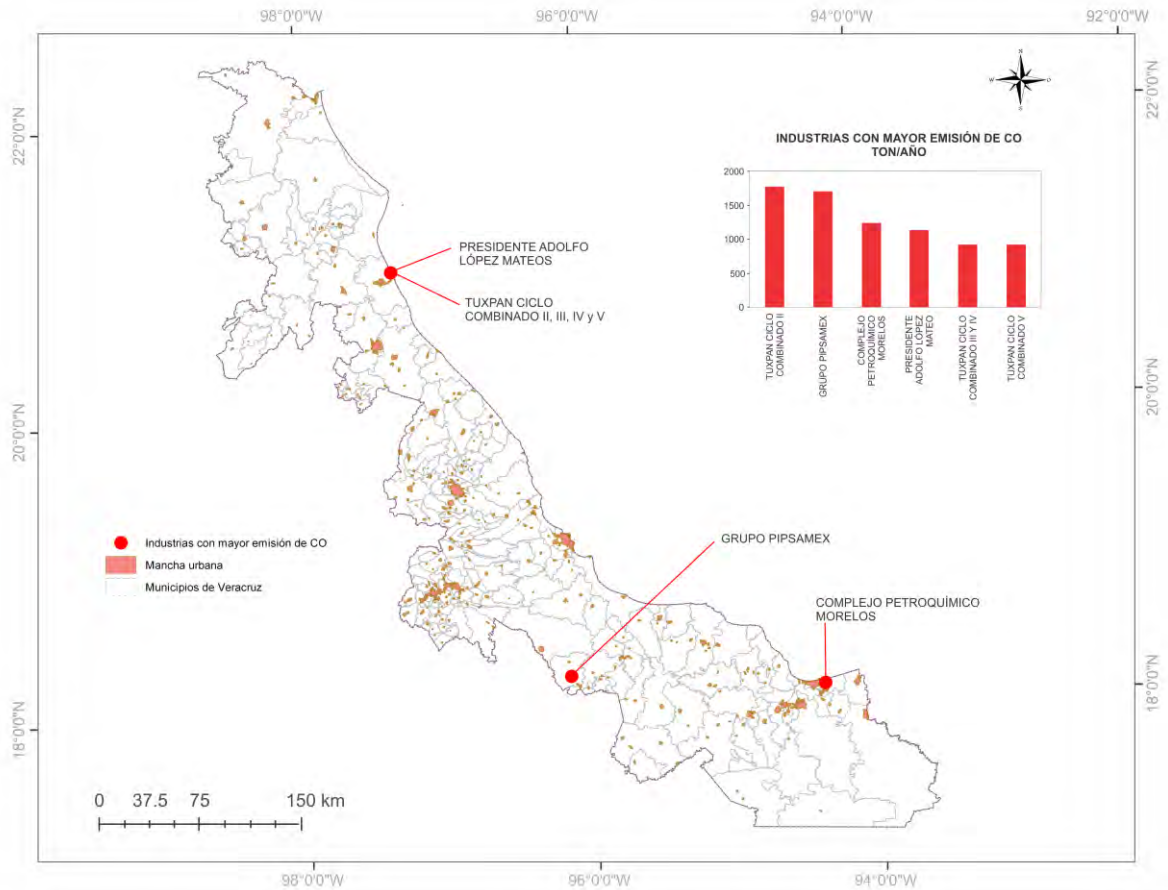


Figura E.6. Industrias con mayor emisión de NO<sub>x</sub>

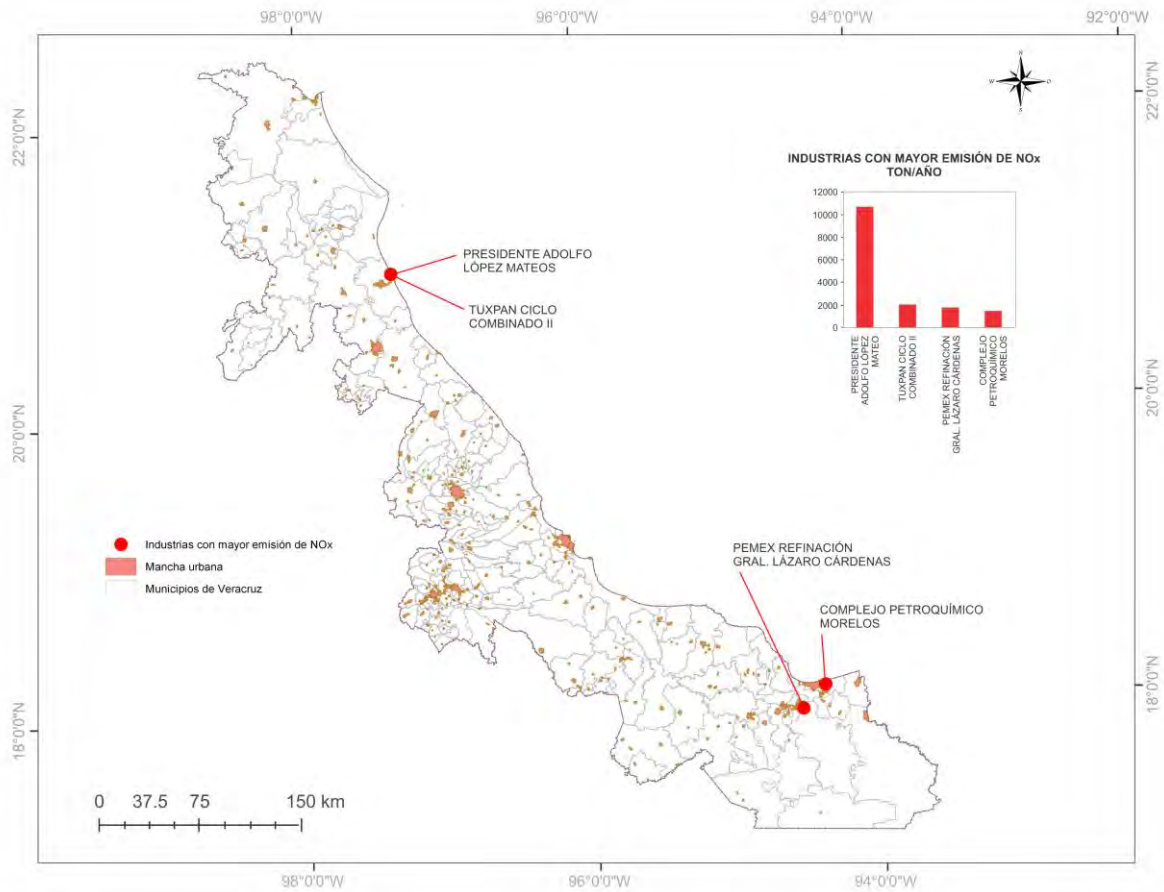


Figura E.7. Industrias con mayor emisión de COV

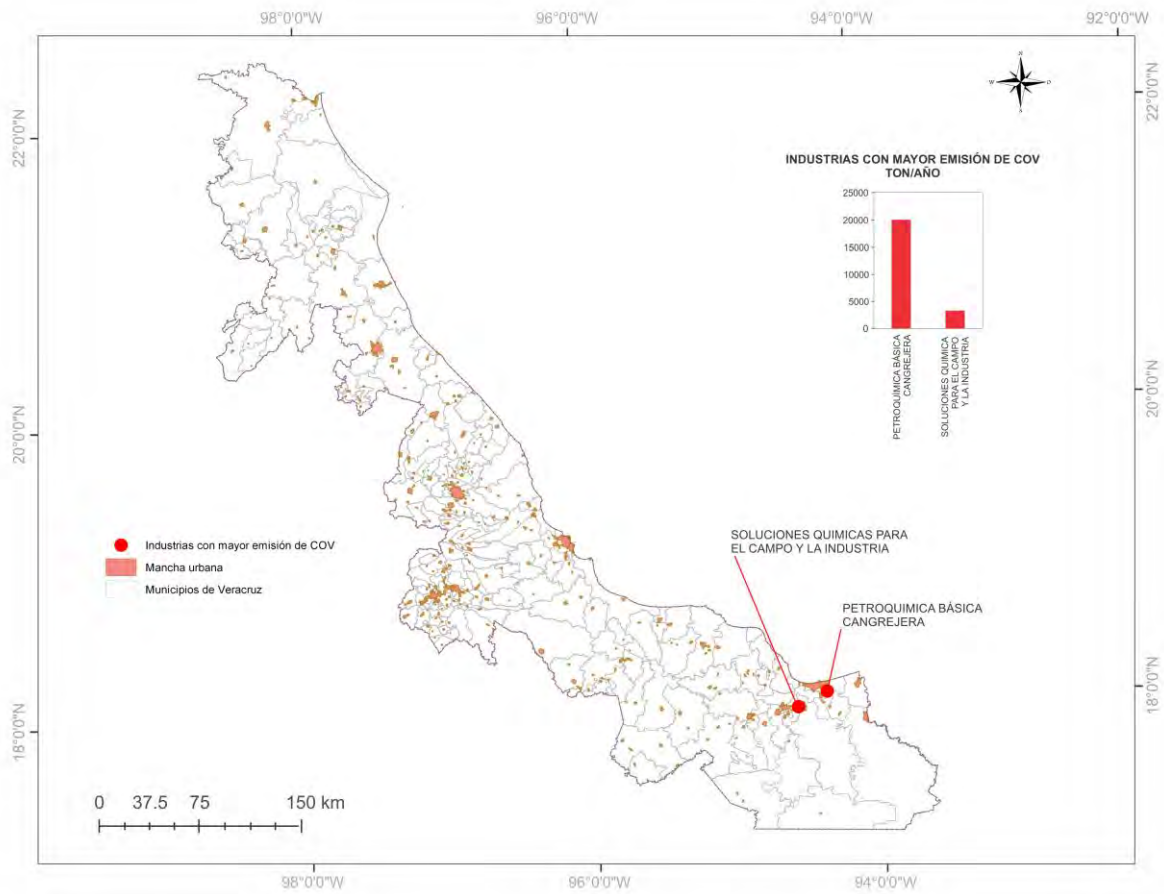


Figura E.8. Industrias con mayor emisión de CH<sub>4</sub>

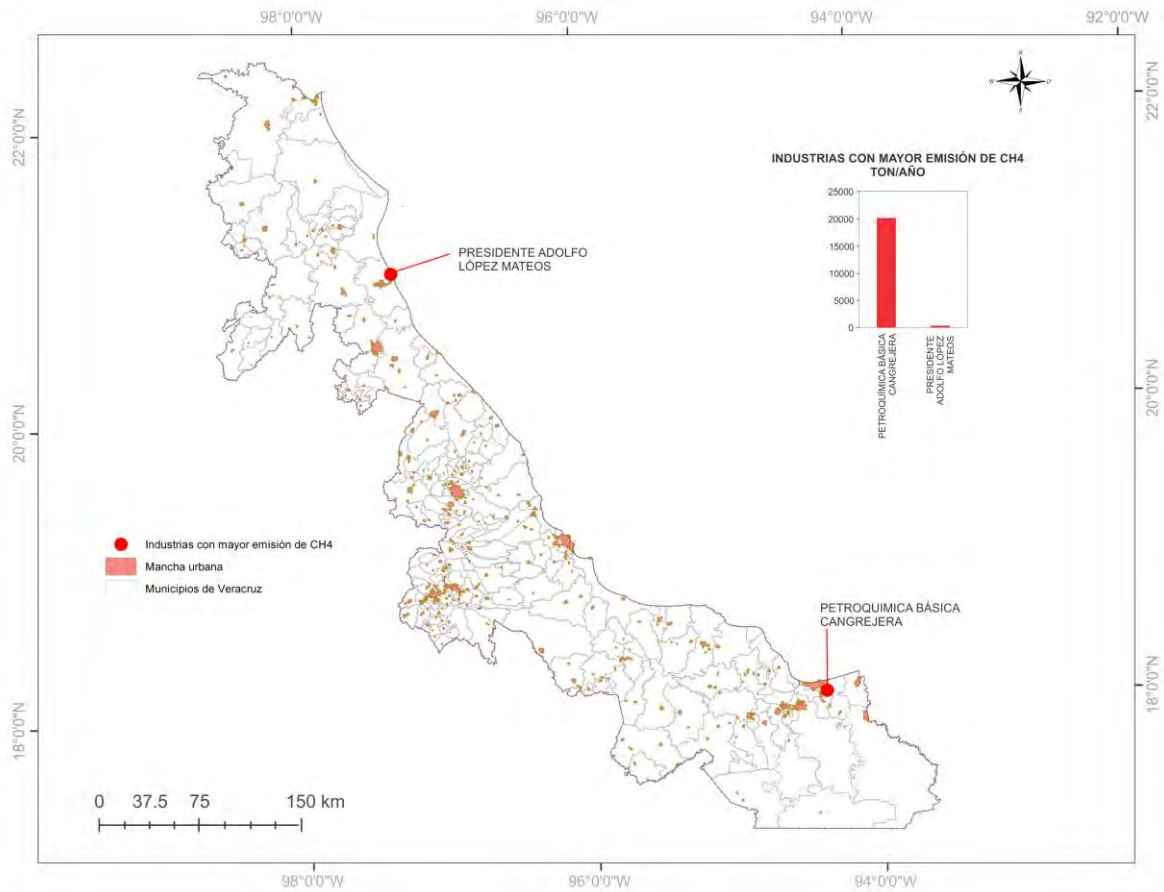
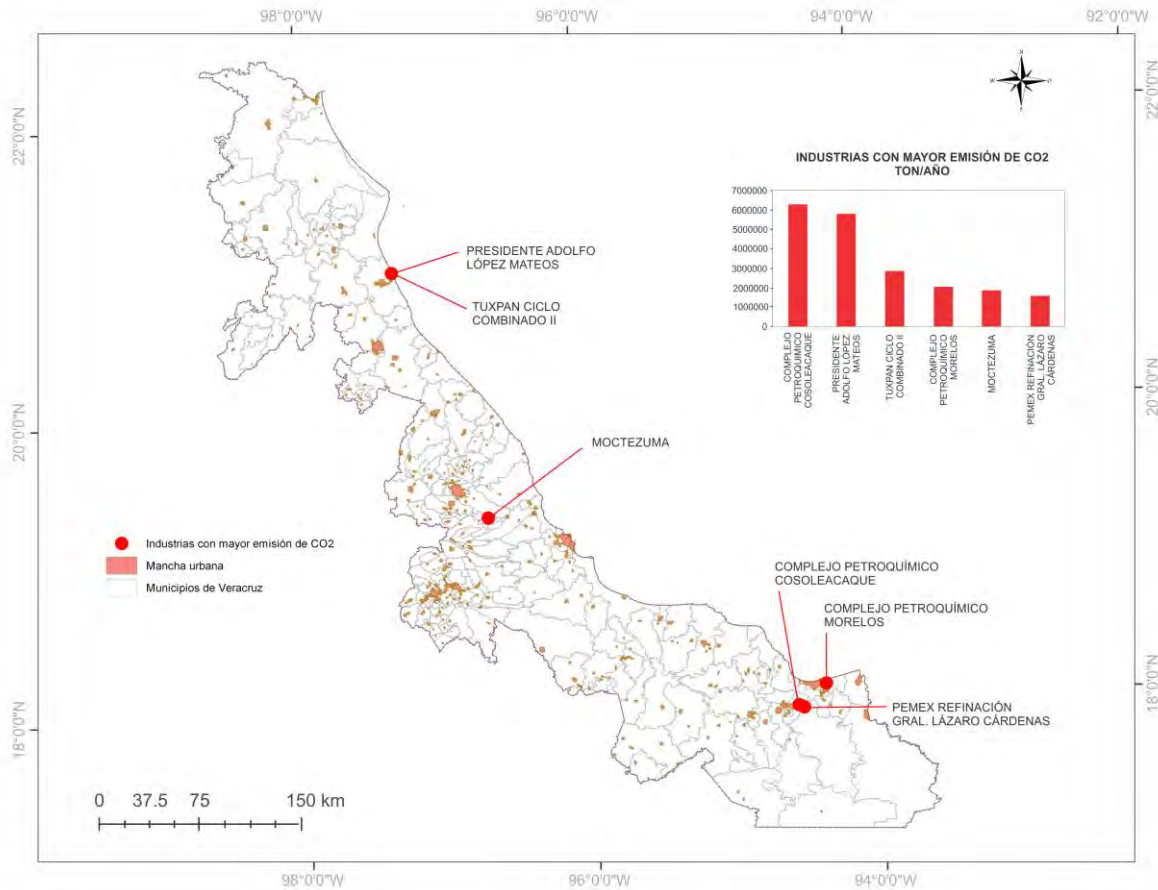


Figura E.9. Industrias con mayor emisión de CO<sub>2</sub>





**SEMARNAT**  
SECRETARÍA DE  
MEDIO AMBIENTE  
Y RECURSOS NATURALES



**SEDEMA**  
SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE