PROGRAMA
PARA MEJORAR LA

CALIDAD
DEL
AIRE
DE MEXICALI
2000-2005

GOBIERNO DEL ESTADO
DE BAJA CALIFORNIA

Secretaría
de Salud

INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA
SEMARNAP

Lic. Alejandro González Alcocer
Gobernador Constitucional del Estado
de Baja California

Arq. Victor Hermosillo Celada
Presidente del XVI Ayuntamiento
de Mexicali

M. en C. Julia Carabias Lillo
Secretaria de Medio Ambiente,
Recursos Naturales y Pesca

Lic. José Antonio González Fernández
Secretario de Salud

Lic. Enrique Provencio
Presidente del Instituto Nacional
de Ecología

Primera Edición: diciembre de 1999

Gobierno del Estado de Baja California
Dirección General de Ecología
Vía Oriente No. 1
Zona del Río
Centro de Gobierno
22320 Tijuana, B.C.

Gobierno Municipal de Mexicali
Dirección de Ecología
Casa Municipal, 2° Piso
Calz. Independencia y Paseo de los Héroes
Centro Cívico
21000 Mexicali, B.C.

Secretaría de Medio Ambiente,
Recursos Naturales y Pesca
Instituto Nacional de Ecología
Av. Revolución 1425
Col. Tlacopac San Ángel
Delegación Álvaro Obregón
01040 México, D.F.

Secretaría de Salud
Lieja 7
Col. Juárez
Delegación Cuauhtémoc
06696 México, D.F.

Delegación Federal Semarnap
Baja California
Av. Madero No. 537
Zona Centro
21000 Mexicali, B.C.

Impreso y Hecho en México

CONTENIDO

1. PRESENTACIÓN 5

2. INTRODUCCIÓN 9

3. ASPECTOS GENERALES 21

   3.1 Antecedentes históricos 21

   3.2 Aspectos socioeconómicos 24

   3.3 Aspectos urbanos y de vialidad 29

   3.4 Gestión de la calidad del aire en Mexicali y su cuenca binacional 32

   3.5 Estudios previos y programas sobre calidad del aire en Mexicali-Valle Imperial 38

4. CALIDAD DEL AIRE 51

   4.1 Normas de calidad del aire y efectos de los contaminantes 51

   4.2 Condiciones meteorológicas 56

   4.3 Diagnóstico de la calidad del aire 63

5. INVENTARIO DE EMISIONES 87

   5.1 Balance energético 87

   5.2 Características de los combustibles 89

   5.3 Inventario de emisiones 93

6. OBJETIVOS, METAS Y ESTRATEGIAS GENERALES DEL PROGRAMA 117

   6.1 Objetivos 117

   6.2 Estrategias y acciones 118

   6.3 Metas 137

7. BIBLIOGRAFÍA 139

ANEXOS 143

Anexo A. Monitoreo e Índice Metropolitano de la Calidad del Aire 143

Anexo B. Tablas resumen de la calidad del aire de 1997-1998 151

Anexo C. Efectos de los contaminantes en la salud 155

Anexo D. Memoria de cálculo de estimaciones de reducciones de emisiones y de costos e inversiones 163

Anexo E. Lineamientos técnicos de un programa de verificación vehicular 169

Anexo F. Normatividad mexicana de calidad del aire 183

Anexo G. Acuerdo de la Paz de 1983 y su Anexo V 187

Anexo H. Normatividad mexicana para la verificación vehicular 197

Anexo I. Glosario de términos 225

1. PRESENTACIÓN

El *Programa para Mejorar la Calidad del Aire de Mexicali 2000-2005* representa el esfuerzo conjunto de la sociedad, del sector económico local y de los tres niveles de gobierno para diseñar e implantar un conjunto de acciones que tienen como finalidad controlar las fuentes de contaminantes que degradan la calidad del aire de la ciudad.

Debido a su gran dinamismo urbano, demográfico, fabril y empresarial, así como a su localización de vecindad con los Estados Unidos, Mexicali juega un papel relevante en la economía nacional. Esta situación hace que Mexicali junto con Tijuana y Cd. Juárez sea una de las ciudades más importantes de la frontera. El crecimiento de la ciudad trae beneficios sociales y económicos, pero también problemas relacionados con el desarrollo urbano y con la dotación de infraestructura y servicios, lo que a su vez genera problemas de tipo ambiental, en particular un deterioro de la calidad del aire.

La proliferación de un sinnúmero de actividades industriales, comerciales y de servicios, así como una acelerada motorización, han provocado una degradación de la calidad del aire en Mexicali, especialmente por el mal estado de los vehículos particulares y de transporte público, y en especial por la importación de autos usados que generalmente se encuentran en mal estado de funcionamiento. Adicionalmente, la situación se ve acentuada por las emisiones de partículas y polvos de quemas urbanas clandestinas, quemas agrícolas y emisiones de calles y caminos sin pavimentar. En estas condiciones, si bien es cierto que han existido intentos aislados para solucionar el problema, estos no han sido siempre eficaces ni han surgido como resultado de una planeación estratégica coordinada de los tres niveles de gobierno, por lo que sus recursos y esfuerzos se han atomizado, disminuyendo con ello su efectividad.

Adicionalmente, la existencia en la Región Mexicali–Valle Imperial de autoridades mexicanas y norteamericanas con diferentes responsabilidades y estructuras jurisdiccionales; la existencia de aglomeraciones urbanas con diferentes niveles de desarrollo; la diversidad de actividades agrícolas, comerciales y de servicios; hacen que la solución del problema de contaminación del aire requiera de enfoques integrados y complejos.

El *Programa para Mejorar la Calidad del Aire de Mexicali 2000-2005* propone 27 medidas concretas que permitirán en el mediano plazo ir disminuyendo paulatinamente la contaminación de la ciudad hasta que eventualmente se cumplan las normas de calidad del aire. Para su elaboración se contó con la

las normas de calidad del aire. Para su elaboración se contó con la participación de las autoridades ambientales municipales, estatales y federales, miembros de la comunidad académica y organizaciones no gubernamentales. El Programa pretende constituirse en una guía de acciones a ejecutar, cuyo beneficio se dará no solamente en Mexicali sino en toda la cuenca atmosférica binacional.

La solución al problema de la contaminación atmosférica en esta cuenca sólo será factible si existe el involucramiento de la gente que vive y trabaja en la región y la adecuada coordinación de las autoridades en la aplicación de las medidas necesarias. El seguimiento permanente de los avances en el desarrollo del Programa permitirá evaluar su eficacia y orientar de manera dinámica su rumbo.

El documento consta de dos partes, la primera formada por los capítulos dos al cuatro que presentan un panorama general y un diagnóstico de la situación actual de la calidad del aire, así como una revisión de los esfuerzos más importantes realizados hasta la fecha para el control de la contaminación. La segunda parte incluye el primer inventario de emisiones contaminantes completo elaborado para Mexicali y una descripción de los objetivos, metas y acciones concretas del Programa. A continuación se describe brevemente el contenido de cada capítulo.

En el capítulo 2 se presenta un marco de referencia general sobre los motivos que dan lugar a la elaboración del Programa.

El capítulo 3 aborda los aspectos generales de Mexicali, presentándose una reseña de la evolución histórica de la ciudad, así como sus características socioeconómicas, de urbanismo y de vialidad. Así mismo, se resumen los estudios de investigación en calidad del aire realizados en años recientes, así como las principales conclusiones a que se ha llegado en el entendimiento de la emisión, formación y comportamiento de los contaminantes en la cuenca binacional.

En el capítulo 4 se discuten las normas de calidad del aire vigentes en nuestro país y una revisión general de los efectos de los diferentes contaminantes en la salud, y se presentan las estadísticas y tendencias de los contaminantes medidos por la red de monitoreo. También se describen brevemente las condiciones meteorológicas que prevalecen.

A continuación, el capítulo 5 presenta el balance energético de los combustibles y el inventario de emisiones que identifica las fuentes de contaminación desagregadas en cuatro sectores: industria, comercio y servicios, transporte, suelos y vegetación. Este inventario fue elaborado con apoyo financiero y técnico de la Asociación de Gobernadores del Oeste (WGA), la Agencia de Protección Ambiental de California (CARB) y la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (US-EPA).

En el capítulo 6 se explican los objetivos y metas del Programa; también se describen las acciones específicas de control para cada sector, indicándose en cada una de ellas a los responsables de su ejecución, así como una estimación de la reducción de emisiones que traerá consigo.

Finalmente, el documento cuenta con una sección bibliográfica y una serie de anexos técnicos de apoyo a cada uno de los capítulos.

El *Programa Para Mejorar la Calidad del Aire de Mexicali 2000-2005* está disponible en la página de internet del Instituto Nacional de Ecología, en donde puede ser consultado, o si se desea, recuperado en el disco de la computadora: *http://www.ine.gob.mx*.

2. INTRODUCCIÓN

Desarrollo económico y calidad del aire de la región

La ciudad de Mexicali, Baja California, está situada en un lugar estratégico en la frontera de México con los Estados Unidos, que surge como una zona agropecuaria de gran potencial en el inicio del presente siglo. El arranque de la actividad agrícola de Mexicali se da en 1904 cuando se inicia con el riego en la agricultura. El primer cultivo introducido en esas fechas fue el algodón, el cual en los primeros años mostró rendimientos desastrosos ya que fue sólo hasta 1912 cuando se fortalece y se consolida la producción de este cultivo.

Durante los años treinta y cuarenta, el despepite de algodón y la elaboración de aceites y grasas vegetales fueron las principales industrias manufactureras. En 1937 se establecen los acuerdos para declarar a la región fronteriza "zona libre", lo que permitió que Mexicali iniciara con la sustitución de importaciones y la exportación de algodón. Sin duda alguna esto vino a darle impulso al crecimiento económico de la región. Así, para los años cuarenta Mexicali contaba ya con 117 industrias manufactureras, número que se vio incrementado en los años cincuenta a 525 establecimientos industriales.

En los años sesenta, al terminarse el programa de contratación de mano de obra mexicana para las labores agrícolas en los Estados Unidos, Mexicali empezó a tener un crecimiento demográfico significativo ya que muchas de las personas que llegaban a cruzar la frontera se quedaban a radicar en la ciudad. Fue entonces cuando se crearon los primeros parques industriales y se establecieron las primeras maquiladoras que demandaban mano de obra.

El fomento al desarrollo de la frontera norte para vincularla con el resto del país se dio con el Programa Fronterizo, el cual buscaba que las mercancías nacionales abastecieran a la región y la industria se orientara para buscar producir satisfactores locales. En los años ochenta se inicia el Programa de Desarrollo de la Frontera Norte como una estrategia de los gobiernos federal y estatal para convertir a esta región en una fuente de generación de divisas y empleos.

La ubicación del Valle de Mexicali y la colindancia con el Valle Imperial, en cuyo territorio se encuentran asentadas las ciudades de Calexico, El Centro y Brawley, hacen que se considere a la región una única cuenca atmosférica internacional. Esto aunado a la creciente actividad productiva, especialmente debido al desarrollo de la industria maquiladora, le dan importancia, no sólo en el ámbito fronterizo, sino también en el ámbito nacional.

Al igual que en otras zonas de la frontera entre México y los Estados Unidos, en la *Región Mexicali–Valle Imperial*, el esfuerzo por mejorar la calidad del medio ambiente tiene necesariamente connotaciones de tipo binacional, caracterizadas históricamente por las relaciones de interdependencia en los ámbitos económico y social. En ella existe un permanente intercambio o flujo bidireccional que va desde hábitos, empleos, bienes y servicios, hasta contaminantes. En este sentido la peculiaridad de la región fronteriza determina que si bien la cantidad y tipo de las emisiones contaminantes pueden ser diferentes en ambos lados de la frontera, los efectos se dejan sentir también en ambos lados, de ahí la necesidad de explicar y entender las condiciones ambientales con un enfoque binacional integrado.

El desarrollo y evolución que tuvo la región, ha traído como consecuencia que la calidad del aire se haya deteriorado en los últimos años. Actualmente en el Valle Imperial no se cumple con los estándares de calidad del aire norteamericanos para las partículas PM10, y en Mexicali no se cumple con las Normas Oficiales Mexicanas para las partículas PM10, monóxido de carbono y ozono.

En efecto, en el año de 1987 la Agencia de Protección al Ambiente de los Estados Unidos designó al Valle Imperial como una zona de "no-cumplimiento" de los estándares de calidad del aire para las PM10, debido a lo cual se tuvo que desarrollar y aplicar un Plan de Implementación Estatal (*State Implementation Plan-SIP*) en 1990, que contiene una serie de medidas de control de emisiones contaminantes.

En contraste, en Mexicali los esfuerzos por abatir la contaminación han sido esporádicos y no han formado parte de una planeación estratégica. Las principales acciones emprendidas hasta ahora son resultado de esfuerzos de las autoridades locales y federales, o bien derivadas de la cooperación técnica, a través del Grupo Binacional de Calidad del Aire del Programa Frontera XXI. Recientemente, las autoridades municipales han buscado dar una proyección y ordenamiento de largo plazo al desarrollo de la ciudad, a través de un conjunto de lineamientos y acciones contempladas en el Programa de Desarrollo Urbano de Centro de Población de Mexicali, B.C. 2010.

En lo que se refiere a las responsabilidades de gobierno, por la parte mexicana están involucrados la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (Semarnap) en el ámbito federal, el Gobierno del Estado de Baja California y el Gobierno del Municipio de Mexicali y por la parte norteamericana participan las autoridades federales (EPA), estatales de California (CARB) y locales del Condado Imperial.

Este arreglo institucional hace compleja la atención de la problemática ambiental, dada la existencia de un marco legal diferente en cada lado de la frontera al cual deben sujetarse las fuentes de contaminación, ya sea que se refiera a legislación de orden municipal, estatal o federal. Por ejemplo, en México la industria mayor está sujeta a presentar una manifestación de impacto ambiental para poder construir una nueva instalación y posteriormente obtener una licencia de funcionamiento,

cumplir con los ordenamientos del Reglamento en materia de atmósfera de la LGEEPA y con algunas de las Normas Oficiales Mexicanas que regulan las emisiones de la industria; el Reglamento mexicano también permite establecer límites de emisión particulares a fuentes individuales. Por otra parte, en los Estados Unidos, las fuentes mayores pueden estar sujetas al cumplimiento de numerosas regulaciones y programas en materia de emisiones a la atmósfera, además de límites particulares que se les fijen. Entre estas regulaciones está la relativa a alcanzar y mantener los estándares de calidad del aire, la regulación de las sustancias tóxicas, el programa de lluvia ácida y el programa de reducción de la emisión de sustancias que destruyen la capa de ozono estratosférico. Así mismo, la industria debe participar en los Planes Estatales de Implementación (SIPs).

Algunos de los contrastes más marcados entre ambos lados de la frontera se dan en los parques vehiculares, pues en el Valle Imperial se cuenta con un número importante de vehículos de modelos recientes equipados con la tecnología más moderna de control de emisiones, mientras que en Mexicali se cuenta con un gran número de vehículos altamente contaminantes, con más de 15 años de edad y sin controles adecuados de emisiones. Otros ejemplos de estas diferencias son las redes viales y la pavimentación de las mismas, ya que en Mexicali aproximadamente el 40% de las vialidades no cuentan con pavimento. Además, existen algunas fuentes fijas de contaminación que se dan únicamente en Mexicali, como son los hornos ladrilleros. Por otra parte, al igual que en otras ciudades y pasos fronterizos, la espera de los vehículos automotores en los puentes o cruces fronterizos genera un volumen significativo de contaminantes.

Si bien en algunos casos el estadio de desarrollo tecnológico puede ser un factor importante de la degradación de la calidad del aire (por ejemplo, la obsolescencia del parque vehicular de Mexicali y en algunos casos la falta de equipos de control de emisiones), el mayor uso de energéticos se equipara con ello en términos de la contribución a las emisiones a la atmósfera (el ejemplo anterior se le compara con la existencia de un mayor parque vehicular y el hecho de recorrer mayores distancias, que repercute en un mayor consumo de energéticos y por ende en una mayor cantidad de contaminantes emitidos, aun cuando los vehículos cuenten con sistemas de control de emisiones en buen estado).

Es poco factible que en el corto plazo se de una armonización de los marcos legales y normativos, por lo que es más realista asumir que la actuación binacional se da y se dará en los próximos años dentro de marcos legales y normativos diferentes en cuanto a requerimientos administrativos y de cumplimiento de requisitos y límites de emisiones de contaminantes. Sin embargo, esto no es un impedimento para actuar, sino al contrario, representa un reto a la imaginación y al ingenio de todos los involucrados en la solución del problema.

En este marco el Programa para Mejorar la Calidad del Aire de Mexicali propone una agenda de trabajo con medidas concretas que permitan en un tiempo razona-

ble, alcanzar las normas de calidad del aire y con ello garantizar la protección de la salud de la población. Para su elaboración se contó con la participación de las autoridades y de la sociedad civil, y debe considerarse como un instrumento dinámico que deberá enriquecerse y adecuarse permanentemente.

Fundamentación legal del programa

Marco jurídico

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, es el instrumento jurídico sobre el cual se sustenta el derecho ambiental en México. Las reformas constitucionales de 1983, 1987 y 1992 incorporan disposiciones generales en materia de protección al ambiente y de preservación y restauración del equilibrio ecológico, tales como el derecho a vivir en un ambiente sano, el impulso al desarrollo productivo bajo modalidades de conservación del medio ambiente y de los recursos naturales, así como las facultades del Congreso para expedir leyes que establezcan la concurrencia del gobierno federal, de los gobiernos de los estados y de los municipios en el ámbito de sus respectivas competencias, imponer modalidades a la propiedad privada y restaurar el equilibrio ecológico, en los siguientes artículos[1]:

Artículo 4, párrafo Cuarto: "Toda persona tiene derecho a la protección de la salud". El deterioro de los recursos a través de contaminantes afecta a la salud, y en el párrafo Quinto toda persona tiene derecho a un medio ambiente adecuada para su desarrollo y bienestar.

Artículo 25, párrafo Sexto: "Bajo criterios de equidad social y productiva se apoyará e impulsará a las empresas de los sectores social y privado de la economía, sujetándolos a las modalidades que dicte el interés público y al uso, en beneficio general, de los recursos productivos, cuidando su conservación y el medio ambiente". En este artículo se establecen las bases en las que se apoya la legislación ambiental, bajo el principio del "desarrollo sustentable".

Artículo 27, párrafo Tercero: "La nación tendrá en todo tiempo el derecho de imponer a la propiedad privada las modalidades que dicte el interés público, así como el regular, en beneficio social, el aprovechamiento de los elementos naturales susceptibles de apropiación, con el objeto de hacer una distribución equitativa de la riqueza pública, cuidar de su conservación, lograr el desarrollo equilibrado del país y el mejoramiento de la calidad de vida rural y urbana, en consecuencia se dictaminarán medidas para preservar y restaurar el equilibrio ecológico". El aire (la atmósfera) no es un elemento natural susceptible de apropiación, sin embargo, como recurso común constituye en sí mismo parte de la riqueza pública, por lo que corresponde a la nación cuidar su conservación para mejorar la calidad de vida de todos los mexicanos.

[1] Secretaría de Ecología del Gobierno del Estado de México, Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca, 1997. *Aire Limpio Programa para el Valle de Toluca 1997-2000.*

Artículo 73, Fracción XVI - 4a: “El Congreso tiene la facultad de dictar las medidas que el consejo de salubridad general adopte para prevenir y combatir la contaminación ambiental ....”

Artículo 73, Fracción XXIX-G: “El Congreso tiene la facultad para expedir leyes que establezcan la concurrencia del gobierno federal, de los gobiernos de los estados y de los municipios, en el ámbito de sus respectivas competencias, en materia de protección al ambiente y de preservación y restauración del equilibrio ecológico”.

Artículo 115, Fracción V: “Los municipios, en los términos de las leyes federales y estatales relativas, están facultados para formular, aprobar y administrar la zonificación y planes de desarrollo urbano municipal; participar en la administración de sus reservas territoriales; controlar y vigilar la utilización del suelo en sus jurisdicciones territoriales; intervenir en la regulación de la tenencia de la tierra urbana; otorgar licencias y permisos para construcciones, y participar en la creación y administración de zonas de reservas ecológicas. Para tal efecto y de conformidad a los fines señalados en el párrafo Tercero del Artículo 27 de esta Constitución, expedirán los reglamentos y disposiciones administrativas que fueran necesarios”.

Al igual que la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, la Constitución Política del Estado Libre y Soberano de Baja California en su Capitulo IV *de las garantías individuales, sociales y de la protección de los derechos humanos*, en su articulo 7° establece que el Estado de Baja California acata plenamente y asegura a todos sus habitantes las garantías individuales y sociales consagradas en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, así como los demás derechos que otorga esta Constitución.

Por su parte, la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente establece la distribución de facultades entre los tres órdenes de gobierno en sus artículos 5º, 7º y 8º. De tal forma, el artículo 7º describe las atribuciones que le c o-rresponden a las entidades federativas, en materia de prevención y control de la contaminación atmosférica, y otras que se relacionan con las acciones contenidas en el *Programa para Mejorar la Calidad del Aire de Mexicali 2000-2005.*

- La formulación, conducción y evaluación de la política ambiental estatal (Fracción I);
- La aplicación de los instrumentos de política ambiental previstos en las leyes locales en la materia, así como la preservación y restauración del equilibrio ecológico y la protección al ambiente que se realice en bienes y zonas de jurisdicción estatal, en las materias que no están expresamente atribuidas a la Federación (Fracción II);
- La prevención y control de la contaminación atmosférica generada por fuentes fijas que funcionen como establecimientos industriales, así como por fuentes móviles, que conforme a lo establecido en esta Ley no sean de competencia Federal (Fracción III);

- El establecimiento, regulación, administración y vigilancia de las áreas naturales protegidas previstas en la legislación local, con la participación de los gobiernos municipales (Fracción V);
- La formulación, expedición y ejecución de los programas de ordenamiento ecológico del territorio... con la participación de los municipios respectivos (Fracción IX);
- La prevención y control de la contaminación generada por el aprovechamiento de las sustancias no reservadas a la federación, que constituyan depósitos de naturaleza similar a los componentes de los terrenos, tales como rocas o productos de su descomposición que sólo puedan utilizarse para la fabricación de materiales para la construcción u ornamento de obras (Fracción X);
- La atención de los asuntos que afecten el equilibrio ecológico o el ambiente de dos o más municipios (fracción XI);
- La participación en emergencias y contingencias ambientales, conforme a las políticas y programas de protección civil que al efecto se establezcan (Fracción XII);
- La vigilancia del cumplimiento de las normas oficiales mexicanas expedidas por la Federación, en las materias y supuestos a que se refieren las fracciones III, VI y VII de este artículo (Fracción XIII);
- La conducción de la política estatal de información y difusión en materia ambiental (Fracción XIV);
- La promoción de la participación de la sociedad en materia ambiental, de conformidad con lo dispuesto en esta ley (Fracción XV);
- La formulación, ejecución y evaluación de un programa estatal de protección al ambiente (Fracción XVIII);
- La emisión de recomendaciones a las autoridades competentes en materia ambiental, con el propósito de promover el cumplimiento de la legislación ambiental (Fracción XIX).

De igual forma, en el artículo 8º de la Ley se establecen las facultades que le corresponden a los municipios; de las cuales, las establecidas en las fracciones III, V, VIII, X, XI, XII y XV fundamentan la participación del gobierno municipal en las acciones que se establecen en el *Programa para Mejorar la Calidad del Aire de Mexicali 2000-2005:*

III.- La aplicación de la disposiciones jurídicas en materia de prevención y control de la contaminación atmosférica generada por fuentes fijas que funcionen como establecimientos mercantiles o de servicios, así como de emisiones de contaminantes a la atmósfera provenientes de fuentes móviles que no sean consideradas de jurisdicción federal, con la participación que de acuerdo con la legislación estatal corresponda al gobierno del estado;

V.- La creación y administración de zonas de preservación ecológica de los centros de población, parques urbanos, jardines públicos y demás áreas análogas previstas por la legislación local;

VIII.- La formulación y expedición de los programas de ordenamiento ecológico local del territorio a que se refiere el artículo 20 BIS 4 de esta Ley, en los términos en ella previstos, así como el control y la vigilancia del uso y cambio de uso del suelo, establecidos en dichos programas;

X.- La participación en la atención de los asuntos que afecten el equilibrio ecológico de dos o más municipios y que generen efectos ambientales en su circunscripción territorial;

XI.- La participación en emergencias y contingencias ambientales conforme a las políticas y programas de protección civil que al efecto se establezcan;

XII.- La vigilancia del cumplimiento de las normas oficiales mexicanas expedidas por la Federación, en las materias y supuestos a que se refieren las fracciones III, IV, VI y VII de este artículo;

XV.- La formulación, ejecución y evaluación del programa municipal de protección al ambiente.

La Ley del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente del Estado de baja California publicada el día 29 de febrero de 1992, en su Artículo 130 en materia de contaminación atmosférica establece que corresponde a la Dirección de Ecología o a los ayuntamientos, en el ámbito de su competencia, y mediante un convenio con la Dirección:

I.- Realizar las acciones de prevención y control de la contaminación atmosférica;

II.- Aplicar los criterios ecológicos para la protección de la atmósfera en las declaraciones de usos, destinos, reservas y provisiones, determinando las zonas en que sea permitida la instalación de agentes emisores, tomándose en cuenta las condiciones topográficas, climatológicas y meteorológicas para asegurar la adecuada dispersión de las emisiones;

III.- Ejercer la coordinación sobre acciones relativas a la preservación del ambiente con los organismos similares del poder federal y del municipal;

V.- Integrar y mantener actualizados los inventarios de las diferentes fuentes de emisión a la atmósfera, solicitando la información que estime necesaria a las personas físicas o morales, dependencias y organizaciones oficiales;

IX.- Establecer y operar sistemas de monitoreo, vigilancia y control de la calidad del aire; realizar la investigación científica y los estudios necesarios, directamente o a través de terceros de manera que le permita informar ampliamente a la sociedad y al consejo de ecología sobre la calidad del aire en el Estado.

Marco normativo

La Ley General de Salud establece que, en materia de efectos del ambiente en la salud de la población, corresponde a las autoridades de salubridad establecer normas, tomar medidas y realizar actividades tendientes a proteger la salud humana ante los riesgos y daños que pudieran ocasionar las condiciones del ambiente, así como determinar los valores de concentración máxima permisibles para el ser humano de los contaminantes atmosféricos.

Con base en lo señalado anteriormente, la Secretaría de Salud emitió las Normas Oficiales Mexicanas en las que se establecen los criterios de calidad del aire en materia de salud.

Las normas sobre las cuales se sustenta el presente Programa son las siguientes:

Norma Oficial Mexicana	Contaminante que norma
NOM-020-SSA1-1994	Ozono
NOM-021-SSA1-1994	Monóxido de carbono
NOM-022-SSA1-1994	Bióxido de azufre
NOM-023-SSA1-1994	Bióxido de nitrógeno
NOM-024-SSA1-1994	Partículas suspendidas totales
NOM-025-SSA1-1994	Partículas menores de 10 micras
NOM-026-SSA1-1994	Plomo

Estas Normas Oficiales Mexicanas fueron publicadas el 23 de diciembre de 1994 en el Diario Oficial de la Federación y en ellas se menciona que son de observancia para las autoridades federales y locales que tengan a su cargo la vigilancia y evaluación de la calidad del aire, con fines de protección a la salud de la población.

Asimismo, establecen que dentro del plazo de 180 días naturales posteriores a su publicación los gobiernos de las entidades federativas propondrán los planes para la verificación, seguimiento y control de los valores establecidos.

Por su parte el artículo 111° fracción I de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, señala como una de la facultades de la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP), en materia de prevención y control de la Contaminación atmosférica, expedir las normas oficiales mexicanas que establezcan la calidad ambiental de las distintas áreas, zonas o regiones del territorio nacional con base en los valores de concentración máxima permisible para la salud pública de contaminantes en el ambiente determinados por la Secretaría de Salud.

El Reglamento en materia de Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica de la citada Ley, señala en el artículo 7° fracción IV, que es competencia de la SEMARNAP, la expedición de normas “para la certificación de la autoridad competente de los niveles de emisión de contaminantes a la atmósfera provenientes de

fuentes determinadas"; para tal efecto la SEMARNAP ha emitido normas oficiales mexicanas, aplicables al presente Programa, en lo que respecta a monitoreo ambiental, fuentes fijas, características de combustibles y fuentes móviles; el Anexo F contiene el listado de las normas vigentes.

El Reglamento de Protección al Ambiente del municipio de Mexicali, B.C., publicado el 8 de diciembre de 1997, establece en su artículo 4° las atribuciones de la oficina municipal de ecología, en materia de preservación y restauración del equilibrio ecológico y protección al ambiente:

I.- En materia de política ambiental:

a) Formular, expedir y ejecutar el programa municipal de protección al ambiente y los programas de ordenamiento ecológico y municipal a que se refiere la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, en los términos de ésta previstos.

Gestión de la calidad del aire de la cuenca binacional

A continuación se discuten algunos aspectos que intervienen en la gestión de la calidad del aire de la cuenca atmosférica binacional y las oportunidades que existen para el desarrollo y aplicación conjunta de acciones por las ciudades.

La contaminación del aire debe ser primero caracterizada en sus aspectos físicos, químicos y climáticos, para entender su comportamiento espacio-temporal. Enseguida, es necesario entender este comportamiento en relación con las fuentes que producen las emisiones de los contaminantes, para con ello identificar, cuantificar su participación en el problema e identificar oportunidades para reducirlas eficientemente y al menor costo económico, social y político. Aquí resalta la importancia de ir avanzando en:

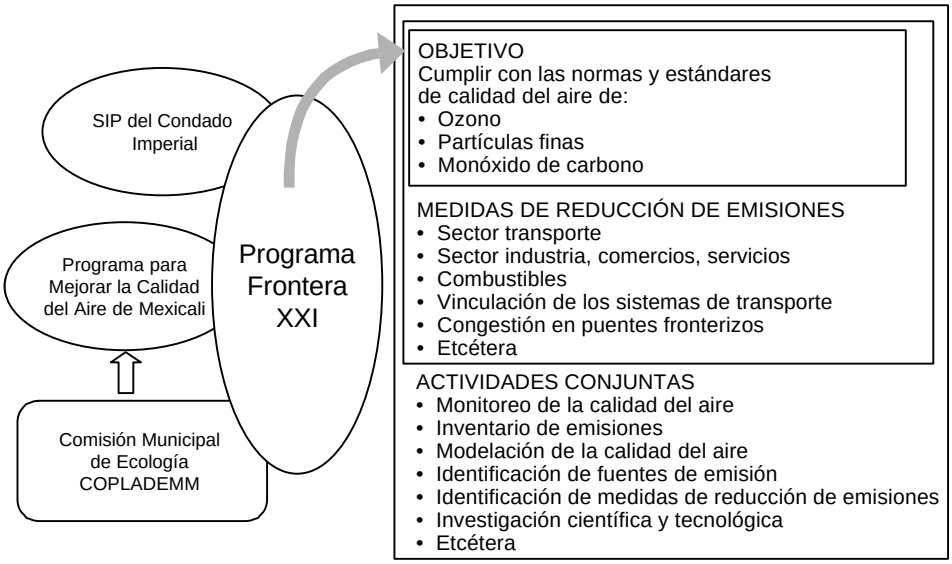
- la conjunción y desarrollo de un inventario de emisiones completo y desagregado, espacial y temporalmente, para la cuenca atmosférica en su totalidad,
- contar con una red de monitoreo regional que permita tener una visión integral de la calidad del aire, y
- medir y evaluar los beneficios que se logren por la reducción de las emisiones.

También resulta relevante mejorar las estimaciones de los volúmenes de contaminación emitidos por las principales fuentes, en particular las relativas al transporte y los suelos. En este proceso es imprescindible tender hacia una estandarización de las técnicas y métodos empleados en la elaboración de los inventarios para la cuenca en su conjunto.

Con base en este marco de actuación ambiental, la premisa de cualquier actividad que se realice en la cuenca atmosférica de Mexicali-Valle Imperial debe ser la de

reducir emisiones, o al menos evitar incrementarlas. Esto bajo un esquema de concurrencia, cuyo objetivo último es contribuir a disminuir los niveles de partículas finas, monóxido de carbono y ozono en el aire de la cuenca atmosférica binacional. Este concepto se ilustra en la Figura 2.1, en donde el Grupo de Calidad del Aire aparece como el punto de concurrencia de las actividades particulares y conjuntas que se llevan a cabo en Mexicali-Valle Imperial.

Figura 2.1. Interrelación y objetivos de los programas y actividades para mejorar la calidad del aire en la región Mexicali-Valle Imperial



La Tabla 2.1, presenta algunas de las actividades de calidad del aire para la región Mexicali-Valle Imperial. Como se puede ver, algunas de ellas contribuyen al conocimiento del problema y otras corresponden a medidas concretas para reducir las emisiones. Varias de ellas están siendo ya aplicadas y las medidas comprendidas en este Programa, también se vienen a sumar a los de esta lista de medidas.

Con la información, generada de forma común y compartida, cada gobierno, federal, estatal y local, podrá establecer las medidas pertinentes más costo-efectivas.

Por último, es necesario mencionar que el Grupo de Calidad del Aire del Programa Frontera XXI, ha optado por llevar a cabo sus trabajos también bajo estos lineamientos. Actualmente los esfuerzos se orientan a mejorar el conocimiento científico y técnico del problema; se contempla a continuación, llevar a cabo modelaciones complejas y con los resultados que arrojen, identificar las medidas pertinentes para reducir las emisiones y acaso llevar a la cuenca Mexicali-Valle Imperial al cumplimiento de las normas y estándares de la calidad del aire en los próximos años.

Tabla 2.1. Ejemplos de actividades para mejorar la calidad del aire de la cuenca atmosférica Mexicali-Valle Imperial

Conocimiento y seguimiento del problema de la cuenca atmosférica
• Monitoreo y caracterización de la calidad del aire • Inventario de emisiones • Modelación matemática de la calidad del aire de la cuenca atmosférica • Identificación de fuentes y contaminantes
Medidas de reducción de emisiones
• Verificación vehicular • Calidad de combustibles • Vinculación de los sistemas de transporte • Congestión de puentes fronterizos • Reducción de emisiones en industrias y servicios • Recuperación de vapores en terminales y estaciones de servicio • Reforestación • Pavimentación de calles
Actividades de soporte
• Consecución de recursos económicos • Investigación científica y tecnológica de medidas de control • Entrenamiento, capacitación, educación • Iniciativas voluntarias y participación de la sociedad

3. ASPECTOS GENERALES

1. Antecedentes históricos

La región de la cuenca baja del río Colorado donde se asientan los valles Imperial y de Mexicali ha estado habitada desde hace varios miles de años. Existen evidencias de asentamientos de grupos de cazadores en esa región desde hace aproximadamente 10,000 años, en lo que hoy se conoce como el complejo arqueológico "San Dieguino" y en la que prevalecía un clima más fresco y húmedo que el presente. Estos paleoindígenas no sólo eran cazadores de los grandes mamíferos hoy extintos, también incluían en su dieta animales pequeños, plantas y recursos marinos, por lo que se puede afirmar que ya desde esos tiempos estos pobladores hacían un uso muy amplio de la región.

En el periodo que abarca de 5000 a.C. a 900 d.C. que incluye las etapas conocidas como "Pinto" y "Amargosa", se da una transición de grupos preponderantemente cazadores a grupos de cazadores-recolectores con fabricación de instrumentos de molienda, como morteros y metates, que permiten afirmar que estos pobladores tenían ya una dieta que incluía una parte importante de semillas y granos. En etapas posteriores, en el periodo conocido como Yumano I (800 a 1050 d.C.) aparece el uso de la cerámica; el periodo Yumano II (1050 a 1450 d.C.) se caracteriza por la práctica de las cremaciones; y en el periodo conocido como Yumano III (de 1450 al siglo XIX) se da un proceso de dispersión a partir de la desecación del lago Coahuilla. Es en este periodo Yumano cuando el grupo Cucapá se establece en la región del delta del Colorado y adopta prácticas agrícolas.

Los primeros exploradores españoles en llegar al delta del Río Colorado fueron Hernando de Alarcón y Melchor Díaz, quienes en el año de 1540 establecieron los primeros contactos con los pobladores de la región que eran integrantes de los Cucapá. En 1700 y 1701, los padres Jesuitas Kino y Salvatierra exploraron la boca del Río Colorado y fue Francisco Garcés quien, en sus exploraciones por la región en los años de 1771 y 1776, le dio el nombre al río que hasta ahora lo conserva.

La Ciudad de Mexicali

Se reconoce como fecha de su fundación el 14 de marzo de 1903, día en la que se expidió el primer nombramiento para un cargo público, que fue otorgado por parte del Ayuntamiento de Ensenada a Manuel Vizcarra para desempeñarse como juez auxiliar de Mexicali.

Al término de la guerra entre México y Estados Unidos el 2 de febrero de 1848, se establecen en el tratado de Guadalupe Hidalgo los nuevos límites territoriales entre

ambas naciones, condicionando con ello el emplazamiento y ubicación de las futuras ciudades fronterizas en el territorio de Baja California.

Si la guerra entre ambas naciones tuvo muy poca presencia en Baja California, no es el caso de las invasiones filibusteras. El 16 de octubre de 1953, William Walker acompañado de un grupo de aventureros sale del puerto de San Francisco a bordo del barco Carolina de matrícula mexicana. Llega a la bahía de La Paz en los primeros días de octubre y toma la ciudad, haciendo prisionero al gobernador Espinosa. De aquí parte hacia el puerto de Ensenada donde establece su cuartel general y lanza su proclama de hacer de la península de Baja California una república independiente. Desde su llegada al puerto de Ensenada Walker fue acosado por el patriota Antonio Meléndrez, quien tras varios encuentros lo derrota en el rancho Cueros de Venado el 6 de mayo de 1854 y lo hace huir a la ciudad de San Diego.

La historia de Mexicali está estrechamente ligada a las políticas de colonización de la segunda mitad del siglo XIX que llevaron a cabo ambos países. Por parte de México, el impulso a la colonización era la respuesta de los gobiernos federales a la pobreza, a las perturbaciones políticas y a la constante amenaza de intervenciones extranjeras.

Con este estímulo a la colonización se pretendía impulsar el desarrollo del país. Para ello el gobierno de Ignacio Comonfort emitió en 1857 la Ley sobre Colonización de Terrenos Baldíos. En ella se normaba lo relativo a la dotación de terrenos, exención de impuestos y requisitos para deslindes. Esta Ley fue reformada en varias ocasiones, culminando en la Ley de Colonización de 1883. En ésta se establecía un límite máximo de 2,500 hectáreas por colono e iguales condiciones de venta para nacionales y extranjeros. Como consecuencia de esta Ley, los especuladores extranjeros lograron acaparar grandes extensiones de tierra. En Baja California el inversionista Luis Hüller logró la adjudicación de 18 millones de acres que vendía en subasta pública en la ciudad de Hartford Connecticut. A esto se sumaba la exención de impuestos por veinte años y la subvención de 12,000 pesos por milla del ferrocarril que se tenía proyectado construir para unir a la península con los Estados Unidos. La denuncia de tales irregularidades por parte del Diario del Hogar y constatadas por el Comisionado enviado a Baja California por el Ministro Carlos Pacheco, dieron por resultado la rescisión del contrato y el encarcelamiento del empresario.

Una década más tarde, el gobierno de Porfirio Díaz promulga un paquete legislativo en materia de colonización con las Leyes de diciembre de 1893, marzo de 1894 y el Reglamento de junio de 1894. Se adoptaba ahora una política aún más liberal en materia de colonización. Se eliminaron las restricciones de 2,500 hectáreas por colono y la obligación de cultivar y poblar las tierras deslindadas, favoreciendo con ello la especulación privada y abandonando la política oficial de colonización, en favor del latifundismo. Como consecuencia a la inconformidad y constantes denuncias a estas medidas en los diarios de la época, en 1902 se deroga la autorización a

las compañías privadas para deslindar terrenos. Posteriormente y como consecuencia de las numerosas irregularidades en la tenencia de la tierra, se suspende la facultad del Ejecutivo para hacer enajenaciones de terrenos nacionales mientras no se rectifiquen por Comisiones Oficiales las enajenaciones anteriores.

Como se mencionó, el surgimiento de Mexicali está estrechamente relacionado con la colonización y el desarrollo agrícola de la región en ambos lados de la frontera. A fines del siglo pasado y primeros años del presente se llevaron a cabo por la compañía americana California Development, los trabajos de irrigación y desarrollo urbano de las ciudades de El Centro, Imperial y Heber. El desarrollo del desierto del Colorado, al que más tarde se llamó Valle Imperial, estuvo financiado y dirigido por el empresario Canadiense George Chaffey, quien en 1901 decidió fundar la ciudad de Caléxico. En 1902 Antonio H. Heber sustituye a Chaffey en la dirección de las compañías Imperial Land y California Development. Con el apoyo de inversionistas norteamericanos, Heber compra el 17 de octubre de 1902 a la Sociedad de Irrigación y Terrenos de la Baja California, un predio de 187.6 hectáreas en territorio mexicano colindante con la nueva población de Caléxico y comisiona al ingeniero Charles Rockwood para elaborar el trazo del pueblo de Mexicali.

Entre los años de 1904 y 1905 la empresa Colorado River Plant adquirió la mayor parte de los terrenos irrigables en el valle de Mexicali. De manera simultánea a la operación de venta de lotes agrícolas, el empresario inició la operación de venta de lotes urbanos. El compromiso de los empresarios norteamericanos con los nuevos colonos del Valle Imperial y de Mexicali incluía la entrega de agua para irrigación que se tomaría del río Colorado y se cobraría a razón de 50 centavos de dólar por acre. El proyecto inicial de Chaffey consideraba tomar el agua del río y pasarla por un canal al cauce seco del arroyo El Álamo en territorio mexicano. Con esto se reduciría de manera considerable el costo de la obra de irrigación. El proyecto de colonización sufrió un fuerte revés con las inundaciones ocasionadas por el desbordamiento del río Colorado en los años de 1905 y 1906 lo que significó una dura prueba para la existencia del pueblo de Mexicali.

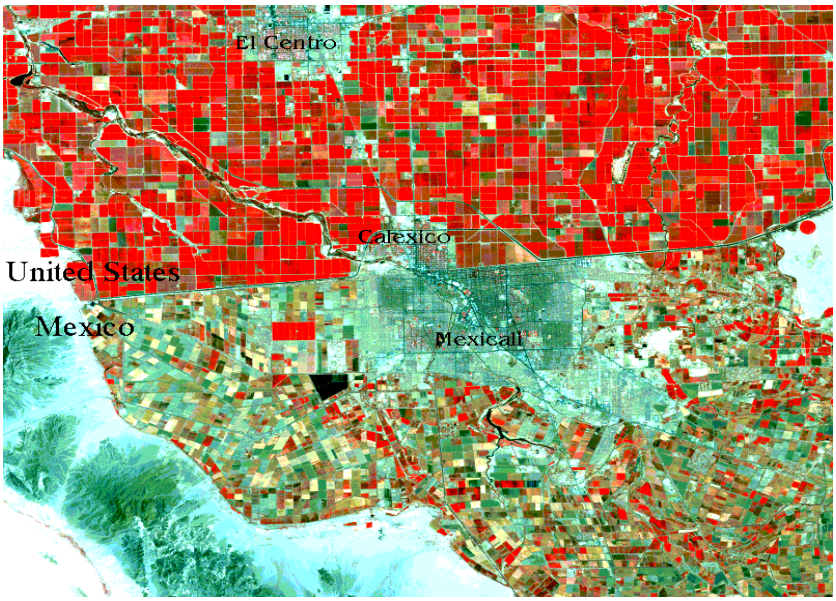
Otro de los acontecimientos que marcan la historia de Mexicali, es la toma de la ciudad por las fuerzas anarquistas el 29 de enero de 1911. Desde el inicio del movimiento revolucionario, la Junta Organizadora de Partido Liberal Mexicano, de la cual Ricardo Flores Magón era su principal líder e ideólogo, consideró al Distrito Norte de Baja California como una zona propicia para la acción armada. Sin embargo, este levantamiento no fructificó y la ciudad fue recuperada por las fuerzas federales en junio del mismo año.

En el año de 1914, bajo el liderazgo del Coronel Esteban Cantú, se emite el decreto de reconocimiento de la ciudad como cabecera del municipio del mismo nombre. Al año siguiente pasa a ser la capital del territorio y a partir del 16 de enero de 1952, la capital del nuevo estado de Baja California (INEGI, 1997b).

Ya en la segunda mitad del siglo, Mexicali recibe un fuerte impulso con el Programa de Industrialización de la Frontera Norte a mediados de la década de los sesenta. En este periodo surgen los primeros parques industriales para el establecimiento de la industria maquiladora. Esto hace que la economía de la ciudad cambie y a partir de entonces su carácter primordialmente agrícola se transforma a uno de mayor diversidad y estabilidad, como consecuencia de la demanda de mano de obra por la industria maquiladora. Tal situación trae como consecuencia el incremento en la tasa de inmigración, proveniente principalmente de los estados con mayor desempleo y pobreza de la República Mexicana.

La ciudad de Mexicali ocupa en la actualidad una extensión de aproximadamente 11,372 hectáreas a las que se agregan 795 hectáreas periféricas con carácter rural. En el año de 1996 contaba con una reserva territorial de 504 hectáreas para su crecimiento urbano.

Figura 3.1. La región Mexicali-Caléxico-El Centro



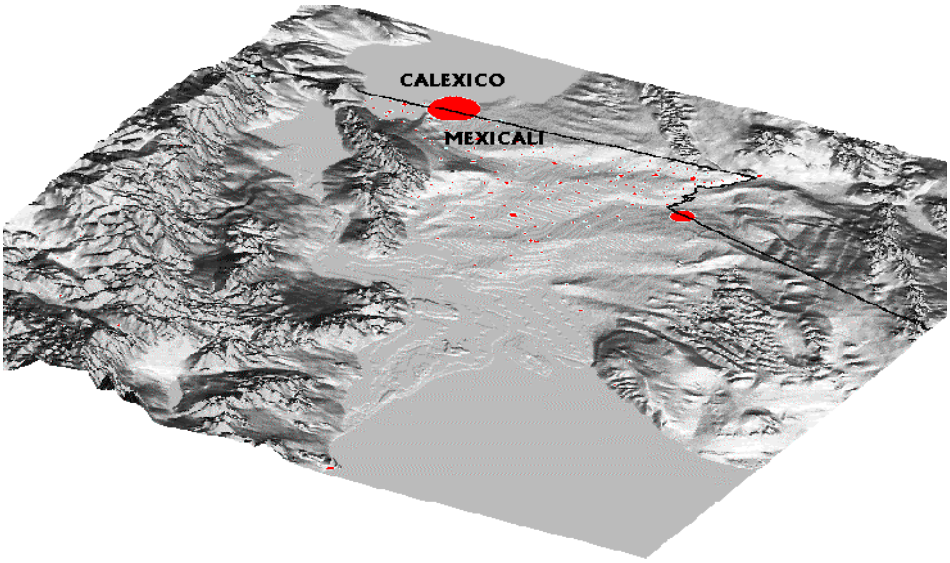
Fuente: http://gort.ucsd.edu/mw

2. Aspectos socioeconómicos

La ciudad de Mexicali, sede del gobierno estatal y cabecera del municipio del mismo nombre, se localiza a lo largo de la frontera internacional a los 32° 40' de latitud norte y 115° 28' de longitud oeste, a una altura promedio sobre el nivel del mar de 10 m. La región forma parte de la cuenca del río Colorado, la cual tiene una superficie de 632,000 km² y se extiende desde el sur del estado de Wyoming, incluyendo

parte de los estados de Utah, Colorado, California, Nevada, Nuevo México y la mayor parte del estado de Arizona. Del territorio Mexicano incluye la parte noreste de Baja California y la parte noroeste del estado de Sonora (Figura 3.2). A pesar de su tamaño esta cuenca recibe un volumen de agua más bien pequeño calculado en una media anual de 16.6 km³ (Keller, 1996). Los recursos hídricos de esta cuenca están totalmente apropiados por diversos usuarios que incluyen los siete estados de la Unión Americana y México.

Figura 3.2. Topografía de la región



Fuente: http://gort.ucsd.edu/mw

En el año de 1944 se firmó un acuerdo entre los dos países con el objeto de reglamentar el volumen de agua que debería fluir a México; este volumen se fijó en 1.85 km³ anuales. Sin embargo, debido a la alta evaporación producto del uso agrícola al norte de la frontera, el agua que fluía a México contenía un alto porcentaje de sales que en ocasiones llegó a las 2,700 ppm, cuando el máximo permisible para consumo humano es de 550 ppm y de 750 ppm para riego agrícola. Como consecuencia de ello, en el año de 1973 se firmó un nuevo acuerdo entre los dos países, en el que se convenía que la salinidad del agua que cruzara la frontera y se almacenara en la presa Imperial no debería exceder las 115 ppm de sales.

La región de los valles Imperial y de Mexicali forma parte de la depresión del Saltón. Ésta se originó a partir de la formación de bancos de arena en la desembocadura del río Colorado, que elevaron el área del delta por encima de la parte noroeste de la cuenca. Como consecuencia de ello el río descargó en la parte más profunda de la cuenca con lo que se formó un gran lago. Este lago

desapareció cuando la elevación de la región del Saltón permitió al antiguo río Colorado reencausarce hacia el Golfo. En este proceso el lago se secó dejando una planicie de suelos aluviales profundos, que en la mayor parte del valle están formados por arenas medianas, limos y aluviones de alta calidad y con buen drenaje, y por suelos arcillosos con menor capacidad de drenaje en la parte noroeste del valle con una pendiente suave (SPP-INEGI, 1984).

Población

El municipio de Mexicali abarca una superficie de aproximadamente 13,935.6 km^2. Según datos del censo de 1990, la población de la ciudad de Mexicali fue de 505,016 habitantes y para el municipio de 601,938, lo que implica que un 84% de la población del municipio tiene asentamiento en la ciudad de Mexicali. Para el año de 1995 la población estimada por el INEGI fue de 696,034 habitantes para el municipio y para la ciudad de Mexicali de 586,324 habitantes, significando un crecimiento poblacional de 16%. Actualmente se tiene que la tasa de crecimiento anual de población es de 2.6% para esta ciudad, lo que la ubica como la de menor crecimiento poblacional en el Estado de Baja California.

Por otra parte, el número de nacimientos en el periodo 95-96, fue de únicamente 17,383, por lo que el aumento de la población se debe al gran número de inmigrantes que llegan para pasar la frontera y se quedan a vivir y trabajar en la ciudad durante algún tiempo o de forma permanente.

A continuación se presenta una estimación de la tendencia de crecimiento poblacional del municipio de Mexicali de acuerdo con el valor porcentual manejado por el INEGI. A partir de ella se observa que la población para el año 2010 será un poco mayor al millón de habitantes, un 50% más que la registrada en 1995, como se muestra en la Figura 3.3 y Tabla 3.1.

Figura 3.3 Proyección del crecimiento de la población de Mexicali

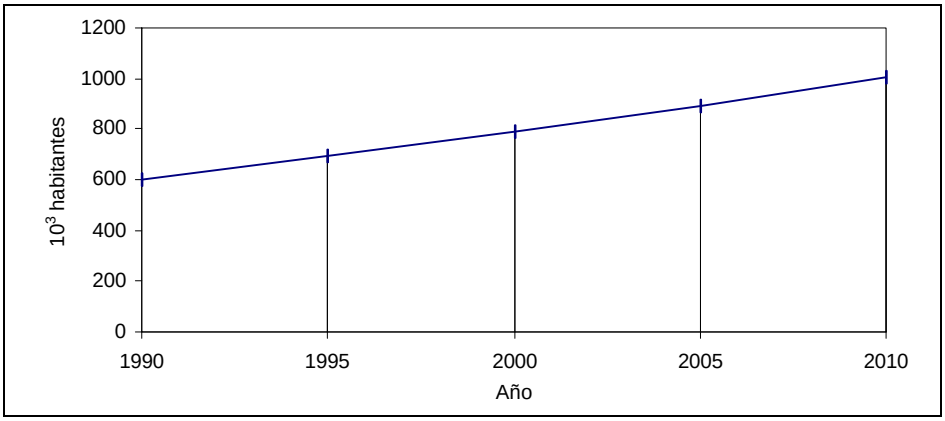


Tabla 3.1 Proyección del crecimiento poblacional

Año	Población
1990	601,938
1995	696,043
2000	786,500
2005	888,700
2010	1,004,300

Fuente: INEGI, 1996. Cuaderno Estadístico Municipal.

Por otra parte, el Valle Imperial está integrado por varias ciudades; siendo las más cercanas a la frontera con México las ciudades de Caléxico y El Centro del estado de California; cuenta con una superficie de 6,911 km^2, con una población de 137,400 habitantes y un parque vehicular de 70 mil unidades. La Tabla 3.2 compara algunas de estas características con las de Mexicali. Se puede observar que en cuanto a población existen casi 6 veces más habitantes en Mexicali que en el Valle Imperial, esto también se refleja en los parques vehiculares, siendo casi tres y media veces más grande en Mexicali. Cabe resaltar que en el Valle Imperial casi todas sus unidades son de años recientes, en cambio en Mexicali la edad del parque vehicular es mayor a los 15 años.

Tabla 3.2. Comparación de algunos aspectos urbanos y demográficos de Mexicali y Valle Imperial

	Unidad	Mexicali	Valle Imperial
Extensión territorial	km^2	13,936	6,911
Población	Habitantes	696,034	137,400
Densidad de población	Habitantes/km^2	50	20
Parque vehicular	Número de vehículos	241,000	71,000
Habitantes por vehículo	Habitantes/vehículo	2.9	1.9

Actividad económica

A pesar del origen de su formación y por ser un municipio que posee tierras de cultivo de riego, en Mexicali la producción agrícola no representó una componente importante de la actividad económica regional en los primeros lustros del siglo. En los años veinte fue peculiar el crecimiento de la industria cervecera, pero a pesar de sus volúmenes de producción, no hizo que la ciudad adquiriera un carácter industrial. El surgimiento de la industrialización en el valle de Mexicali no se dio de manera automática con el inicio del cultivo del algodón, sino que fue hasta fines de los años cuarenta cuando la agroindustria en esta zona transformó en forma significativa el padrón espacial de crecimiento de la entidad con 117 establecimientos industriales; las principales industrias fueron las plantas despepitadoras de algodón, la elaboración de aceites y grasas vegetales, el enlatado de pescados y mariscos, la elaboración de vinos y licores, el embotellado de aguas gaseosas, el empaque de carnes y la pasteurización de

la leche. Al inicio de los años cincuenta ya contaba con 525 establecimientos industriales y a finales de 1950 se inicia la construcción de las primeras industrias maquiladoras en Mexicali; para el año de 1996 se tenían 182.

En lo que se refiere a la actividad agrícola, esta fue la primera que se realizó en el valle de Mexicali, teniendo su máximo despegue en los años cincuenta. Sin embargo, en la actualidad esta ha pasado a segundo término por el desplazamiento de la población económicamente activa a la industria maquiladora. Los principales cultivos por superficie sembrada en el valle de Mexicali son el trigo, el algodón, la alfalfa y las hortalizas, entre otros.

En la actualidad el 14% de la población económicamente activa se emplea en el sector primario, 18% en el sector secundario y 36% en el sector terciario que comprende el comercio y los servicios.

En la Tabla 3.3 se presentan las principales actividades relacionadas con la transformación de bienes y recursos, agregada en el ámbito de subsector. Se incluye aquí toda actividad económica que en su proceso de producción utilice maquinaría, equipo y sustancias, que puedan emitir algún tipo de contaminación al aire.

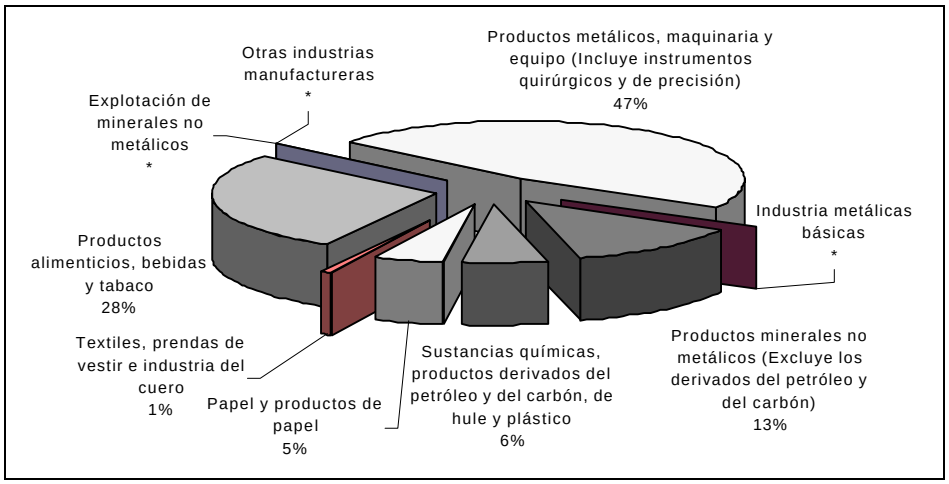
Tabla 3.3 Establecimientos manufactureros por subsector, 1993

Subsector	Unidades económicas	Personal ocupado	Producción bruta total (miles de pesos)
Explotación de minerales no metálicos	27	118	4,111
Productos alimenticios, bebidas y tabaco	111	1,025	252,7030
Textiles, prendas de vestir e industria del cuero	5	292	3,974
Papel y productos de papel	21	985	187,992
Sustancias químicas, productos derivados del petróleo, del carbón, hule y plástico	22	1,750	293,616
Productos minerales no metálicos, excluye los derivados del petróleo y del carbón	52	1,677	408,517
Industrias metálicas básicas	*	437	94
Productos metálicos, maquinaria y equipo, incluye instrumentos quirúrgicos y de precisión	185	9,885	868,032
Otras industrias manufactureras	*	63	2,073

* Se omitió el dato para guardar la confidencialidad.
Fuente: XIV Censo Industrial, Censos Económicos 1994, Baja California, INEGI.

Como se observa en la Figura 3.4, el subsector de productos metálicos maquinaria y equipo representa el 47% del sector manufacturero en Mexicali, ya que existe un gran número de establecimientos de fabricación de estructuras metálicas, tanques y calderas industriales; los productos alimenticios, bebidas y tabaco con 28%; la producción de minerales no metálicos con 13%; substancias químicas y derivados del petróleo y el carbón con 6%; industria del papel con 5%; y textiles y prendas de vestir con 1%.

Figura 3.4. Unidades económicas manufactureras por subsector



Otra fuente de empleo son las pequeñas industrias y establecimientos comerciales en los cuales el número de empleados es pequeño (Tabla 3.4).

Tabla 3.4. Establecimientos de servicio por rama de actividad

Actividad	Número de establecimientos	Personal ocupado	Ingresos brutos totales (miles de pesos)
Servicios de tintorería y lavandería	*	30	12,541
Servicio de reparación y mantenimiento de maquinaria y equipo (incluye equipo de transporte).	76	242	16,489
Servicio de reparación y mantenimiento automotor	1,383	3,164	88,241
Servicios relacionados con el transporte terrestre	24	185	7,259
Servicios relacionados con el transporte aéreo	*	78	7,635

* Se omitió el dato para guardar la confidencialidad.
Fuente: XI Censo de Servicios, Censos Económicos 1994, Baja California, INEGI.

3. Aspectos urbanos y de vialidad

Vialidad

La zona urbana de la ciudad de Mexicali esta conformada por una red de calles irregulares, situada en un terreno predominante plano cuya longitud es de aproximadamente 1,800 kilómetros. Los accesos a la ciudad son varios: por la parte norte las calles que conducen a las dos garitas de la frontera con E.U.A.; por la parte oriente la vía principal es el acceso por la carretera a San Luis Río Colorado; al sur se comunica con la carretera de San Felipe; y al occidente con la carretera de Tijuana. Las vialidades que registran mayor tráfico vehicular son: los boulevares Lá-

zaro Cárdenas, López Mateos, Benito Juárez, Francisco L. Montejano, Anáhuac, Carranza; las calzadas Justo Sierra, Independencia, Cuauhtémoc y Manuel Gómez Morín; las avenidas Madero, Colón, Sinaloa, Zaragoza; y la calle Río Culiacán. Estas vialidades tienen diferentes longitudes y poseen un número diferente de carriles. Es importante mencionar que en el año de 1996, únicamente el 62% de las vialidades se encontraban pavimentadas.

Parque vehicular

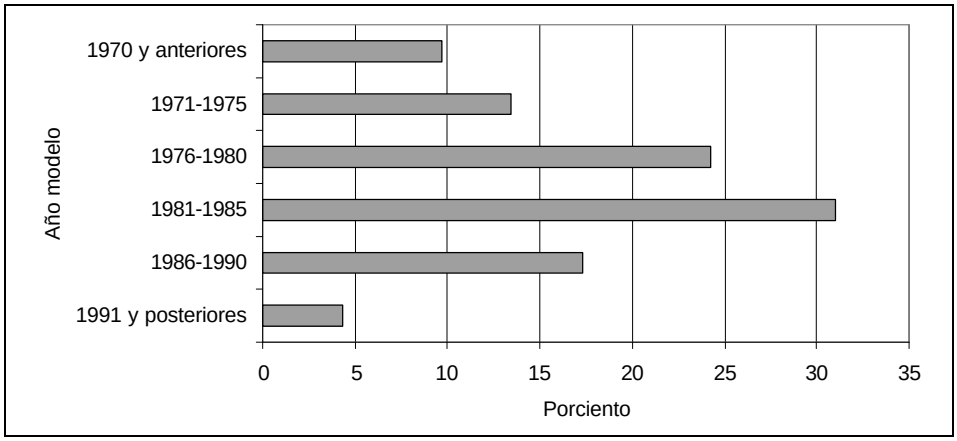
El parque vehicular oficialmente registrado en Mexicali es de 240,810 vehículos del cual el 90% es fronterizo, es decir que poseen placas del estado y su circulación se restringe a la zona fronteriza norte. En general los vehículos tienen varios años de uso y en su gran mayoría han sido modificados en sus sistemas anticontaminantes. Como se observa en el Tabla 3.5, predominan los automóviles particulares (70% del parque vehicular) y las camionetas pick up (19%). Así mismo se puede observar en la Figura 3.5 que la edad de más del 45% del parque vehicular corresponde a modelos 1980 y anteriores, 48% son modelos de 1981 a 1990 y casi el 4% es de modelo 1991 y posteriores.

Tabla 3.5. Parque vehicular de Mexicali

Tipo	Número de vehículos	%
Automóviles Particulares	168,160	69.8
Taxis	1,105	0.5
Pick up	46,005	19.1
Camiones de Pasajeros	1.060	0.4
Camiones de Carga	23,529	9.8
Motocicletas	951	0.4
Total	240,810	100.0

Fuente: Secretaría de Planeación y Finanzas del Gob. del Edo., 1996.

Figura 3.5. Edad del parque vehicular

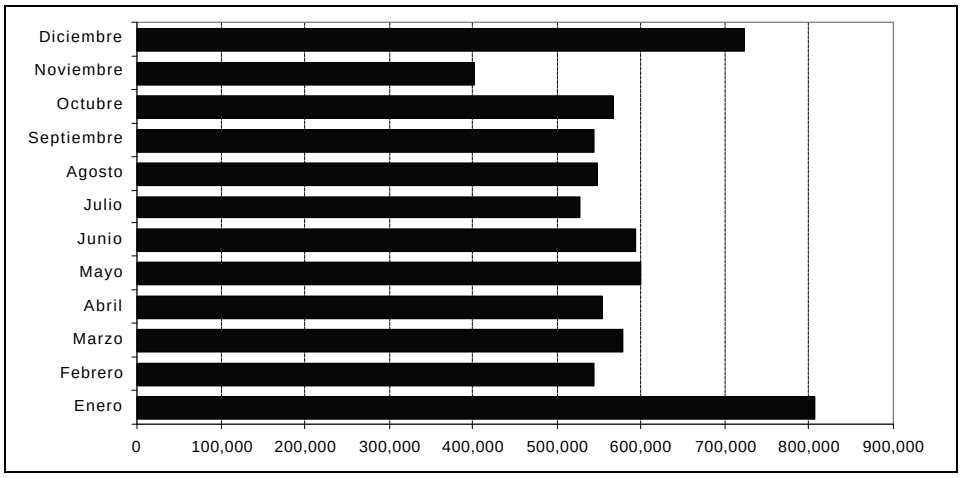


Cruces internacionales

En esta zona se cuenta con dos garitas para el cruce fronterizo. La primera de ellas está situada en el centro de la ciudad y comunica con la zona comercial de la ciudad de Caléxico; por ella sólo se hace el cruce de vehículos particulares y de paso peatonal; el servicio de inmigración lleva un registro de los vehículos que cruzan diariamente por esta garita, registrándose el mayor flujo en los meses de diciembre y enero. En el año de 1996 cruzaron la línea fronteriza un total de 6,989,639 vehículos (Figura 3.6). Sobre el supuesto conservador de un tiempo promedio de permanencia de 3.5 minutos por vehículo en la línea de espera, esta área de la ciudad estaría siendo impactada por una emisión de contaminantes equivalente a 400,000 horas-motor al año.

A diferencia de otras ciudades fronterizas, en los cruces internacionales de Mexicali-Valle Imperial se registra que la mayoría de las personas cruzan para realizar compras y efectuar visitas familiares, siendo pocas las personas que cruzan para realizar estudios del lado americano y en algunos caso para cuestiones laborales.

Figura 3.6. Número de vehículos que cruzaron a los EUA en 1996



Fuente: Servicios de Inmigración y Naturalización de E.U.A., 1996.

Usos del suelo

Como se dijo anteriormente, el municipio de Mexicali cuenta con una superficie de 13,936 km^2, de los cuales 115 km^2 corresponden al área urbana de la ciudad de Mexicali, correspondiendo el 61% a viviendas, 6% al comercio y servicios, 7% a la industria, 4% a áreas verdes, 6% a vialidades y 16% a terrenos baldíos (Tabla 3.6).

Tabla 3.6. Usos del suelo

Uso del suelo	Superficie en km^2	%
Vivienda	70.2	61
Comercio y servicios	6.9	6
Industria	8.1	7
Áreas verdes	4.6	4
Vialidades	6.9	6
Baldíos	18.4	16

Fuente: Ayuntamiento de Mexicali, Programa de Desarrollo Urbano 1993-2007.

Desarrollo urbano

El crecimiento de la mancha urbana de la ciudad de Mexicali en los últimos años ha sido en forma equilibrada y sobre todo el crecimiento se ha dado en los sectores este y sureste y en menor proporción al oeste. El crecimiento habitacional en su gran mayoría ha sido por medio de viviendas de interés social, de fraccionamientos populares dotados de servicios urbanos básicos con excepción de la pavimentación de calles. Las zonas de comercios y servicios se han ubicado en la parte central de la Ciudad de Mexicali presentando una movilidad vehicular adecuada en casi la mayor parte de la ciudad.

4. Gestión de la calidad del aire en Mexicali y su cuenca binacional

En la gestión de la calidad del aire de la cuenca binacional de Mexicali - Valle Imperial, se trabaja en forma conjunta entre las diferentes dependencias de los tres niveles de gobierno para alcanzar las metas fijadas en los proyectos. Estas acciones son coordinadas por la Delegación Federal de la SEMARNAP en el Estado, quien es la dependencia que preside las reuniones de calidad del aire. Para cumplir con las tareas que le competen, se apoya en el Instituto Nacional de Ecología y con la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente. El INE cumple sus funciones normativas a través de la Subdelegación de Medio Ambiente. En esta Subdelegación se reciben las Cédulas de Operación Anual que sirven para integrar el inventario de emisiones del sector industrial de competencia federal; además, en esta oficina se reciben los datos de monitoreo de la calidad del aire. La PROFEPA se encarga de hacer la verificación del cumplimiento normativo en el sector industrial para que las emisiones que generan las diferentes industrias se encuentren dentro de norma.

El Gobierno del Estado, a través de la Dirección de Ecología, regula las fuentes de jurisdicción estatal. Para la realización de sus funciones delega atribuciones a la Dirección de Ecología del Municipio. Estas dos dependencias participan en la integración del inventario de emisiones contaminantes de la ciudad.

En lo que se refiere al Programa Frontera XXI, dentro de los trabajos de calidad del aire participa la Región IX de la Agencia de Protección del Ambiente de los E.U.A. (que comprende los Estados de California, Arizona, Nevada, Hawai y las islas del Pacífico, y cuya sede esta en la ciudad de San Francisco) que ha apoyado activa-

mente la instalación y operación de la Red de Monitoreo Atmosférico, y ha otorgado recursos a la Asociación de Gobernadores del Oeste para el desarrollo del inventario de emisiones, y a otros organismos como el Centro de Información sobre Contaminación del Aire (CICA) para llevar a cabo otros estudios. El California Air Resources Board (CARB) es el organismo estatal norteamericano que ha supervisado la operación de la red de monitoreo de esta ciudad y participa en los proyectos de calidad del aire que se realizan en la cuenca binacional.

A continuación se describe el Acuerdo de la Paz de 1983, sus programas de ejecución PIAF y Frontera XXI, así como las actividades del grupo de Calidad del Aire de este último en la región de Mexicali-Valle Imperial.

Acuerdo de La Paz de 1983

Los esfuerzos formales conjuntos de México y Estados Unidos para proteger y mejorar el ambiente en la zona fronteriza comenzaron en 1983, con la firma del *Acuerdo de Cooperación entre los Estados Unidos de América y los Estados Unidos Mexicanos para la Protección y el Mejoramiento del Ambiente en la Zona Fronteriza*, conocido como "Acuerdo de La Paz".

Este Acuerdo establece una serie de objetivos en materia de cooperación ambiental fronteriza, un mecanismo para acuerdos adicionales, anexos y acciones técnicas, y la realización de reuniones de alto nivel y de técnicas especiales para promover y fomentar la cooperación entre ambos países; de igual manera establece procedimientos de comunicación formal entre los dos países y ordena que se nombren sendos Coordinadores Nacionales para dirigir y supervisar su puesta en práctica.

El Acuerdo de La Paz regula el marco de cooperación entre las autoridades mexicanas y las estadounidenses para prevenir, reducir y eliminar fuentes de contaminación del aire, agua y suelo en una zona de 100 km de ancho de cada lado de la frontera internacional. El Acuerdo crea la estructura general según la cual deben aplicarse los proyectos específicos señalados en sus cinco anexos técnicos. Algunos aspectos de calidad del aire se abordan en el Anexo IV: *Acuerdo de Cooperación entre los Estados Unidos Mexicanos y los Estados Unidos de América sobre Contaminación Transfronteriza del Aire causada por las Fundidoras de Cobre a lo Largo de su Frontera Común*, y en el Anexo V: *Acuerdo de Cooperación entre los Estados Unidos Mexicanos y los Estados Unidos de América relativo al Transporte Internacional de Contaminación del Aire Urbano.* Al amparo de este Convenio se han instrumentado el Programa Integral Ambiental Fronterizo 1992-1994 y el Programa Frontera XXI, que se describen a continuación. Cabe mencionar que todas las actividades binacionales en materia de contaminación del aire, se realizan actualmente a través del Grupo de Trabajo de Calidad del Aire y están enmarcadas en los anexos arriba mencionados.

En el anexo G se reproducen el Acuerdo de La Paz y su Anexo V.

Programa Integral Ambiental Fronterizo 1992-1994

A partir de la firma del Acuerdo de La Paz, se iniciaron una serie de actividades técnicas que fueron canalizadas e incorporadas en el *Programa Integral Ambiental Fronterizo 1992-1994 (PIAF)*, dado a conocer en febrero de 1992. En esa etapa de cooperación, el PIAF se propuso enfrentar los problemas ambientales más serios que existían en el área fronteriza, y se reconoció que existía un conocimiento incompleto de las condiciones ambientales a lo largo de la frontera, por lo que se consideró como un plan que iría evolucionando a la luz de los nuevos conocimientos que se fueran adquiriendo en su desarrollo.

El PIAF también reconoció que su éxito dependía del esfuerzo colectivo, y que era necesaria la actuación de los gobiernos estatales y municipales, de las empresas y asociaciones comerciales, de las ONG's, de las instituciones educativas y de la propia población, para llegar a un buen logro de las metas planteadas.

Los objetivos que se trazó el PIAF fueron: i) fortalecimiento del cumplimiento de la legislación existente, ii) reducción de la contaminación mediante nuevas iniciativas, iii) incremento en la cooperación para planeación, capacitación y educación, y iv) mayor conocimiento del ambiente de la frontera.

Entre las acciones relevantes que involucran el aspecto de calidad del aire, se tuvieron la creación de los grupos de trabajo para el cumplimiento de las reglamentaciones ambientales, la prevención de la contaminación, y en particular las acciones encaminadas a reducir la contaminación mediante nuevas iniciativas en el control de fuentes industriales. Así mismo, se establecieron programas de pavimentación para reducir las emisiones de partículas y el mejoramiento de caminos, puentes y la circulación de vehículos, sobre todo en áreas urbanas de tráfico intenso.

En lo específico, el PIAF permitió dar inicio a una serie de actividades conjuntas en la región Mexicali-Caléxico, como fueron los primeros estudios para caracterizar la calidad del aire.

Programa Frontera XXI

Como se mencionó, el Anexo V del Acuerdo de La Paz permite tanto a México como a Estados Unidos evaluar las causas y formular soluciones a los problemas de calidad del aire en las ciudades hermanas fronterizas.

El Programa Frontera XXI, dado a conocer en diciembre de 1996, representa un nuevo esfuerzo binacional innovador que agrupa a las diversas entidades federales responsables del medio ambiente fronterizo, tanto de los Estados Unidos Mexicanos como de los Estados Unidos de América, para trabajar en colaboración por el cumplimiento del objetivo común del desarrollo sustentable, mediante la protección a la salud humana, el medio ambiente, así como el manejo adecuado de los recursos naturales propios de cada país.

El Programa Frontera XXI define objetivos ambientales de mediano y largo plazos así como sus mecanismos de implementación para la región fronteriza; es el producto de una amplia consulta pública que incluye a la ciudadanía, los gobiernos estatales, locales, dependencias federales, organizaciones no gubernamentales y consejos consultivos. Durante su elaboración se realizaron esfuerzos importantes para incorporar los comentarios del público.

El Programa también refleja el nuevo arreglo institucional creado con la firma del Tratado de Libre Comercio (TLC) en 1993 y supone una estrecha coordinación con la Comisión de Cooperación Ecológica Fronteriza y el Banco de Desarrollo de América del Norte, instituciones que buscan apoyar el desarrollo de la infraestructura ambiental en la frontera. Así mismo, Frontera XXI coordinará sus esfuerzos con la Comisión de Cooperación Ambiental, que surgió también en el marco del TLC para promover la cooperación ambiental en la región.

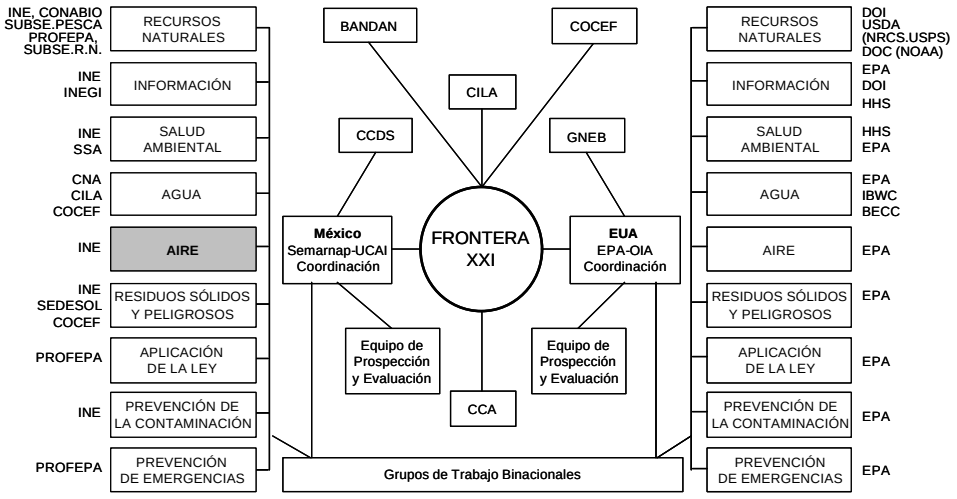
La estrategia central del Programa contempla tres ejes instrumentales para el cumplimiento de sus objetivos:

- Asegurar la participación pública en el desarrollo e implementación del Programa Frontera XXI.
- Fortalecer la capacidad de las instituciones locales y estatales, así como descentralizar la gestión ambiental para asegurar la participación de dichas instituciones en la implementación del Programa.
- Garantizar la cooperación interinstitucional, para aprovechar al máximo los recursos disponibles y para evitar duplicación de esfuerzos entre los gobiernos y otras organizaciones, y para reducir la carga que implica a las comunidades fronterizas, la coordinación con múltiples entidades.

La operación del Programa se da básicamente a través de la organización que se muestra en la Figura 3.7. La dirección del Programa está encomendada a los Coordinadores Nacionales. Actualmente existen nueve grupos de trabajo, seis de los cuales son coordinados por el Instituto Nacional de Ecología, tal como se muestra en la Figura 3.7. Los Copresidentes de los Grupos de Trabajo Binacionales son los responsables de coordinar la ejecución de las actividades de los diferentes grupos técnicos; en particular, el Grupo de Trabajo de Calidad del Aire es coordinado por un representante de la EPA y del INE.

El Instituto Nacional de Ecología de México y la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos de América, han desarrollado respectivamente estrategias nacionales para mejorar la calidad del aire; dichas estrategias están basadas en las normas básicas de la calidad del aire para cada país. Ambos han establecido estándares de calidad del aire similares para el monóxido de carbono, bióxido de azufre, bióxido de nitrógeno, ozono, partículas de 10 micrómetros o menos de diámetro y plomo, aunque recientemente la EPA revisó y actualizó los estándares para ozono y partículas.

Figura 3.7. Organización del Programa Frontera XXI



Las partes involucradas en el Grupo de Trabajo de Calidad del Aire de Frontera XXI, buscan a través de este Programa una mayor colaboración entre las entidades ambientales fronterizas de los diferentes niveles de gobierno, con objeto de mejorar la calidad del aire de la zona fronteriza entre México y Estados Unidos. Para este propósito, el Grupo de Trabajo continúa sus esfuerzos a través de los Subgrupos de Trabajo, siendo uno de ellos el de Mexicali - Valle Imperial.

Por la naturaleza del problema de la calidad del aire, existe una estrecha vinculación del Grupo de Trabajo de Calidad del Aire, con los de Prevención de la Contaminación, Información Ambiental y Salud Ambiental, ya que todos ellos son temas transversales que demandan análisis y actuación conjunta.

Un elemento primordial de Frontera XXI es el desarrollo de metas e indicadores ambientales o medidas de éxito para monitorear el avance en la consecución de los objetivos de largo plazo dentro del citado Programa, además de los acuerdos para la realización de acciones de descentralización en la franja norte del país.

Los objetivos planteados en el Programa en materia de calidad del aire para los próximos cinco años, a partir de su elaboración, fueron:

- Desarrollar programas para el estudio y mejoramiento de la calidad del aire (monitoreo, inventarios de emisiones y modelación, entre otros).
- Continuar con el fortalecimiento de la capacidad y la experiencia institucional en el área fronteriza.
- Alentar la participación de la ciudadanía.
- Revisar y recomendar estrategias para el abatimiento de la contaminación del aire, dirigidos a las fuentes vehiculares, industriales y naturales.

- Estudiar el potencial de programas de incentivos económicos para reducir la contaminación del aire.

Como se mencionó, el Grupo de Trabajo de Calidad del Aire lleva a cabo sus actividades a través de Subgrupos de trabajo constituidos por pares de ciudades hermanas, y con proyectos cuyos objetivos se extienden a lo largo de la frontera, mismos que se indican en la Tabla 3.7.

Tabla 3.7. Subgrupos de Trabajo y proyectos del Grupo de Calidad del Aire de Frontera XXI

Subgrupos
• Programas de Aire en Tijuana-San Diego
• Programas de Aire en Mexicali-Valle Imperial
• Programas de Aire en Ambos Nogales
• Programas de Aire en Agua Prieta-Douglas
• Programas de Aire en Cd. Juárez-El Paso-Sunland Park
• Programas de Aire en Brownsville-Laredo
• Calidad del Aire y Energía
• Congestión Vehicular en la Frontera
• Calidad del Aire en Big Bend
Proyectos
• Monitoreo de la Calidad del Aire de Mexicali y Tijuana
• Estudio Intensivo de Monitoreo de Calidad del Aire en California-Baja California
• Programa de Desarrollo del Inventario de Emisiones para México
• Proyecto de Elaboración del Inventario de Emisiones de Mexicali
• Proyecto de Elaboración del Inventario de Emisiones de Tijuana
• Centro de Información sobre Contaminación del Aire (CICA)
• Programa de Entrenamiento de Contaminación del Aire para México
• Técnicas para Calcular Emisiones de Categorías de Fuentes Únicas en Mexicali
• Comité Consultivo Conjunto para el Mejoramiento de la Calidad del Aire de Ciudad Juárez-El Paso-Condado de Doña Ana

El Grupo de Trabajo continúa con los esfuerzos regionales para promover y reforzar las redes de monitoreo de la calidad del aire, elaborar inventarios de emisiones y modelar la calidad del aire para analizar la dispersión y formación de los contaminantes. El Grupo también promueve la creación de programas y estrategias de mejoramiento de la calidad del aire que sirven como herramientas a los administradores ambientales locales para caracterizar las interrelaciones entre la calidad del aire, el uso del suelo, la planificación del transporte y el desarrollo económico.

El Grupo de Calidad del Aire trabaja muy de cerca con los gobiernos estatales y locales, la población civil, el sector privado, la academia, así como las organizaciones no gubernamentales para el manejo de la calidad del aire en la región. Varios de los estudios elaborados bajo la coordinación del Grupo se describen más adelante en este capítulo.

Como proyectos particulares relevantes destacan la creación del Centro de Información sobre Contaminación del Aire (CICA), que opera bajo el auspicio de la EPA, proporcionando de forma gratuita asesoría e información sobre temas de contami-

nación del aire y patrocinando la elaboración de estudios técnicos sobre temas específicos de la frontera; y el desarrollo de la Metodología de Inventarios para México con el apoyo de la Asociación de Gobernadores del Oeste (WGA por sus siglas en inglés), que ha permitido por primera vez en México, elaborar una serie de manuales, un curso de entrenamiento que se ha venido impartiendo exitosamente en diversas ciudades del país y la integración de los inventarios de las ciudades de Mexicali y Tijuana. En la página de internet del INE (http://*www.ine.gob.mx*) se describen a mayor detalle estas actividades y se proporcionan los vínculos necesarios para accesar las páginas del CICA y de la WGA.

Como resultado de los comentarios al Programa Frontera XXI, el Grupo de Trabajo de Calidad del Aire destinó recursos para iniciar dos nuevos subgrupos de trabajo que son: el subgrupo de energía a lo largo de la frontera, el cual tiene como objetivo promover la eficiencia energética y con ello reducir la contaminación del aire, y el subgrupo sobre congestión vehicular en la frontera, el cual proporcionará posibles mecanismos para reducir la contaminación del aire debido a la congestión de vehículos automotores en los puentes de cruce.

5. Estudios previos y programas sobre calidad del aire en Mexicali-Valle Imperial

A continuación se resumen los resultados obtenidos en algunas investigaciones y estudios realizados en los últimos años para caracterizar las fuentes de contaminación y la situación de la calidad del aire en la región de Mexicali-Valle Imperial. Especial atención se da a los estudios tendientes a lograr un mejor entendimiento de los procesos que conducen a altas concentraciones de partículas finas y se hace una breve descripción de los estudios que están en ejecución o por desarrollarse.

Proyecto Ambiental de Valle Imperial: Evaluación de la calidad del aire (Ermak *et al*, 1979)[1]

De acuerdo con este reporte, el aprovechamiento de los recursos geotermales de Valle Imperial se iniciarían en 1980, con el establecimiento de las primeras plantas geotérmicas, con capacidad para generar aproximadamente 50 megawatts (MW) de energía eléctrica, destacando además que en los siguientes 20 a 30 años la producción de energía crecería a varios miles de MW.

El estudio hace una evaluación del impacto potencial que tendría el desarrollo de este proyecto, basada en las predicciones del modelo ATMAS (A Three-dimensional Atmospheric Transport Model to Treat Multiple Area Sources). La principal evalua-

[1] Ermak, D.L., Nyholm, R.A. and Gudiksen, P.H. (1979). Imperial Valley Environmental Project: Air Quality Assesment. Work performed under the auspicies of the U.S. Department of Energy by the University of California-Lawrence Livermore Laboratory, under contract number W-7405-ENG-48. Distribution category UC-66 (UCRL-52699).

ción corresponde al escenario en el que se asume una producción total de 3,000 MW, generados por 30 plantas geotérmicas con una capacidad de producción de 100 MW cada una, distribuidas en todo el Valle de la siguiente manera: 14 en Salton Sea, 6 en Brawley, 7 en Heber y 3 en East Mesa.

Las entradas del modelo de transporte fueron los datos meteorológicos obtenidos del monitoreo continuo hecho durante un año en seis localidades del Valle y datos de emisiones calculadas sobre la base de una eficiencia de conversión de energía consistente con la temperatura del fluido geotermal. Cabe mencionar que en este estudio no se considera ninguna reducción de emisiones, como resultado del uso de alguna estrategia de control, y que los niveles de concentración de los diferentes contaminantes, calculados por el modelo de transporte atmosférico, son debidos únicamente a las fuentes geotermales propuestas. Los contaminantes evaluados en este estudio fueron el bióxido de carbono, ácido sulfhídrico, amoniaco, mercurio y radón.

Adicionalmente a los resultados arrojados por las simulaciones, los autores hicieron una revisión de los registros ambientales existentes, hasta ese entonces, de ácido sulfhídrico y bióxido de azufre y encontraron que, salvo episodios ocasionales, las concentraciones de ácido sulfhídrico fueron menores a 15 $\mu g/m^3$; los episodios referidos parecían ocurrir de manera aleatoria a lo largo del año y podrían ser debidos, al menos en parte, a las actividades de fertilización agrícola. En lo que respecta a las concentraciones de bióxido de azufre, éstas generalmente estuvieron por debajo de 50 $\mu g/m^3$ con valores ocasionales mayores a este valor.

Plan del programa para el estudio de aportación de PM10 por fuente en Mexicali/Valle Imperial (Watson *et al,* 1991)[2]

Tomando en consideración que desde 1985 las concentraciones ambientales de PM10 en Valle Imperial habían mostrado excedencias a la norma estadounidense de calidad del aire y que no se contaba con información suficiente para estimar la contribución específica de las diferentes fuentes y que en consecuencia no era posible desarrollar estrategias para su control, en 1991 la EPA decidió patrocinar un estudio para evaluar la aportación de PM10 por tipo de fuente (*Source Apportionment*). El objetivo general fue desarrollar un plan de monitoreo y análisis de datos encaminado a: 1) estimar la distribución espacial y temporal de las concentraciones de PM10 en Mexicali-Valle Imperial, 2) estimar el aporte de PM10 de las diferentes fuentes de emisión; y 3) estimar el transporte transfronterizo de PM10.

De manera general, se hace una revisión de los datos de monitoreo, de meteorología y de emisiones existentes hasta ese momento, con la idea de identificar las ne-

[2] Watson, J.G., Chow J.C., Egami T.R., Frazier A.C. and Lowenthal D. (1991). Program Plan for the Imperial Valley/Mexicali PM10 Source Apportionment Study. DRI document No. 8623.1d2. Draft Report prepared by Desert Research Institute for EPA Region IX, San Francisco, California.

cesidades de información y diseñar dicho plan. Entre la información más relevante se puede destacar que de acuerdo con el inventario de emisiones de 1987 de Valle Imperial, la tasa de emisión diaria de gases orgánicos totales era de 31 toneladas, 28 ton/día de gases orgánicos reactivos, 130 ton/día de monóxido de carbono, 31 ton/día de óxidos de nitrógeno, 2 ton/día de óxidos de azufre y 950 ton/día de PM10. De acuerdo con el mismo inventario, el 98% de las emisiones totales de PM10 corresponden a emisiones fugitivas de polvo, provenientes principalmente de las actividades agrícolas, de construcción y demolición, de caminos pavimentados y sin pavimentar, y de polvo suspendido por el viento.

En el documento también se señala la necesidad de elaborar un inventario de emisiones para Mexicali, pues a pesar de que la mayor parte de la población de este Valle vivía en esta región, aún se carecía de ésta importante herramienta de gestión de la calidad del aire.

Con respecto a la climatología, este documento señala que Valle Imperial es cálido y seco. De la misma forma indica que la meteorología de la zona puede ser bien representada por los datos obtenidos en 1987 en el aeropuerto de Yuma. Estos datos establecen que las condiciones estables o de viento en calma son prominentes a la media noche durante todo el año, siendo el otoño (representado por octubre) la estación con mayor estabilidad, ya que en el 70% del tiempo se registra viento en calma. Durante las noches los vientos son del oeste en primavera y otoño, del norte en el invierno y del suroeste en el verano. Por la mañana los vientos son dominantes del norte y noreste todo el año, excepto en julio cuando los vientos provienen del este y del sureste. En general, el 50 % de las velocidades del viento en las mañanas son inferiores a 0.5 m/s. Por las tardes sólo se presenta viento en calma en menos del 5 % del tiempo y los vientos dominantes provienen del norte durante el invierno, del oeste durante la primavera y el otoño y del sur en el verano.

Aunque no se tuvo información disponible sobre el perfil vertical de la temperatura, es posible que las inversiones en los niveles bajos se formen rápidamente después del atardecer, debido a la pérdida de calor por radiación de la superficie del desierto en el Valle Imperial. Durante los meses de invierno, primavera y otoño, la capa de mezcla probablemente no alcanza la alta atmósfera hasta el final de la mañana, lo cual podría mantener atrapados a los contaminantes durante este periodo.

Otro aspecto importante destacado en este documento respecto a la meteorología es que de acuerdo con el patrón de los vientos estimado para el Valle Imperial, es probable que se presente transporte de Valle Imperial a México durante el invierno y de México a Valle Imperial en el verano.

En lo que se refiere a los datos ambientales históricos, en el documento se menciona que las concentraciones promedio anual y de 24 horas de PM10 medidas en Valle Imperial en 1989 (en las estaciones de Brawley, El Centro y Caléxico) son de

las más altas en el Estado de California. Las concentraciones de PM10 de 24 horas exceden con frecuencia el nivel de los 150 $\mu g/m^3$. De hecho, se tuvo un registro promedio de 24 horas de PM10 de 606 $\mu g/m^3$ en Caléxico en el año de 1989. En cuanto al promedio anual de PM10, el 50% de las muestras excedieron la norma estadounidense de 50 $\mu g/m^3$, siendo el máximo en 1989 de 138 $\mu g/m^3$.

Adicionalmente, en este documento se describen a detalle los modelos que se usarían para estimar el aporte de PM10 de cada fuente, el periodo, la frecuencia, la duración y los sitios de muestreo, las actividades de laboratorio y los procedimientos de aseguramiento y control de calidad que se considerarían en el desarrollo del estudio.

Estudio de transporte de PM10 a través de la frontera Mexicali-Valle Imperial (Chow *et al*, 1995)[3]

Como parte del Acuerdo de la Paz de 1983 entre México y los Estados Unidos, la EPA patrocinó un estudio de tres años, entre 1991 y 1994, para determinar los efectos del transporte de partículas suspendidas a través de la frontera entre Valle Imperial y Mexicali, sobre las excedencias a la norma estadounidense de PM10. Los objetivos técnicos del estudio fueron: a) conformar una base de datos que permitiera determinar la contribución de diferentes fuentes a las elevadas concentraciones de PM10, b) estimar la distribución espacial y temporal de PM10 en los Valles Imperial y Mexicali, y; c) estimar el transporte transfronterizo de PM10.

En este estudio se hizo una evaluación de aporte de fuente, para lo cual fue necesario medir y caracterizar las emisiones de cada una de las principales fuentes emisoras, tanto en Valle Imperial como en Mexicali. Los perfiles de emisión obtenidos fueron usados en modelos de receptor a fin de estimar la contribución de cada fuente a las concentraciones medidas de PM10 en las diferentes áreas receptoras. En este estudio también se consideraron diferentes periodos de monitoreo intensivo para caracterizar las condiciones meteorológicas y las emisiones en diferentes épocas del año (invierno, primavera y verano).

Las principales conclusiones a que condujo este esfuerzo de medición y modelación se resumen a continuación:

- Las concentraciones de los iones (p.e. nitrato, sulfato, amonio), así como las especies relacionadas con materiales del suelo (p.e. aluminio, silicio, potasio, calcio, manganeso, hierro, zinc) y con la combustión de vehículos automotores (p.e. carbón orgánico, carbón elemental, potasio soluble, bromo, plomo) fueron detectadas por arriba del límite mínimo cuantificable en más del 95% de las muestras de PM10. El níquel y el vanadio fueron detectados en el 65 y

[3] Chow, C.J. and Watson, G.J. (1995). Imperial Valley/Mexicali Cross Border PM10 Transport Study. Draft Final Report. Prepared for U.S. Environmental Protection Agency, Region IX, by Desert Research Institute. DRI Document No. 8623.2D1.

36% de las muestras respectivamente. Otros metales (p.e. molibdeno, paladio, antimonio y talio) fueron detectados en menos del 10% de las muestras, lo cual es consistente con las cantidades reportadas en otras áreas urbanas de los Estados Unidos.

- Las especies tóxicas relacionadas con las fuentes industriales tales como arsénico, cadmio, selenio y mercurio fueron detectadas en menos del 5% de las muestras, con excepción del selenio, el cual fue encontrado por arriba del límite mínimo cuantificable en más del 50% de las muestras.
- Las concentraciones de PM10 en el sitio base de Caléxico mostraron una correlación moderada ($0.49<r<0.55$) con las concentraciones de PM10 medidas en el sitio base de Mexicali. Esto implica que las fuentes locales que se encuentran en un radio de pocos kilómetros alrededor de los sitios de muestreo tienen un gran impacto sobre las mediciones de PM10. De acuerdo con este estudio, las concentraciones de PM10 en el sitio base de Mexicali fueron consistentemente, entre 30 y 50%, mayores a aquellas observadas en el sitio base de Caléxico.
- Durante el programa de monitoreo, el estándar de PM10 para 24 horas (150 $\mu g/m^3$) fue excedido en ocho días en una o más de las localidades de monitoreo. El estándar fue excedido dos veces en Brawley, una vez en El Centro, seis veces en la estación de policía de Caléxico y tres veces en el sitio base de Caléxico. Para el mismo periodo de monitoreo, las concentraciones de PM10 excedieron los 150 $\mu g/m^3$ en 23 ocasiones en el sitio base de Mexicali.
- La mayor concentración medida de PM10 en Caléxico fue de 223 $\mu g/m^3$ el 2 de diciembre de 1992. La segunda mayor concentración fue de 194 $\mu g/m^3$ el 9 de octubre de 1992. En Mexicali la mayor concentración fue de 462 $\mu g/m^3$ y ocurrió el 24 de diciembre de 1992, en tanto que el segundo mayor registro fue de 452 $\mu g/m^3$ y ocurrió el 16 de diciembre del mismo año.
- La concentración promedio anual de PM10 en Caléxico excedió la norma anual para este contaminante (50 $\mu g/m^3$) en más de un 20%. La concentración promedio anual entre septiembre de 1992 y agosto de 1993 fue de 62 ± 43 $\mu g/m^3$ en Caléxico y de 126 ± 106 $\mu g/m^3$ en Mexicali. Las especies de origen geológico representaron aproximadamente del 32 al 35% de la masa promedio anual de PM10, mientras que el carbón orgánico representó aproximadamente del 15 al 20%, en ambos sitios. Aunque la proporción relativa de los principales tipos de fuentes fueron similares en ambos sitios, la concentración química absoluta para especies relacionadas con la erosión del suelo, con especies relacionadas con vehículos automotores y el carbón orgánico y elemental fue mayor en Mexicali que en Caléxico en un factor de dos a tres.
- Las concentraciones horarias de PM10 en Caléxico mostraron un patrón diario claro y reproducible, con picos que aparecen entre las 7 y 8 de la mañana y entre las 8 y 9 de la noche. Estos picos corresponden con los patrones de tráfico de la mañana y noche, así como con las actividades de cocina en la noche (hay que hacer notar que la hora de la cena en México es entre las 8 y las 9 de la noche). Las concentraciones de PM10 como promedios de seis

horas frecuentemente varían a lo largo del día por más de un factor de dos y las menores concentraciones se observaron durante la tarde.

- La modelación espacial con el modelo Receptor Model Applied to Patterns in Space (RMAPS) reportó tres vectores fuente: 1) fuentes de combustión, tales como vehículos automotores y quema de residuos vegetales en el campo; 2) aerosoles marinos e industriales; y, 3) material geológico.
- El análisis estadístico de componentes principales identificó cuatro tipos de fuente: 1) material geológico; 2) fuentes de combustión tales como vehículos automotores y quema de residuos vegetales en el campo; 3) aerosoles marinos y 4) sulfatos secundarios. El material geológico fue la fuente más significativa, seguida de las fuentes de combustión, de los aerosoles marinos y de los sulfatos secundarios.
- La modelación con el modelo Chemical Mass Balance (CMB) confirmó los resultados obtenidos con el análisis de componentes principales. Este modelo mostró que la mezcla relativa de fuentes fue similar tanto en Caléxico como en Mexicali, aunque en promedio la concentración absoluta de PM10 y la contribución de las fuentes fue aproximadamente dos veces más alta en Mexicali que en Caléxico.
- El material geológico fue el principal contribuyente durante todos los periodos de estudio, representando más del 70% de la masa de PM10. Las significativas variaciones registradas día a día se deben a la contribución del material geológico. Por ejemplo, en un día con mucho viento como el 23 de agosto de 1993, el material geológico representó más del 90% de la masa de PM10 en Caléxico.
- Los vehículos automotores fueron el segundo componente de importancia, representando entre el 10 y el 15% de la masa de PM10, en tanto que la quema de residuos vegetales en el campo representó entre el 4 y el 8% de la masa de PM10. Finalmente, la contribución de los aerosoles marinos significó sólo entre el 2 y 3%, en tanto que la contribución de las fuentes industriales fue insignificante o no detectable.
- Para los periodos intensivos de monitoreo del verano y del invierno se observó que la máxima contribución de las fuentes se registraba durante la noche (entre las 6 de la tarde y las 12 de la noche), en tanto que la menor contribución se registró por la tarde (entre las 12 del día y las 6 de la tarde). Para el periodo intensivo de muestreo de primavera, la máxima contribución de las fuentes se registró por las mañanas (entre las 6 y 12 de la mañana) y una menor contribución entre las 12 de la noche y las 6 de la mañana.
- El análisis meteorológico mostró que el flujo del viento es canalizado por el Valle Imperial y usualmente es del noroeste o del sureste, siendo el de mayor frecuencia el viento de noroeste. Igualmente se destaca que las concentraciones de PM10 fueron mayores cuando el viento dominante era del sur que cuando era del norte.
- Este análisis también muestra que cuando los vientos fueron ligeros (menores a 2m/s), éstos provenían prácticamente de cualquier dirección; sin embargo, cuando fueron moderados (1.1 a 5 m/s) o fuertes (> 5 m/s), provenían principalmente

del noroeste o del sureste y raramente del noreste o del suroeste. Como consecuencia de esta distribución de las direcciones de los vientos es que se presenta el transporte de contaminantes a través de la frontera internacional México–Estados Unidos. En Caléxico, el viento del norte (transporte hacia México) ocurrió aproximadamente en dos tercios del tiempo, mientras que el viento del sur (transporte desde México) ocurrió sólo en un tercio del tiempo. El flujo desde México fue ligeramente más frecuente durante el verano que durante el invierno.

- Durante el periodo de estudio se registraron ocho excedencias a la norma estadounidense de PM10 para 24 horas que es de 150 $\mu g/m^3$. En dos días (25 de enero y 14 de marzo de 1993) se registró de manera consistente un flujo de viento del noroeste, lo cual descarta la posibilidad de que estos episodios se debieran al transporte de partículas desde México.
- Cinco días de excedencias (13 de marzo, 9 de octubre y 2 de diciembre de 1992 y 19 de enero y 20 de marzo de 1993) estuvieron asociados con condiciones de estabilidad atmosférica. En ese caso la mezcla de emisiones en ambos lados de la frontera es improbable. Por ejemplo el 19 de enero de 1993 la concentración en Brawley excedió la norma, pero las concentraciones en Caléxico fueron bajas, de modo tal que esta excedencia no puede ser atribuida a fuentes mexicanas. El 13 de marzo de 1992 las excedencias registradas en la estación de policía de Caléxico, no pueden ser atribuidas al transporte desde México, porque las concentraciones registradas en Mexicali fueron bajas. El 9 de octubre y el 2 de diciembre de 1992 se registraron altos valores en todos los sitios, por lo que sólo el episodio del 23 de agosto de 1993 parece estar determinado por el transporte desde México.
- Finalmente, se destaca que las concentraciones de PM10 fueron generalmente mayores en el invierno que en la primavera y que las características meteorológicas afectan significativamente las concentraciones de PM10.

Plan de Implementación Estatal para PM10 en Valle Imperial (Fields *et al*, 1993)[4]

En 1987 la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de Norteamérica designó al Valle Imperial como una área de no-cumplimiento de la Norma Federal de Calidad del Aire Ambiente para PM10, motivo por el cual se desarrolló un Plan de Implementación Estatal (*State Implementation Plan*) conforme a los requerimientos de la Enmienda al Acta del Aire Limpio de 1990.

Este Plan de Implementación Estatal (SIP por sus iniciales en inglés) tuvo por objeto mostrar cómo se podrían cumplir las normas estadounidenses de calidad del aire en el Valle Imperial para el año de 1994 y fue desarrollado teniendo como información base el inventario de emisiones de 1989, un inventario de

[4] Fields, G.P., Houdashelt, C.L. and Carlson, P. (1993). State Implementation Plan for PM10 in the Imperial Valley. Final report prepared for Imperial County Air Pollution Control Distrct, by E.H. Pechan and Associates, Inc. Pechan report No. 93.04.006/449.

emisiones proyectado para 1994 y las mediciones ambientales de PM10 tomadas en el periodo de diciembre de 1986 a noviembre de 1992 en tres sitios de monitoreo (Brawley, El Centro y Caléxico).

La metodología utilizada en el desarrollo del SIP incluyó las siguientes fases: a) análisis de los datos ambientales de PM10, b) revisión de datos meteorológicos relevantes para determinar si las condiciones meteorológicas tenían impacto sobre los niveles ambientales de PM10, c) cálculos de valores de diseño de PM10, a partir de datos ambientales de este contaminante (los valores de diseño proveen concentraciones base usadas para determinarla reducción necesaria de PM10 para cumplir con la normatividad vigente), d) revisión del inventario de emisiones, e) determinación de la contribución relativa de las emisiones fugitivas de polvo a los niveles ambientales de PM10; y f) determinación de estrategias de control.

Algunos de los resultados más relevantes de este estudio indican que el problema de PM10 en esta zona se debe principalmente a la emisión de polvo proveniente de fuentes tales como el tránsito vehicular sobre caminos pavimentados y no pavimentados, a la erosión del viento sobre los terrenos de cultivo agrícola y a la construcción. Asimismo, el inventario de emisiones indicó que las fuentes naturales (erosión del viento sobre campos agrícolas y caminos no pavimentados) eran la principal fuente de emisión de PM10 en Valle Imperial (860 ton/día ó 90% del total de PM10). Se destaca también que los mayores registros históricos de PM10, como promedios de 24 horas, ocurrieron el 9 de julio de 1989 en Brawley (645 $\mu g/m^3$) y el 15 de junio del mismo año en El Centro (287 $\mu g/m^3$). Se aclara, sin embargo, que el valor registrado en Brawley probablemente fue causado por un mal funcionamiento del muestreador y que el segundo registro más alto en esta área ocurrió el 18 de septiembre de 1988 (368 $\mu g/m^3$).

Como resultado del análisis de la información antes citada, y de la consulta con personal del Departamento de Trabajos Públicos de Condado, del Departamento de Transporte de California, del Departamento de Servicio de Conservación de Suelo Agrícola y del Distrito de Irrigación, se lograron identificar una serie de medidas que fueron recomendadas para el control de las cuatro principales fuentes de emisión de PM10: (1) erosión del viento, (2) caminos no pavimentados, (3) caminos pavimentados, y (4) actividades de construcción. La eficiencia neta de control de cada estrategia fue estimada considerando la eficiencia de las medidas de control específicas y el porcentaje de la categoría total de emisión objeto del control (la cual fue calculada sobre la base del área total y de las millas recorridas por los vehículos, entre otros).

En la Tabla 3.8 se presentan las estrategias de control recomendadas y la eficiencia neta de cada una de ellas.

Tabla 3.8 Estrategias de control recomendadas en el SIP de PM10 de Valle Imperial

Fuente de emisión	Estrategia de control	Eficiencia neta de control
Erosión por viento	• Restringir el uso de vehículos fuera de caminos (terracería). • Establecer controles de polvo para pilas de almacenamiento de material. • Reducir contenido de limo en áreas no pavimentadas a través de la pavimentación o con la colocación de grava.	0.2 %
Caminos no pavimentados	• Prohibir la circulación de vehículos no autorizados en los caminos no pavimentados asociados con los canales de riego. • Instalar puertas de control automático en canales de riego. • Reducir el contenido de limo en caminos no pavimentados a través de la pavimentación, colocación de grava, de vegetación o con estabilización química. • Reducir los límites de velocidad vehicular.	32.2 %
Caminos pavimentados	• Recubrir caminos dañados. • Mejorar los caminos adyacentes a las carreteras. • Reducir la cantidad de lodo a través de la limpieza de caminos pavimentados, pavimentando accesos carreteros y cubriendo la carga de los camiones.	74.1 %
Construcción	• Requerir planes de control de polvo para proyectos de construcción o de limpieza de terrenos que incluyan tratamiento químico ó pavimentación de sitios inactivos, limpieza de caminos pavimentados y sitios de carga y descarga, cubiertas sobre las cargas de los camiones y/o uso de supresión húmeda para el manejo y almacenamiento de material.	50 %

Técnicas para estimar emisiones provenientes de varios tipos de fuentes singulares en Mexicali, México (proyecto No. CICA-96-02, en desarrollo)

El reporte preliminar “Metodología Mexicana de Inventario de Emisiones”, preparado por Corporación Radian para la Asociación de Gobernadores del Oeste (de USA) y el Grupo de Trabajo Binacional de Aire, identifica varios tipos de fuentes de contaminantes al aire que pueden contribuir significativamente a la degradación de la calidad del aire en la zona fronteriza. El propósito de este proyecto es proveer a las agencias que manejan esta materia con la información necesaria para decidir cuáles son las metodologías que se deben utilizar para establecer factores de emisión y realizar inventarios de emisiones para: 1) emisiones de partículas PM10, contaminantes peligrosos del aire (HAP), compuestos orgánicos volátiles (COV) y óxidos de nitrógeno (NOx) provenientes de aparatos para cocinar operados por vendedores ambulantes, y 2) emisiones de COV y HAP provenientes de lagunas y canales a cielo abierto que almacenan o conducen aguas residuales.

Actualmente este proyecto se encuentra en etapa de recolección de los comentarios sobre las versiones en español e inglés del primer reporte que se preparó y se espera que pronto sea terminado, distribuido y este disponible en el sitio CICA del Internet (http://www.epa.gov/ttn/catc/cica).

Los participantes en este estudio son el Instituto Nacional de Ecología por México y la U.S. EPA Región 9 y el Imperial County Air Pollution Control District por los Estados Unidos.

Emisiones provenientes de aparatos de cocinar operados por vendedores ambulantes (proyecto No. CICA-97-06, en desarrollo)

En este proyecto se contempla caracterizar experimentalmente las emisiones provenientes de aparatos de cocinar operados por vendedores ambulantes, conforme a las recomendaciones del reporte preliminar CICA-96-02 descrito anteriormente. Se evaluarán los siguientes contaminantes: partículas menores a 2.5 micrómetros de diámetro (PM2.5), compuestos orgánicos volátiles (COV), y óxidos de nitrógeno y azufre (NOx y SOx). Además, se investigarán y se ensayarán tecnologías de control económicas para estos aparatos. Los aparatos de cocinar operados por vendedores ambulantes incluyen una variedad de actividades donde se hace la comida en estructuras portátiles o fijas. Las comidas que se preparan en estas unidades incluyen carnes asadas para uso en tacos, burritos y otras comidas típicas de la región. Las unidades utilizan carbón o gas comprimido y se encuentran en todas partes de la ciudad. En algunos sitios, a la hora de cenar, los vendedores se alinean uno tras otro a lo largo de las calles.

Los participantes de este estudio son el Instituto Nacional de Ecología y la Dirección General de Ecología de Baja California, por parte de México; y por los Estados Unidos participan la U.S. EPA Región IX, California Air Resources Board, Imperial County Air Pollution Control District y Air Pollution Control Division, National Risk Management Research Laboratory y Office of Research and Development.

Estudio intensivo de monitoreo de la calidad del aire California-Baja California (en desarrollo)

El propósito es llevar a cabo un estudio especial de monitoreo para proporcionar información adicional requerida para el desarrollo de los programas de ozono, partículas y monóxido de carbono de acuerdo a los planes para la región fronteriza de California - Baja California. Además, el estudio generará los datos que serán usados para integrar la región norte fronteriza de México en el ejercicio de modelación fotoquímica regional del sur de California.

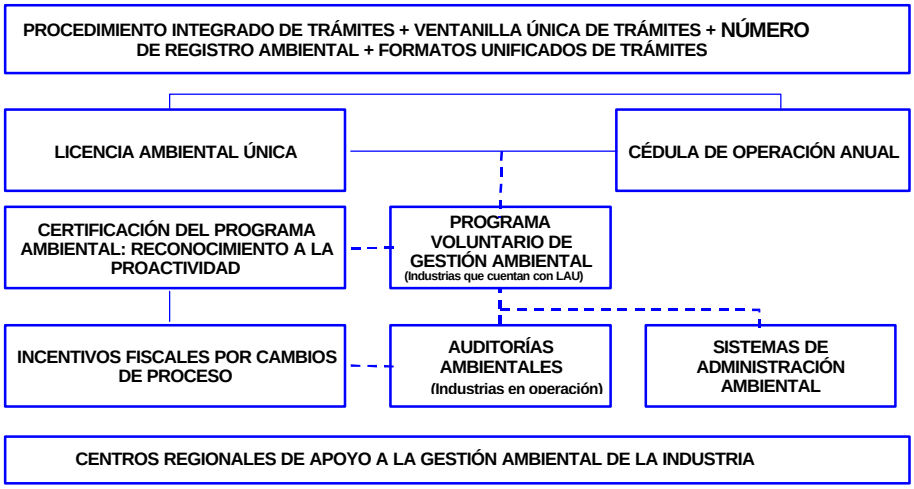
Para verificar y evaluar el inventario de emisiones desarrollado para Baja California, CARB tomará en cuenta el estudio meteorológico y de calidad del aire a partir de la información generada por las redes de monitoreo de Tijuana y Mexicali. La primera fase proporcionará datos de hidrocarburos ambientales y meteorológicos, los cuales permitirán el uso de modelos matemáticos de tipo fuente/receptor para estimar las incertidumbres en el inventario de emisiones. La segunda fase proporcionará adicionalmente mediciones meteorológicas en la capa superior de aire dentro del estudio de ozono del sur de California. La tercera y cuarta fases de este proyecto inclui-

rán la adquisición de equipo de prueba de emisiones y establecerá las bases del programa de verificación voluntaria en los cruces de entrada de la frontera entre California y Baja California. El programa de pruebas de emisiones vehiculares proporcionará la información útil para refinar el inventario de emisiones de Mexicali-Condado Imperial y Tijuana-San Diego, y proporcionará información adicional para el desarrollo del modelo Mobile-México.

Regulación y gestión ambiental de la industria en Baja California

En Baja California, como en el resto del país, se ha instrumentado un *Sistema Integrado de Regulación Directa y Gestión Ambiental de la Industria (SIRG).* Este Sistema está concebido como un instrumento eficaz en la formulación de políticas ambientales y tiene como objetivo principal, propiciar y facilitar la coordinación, en lo que a regulación directa de la industria de jurisdicción federal se refiere, entre el INE, la CNA y la Profepa. El SIRG también promueve la prevención y minimización de la contaminación dentro de un enfoque multimedios, además de desarrollar programas de gestión ambiental, generar información integral anual para el Sistema Nacional de Información Ambiental y contribuir al establecimiento de un Sistema Nacional de Certificación Ambiental, homologable con el de otros países. Su perspectiva a largo plazo, es lograr niveles de coordinación entre los tres órdenes de gobierno, que permitan abarcar en un todo, tanto a la industria de competencia federal, como aquella de competencia local.

Figura 3.8. Componentes básicos del SIRG



El SIRG tiene como antecedente principal al Programa de Medio Ambiente 1995-2000, en el marco del nuevo enfoque de la política ambiental definida por la Semarnap, e incorpora los cambios introducidos en las reformas a la Ley General del

Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente en diciembre de 1996. En su concepción también se tomó en cuenta los preceptos del Programa de Protección Ambiental y Competitividad Industrial, firmado por la Semarnap, Secofi y Concamin en julio de 1995. La Figura 3.8 muestra los elementos que conforman al SIRG y las interrelaciones que se dan entre ellos.

El SIRG, se constituye mediante tres elementos básicos íntimamente relacionados: la Licencia Ambiental Única, la Cédula de Operación Anual y el Programa Voluntario de Gestión Ambiental.

- *La Licencia Ambiental Única (LAU),* es el componente principal del Sistema. En torno a ella, se articulan los diferentes elementos del SIRG y en particular el Programa Voluntario de Gestión Ambiental, que es una opción voluntaria de autorregulación por parte de la industria para reducir sus emisiones. La LAU es un instrumento de regulación directa que integra en un solo procedimiento las diferentes autorizaciones en materia ambiental, emitidas por la autoridad federal.
- *La Cédula de Operación Anual (COA)*, es un instrumento de seguimiento que deben cumplir los establecimientos industriales, mediante el cual se obtiene información de las emisiones, descargas y transferencias de los contaminantes y residuos al aire, al agua y al suelo, lo que también permite evaluar el desempeño ambiental de la empresa. La información obtenida a través de la LAU y la COA permitirán integrar el Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC) que es parte fundamental del Sistema Nacional de Información Ambiental.
- *El Programa Voluntario de Gestión Ambiental (PVG),* tiene como objetivo principal, favorecer y fomentar la autorregulación en el sector industrial, privilegiando los intereses privados a favor de la productividad y la competitividad y los intereses públicos a favor de la protección del ambiente, a partir del cumplimiento del orden legal vigente.

Los sectores industriales de jurisdicción federal que requieren contar con una LAU son: petróleo, petroquímica, química, pinturas y tintas, siderúrgica, metalúrgica, automotriz, celulosa, papel, cemento, cal, asbesto, vidrio, generación de energía eléctrica y tratamiento de residuos peligrosos.

Para su aplicación, el SIRG requiere del Procedimiento Integrado de Trámites, la Ventanilla Única de Trámites, el Número de Registro Ambiental y los Formatos Unificados de Trámites.

A semejanza con los estados de Querétaro y Chihuahua, el INE viene promoviendo la integración estatal y municipal de RECT's que permitan a las autoridades de los tres niveles de gobierno iniciar una regulación integral de la industria.

Por ejemplo, el 10 de abril de 1998, se publicó en el Diario Oficial de la Federación, el Acuerdo de Coordinación que celebraron la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, a través del Instituto Nacional de Ecología, la Delegación Federal de Semarnap en el Estado y el Gobierno del Estado de Chihuahua, así como el Municipio de Juárez y la Junta Municipal de Agua y Saneamiento de Juárez, para la realización de un proyecto piloto de aplicación del SIRG en Ciudad Juárez, incorporando a las industrias de jurisdicción local junto con las de jurisdicción federal. Este acuerdo contribuirá a apoyar la descentralización y el fortalecimiento institucional de la gestión ambiental en beneficio de la industria de Ciudad Juárez.

Otro propósito del proyecto es la promoción en el sector industrial local de una cultura de prevención de la contaminación, a través de programas voluntarios de autorregulación que tiendan a reducir emisiones contaminantes y residuos en la fuente, privilegiando las tecnologías de procesos sobre los equipos de control y acciones correctivas. A través del Instituto Nacional de Ecología se evaluará, dictaminará, o en su caso convendrá, con los interesados la incorporación de éstos al Programa Voluntario de Gestión Ambiental.

Mediante este acuerdo, el Estado de Chihuahua y el Municipio de Juárez se comprometen a proporcionar información de las fuentes de su jurisdicción al Instituto Nacional de Ecología para la integración del RETC del municipio.

4. CALIDAD DEL AIRE

1. Normas de calidad del aire y efectos de los contaminantes

En el año de 1994, el gobierno federal estableció normas de concentraciones de los contaminantes atmosféricos, con el objeto de proporcionar un margen adecuado de seguridad en la protección de la salud de la población en general y de los grupos de mayor susceptibilidad en particular. En su diseño, no se tomaron en cuenta como factores determinantes los aspectos económicos y tecnológicos. Las normas vigentes de calidad del aire fueron publicadas por la Secretaría de Salud, en el *Diario Oficial de la Federación* del 23 de diciembre de 1994.

Las normas de calidad del aire, fijan valores máximos permisibles de concentración de los contaminantes comúnmente presentes en las áreas urbanas. Cuando se elaboraron las normas, en México no existían los recursos ni la infraestructura para realizar estudios epidemiológicos, toxicológicos y de exposición, ni en animales, ni en seres humanos, por lo que las normas se establecieron fundamentalmente tomando en cuenta los criterios y estándares adoptados en otros países del mundo. Actualmente la Secretaría de Salud realiza estudios epidemiológicos que valoran la relación dosis/respuesta, entre los diferentes contaminantes y la salud de la población en algunas zonas del país, y se revisan las normas de ozono y partículas suspendidas.

Los contaminantes presentes en el aire de Mexicali se miden a través de procedimientos estandarizados en el ámbito internacional, los cuales permiten obtener información que proporciona valores representativos de la calidad del aire que se respira en la ciudad. El avance en la tecnología y en el conocimiento científico sobre los efectos de la contaminación en la salud, marca una tendencia a equipar las estaciones de análisis continuo con sensores remotos de largo alcance y con instrumentos de medición de otros compuestos tóxicos.

En la Tabla 4.1, se resumen las Normas Oficiales Mexicanas vigentes para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto a ozono (O_3), bióxido de azufre (SO_2), bióxido de nitrógeno (NO_2), monóxido de carbono (CO), partículas suspendidas totales (PST), partículas menores a 10 micrómetros (PM10) y plomo (Pb).

Por tratarse Mexicali una ciudad fronteriza con los Estados Unidos de América, a continuación se describe brevemente la normatividad de calidad del aire existente en ese país.

La Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos de América (EPA) a través del Congreso de ese país, emitió las primeras enmiendas al Acta del Aire Limpio en

1970, para establecer dentro de un período de tiempo corto los Estándares de Calidad del Aire Ambiente (NAAQS, por sus siglas en inglés) y los Estándares Nacionales de Emisión para contaminantes peligrosos del aire; los datos que permitieron desarrollar estas enmiendas fueron el resultado de estudios de exposición ocupacional y de estudios en laboratorio y no necesariamente de exposición ambiental a los contaminantes.

Tabla 4.1. Valores normados para los contaminantes del aire en México

Contaminante	**Valores límite**			**Normas Oficiales Mexicanas**
	Exposición aguda		**Exposición crónica**	
	Concentración y tiempo promedio	**Frecuencia máxima aceptable**	**(Para protección de la salud de la población susceptible)**	
Ozono (O_3)	0.11 ppm (1 Hora)	1 vez cada 3 años	-	NOM-020-SSA1-1993
Monóxido de carbono (CO)	11 ppm (8 Horas)	1 vez al año	-	NOM-021-SSA1-1993
Bióxido de azufre (SO_2)	0.13 ppm (24 Horas)	1 vez al año	0.03 ppm (media aritmética anual)	NOM-022-SSA1-1993
Bióxido de nitrógeno (NO_2)	0.21 ppm (1 Hora)	1 vez al año	-	NOM-023-SSA1-1993
Partículas suspendidas totales (PST)	260 $\mu g/m^3$ (24 Horas)	1 vez al año	75 $\mu g/m^3$ (media aritmética anual)	NOM-024-SSA1-1993
Partículas menores a 10µm (PM10)	150 $\mu g/m^3$ (24 Horas)	1 vez al año	50 $\mu g/m^3$ (media aritmética anual)	NOM-025-SSA1-1993
Plomo (Pb)	-	-	1.5 $\mu g/m^3$ (prom. Arit. en 3 meses)	NOM-026-SSA1-1993

Fuente: Diario Oficial de la Federación del 23 de diciembre de 1994.

Durante 1997 la EPA revisó sus estándares para ozono y PM10, modificando el primero a un valor de 0.08 ppm en un promedio móvil de 8 horas, en lugar de una hora y propuso el uso de un nuevo estándar para las partículas de diámetro menor a 2.5 micrómetros (PM2.5). El 18 de julio de 1997 la EPA publicó las reformas a estos dos estándares; la revisión de las concentraciones fijadas en ellos obedeció principalmente a los efectos importantes que tienen sobre la salud de la población. Los estándares estadounidenses son en su mayoría similares a los de México y se muestran en la Tabla 4.2.

La EPA estima que con el cambio en los valores de estos contaminantes se estará protegiendo de los efectos en la salud a 125 millones de habitantes, producto de la contaminación del aire, incluyendo la prevención de aproximadamente 15 mil muertes prematuras y 350 mil casos de asma por año.

Como ya se mencionó anteriormente, en nuestro país la Secretaría de Salud se encuentra actualmente revisando la normatividad sobre ozono y sobre partículas para determinar la conveniencia de modificar las normas actuales y/o de introducir nuevos estándares para PM2.5 en México.

Tabla 4.2. Estándares primarios de calidad del aire ambiente de los EUA

Contaminante	**Valores límite (Concentración y tiempo promedio)**	**Criterio de cumplimiento**
Ozono (O_3)	0.12 ppm* (1 hora)	1 excedencia en promedio sobre 3 años
	0.08 ppm (8 horas)	La 4ª mayor excedencia diaria, promedio sobre tres años
Monóxido de carbono (CO)	9 ppm (8 horas)	1 vez al año
	35 ppm (1 hora)	1 vez al año
Bióxido de azufre (SO_2)	0.14 ppm (24 horas)	1 vez al año
	0.03 ppm (Promedio anual)	
Bióxido de nitrógeno (NO_2)	0.053 ppm (Promedio anual)	
Plomo (Pb)	1.5 µg/m^3 (Promedio trimestral)	1 vez al año
Partículas menores a 10µm (PM10)	150 µg/m^3 (24 horas)	98% percentil de la distribución anual, promedio sobre 3 años
	50 µg/m^3 (Promedio anual)	Promedio sobre 3 años
Partículas menores a 2.5µm (PM2.5)	65 µg/m^3 (24 horas)	98% percentil de la distribución anual, promedio sobre 3 años
	15 µg/m^3 (Promedio anual)	Promedio sobre 3 años

Fuente: National Ambient Air Quality Standards, www.rtpnc.epa.gov/naaqsfin.

* Continúa vigente en las áreas de "no-cumplimiento", hasta que cumplan con este estándar.

Efectos de los contaminantes en la salud

Por su origen, los contaminantes pueden clasificarse como primarios o secundarios. Los *contaminantes primarios* son aquellos que se emiten directamente a la atmósfera (óxidos de nitrógeno, óxidos de azufre, hidrocarburos, monóxido de carbono, etc.). Los *contaminantes secundarios* se forman en la atmósfera por reacciones fotoquímicas, por hidrólisis o por oxidación (ozono, nitrato de peroxiacetilo, etc.).

Por el estado de la materia en el que se encuentran dichos contaminantes se clasifican como partículas o como gases. Las *partículas* son sólidos y líquidos finamente divididos que se pueden sedimentar, incluyen polvo, humo y cenizas. Los *gases* que incluyen también a los vapores, muchas veces son invisibles y a veces no se detectan con el sentido del olfato. Algunos de los contaminantes gaseosos más comunes son el monóxido de carbono, los hidrocarburos, el ozono, los óxidos de nitrógeno y los óxidos de azufre.

A diferencia de las partículas, los gases no se sedimentan sino que tienden a permanecer en la atmósfera, y a transformarse en compuestos más simples o más complejos o a formar parte de los ciclos biogeoquímicos.

Los efectos que los contaminantes causan en la salud humana son diferentes y el grado de afectación puede variar dependiendo de la edad de las personas. En la Tabla 4.3 se resumen los efectos que causan algunos contaminantes como el ozono (O_3), el monóxido de carbono (CO), el bióxido de nitrógeno (NO_2), el bióxido de azufre (SO_2), las partículas de diámetro menor a 10 micrómetros (PM10), los aerosoles ácidos y el plomo (Pb), según estratos de edad y los grupos en riesgo; en el Anexo C se amplía la información de los efectos de los contaminantes mencionados.

Tabla 4.3. Efectos a la salud por contaminantes atmosféricos

Contaminante	Población expuesta y grupos en riesgo	Efectos a la salud
O_3	Adultos y niños sanos	• Disminución de la función pulmonar • Incremento de la reactividad aérea • Inflamación pulmonar
	Atletas, trabajadores al aire libre	• Incremento de los síntomas respiratorios (efectos que se incrementan con el ejercicio)
	Asmáticos y gentes con otras enfermedades respiratorias	• Disminución de la capacidad para realizar ejercicio (Efectos ocurridos en combinación con partículas y aerosoles ácidos) • Incremento en el número de hospitalizaciones
CO	Adultos sanos	• Disminución de la capacidad para realizar ejercicio
	Pacientes con enfermedad isquémica	• Disminución de la capacidad para realizar ejercicio (Se incrementan los efectos con anemia o enfermedad pulmonar crónica) • Angina de pecho
NO_2	Adultos sanos	• Incremento de la reactividad aérea
	Niños sanos	• Disminución de la función pulmonar • Incremento de síntomas respiratorios (incremento en el número de infecciones respiratorias) (Efectos encontrados dentro de las casas con uso de fuentes de combustión)
SO_2	Adultos y pacientes con Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica	• Incremento en síntomas respiratorios (gas altamente soluble con poca penetración aérea a distancia) • Incremento de mortalidad y hospitalización por enfermedades respiratorias • Disminución de la función respiratoria (Observaciones hechas a poca exposición)
PM10	Niños	• Incremento de síntomas respiratorios • Incremento de enfermedades respiratorias • Disminución de la función pulmonar (efectos vistos en combinación con SO_2)
	Efectos crónicos	• Exceso de mortalidad
	Asmáticos	• Incremento de la exacerbación del asma
Aerosoles ácidos	Adultos sanos	• Alteración mucosilar
	Niños	• Incremento de enfermedades respiratorias (efectos vistos en combinación con ozono y partículas)
	Asmáticos y otros	• Disminución de la función pulmonar (incremento de hospitalizaciones)
Pb	Niños	• Alteración de la función neuroconductual
	Adultos	• Incremento de la presión sanguínea (asociado con los niveles de plomo en gasolina)

Fuente: Dirección General de Salud Ambiental, SSA, 1999.

Recomendaciones de salud pública y vigilancia epidemiológica de la población

La medición de la calidad del aire en Mexicali ha identificado niveles de contaminación elevados de ozono, partículas menores de 10 micrómetros y monóxido de carbono y aunque no alcanzan los niveles tan altos de otras ciudades del país, podrían representar un riesgo potencial a futuro para la salud de la población.

Desafortunadamente no se cuenta con información que permita evaluar, si los hubiere, los daños que estaría ocasionando la contaminación del aire en Mexicali. Por ello será necesario establecer un programa de vigilancia epidemiológica asociado a la contaminación atmosférica, que permita contar con información actualizada y permanente de las condiciones de salud de la población.

Un sistema de vigilancia de este tipo permite conocer el comportamiento de las patologías y síntomas relacionados con los contaminantes atmosféricos, tanto en los días con bajos niveles de contaminantes como en aquellos durante los cuales podrían presentarse contingencias ambientales.

En la Tabla 4.4 se enumeran una serie de recomendaciones y medidas para prevenir daños a la salud causado por los contaminantes atmosféricos.

Tabla 4.4. Recomendaciones para vigilar y prevenir daños a la salud causados por los contaminantes atmosféricos

Medidas de salud

1. Establecer un sistema de vigilancia de los efectos en la salud.
2. Realización de estudios epidemiológicos.
3. Difusión de medidas que contribuyan a abatir los contaminantes atmosféricos.
4. Difusión de medidas preventivas en la población.

Personas de mayor riesgo debido a la exposición a contaminantes

1. Niños.
2. Ancianos.
3. Enfermos del corazón.
4. Personas con patología pulmonar y bronquial.
5. Fumadores.

Recomendaciones a la población en general y grupos susceptibles

1 Consumo de 5 raciones de verdura y fruta fresca del día, previamente lavada.
2. Evitar fumar o permanecer cerca de fumadores.
3. En invierno, permanecer en espacios interiores cerrando entradas de aire, abrigarse adecuadamente, no encender anafres para calentarse en espacios cerrados, evitar cambios bruscos de temperatura y prestar especial atención en niños y ancianos ante cualquier infección respiratoria por insignificante que parezca.
4. Tomar abundantes líquidos.

Medidas generales de control para las fuentes de contaminación

1. Mejoría y sustitución de los combustibles de los vehículos automotores.
2. Mejoría de la tecnología de los vehículos automotores.
3. Incorporación de tecnologías anticontaminantes en la industria y los servicios.
4. Instrumentos económicos para abatir la contaminación.
5. Inspección y vigilancia industrial y vehicular.
6. Creación de normas ambientales.

Fuente: Dirección General de Salud Ambiental, SSA, 1998.

Efectos sobre los ecosistemas

Los contaminantes atmosféricos también causan daños a la vegetación: los daños a los bosques son muy importantes así como la disminución de la productividad en zonas agrícolas. Los daños se deben principalmente al efecto de los gases, las partículas, la lluvia y niebla ácidas y los oxidantes fotoquímicos. Una característica importante de estas formas de contaminación es que sus impactos van más allá de la escala local, afectando amplias regiones que en ocasiones rebasan las fronteras del país generador de los contaminantes.

Los contaminantes del aire afectan las condiciones atmosféricas provocando reducción de la visibilidad, formación de niebla y precipitación, disminución de la radiación solar y alteración de la temperatura y de la distribución de los vientos. En la actualidad se analizan los posibles efectos de algunos contaminantes del aire (por ejemplo, bióxido de carbono y partículas), sobre el cambio del clima del planeta.

El efecto más evidente de contaminación sobre la atmósfera es la reducción de la visibilidad, que es el resultado de la absorción y dispersión de la luz que provocan las moléculas del gas y las partículas. La absorción de la luz de ciertas longitudes de onda por moléculas gaseosas y partículas son las responsables en algunas ocasiones de las diferentes tonalidades de la atmósfera. Sin embargo la dispersión de luz es el principal fenómeno responsable del deterioro de la visibilidad.

Además de este efecto, la contaminación del aire afecta los climas urbanos con un aumento de la formación de niebla y un decremento en la recepción de la radiación solar. Se ha observado que la frecuencia en la formación de niebla es mayor en las ciudades que en el campo, a pesar del hecho de que la temperatura del aire tiende a ser más alta y la humedad relativa más baja en las ciudades que en el campo. La explicación de este comportamiento yace en el mecanismo de formación de la niebla. Con altas concentraciones de bióxido de azufre, por ejemplo, las gotas de ácido sulfúrico formadas por la oxidación del bióxido sirven como núcleos de condensación para la formación de niebla. Además de este fenómeno, se ha asociado un aumento en las precipitaciones en aquellas áreas con alta concentración de partículas.

2. Condiciones meteorológicas

El clima imperante en la ciudad de Mexicali, así como en la mayor parte del valle es del tipo seco muy árido y muy extremoso, con régimen de lluvias de invierno y de verano (García, 1988).

Las condiciones de aridez del valle de Mexicali se deben en parte al patrón general de circulación de la atmósfera que genera a esa latitud movimientos de aire descendentes que no provocan precipitación. A esto se suma el efecto de sombra oro-

gráfica de la Sierra de Juárez. Los vientos cargados de humedad provenientes del Océano Pacífico descargan en la vertiente oeste de la sierra y al descender al valle de Mexicali por la vertiente del este absorben humedad, provocando con ello una condición de extrema aridez.

En general, se puede destacar que las condiciones climáticas de esta región están determinadas en gran medida por la presencia del sistema anticiclónico subtropical semipermanente del Pacífico. De hecho, esta es la razón por la cual los alrededores de la costa de California y el Valle Imperial experimenten cielos claros, muy baja humedad, veranos extremadamente calurosos, inviernos templados y poca precipitación (Fields *et a*l, 1993).

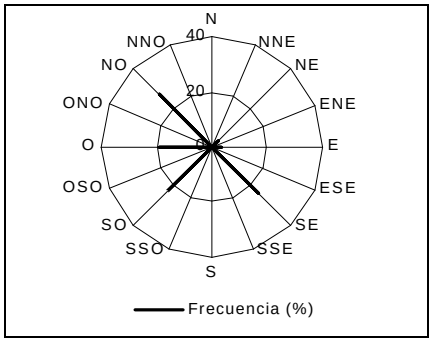
A continuación se presenta un breve análisis meteorológico realizado a partir de la información proporcionada por la Comisión Nacional del Agua (CNA), la cual fue recabada a través de la estación número 24, localizada en la línea fronteriza con los Estados Unidos. Los datos corresponden únicamente al año de 1996 y en el caso particular de las variables de velocidad y dirección del viento es importante mencionar que sólo se contó con registros para los días en los que se presentó una velocidad de viento superior a los 3.4 m/s. Asimismo, se analizó la información generada por la Red de Monitoreo de la Calidad del Aire de Mexicali, la cual empezó a operar en 1997 y se realizó una revisión bibliográfica para complementar dichos análisis.

Rosa de vientos y patrones generales de circulación atmosférica

La Figura 4.1 muestra la rosa de vientos en superficie de 1996, construida con información de la Comisión Nacional del Agua. Se observa que el viento dominante con una frecuencia de 27% proviene del noroeste, siguiéndole en orden de importancia los vientos del sureste (24%), suroeste (22%) y oeste (19%). Con menor frecuencia ocurren los vientos que provienen del noreste y del este.

El flujo de viento a lo largo del año se diferencia en dos patrones. Los vientos occidentales con una frecuencia de 69% se presentan desde las direcciones noroeste, oeste y suroeste y ocurren principalmente en los meses de octubre a junio. El patrón de vientos orientales con una frecuencia de 31% se presenta desde las direcciones noreste, este y sureste, principalmente en los meses de julio a septiembre.

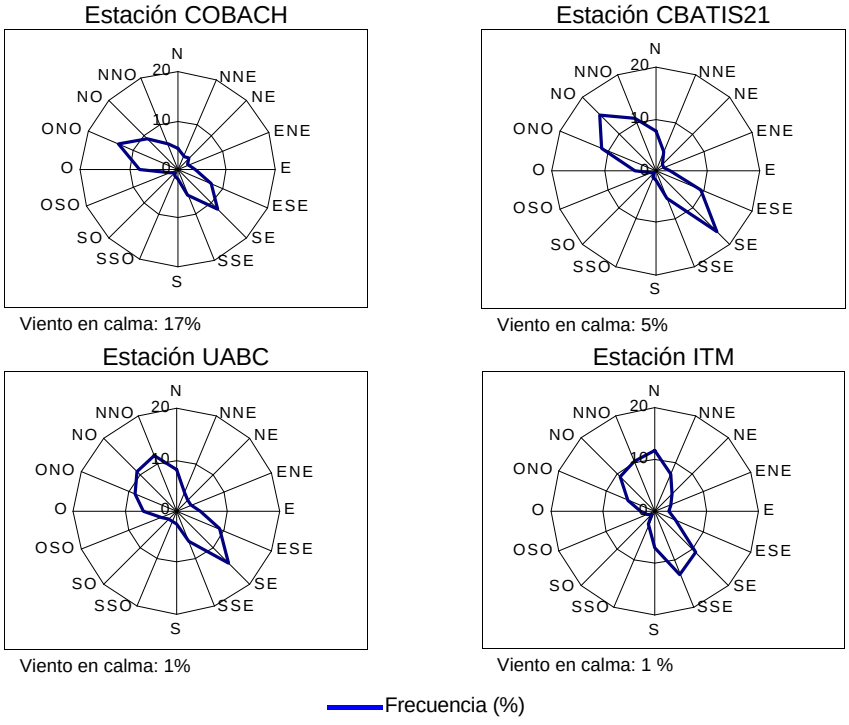
Figura 4.1. Rosa de viento dominante en Mexicali, 1996 (porcentaje y dirección)



Fuente: INE con datos de la CNA, 1998.

Por lo que respecta a los datos meteorológicos generados por la Red de Monitoreo de la Calidad del Aire de Mexicali durante 1997, la siguiente figura muestra las rosas de viento obtenidas para las estaciones Centro de Estudios (COBACH), Centro de Bachillerato Técnico Industrial y de Servicios (CBATIS21), Universidad Autónoma de Baja California (UABC) e Instituto Tecnológico de Mexicali (ITM).

Figura. 4.2. Rosa de viento en las estaciones de monitoreo de Mexicali, 1997 (porcentaje y dirección)

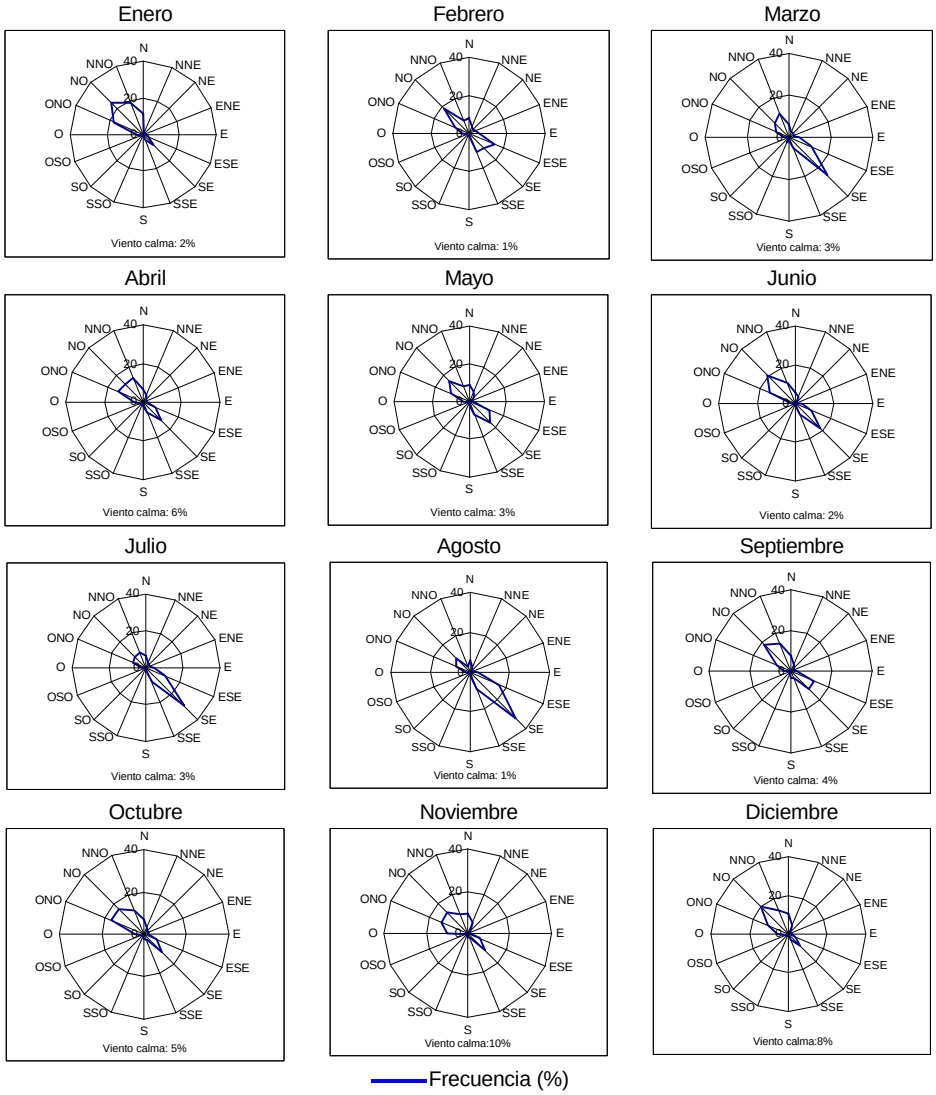


Del análisis se observa que:

- El comportamiento del viento en las cuatro estaciones de monitoreo es muy parecido, destacando en todas ellas que el viento más frecuente proviene tanto del sureste como del noroeste.
- De manera general se puede destacar también que la frecuencia promedio del viento del sureste es de aproximadamente 14%, en tanto que la frecuencia de ocurrencia de los vientos del noroeste es de aproximadamente 12%.
- El viento en calma (vientos con una velocidad igual ó inferior a 0.5 m/s), es marcadamente superior en la estación COBACH (17%). Ello probablemente se deba a problemas en la operación del equipo (aunque esto no pudo ser confirmado por el personal a cargo de la operación de la Red de Monitoreo) o por la ubicación del mismo. Es también probable que la topografía de la zona

tenga alguna influencia pues la estación COBACH es la única estación que monitorea la meteorología del sector occidental de la ciudad. Por este lado, Mexicali está situada a una corta distancia de El Cerro del Centinela al noroeste, La Rumorosa al oeste y una pequeña cordillera al suroeste. En cambio, en el sector oriental, en donde se ubican las otras tres estaciones de monitoreo que registran la meteorología, el campo está totalmente abierto por cientos de kilómetros hacia el norte, este y sur.

Figura 4.3 Rosa de viento por mes en Mexicali, 1997



Partiendo del hecho que los patrones del viento dominante en las cuatro estaciones son similares, tanto en el comportamiento anual como mensual, la Figura 4.3 muestra las rosas de viento por mes para la estación CBATIS21 con el fin de ilustrar la variación mensual del flujo del viento en Mexicali. Se eligió dicha estación por contar con una de las bases de datos más completa.

En la Figura 4.3 se puede apreciar que:

- Los vientos del norte, que incluyen las direcciones nor-noroeste, noroeste y oeste-noroeste, presentan a lo largo del año una mayor frecuencia de ocurrencia que los vientos del sur. Esto es particularmente notorio en los períodos de septiembre a enero y de abril a junio. Períodos en los que llegaron a representar hasta un 61% (enero) de la frecuencia total.
- Los vientos del sur, que incluyen las direcciones sur-sureste, sureste y este-sureste, fueron más frecuentes en los períodos de febrero-marzo y julio-agosto, períodos en los que tal dirección llegó a significar hasta un 58% de ocurrencia (agosto).
- Los meses en los que con mayor frecuencia se presentó viento en calma, fueron noviembre y diciembre con un 10 y 8%, respectivamente.

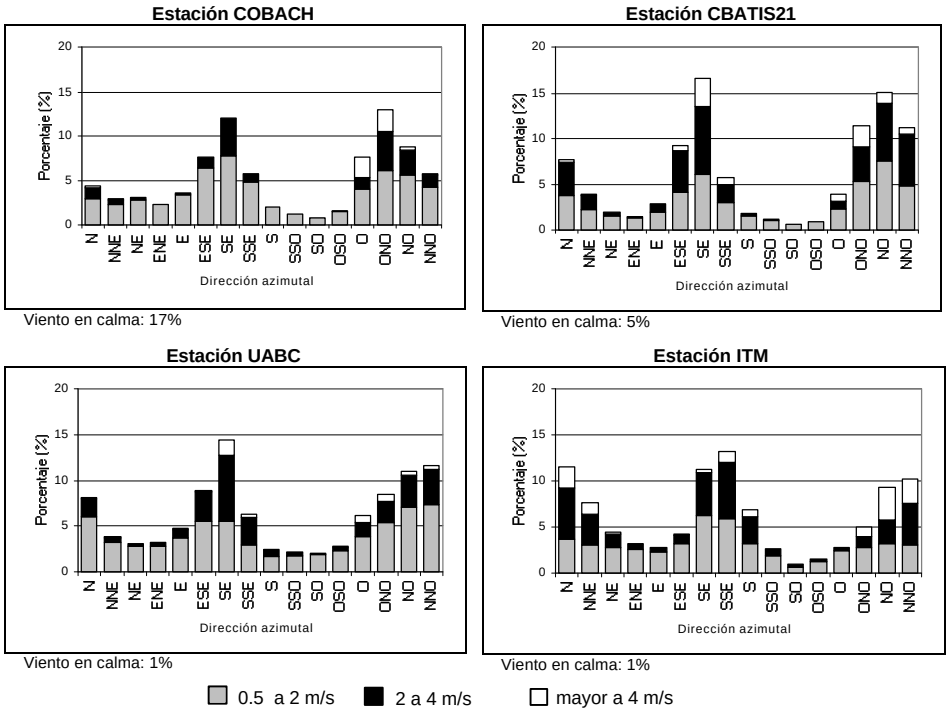
En cuanto a la velocidad del viento se apreció que la intensidad más frecuente, en todas las estaciones de monitoreo, se ubica por debajo de los 2 m/s (Figura 4.4). De hecho, cuando se consideran todas las direcciones se observa que en aproximadamente el 50 % del tiempo el viento tiene una velocidad inferior a los 2 m/s (incluyendo el viento calma). Los vientos con intensidad de entre 2.1 y 4.0 m/s representaron entre el 17% (estación COBACH) y el 38% (estación CBATIS21) de la frecuencia total y las direcciones en que con mayor frecuencia se registró esta intensidad fueron la sureste y nor-noroeste. Finalmente, los vientos con intensidad superior a los 4 m/s representaron en promedio el 7% de ocurrencia, sin embargo, cabe aclarar que los vientos que excedieron esta velocidad se ubicaron predominantemente entre 4 y 6 m/s, y sólo de manera ocasional se presentaron velocidades superiores.

Es importante destacar que aunque este análisis considera datos de un solo año, el patrón de vientos descrito es consistente con el reportado por otros estudios en el área y que consideran un período de análisis mayor. Por ejemplo, en el estudio denominado State Implementation Plan for PM10 in Imperial Valley (Fields *et al*, 1993), en el que se considera el análisis de datos meteorológicos de 15 años (1945 a 1960), tomados en el Centro Naval Auxiliary Air Station, se indica que los vientos dominantes provienen del oeste-noroeste y suroeste y que el segundo flujo en importancia es el del sureste. Este comportamiento se asemeja al que muestra la rosa de vientos de la Figura 4.1.

En otro estudio realizado entre 1992 y 1993 encaminado a estimar el transporte transfronterizo de PM10 en los valles de Mexicali e Imperial, se señala que cuando

los vientos fueron ligeros (menores a 2 m/s) éstos provenían prácticamente de cualquier dirección; sin embargo, cuando fueron moderados (1.1 a 5 m/s) o fuertes (> 5 m/s), provenían principalmente del noroeste o del sureste y raramente del noreste o del suroeste. Como consecuencia de esta distribución de las direcciones de los vientos es que se presenta el transporte de contaminantes a través de la frontera internacional México–Estados Unidos. En Caléxico, el viento del norte (transporte hacia México) ocurrió en aproximadamente dos tercios del tiempo, mientras que el viento del sur (transporte desde México) ocurrió sólo en un tercio del tiempo. El flujo desde México fue ligeramente más frecuente durante el verano que durante el invierno (Fields *et a*l, 1993)

Figura 4.4. Dirección y velocidad del viento en Mexicali, 1997
(Porcentaje de ocurrencia por dirección y velocidad)



Temperatura

La temperatura en esta zona es muy variable, así por ejemplo, en el verano se llegan a alcanzar ocasionalmente temperaturas de hasta 50°C, en tanto que en el invierno se tienen registros con temperaturas por debajo de los 0°C.

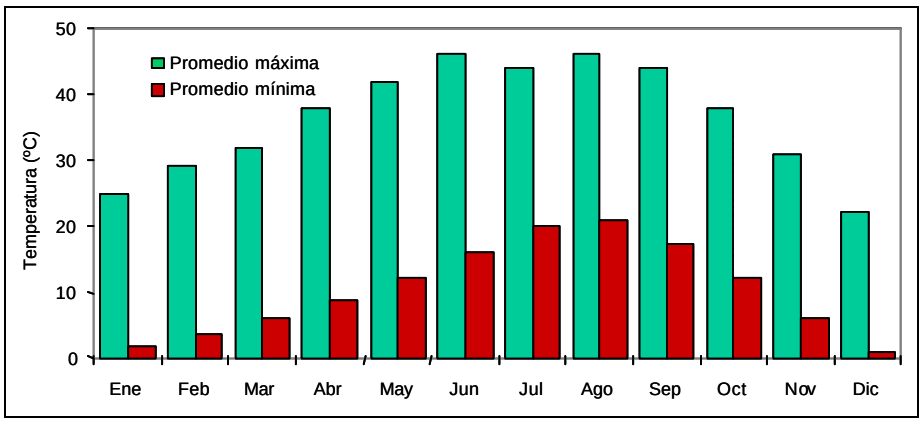
En la Figura 4.5 se presenta la información de las temperaturas máxima y mínima promedio mensual para el período 1981-1997. En este período se registró una

temperatura media anual superior a los 23°C, con una media para el mes más frío de 12°C y la media del mes más caliente de 34°C.

Los meses de mayor temperatura corresponden al período de abril a octubre con un promedio de más de 29°C. Los meses de diciembre a febrero presentan las temperaturas más bajas con un promedio, para este periodo, de 14ºC y un promedio de temperaturas mínimas de 2°C.

El rango anual entre la mínima promedio del mes más frío y la máxima promedio del mes más caliente fue de 45°C. La máxima promedio registrada de 46°C correspondió a los meses de junio y agosto.

Figura 4.5. Promedios de las temperaturas máximas y mínimas mensuales en Mexicali, 1981-1997

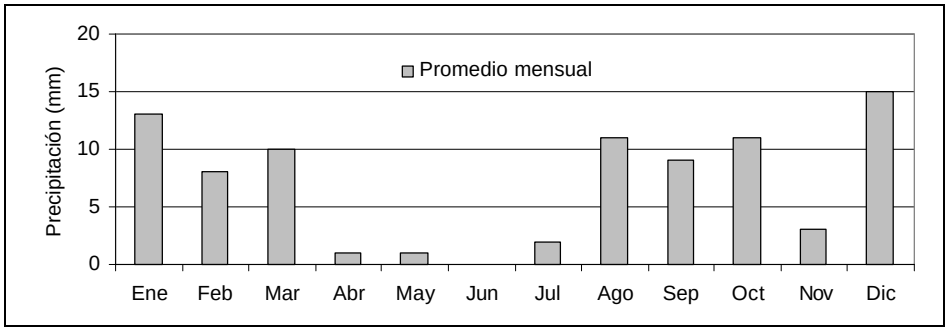


Precipitación

El terreno plano del valle y los fuertes gradientes de temperatura creados por el intenso calentamiento solar producen vientos moderados y una profunda convección térmica. La combinación de subsidencias con el efecto protector de las montañas y la distancia con respecto al océano limita severamente la precipitación, la cual es altamente variable y en ocasiones una fuerte precipitación puede constituir casi el total anual.

La Figura 4.6 muestra la precipitación promedio mensual para el periodo 1981-1997. En ella se puede apreciar que en general la precipitación es muy baja, siendo el promedio general de estos siete años de sólo 85 mm. Los meses con mayor precipitación fueron diciembre y enero con 15 y 13 mm, respectivamente. En tanto que el período más seco corresponde a los meses de abril a julio.

Figura 4.6. Precipitación promedio mensual en Mexicali, 1981-1997



Estabilidad y dispersión atmosférica

La estabilidad atmosférica regula el intercambio vertical y horizontal de aire que puede ocurrir en una cuenca atmosférica dada. Una mezcla limitada y velocidades de viento bajas generalmente están asociadas con un alto grado de estabilidad en la atmósfera. Estas condiciones también son características de las inversiones térmicas. Se dice que se forma una inversión térmica cuando la capa de aire que se encuentra en contacto con la superficie del suelo adquiere una temperatura menor que las capas superiores, volviéndose más densa y pesada de tal forma que las capas de aire que se encuentran a mayor altura y que están relativamente más calientes, actúan entonces como una cubierta que impide el movimiento ascendente del aire contaminado.

La presencia de la celda anticiclónica semipermanente del Pacífico puede causar la caída de masas de aire. Estas masas al descender sufren un calentamiento por compresión, alcanzando temperaturas mayores que las capas de aire más cercanas a la superficie del suelo. Esta condición atmosférica altamente estable, llamada inversión por subsidencia, puede actuar como una capa impenetrable que impide el mezclado vertical de los contaminantes, incluyendo a las partículas. La fuerza de estas inversiones dificulta su rompimiento y consecuentemente pueden persistir por uno o más días, causando estancamiento de aire y acumulación de contaminantes. En el Condado Imperial, las inversiones por subsidencia son comunes entre noviembre y junio, por lo que se le considera como un factor importante con relación a las altas concentraciones de PM10 que se registran en la zona. Este tipo de inversiones parecen estar relativamente ausentes entre julio y octubre (Fields *et al*, 1993).

3. Diagnóstico de la calidad del aire

La etapa actual del sistema de monitoreo atmosférico de Mexicali se inició en julio de 1996, con los trabajos de instalación, configuración y pruebas de aceptación de funcionamiento de los equipos, empezando su operación propiamente en enero

de 1997, dentro del marco de cooperación del Programa Frontera XXI con recursos de la Agencia de Protección al Ambiente de Estados Unidos (EPA), la Agencia de Recursos del Aire de California (CARB) y la participación de la Semarnap.

La red de monitoreo está conformada por seis estaciones de las cuales cuatro miden concentraciones de O_3, NO_2, SO_2 y CO, así como temperatura, humedad relativa, dirección y velocidad del viento, además de muestrearse manualmente las partículas PM10 y PST. En las dos estaciones restantes únicamente se muestrean las PM10 y PST. Las estaciones son: Centro de Bachillerato Técnico Industrial y de Servicios (CBATIS21), Universidad Autónoma de Baja California (UABC), Instituto Tecnológico de Mexicali (ITM), Centro de Estudios COBACH, Centro de Salud, Centro de Estudios Técnicos (CONALEP). Esta red es operada y financiada por la Agencia Estatal de California. Las diferentes actividades desarrolladas en la operación han estado a cargo de una empresa norteamericana (TEAM-TRACER) y la supervisión sobre el desarrollo del proyecto se ha llevado por parte de la Delegación de Semarnap en el Estado, con la asistencia técnica del INE.

La EPA ha aportado aproximadamente 320 mil dólares en equipo y 160 mil dólares para la operación. Según los acuerdos, los recursos financieros que la EPA destina a este programa durarán hasta fines de 2001, todo ello con la idea de que su aplicación permita mantener el impulso para que las actividades continúen posteriormente bajo la responsabilidad y con recursos del gobierno y organismos mexicanos. Con respecto al equipamiento, aproximadamente el 80% fue aportado por las agencias de los Estados Unidos de América y el resto lo aportó el INE.

Los datos generados por la operación del sistema de monitoreo se transmiten directamente vía radio a las oficinas del CARB, donde se hace una evaluación preliminar, para posteriormente ser enviados al sistema AIRS donde se lleva a cabo la validación de acuerdo a las metodologías establecidas por la EPA, para el aseguramiento de la calidad. Finalmente son enviados al INE y a CICA en periodos trimestrales, quedando disponibles por medio de internet.

Configuración de la red de monitoreo

A continuación se hace una breve descripción de cada una de las estaciones de monitoreo que integran la red. Cabe mencionar que para enero de 1997 en cuatro de las estaciones se median las concentraciones de los gases (O_3, CO, SO_2 y NO_2) y que paulatinamente fueron entrando en operación los muestreadores de PM10.

La estación CBATIS21 entro en operación completa en febrero de 1997, en las instalaciones del Centro de Bachillerato Industrial y de Servicios # 21, en Calzada Cuauhtémoc y Río Elota en la Colonia Santa María. La toma de muestra de aire está a una altura de 15 metros, circundada de pasto y concreto. La zona donde se estableció es de tipo mixto (industrial, comercial, de vivienda y de servicios), existen

áreas erosionadas cercanas a unos 30 metros, con una densidad poblacional media y alta circulación de vehículos a 50 metros aproximadamente. Cuenta con equipo analítico que se ubica dentro de una unidad móvil y consta de: DASIBI 3008 para determinación de CO, TECO 43 para SO_2, DASIBI 1003-AH para O_3, TECO 42 para NOx y muestreador manual de alto volumen WEDDING de PM10.

La estación UABC incorporó la medición de las PM10 en febrero de 1997; se encuentra en los terrenos propiedad de la Universidad Autónoma de Baja California en Boulevard Benito Juárez s/n, Col. Independencia Magisterial. Entre las construcciones aledañas se encuentra una unidad deportiva, la Escuela Normal Fronteriza y fraccionamientos residenciales. El equipo de monitoreo con que cuenta es: DASIBI 3008 para determinación de CO, TECO 43 para SO_2, DASIBI 1003-AH para O_3, TECO 42 para NOx y muestreador manual de alto volumen WEDDING de PM10.

La estación ITM inició sus operaciones en noviembre de 1996, se ubica en las instalaciones del Instituto Tecnológico de Mexicali en Av. Instituto Tecnológico s/n, Col. Plutarco Elías Calles. La zona donde se encuentra es de uso mixto (industrial, comercial, de vivienda y de servicios), medianamente poblada, fuera de la zona centro. Existen zonas erosionadas cercanas a unos 15 metros, con una baja circulación de vehículos en un radio de 50 metros y alta circulación en la carretera a San Luis Río Colorado, Son., a más de 150 metros del equipo. La toma de muestra de aire se encuentra a una altura de 10 metros. El equipo analítico se ubica dentro de un aula del Instituto y consta de: DASIBI 3008 para determinación de CO, TECO 43 para SO_2, DASIBI 1003-AH para O_3, TECO 42 para NOx y muestreador manual de alto volumen WEDDING de PM10.

La estación COBACH empezó a medir las PM10 en mayo de 1997, se encuentra en el Colegio de Bachilleres ubicado en calle Heroico Colegio Militar y Av. Checoslovaquia, Col. Orizaba. La zona es de tipo mixto (industrial, habitacional, comercial y de servicios), poblada y céntrica, con zona erosionada a 20 metros, cercana a campos deportivos, estacionamiento y áreas verdes con alta circulación vehicular a 20 metros y con industria a 3 km. El equipo de análisis se encuentra en las aulas del Colegio y consta de: MONITORING LABS 8830 para determinación de CO, MONITORING LABS 8850 para SO_2, TECO 49 para O_3, TECO 42 para NOx y muestreador manual de alto volumen WEDDING de PM10.

La estación Centro de Salud también inició la medición de las PM10 hasta marzo de 1997, se ubica en la carretera Heriberto Jara s/n, Col. Progreso, Valle de Mexicali. La zona es mixta (industrial, agrícola, de servicios, comercial y habitacional), con baja densidad poblacional fuera de zona urbana, áreas erosionadas a 200 metros, baja circulación vehicular a 10 metros (calle) y alta circulación a 200 metros. La toma de muestra de aire se ubica a 6 metros de altura. El equipo de monitoreo existente es: GMW para medición de PST y WEDDING para medición de PM10.

Finalmente, la estación CONALEP inició la medición de las PM10 en febrero de 1997 y se ubica en las instalaciones del CONALEP No.1 en el Ejido Puebla, Valle de Mexicali. La zona es de baja densidad poblacional, se encuentra fuera de la zona céntrica, es un área altamente erosionada con campos agrícolas a 30 metros y baja circulación vehicular a 15 metros. La toma de muestra se encuentra a una altura de 6 metros y el equipo existente es: GMW para medición de PST y WEDDING para PM10.

En la Figura 4.7 y Tabla 4.5 se muestra la localización y características de las estaciones de monitoreo de Mexicali.

Figura 4.7. Localización de la red de monitoreo de la calidad del aire de Mexicali

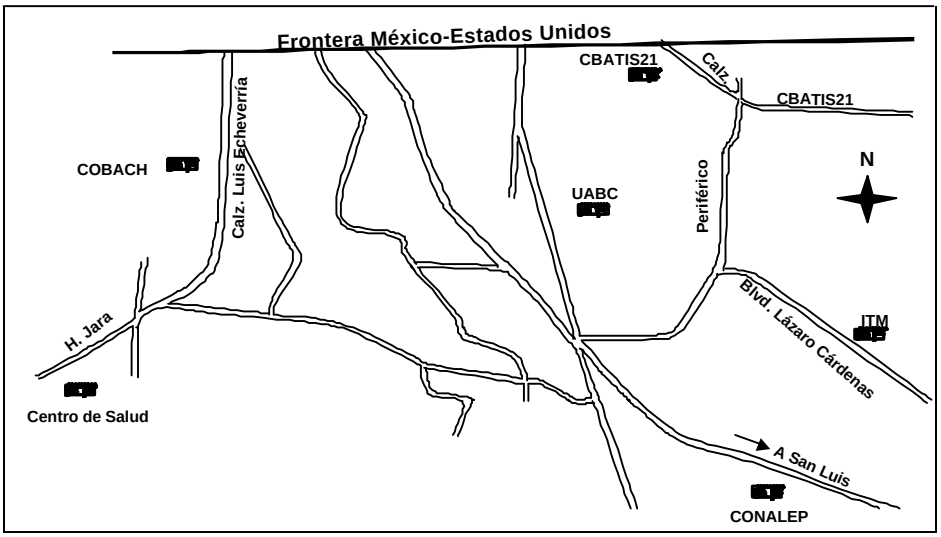


Tabla 4.5. Ubicación de las estaciones de monitoreo en Mexicali

Estación	Zona	Dirección	Uso de suelo predominante	Parámetros monitoreados	Parámetros meteorológicos
CBATIS21	Norte	Calzada Cuauhtémoc y Río Elotla	Urbano	O_3, CO, SO_2, NO_2, PM10	Temperatura, dirección y velocidad del viento, humedad relativa.
UABC	Centro	Blvd. Benito Juárez s/n	Urbano	O_3, CO, SO_2, NO_2, PM10	Temperatura, dirección y velocidad del viento, humedad relativa.
ITM	Sureste	Av. Instituto Tecnológico	Urbano	O_3, CO, SO_2, NO_2, PM10	Temperatura, dirección y velocidad del viento, humedad relativa.
COBACH	Oeste	Heroico Colegio Militar y Av. Checoslovaquia	Urbano	O_3, CO, SO_2, NO_2, PM10	Temperatura, dirección y velocidad del viento, humedad relativa.
CENTRO DE SALUD	Suroeste	Carr. Heriberto Jara	Urbano Habit., Agrícola	PM10, PST	
CONALEP	Sureste	Ejido Puebla	Agrícola	PM10, PST	

Permanentemente se lleva a cabo un proceso de calibración de los equipos de monitoreo y, como se mencionó, la información obtenida es validada a través de métodos de control de calidad establecidos en guías publicadas por la Agencia de Protección al Ambiente de los Estados Unidos de América.

En este apartado se presenta el análisis de la información de monitoreo generada por la red de monitoreo durante 1997 y 1998.

Tendencias de la calidad del aire

La Figura 4.8 presenta el IMECA máximo diario de ozono de enero de 1997 a diciembre de 1998. Durante este período se presentaron varios días con excedencias a la norma y los valores máximos registrados fueron de 151 puntos IMECA en octubre de 1997 y 170 puntos en diciembre de 1998.

Figura 4.8. IMECA máximo diario de O_3 en Mexicali durante 1997-1998

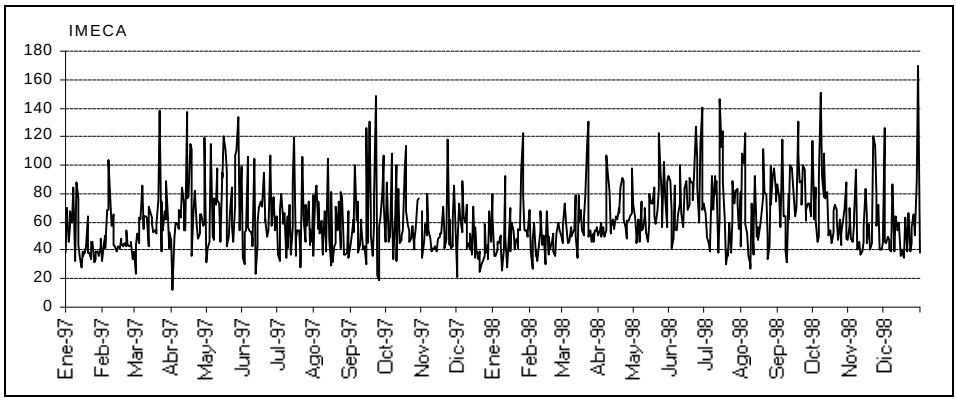
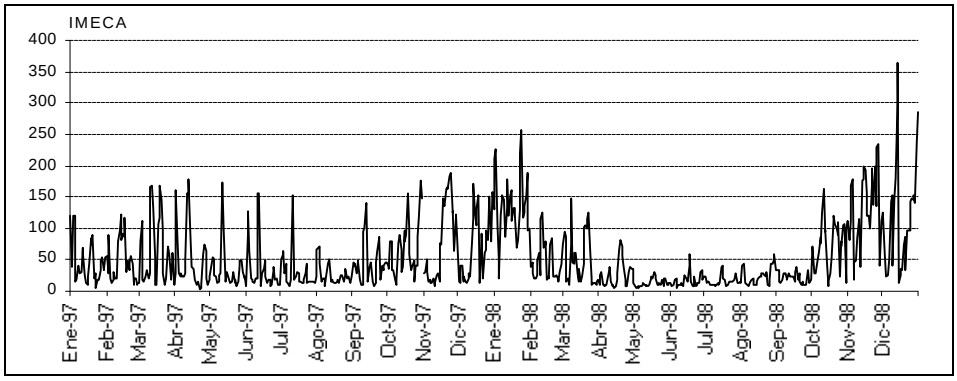


Figura 4.9. IMECA máximo diario de CO en Mexicali durante 1997-1998



La Figura 4.9 presenta la tendencia del valor máximo diario del IMECA de monóxido de carbono. Se observa que para 1997 se presentaron con frecuencia violaciones a la norma del contaminante, alcanzando su valor más alto en el mes de noviembre con 190 puntos IMECA. En 1998 se tuvo un número similar de violaciones a la norma, con algunos días de más de 200 puntos, alcanzando su valor más alto en diciembre de 1998 con 363 puntos IMECA.

La Figura 4.10 muestra el comportamiento de los valores máximos diarios del IMECA del bióxido de nitrógeno durante 1997 y 1998. Se observa que en 1997 se encuentra siempre por debajo de los 81 puntos IMECA; este valor máximo se presentó en el mes de diciembre. Con respecto a 1998, se observa que la norma de NO_2 se rebasó ligeramente en los meses de octubre y diciembre.

Figura 4.10. IMECA máximo diario de NO_2 en Mexicali durante 1997-1998

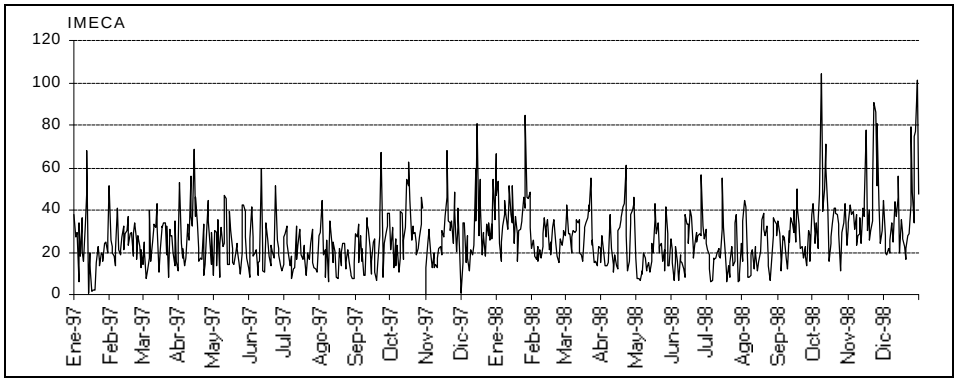
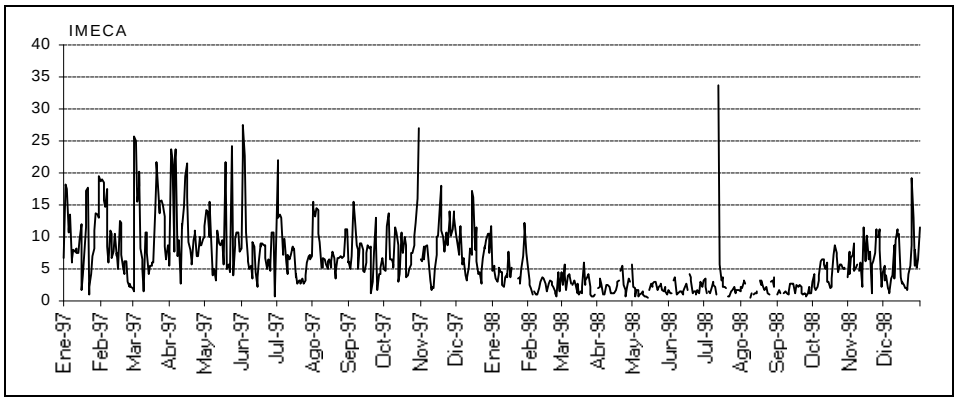


Figura 4.11. IMECA máximo diario de SO_2 en Mexicali durante 1997-1998

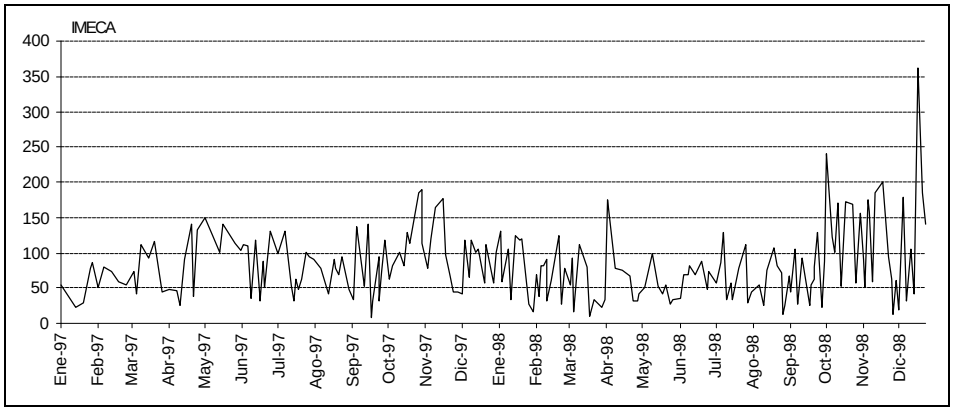


La Figura 4.11 muestra las tendencias de los valores máximos diarios IMECA de bióxido de azufre de enero de 1997 a diciembre de 1998. Se observa que las concentraciones de este contaminante son bastante bajas ya que los valores máximos se ubican por debajo de los 35 puntos IMECA. El promedio anual de SO_2 en Mexi-

cali para 1997 fue de 0.007 ppm, que es casi una cuarta parte del establecido en su norma anual. Para 1998 se observa que los valores registrados son menores a 15 puntos IMECA para casi todos los meses y el promedio anual fue de 0.003 ppm.

La Figura 4.12 presenta las tendencias de los valores máximos diarios del IMECA de PM10 en el mismo período analizado. Se observa que en casi todos los meses se rebasa la norma de este contaminante, alcanzando un máximo de 189 puntos IMECA en octubre de 1997 y de 362 puntos en el mes de diciembre de 1998.

Figura 4.12. IMECA máximo diario de PM10 en Mexicali durante 1997-1998



El promedio anual de PM10 para 1997 fue de 93 µg/m^3 y para 1998 fue de 86 µg/m^3 valores mayores a la norma de calidad del aire para este contaminante.

La Tabla 4.6 muestra el porcentaje y número de días en que se rebasaron los diferentes niveles IMECA en Mexicali, durante 1997. En general, la frecuencia con que se rebasó alguna norma de calidad del aire fue del 27 % (98 de los días del año); el nivel de los 150 puntos se presentó en un 7% (27 días al año) y no se alcanzaron los 200 puntos IMECA.

Tabla 4.6. Porcentaje y número de días que se rebasaron los 100, 150, 200 y 250 puntos IMECA en Mexicali durante 1997

	>=100		>=150		>=200		>=250		No. total de días
	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	
O_3	7.7	28	0.0	0	0.0	0	0.0	0	363
PM10*	37.4	34	5.5	5	0.0	0	0.0	0	91
CO	14.0	51	6.3	23	0.0	0	0.0	0	364
NO_2	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	363
SO_2	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	364
General	26.9	98	7.4	27	0.0	0	0.0	0	364

* Porciento y número de muestreos

Analizando el comportamiento de los contaminantes, se aprecia que durante este año las partículas PM10 presentaron un 37% de los muestreos fuera de norma, seguidas por el monóxido de carbono con 14% de los días del año y el ozono con 8% de los días del año.

La Tabla 4.7 presenta el análisis para 1998 y muestra que se rebasó la norma en 30 % de los días (108 días al año), el nivel de los 150 en un 11% (41 días del año) y los 200 IMECA en un 3% (12 días al año); cabe aclarar que en este año también se presentaron excedencias de más de 250 IMECA en 5 de los días del año. Con relación a los contaminantes, su comportamiento fue parecido al de 1997, el que rebasa con mayor frecuencia la norma son las partículas PM10 con un 27% de los muestreos fuera de norma, seguidas por el CO con un 20% (75 días del año) y el O_3 con 8% (30 días al año); durante este año el NO_2 rebasó su norma en dos días.

Tabla 4.7. Porcentaje y número de días que se rebasaron los 100, 150, 200 y 250 puntos IMECA en Mexicali durante 1998

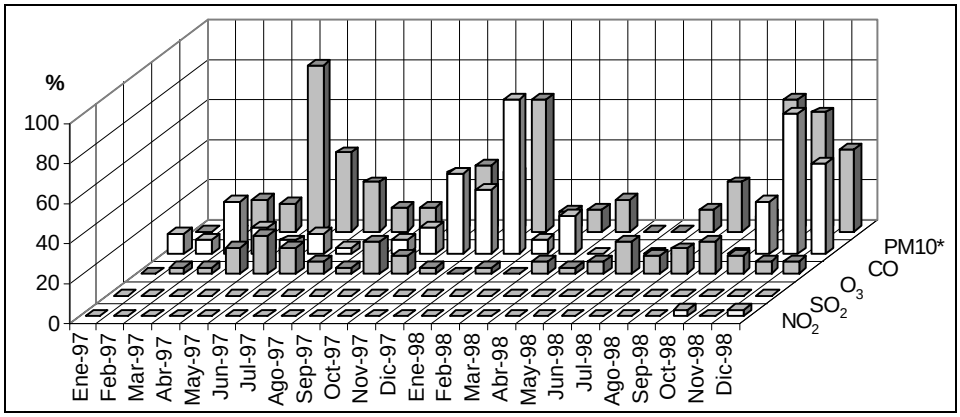
	>=100		>=150		>=200		>=250		No. total de días
	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	
O_3	8.2	30	0.5	2	0.0	0	0.0	0	365
PM10*	27.3	30	11.8	13	1.8	2	0.9	1	110
CO	20.5	75	8.2	30	2.7	10	1.1	4	365
NO_2	0.5	2	0.0	0	0.0	0	0.0	0	365
SO_2	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	337
General	29.6	108	11.2	41	3.3	12	1.4	5	365

* Porciento y número de muestreos

Comparando los dos años monitoreados se observa que durante 1998 el monóxido de carbono violó la norma en casi el doble de días que en 1997, pasando de 14% a 21%, para el ozono el comportamiento en ambos años fue más o menos similar, ya que en 1998 sólo aumento en 2 el número de días en que rebasó su norma. En el caso de las PM10 el porcentaje de muestreos arriba de la norma disminuyó de 38% a 27% de los días muestreados.

En la Figura 4.13 se muestra el porcentaje de días y de muestreos por mes en que ocurrieron violaciones a las normas de calidad del aire en 1997 y 1998. Se observa que en el caso del monóxido de carbono, el mayor número de excedencias a su norma tiende a darse durante los meses más fríos del año; el ozono lo hace con mayor frecuencia de mayo a octubre, abarcando la temporada cálida. En el caso de las partículas PM10, éstas rebasaron la norma principalmente durante la época invernal en los meses sin lluvia. El bióxido de nitrógeno presentó violaciones a su norma en octubre y diciembre de 1998 y el bióxido de azufre no presentó violación alguna durante el periodo de análisis.

Figura 4.13. Porcentaje de días con violaciones a las normas por contaminante y por mes en Mexicali durante 1997-1998



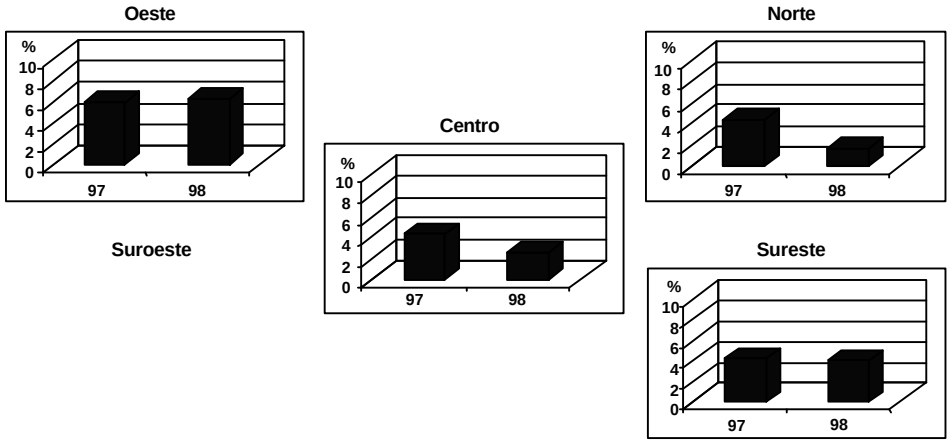
*Porcentaje de muestreo fuera de norma.

Comportamiento de los contaminantes por zona

Teniendo presente que no en todas las estaciones se miden los 5 contaminantes, a continuación se muestra el comportamiento espacial del ozono, monóxido de carbono y de las partículas fracción respirable PM10.

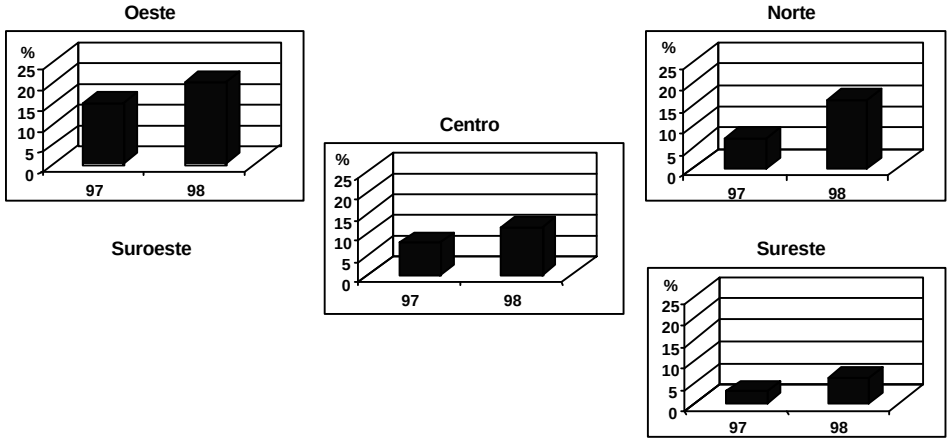
La Figura 4.14 muestra el porcentaje de días en que se rebasa la norma de ozono, durante 1997 y 1998. Este contaminante violó su norma con mayor frecuencia en la zona oeste seguida por la zona sureste.

Figura 4.14. Porcentaje de días en que se rebasó la norma de O_3 en las diferentes zonas de Mexicali durante 1997–1998



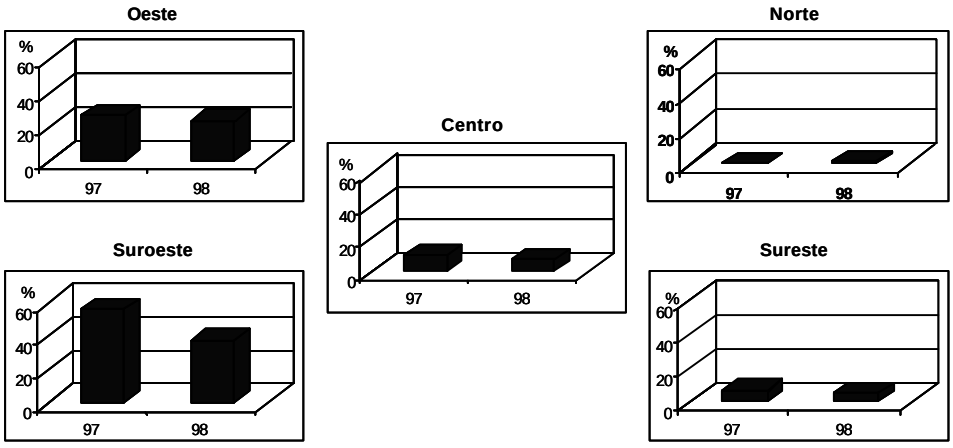
La Figura 4.15 muestra el porcentaje de días por zona, en que se rebasó la norma de calidad del aire del CO, durante 1997 y 1998. Se observa que las mayores frecuencias de excedencias se producen en el oeste y norte de la ciudad.

Figura 4.15. Porcentaje de días en que se rebasó la norma de CO
en las diferentes zonas de Mexicali durante 1997-1998



La Figura 4.16 muestra para cada zona de la ciudad, el porcentaje de muestreos en que se rebasó la norma de calidad del aire para las partículas PM10 en 1997 y 1998. Este contaminante violó su norma con más frecuencia en la zona suroeste seguida de la zona oeste.

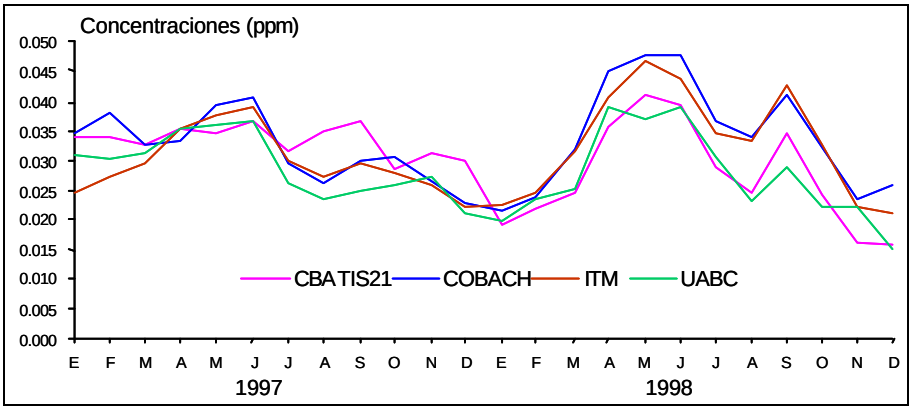
Figura 4.16. Porcentaje de muestreos en que se rebasó la norma de PM10
en las 5 zonas de Mexicali durante 1997 - 1998



Con el fin de identificar algún comportamiento estacional de los contaminantes, la Figura 4.17 muestra la variación del promedio mensual de ozono registrados en las estaciones de la red de monitoreo de la calidad del aire de Mexicali. Se observa que la estación en donde se presentan en general los valores promedio más elevados para este contaminante en los dos años medidos es COBACH, y que los niveles más elevados se produjeron en 1998. Las estaciones muestran en general un

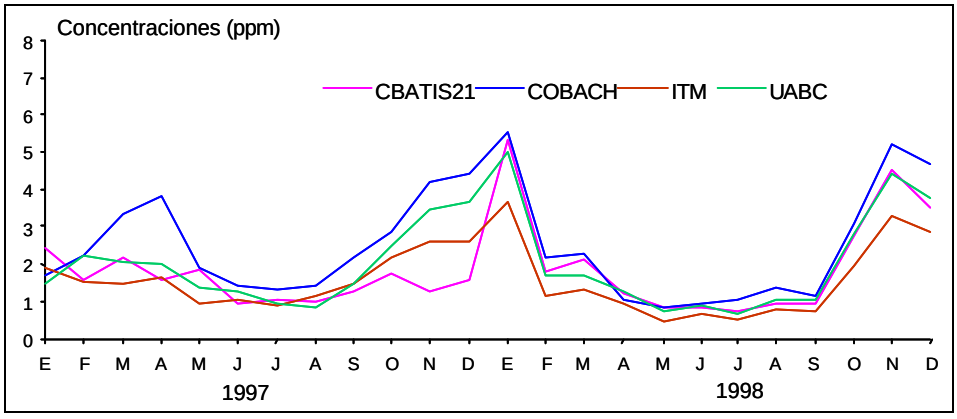
comportamiento estacional muy similar, con una tendencia a presentar los valores más altos durante la primavera y verano.

Figura 4.17. Promedio mensual de datos horarios de O_3 por estación, 1997–1998



Así mismo, la Figura 4.18 muestra el promedio mensual de monóxido de carbono en las 4 estaciones de la red de monitoreo. Se observa que la estación en donde se registran los promedios más elevados para este contaminante es igualmente COBACH y que existe un marcado comportamiento estacional del contaminante, con mayores niveles durante la época fría del año.

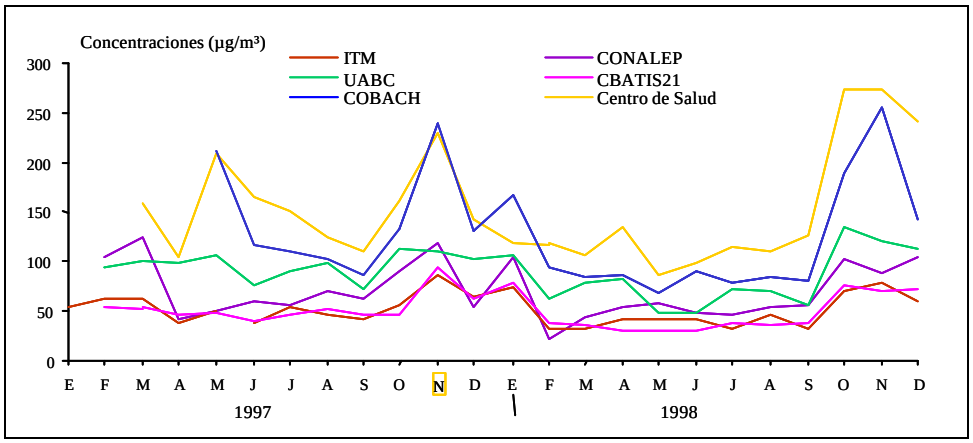
Figura 4.18. Promedio mensual de datos horarios de CO por estación, 1997–1998



Al igual que en las gráficas anteriores, la Figura 4.19 muestra el promedio mensual de las partículas PM10 registrado en las 6 estaciones de la red de monitoreo. En este año se notan diferencias muy marcadas en los niveles registrados en las diferentes estaciones, sobresaliendo COBACH y Centro de Salud, por presentar los mayores niveles, reflejando las características de las zonas donde se sitúan y donde se tiene la presencia de fuentes importantes de polvos. En contraste se tienen

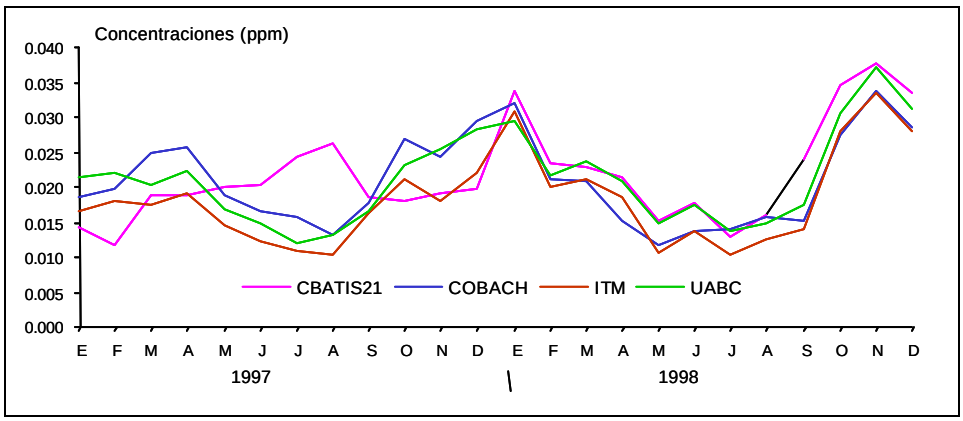
las estaciones ITM y CBATIS21 que por estar más urbanizadas, no son directamente influenciadas por fuentes de partículas; también se manifiesta una tendencia estacional donde los mayores niveles de partículas se registran en los últimos 3 meses del año.

Figura 4.19. Promedio mensual de los muestreos de PM10 por estación, 1997–1998



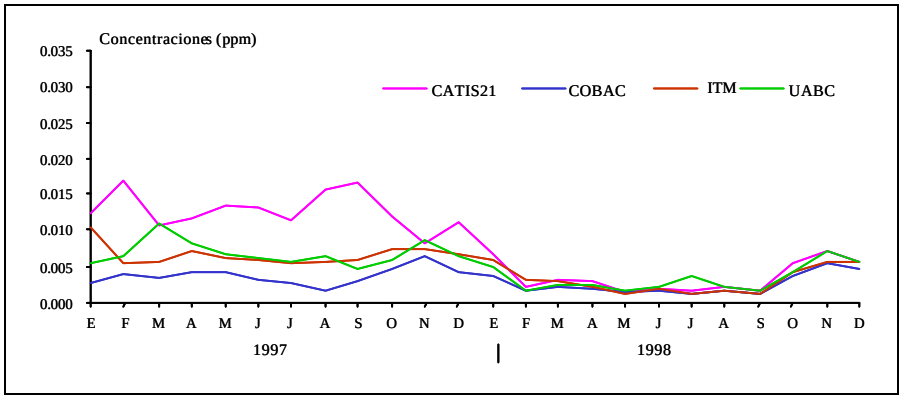
La Figura 4.20 presenta el promedio mensual del bióxido de nitrógeno mostrando, al igual que las partículas, un comportamiento estacional y niveles similares en general en las cuatro estaciones de monitoreo.

Figura 4.20. Promedio mensual de datos horarios de NO_2 por estación, 1997–1998



Finalmente, la Figura 4.21 muestra el promedio mensual de bióxido de azufre para los dos años monitoreados. Se aprecia que a partir de noviembre de 1997 los niveles de SO_2 registrados en las 4 estaciones son muy similares y disminuyen debido a la introducción de gas como combustible en algunas de las principales empresas de Mexicali.

Figura 4.21. Promedio mensual de datos horarios de SO_2 por estación, 1997–1998



Comportamiento horario del ozono y del monóxido de carbono

La concentración de cada contaminante medida al nivel del piso en un sitio determinado fluctúa en función de una serie de factores de la dinámica urbana (intensidad de flujo vehicular, actividad industrial y comercial, entre otras), de las condiciones meteorológicas cíclicas diarias y su variación estacional, y de las características fisico-quimicas de los propios contaminantes. A continuación se describe el comportamiento promedio horario durante 1997 y 1998 para monóxido de carbono y ozono en las cuatro estaciones donde se miden estos contaminantes, ya que como se vio anteriormente, violan la norma de calidad del aire de forma sustancial.

Las emisiones de CO se encuentran directamente relacionadas con el consumo de los combustibles. Las emisiones contaminantes de los autos en circulación son por lo general más altas que las de los autos nuevos al salir de la agencia y varían en función del kilometraje, la calidad de los combustibles y el mantenimiento que se le dé al motor. Debido a la edad y al desgaste excesivo de los vehículos que circulan en Mexicali, es importante que a la brevedad posible se cuente con un programa de verificación obligatoria de los vehículos en circulación, ya que éste es pieza clave e indispensable en la disminución de la contaminación atmosférica de la ciudad. Uno de los principales beneficios de la verificación vehicular es la reducción del CO, contaminante generado principalmente por los vehículos automotores.

Otro problema de importancia es la gran cantidad de contaminación emitida por las fuentes vehiculares (automóviles, camiones, autobuses) al momento de cruzar la frontera, sobre todo en las horas pico cuando se forman largas filas de vehículos en marcha. Esto se ve agravado por el mal estado en que se encuentran los vehículos y los tiempos de espera en el cruce hacía las ciudades de los Estados Unidos.

La Figura 4.22 muestra que el promedio anual de las concentraciones horarias de las 0:00 a las 24 horas del monóxido de carbono para 1997-1998, son relativamente bajas y similares en las 4 estaciones que conforman la red de monitoreo. A partir de las 16:00 horas se nota un incremento que llega a su máximo a las 20:00 horas, siendo las estaciones COBACH y CBATIS21 las que registran los valores máximos; la estación ITM es en donde se observa el valor más bajo. Los mayores niveles de CO se producen en las primeras horas de la noche, posiblemente debido a la disminución de la capa de mezcla atmosférica y a las emisiones de tráfico vehicular que es intenso a esas horas. Así mismo se identifica un aumento de los niveles alrededor de las 6 de la mañana para disminuir hacia las 10 de la mañana donde la temperatura y el mezclado y la dilución de los contaminantes ya es intenso.

Figura 4.22. Variación horaria promedio de monóxido de carbono por estaciones durante 1997-1998

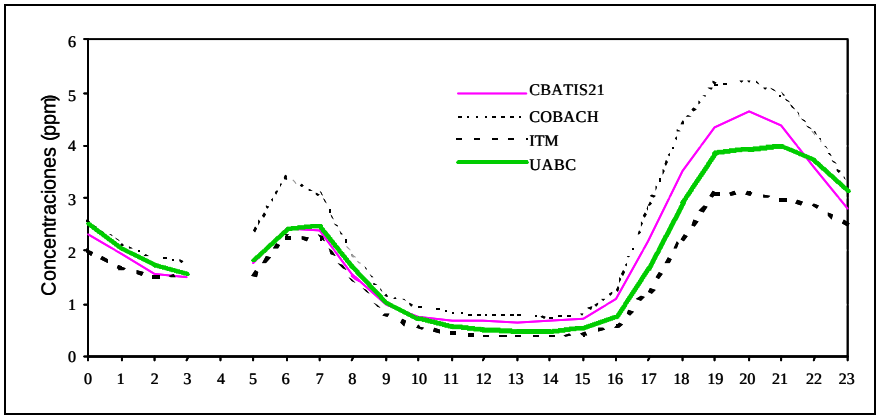
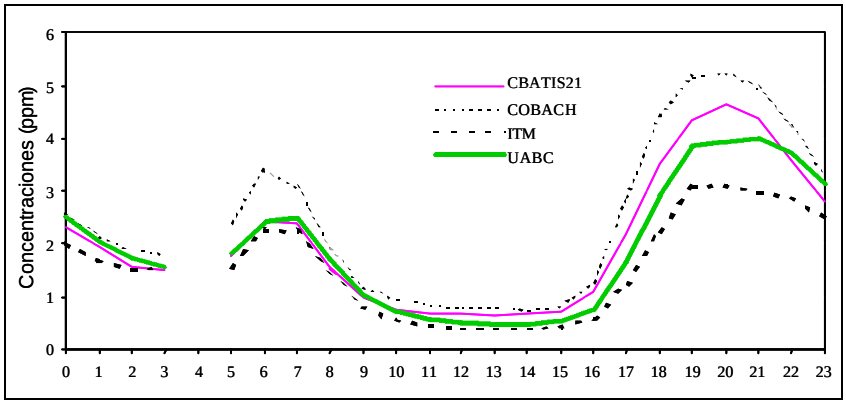


Figura 4.23. Variación horaria promedio de monóxido de carbono por estaciones de abril a julio de 1998



En las Figuras 4.23 y 4.24 se muestra la variación horaria del monóxido de carbono durante la época de abril a julio y de diciembre de 1997 a febrero de 1998. Por una parte, se tiene que los niveles alcanzados son mucho mayores en la estación fría del año (diciembre-febrero) que en la época calurosa (abril-julio), y por otra que los picos más elevados se dan a las mismas horas en ambas temporadas. Las gráficas también muestran la gran influencia de las emisiones vehiculares en las estaciones COBACH, CBATIS21 y UABC, y en menor grado en ITM.

Figura 4.24. Variación horaria promedio de monóxido de carbono por estaciones de diciembre de 1997 a febrero de 1998

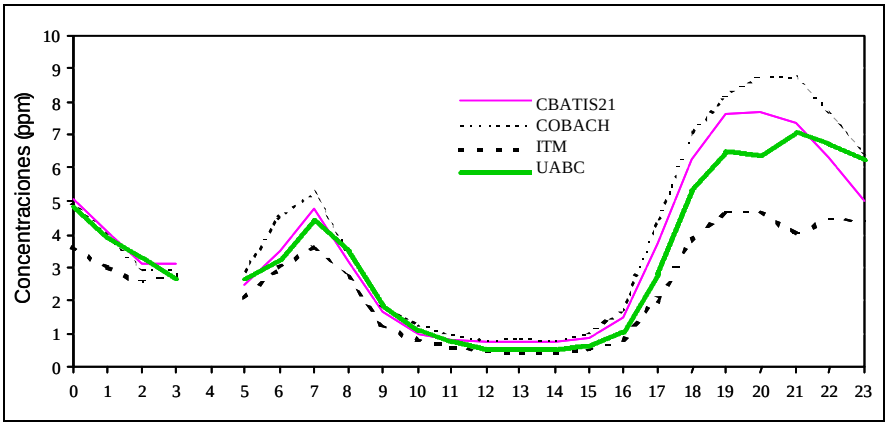
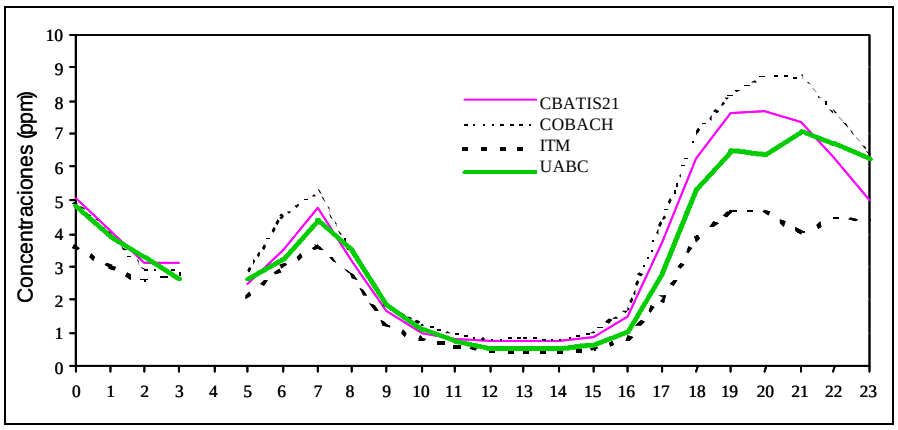


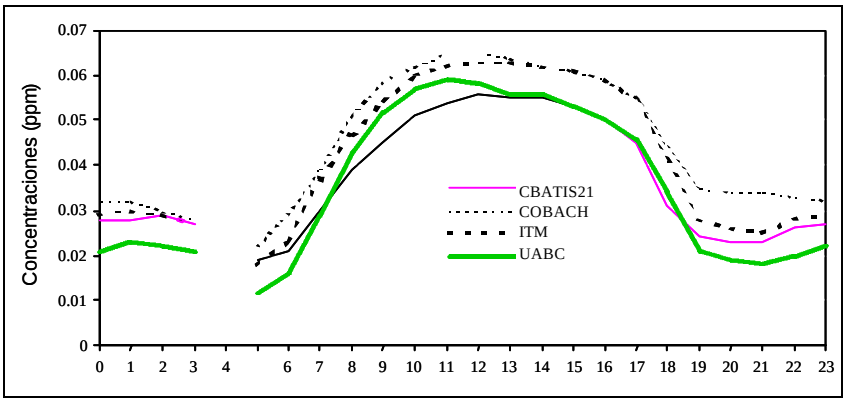
Figura 4.25. Variación horaria promedio de ozono por estaciones de diciembre de 1997 a febrero de 1998.



Al igual que para el CO, a continuación se presenta la información sobre el comportamiento del ozono en estos dos años, separándola en 2 períodos. El primero que va de diciembre de 1997 a febrero de 1998 y el segundo de abril a julio de 1998, comprendiendo la época cálida. La Figura 4.25 muestra la variación horaria de los

niveles promedio de ozono registrados durante la época fría (diciembre–febrero). Se observa que las concentraciones horarias de las 0:00 horas a las 6:00 horas son bajas y a partir de esta hora se incrementan hasta alcanzar el máximo valor a las 13:00 horas, para posteriormente disminuir hasta 18:00 horas.

Figura 4.26. Variación horaria promedio de ozono por estaciones de abril a julio de 1998.



Por otra parte, la Figura 4.26 muestra la variación horaria de los niveles promedio de ozono de abril a julio de 1998. Al igual que en la época fría, las concentraciones de ozono son bajas de las 0:00 a las 6:00 horas y se incrementan a partir de las 7:00 horas; alcanzando su valor máximo entre las 11:00 y las 15:00 horas. Sin embargo la disminución de los niveles es más lenta y las concentraciones más elevadas tienden a permanecer durante más horas. Es de notarse que los niveles que se alcanzan de ozono son mayores en la época cálida.

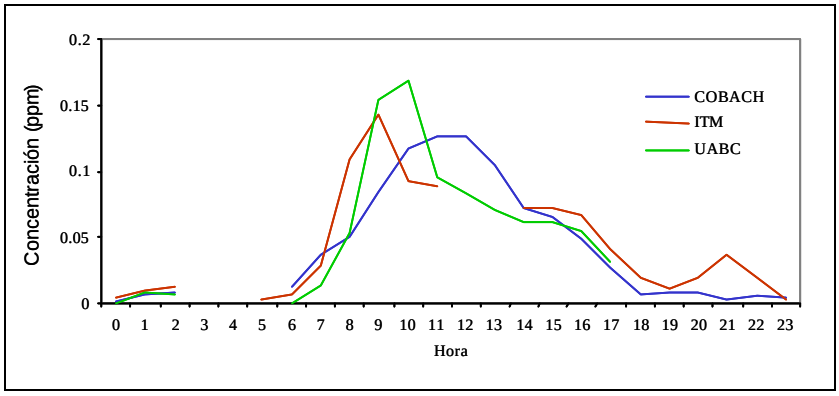
Análisis de episodios de altos niveles de contaminación

A continuación se presenta un breve análisis de algunos episodios de altas concentraciones de contaminantes durante 1997 y 1998. Ellos son los ocurridos el 23 de septiembre de 1997 (149 IMECAS de ozono), 24 de noviembre de 1997 (190 IMECAS de monóxido de carbono como promedio móvil de 8 horas), 6 de noviembre de 1997 (189 IMECAS de PM10), 30 de diciembre de 1998 (170 IMECAS de ozono), 14 de diciembre de 1998 (363 IMECAS de monóxido de carbono como promedio móvil de 8 horas) y 25 de diciembre de 1998 (362 IMECAS de PM10).

Episodio de ozono del 23 de septiembre de 1997

El registro máximo de ozono fue de 0.17 ppm (149 IMECAS) a las 10:00 AM en la estación UABC. En todas las estaciones de monitoreo (Figura 4.27), para las que hubo información disponible, se registraron altos niveles, siendo esto particularmente notorio entre las 9:00 y las 12 del día, con valores por arriba de la norma.

Figura 4.27. Concentración horaria de ozono en Mexicali
(23 de septiembre de 1997)

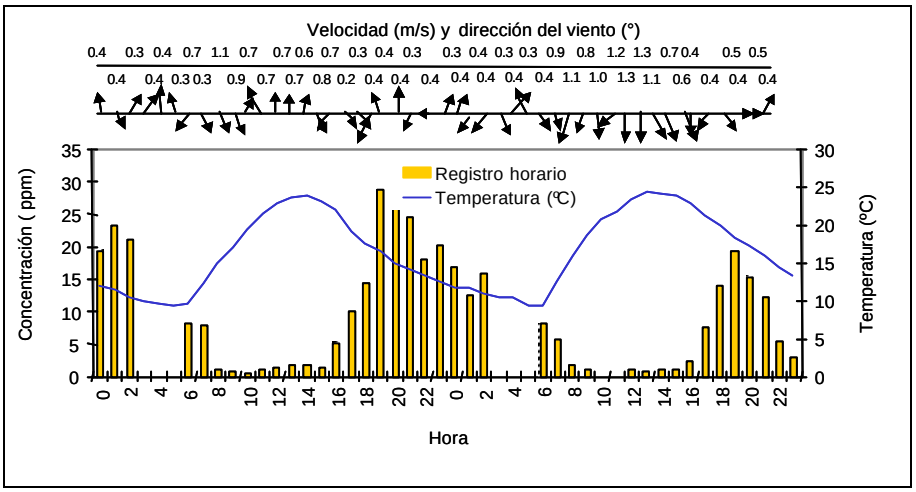


Desde la madruga hasta las 12 del día la velocidad del viento fue menor a 2 m/s y la temperatura fue superior a 30ºC desde las nueve de la mañana, alcanzando más de 35ºC a las 11 horas y la dirección del viento fue variable con condiciones de estabilidad atmosférica.

Episodio de monóxido de carbono del 24 de noviembre de 1997

El valor máximo de monóxido de carbono como promedio móvil de ocho horas en 1997 fue de aproximadamente 190 IMECAS y se registró a las dos de la mañana del 24 de noviembre en la estación COBACH. Los registros horarios que dieron origen a tan elevado promedio móvil se presentan en la Figura 4.28.

Figura. 4.28. Registros horarios de monóxido de carbono en la estación COBACH
(23 y 24 de noviembre de 1997)

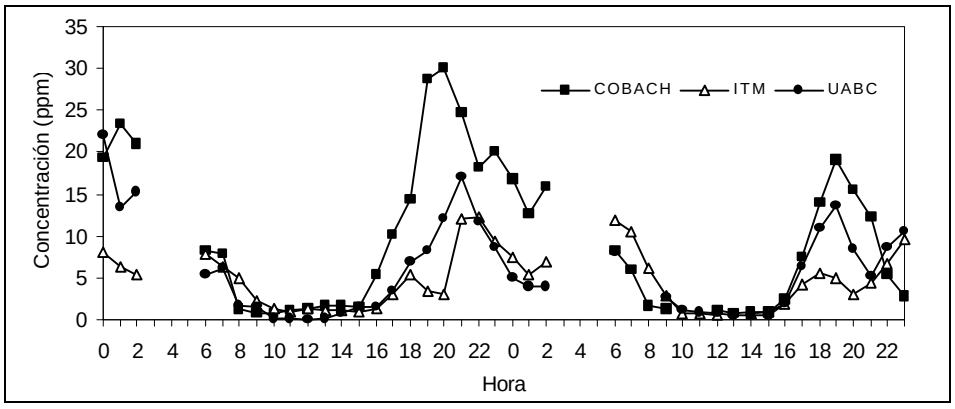


En ella se puede apreciar que los registros horarios más altos de monóxido de carbono de 29 y 30 ppm se registraron entre las 7 de la noche del día 23 y la 1 de la mañana del día 24. El hecho de que las altas concentraciones de monóxido de carbono de la tarde se hayan prolongado hasta la madrugada del siguiente día, pudo haber sido provocado por condiciones de estabilidad atmosférica, ya que como se puede apreciar en la misma figuras, además de no existir un patrón de viento definido, la intensidad de éste es muy baja en ambos días y en la mayor parte del tiempo fue incluso menor a 1 m/s.

Estas condiciones de estabilidad atmosférica se reflejaron también en las demás estaciones de monitoreo, para las que hubo información disponible, registrándose valores altos de CO, sin alcanzar la magnitud de los registrados en la estación COBACH (Figura 4.29).

Es probable que los altos niveles de CO registrados en la estación COBACH fueron ocasionados por la acumulación de las emisiones de fuentes locales y que las emisiones de las fuentes móviles pudieron ser la principal causa de este episodio de CO, ya que las temperaturas no fueron lo extremadamente bajas como para pensar que la combustión residencial pudiera haber tenido un impacto considerable.

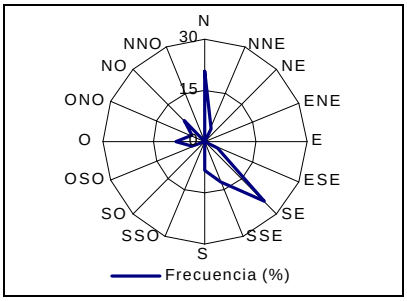
Figura 4.29. Concentraciones horarias de monóxido de carbono en Mexicali (23 y 24 de noviembre de 1997)



Episodio de PM10 del 6 de noviembre de 1997

El registro máximo de 328 µg/m^3 (189 IMECA) se produjo en la estación COBACH y corresponde al muestreo de 24 horas de PM10 que se hace cada 6 días en las diferentes estaciones de monitoreo. En la figura 4.30 se muestra la rosa de viento dominante que se registró para este día.

Figura 4.30. Rosa de viento dominante en la estación COBACH (6 de noviembre de 1997)

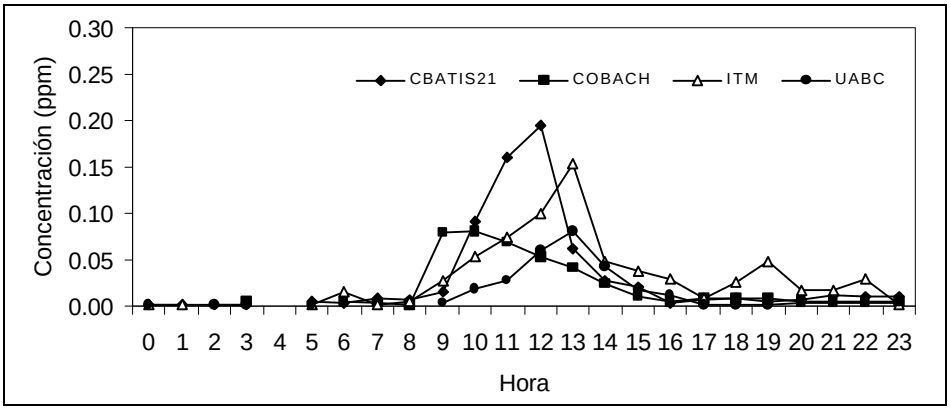


El análisis de los registros indican que en este día el flujo de viento dominante fue del sureste con una frecuencia del 25% y con una intensidad inferior a los 2 m/s, seguido del flujo del norte con aproximadamente un 20% de la frecuencia total y con una intensidad de entre 2 y 3 m/s. Al igual que en el caso anterior, este episodio fue posiblemente causado por las emisiones de fuentes locales, ya que existen zonas erosionadas y campos deportivos a menos de 30 metros de la estación de monitoreo.

Episodio de ozono del 30 de diciembre de 1998

Como se aprecia en la Figura 4.31, en este día las concentraciones de ozono fueron altas entre las nueve de la mañana y las dos de la tarde, en todas las estaciones de monitoreo. Sin embargo, sólo en las estaciones ITM y CBATIS21 se excedió la norma siendo la estación CBATIS21 la que registró el valor más elevado de 0.194 ppm (aproximadamente 170 IMECAS).

Figura 4.31. Concentración horaria de ozono en Mexicali (30 de diciembre de 1998)



La velocidad del viento fue muy baja durante el día, indicando una alta estabilidad atmosférica. Así mismo la dirección del viento no muestra un patrón claramente dominante, pues lo mismo se observa la ocurrencia de viento del sur como del norte y del noreste, por lo que es difícil suponer el transporte de este contaminante desde algún punto en particular. En ese día se alcanzaron temperaturas de hasta 24 ºC al mediodía, suficiente para la formación del ozono (Figura 4.32).

Figura 4.32. Concentración horaria de ozono en Mexicali en la estación CBATIS21 (30 de diciembre de 1998)

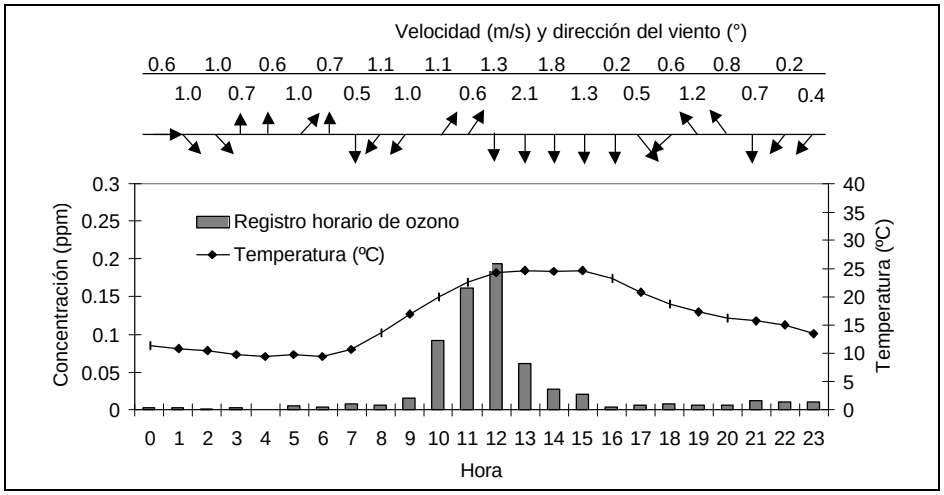
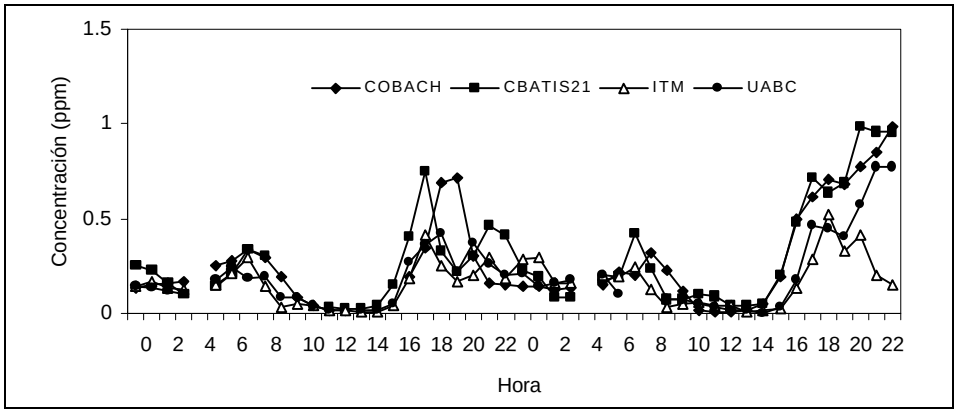


Figura 4.33. Concentraciones horarias de NOx en Mexicali (29 y 30 de diciembre de 1998)



En esta temporada del año, el uso de los vehículos se incrementa por la proximidad de la celebración del año nuevo, lo que hace suponer que las altas concentraciones de ozono tuvieron su origen en una alta emisión de sus precursores (óxidos de nitrógeno y compuestos orgánicos volátiles), provenientes principalmente de las fuentes móviles durante las horas previas. Esta suposición esta parcialmente apoyada por las altas concentraciones de NOx que se registraron desde la tarde y noche del día 29, sumándose a las emisiones del día 30 y provocando con ello que entre las 6 y las 9 de la mañana se registraran concentraciones elevadas de NOx (Figura 4.33). Posteriormente entre las 6 de la tarde y las 11 de la noche del día 30 se registraron concentraciones aún más elevadas de NOx; sin embargo, éstas ya

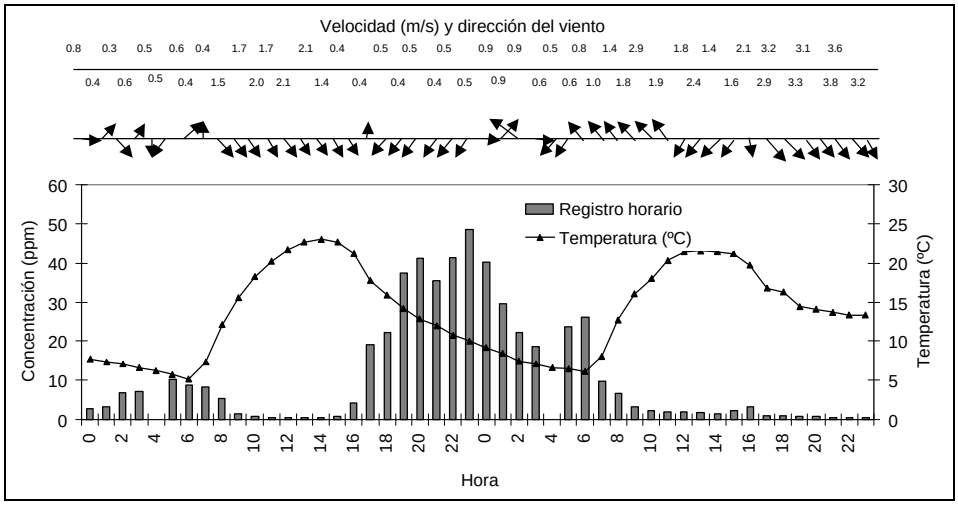
no tuvieron un impacto importante en las concentraciones de ozono que se registraron el día siguiente, ya que la velocidad del viento, fue de entre 2 y 4 m/s a partir de las 7 de la mañana. El registro máximo ozono para el día 31 de diciembre fue de sólo 0.042 ppm (aproximadamente 38 IMECAS).

Episodio de monóxido de carbono del 14 de diciembre de 1998

En la Figura 4.34 se muestran las concentraciones horarias de monóxido de carbono en la estación COBACH, así como la velocidad y dirección del viento. Se puede apreciar que las concentraciones de CO se elevaron sustancialmente desde las 5 de la tarde del día 13 hasta las 6 de la mañana del día 14, registrándose concentraciones horarias superiores a las 30 ppm y de hasta 48 ppm. Cabe mencionar que en Estados Unidos la norma horaria de CO es de 35 ppm, valor sobre el cual se tuvieron 5 horas durante este episodio de contaminación.

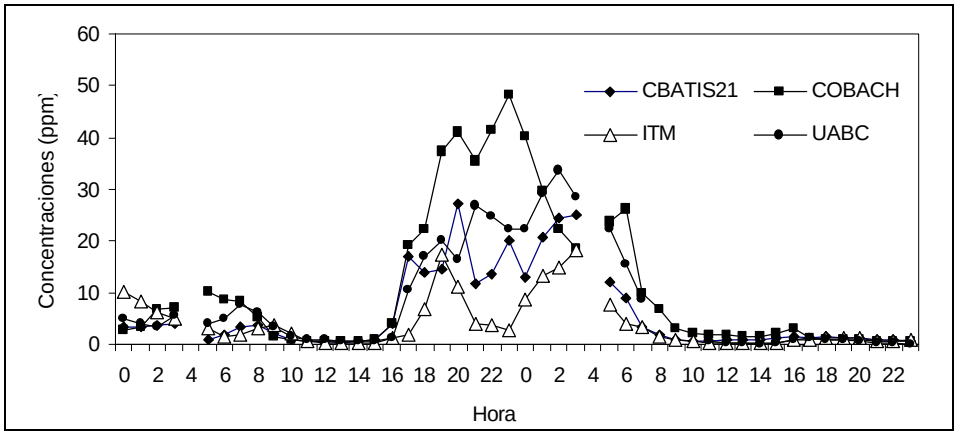
En cuanto a las condiciones meteorológicas, se puede apreciar que en las horas previas y durante el periodo de altas concentraciones de CO el viento provino consistentemente del norte, con una intensidad que osciló entre 0.4 y 2.1 m/s. Cabe hacer notar que durante las horas de concentraciones mayores la velocidad del viento fue muy baja, y que se tuvieron temperaturas relativamente bajas durante la madrugada.

Figura 4.34. Concentraciones horarias de monóxido de carbono en la estación COBACH (13 y 14 de diciembre de 1998)



Al analizar los registros horarios de CO en las demás estaciones de monitoreo, (Figura 4.35), se encontró que las concentraciones de este contaminante igualmente fueron altas, especialmente en las estaciones CBATIS21 y UABC, oscilando entre 11 y 33 ppm.

Figura 4.35. Concentraciones horarias de monóxido de carbono en Mexicali
(13 y 14 de diciembre de 1998)



El hecho de que las concentraciones de monóxido de carbono hayan sido tan elevadas al mismo tiempo en casi todas las estaciones de monitoreo, hace suponer que además de las fuentes de emisión de CO que comúnmente son identificadas en la zona, se halla presentado algún fenómeno excepcional que generó una alta emisión de este contaminante. En este sentido, se puede mencionar que en Mexicali e Imperial se han identificado a las quemas agrícolas como una fuente importante de contaminación en el área y pudiera pensarse que un evento de esta naturaleza haya ocasionado los altos niveles de CO registrados. De hecho, informantes locales señalan que es común que en esta época del año se lleven a cabo quemas agrícolas en las áreas de cultivo de espárrago y zacate en la zona de Valle Imperial. También, Chow *et al* (1995) en su estudio "Imperial Valley/Mexicali Cross Border PM10 Transport Study", señala que las quemas de residuos vegetales en los campos de cultivo son uno de los principales emisores de contaminantes a la atmósfera, especialmente de partículas, e incluye en su estudio la determinación del perfil de las emisiones generadas por las quemas efectuadas en los campos de espárrago. Para estimar este perfil de emisión tomó muestras entre el 14 y 15 de diciembre de 1992, cuando un gran número de campos de espárrago fueron quemados. En el perfil de emisión obtenido, se observó que la especie más abundante fue el carbón orgánico, el cual representó aproximadamente el 56 $\pm$ 15% de la masa total.

En Mexicali, desafortunadamente no existe un registro de las quemas agrícolas, por lo que resulta difícil establecer si en esta época, al igual que en Valle Imperial, se llevan a cabo quemas en los campos de cultivo.

Episodio de PM10 del 25 de diciembre de 1998

Este registro máximo de PM10 durante 1998 fue de 476 µg/m^3 (362 IMECAS) y se produjo el día 25 de diciembre en la estación Centro de Salud, la cual también es

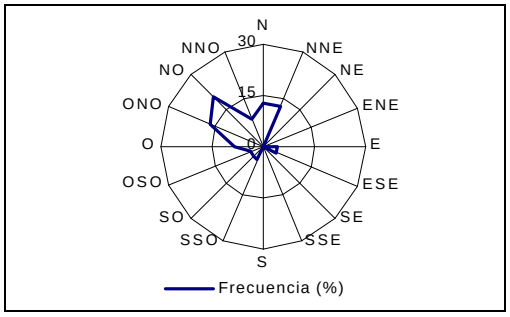
conocida como Progreso. Este registro corresponde al muestreo de 24 horas que se realiza cada 6 días en las diferentes estaciones de monitoreo.

Desafortunadamente para este mismo día sólo se cuenta con otro registro de PM10, el cual corresponde a la estación CBATIS. Dicho valor fue de 103 µg/m^3 (68 IMECAS). Como se puede apreciar la diferencia entre ambos es bastante considerable. Los registros de las otras estaciones de monitoreo (ITM, UABC, CBATIS21 y CONALEP) fueron invalidadas por los técnicos de campo o laboratorio, ya sea por problemas con el muestreador o por problemas de fugas.

Debido a que en la estación Centro de Salud no se toman mediciones meteorológicas, la Figura 4.36 muestra la rosa de viento dominante que se obtuvo con los datos recopilados en la estación COBACH, que es la más cercana. En ella se puede apreciar que los vientos dominantes provenían del norte y noroeste con una velocidad bastante baja de entre 0.5 y 1.3 m/s.

Es importante señalar que el personal encargado de la operación de la Red de Monitoreo de Mexicali ha identificado que, de manera general, los niveles de PM10 de la estación Centro de Salud suelen ser más altos que los registrados en las demás estaciones debido a que se ve influenciada por las emisiones provenientes de los campos de cultivo y calles no pavimentadas que rodean a la estación.

Figura 4.36 Rosa de viento dominante en la estación COBACH
(25 de diciembre de 1998)



Conclusiones sobre calidad del aire

Es importante mencionar que este análisis se efectuó con información de sólo dos años (1997 y 1998), por lo que las tendencias observadas no son aún completamente representativas del comportamiento de los contaminantes. Sin embargo se pueden establecer algunas conclusiones sobre la calidad del aire de Mexicali durante estos dos años:

- La frecuencia de violaciones a alguna de las normas de calidad del aire fue un poco mayor al 25% de los días y el nivel de los 150 puntos IMECA en cerca del 10% de los días, tanto en 1997 como en 1998. En 1997 no se alcanzaron los 200 puntos y en 1998 ocurrió en 12 días.
- En el periodo, se tuvo un incremento de las excedencias de CO, pasando de un 14% en 1997 a un 21% de los días en 1998; el ozono presentó un comportamiento similar excediendo la norma en cerca del 10% de los días de ambos años; las violaciones a la norma de PM10 disminuyeron de casi la mitad, siendo de un poco más del 25% de los muestreos en 1998.
- El período en que se incrementaron los niveles de monóxido de carbono, incluso por arriba de los 250 puntos IMECA, fue la época fría del año, debido a la condición de alta estabilidad atmosférica que prevalece en estos meses.
- El ozono presentó con mayor frecuencia valores más elevados durante la temporada cálida del año
- Las partículas finas PM10 excedieron su norma principalmente durante la época invernal, en los meses sin lluvia.
- El bióxido de nitrógeno presentó violaciones a su norma sólo en enero de 1998 y el bióxido de azufre no excedió su norma en el período de análisis.
- En cuanto al comportamiento de los contaminantes por zona, en Mexicali se tiene que con mayor frecuencia se rebasa la norma de ozono en la zona oeste, seguido por la sureste. El monóxido de carbono lo hace con mayor frecuencia en la zona oeste, alcanzando incluso valores de 300 puntos IMECA, le sigue en segundo lugar la zona norte. En cuanto a las partículas PM10, la zona suroeste presenta más del 50% de los muestreo fuera de norma, seguida por la zona sureste y oeste.
- La estación de la red de monitoreo que rebasa alguna de las normas de calidad del aire con más frecuencia es la estación COBACH, seguida por la estación CBATIS 21.
- La situación que se presenta en Mexicali, en términos de contaminación atmosférica particularmente para el monóxido de carbono y las partículas finas, se puede considerar de alerta, por lo que es necesario instrumentar medidas que mejoren la calidad del aire de esa zona, en un período corto de tiempo.

5. INVENTARIO DE EMISIONES

El inventario de emisiones de contaminantes atmosféricos es un instrumento estratégico para la gestión de la calidad del aire, ya que permite conocer el volumen y tipo de contaminantes producido por cada fuente emisora. A partir de este inventario de emisiones es posible evaluar el impacto que tendrán algunas de las acciones contenidas en el Programa. A continuación se presenta el balance energético de los combustibles y la estimación de las emisiones en Mexicali para el año de 1996.

1. Balance energético

La magnitud de la actividad comercial e industrial, agrícola y en general económica de una ciudad o región puede expresarse entre otras formas a través de la manera como se distribuye la demanda de energía. Al respecto, existen diversos estudios que consignan una correlación significativa entre el producto interno y la demanda de energía. La forma en que esta demanda impacta la calidad del aire depende en buena medida del balance energético, del tipo y calidad de los combustibles y del nivel tecnológico de la planta industrial y del parque vehicular.

En la Tabla 5.1 se presenta el balance energético de Mexicali, considerando los principales sectores económicos y los diferentes tipos de combustibles. Estos datos de consumo de combustibles fueron proporcionados por Pemex Refinación y por Gas Silza Sucursal Mexicali, y se complementó con información proveniente de las cédulas de operación anual entregadas por las empresas de jurisdicción federal a la Delegación Federal de la Semarnap en Baja California.

Tabla. 5.1. Consumo energético anual por sectores del área urbana de Mexicali, % respecto al consumo total * 1996

Combustible	Transporte	Industria	Servicios	Total
Gasolinas	62			62
Diesel	19	2		21
Gasavión	CD			CD
Turbosina	2			2
Combustóleo		4		4
Gas L.P.		3	8	11
Coke		CD		CD
Total	**83**	**9**	**8**	**100**

CD: Consumo despreciable. El volumen que se consume de gasavión y de coke es menor al 1%.
* Consumo total anual: 8.1 X 10^{12} kcal, equivalente a 971,247 m^3 de gasolina.

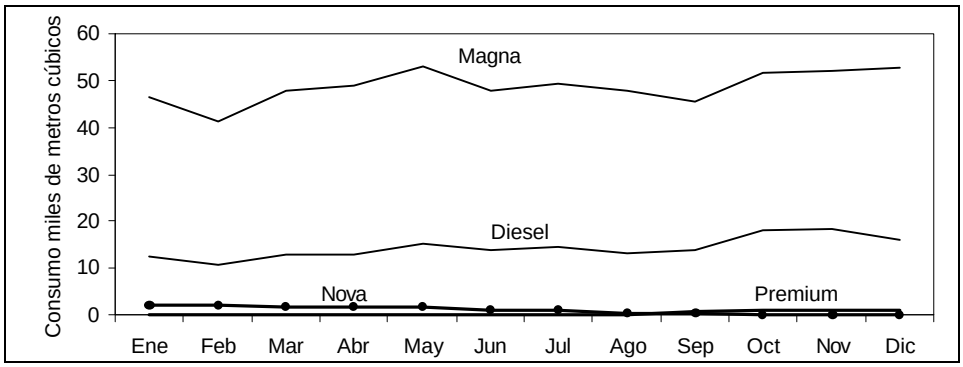
Fuente: INE, 1999, con información de PEMEX Refinación y Gas Silza S.A. de C.V.

La tabla anterior resalta el alto consumo energético que se tiene de gasolinas (62% del total) y diesel (21%) para uso vehicular. Asimismo, es importante el consumo de gas licuado en los servicios. Globalmente, se ve que el consumo por el transporte es el más elevado (83%), seguido por el sector industrial (9%) y de servicios (8%).

Dado que la gasolina y el diesel para uso vehicular representan la mayor demanda energética, con el porcentaje más significativo de emisiones, es necesario prever tendencias más acentuadas de sobrecarga de emisiones en la cuenca atmosférica debido a una probable evolución incremental en el consumo de estos combustibles. Éste a su vez, puede ser explicado por la demanda de kilómetros recorridos en vehículos privados, el número de vehículos en circulación, el congestionamiento vehicular en los cruces fronterizos, la superficie del área urbana ocupada por vialidades y la eficiencia energética de los vehículos, así como por el tipo y calidad de combustibles que se utilizan y las tecnologías de control de emisiones.

La Figura 5.1 presenta la evolución del consumo mensual de combustibles vehiculares en Mexicali durante 1996, la cual muestra que la demanda de gasolina fue cubierta en un 97% por la Pemex Magna, que junto con el diesel, son los que más se consumieron; se puede observar también que su demanda varió poco a lo largo del año, siendo la mayor demanda de estos combustibles en mayo, noviembre y diciembre. El consumo promedio diario de gasolina fue de 1.6 millones de litros y el de diesel de 470 mil litros. Respecto a los demás combustibles vehiculares se tiene que desde octubre de 1996 se dejó de distribuir la gasolina con plomo (Nova) y a partir de agosto del mismo año se inició la comercialización de la gasolina Premium en esta área fronteriza.

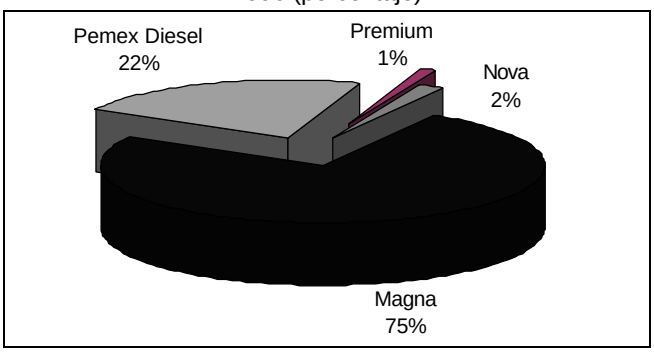
Figura 5.1 Consumo de gasolinas y diesel vehicular en Mexicali, 1996



Fuente: PEMEX Refinación, Gerencia Comercial Zona Norte, 1998.

En la Figura 5.2 se muestra que dentro del sector transporte, se tiene también una importante demanda energética en cuanto al consumo de diesel ya que este representa el 22% del consumo total de combustibles vehiculares.

Figura. 5.2. Consumo de gasolinas y diesel vehicular en Mexicali, 1996 (porcentaje)



2. Características de los combustibles

La calidad de los combustibles que se consumen en Mexicali está establecida en la NOM-ECOL-086-1994 (Publicada en el DOF el 2 de diciembre de 1994) que establece las especificaciones sobre protección ambiental que deben reunir los combustibles fósiles líquidos y gaseosos que se usan en las fuentes fijas y móviles en el país y en particular en la Frontera Norte. En esta norma no se establecieron especificaciones para la Pemex Premium. Las gasolinas que se venden en Mexicali son transportadas desde la Refinería de Salina Cruz, Oax., al igual que el combustible Pemex Diesel y el Diesel Industrial de bajo contenido de azufre.

Un estudio comisionado por el Consejo Nacional de la Investigación de los Estados Unidos considera que el mejoramiento de combustibles puede ofrecer resultados positivos en la calidad del aire en zonas urbanas (Calvert *et al*, 1993).[1] En particular, se cree que los cambios más promisorios que se pueden dar en la calidad de la gasolina desde el punto de vista ambiental consisten en disminuir el contenido de azufre y la presión de vapor Reid. La reducción de azufre mejora y extiende por un mayor tiempo la eficiencia del convertidor catalítico y la disminución de la presión de vapor tiene un efecto directo en la disminución de las emisiones evaporativas. También recomiendan disminuir el contenido de olefinas y el valor T_{90}, esto es, la temperatura a la cual se destila el 90% de la gasolina. La adición de componentes oxigenados es benéfica cuando se pretende mantener el octano y reducir el nivel de monóxido de carbono, pero esta acción parece no ofrecer beneficios con respecto a la reducción de ozono.

Estas observaciones nos indican que es necesario llevar a cabo estudios y análisis específicos para definir las especificaciones y calidad de las gasolinas idóneas

[1] Calvert, J.G.; Heywood, J.B.; Sawyer, R.F.; Seinfield, J.H. (1993). Science, vol. 261, p.37. Citado en el Programa para Mejorar la Calidad del Aire en el Valle de México 1995-2000.

para una zona determinada, de tal forma que se logre llegar a un equilibrio en términos de su costo-beneficio.

Como se mencionó, actualmente en Mexicali ya no se distribuye gasolina con plomo y el consumo de Premium es muy pequeño. Por ello, en la Tabla 5.2 sólo se comparan las especificaciones mexicanas de la gasolina Pemex Magna y se detallan las especificaciones de la gasolina Regular que entraron en vigor en California en 1996. Con fines ilustrativos también se incluyen los valores típicos que en años recientes alcanzaron diversas propiedades que caracterizan a la gasolina Pemex Magna en Mexicali, Cd. Juárez y la Cd. de México.

Tabla 5.2. Comparación de especificaciones y valores típicos de las gasolinas mexicanas y norteamericanas sin plomo

	P. Magna	**Regular**	**P. Magna**	**P. Magna**	**P. Magna**	
	ZFN NOM-086* 1994	**CARB** Junio 1996**	**Cd. Juárez Valor típico en 1997**	**ZMVM*** Valor típico en 1997**	**Mexicali Valor típico en 1996**	**Mexicali Valor típico en 1997****
Presión de vapor Reid, lb/pulg^2	7.8 – 13.5	6.8 máx.	7.5	7.5	8.3	8.7
10% destila a ^oC (máximo):	55 – 70		56	55	59.6	58
50% destila a ^oC:	77min	93 máx	97	95.7	109.6	108.4
90% destila a ^oC (máximo):	185 – 190	143	157	167	173.8	173.4
Temperatura final ebullición, ^oC:	225		197	212.7	215.0	214.5
Azufre, % peso (máximo)	0.10	0.003	ND	0.037	0.090	0.089
Plomo, kg/m^3 (máximo)	0.0026		ND	0.00026	0.000026	0.00026
Número de octano carretero, (R+M)/2 (mínimo)	87.0	87.0	87.2	87.3	87.3	87.2
Aromáticos, % volumen (máximo)	ND	22	ND	21.3	37.4	36.0
Olefinas, % volumen (máximo)	ND	4	ND	8.2	12	11.0
Benceno, % volumen (máximo)	ND	0.8	ND	0.7	2.4	1.82
Oxígeno, % en peso	ND	2 mín	ND	1.1	ND	ND

Notas: * Norma publicada por el INE en el Diario Oficial de la Federación del 2 de diciembre de 1994.
** Regular Californiana. *** Valor típico hasta marzo.
****Promedio típico hasta agosto ND.- Valor no disponible.

Se puede inferir de la tabla anterior que la gasolina Pemex Magna que se distribuye en Mexicali cumplió en general con las especificaciones de la NOM-086-ECOL-1994 para la Zona Frontera Norte (ZFN) durante 1996. La gasolina californiana tiene parámetros más estrictos que la mexicana, en lo que respecta al porcentaje de destilación, presión de vapor y contenido de azufre. En el caso de la gasolina de la ZFN, la NOM-086 no establece valores de referencia para el con-

tenido de olefinas, aromáticos y benceno, pero para estos parámetros la gasolina californiana también tiene valores más estrictos.

En la ZMVM se distribuye gasolina magna oxigenada que además contiene menor cantidad de aromáticos y olefinas y posee una menor presión de vapor Reid y menor temperatura de ebullición que la distribuida en Mexicali; por lo que respecta a la gasolina que se distribuye en Cd. Juárez esta tiene una menor temperatura de destilación y presión de vapor que la distribuida en Mexicali.

En varias ciudades norteamericanas de la frontera, se está operando un programa para disminuir las emisiones evaporativas de compuestos orgánicos volátiles (COVs) al usar en el periodo de junio a septiembre de cada año, gasolina con baja PVR (el valor máximo es del orden de 7 lb/pulg^2). Dicha medida es benéfica cuando se pretende reducir los niveles de ozono. La NOM-086 especifica que la gasolina magna en las terminales de almacenamiento y distribución Zona Occidente de la Zona Fronteriza Norte, en la cual está incluida la Cd. de Mexicali, la PVR varía en el año respecto a la especificación de la clase de volatilidad de la zona; por ejemplo, en el periodo de junio a octubre se tiene el valor más bajo (10 lb/pulg^2), y en noviembre, diciembre, enero, febrero y marzo el valor más alto (13.5 lb/pulg^2).

Respecto al contenido de oxígeno en la gasolina la norma no especifica valor alguno para este parámetro y la refinería de Salina Cruz no la reporta. En algunas ciudades norteamericanas, se oxigena la gasolina en la temporada invernal con un contenido mínimo de 2.7% de O_2 en peso, con la finalidad de mejorar la combustión y disminuir las emisiones de monóxido de carbono.

En cuanto al combustible Pemex Diesel, éste satisface ampliamente las especificaciones mexicanas. El contenido promedio de azufre del Pemex Diesel que se distribuyó en Mexicali 1996 fue de 0.04% en peso, siendo este parámetro ligeramente superior al distribuido en 1997 en la ZMVM que fue de 0.03% (ver Tabla 5.3).

Tabla 5.3. Especificaciones del diesel mexicano con bajo contenido de azufre

Propiedad	**Diesel Sin**		
	México NOM-086* 1995	**ZMVM Valor típico en 1997***	**Mexicali Valor típico en 1996**
10% destila a ºC (máximo): 90% destila a ºC (máximo):	275 345	223 335	219 333
Agua y sedimento, % en volumen (máximo):	0.05	0.010	0.009
Cenizas, % en peso (máximo):	0.01	0.001	ND
Carbón Ramsbotton, % en peso (máximo):	0.25	0.080	0.09
Azufre, % en peso (máximo):	0.05	0.03	0.04
Índice de cetano (mínimo):	48	55	52.8
Viscosidad, (SU), segundos	32 – 40	ND	ND
Aromáticos, % en volumen	30	27.5	27.9

Nota: * Norma publicada por el INE en el Diario Oficial de la Federación del 2 de diciembre de 1994.
* Hasta marzo ND = Parámetro no disponible.

Con relación al combustóleo (Tabla 5.4), a partir de enero de 1998 de acuerdo a lo normado en la NOM-086- ECOL-1994, debe contener como máximo de azufre 4% en peso. El combustóleo que se distribuyó en Mexicali, enviado por Pemex de la refinería de Salina Cruz, Oax., para el año de 1996 cumplió con la norma, ya que el contenido promedio fue de 3.9 % en peso.

Referente al consumo de gas en Mexicali, en 1996 sólo se consumió Gas Licuado de Petróleo; las características y composición especificadas en la NOM-086 se muestran en la Tabla 5.5. Estas especificaciones no precisan el contenido de propano que deba contener el gas; este combustible llega a Mexicali de Rosarito Baja California a donde es enviado por Pemex de Salina Cruz Oaxaca y en algunas ocasiones, cuando no existe suficiencia, es importado de los Estados Unidos.

Tabla 5.4. Especificaciones del combustóleo mexicano

Propiedad	**México NOM-086* 1995**	**Mexicali Valor típico, 1996**
Peso Específico (20/4 ^{0}C)	ND	1.001
Viscosidad SSF (50^{0}C)	475-550	533.6
Azufre (% en peso)	4%	3.86
Agua y sedimento, (% en volumen):	1.0 máx	0.050
Temp. Infl. (^{0}C)	66 min.	98.3
Temp. Escurr. (^{0}C)	15 máx	13.0
Cenizas (% en peso)	ND	0.05
Vanadio (ppm)	ND	355.9
Níquel (ppm)	ND	69.1
Sodio (ppm)	ND	2.4
Asfaltenos (% en peso)	ND	14.0
Carbón Conradson (% en peso)	ND	15.60
Viscosidad Cinem.	1008-1166	1132

Nota: * Norma publicada por el INE en el Diario Oficial de la Federación del 2 de diciembre de 1994.
ND = Parámetro no disponible

Tabla 5.5. Especificaciones del gas L. P.

Propiedad	**Especificación**
Presión de vapor en exceso a la atmósfera 37.8 ^{0}C (kPa, lb/pulg^2)	551 (80) mínimo 1,379 (200) Máximo
El 95% destila a: (^{0}C)	2 máximo
Etano (% volumen)	2 máximo
Pentano (%volumen)	2 máximo
Residuo de la evaporación de 0.100 dm^3 (cm^3)	0.05 máximo
Peso específico a 20/4 ^{0}C	Informar
Corrosión de placa de cobre, 1 hora a 37.8 ^{0}C	Estándar no. 1 máximo
Azufre total (kg/ton)	0.140 máximo
Agua libre	Nada

Nota: * Norma publicada por el INE en el Diario Oficial de la Federación del 2 de diciembre de 1994.

3. Inventario de emisiones

La elaboración de un inventario de emisiones desagregado, preciso y actualizado es una tarea compleja que demanda la integración sistemática de la información en un marco de concurrencia institucional entre los gobiernos locales y federal. Algunas experiencias internacionales y nacionales señalan que son necesarios años de estudio y una considerable cantidad de recursos para elaborar un inventario completo. Por lo general se parte de un inventario base, que con el tiempo se va depurando y completando con información de mejor calidad y más detallada y específica.

Para la elaboración de este Programa, se integró el primer inventario de emisiones de Mexicali, como parte de las actividades del Grupo Binacional de Calidad del Aire del programa Frontera XXI. Los recursos para la realización del inventario de emisiones fueron otorgados por la Agencia de Protección del Ambiente de los Estados Unidos a través de la Asociación de Gobernadores del Oeste, dentro del Proyecto de Desarrollo de la Metodología de Inventarios de Emisiones para México. En este proyecto se contempló probar la metodología en una ciudad mexicana, para lo cual se contrató a la compañía Radian International, que a su vez subcontrató a la compañía ICAR Ambiental de Mexicali para realizar el inventario de emisiones de esta ciudad.

Para desarrollar el inventario se llevaron a cabo varias reuniones; la primera de ellas fue para planear el desarrollo del programa y las siguientes para dar seguimiento y evaluación. La información empleada para su desarrollo fue de 1996 y el control de calidad lo realizó el Instituto Nacional de Ecología con el apoyo de Radian International.

El costo aproximado del proyecto del desarrollo del inventario fue de 200 mil dólares y tuvo una duración de un año y medio; en la tabla 5.6 se muestran las técnicas utilizadas para el cálculo de emisiones por tipo de fuente.

Para mayor detalle de los cálculos de estimaciones del inventario de emisiones se puede consultar el informe final del proyecto: "Inventario de emisiones al aire de Mexicali, B.C., ICAR Ambiental, Noviembre de 1999".

Tabla 5.6 Técnicas utilizadas para el cálculo de emisiones por tipo de fuente

Tipo de fuente	**Método para estimación de emisiones**
Sector industria	
Generación de energía	Factores de emisión
Industria química	Medición de emisiones y Factores de emisión
Minerales metálicos	Medición de emisiones y Factores de emisión
Minerales no metálicos	Medición de emisiones y Factores de emisión
Madera y derivados	Medición de emisiones y Factores de emisión
Productos vegetales y animales	Medición de emisiones y Factores de emisión
Productos consumo alimenticio	Medición de emisiones y Factores de emisión
Industria del vestido	Medición de emisiones y Factores de emisión
Productos de consumo varios	Medición de emisiones y Factores de emisión
Productos metálicos	Medición de emisiones y Factores de emisión
Productos de consumo vida media	Medición de emisiones y Factores de emisión
Productos de consumo vida larga	Medición de emisiones y Factores de emisión
Fuentes de área	
Combustión comercial, institucional y servicio	Factores de emisión
Locomotoras	Factores de emisión
Aeronaves	Aplicación del Modelo FAAED 2.0
Otro equipo móvil no carretero	Factores de emisión
Cruces fronterizos	Aplicación del Modelo MOBILE5 Juárez
Terminal de autobuses	Aplicación del Modelo MOBILE5 Juárez
Pintado de carrocerías	Factores de emisión
Recubrimiento superficies arquitectónicas	Factores de emisión
Pintura de tránsito	Factores de emisión
Limpieza de superficies en la industria	Factores de emisión
Lavado en seco (tintorerías)	Factores de emisión
Artes gráficas	Factores de emisión
Aplicación de asfaltos	Factores de emisión
Uso comercial y doméstico de solventes	Factores de emisión
Comercialización y distribución de combustibles	Factores de emisión
Carga de combustibles en aeronaves	Factores de emisión
Distribución de gas L.P.	Factores de emisión
Panaderías	Factores de emisión
Asado al carbón	Factores de emisión
Aplicación de plaguicidas	Factores de emisión
Corrales de engorda de ganado	Factores de emisión
Quemas agrícolas	Factores de emisión
Labranza agrícola	Factores de emisión
Quema de residuos municipales	Factores de emisión
Tratamiento de aguas residuales	Factores de emisión
Incendios de construcciones	Factores de emisión
Caminos pavimentados	Factores de emisión
Caminos no pavimentados	Factores de emisión
Sector Transporte	
Autos particulares	Aplicación del Modelo MOBILE5 Juárez
Taxis	Aplicación del Modelo MOBILE5 Juárez
Pick-up	Aplicación del Modelo MOBILE5 Juárez
Autobuses de pasajeros	Aplicación del Modelo MOBILE5 Juárez
Autobuses de pasajeros a diesel	Aplicación del Modelo MOBILE5 Juárez
Camiones de carga ligera	Aplicación del Modelo MOBILE5 Juárez
Camiones de carga pesada	Aplicación del Modelo MOBILE5 Juárez
Camiones de carga pesada a diesel	Aplicación del Modelo MOBILE5 Juárez
Motocicletas	Aplicación del Modelo MOBILE5 Juárez
Suelo y vegetación	
Erosión de suelos por el viento	Factores de emisión
Vegetación	Aplicación del Modelo PCBEIS 2.2

Las Tablas 5.7 y 5.8 y la Figura 5.3 muestran el volumen y porcentaje de emisiones generadas por tipo de fuente y por contaminante. Como se puede ver, en Mexicali se liberan a la atmósfera cerca de 426 mil toneladas al año de contaminantes, de los cuales el sector transporte es responsable del 68%, las fuentes de área del 23%, la erosión de suelos y la vegetación del 6%, y la industria del 3%. Las Tablas 5.9 y 5.10 contienen el inventario en forma desagregada en peso y en porcentaje, respectivamente.

Tabla 5.7. Inventario de emisiones de Mexicali 1996 (ton / año)

Sector	**PM10**	**SO_2**	**CO**	**NO_X**	**HC**	**Total**
Industria	1,994	2,849	4,721	1,537	1,407	**12,508**
Fuentes de área	61,932	11	18,944	735	15,379	**97,001**
Transporte	515	937	243,073	14,927	31,184	**290,636**
Suelos y vegetación	20,548			1,348	3,441	**25,337**
Total	**84,989**	**3,797**	**266,738**	**18,547**	**51,411**	**425,482**

Tabla 5.8. Inventario de emisiones de Mexicali 1996
(porcentaje en peso por contaminante)

Sector	**PM10**	**SO_2**	**CO**	**NO_X**	**HC**	**Total**
Industria	2	75	2	8	3	**3**
Fuentes de área	73	1	7	4	29	**23**
Transporte	1	24	91	81	61	**68**
Suelos y vegetación	24			7	7	**6**
Total	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**	**100**

El sector transporte tiene importantes aportaciones de casi todos los contaminantes: genera el 91% del monóxido de carbono, el 81% de los óxidos de nitrógeno, el 61% de los hidrocarburos y el 24% del bióxido de azufre. Las fuentes de área emiten el 73% de las partículas menores a 10 µm (PM10) y el 29% de los hidrocarburos. La contribución de PM10 generadas por los suelos es del 24%. El 75% de las emisiones de bióxido de azufre corresponden al sector industrial, el cual también contribuye con el 8% de las emisiones de óxidos de nitrógeno.

Figura 5.3. Contribución a las emisiones totales por sector

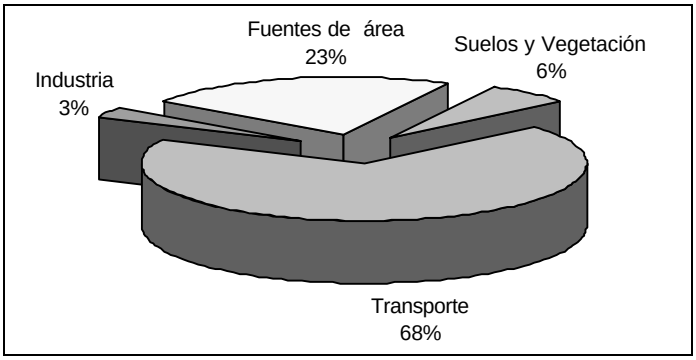


Tabla 5.9. Inventario de emisiones desagregado de Mexicali, 1996 (ton/año)

Tipo de Fuente	**PM10**	**SO_2**	**CO**	**NOx**	**HC**
Sector industria					
Generación de energía	18	83	134	595	17
Industria química	NS	NS	NS	1	NS
Minerales metálicos	105	857	4,486	153	1
Minerales no metálicos	1,669	952	59	590	733
Madera y derivados	1	12	2	8	NS
Productos vegetales y animales	83	652	11	89	71
Productos consumo alimenticio	45	18	7	34	1
Industria del vestido	NS	NS	NS	NS	2
Productos de consumo varios	15	270	2	34	167
Productos metálicos	34	NS	2	8	124
Productos consumo vida media	2	NS	3	4	95
Productos consumo vida larga	22	5	15	20	138
Otros	NS	NS	NS	1	58
Fuentes de área					
Combustión comercial, industrial y servicios	1	NS	3	24	1
Combustión residencial	4	6	79	121	8
Locomotoras	6	NE	34	237	14
Aeronaves	NE	NS	111	6	12
Otro equipo móvil no carretero	45	NE	398	246	61
Cruces fronterizos	NS	NE	2,606	19	294
Terminal de autobuses	2	NE	904	48	133
Recubrimiento de superficies industriales	NA	NA	NA	NA	254
Pintado de carrocerías	NA	NA	NA	NA	458
Recubrimiento superficies arquitectónicas	NA	NA	NA	NA	1,141
Pintura de tránsito	NA	NA	NA	NA	22
Limpieza de superficies en la industria	NA	NA	NA	NA	1,718
Lavado en seco (tintorerías)	NA	NA	NA	NA	327
Artes gráficas	NA	NA	NA	NA	322
Aplicación de asfaltos	NA	NA	NA	NA	1,568
Uso comercial y doméstico de solventes	NA	NA	NA	NA	2,292
Comercialización y distribución de combustibles	NA	NA	NA	NA	1,596
Carga de combustibles en aeronaves	NA	NA	NA	NA	NS
Distribución de gas L.P.	NA	NA	NA	NA	2,260
Panaderías	NA	NA	NA	NA	76
Asado al carbón	228	NE	NE	NE	28
Aplicación de plaguicidas	NA	NA	NA	NA	587
Corrales de engorda de ganado	1,180	NA	NA	NA	NA
Quemas agrícolas	2,143	NE	14,325	NE	1,949
Labranza agrícola	1,283	NA	NA	NA	NA
Quema de residuos municipales	88	5	460	164	33
Tratamiento de aguas residuales	NA	NA	NA	NA	92
Incendios de construcciones	2	NE	24	1	2
Caminos pavimentados	3,261	NA	NA	NA	NA
Caminos no pavimentados	53,689	NA	NA	NA	NA
Sector transporte					
Autos particulares	80	507	143,957	6,283	18,427
Taxis	1	7	2,102	92	269
Pick-up	34	216	58,828	2,570	7742
Autobuses de pasajeros	2	10	4,623	206	454
Autobuses de pasajeros a diesel	22	7	159	248	41
Camiones de carga ligera	5	32	8,694	441	1,289
Camiones de carga pesada	7	47	21,621	962	2,122
Camiones de carga pesada a diesel	363	107	2,638	4113	673
Motocicletas	1	4	451	12	167
Suelos y vegetación					
Calles y lotes baldíos	12,112	NA	NA	NA	NA
Campos agrícolas	8,436	NA	NA	NA	NA
Vegetación	NA	NA	NA	1,348	3,441
Total	**84,989**	**3,797**	**266,738**	**18,547**	**51,411**

NA: No aplica NS: No significativo NE: No estimado

Tabla 5.10. Inventario de emisiones de Mexicali 1996
(porcentaje en peso por contaminante)

Tipo de Fuente	**PM10**	**SO_2**	**CO**	**NOx**	**HC**
Sector industria					
Generación de energía	NS	2.2	0.1	3.2	NS
Industria química	NS	NS	NS	NS	NS
Minerales metálicos	0.1	22.6	1.7	0.8	NS
Minerales no metálicos	2.0	25.1	NS	3.2	1.4
Madera y derivados	NS	0.3	NS	NS	NS
Productos vegetales y animales	0.1	17.2	NS	0.5	0.1
Productos consumo alimenticio	0.1	0.5	NS	0.2	NS
Industria del vestido	NS	NS	NS	NS	NS
Productos de consumo varios	NS	7.1	NS	0.2	0.3
Productos metálicos	NS	NS	NS	NS	0.2
Productos consumo vida media	NS	NS	NS	NS	0.2
Productos consumo vida larga	NS	0.1	NS	0.1	0.3
Otros	NS	NS	NS	NS	0.1
Fuentes de área					
Combustión comercial, industrial y servicios	NS	NS	NS	0.1	NS
Combustión residencial	NS	0.2	NS	0.7	NS
Locomotoras	NS	NE	NS	1.3	NS
Aeronaves	NE	NS	NS	NS	NS
Otro equipo móvil no carretero	0.1	NE	0.1	1.3	0.1
Cruces fronterizos	NS	NE	1.0	0.1	0.6
Terminales de autobuses	NS	NE	0.3	0.3	NS
Recubrimiento de superficies industriales	NA	NA	NA	NA	0.5
Pintado de carrocerías	NA	NA	NA	NA	0.9
Recubrimiento de superficies arquitectónicas	NA	NA	NA	NA	2.2
Pintura de tráfico	NA	NA	NA	NA	NS
Limpieza de superficies en la industria	NA	NA	NA	NA	3.3
Lavado en seco (Tintorerías)	NA	NA	NA	NA	0.6
Artes gráficas	NA	NA	NA	NA	0.6
Aplicación de asfalto	NA	NA	NA	NA	3.0
Uso comercial y doméstico de solventes	NA	NA	NA	NA	4.5
Comercialización y distribución de combustibles	NA	NA	NA	NA	3.1
Carga de combustible en aeronaves	NA	NA	NA	NA	NS
Distribución de gas L. P.	NA	NA	NA	NA	4.4
Panaderías	NA	NA	NA	NA	0.1
Asados al carbón	0.3	NE	NE	NE	0.1
Aplicación de plaguicidas	NA	NA	NA	NA	1.1
Corrales de engorda de ganado	1.4	NA	NA	NA	NA
Quemas agrícolas	2.5	NE	5.4	NE	3.8
Labranza agrícola	1.5	NA	NA	NA	NA
Quema de residuos municipales	0.1	0.1	0.2	0.3	0.1
Tratamiento de aguas residuales	NA	NA	NA	0.2	1.1
Incendios en construcción	NS	NA	NS	NS	NS
Caminos pavimentados	3.8	NA	NA	NA	NA
Caminos no pavimentados	63.2	NA	NA	NA	NA
Sector transporte					
Autos particulares	0.1	13.4	54.0	33.9	35.8
Taxis	NS	0.2	0.8	0.5	0.5
Pick-up	NS	5.7	22.1	13.9	15.1
Autobuses de pasajeros	NS	0.3	1.7	1.1	0.9
Autobuses de pasajeros a diesel	NS	0.2	0.1	1.3	0.1
Camiones de carga ligera	NS	0.8	3.3	2.4	2.5
Camiones de carga pesada	NS	1.2	8.1	5.2	4.1
Camiones de carga pesada a diesel	0.4	2.8	1.0	22.2	1.3
Motocicletas	NS	0.1	0.2	0.1	0.3
Suelos y vegetación					
Calles y lotes baldíos	14.3	NA	NA	NA	NA
Campos agrícolas	9.9	NA	NA	NA	NA
Vegetación	NA	NA	NA	7.3	6.7
Total	**100.0**	**100.0**	**100.0**	**100.0**	**100.0**

NA: No aplica NS: No significativo NE: No estimado

A continuación se describe la participación de los diferentes sectores en la emisión total de cada contaminante.

De acuerdo con la Figura 5.4, el 63% de las PM10 emitidas en Mexicali son generadas por el paso de vehículos sobre los caminos no pavimentados y el 4% por los caminos pavimentados dentro de las fuentes de área; a la erosión de suelos se le atribuye el 24%; y el restante 9% proviene principalmente de la labranza y quema agrícola, de la industria y del sector transporte. Dentro del sector industria la mayor contribución se encuentra en la de minerales no metálicos y en el transporte se debe principalmente a los camiones de carga pesada que utilizan diesel como combustible. Estos giros y actividades se consideran prioritariamente más adelante en la definición de medidas para abatir las emisiones.

Figura 5.4. Contribución porcentual de emisiones de partículas (PM10) por sector

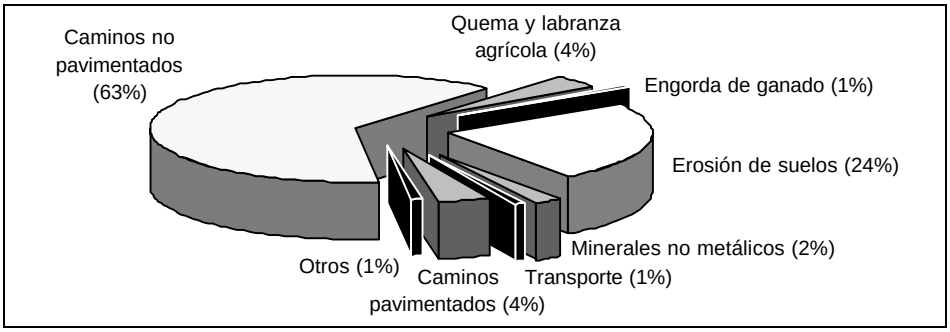
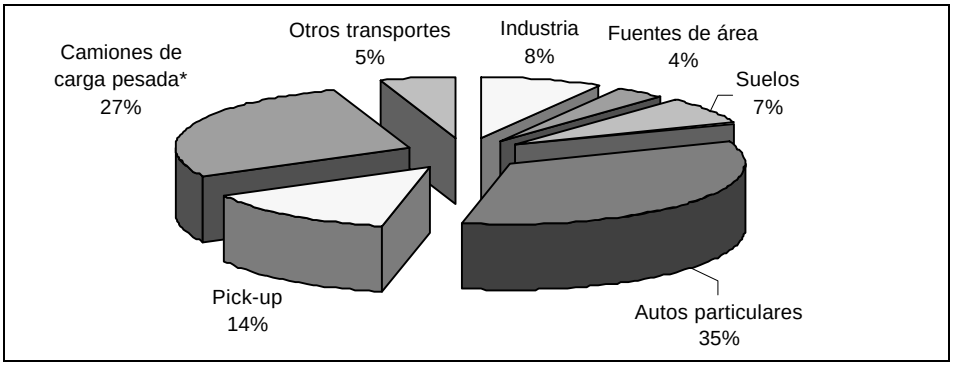


Figura 5.5. Contribución porcentual de óxidos de nitrógeno por tipo de fuente



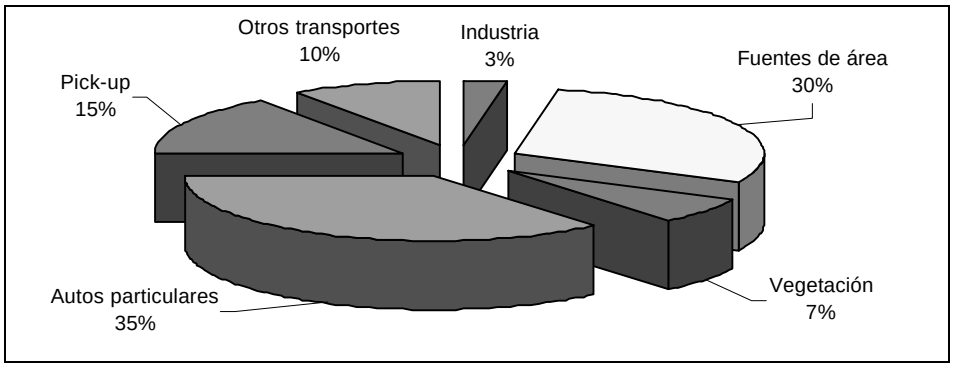
* Camiones de carga pesada que utilizan diesel o gasolina como combustible

Si se hace un recuento de la participación de todas las fuentes que integran el inventario de emisiones, en cuanto a las contribuciones de óxidos de nitrógeno (Figura 5.5.), se tiene que la aportación del sector transporte es del 81%, de los cuales los autos particulares contribuyen con el 35%, los camiones de carga pesada

que consumen diesel o gasolina con el 27%, las pick-up con el 14% y el resto del transporte con el 5%; de los otros sectores el que más contribuye es la industria con el 8%, seguido por la vegetación con el 7%.

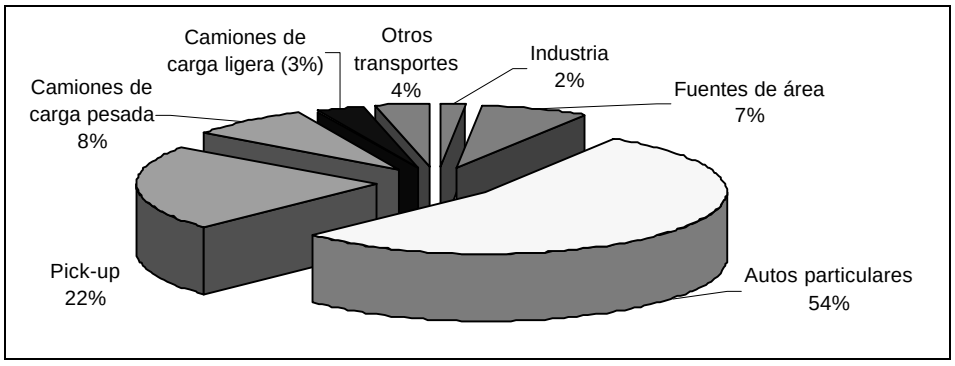
De manera similar, en la Figura 5.6 se observa que el sector transporte, con los autos particulares y las pick-up, contribuye con el mayor porcentaje de hidrocarburos (35 y 15%); de los otros sectores resalta la contribución de las fuentes de área, ya que en conjunto aportan el 30%, mientras que la vegetación aporta el 7% y la industria sólo el 3%.

Figura 5.6. Contribución porcentual de hidrocarburos totales por tipo de fuente



Estas aportaciones son relevantes ya que como se mostró anteriormente, en Mexicali se rebasa la norma de calidad del aire de ozono y por lo tanto será necesario reducir las emisiones de sus precursores e identificar el comportamiento regional para discernir mecanismos de transporte o dispersión con las áreas circunvecinas.

Figura 5.7. Contribución porcentual de monóxido de carbono por tipo de fuente



En la Figura 5.7 se muestra que los autos particulares, las pick-up y los camiones de carga pesada, contribuyen con el mayor porcentaje de emisiones de monóxido

de carbono (54%, 22% y 8%, respectivamente); de los otros sectores, las fuentes de área contribuyen con el 7%, mientras que la industria aporta solo el 2%. Esta situación permite establecer la necesidad de contemplar en este programa, medidas dirigidas a disminuir las emisiones de CO del parque vehicular.

Respecto a las emisiones de bióxido de azufre, la industria es la responsable del 75%, la emisión restante la proporciona fundamentalmente el sector transporte.

Industria

Se estima que en la ciudad de Mexicali existen cerca de 1,100 establecimientos industriales la mayoría corresponde a la micro y pequeña industria y sólo el 11% corresponde a la industria mediana y grande. La Figura 5.9 muestra la ubicación de las principales áreas industriales de Mexicali.

De estas industrias, 112 presentaron su cédula de operación anual en 1996, correspondiendo a 13 giros, de los cuales el de Productos de consumo de vida media agrupa al 24% de los establecimientos, seguido por el de Productos metálicos con el 15%, el de Productos de consumo alimenticio con el 13%, el de Productos de consumo de vida larga con el 10%, el de Minerales no metálicos con el 7% y el 21% lo constituyen los giros restantes (Figura 5.8).

Figura 5.8 Composición de la Industria de Mexicali

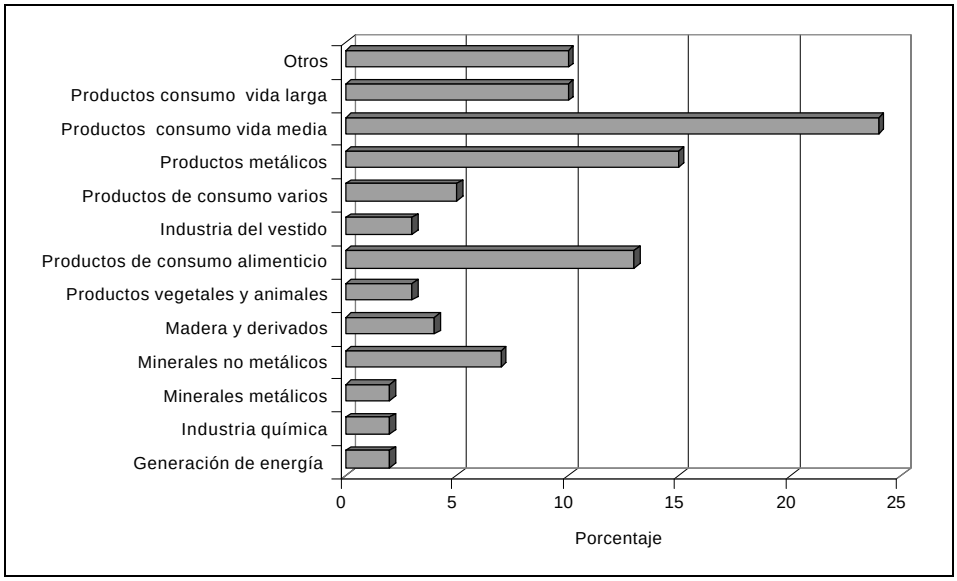
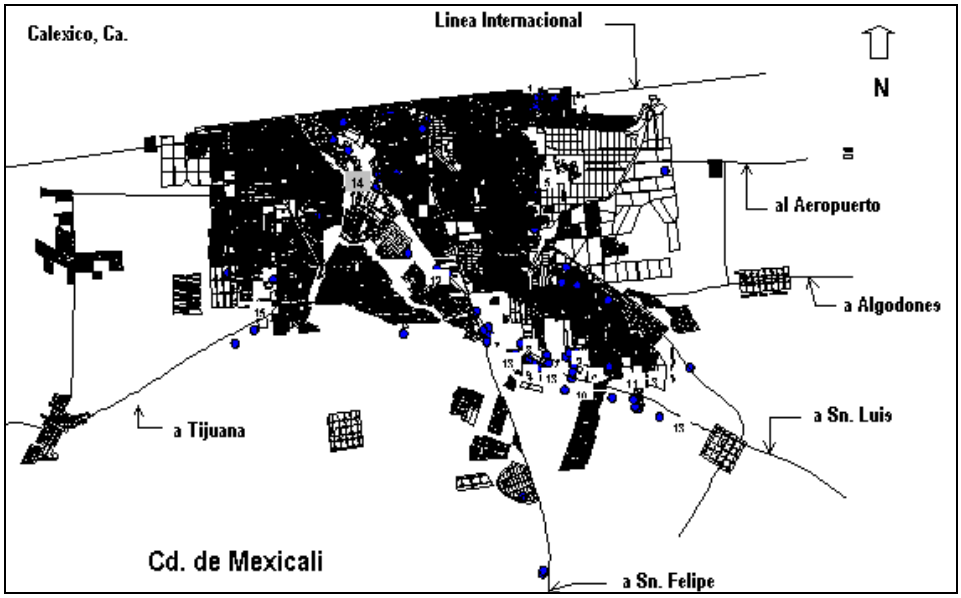


Figura 5.9. Ubicación industrial de Mexicali



Puntos de ubicación de las principales áreas industriales

1	Parque Industrial Mexicali I	9	Parque Industrial Cachanilla
2	Parque Industrial Mexicali II	10	Parque Industrial Cucapa
3	Parque Industrial Mexicali III	11	Parque Industrial Nelson
4	Parque Industrial Mexicali IV	12	Centro Industrial Margar
5	Parque Industrial EX-XXI	13	Corredor González Ortega
6	Parque Industrial El Vigía	14	Blv. López mateos
7	Parque Industrial Maran	15	Parque Industrial Progreso
8	Parque Industrial Las Californias		

Como se indicó, el inventario de emisiones generadas por el sector industrial se elaboró aplicando la metodología desarrollada para México[2,3], para lo cual se tomó como base la información presentada por las empresas en las Cédulas de Operación Anual del año 1997, las cuales registran el comportamiento de las emisiones del año próximo pasado, y se revisaron las mediciones efectuadas en los equipos de combustión. Así mismo, se aplicaron factores de emisión[4] y balance de materiales de acuerdo a las recomendaciones de la metodología, dependiendo del tipo de empresa y las materias primas y procesos utilizados.

---

2 Disponible en la página de internet del INE en Calidad del Aire: http://www.ine.gob.mx.

3 Radian-Semarnap, (1997). Mexico Emissions Inventory Program Manuals, Volume IV Point Source Inventory Development.

4 U.S. Environmental Protection Agency (1995). Compilation of Air Pollution Emissions Factors, Volumen I Stationary Point an Area Sources. Office of Air Quality Planning and Standards. Office of Air and Radiation. AP-42 fifth edition.

Se calcularon las emisiones de los contaminantes criterio (partículas, bióxido de azufre, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno e hidrocarburos totales), para procesos de combustión de combustibles fósiles y para procesos productivos donde se generan compuestos orgánicos volátiles y/o partículas.

Con base en este inventario, se tiene que el total de emisiones para del sector industrial en Mexicali es de 12,508 ton/año, de ellas, las de monóxido de carbono son mayoritarias, a diferencia de lo que ocurre en otras ciudades, indicando con ello quizás que existen oportunidades para mejorar la operación de los procesos de combustión de este sector. También es importante notar la contribución significativa de bióxido de azufre.

En la Figura 5.10 resalta la contribución de partículas PM10 del giro de minerales no metálicos, que emite el 84% de las 1,994 toneladas que se liberan por el sector industrial. Estas emisiones corresponden principalmente al movimiento, manejo y trituración de materiales.

Figura 5.10. Contribución porcentual de PM10 por giro industrial

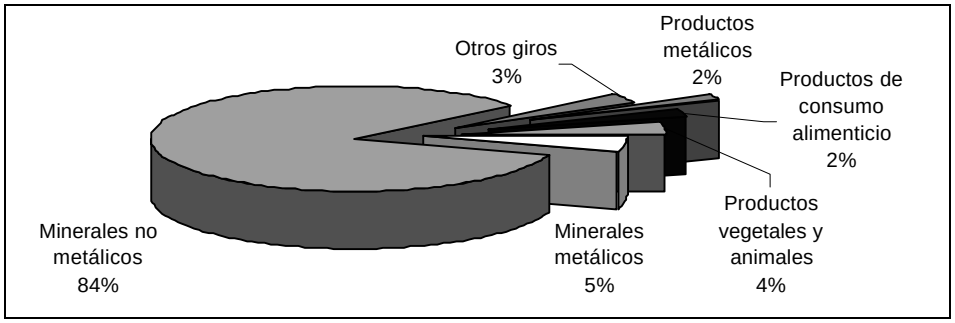
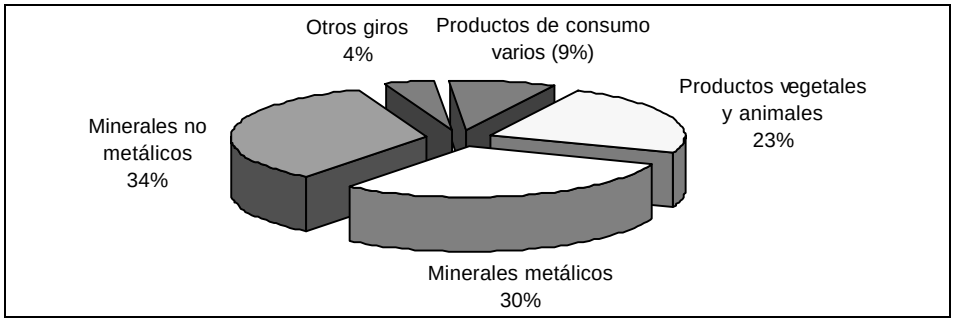


Figura 5.11 Contribución de bióxido de azufre por giro industrial



Referente al bióxido de azufre, en la Figura 5.11 se observa que son tres subsectores los responsables de la mayor emisión industrial: minerales no metálicos (34%), minerales metálicos (30%), y productos vegetales y animales (23%); estos tres giros contribuyen con el 87% de las 2,849 toneladas de SO_2 generadas en la

industria y son producto del azufre contenido en el combustóleo y diesel que emplean en sus procesos de combustión.

En un análisis más detallado para los contaminantes precursores de ozono, con respecto al total de NOx generados por la industria, se tiene que los giros de generación de energía eléctrica, minerales no metálicos, y minerales metálicos, son los más importantes ya que contribuyen con el 39%, 38% y 10% (ver Figura 5.12); estas emisiones se producen en los procesos de combustión en estos establecimientos. En cuanto a la emisión de los HC, el giro de minerales no metálicos, productos de consumo varios, productos de consumo de vida larga y productos metálicos, son los que contribuyen mayoritariamente con el 51%, 12%, 10% y 9% de las emisiones industriales de HC, respectivamente (ver Figura 5.13).

Figura 5.12. Contribución de óxidos de nitrógeno por giro industrial

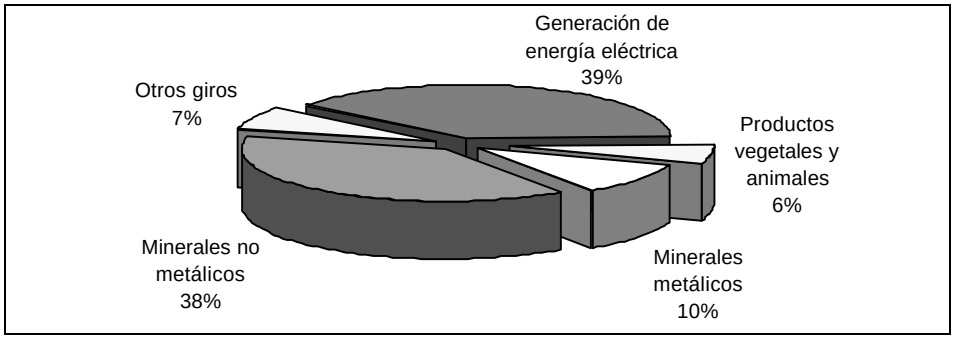
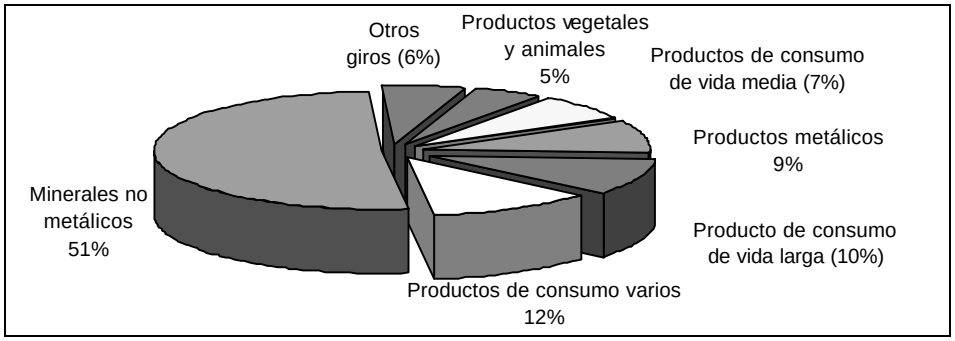


Figura 5.13. Contribución de hidrocarburos por giro industrial



La Tabla 5.11 presenta 8 estratos de empresas de acuerdo al nivel de emisiones contaminantes indicado en la segunda columna. Un análisis sobre emisiones de NOx y HC, muestra que el estrato A, que incluye a todos los demás, está constituido por las 42 empresas cuyos niveles individuales de emisión son mayores a 2 toneladas anuales; el estrato B, que incluye a los subsecuentes, está formado por los 36 establecimientos con emisiones mayores a 3 ton/año, y así sucesivamente.

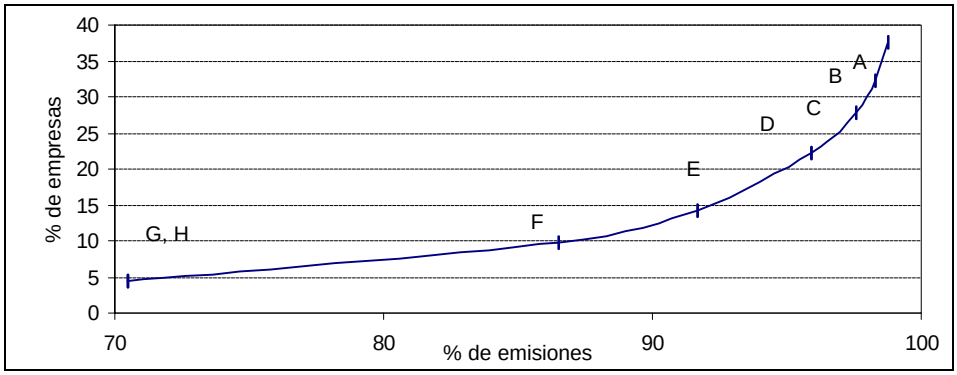
Tabla 5.11. Ordenación de empresas de Mexicali según volumen de emisiones de NOx y HC (ton/año)

Grupo	Estratos de emisión	No. de empresas	% del total de empresas	NOx	HC	Emisión HC+NOx	% de emisión respecto al total HC+NOx del sector
A	>2	42	37.5	1,519	1,387	2,907	98.7
B	>3	36	32.1	1,515	1,378	2,893	98.3
C	>5	31	27.7	1,508	1,364	2,872	97.5
D	>10	25	22.3	1,487	1,335	2,823	95.9
E	>20	16	14.3	1,429	1,270	2,699	91.7
F	>40	11	9.8	1,416	1,131	2,547	86.5
G	>80	5	4.5	1,308	768	2,076	70.5
H	>120	5	4.5	1,308	768	2,076	70.5

No. total de empresas de la base de datos:	112
Emisión total NOx, ton/año:	1,537
Emisión total HC, ton/año:	1,407
Emisión total (HC+NOx), ton/año:	2,944

Esta forma de organizar la información contenida en la tabla, permite observar que las 42 empresas del estrato A, representan un volumen de 2,907 ton/año de precursores de ozono, que corresponde al 98.7% de las emisiones totales generadas por el sector industrial. Siguiendo el mismo razonamiento, se puede observar que basta incluir a las 16 empresas que emiten más de 20 ton/año en HC y NOx (grupo E), para abarcar el 91.7% de emisiones de estos contaminantes producidos por la industria en su conjunto en Mexicali.

Figura 5.14. Contribución de las industrias a las emisiones de HC y NOx



Lo sesgado de la distribución de emisiones de precursores de ozono del sector industrial (pocas empresas contribuyen con mucha contaminación), puede observarse en la Curva de Lorenz (Figura 5.14). El punto A, representa a las 42 empresas que generan el 98.7% de los precursores de ozono en el sector industrial. El otro 1.3% de los precursores, corresponde a las emisiones producidas por el 63% restante de las empresas, es decir, por 70 establecimientos.

Si ampliamos el análisis anterior e incorporamos las emisiones totales de SO_2, PM10 y CO se observa que las mismas 11 empresas generan el 94% de las emisiones totales del sector industrial esto se muestra en la Tabla 5.12. Este tipo de análisis proporciona elementos para el establecimiento de programas adecuados de reducción de emisiones industriales, como es el caso de episodios de alta contaminación, de mejoramiento de combustibles y de modernización tecnológica de la planta industrial.

Tabla 5.12. Ordenación de empresas de la ciudad de Mexicali según volumen de emisiones totales de PM10, SO_2, CO, NOx y HC

Grupo	Estratos	No. de empresas	% de empresas	PM10	SO_2	CO	NOx	HC	Emisión total (ton/año)	% de emisión respecto al sector
A	>2	42	37.5	1,907	2,837	4,678	1,519	1,387	12,329	98.6
B	>3	36	32.1	1,894	2,832	4,677	1,515	1,378	12,296	98.3
C	>5	31	27.7	1,893	2,823	4,675	1,508	1,364	12,263	98.0
D	>10	25	22.3	1,887	2,814	4,672	1,487	1,335	12,195	97.5
E	>20	16	14.3	1,880	2,739	4,655	1,429	1,270	11,973	95.7
F	>40	11	9.8	1,875	2,664	4,653	1,416	1,131	11,738	93.8
G	>80	5	4.5	1,239	1,813	4,633	1,308	768	9,761	78.0
H	>120	5	4.5	1,239	1,813	4,633	1,308	768	9,761	78.0

No. total de empresas de la base de datos: 112
Emisión total, ton/año: 12,508

Fuentes de área

Los inventarios de fuentes de área agrupan las emisiones de fuentes similares numerosas y dispersas que individualmente emiten pequeñas cantidades de contaminantes dentro de una categoría. Para el caso de Mexicali las emisiones que se inventariaron en este sector provienen de la combustión residencial, comercial y de servicio; las fuentes móviles que no circulan por carreteras; el uso de solventes; el almacenamiento, transporte y distribución de combustibles; las fuentes comerciales pequeñas; las actividades agrícolas (como quema, labranza y aplicación de pesticidas); entre otras.

Este sector es importante debido a que Mexicali es una zona de densidad poblacional media, lo cual implica la necesidad de que existan toda la gama de servicios y comercios que satisfagan las necesidades básicas de los habitantes, mismos que individualmente generan contaminantes en poca cantidad, pero que, sin embargo, considerándolos en forma conjunta, esas emisiones generadas son importantes principalmente en lo que se refiere a las partículas PM10 y a los HC.

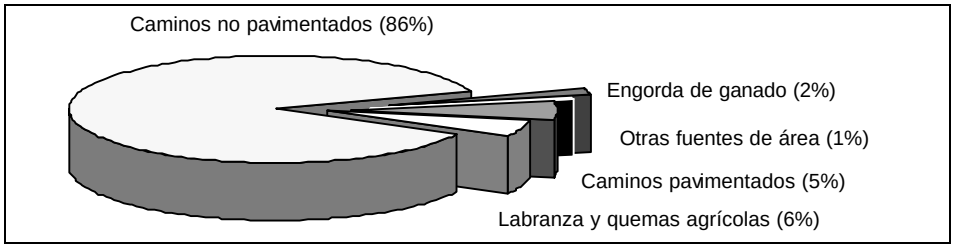
Como se mencionó, para el desarrollo del inventario de fuentes de área se aplicó la metodología elaborada para México,[5] seleccionándose los métodos recomen-

[5] Radian-Semarnap (1997). Mexico Emissions Inventory Program Manuals, Volume V- Area Source Inventory Development.

dados de mayor confiabilidad para él calculo de emisiones. Dependiendo de la disponibilidad de datos para las diferentes categorías, los métodos más utilizados fueron la aplicación de factores de emisión y los modelos mecanísticos. Mediante este inventario se identificaron 30 giros y actividades, que generan emisiones de partículas PM10, SOx, CO, NOx y HC. Destacan la subcategoria de caminos no pavimentados y la erosión eólica de suelos por sus emisiones de PM10 debido a que Mexicali es una zona con escasa precipitación pluvial, aunado a que muchas calles se encuentran sin pavimentar. Es importante resaltar que Mexicali se caracteriza por ser una zona altamente agrícola, por lo que destaca las quemas agrícolas en las emisiones de HC; otro giro importante respecto a este contaminante es la comercialización y distribución de combustibles.

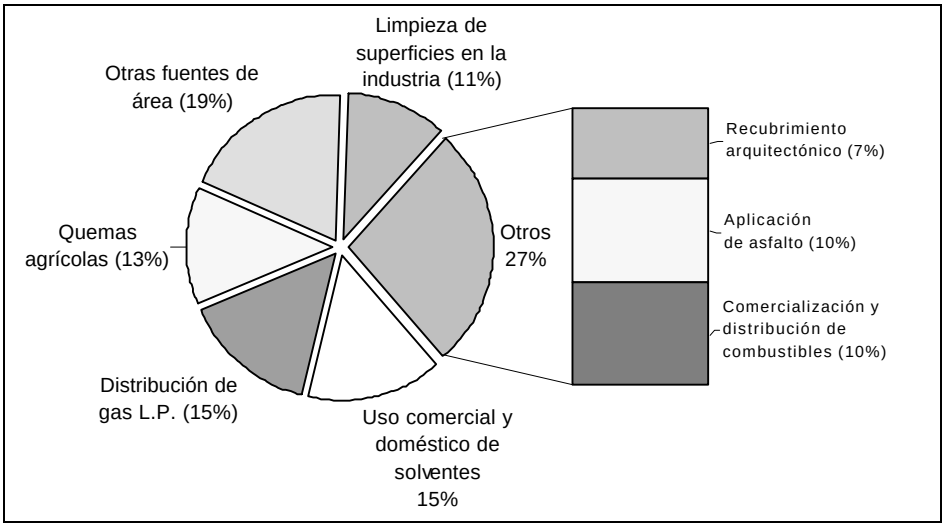
Con relación a las emisiones totales de PM10, la Figura 5.15 muestra que los caminos pavimentados y no pavimentados contribuyen con el 5% y 86% respectivamente. Esta emisión es alta debido a que, como se mencionó, en Mexicali se tiene más del 40% de calles sin pavimentar y los vehículos que circulan sobre estas superficies provocan una turbulencia que libera el sedimento más fino que contiene la superficie, además dentro de la ciudad existen varios terrenos baldíos, desde los cuales, el polvo es arrastrado hacia los caminos pavimentados resuspendiéndose por efecto de la circulación de los automóviles. En el momento en que los vehículos pasan sobre la superficie, la fuerza de las ruedas muele el material del camino, produciendo partículas más pequeñas, reponiendo así parcialmente el contenido de sedimentos que se desprende del camino. Respecto a las otras fuentes de partículas se tiene que la quema y la labranza agrícola contribuyen con el 6%; las quemas agrícolas forman parte de las actividades que se llevan a cabo son con el fin de preparar los campos para nuevos cultivos agrícolas; la labranza agrícola está enfocada a la preparación del suelo, donde se incluyen el arado, gradado, nivelado y cortado.

Figura 5.15. Contribución a las emisiones de PM10 por subcategoría de fuente de área



Como se observa en la Figura 5.16, las actividades (fuentes de área) que emiten más hidrocarburos son la distribución de gas LP, el uso comercial y doméstico de solventes, las quemas agrícolas, la limpieza de superficies en la industria, que en conjunto emiten el 54% del total de hidrocarburos; los que siguen en importancia son la comercialización y distribución de combustibles, la aplicación de asfalto y los recubrimientos arquitectónicos que suman el 27% de la emisión. El restante 19% es emitido por otros 23 giros incluidos dentro de la categoría de otras fuentes de área.

Figura 5.16. Contribución a las emisiones de hidrocarburos totales por subcategoría de fuente de área



Vegetación y erosión de suelos

Las emisiones que se registran en este sector dependen de varios factores, tales como el tipo de suelo (para esta región es de textura arcillo-arenosa), la precipitación pluvial (menor a 100 mm anuales), las velocidades de los vientos, y por último la cobertura vegetal de los cultivos agrícolas, los cuales son variados tanto en especies de plantas cultivadas, crecimiento, cobertura vegetal y periodo de crecimiento.

Para este inventario se desarrollaron las primeras estimaciones de emisiones generadas por la erosión de suelos, lo que permitirá su integración al inventario total de Mexicali y podrá también servir para definir los programas de reforestación y pavimentación en la zona.

Dentro de este sector lo que más se emite son partículas PM10, donde la principal fuente de emisión es la erosión del suelo por efecto del viento, esto debido a que la ciudad se ubica en una zona desértica, con una extensa superficie que no cuenta con vegetación durante varios meses del año, los tipos del suelo favorecen el aporte de partículas por efecto del viento y la escasa precipitación pluvial que se registra en la región. Dentro de las zonas identificadas como aportadoras de este contaminante se consideran las áreas agrícolas y los espacios sin cobertura vegetal que circundan la ciudad, así como los caminos sin pavimentar y lotes baldíos dentro de la ciudad. Se estima que la erosión del suelo aporta el 24% de las emisiones de PM10.

Por otro lado para este inventario se consideraron las emisiones de óxidos de nitrógeno e hidrocarburos generados por los suelos y la vegetación; aunque es una zona con escasa vegetación, tiene un área importante dedicada a la agricultura, donde las emisiones generadas son derivadas de las actividades metabólicas de las plantas y microbiológicas de los suelos, que dependen directamente del tipo de cultivos existente en la zona.

Por lo que respecta a las emisiones biogénicas generadas por la vegetación y los suelos, se aplicó el modelo PC-BEIS para el cálculo de las emisiones de hidrocarburos y óxido nítrico (NO), para esto se tomaron en cuenta los cultivos de la zona entre los que se encuentran el trigo, el algodón, el rye grass, espárrago y la alfalfa. Este tipo de plantas, con excepción de la alfalfa, tienen un ciclo de cultivo que varía de 4 a 8 meses, por lo que se consideró la estacionalidad de los mismos y las especies arbóreas existente en la región.

Las emisiones de hidrocarburos generadas por la vegetación contribuyen con el 7% de los hidrocarburos totales del inventario.

Transporte

El consumo de combustibles por parte de los vehículos automotores constituye la principal fuente de emisiones contaminantes en Mexicali. Como se mencionó, para él cálculo de las emisiones generadas por el sector transporte se aplicó el modelo MOBILE5-Juárez,[6,7] adecuado al parque vehicular y características de la ciudad. Con este modelo se estimaron los factores de emisión de NOx, HC y CO. Se hicieron corridas del modelo para cada mes, por considerarse que existe una gran variación en las temperaturas ambientales máxima y mínima, que se registran durante el año. Para el cálculo de las emisiones de SO_2 se empleó la técnica de balance de materiales considerando el contenido de azufre en los combustibles y para las partículas se utilizaron factores de emisión internacionales.

En el inventario de emisiones se indica que el sector transporte genera anualmente 290,636 toneladas de contaminantes, de los cuales 243,073 toneladas corresponden a monóxido de carbono, 31,184 toneladas a hidrocarburos, 14,927 toneladas a óxidos de nitrógeno, 937 a bióxido de azufre y 515 a partículas. Dada la situación de la problemática ambiental y del nivel de desarrollo que se requiere en la estructuración de los planes y programas ambientales de Mexicali, es necesario que la estimación para este tipo de fuentes siempre sea lo más actualizada posible.

---

6 Radian-Semarnap (1997). Mexico Emissions Inventory Program Manuals, Volume VI-Motor Vehicle Inventory Development.

7 Texas Natural Resource Conservation Commission (1994). Cd. Juárez Mobile5 Data Collection.

Vialidad

La situación geográfica de Mexicali hace que su límite norte corresponda a la línea internacional con los Estados Unidos, colindando con la ciudad de Calexico y el Valle Imperial, California; hacia otras direcciones limita con terrenos dedicados a la agricultura y grandes baldíos.

Los accesos a la ciudad son varios; en la parte norte los más importantes son las dos garitas internacionales; el mayor tráfico se da en la que se encuentra situada en la zona centro y la otra garita se sitúa al oriente de la ciudad; ésta garita fue puesta en operación a finales de 1996 y también alberga a la aduana de carga. Por la parte oriente la vía principal de acceso es la carretera a San Luis Río Colorado, que conecta a la Península de Baja California con el resto del país; al sur se comunica con la carretera al puerto de San Felipe y la parte sur del Valle de Mexicali y al occidente la vía de acceso es la carretera a Tijuana (Tabla 5.13).

Tabla 5.13. Vías de acceso a Mexicali

Accesos Carreteros	Dirección
Carretera Santa Isabel	Oeste-Este
Carretera Tijuana	Oeste-Este
Carretera San Felipe	Sur-Norte
Carretera San Luis	Este-Oeste
Carretera Islas Agrarias	Este-Oeste
Carretera Aeropuerto	Este-Oeste
Garitas Internacionales	Norte-Sur

Fuente: UABC (1994). Estudio Integral de Vialidad y Transporte Urbano de Mexicali, Baja California.

En 1994 la Universidad Autónoma de Baja California realizó un estudio integral de vialidad y transporte para la ciudad de Mexicali, en el cual se realizaron aforos vehiculares, flujos de salidas y entradas a la ciudad y una encuesta origen-destino con lo cual se recomendaron al gobierno municipal algunas alternativas para la planeación de nuevas rutas en la ciudad.

La zona urbana de Mexicali esta conformada por una red irregular de calles, con una longitud de alrededor de 1,800 kilómetros, situada sobre terreno predominantemente plano, con una traza de ejes longitudinales y transversales que permiten la comunicación entre los diversos sectores de la ciudad, aunque no totalmente fluida debido a la existencia de barreras que interrumpen la continuidad de las vialidades como el cauce del Río Nuevo, la vía del ferrocarril y el crecimiento urbano no planificado.[8]

[8] XIV Ayuntamiento. Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Mexicali, B.C. 1993/2007

Tabla 5.14. Vialidades primarias de Mexicali

Vialidad	**Dirección**	**Longitud (km)**
Blv. Lázaro Cárdenas	Este-Oeste	21.7
Blv. Adolfo López Mateos	Norte-Sur	8.3
Blv. Rodolfo Sánchez Taboada (Carretera a San Luis)	Este-Oeste	10.7
Calz. Justo Sierra	Norte-Sur	2.3
Blv. Francisco L. Montejano	Norte-Sur	2.5
Blv. Castellón	Este-Oeste	3.6
Carretera a San Felipe (hasta acceso a Fraccionamiento Campestre)	Norte-Sur	4.2
Calz. Independencia	Este-Oeste	9.0
Blv. Anáhuac	Norte-Sur	3.5
Av. Zaragoza	Este-Oeste	2.2
Calz. de las Américas	Este-Oeste	4.1
Calz. Cuauhtémoc	Este-Oeste	3.0
Calz. Manual Gómez Morín (Periférico Oriente)	Norte-Sur	5.2
Blv Carranza	Norte-Sur	5.6
Calz. CETYS	Este-Oeste	1.9
Carretera Unión	Este-Oeste	8.1
Calz. Heróico Colegio Militar	Norte-Sur	4.4
Av. Cristóbal Colón	Este-Oeste	7.7
Av. Francisco I. Madero	Este-Oeste	4.0
Av. Argentina	Este-Oeste	4.1
Av. Sinaloa	Este-Oeste	2.3
Av. Pioneros	Este-Oeste	0.9
Calle del Hospital	Norte-Sur	0.6
Diagonal Alfareros	Norte-Sur	1.2
Av. Calafia	Norte-Sur	0.9
Calle Uxmal	Norte-Sur	2.6
Calle Tuxtla Gutiérrez	Norte-Sur	2.8
Calle Ulises Irigoyen	Norte-Sur	2.3
Calle “G”	Norte-Sur	2.7
Calle “J”	Norte-Sur	3.5
Calle “K”	Norte-Sur	3.2
Calle Río Culiacán	Norte-Sur	4.8
Calle Río Mocorito	Norte-Sur	4.8
Calle Río Presidio	Norte-Sur	3.6
Calle Cuarta	Norte-Sur	2.8
Calle Novena	Norte-Sur	2.5
Total		135.9

Fuente: UABC (1994). Estudio Integral de Vialidad y Transporte Urbano de Mexicali, Baja California.
XIV Ayuntamiento de Mexicali. Programa de Desarrollo Urbano de Centro de Población de Mexicali, B.C 1993-2007.
INEGI (1997). Carta Urbana Base, Escala 1:25,000.

Las vialidades que registran mayor tráfico son: el Boulevar Lázaro Cárdenas que conecta las carreteras de San Luis Río Colorado y Tijuana, internamente en la ciudad permite el tránsito de las zonas sureste y suroeste; el Boulevar López Mateos comunica desde la garita del centro hasta la salida a las carreteras que van a San Luis Río Colorado y San Felipe; la Calzada Justo Sierra permite el tráfico de la línea internacional hacia el sur conectándose con el Boulevar Benito Juárez y el

Boulevar Francisco L. Montejano; la Calzada Independencia atraviesa de oriente a poniente la ciudad en su parte media.

Otras arterias de significancia son el Boulevar Anáhuac, el Boulevar Carranza, la calzada Cuauhtémoc, la Avenida Madero, la Avenida Colón, la Avenida Sinaloa, la Avenida Zaragoza, la Calle Heroico Colegio Militar, la calle Río Culiacán y recientemente construidas o ampliadas la Carretera Unión y la Calzada Manuel Gómez Morin (Periférico), entre otras (Tabla 5.14).

Por las características y ubicación de la ciudad, el terreno plano ha permitido la construcción de vialidades amplias, de por lo menos 4 carriles; en 1996 aproximadamente 1,163 millones de metros cuadrados de vialidad se encontraban pavimentados, lo que representa 62% de la traza urbana, sin embargo, es importante mencionar que el pavimento representa diferentes grados de deterioro en el 60% de la superficie pavimentada con daños como baches, grietas, desprendimiento de agregados y ondulaciones, entre otros.

Las vialidades no pavimentadas en 1996 cubrían un área de 779 millones de metros cuadrados que representaron el 38% de la superficie urbana; éstas se ubican principalmente al sur, al sureste y al poniente de la ciudad, donde se localizan las colonias populares de reciente creación y algunas que, a pesar de tener tiempo de construidas, no han contado con pavimentación.

Los vehículos se desplazan por estas vías a velocidades muy variables, de acuerdo a la hora del día, de las condiciones de la superficie y del tipo de vehículo. En las vialidades principales la velocidad estimada se sitúa en un rango de 24 a 52 km/hr, mismas que se ven influenciadas por las demoras en los cruceros, que llegan a significar en promedio el 28% del tiempo total de recorrido.

En cuanto a la cantidad de vehículos en circulación, en el estudio de la UABC se indica que se realizaron aforos en 20 intersecciones principales, a partir de los cuales se estimó una circulación promedio máxima de 175,900 vehículos de las 13 a las 14 horas y un promedio mínima de 14,800 de las 3 a las 4 horas.

Tabla 5.15. Aforos vehiculares en las principales intersecciones de Mexicali

Intersección	Aforo diario	Aforo máximo en 1 hora
Lázaro Cárdenas Periférico	155,065	11,454
Lázaro Cárdenas – Benito Juárez (Glorieta Lázaro Cárdenas)	182,800	14,544
Lázaro Cárdenas – López Mateos – Francisco L. Montejano	193,794	15,510
Lázaro Cárdenas – Anáhuac	159,108	12,408
López Mateos – Alfareros	163,349	10,745
López Mateos – Independencia	141,143	12,423
Glorieta Sánchez Taboada	193,794	15,510

Fuente: UABC (1994). Estudio Integral de Vialidad y Transporte Urbano de Mexicali, Baja California.

Como se muestra en la Tabla 5.15, las intersecciones con mayores aforos son: Boulevar Lázaro Cárdenas en los cruces con Periférico, Boulevar Benito Juárez Boulevar López Mateos y Anáhuac; Boulevar López Mateos con Alfareros y con Av. Independencia; el Boulevar Benito Juárez con Independencia; y la Glorieta Sánchez Taboada donde confluyen el Boulevar López Mateos, el Boulevar Benito Juárez, la Carretera a San Luis, la Carretera a San Felipe y los accesos al Fraccionamiento Justo Sierra y la Colonia Carvajal.

Parque vehicular

El parque vehicular oficialmente registrado en Mexicali en 1996 fue de 240,810 vehículos[9], los cuales en su gran mayoría provienen de los Estados Unidos de donde se importan usados a precios relativamente más bajos que los vehículos nacionales. Estos vehículos en ocasiones ya presentan fallas mecánicas del motor y los sistemas de control de emisiones se encuentran deteriorados.

Esa facilidad de adquisición ha tenido como consecuencia el incremento acelerado del parque vehicular, así como la proliferación de modelos antiguos mutilados de los sistemas electrónicos de inyección de combustibles y de los sistemas anticontaminantes, condiciones que los hace más contaminantes que los vehículos nuevos. Por otra parte la ciudad no cuenta con un programa de verificación vehicular, que pudiera servir para inducir la corrección de esta situación.

Tabla 5.16. Parque vehicular en Mexicali

Clasificación	No. de vehículos	%	km/veh/día	km anuales
1 Autos particulares	168,160	69.83	45	16,470
2 Taxis	1,105	0.45	100	36,600
3 Pick-ups	46,005	19.10	70	25,620
4 Camiones de carga ligera	6,710	2.78	70	25,620
5 Autobuses de pasajeros	802	0.33	185	67,710
6 Autobuses de pasajeros a diesel	258	0.10	185	67,710
7 Camiones de carga pesada	6,939	2.88	100	36,600
8 Camiones de carga pesada a diesel	9,880	4.14	80	29,280
9 Motocicleta	951	0.39	70	25,620
Total	**240,810**	**100.0**	**905**	**331,230**

Fuentes: Compilada con información de Secretaria de Planeación y Finanzas. Sistema de Control Vehicular, 1996; Centro SCT02. Departamento de Autotransporte Federal 1996; UABC (1994). Estudio Integral de Vialidad y Transporte Urbano de Mexicali, Baja California 1994.

La distribución por tipo de vehículo utilizada para los cálculos de este inventario muestra que el mayor porcentaje corresponde a automóviles particulares, predominando los importados, en una proporción de 9 a 1 con respecto a los de fabri-

9 Secretaria de Planeación y Finanzas, Centro SCT 02.

cación nacional[10]. En la Tabla 5.16 se muestra la clasificación del parque vehicular de Mexicali y los kilómetros que recorre en promedio anualmente cada unidad de cada tipo de vehículo, obtenidos con información de 1996.

Como se puede apreciar en la tabla anterior, en Mexicali el porcentaje mayor del parque vehicular lo constituyen los vehículos automotores particulares con un 70% de las unidades, seguido de los pick-up con un 19%. El transporte público en conjunto ocupa tan solo el 11 % del total de vehículos (26,645 unidades).

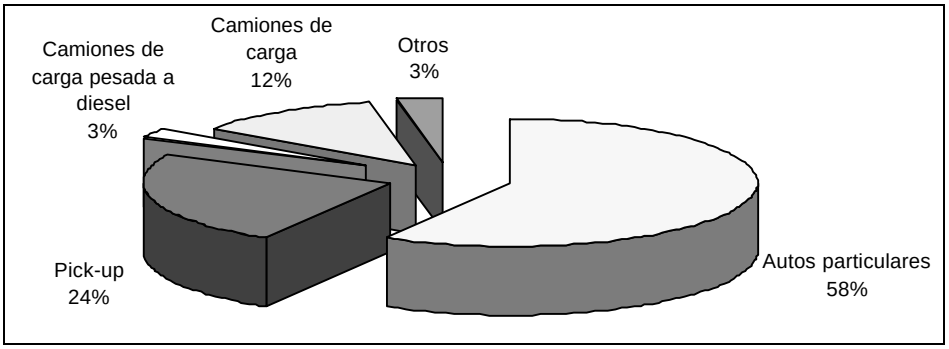
En la Tabla 5.17 se muestra el consumo de combustibles para el periodo 1996-1997 del sector transporte. Se observa un incremento en el consumo de la gasolina Premium y Magna; la gasolina nova dejó de distribuirse en septiembre de 1996. En el caso de la Premium, las ventas fueron poco significativas, sin embargo para el cálculo de emisiones si se consideró.

Tabla 5.17. Consumo de combustibles vehiculares (m^3/año)

Combustible	**1996**	**1997**	**Variación 1996-1997**
Nova	12,489	0	Se dejó de vender
Magna	584,137	603,311	Se incrementó su venta un 3%
Premium	3,940	18,520	Se incrementó su venta un 370%
Diesel	171,506	195,076	Se incrementó su venta un 14%

En cuanto a las emisiones generadas por el sector transporte, en la Figura 5.19 se muestra que el 58% de ellas provienen de los automóviles particulares, el 24% a las pick up y el 18% por el resto de los vehículos.

Figura 5.19. Emisiones por tipo de vehículo

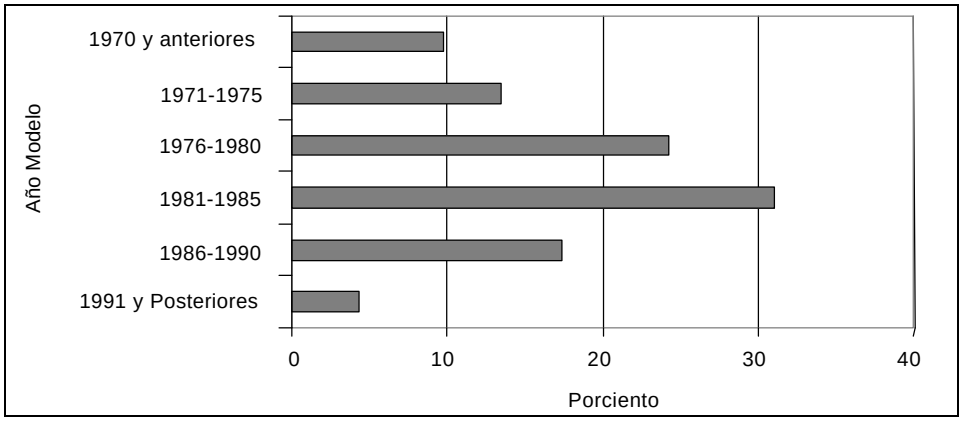


Como se puede observar en la Figura 5.20, la edad del parque vehicular de la ciudad de Mexicali muestra que aproximadamente el 30% de las unidades son

10 Cifras obtenidas del “Reporte de Estadísticas Vehiculares por Municipio, INEGI, 1996”.

modelos 1981-1985, casi el 25% corresponden a los modelos 1976-1980 y menos del 5% son modelos posteriores a 1991; el 95% de la flota vehicular fue en 1996 de modelos 1990 y anteriores.

Figura 5.20. Edad del parque vehicular



Inventario de emisiones del Valle Imperial

Es importante conocer las emisiones que se generan en el Valle Imperial, esto debido a que este Valle junto con el de Mexicali forman una misma cuenca atmosférica, donde, y en principio, la problemática de la contaminación del aire regional es producto de las emisiones individuales producidas por las fuentes de uno y otro lado de la frontera. Por ello, la mejora en la calidad del aire en la región se podrá lograr con acciones de control en ambos valles.

La Tabla 5.18 se conformó tomando como base el inventario de emisiones publicado en la página de internet de CARB en toneladas por día y se multiplicó cada dato de emisión por 365 días para estimar las emisiones en toneladas por año.

Como se puede observar, existe un cierto grado de concordancia con la desagregación de las fuentes del inventario de Mexicali, sin embargo, será necesario en un futuro trabajar en ambos inventarios para aumentar la uniformización de las técnicas de estimación de las emisiones y conformar realmente un inventario regional que sirva de base para llevar a cabo ejercicios de modelación de la calidad del aire de la región y explorar estrategias de reducción de emisiones.

A manera preeliminar y con fines ilustrativos, la Tabla 5.19, presenta las emisiones totales anuales del Valle Imperial y de Mexicali. En ella se observa que con exepción de las emisiones de PM10, las demás son superiores en Mexicali.

Tabla 5.18. Inventario de emisiones de Valle Imperial 1996
(ton/año)

Tipo de Fuente	PM10	SO_2	CO	NOx	HC	Total
Combustión						
Generación de energía (combustión)	37	73	37	402	146	695
Industria y manufactura (combustión)	146	37	365	2,263	110	2,921
Alimentos y procesos agrícolas	-	-	37	146	-	183
Procesos Industriales						
Alimentos y procesos agrícolas	73	-	-	-	-	73
Procesos minerales	730	-	-	-	-	730
Fuentes de área						
Combustión comercial y servicio	37	-	37	219	-	293
Combustión residencial	37	-	219	37	37	330
Locomotoras	73	146	365	2,446	110	3,140
Aeronaves	73	110	3,066	621	949	4,819
Otro equipo móvil no carretero	73	37	5,037	1,862	438	7,447
Pintado y procesos relacionados	-	-	-	-	256	256
Otros (limpieza y pintado de superficies)	-	-	-	-	37	37
Recubrimiento superficies arquitectónicas y procesos relacionados	-	-	-	-	183	183
Desengrase	-	-	-	-	183	183
Lavado en seco (tintorerías)	-	-	-	-	73	73
Aplicación de asfaltos	-	-	-	-	548	548
Productos de consumo	-	-	-	-	329	329
Comercialización de combustibles	-	-	-	-	219	219
Plaguicidas y fertilizantes	-	-	-	-	1,351	1,351
Labranza agrícola	-	-	-	-	9,125	9,125
Disposición y quema de residuos	1,460	-	14,600	73	2,409	18,542
Caminos pavimentados	1,205	-	-	-	-	1,205
Caminos no pavimentados	13,505	-	-	-	-	13,505
Construcción y demolición	694	-	-	-	-	694
Polvos fugitivos	62,050	-	-	-	-	62,050
Equipo utilitario	-	-	803		73	876
Otros procesos misceláneos	37	-	-	-	-	37
Sector Transporte						
Autos particulares	37	-	13,140	1,241	1,679	16,097
Pick Up	-	-	8,395	1,095	1,059	10,549
Camiones de carga ligera	-	-	1,059	146	146	1,351
Camiones ligeros a gas de servicio pesado	-	-	1,168	329	73	1,570
Camiones medianos a gas de carga pesada	-	-	657	110	37	804
Camiones ligeros a diesel de servicio pesado	-	-	146	183	37	366
Camiones medianos a diesel de servicio pesado	37	37	292	402	37	805
Camiones pesados a diesel de servicio pesado	110	37	767	1,351	146	2,411
Motocicletas	-	-	37	-	-	37
Total	*80,144*	*477*	*50,227*	*12,926*	*19,790*	*163,834*

Fuente: CARB, 1996.

Tabla 5.19. Inventario de emisiones de Valle Imperial y Mexicali 1996 (ton/año)

	PM10	$S0_2$	CO	NOx	HC	Total
Mexicali	71,323	3,810	266,579	18,492	51,131	411,337
Valle Imperial	80,414	477	50,227	12,926	19,790	163,834
Total	**151,737**	**4,287**	**316,806**	**31,418**	**20,921**	**575,171**

6. OBJETIVOS, METAS Y ESTRATEGIAS GENERALES DEL PROGRAMA

1. Objetivos

Para la integración del Programa se hizo un análisis de la calidad del aire de la ciudad y se elaboró un inventario detallado de emisiones, desagregándolo en sectores: industrial, comercio y servicios, y en las diferentes categorías de vehículos automotores. Con base en ello, se realizó un diagnóstico integral de la problemática de contaminación, relacionando a los contaminantes presentes en el aire con las fuentes conocidas que los producen.

Así mismo, se analizaron los estudios e investigaciones realizados hasta la fecha en la cuenca atmosférica de Mexicali-Valle Imperial, por instituciones y dependencias de ambos países. Si bien estos estudios continúan, los resultados ya obtenidos permitieron identificar diversos elementos que llevan a la ocurrencia de concentraciones elevadas de partículas finas, ozono y monóxido de carbono.

Con base en estos análisis e información, se han incorporado al Programa 27 acciones que involucran la participación de los gobiernos municipal, estatal y federal, las instituciones de educación superior, los grupos no gubernamentales y las cámaras y asociaciones de industriales, de comercio y de servicios.

El Programa para Mejorar la Calidad del Aire de Mexicali 2000–2005, tiene como objetivo general proteger la salud de la población reduciendo las concentraciones de los contaminantes en la atmósfera, mediante la aplicación de acciones coordinadas dirigidas al control de las emisiones en la industria, los comercios, los servicios, el transporte y los suelos.

Para el logro del objetivo general es necesario alcanzar los objetivos específicos siguientes:

- Reducir las emisiones contaminantes por kilómetro recorrido en vehículos automotores.
- Reducir las emisiones provenientes de la industria y de establecimientos comerciales y de servicio.
- Reducir las emisiones de partículas en las calles no pavimentadas, áreas periféricas desprovistas de vegetación y terrenos baldíos.
- Promover la oferta de transporte público limpio y eficiente para reducir la utilización de vehículos particulares.

- Desarrollar mecanismos de coordinación interinstitucional, para el diseño de políticas sectoriales que permitan la integración de la planeación ambiental y urbana, con el objeto de lograr y preservar una calidad del aire satisfactoria en Mexicali, en el corto, mediano y largo plazo.
- Fortalecer la conciencia ciudadana sobre la importancia de su papel en las acciones de protección al ambiente y lograr una mayor participación.
- Incrementar el conocimiento técnico-científico de los procesos que condicionan el comportamiento de los contaminantes atmosféricos, para refinar las medidas propuestas en el Programa e identificar otras aún no contempladas.
- Instrumentar mecanismos que fomenten la participación del sector privado a través de incentivos económicos, incluyendo la inversión transfronteriza a proyectos incluidos en el Programa.

2. Estrategias y acciones

El *Programa para Mejorar la Calidad del Aire de Mexicali 2000–2005*, contiene cinco estrategias que agrupan cada una de ellas, a diferente número de acciones espec ficas que de ser aplicadas, de acuerdo a lo planeado en el Programa, servirán para reducir las emisiones de los diferentes contaminantes que rebasan los valores normados de calidad del aire. Las estrategias están dirigidas a los siguientes componentes y áreas de trabajo:Industria, comercios y servicios

- Vehículos
- Gestión urbana y transporte
- Recuperación ecológica
- Investigación y acuerdos internacionales.

Acciones	Responsable
Industria, comercios y servicios	
1. Reducir las emisiones de las empresas más contaminantes a través de la instalación de equipos de control y de reingeniería de procesos	CANACINTRA, Industriales
2. Implementar un programa de recuperación de vapores en terminales de almacenamiento y estaciones de servicio de combustibles	PEMEX, Propietarios, SEMARNAP
3. Fortalecer la inspección y vigilancia de establecimientos industriales, comerciales y de servicios	SEMARNAP, Gob. Edo., Gob. Mpal.
4. Convenir con la industria la implementación de un programa de reducción de Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs)	Asociación de Maquiladoras, SEMARNAP
5. Realizar por parte de la Comisión Federal de Electricidad un estudio de evaluación del impacto de las emisiones de la geotérmica de Cerro Prieto y de ser necesario iniciar programa de acciones para reducirlas en un plazo máximo de un año	CFE
6. Realizar auditorías ambientales y acciones de autorregulación en el sector industrial	SEMARNAP, Gob. Edo., Gob. Mpal., CANACINTRA y Asociación de Maquiladoras
7. Integrar un Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC) para Mexicali	SEMARNAP, Gob. Edo., Gob. Mpal., CANACINTRA y Asociación de Maquiladoras

Acciones	Responsable
Vehículos	
8. PEMEX evaluará la posibilidad de suministrar gasolina oxigenada y de baja presión de vapor Reíd (PVR)	PEMEX
9. Diseñar el modelo, consensar y aplicar el Programa de Verificación Vehicular	Gob. Mpal., SCT
10. Condicionar la importación de vehículos a la certificación de verificación vehicular de su país de origen	SHCP, SECOFI
11. Impulsar la utilización de gas LP y gas natural en el transporte público	Particulares
12. Diseñar e Implantar un programa de detención y sanción de vehículos ostensiblemente contaminantes	Gob. Mpal., SCT
Gestión Urbana y Transporte	
13. Aplicación de estabilizadores de suelos para el control de emisiones de PM10 en calles, áreas no pavimentadas y de intenso tránsito	SEMARNAP, Gob. Edo., Gob. Mpal.
14. Intensificar un programa de pavimentación de calles y caminos	Gob. Edo., Gob. Mpal.
15. Participación de PEMEX en forma preferencial en precio de combustibles y asfaltos a utilizar en obras de pavimentación	PEMEX
16. Convenir la transferencia, operación y financiamiento de la red de monitoreo atmosférico	Gob. Mpal.
17. Desarrollar un estudio integral y ejecución de mejoras del transporte público	Gob. Mpal.
18 Promover un programa de participación social y educación ambiental	Gob. Edo., Gob. Mpal.
19. Consolidar un programa de vigilancia epidemiológica asociada a la contaminación, así como implementar medidas preventivas y correctivas	SSA
20. Desarrollar un programa de estímulos fiscales para las personas, instituciones y organismos que desarrollen programas de prevención y control de la contaminación	SHCP
21. Integrar a la Comisión Municipal de Ecología del COPLADEMM en el seguimiento del Programa	Gob. Mpal.
Recuperación Ecológica	
22. Estudiar y Establecer factores de emisión y opciones de control por	SEMARNAP, Sagar, Gob. Edo.
23. Diseñar un programa de forestación y preservación de zonas arboladas	Gob. Edo., Gob. Mpal., SEMARNAP, Sedena
Investigación y Acuerdos Internacionales	
24. Revisar y actualizar periódicamente el inventario de emisiones y el PROAIRE	SEMARNAP, Gob. Edo., Gob. Mpal.
25. Celebrar convenios con las instituciones de educación superior para la realización de estudios relacionados con la contaminación	Gob. Edo., Gob. Mpal., SEMARNAP
26. Celebrar convenios con instituciones internacionales para la realización de actividades de capacitación y estudios relacionados con la contaminación del aire	Gob. Edo., Gob. Mpal., SEMARNAP
27. Reforzar las acciones del Programa Frontera XXI y programas binacionales subsecuentes	SEMARNAP, Gob. Edo., Gob. Mpal.

NACINTRA – Cámara Nacional de la Industria de la Transformación
CFE – Comisión Federal de Electricidad
Gob. Edo. – Gobierno del Estado
Gob.Mpal. – Gobierno Municipal
PEMEX – Petróleos Mexicanos
SEMARNAP – Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca
SECOFI – Secretaría de Comercio y Fomento Industrial
SAGAR – Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural
SCT – Secretaría de Comunicaciones y Transportes
SHCP – Secretaría de Hacienda y Crédito Público
SSA – Secretaría de Salud

Acciones aplicables en la industria, comercios y servicios

1. Reducir las emisiones de las empresas más contaminantes a través de la instalación de equipos de control y de reingeniería de procesos

Objetivo. Reducir las emisiones generadas por las empresas más contaminantes.

Descripción. De acuerdo con el inventario de emisiones del sector industrial, los contaminantes más significativos son el monóxido de carbono con el 38% de contribución, seguido por el bióxido de azufre con el 23%, las partículas con 16%, los óxidos de nitrógeno con 12% y los hidrocarburos con 11%; los giros industriales que contribuyen mayormente a las emisiones industriales son el de minerales no-metálicos, minerales metálicos, productos vegetales y animales, y las plantas maquiladoras.

Es importante mencionar que de acuerdo a los datos registrados en forma particular por industria, 22 establecimientos generan el 99.7% de las emisiones de partículas, 6 de ellas generan emisiones dentro de sus procesos y el resto generan este contaminante en la combustión, por lo que se recomiendan como métodos de control, la instalación de ciclones, casas de bolsas y precipitadores electrostáticos con los cuales pueden reducir sus emisiones hasta en un 70%. Por lo que se refiere a las emisiones de SO_2, son 19 establecimientos los que generan el 98.8% de las emisiones industriales de este contaminante; para el control de estas emisiones se recomienda evaluar la pertinencia de instalar lavadores de gases para reducir el 80% de las emisiones de este contaminante. Así mismo, para el control de las emisiones de NOx se recomienda que se modifiquen los quemadores o se utilicen quemadores de bajo NOx de 22 industrias que generan el 98.5% de las emisiones; con este método de control se podrán obtener reducciones de alrededor de 60%. Una opción a considerar para reducir las emisiones de SO_2 y partículas es la utilización de gas natural en las empresas que aún no lo emplean, para ello se promoverá incrementar la oferta de gas y la SHCP estudiará la posibilidad de reducir el IEPS al precio del gas natural. En forma paralela la SEMARNAP reforzará el marco regulatorio de los procesos industriales con mayor contribución de emisiones.

Meta 1: Establecer un marco de referencia entre acciones específicas y los resultados anuales de la red de monitoreo.

Meta 2: Reducir las emisiones industriales a la atmósfera en la ciudad de Mexicali.

Responsable: CANACINTRA, Industriales.

Otros participantes: Delegación SEMARNAP, Gob. Edo.

2. Implementar un programa de recuperación de vapores en terminales de almacenamiento y estaciones de servicio de combustibles

Objetivo. Reducir las emisiones de Compuestos Orgánicos Volátiles (COV's) generados por el almacenamiento y comercialización de combustibles.

Descripción. La recuperación de vapores en las estaciones de servicio ha probado ser una medida costo-efectiva en relación con la inversión requerida: estudios técnicos realizados en sitio han mostrado las ventajas ambientales en la instalación de estos sistemas y sus efectos en la reducción de los Compuestos (COV's), precursores de ozono.

En la actualidad las nuevas instalaciones de gasolineras autorizadas por PEMEX deben cumplir con este requerimiento, por ello deberá promover la instalación de estos sistemas en todas las estaciones de servicio y fiscalizar estrictamente la operación de los mismos, ya sean estaciones nuevas, remodeladas o existentes. Esta instalación de sistemas de recuperación de vapores en gasolineras debe ir acompañada de la puesta en marcha de la fase 0 de recuperación de vapores de combustible en las terminales de PEMEX, para completar el ciclo de control de emisiones evaporativas en el almacenamiento y distribución de gasolinas.

En Mexicali existen 130 estaciones de servicio, las cuales distribuyen aproximadamente 600,000 m^3 de gasolina al año. El Gobierno del Estado y la SEMARNAP solicitarán a PEMEX que las nuevas instalaciones cuenten con el equipo y para las existentes se explorarán mecanismos de financiamiento para crear un fondo que servirá para otorgar créditos a los propietarios de las gasolineras para que instalen su equipo de recuperación de vapores.

Actualmente no existe una normatividad que regule las emisiones de vapores de combustibles, por lo que es necesario que primeramente la SEMARNAP elabore una Norma Oficial Mexicana para su regulación.

Meta 1. Elaborar y publicar Norma Oficial Mexicana para emisiones al ambiente de vapores de hidrocarburos.

Meta 2. Convenir y vigilar que las estaciones de servicio y terminales de almacenamiento y distribución cuenten con un sistema de recuperación de vapores y de fase cero, respectivamente.

Responsable. PEMEX, Particulares, INE.

Otros participantes: Gob. Edo., Gob. Mpal.

3. Fortalecer la inspección y vigilancia de establecimientos industriales, comerciales y de servicios

Objetivo. Reforzar la aplicación de la normatividad vigente para reducir las emisiones contaminantes generadas en establecimientos industriales, comerciales y de servicios.

Descripción. Para que la aplicación de la normatividad vigente en materia de sea eficaz y se uniformicen los criterios empleados, es necesario que el Gobierno del Estado y el Gobierno Municipal adecuen sus instrumentos normativos haciéndolos congruentes con los de la nueva Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, para que su aplicación sea eficiente y se vigile su estricto cumplimiento. De la misma manera la SEMARNAP, el Gobierno del Estado y el Gobierno Municipal, en el ámbito de su competencia, continuarán con la vigilancia de las fuentes para que cumplan con las normas NOM-085-ECOL-1994, la NOM-043-ECOL-1993 y la NOM-097-ECOL-1995, en particular de los giros y actividades que emiten los mayores volúmenes de contaminantes.

Meta. Establecer un programa permanente de observancia y cumplimiento de las Normas Oficiales Mexicanas en materia de calidad del aire y sus fuentes de contaminación.

Responsable: Profepa, Gob. Edo.,Gob. Mpal.

4. Convenir con la industria la implementación de un programa de reducción de Compuestos Orgánicos Volátiles (COV's)

Objetivo. Reducir las emisiones de compuestos orgánicos volátiles en la industria maquiladora, mediante el cambio de materias primas o la utilización de equipos y sistemas de control.

Descripción. Una gran parte de la industria establecida en Mexicali pertenece al ramo maquilador, que en su gran mayoría lleva a cabo el ensamble de piezas electrónicas. Para ello se utilizan grandes volúmenes de solventes para la limpieza de piezas, partes y componentes de los aparatos; debido a ello la generación de compuestos orgánicos volátiles es importante, ya que se estima que del volumen utilizado, más del 90% se emite a la atmósfera. Actualmente no se cuenta con una NOM que regule las emisiones de estas actividades, por lo que la SEMARNAP y el Gobierno del Estado promoverán un programa de reducción de estas emisiones, mediante el cambio o sustitución de materias primas o con la instalación de equipos y sistemas de control; en paralelo la SEMARNAP elaborará la norma correspondiente. De las industrias inventariadas en Mexicali, 32 de ellas emiten el 98.4% del total de las emisiones de Compuestos Orgánicos Volátiles.

Meta 1. Elaborar y publicar la Norma Oficial Mexicana para emisión de Compuestos Orgánicos Volátiles.

Meta 2. En tanto se emita una norma para regular Compuestos Orgánicos Volátiles, convenir con la industria la implementación de sistemas a fin de disminuir las emisiones.

Responsable: INE, Asociación de maquiladoras.

Otros participantes: Gob. Edo., Delegación SEMARNAP.

5. Realizar por parte de la Comisión Federal de Electricidad un estudio de evaluación del impacto de las emisiones de la Geotérmica de Cerro Prieto y de ser necesario iniciar programa de acciones para reducirlas en un plazo máximo de un año

Objetivo. Evaluar el impacto de las emisiones generadas por la planta geotérmica de Cerro Prieto y en caso necesario implementar las acciones tendientes a disminuir las emisiones.

Descripción. La SEMARNAP se compromete a gestionar ante CFE el desarrollo de un estudio de modelación para conocer el impacto potencial de las emisiones de bióxido de azufre y otros contaminantes emitidos durante la generación de electricidad. Esto servirá para conocer el volumen de contaminantes emitidos por esta actividad, el área receptora de las emisiones dispersadas e implementar las medidas que se requieren para la reducción de las mismas. El estudio incluirá la revisión de la estimación de las emisiones de la planta geotérmica.

Una vez realizado el estudio de modelación de la dispersión de las emisiones, y de ser necesario, la CFE deberá implementar en menos de un año, un programa intensivo encaminado a reducir las emisiones de SO_2 y otros contaminantes generados por la planta geotérmica de Cerro Prieto. La implementación de este programa será evaluado periódicamente por la SEMARNAP en coordinación con las autoridades locales.

Meta. Realización de un estudio de evaluación del impacto de las emisiones de SO_2 y otros contaminantes de la planta geotérmica y en caso necesario disminuir las emisiones.

Responsable: CFE.

Otros participantes: Delegación SEMARNAP, INE, Profepa, Gob. Edo., Gob. Mpal.

6. Realizar auditorias ambientales y acciones de autorregulación en el sector industrial

Objetivo. Reducir las emisiones del sector industrial.

Descripción. La PROFEPA en coordinación con la Delegación estatal de la SEMARNAP, el INE, el Gobierno del Municipio y el Gobierno del Estado, promoverán ante las cámaras de industriales, comerciales y de servicios la realización de auditorias ambientales voluntarias y la firma de convenios de autorregulación para reducir las emisiones. Estos instrumentos han probado ser costo-eficientes, en tanto que los propios establecimientos identifican y llevan a cabo acciones de reducción de emisiones en aquellos componentes de sus procesos en donde esto es posible.

Meta. Implantar un programa de auditorias ambientales y programas de autorregulación.

Responsable: Delegación SEMARNAP, Profepa, INE, Gob. Edo., Gob. Mpal., CANACINTRA, Asociación de Maquiladoras.

7. Integrar un Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC) para Mexicali

Objetivo. Reducir las emisiones del sector industrial.

Descripción. El Gobierno de Baja California, el Gobierno de Mexicali y la SEMARNAP, establecerán los mecanismos para la modernización de la regulación y gestión ambiental de la industria a través de un convenio de coordinación. Dicha coordinación asegurará la homologación de obligaciones entre industria de jurisdicción federal y de jurisdicción local. Se propiciará la actualización de la regulación local y su instrumentación en forma compatible con los instrumentos desarrollados por los tres niveles de gobierno.

Ello permitirá a los participantes acceder a los beneficios proporcionados por el Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC).

Meta. Contar con instrumentos y procedimientos de regulación y gestión ambiental de la industria, compatibles en los diferentes niveles de gobierno, e instrumentar un Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC) a partir de la información proporcionada por la industria a la autoridad ambiental.

Responsable: Delegación SEMARNAP, Profepa, INE, Gob. Edo., Gob. Mpal., CANACINTRA, Asociación de Maquiladoras.

Acciones aplicables a vehículos

8. PEMEX evaluará la posibilidad de suministrar gasolina oxigenada y de baja presión de vapor Reíd (PVR)

Objetivo. Reducir las emisiones generadas por el parque vehicular en el verano y el invierno.

Descripción. La ciudad consume en promedio alrededor de 600 mil m^3 de gasolina anualmente; de esta cantidad la mayor parte es suministrada por PEMEX, con gasolina de la refinería de Salina Cruz, Oaxaca. Más del 95% de ésta es gasolina Magna, con una presión de vapor promedio de 8.3 $lb/pulg^2$ durante todo el año; sólo en algunas ocasiones el combustible es importado de los Estados Unidos. Las gasolinas que se suministran a Mexicali no son oxigenadas más allá de un contenido estándar. Considerando las condiciones climatológicas que se presentan en Mexicali y los niveles de ozono y monóxido de carbono que se registran en la red de monitoreo, PEMEX se compromete a elaborar un estudio para evaluar la necesidad de introducir combustibles ecológicos de baja presión de vapor Reíd para el verano y oxigenados para el invierno, con el fin de reducir las emisiones de hidrocarburos y monóxido de carbono generados por el parque vehicular. En caso necesario, PEMEX se compromete a suministrar los combustibles ecológicos.

Meta. Reducir las emisiones vehiculares de hidrocarburos y monóxido de carbono.

Responsable: PEMEX.

Otros participantes: INE, Delegación SEMARNAP.

9. Diseñar el modelo, consensar y aplicar el Programa de Verificación Vehicular

Objetivo. Reducir las emisiones de los vehículos automotores mediante su verificación.

Descripción. Existe la iniciativa del Gobierno del Estado y del Gobierno Municipal para promover un programa de verificación vehicular en la ciudad de Mexicali, lo cual en el aspecto legal, se encuentra previsto en el Reglamento Municipal de Ecología. Es necesario que este programa inicie el diseño del modelo para su posterior consenso y aplicación. Para el caso de esta ciudad es de importancia mencionar que la edad promedio de la flota vehicular es mayor a los 15 años y que más del 90% de las unidades son vehículos fronterizos adquiridos en los Estados Unidos, que casi en su mayoría han sido modificados en los sistemas de control de contaminantes, lo que los hace aún más contaminantes. Estas emisiones se hacen más notorias cuando, adicionalmente, se les da poco mantenimiento. Si se considera que para pasar la verificación vehicular es necesario realizar un mantenimiento a

los vehículos a gasolina y a diesel, las emisiones pueden reducirse considerablemente. Por lo cuál es recomendable que paralelamente se promueva un programa intensivo de afinación de vehículos, sobre todo los ostensiblemente contaminantes; este programa deberá promoverse ante la Unión de Taxistas, la UCAN y los loteros de venta de automóviles usados.

Por lo que respecta a la verificación de los vehículos del autotransporte público federal, el Gobierno Municipal y la SCT se comprometen a celebrar un convenio de coordinación, para que la verificación pueda también ser regulada por las autoridades municipales.

Meta. Promover el programa de verificación vehicular para reducir las emisiones de monóxido de carbono, partículas e hidrocarburos.

Responsable: Gob. Mpal., SCT.

Otros participantes: Unión de Taxistas, UCAN, loteros.

10. Condicionar la importación de vehículos a la certificación de verificación vehicular de su país de origen

Objetivos. Vigilar el estricto cumplimiento de los requisitos en materia ambiental en la importación de vehículos automotores.

Descripción. En la actualidad la importación de vehículos, sobre todo usados, que se hace hacia la zona fronteriza no cumple cabalmente con la legislación vigente en sus aspectos ambientales. Por ello, las Secretarías de Hacienda y Crédito Público y de Comercio y Fomento Industrial y la Aduana Fronteriza de Mexicali, aplicarán de manera estricta el cumplimiento normativo en la importación de vehículos usados y se vigilará el cumplimento de las normas mexicanas de emisión de los vehículos, así como las vigentes en su país de origen. Adicionalmente, como acción complementaria, la SHCP estudiará el establecer un programa de incentivos fiscales para promover la renovación de las flotas vehiculares de taxis y camiones de pasajeros.

Meta. Regular la importación de vehículos a la zona fronteriza en materia de cumplimiento de la normatividad de emisiones contaminantes a la atmósfera, para evitar la introducción al municipio de vehículos altamente contam
carbono, hidrocarburos, óxidos de nitrógeno y partículas.

Responsable: SHCP, SECOFI.

Otros participantes: INE, Delegación SEMARNAP, Gob. Edo., UCAN, loteros de venta de automóviles usados.

11. Impulsar la utilización de gas LP y gas natural en el transporte público

Objetivo. Reducir las emisiones vehiculares generadas por el transporte público de carga y pasajeros.

Descripción. Al igual que los autos particulares, en Mexicali los vehículos de transporte público de carga y pasaje en su gran mayoría son importados de los EUA; estos vehículos son modelos antiguos que han sufrido varias modificaciones en sus motores y se les han eliminado los sistemas de control de las emisiones contaminantes. Por lo tanto, deberá impulsarse la instalación de sistemas de carburación a gas natural y gas LP como combustible en lugar de gasolina, preferentemente en el transporte público. Las autoridades vigilarán que las reconversiones sean efectuadas en cumplimiento estricto de las especificaciones de seguridad, extendiendo las autorizaciones correspondientes. Para el caso del uso de gas LP, se evaluará su posible contribución de emisiones de precursores y su impacto en la formación de ozono.

Meta. Promover ante los concesionarios del transporte público, la utilización de combustibles limpios.

Responsable: Particulares.

Otros participantes: Gob. Edo., Gob. Mpal., SCT, INE.

12. Diseñar e implantar un programa de detención y sanción de vehículos ostensiblemente contaminantes

Objetivo. Reducir las emisiones generadas por los vehículos automotores ostensiblemente contaminantes.

Descripción. En la actualidad, en Mexicali solamente funciona un centro de verificación para el autotransporte federal. Debido a la avanzada edad del parque vehicular existen un gran número de unidades con altas emisiones visibles, por lo que al iniciar el programa de verificación vehicular se puede poner en marcha de forma paralela un programa de vigilancia para sancionar a los vehículos que, en forma visible, se observe su contaminación; con esta medida se apoyará al programa de verificación vehicular. Dicho programa será aplicado por las autoridades municipales previo convenio con la SCT para que aplique también a las unidades del transporte público federal que circula por el Municipio de Mexicali. La SEMARNAP se compromete a efectuar las gestiones correspondientes ante la SCT.

Meta. Operar un programa de retiro de la circulación de los vehículos altamente contaminantes para reducir las emisiones de monóxido de carbono, hidrocarburos, partículas y óxidos de nitrógeno.

Responsable: Gob. Mpal., SCT.

Otros participantes: INE, Delegación SEMARNAP.

Acciones aplicables a la gestión urbana y el transporte

13. Aplicación de estabilizadores de suelo para el control de emisiones de PM10 en calles, áreas no pavimentadas y de intenso tránsito

Objetivo. Reducir las emisiones de partículas generadas por los caminos no pavimentados y terrenos baldíos.

Descripción. Entre las principales fuentes generadoras de partículas en Mexicali se tienen a las calles no pavimentadas y los terrenos baldíos. En la ciudad se cuenta con cerca del 40% de las vialidades sin pavimento, en las cuales existe un tráfico vehicular considerable y que aunado a la poca precipitación pluvial de la región y al tipo de textura de suelo, facilitan el desprendimiento de partículas de la capa superior del suelo, aun ante la presencia de vientos de muy poca velocidad. Es importante mencionar que los 3 niveles de gobierno, han realizado a lo largo de la historia la pavimentación de alguna superficie de vialidades, sin embargo esta actividad es costosa, por lo cual se propone que se evalúen algunas substancias químicas y materiales que sirven como estabilizadores de suelo, que pudieran utilizarse para reducir las emisiones de polvos.

La SEMARNAP realizará un estudio de priorización de las calles, áreas no pavimentadas y caminos de tránsito intenso de las áreas urbanas y zonas aledañas del Valle de Mexicali que requieren ser estabilizados y lo pondrá a disposición de las autoridades del Municipio y del Gobierno del Estado, para que con base en él se calendarize y ejecute el programa de estabilización de suelos; este estudio servirá también para priorizar las actividades de pavimentación (medida 14) y forestación (medida 23).

Meta 1. Efectuar un estudio de jerarquización de caminos y áreas para estabilizar su superficie.

Meta2. Aplicar estabilizadores de suelos a calles sin pavimentar de Mexicali.

Responsable: INE, Delegación SEMARNAP, Gob. Edo., Gob. Mpal.

14. Intensificar un programa de pavimentación de calles y caminos

Objetivo. Reducir las emisiones de partículas generadas en calles y avenidas sin pavimentar, como una mejora de las condiciones ambientales.

Descripción. En la actualidad, en la ciudad de Mexicali aproximadamente el 40% de las calles se encuentran sin pavimentar y se estima que el 20% de los viajes realizados en la ciudad se hacen por calles no pavimentadas; lo anterior aunado al tipo de suelo de la región y a la baja precipitación pluvial, hacen que las emisiones generadas en ellas y en los caminos no pavimentados de las áreas aledañas del Valle

de Mexicali sea de 53,689 ton/año, por lo que se hace necesario que el Gobierno del Estado y el Gobierno Municipal con los programas de apoyo por parte de SEDESOL, impulsen la pavimentación de calles, seleccionando prioritariamente a las de mayor tráfico vehicular. La SEMARNAP realizará un estudio de priorización de las calles y caminos que requieren ser pavimentados y lo pondrá a disposición del municipio, la SAHOPE y el PECR, para que con base en él se calendarize y ejecute el programa de pavimentación en calles y caminos.

La Dirección de Ecología del Estado considerará la inclusión de medidas de mitigación para actividades que generan emisiones de partículas, dentro de sus criterios para otorgar permisos para los nuevos desarrollos habitacionales, comerciales y urbanos.

Meta 1. Lograr la canalización de recursos federales adicionales a los programas normales en consideración de la alta prioridad de Mexicali en lo que respecta al combate a la contaminación por falta de pavimentos.

Meta 2. En base de la meta 1, pavimentar 360,000 m^2 de calles para reducir las emisiones de partículas.

Responsable: SAHOPE, Promotora Estatal de Comunidades Rurales (PECR), Gob. Mpal.

Otros participantes: Delegación SEMARNAP, INE.

15. Participación de PEMEX en forma preferencial en precio de combustibles y asfaltos a utilizar en obras de pavimentación

Objetivo. Adquirir los medios necesarios para un eficaz combate a la contaminación por falta de asfaltos.

Descripción. Como apoyo a los programas de pavimentación y estabilización de suelos que el Gobierno Municipal esté desarrollando, durante la vigencia del Programa PEMEX se compromete a donar alrededor de 4 mil metros cúbicos por año de asfalto, así como la donación de cerca de 3 mil litros anuales de gasolina exclusivamente para pavimentación de calles que aún no cuentan con pavimento; el bacheo de calles se hará con pavimentos de otra procedencia. Con estas acciones, los programas de pavimentación del Gobierno Municipal podrán desarrollarse de manera más eficiente.

Meta. Apoyar los programas de pavimentación en Mexicali con asfaltos y gasolina, entre otros.

Responsable: PEMEX.

Otros participantes: Gob. Mpal., INE.

16. Convenir la transferencia, operación y financiamiento de la red de monitoreo atmosférico

Objetivo. Continuar con la operación de la red de monitoreo por parte de las autoridades locales.

Descripción. La red de monitoreo atmosférico inició su operación a principios de 1997 dentro del marco del programa Frontera XXI, con recursos de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) y la Agencia de Recursos del Aire de California (CARB), en colaboración con la Delegación de la SEMARNAP y el INE. La red está integrada por 6 estaciones de monitoreo, 4 de ellas son automáticas y cuentan con analizadores para medir O_3, NO_2, SO_2, CO y algunos parámetros meteorológicos. Además, se toman muestras de partículas PM10 de forma manual; en las dos estaciones restantes sólo se muestrean las partículas PM10 y PST. La operación de la red como se mencionó anteriormente, se ha realizado con recursos proporcionados por las agencias norteamericanas, por lo que ha sido necesario encontrar los mecanismos necesarios para financiar la operación y mantenimiento de la red, ya que el apoyo de las agencias norteamericanas sólo se extenderá hasta fines del 2001, estableciéndose en lo inmediato un programa de transición en donde cada vez más la autoridad local irá asumiendo la operación de la red, con el apoyo de las agencias y dependencias mencionadas. Dentro del proceso de transferencia se dará particular importancia al entrenamiento de técnicos para la operación y manejo de la información para que esta sea proporcionada de manera muy frecuente a la población. Así mismo, se reforzará el equipamiento de la red de monitoreo y se contempla iniciar monitoreos personales de exposición a la contaminación.

Meta 1. Convenir las participaciones de SEMARNAP, Gobierno del Estado, Gobierno Municipal e Instituciones de Educación Superior para el mantenimiento, operación y financiamiento de las estaciones de monitoreo.

Meta2: Transferir la operación y mantenimiento de la Red de Monitoreo a las autoridades locales de la ciudad de Mexicali.

Responsable: Gob. Mpal.

Otros participantes: INE, Delegación SEMARNAP, Gob. Edo., Instituciones de Educación Superior, EPA, CARB.

17. Desarrollar un estudio integral y ejecución de mejoras del transporte

Objetivo. Contar con un estudio integral del transporte que sirva como base para diseñar programas de movilización masiva reduciendo el uso del vehículo particular.

Descripción. En Mexicali se ha realizado sólo un estudio de transporte, ello fue en el año de 1993, por la Universidad Autónoma de Baja California y el Gobierno del Estado. Este estudio marca el inicio de análisis de este tipo, pero hace falta realizar proyectos con mayor alcance, que permitan identificar la problemática real del transporte en general y con el cual se puedan instrumentar una serie de políticas y proyectos que favorezcan la circulación, los tiempos, movimientos y recorridos, para la optimización de las rutas existentes y la creación de nuevas rutas. Así mismo, es importante mejorar el transporte masivo de pasajeros con el fin de reducir el uso del vehículo particular.

Meta. Reducir las emisiones generadas por el transporte.

Responsable: Gob. Mpal.

Otros participantes: Gob. Edo., Instituciones de Educación.

18. Promover un programa de participación social y educación ambiental

Objetivos. Concientizar a la población para contribuir y participar en las acciones de reducción de las emisiones e integrar programas sociales para prevenir la contaminación.

Descripción. El Gobierno del Estado en coordinación con las dependencias, con el grupo de información ambiental del Programa Frontera XXI e instituciones educativas, promoverán un programa de integración de los diferentes grupos sociales con el fin de acrecentar la conciencia y difusión de las actividades sobre la prevención y control de la contaminación del aire. Este tipo de actividades han demostrado que son necesarias al logro de objetivos de los programas ambientales, ya que el conocimiento de la prevención y control de la contaminación no incumbe solamente a las autoridades, sino deben ser el producto de la suma de esfuerzos de todos los integrantes de una comunidad.

Meta. Desarrollar un programa de participación social y educación ambiental.

Responsable: Gob. Edo., Gob. Mpal.

Otros participantes: Delegación SEMARNAP, Instituciones de Educación, organizaciones no-gubernamentales.

19. Consolidar un programa de vigilancia epidemiológica asociada a la contaminación, así como implementar medidas preventivas y correctivas

Objetivo. Contar con la información actualizada y permanente de las condiciones de salud de la población de Mexicali, a través de la puesta en marcha del programa de vigilancia epidemiológica.

Descripción. Las autoridades ambientales y sanitarias, y la comunidad en general, necesitan contar con información permanente sobre los efectos del ambiente en la salud. Esta información es importante para la toma de decisiones y para la consistencia en la aplicación del Programa para Mejorar la Calidad del Aire de Mexicali, de tal manera que la activación del sistema de vigilancia permita generar la información necesaria para conocer y evaluar los daños y efectos en la salud de la población y con ello enfocar de manera eficiente las medidas de prevención, protección y atención pertinentes.

Como parte del programa de vigilancia epidemiológica, las autoridades de salud en coordinación con las autoridades competentes y el grupo de salud ambiental de Frontera XXI, llevarán a cabo campañas de difusión para informar oportunamente a la población sobre las medidas preventivas y correctivas que deben seguir para evitar efectos a la salud por exposición a la contaminación.

Meta. Contar con un sistema de vigilancia epidemiológica permanente y para los episodios críticos de contaminación del aire.

Responsable: SSA.

Otros participantes: INE, Delegación SEMARNAP, Gob. Edo.

20. Desarrollar un programa de estímulos fiscales para las personas, instituciones y organismos que desarrollen programas de prevención y control de la contaminación

Objetivo. Fomentar mediante el otorgamiento de estímulos fiscales y otros instrumentos económicos, el uso de tecnologías de control de emisiones.

Descripción. Las autoridades de los tres niveles de gobierno instrumentarán un programa mediante el cual se pueda promover y otorgar estímulos fiscales a las instituciones, personas u organismos que desarrollen iniciativas para reducir la contaminación del aire. Esto servirá a manera de incentivo para que los interesados en ello presenten programas y reduzcan de forma costo-eficiente sus emisiones contaminantes. Par ello se brindará información de programas existentes con las autoridades hacendarias y la banca de desarrollo.

Meta. Otorgar estímulos fiscales a quien participe en reducir las emisiones contaminantes a la atmósfera.

Responsable: SHCP.

Otros participantes: INE, Delegación SEMARNAP, Gob. Edo., Gob. Mpal.

21. Integrar a la Comisión Municipal de Ecología del COPLADEMM en el seguimiento del Programa

Objetivo. Fortalecer a la Comisión Municipal de Ecología para dar seguimiento a las acciones para mejorar la calidad del aire Mexicali.

Descripción. El fortalecimiento de la Comisión de Ecología para que de seguimiento a las acciones del Programa para Mejorar la Calidad del Aire de Mexicali, constituirá uno de los puntos importantes en el desarrollo de las mismas, ya que permitirá reorientar, si fuese necesario, las estrategias y medidas en ejecución e identificar otras que se consideren necesarias. Será aun más importante que los logros alcanzados sean evaluados y puestos en perspectiva por todos los sectores participantes en el mismo y en particular por los grupos no gubernamentales. El reforzamiento de esta Comisión permitirá así mismo dar continuidad al presente Programa.

Meta. Establecer el programa de seguimiento de la Comisión de Ecología que evalúe los avances alcanzados en el Programa para Mejorar la Calidad del Aire de Mexicali.

Responsable: Gob. Mpal.

Otros participantes: Comisión de Ecología del COPLADEMM, Gob. Edo., Delegación SEMARNAP.

Acciones aplicables para la recuperación ecológica

22. Estudiar y establecer factores de emisión y opciones de control por prácticas y quemas agrícolas

Objetivo. Reducir las emisiones de partículas generadas por la erosión del suelo de algunas prácticas agrícolas.

Descripción. Otro de los contaminantes que en varias ocasiones rebasa la norma ambiental de calidad del aire son las partículas PM10. En esta región es importante considerar que el tipo de suelo es arcillo arenoso con por lo menos un 20% de contenido de limo, asociado con una escasa precipitación pluvial. De acuerdo a la forma en que se realizan los cultivos que se siembran en la región, estos varían en el ciclo agrícola, por lo que de tres a cuatro meses del año los suelos se encuentran desprovistos de vegetación. Así mismo se observa que la preparación de los mismos se inicia en los meses de noviembre a enero, que es la época en que se registran vientos con diferentes velocidades que erosionan con facilidad las partículas finas del suelo generando importantes emisiones de polvos. Por lo anterior es conveniente replantear ante las autoridades fitosanitarias la conveniencia de redefinir la época en que se deben preparar los suelos de cultivo agrícola, comprometiéndose la SEMARNAP a hacer las gestiones pertinentes ante la SAGAR.

Otro problema que se da en la región son las quemas en los campos agrícolas, emitiéndose cantidades importantes de contaminantes que afectan a los residentes de Mexicali. No obstante, no hay estimado un factor de emisión nacional, para las quemas agrícolas, por lo que es fundamental a fin de tener un buen marco de referencia, el estimar estos factores. De esta manera, se podrá tener a ciencia cierta, el volumen de contaminantes que es generado por esta actividad. Este fenómeno se presenta de ambos lados de la frontera, por lo que SEMARNAP se compromete a que todos los estudios y proyectos que se lleven a cabo para quemas agrícolas, se manejen de manera conjunta con la SAGAR y las autoridades de Estados Unidos. Así mismo es necesario promover mejores prácticas agrícolas en la aplicación de insecticidas y fertilizantes para reducir las emisiones en esta actividad.

Meta 1. Estudiar factores de emisión por quemas agrícolas en ambos lados de la frontera.

Meta 2. Reducir las emisiones de partículas generadas por los suelos y las prácticas

Responsable: INE, Delegación SEMARNAP, SAGAR, SEFOA.

Otros participantes: Gob. Mpal., DGE, EPA, CARB, Autoridades de Valle Imperial.

23. Diseñar un programa de forestación y preservación de zonas arboladas

Objetivo. Reducir las emisiones de PM10 proveniente de la erosión de suelo.

Descripción. Por su ubicación, Mexicali en la actualidad sigue siendo una ciudad con carácter urbano-rural. Como se indicó en la acción anterior, las prácticas agrícolas, el tipo de suelo y las condiciones climáticas asociadas, resultan desfavorables para la calidad del aire debido a las emisiones de polvos que resultan. Debido a ello se propone que en coordinación, los tres niveles de gobierno diseñen un programa de forestación en las áreas que generan estas emisiones, para lo cuál la SEMARNAP realizará un estudio de suelos en el área urbana y zonas agrícolas aledañas que requieran ser forestadas, priorizando las que contribuyen con mayores emisiones de PM10. Con ello se elaborará un programa calendarizado, utilizando especies de rápido crecimiento y con posibilidades de adaptación al tipo de suelo existente; las plantaciones deberán realizarse a manera de cortinas rompevientos a distancias técnicamente viables las cuales serán recomendadas en el estudio realizado por la SEMARNAP.

Meta. Reducir las emisiones de partículas PM10.

Responsable: DGE, Gob. Mpal., INE, Delegación SEMARNAP, Sedena.

Acciones aplicables en la investigación y acuerdos internacionales

24. Revisar y actualizar periódicamente el inventario de emisiones y el PROAIRE

Objetivo. Contar con un inventario confiable que sirva como base para diseñar acciones para reducir las emisiones en los diferentes sectores.

Descripción. El inventario de emisiones es un instrumento dinámico que requiere ser actualizado periódicamente. Para el caso de Mexicali se plantea que la actualización se de por lo menos cada tres años, para lo cual la SEMARNAP podrá capacitar a los técnicos de los otros niveles de gobierno para que de acuerdo a sus jurisdicciones, integren los inventarios de los sectores que les correspondan; es también importante que se busque la participación de las instituciones de educación e investigación para la realización de algunos estudios que sean necesarios a la actualización del inventario.

Los futuros inventarios deberán desarrollarse para ser utilizados en la modelación y para ello la SEMARNAP impulsará la elaboración de un inventario de emisiones regional que incluya las fuentes relevantes de Mexicali y del Valle Imperial, como son las emisiones provenientes de actividades agrícolas, de aeropuertos y otros.

Así mismo, se deberá actualizar el PROAIRE, de tal manera que este vaya actualizando las estrategias conforme a la problemática que se genera en la ciudad. Por lo tanto, el inventario de emisiones y los datos que proporcione la red de monitoreo, se puedan ver reflejados en el Programa de Calidad del Aire.

Meta 1. Contar con un inventario de emisiones actualizado que sirva de instrumento para la toma de decisiones.

Meta 2. Contar con un Programa de Calidad del Aire de acuerdo con las condiciones cambiantes de la Ciudad.

Responsable: Gob. Edo., Gob. Mpal., Delegación SEMARNAP, INE.

25. Celebrar convenios con las instituciones de educación superior para la realización de estudios relacionados con la contaminación

Objetivos. Convenir con instituciones de investigación y de educación superior la realización de estudios relacionados con la contaminación.

Descripción. Hasta ahora la ciudad de Mexicali ha sido objeto de relativamente pocos estudios relacionados con la contaminación ambiental, por lo que es necesario que las autoridades de los tres niveles de gobierno busquen la cooperación de las

instituciones de educación superior y de investigación para la realización de estudios específicos que sirvan para actualizar e integrar un mejor inventario de emisiones, caracterizar la presencia de agroquímicos y pesticidas en el aire y llevar a cabo investigaciones de estrategias de reducción de emisiones contaminantes para apoyar la toma de decisiones; en particular se buscará realizar un estudio de técnicas y métodos de reducción de las emisiones provenientes de caminos pavimentados y se investigarán técnicas de medición y control de olores de instalaciones tales como las lagunas de oxidación de aguas residuales, plantas de tratamiento de aguas, establos y drenes, cuyos olores provocan molestias a la población de Mexicali. La medida se iniciará elaborando un catálogo de proyectos potenciales que se priorizarán y se identificarán los costos y posibles fuentes de financiamiento.

Meta. Celebrar convenios con las instituciones de educación superior para la realización de estudios para prevenir y reducir la contaminación.

Responsable: Gob. Edo., Gob. Mpal., Delegación SEMARNAP.

Otros participantes: Instituciones de Educación, INE.

26. Celebrar convenios con instituciones internacionales para la realización de actividades de capacitación y estudios relacionados con la contaminación del aire

Objetivos. Convenir con instituciones internacionales la realización de estudios especiales y el financiamiento de los mismos.

Descripción. En la actualidad la ciudad de Mexicali ha sido objeto de la realización de estudios que han sido financiados por organismos internacionales, entre ellos se puede mencionar la elaboración del inventario de emisiones, el estudio de partículas PM10, el estudio de fuentes únicas y el de emisiones generadas por las taquerías. De la misma forma se ha recibido apoyo para la instalación y operación de la red de monitoreo. Por lo anterior es necesario continuar con la promoción de convenios de cooperación con las instituciones internacionales que han apoyado esta iniciativas, tales instituciones pueden ser la Agencia de Protección Ambiental de los EUA. (EPA), la Agencia de Recursos del Aire de California (CARB), la Asociación de Gobernadores del Oeste (WGA) y el Centro de Información de la Calidad del Aire de la EPA (CICA), entre otros. Es importante continuar estos estudios e iniciar trabajos para la modelación regional de la calidad del aire, que permitan identificar y dimensionar la contribución y el impacto de las fuentes más importantes.

Meta. Establecer convenios para la obtención de recursos para la realización de estudios para prevenir y reducir la contaminación.

Responsable: INE, DGE, Gob. Mpal.

Otros participantes: EPA, CARB, WGA, CICA.

27. Reforzar las acciones del Programa Frontera XXI y programas binacionales subsecuentes

Objetivo. Fortalecer los esfuerzos conjuntos, que para mejorar la calidad del aire en la cuenca Mexicali-Valle Imperial, se están llevando a cabo en el Grupo de Calidad del Aire del Programa Frontera XXI.

Descripción. Se dará continuidad a una serie de trabajos binacionales que, en el marco del Programa Frontera XXI, fueron iniciados con anterioridad. Entre estas actividades se pueden destacar, la operación de la red de monitoreo atmosférico, la actualización del inventario de emisiones, los estudios de modelación de la calidad del aire y estudios regionales de prevención y control de las fuentes contaminantes.

Meta. Obtener el apoyo de los gobiernos de los dos países para realizar estudios, programas y actividades regionales que permitan reducir y controlar las emisiones a la atmósfera.

Responsable: INE, Delegación SEMARNAP.

Otros participantes: Gob. Edo., Gob. Mpal., EPA, CARB, Autoridades de Valle Imperial.

3. Metas

En base a los objetivos planteados, las estrategias diseñadas y acciones específicas, los contaminantes emitidos por la gran gama de fuentes tenderán a disminuir paulatinamente; de este modo, el Programa de Calidad del Aire, en cumplimiento con las medidas antes descritas, proporcionará un marco de referencia a fin de reestructurar futuras acciones para el combate a la contaminación del aire en Mexicali.

Por lo tanto, se puede establecer como meta general el implementar acciones dirigidas a abatir las principales fuentes de contaminación atmosférica, acciones que puedan ser cuantificables de tal manera que su efectividad pueda ser evaluada anualmente por la Red de Monitoreo de la Calidad del Aire y con ello desarrollar un marco de referencia que permita retroalimentar y fortalecer el presente programa e identificar las mejores estrategias de gestión ambiental que lleven al saneamiento de la calidad del aire en Mexicali.

Se estima que con la aplicación de las medidas del Programa se reducirán en alrededor de un 20% las emisiones de hidrocarburos, de óxidos de nitrógeno y de monóxido de carbono; 30% las de partículas PM10 y 40% las de bióxido de azufre para el año 2005 (Anexo D). Se considera que con estas reducciones de las emisiones antropogénicas se podrá llegar a cumplir con las normas de calidad del aire.

Una estimación preliminar de los costos implicados en 10 de las medidas del Programa arrojan una inversión por parte de sector público y privado de alrededor de 400 millones de pesos para cada uno de ellos, significando que si bien el aire que respiramos es un bien común y de libre acceso, su cuidado y saneamiento traen aparejados costos significativos que habrá de tomar en cuenta la sociedad en su conjunto.

Estimación de la reducción de emisiones debido al programa (ton/año)

	NOx	**HC**	**SO_2**	**CO**	**PM10**
Industria, comercio y servicios	757	2,613	1,707	NE	1,392
Vehículos	3,580	9,868	NE	58,230	123
Gestión urbana y transporte	NE	NE	NE	NE	22,335
Recuperación ecológica	NE	NE	NE	NE	6,178
Investigación y acuerdos internacionales	NE	NE	NE	NE	NE
Total (ton/año)	**4,337**	**12,481**	**1,768**	**58,230**	**30,028**
Total (%)	**23**	**24**	**45**	**22**	**35**

I. INDUSTRIA, COMERCIOS Y SERVICIOS

Acciones	Responsables	Avance y desarrollo						Impacto esperado al año 2005 en toneladas de emisiones				
		2000	2001	2002	2003	2004	2005	NOx	HC	SO_2	CO	PM10
1. Reducir las emisiones de las empresas más contaminantes a través de la instalación de equipos de control y de reingeniería de procesos	CANACINTRA, Industriales							757	NE	1,707	NE	1,392
2. Implementar un programa de recuperación de vapores en terminales de almacenamiento y estaciones de servicio de combustibles	SEMARNAP, PEMEX, Propietarios							NA	1,436	NA	NA	NA
3. Fortalecer la inspección y vigilancia de establecimientos industriales, comerciales y de servicios	SEMARNAP, Gob. Edo., Gob. Mpal.							NE	NE	NE	NE	NE
4. Convenir con la industria la implementación de un programa de reducción de Compuestos Orgánicos Volátiles (COV's)	SEMARNAP, Asociación de Maquiladoras							NA	1,177	NA	NA	NA
5. Realizar por parte de la Comisión Federal de Electricidad un estudio de evaluación del impacto de las emisiones de la geotérmica de Cerro Prieto y de ser necesario iniciar programa de acciones para reducirlas en un plazo máximo de un año	CFE							NA	NA	NA	NA	NA
6. Realizar auditorías ambientales y acciones de autoregulación en el sector industrial	SEMARNAP, Gob. Edo., Gob. Mpal., CANACINTRA, Asociación de Maquiladoras							NE	NE	NE	NE	NE
7. Integrar un Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC) para Mexicali	SEMARNAP, Gob. Edo., Gob. Mpal., CANACINTRA, Asociación de Maquiladoras							NE	NE	NE	NE	NE

Abreviaturas:
NA = No Aplica
NE = No Estimado

	NOx	HC	SO_2	CO	PM10
Reducción de emisiones (ton/año)	757	2,613	1,707	NE	1,392
Reducción respecto al sector (%)	34	16	59	NE	3
Reducción respecto al total (%)	4	5	45	NE	2

Estudio Diseño y concertación Instrumentación

II. VEHÍCULOS

Acciones	Responsables	Avance y desarrollo						Impacto esperado al año 2005 en toneladas de emisiones				
		2000	2001	2002	2003	2004	2005	NOx	HC	SO_2	CO	PM10
8. PEMEX evaluará la posibilidad de suministrar gasolina oxigenada y de baja presión de vapor Reíd (PVR)	PEMEX							NE	NE	NE	NE	NE
9. Diseñar el modelo, consensar y aplicar el Programa de Verificación Vehicular	Gob. Mpal., SCT							3,580	9,868	NA	58,230	123
10. Condicionar la importación de vehículos a la certificación de verificación vehicular de de origen	SHCP, SECOFI							NE	NE	NE	NE	NE
11. Impulsar la utilización de gas LP y gas natural en el transporte público	Particulares							NE	NE	NE	NE	NE
12. Diseñar e implantar un programa de detención y sanción de vehículos ostensiblemente contaminantes	Gob. Mpal., SCT							NE	NE	NE	NE	NE

Abreviaturas:
NA = No Aplica
NE = No Estimado

	NOx	HC	SO_2	CO	PM10
Reducción de emisiones (ton/año)	3,580	9,868	NE	58,230	123
Reducción respecto al sector (%)	24	32	0	24	24
Reducción respecto al total (%)	19	19	0	22	0.1

Estudio Diseño y concertación Instrumentación

III. GESTIÓN URBANA Y TRANSPORTE

Acciones	Responsables	Avance y desarrollo						Impacto esperado al año 2005 en toneladas de emisiones				
		2000	2001	2002	2003	2004	2005	NOx	HC	SO_2	CO	PM10
13. Aplicación de estabilizadores de suelos para el control de emisiones de PM10 en calles, áreas no pavimentadas y de	SEMARNAP, Gob. Edo., Gob. Mpal.							NA	NA	NA	NA	14,496
14. Intensificar un programa de pavimentación de calles y caminos	Gob. Edo., Gob. Mpal.							NA	NA	NA	NA	7,839
15. Participación de PEMEX en forma preferencial en precio de combustibles y asfaltos a utilizar en obras de pavimentación	PEMEX											
16. Convenir la transferencia, operación y financiamiento de la red de monitoreo atmosférico	Gob. Mpal.							NA	NA	NA	NA	NA
17. Desarrollar un estudio integral y ejecución de mejoras del transporte público	Gob. Mpal.							NE	NE	NE	NE	NE
18. Promover un programa de participación social y educación ambiental	Gob. Edo., Gob., Mpal.							NE	NE	NE	NE	NE
19. Consolidar un programa de vigilancia epidemiológica asociada a la contaminación, así como implementar medidas preventivas y correctivas	SSA							NA	NA	NA	NA	NA
20. Desarrollar un programa de estímulos fiscales para las personas, instituciones y organismos que desarrollen programas de prevención y control de la contaminación	SHCP							NE	NE	NE	NE	NE
21. Integrar a la Comisión Municipal de Ecología del COPLADEMM en el seguimiento del Programa	Gob. Mpal.							NA	NA	NA	NA	NA

Abreviaturas:

NA = No Aplica

NE = No Estimado

	NOx	HC	SO_2	CO	PM10
Reducción de emisiones (ton/año)	NE	NE	NE	NE	22,335
Reducción respecto al sector (%)	NE	NE	NE	NE	36
Reducción respecto al total (%)	NE	NE	NE	NE	26

Estudio Diseño y concertación Instrumentación

IV. RECUPERACIÓN ECOLÓGICA

Acciones	Responsables	Avance y desarrollo						Impacto esperado al año 2005 en toneladas de emisiones				
		2000	2001	2002	2003	2004	2005	NOx	HC	SO_2	CO	PM10
22. Estudiar y establecer factores de emisión y opciones de control por prácticas y quemas agrícolas	SEMARNAP, SAGAR, Gob. Edo.							NE	NE	NE	NE	NE
23. Diseñar un programa de forestación y preservación de zonas arboladas	Gob. Edo., Gob. Mpal., SEMARNAP, SEDENA							NA	NA	NA	NA	6,178

Abreviaturas:

NA = No Aplica

NE = No Estimado

	NOx	HC	SO_2	CO	PM10
Reducción de emisiones (ton/año)	NE	NE	NE	NE	6,178
Reducción respecto al sector (%)	NE	NE	NE	NE	30
Reducción respecto al total (%)	NE	NE	NE	NE	7

V. INVESTIGACIÓN Y ACUERDOS INTERNACIONALES

Acciones	Responsables	Avance y desarrollo						Impacto esperado al año 2005 en toneladas de emisiones				
		2000	2001	2002	2003	2004	2005	NOx	HC	SO_2	CO	PM10
24. Revisar y actualizar periódicamente el inventario de emisiones y el PROAIRE	SEMARNAP, Gob. Edo., Gob. Mpal.							NA	NA	NA	NA	NA
25. Celebrar convenios con las instituciones de educación superior para la realización de estudios relacionados con la contaminación	Gob. Edo., Gob. Mpal., SEMARNAP							NA	NA	NA	NA	NA
26. Celebrar convenios con instituciones internacionales para la realización de actividades de capa estudios relacionados con la contaminación del aire	Gob. Edo., Gob. Mpal., SEMARNAP							NA	NA	NA	NA	NA
27. Reforzar las acciones del Programa Frontera XXI y programas binacionales subsecuentes	SEMARNAP, Gob. Edo., Gob. Mpal.							NE	NE	NE	NE	NE

Abreviaturas:

NA = No Aplica

NE = No Estimado

	NOx	HC	SO_2	CO	PM10
Reducción de emisiones (ton/año)	NE	NE	NE	NE	NE
Reducción respecto al sector (%)	NE	NE	NE	NE	NE
Reducción respecto al total (%)	NE	NE	NE	NE	NE

Estudio Diseño y concertación Instrumentación

7. BIBLIOGRAFÍA

1. Calvert, J.G., Heywood, J.B., Sawyer, R.F., Seinfield, J.H., 1993. Science, Vol. 261, p.37. Citado en el Programa para mejorar la Calidad del Aire en el Valle de México 1995-2000.

2. COPLADEM, 1996. Plan de Desarrollo Municipal de Mexicali 1996-1998, XV Ayuntamiento de Mexicali.

3. Chow, C.J. and Watson, G.J., 1995. Imperial Valley/Mexicali Cross Border PM-10 Transport Study. Draft Final Report Prepared for U.S. Environmental Protection Agency, Region IX by Desert Research Institute. DRI Document No. 8623.2D1.

4. Dirección General de Ecología, 1993. Plan de Ordenamiento Ecológico del Estado de Baja California. Dirección General de Ecología, Gobierno del Estado de Baja California.

5. Ermak, D.L., Nyholm, R.A. and Gudiksen, P.H., 1979. Imperial Valley Environmental Project: Air Quality Assesment. Work performed under the auspicies of the U.S. Department of Energy by the University of California-Lawrence Livermore Laboratory under contract number W-7405-ENG-48. Distribution category UC-66 (UCRL-52699).

6. Fields, G.P., Houdashelt, C.L. and Carlson, P., 1993. State Implementation Plan for PM-10 in the Imperial Valley. Final report prepared for Imperial County Air Pollution Control Distrct, by E.H. Pechan and Associates, Inc. Pechan report No. 93.04.006/449.

7. Fuentes, D., 1989. Caracterización del Sistema de Transporte Colectivo Urbano de la Ciudad de Mexicali, B.C.: Aspectos a Considerar en su Planeación. Cuadernos de Ciencias Sociales No. 6, Serie 4. Instituto de Investigaciones Sociales. Universidad Autónoma de Baja California.

8. Gámez, L.G. y Calleros J.R., 1989. Los Agroquímicos: Su impacto en el Medio Ambiente y la Salud Humana. Valle Imperial y Mexicali. El Colegio de la Frontera Norte. Mimeógrafo, 105 pp.

9. García, E., 1988. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Koppen. Edición de la Autora. México.

10. Gobierno del Distrito Federal, Gobierno del Estado de México, Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, Secretaría de Salud, 1997. Programa para Mejorar la Calidad del Aire en el Valle de México 1995-2000.

11. Gobierno del Estado de Jalisco, Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, Secretaría de Salud, 1997. Programa para el Mejoramiento de la Calidad del Aire en la Zona Metropolitana de Guadalajara 1997-2001.

12. Gobierno del Estado de Nuevo León, Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, Secretaría de Salud, 1997. Programa de Administración de la Calidad del Aire del Área Metropolitana de Monterrey 1997-2000.

13. Gobierno del Estado de Chihuahua, Municipio de Ciudad Juárez, Secretaría de Salud, Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, 1998. Programa de Gestión de la Calidad del Aire de Ciudad Juárez 1998-2002.

14. INEGI, 1994a. XIV Censo Industrial, Censos Económicos, Baja California. Gobierno del Estado de Baja California. INEGI. Aguascalientes.

15. INEGI, 1994b. XI Censo de Servicios, Censos Económicos, Baja California. Gobierno del Estado de Baja California. INEGI. Aguascalientes.

16. INEGI, 1997. Carta Urbana Base, Escala 1:25,000.

17. INEGI, 1997a. Anuario Estadístico del Estado de Baja California. Gobierno del Estado de Baja California. INEGI. Aguascalientes.

18. INEGI, 1997b. División Territorial del Estado de Baja California de 1810 a 1995. INEGI. Aguascalientes.

19. INEGI, 1998. Industria Maquiladora de Exportación, Mayo 1998. INEGI. Aguascalientes.

20. Jáuregui, O. E., 1981. Climatología de difusión de la ciudad de Tijuana, B.C. Boletín del Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. ero 11. México, D.F.

21. Keller, A. E., 1996. Environmental Geology. Prentice Hall. Seventh Edition. pp 280-283.

22. Municipio de Mexicali, Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población de Mexicali B.C. 1993/2007.

23. Radian Internacional, Semarnap, 1995. Methods Evaluation and Proposal for Mexico Emissions Inventory Program.

24. Radian Internacional, Semarnap, 1996. Implementation Plan for Mexico Emissions Inventory Methodology.

25. Radian International, Semarnap, 1996. Mexico Emissions Inventory Program Manuals, Volume III-Basic Emission Estimating Techniques.

26. Radian International, 1996. Development of Mobile Emissions Factors for Ciudad Juárez, Chihuahua.

27. Radian International, Semarnap, 1996. Mexico Emissions Inventory Program Manuals, Volume IV- Point Source Inventory Development.

28. Radian International, Semarnap, 1997. Mexico Emissions Inventory Program Manuals, Volume V- Area Source Inventory Development.

29. Radian International, Semarnap, 1997. Mexico Emissions Inventory Program Manuals, Volume II-Emission Inventory Fundamentals.

30. Radian International, Semarnap, 1997. Mexico Emissions Inventory Program Manuals, Volume VI-Motor Vehicle Inventory Development.

31. Secretaría de Ecología del Gobierno del Estado de México, Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca, 1997. *Aire Limpio Programa para el Valle de Toluca 1997-2000.*

32. Secretaria de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (Semarnap), Instituto Nacional de Ecología (INEA), Página Web del INE, Sección de Calidad del Aire: http://www.ine.gob.mx.

33. SPP-INEGI, 1984. Síntesis Geográfica de Baja California. Secretaría de Programación y Presupuesto, INEGI México.

34. Texas Natural Resource Conservation Commission, 1994. Cd. Juárez Mobile5 Data collection.

35. UABC, 1991. Mexicali: Una Historia. Tomo I. Instituto de Investigaciones Históricas, Universidad Autónoma de Baja California.

36. UABC, 1994. Estudio Integral de Vialidad y Transporte Urbano de Mexicali, Baja California.

37. U.S. Environmental Protection Agency, 1995. Compilation Air Pollution Emissions Factors, Volume I Stationary Point and Area Sources. Office of Air Quality Planning and Standars. Office of Air and Radiation. AP 42 fifth edition.

38. Watson, J.G., Chow J.C., Egami T.R., Frazier A.C. and Lowenthal D., 1991. Program Plan for the Imperial Valley/Mexicali PM-10 Source Apportionment Study. DRI document No. 8623.1d2. Draft Report prepared by Desert Research Institute for EPA Region IX. San Francisco, California.

39. XV Ayuntamiento de Mexicali, 1993. Diagnóstico Ambiental del Municipio de Mexicali, Baja California.

40. XV Ayuntamiento de Mexicali, 1998. Programa de Desarrollo Urbano de Centro de Población de Mexicali, B.C. 2010,.

ANEXO A. MONITOREO E ÍNDICE METROPOLITANO DE LA CALIDAD DEL AIRE

A.1. Métodos de monitoreo de los contaminantes

Para llevar a cabo las mediciones de las concentraciones de los contaminantes en el aire se emplean técnicas y procedimientos estandarizados que fueron publicados como Normas Oficiales Mexicanas, contándose con métodos de referencia y equivalentes. Los de referencia son los métodos más precisos y selectivos pero que para algunos contaminantes sólo resultan prácticos de llevar a cabo en el laboratorio y no así en campo. Por ello se emplean métodos equivalentes que proporcionan una precisión y selectividad apropiados a las condiciones ambientales y que son factibles de aplicar en campo de manera confiable y permanente. La tabla siguiente resume los principios de los métodos de medición de los contaminantes del aire.

Tabla A.1. Métodos de medición de contaminantes del aire

Contaminante	**Método de referencia**	**Método equivalente**
SO_2	Pararrosanilina (manual)	Fluorescencia (automático)
CO	Fotometría infrarroja (automático)	No hay
O_3	Quimiluminiscencia (automático)	Fotometría ultravioleta (automático)
NOx	Quimiluminiscencia (automático)	Química húmeda
PST	Muestreo de alto volumen (manual), incluye Pb	No hay
PM10	Muestreo de alto volumen (manual)	Atenuación beta (automático)

Descripción de los métodos

Bióxido de azufre: El método de referencia para la determinación del SO_2, es el proceso de química húmeda desarrollado por West y Gake, denominado "de la pararrosanilina". Un volumen de aire se hace pasar, a flujo constante y controlado, durante un tiempo determinado por un burbujeador en el que se ha colocado una solución absorbente, que retiene las moléculas del contaminante y reacciona con los componentes de la solución. Al finalizar el período de muestreo, generalmente de 24 horas, la solución es trasladada al laboratorio donde se efectúan los análisis mediante la técnica de colorimetría. A mayor concentración de SO_2, la solución desarrollará un color más intenso, que va de rosa pálido a púrpura.

La técnica considerada como método equivalente es un procedimiento totalmente automatizado, que si bien no es tan exacto como el de referencia, ofrece una precisión y consistencia aceptables. En este caso se utiliza la característica que tiene el SO_2 de absorber luz ultravioleta y liberarla en forma de luz fluorescente. La intensidad de la fluorescencia es directamente proporcional a la concentración del SO_2. Todo el proceso se lleva a cabo en condiciones controladas, dentro del analizador.

Monóxido de carbono: Este contaminante se mide aprovechando la característica particular que posee de absorber luz infrarroja al exponerse a un trayecto óptico por donde se desplaza este tipo de energía. La medición tiene lugar dentro de una cámara, en la que un detector capta las variaciones de intensidad de la luz infrarroja y mediante un procesador electrónico, calcula la concentración del contaminante. Este es el único método reconocido para el monitoreo continuo de CO en aire ambiente.

Ozono: Para medir las concentraciones de ozono en el aire ambiente, el método de referencia involucra una reacción química entre el ozono y el etileno que se proporciona específicamente, dentro de una cámara especialmente diseñada que contiene dispositivos ópticos para captar las señales luminosas resultantes de la reacción. Las señales son amplificadas y convertidas en una señal eléctrica proporcional a la concentración de ozono en la muestra de aire.

El método equivalente utiliza la propiedad del ozono para absorber parte de un haz de luz ultravioleta dirigido a través de un trayecto óptico en el que se confina una muestra de aire con contaminante. Las variaciones en la intensidad de la luz que se detectan en el sistema están asociadas a las concentraciones del ozono.

Bióxido de nitrógeno: Este contaminante se mide mediante la reacción que se lleva a cabo, dentro de una cámara especialmente diseñada y acondicionada, entre el NO_2 y ozono generado en exceso por el mismo instrumento, resultando una emisión de fotones en cantidades variables, de acuerdo a la concentración del contaminante que llega a la cámara de reacción como parte de los componentes de la muestra de aire. La corriente de fotones es amplificada y convertida a voltaje para su interpretación.

Como métodos alternativos, existen algunas técnicas de química húmeda, de poca aplicación práctica debido a la diversidad de factores de error que se acumulan al utilizarlas en campo.

Partículas suspendidas totales y partículas PM10: Para el muestreo del material sólido que flota en el aire ambiente, se utiliza el método de alto volumen, que consiste en hacer pasar un flujo de aire a gran velocidad, a través de un medio filtrante de fibra de vidrio en el que se retienen las partículas con diámetros dinámicos de entre 0.1 y 100 micrómetros. En este método es absolutamente indispensable mantener el control y tener conocimiento de la tasa de flujo y del volumen total de aire que se muestreó durante las 24 horas que es, por lo regular, el período recomendado para la toma de las muestras. También se requiere conocer el peso del filtro antes y después del muestreo, por lo que éste se acondiciona durante 24 horas en una cámara, donde se controlan la temperatura y la humedad relativa. Posterior a la determinación de la masa de material, la muestra es susceptible de someterse a análisis físico-químicos para determinar el contenido de plomo y otros metales pesados, así como de sulfatos y nitratos.

Este mismo método es el que se utiliza para el muestreo de partículas suspendidas fracción respirable o PM10 aplicando otro tipo de cabezal para separar las partículas finas de las gruesas.

Control de calidad y aseguramiento de calidad de las mediciones

Con el propósito de evaluar la calidad de los resultados analíticos de un monitor de contaminantes atmosféricos, es necesario llevar a cabo un programa de auditorías en todas las fases del proceso de monitoreo. Un programa de auditorías debe contemplar las siguientes actividades:

- Calibración.
- Verificación de cero/span y los ajustes subsecuentes.
- Revisión de los datos resultantes de las verificaciones.
- Mantenimiento preventivo y/o correctivo.

Calibración

La calibración de los equipos de monitoreo consiste en determinar la respuesta de los instrumentos a concentraciones conocidas y en ajustarla a la curva correspondiente. La calibración se efectúa en el momento inicial de la instalación y activación del monitor, recalibrándose nuevamente durante su operación:

- En períodos no mayores de tres meses a partir de la más reciente calibración o auditoría.
- Enseguida de una interrupción de más de tres días en la operación de un analizador.
- Después de cualquier reparación que involucre el cambio de uno o más componentes mayores.
- Al cambiar físicamente el analizador de un lugar a otro.
- Cuando haya cualquier evidencia de inexactitud significativa del analizador.

Verificaciones de la variación de cero y span

Estas verificaciones son parte integral de los programas de control y garantía de calidad aplicables a los monitores continuos para contaminantes gaseosos y son de utilidad para:

- Indicar cuando es necesario efectuar ajustes al analizador en sus niveles de cero y/o span.
- Proporcionar un criterio de decisión de cuando se debe recalibrar un instrumento.
- Establecer las bases para tomar la decisión de invalidar los datos generados por el monitor.

Las verificaciones de cero y span deberán desarrollarse por lo menos una vez cada dos semanas o con una mayor frecuencia si el desempeño del instrumento indica que es necesario.

A.2. Índice Metropolitano de la Calidad del Aire (IMECA)

Un índice de calidad del aire pondera y transforma las concentraciones de un conjunto de contaminantes a un número adimensional, el cual indica el nivel de contaminación presente en una localidad determinada y puede ser fácilmente entendido por el público.

El procedimiento para manejar las concentraciones de los contaminantes con objeto de obtener un número significativo depende básicamente del algoritmo que se utilice particularmente en el índice. El problema con el que se han enfrentado aquellos quienes desarrollan estos indicadores de calidad del aire, consiste en determinar como ponderar los efectos de los contaminantes.

Dentro de los diversos índices utilizados en el mundo se ha propuesto un cierto número de factores de ponderación, siendo el más aceptable aquel que considera las normas de calidad del aire como la base para determinar los efectos, dicho enfoque ha sido utilizado en el desarrollo de índices tales como: PINDEX, Oak Ridge Air Quality Index (ORAQI), Mitre Air Quality Index (MAQI), Extreme Value Index (EVI), Pollutant Standard Index (PSI).

En 1975, Thom y Ott investigaron todas las estructuras de índices de contaminación del aire en uso en E.U.A. y Canadá, así como los existentes en la literatura, con objeto de comparar y evaluar más de 50 diferentes tipos; desarrollaron un sistema de clasificación de índices y utilizando dicho sistema identificaron las características óptimas que debería poseer el índice PSI, posteriormente fue modificado ligeramente y adoptado por el Gobierno de E.U.A.

El PSI incluye 6 variables de contaminantes del aire {CO, NO_2, O_3, PST, SO_2 y el producto de PST x SO_2}, utiliza funciones lineales segmentadas para el cálculo de los subíndices, incorporando de forma simple los máximos permisibles fijados por el gobierno y se calcula el "Modo Máximo", esto es reportando únicamente el subíndice del contaminante más elevado que resulte. Los subíndices utilizan como puntos de quiebre los estándares primarios norteamericanos de calidad del aire, los criterios de episodios y los niveles de daño significativo.

El PSI se basa (en parte) en los niveles de contaminación fijados como criterios federales de episodios, esto es, las concentraciones asociadas a los niveles de alerta, peligro y emergencia; no se fundamentan completamente en información rigurosamente científica, sino que están recomendados para orientar acciones para disminuir la contaminación atmosférica en áreas metropolitanas, a muy corto plazo.

Tabla A.2. Categorías descriptivas del PSI

Bueno	0 - 50
Moderado	51 - 100
Insalubre	101 - 199
Muy Insalubre	200 - 299
Peligroso	300 o más

En México, basados en la revisión bibliográfica previa de los índices de calidad del aire, se decidió por un enfoque que incluyera tanto las normas de calidad del aire como los niveles de daño significativo, como bases para ponderar los efectos de los contaminantes. Más que un enfoque basado únicamente en las normas de calidad del aire, toma en consideración un enfoque más realista puesto que permite utilizar factores de ponderación que cambian con los diferentes niveles de contaminación y que además permite elaborar los reportes diarios de calidad del aire.

El Índice Metropolitano de la Calidad del Aire (IMECA) se basa en la utilización de funciones lineales segmentadas, similares a las utilizadas en el PSI, por lo que no se debe olvidar que las funciones lineales segmentadas de éste corresponden a los estándares primarios norteamericanos de calidad del aire, los criterios de episodios y los niveles de daño significativo. Cuando se elaboró el IMECA en México no existían Normas Oficiales Mexicanas de calidad del aire, ni criterios de episodios, ni de daño significativo; sin embargo, esta dificultad fue superada a través del desarrollo de puntos de quiebre basados en información local, utilizando la misma filosofía con la que se definió el PSI.

Las variables seleccionadas para su inclusión en el índice de calidad del aire fueron las mismas que las del PSI y se consideró la información disponible en México, seleccionándose CO, O_3, NO_2, PST, PM10 y SO_2.

La función que define IMECA se expresa de la siguiente manera:

$$IMECA = máx\ (I_1, I_2, I_3, \ldots, I_n)$$

Donde I_1, I_2, I_3, ... ,I_n son los subíndices individuales para cada uno de los contaminantes. Los subíndices se calculan utilizando funciones lineales segmentadas que se basan en los puntos de quiebre de los valores de la siguiente tabla:

Tabla A.3. Puntos de quiebre del IMECA

IMECA	**PST (24 hr) µg/m³**	**PM10 (24 hr) µg/m³**	**SO_2 (24 hr) ppm**	**NO_2 (1 hr) ppm**	**CO (8 hr) ppm**	**O_3 (1 hr) ppm**
100	260	150	0.13	0.21	11	0.11
200	546	350	0.35	0.66	22	0.23
300	627	420	0.56	1.1	31	0.35
400	864	510	0.78	1.6	41	0.48
500	1000	600	1.00	2.00	50	0.60

Tabla A.4. Efectos en la salud a diferentes niveles de IMECA y algunas recomendaciones para prevenirlos

Nivel IMECA	Posibles efectos en la salud	Medidas de tipo preventivo
0 a 100	• No se presentan efectos negativos en la salud de la población. • Es posible realizar todo tipo de actividad física por todos los grupos humanos.	• En este nivel, no es necesaria ninguna medida de tipo preventivo.
101 a 250	• Se presenta irritación conjuntival o dolor de cabeza en cualquier grupo de la población. • Los enfermos del corazón o de los pulmones reactivan los síntomas de sus padecimientos. • Los niños lactantes, los ancianos y los fumadores, presentan trastornos funcionales del aparato respiratorio y cardiovascular como aumento de su frecuencia respiratoria, sensación de falta de aire y palpitaciones. • La población general sana, presenta molestias como ardor de ojos, dolor de cabeza, aumento de su frecuencia respiratoria, sensación de falta de aire y palpitaciones, sobre todo al realizar alguna actividad intensa.	• En este nivel, deben adoptarse conductas generales que disminuyan la exposición a la atmósfera contaminada, especialmente por parte de la población que presenta características de riesgo o mayor susceptibilidad, como los niños, ancianos, embarazadas y los enfermos crónicos del corazón o los pulmones; es recomendable para toda la población la adopción de las siguientes recomendaciones: > Evitar la exposición a la atmósfera contaminada. > No realizar ejercicio o actividad física intensa al aire libre. > Permanecer en ambientes cerrados mientras dure el episodio de contaminación elevada.
251 a 350	• Los niños lactantes, los ancianos y los fumadores, pueden presentar las molestias descritas para el nivel anterior además de alteraciones de tipo inflamatorio (tos, expectoración y espasmo bronquial) en su sistema respiratorio. • La población general sana, puede ser que presente trastornos funcionales del aparato respiratorio y cardiovascular, como aumento de su frecuencia cardíaca y respiratoria, sensación de falta de aire y palpitaciones, sobre todo si realiza ejercicio o actividad física al aire libre.	• A partir de este nivel de contaminación, es recomendable para todos los grupos de población y especialmente para los grupos con mayor susceptibilidad, adoptar las siguientes medidas: > Evitar la exposición a la atmósfera contaminada. > No realizar ejercicio o actividad física intensa al aire libre. > Permanecer en ambientes cerrados mientras dure el episodio de contaminación. > Evitar agresiones adicionales del aparato respiratorio. > Evitar fumar y la exposición al humo de tabaco. > Evitar los cambios bruscos de temperatura. > Disminuir el contacto con personas que presenten infecciones de las vías respiratorias.
351 en adelante	• A partir de estos niveles de contaminación, algunos reportes de investigación señalan la posibilidad de que: > Los enfermos crónicos de los pulmones o del corazón, reactiven su padecimiento de base. > Los niños lactantes, los ancianos y los fumadores, pueden presentar alteraciones de tipo inflamatorio en su aparato respiratorio (tos, expectoración y espasmo bronquial). > La población general sana está en riesgo de presentar alteraciones de tipo inflamatorio en su aparato respiratorio, aún sin realizar ejercicio o actividad física intensa, si se encuentran al aire libre.	• Reforzar los mecanismos naturales de defensa del organismo, mediante: > Ingesta abundante de líquidos, preferentemente de jugos naturales de frutas. > Consumir abundantes frutas y legumbres. • Atención médica oportuna. • Las personas susceptibles deben acudir al médico si presentan reactivación de sus padecimientos. • Las mascarillas, purificadores de aire o inhalación de oxígeno, no constituyen medidas científicamente comprobadas de protección ante la elevación de los niveles de contaminación atmosférica y su empleo indiscriminado, se puede presentar incremento en el riesgo para los grupos susceptibles. • Mantenerse atento a las recomendaciones de las Instituciones del Sistema Nacional de Salud, a través de los medios de comunicación.

La calidad del aire se considera no satisfactoria sí el valor del IMECA se sitúa entre 101 y 200, mala entre 201 y 300; muy mala cuando se encuentra por arriba de 300.

El IMECA reporta el modo máximo y sus términos descriptivos están basados en los efectos umbrales a corto plazo y en los niveles de daño significativo. Cuando se elaboró el IMECA por primera vez, para fijar el valor 100 del índice se utilizaron los valores de los Criterios de Calidad del Aire publicados el 29 de noviembre de 1982. Las concentraciones para los valores de 200, 300 y 400 del índice se determinaron dividiendo el intervalo entre el criterio de calidad del aire y el nivel de daño significativo (valor 500 del IMECA), en 4 partes iguales. Para el subíndice correspondiente a PM10 se llevaron a cabo estudios de correlación para determinar los puntos de quiebre de las mediciones de partículas.

La sustitución de los criterios de calidad del aire de 1982 por las Normas Oficiales Mexicanas de calidad del aire, el 23 de diciembre de 1994, hizo que se actualizara el índice metropolitano de la calidad del aire con los nuevos valores.

La Tabla A.4 presenta una lista de los efectos en la salud a diferentes niveles IMECA junto con algunas recomendaciones que se sugieren para evitar un mayor daño. Se destaca de esta tabla que tanto los ancianos como los niños son los más afectados por los episodios de la contaminación.

ANEXO B. TABLAS RESUMEN DE LA CALIDAD DEL AIRE DE 1997-1998

Tabla B.1. Porcentaje y número de días que se sobrepasan los 100, 150 y 200 puntos IMECA

Estación CBATIS21 (1997)

	>= 100		>= 150		>= 200		No. total de días
	%	No.	%	No.	%	No.	
O_3	4.3	3	0.0	0	0.0	0	69
PM10	0.0	0	0.0	0	0.0	0	46*
CO	6.9	6	1.1	1	0.0	0	87
NO_2	0.0	0	0.0	0	0.0	0	73
SO_2	0.0	0	0.0	0	0.0	0	83

Estación CBATIS21 (1998)

	>=100		>=150		>=200		>=250		No. total de días
	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	
O_3	1.6	5	0.3	1	0.0	0	0.0	0	309
PM10	1.7	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	59*
CO	16.2	52	5.0	16	0.9	3	0.3	1	321
NO_2	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	344
SO_2	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	111

Estación COBACH (1997)

	>= 100		>= 150		>= 200		No. total de días
	%	No.	de días	No.	%	No.	
O_3	6.0	14	0.0	0	0.0	0	234
PM10	26.7	8	6.7	2	0.0	0	30*
CO	14.9	36	6.6	16	0.0	0	242
NO_2	0.0	0	0.0	0	0.0	0	235
SO_2	0.0	0	0.0	0	0.0	0	224

Estación COBACH (1998)

	>=100		>=150		>=200		>=250		No. total de días
	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	
O_3	6.3	21	0.3	1	0.0	0	0.0	0	335
PM10	23.4	11	8.5	4	0.0	0	0.0	0	47*
CO	19.9	67	6.5	22	2.4	8	0.9	3	337
NO_2	0.6	2	0.0	0	0.0	0	0.0	0	337
SO_2	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	227

Estación ITM (1997)

	>= 100		>= 150		>= 200		No. total de días
	%	No.	%	No.	%	No.	
O_3	4.2	15	0.0	0	0.0	0	361
PM10	0.0	0	0.0	0	0.0	0	51*
CO	2.8	10	0.0	0	0.0	0	358
NO_2	0.0	0	0.0	0	0.0	0	355
SO_2	0.0	0	0.0	0	0.0	0	364

Estación ITM (1998)

	>=100		>=150		>=200		>=250		No. total de días
	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	
O_3	3.9	14	0.0	0	0.0	0	0.0	0	355
PM10	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	58*
CO	5.9	18	1.0	3	0.0	0	0.0	0	306
NO_2	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	362
SO_2	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	172

Estación UABC (1997)

	>= 100		>= 150		>= 200		No. total de días
	%	No.	%	No.	%	No.	
O_3	4.3	13	0.0	0	0.0	0	301
PM10	10.2	5	0.0	0	0.0	0	49*
CO	7.7	25	2.2	7	0.0	0	323
NO_2	0.0	0	0.0	0	0.0	0	278
SO_2	0.0	0	0.0	0	0.0	0	324

Estación UABC (1998)

	>=100		>=150		>=200		>=250		No. total de días
	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	
O_3	2.5	6	0.0	0	0.0	0	0.0	0	239
PM10	7.5	4	0.0	0	0.0	0	0.0	0	53*
CO	11.4	35	1.6	5	0.3	1	0.3	1	306
NO_2	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	335
SO_2	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	170

Estación CONALEP (1997)

	>= 100		>= 150		>= 200		No. total de días
	%	No.	%	No.	%	No.	
O_3	-	-	-	-	-	-	-
PM10	9.3	4	0.0	0	0.0	0	43*
CO	-	-	-	-	-	-	-
NO_2	-	-	-	-	-	-	-
SO_2	-	-	-	-	-	-	-

Estación CONALEP 1998

	>=100		>=150		>=200		>=250		No. total de días
	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	
O_3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PM10	7.8	4	0.0	0	0.0	0	0.0	0	51*
CO	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NO_2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SO_2	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Estación CENTRO DE SALUD (1997)

	>= 100		>= 150		>= 200		No. total de días
	%	No.	%	No.	%	No.	
O_3	-	-	-	-	-	-	-
PM10	55.8	24	7.0	3	0.0	0	43*
CO	-	-	-	-	-	-	-
NO_2	-	-	-	-	-	-	-
SO_2	-	-	-	-	-	-	-

Estación CENTRO DE SALUD (1998)

	>=100		>=150		>=200		>=250		No. total de días
	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	
O_3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PM10	37.7	23	18.0	11	3.3	2	1.6	1	61*
CO	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NO_2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SO_2	-	-	-	-	-	-	-	-	-

* Número de días muestreados (monitor manual)

Tabla B.2. IMECA máximo diario por estación y por contaminante

1997

	O_3	PM10	CO	NO_2	SO_2
CBATIS21	139	99	169	46	27
COBACH	133	189	190	81	24
ITM	138	95	131	69	27
UABC	149	141	176	66	22
CONALEP	-	112	-	-	-
CENTRO DE SALUD	-	185	-	-	-

1998

	O_3	PM10	CO	NO_2	SO_2
CBATIS21	170	107	258	86	14
COBACH	151	184	363	104	11
ITM	137	94	189	75	19
UABC	122	120	254	80	34
CONALEP	-	119	-	-	-
CENTRO DE SALUD	-	362	-	-	-

Tabla B.3. IMECA máximo mensual por contaminante

1997

	O_3	PM10	CO	NO_2	SO_2
Enero	88	55	120	68	20
Febrero	103	87	122	41	19
Marzo	139	115	169	43	26
Abril	138	141	178	69	24
Mayo	133	150	174	46	24
Junio	107	117	156	60	27
Julio	119	130	153	33	22
Agosto	104	101	71	44	16
Septiembre	149	141	140	67	16
Octubre	114	129	176	62	27
Noviembre	118	189	190	68	18
Diciembre	89	118	170	81	17

1998

	O_3	PM10	CO	NO_2	SO_2
Enero	122	130	258	84	12
Febrero	69	125	124	36	5
Marzo	131	111	147	55	6
Abril	107	174	82	61	6
Mayo	122	100	31	43	3
Junio	141	89	58	57	4
Julio	147	129	40	55	34
Agosto	122	112	58	44	4
Septiembre	130	105	38	50	3
Octubre	151	240	164	104	9
Noviembre	120	200	235	90	11
Diciembre	170	362	363	101	19

ANEXO C. EFECTOS DE LOS CONTAMINANTES EN LA SALUD

Ozono (O_3)

El ozono es el principal oxidante fotoquímico presente en la atmósfera, además del nitrato de peroxiacetilo, los alquil nitratos y otros compuestos más. En la naturaleza el ozono forma parte integrante de la composición química de la estratosfera, cumpliendo con la importante función de proteger a la superficie de la tierra de los rayos ultravioleta provenientes de la radiación solar. Sin embargo la presencia del ozono en la capa baja de la atmósfera (llamada troposfera), donde se desarrolla la vida de la mayoría de los organismos se debe a la transformación que sufren los hidrocarburos y los óxidos de nitrógeno por medio de reacciones fotoquímicas.

A pesar de que el O_3 es un contaminante muy inestable, que se destruye con la misma facilidad con la que se forma, por breve que sea su permanencia, se ha demostrado que es un agente irritante para el sistema respiratorio, que produce tos, flema, dolor al respirar e inflamación en el tejido pulmonar, reduciendo la capacidad de respuesta del mismo a agentes extraños. Además, reduce la capacidad respiratoria, disminuye también la capacidad mucociliar, lo que debilita las defensas naturales del aparato respiratorio. Por otra parte, se ha demostrado que las enfermedades respiratorias son más frecuentes en niños expuestos al ozono. Asimismo, se ha observado que durante episodios de contingencia ambiental con altas concentraciones de ozono, existe un incremento notable en el ausentismo escolar en niños a nivel preescolar y primaria (Romieu, 1995).[1]

Gong[2] considera que en personas saludables el ozono también causa problemas, pues hace que la respiración sea más difícil durante el trabajo y el ejercicio y causa irritación respiratoria general. Además puede marcar con una cicatriz los pulmones y causarles daño permanente. Se piensa que los síntomas de irritación tienden a desaparecer cuando se presentan exposiciones repetitivas al ozono. Sin embargo esta “atenuación de la respuesta" no es algo positivo, ya que el hecho de que no haya reacciones obvias a la exposición, no significa que el cuerpo se ha adaptado al mismo. Existen evidencias que muestran que la lesión pulmonar continúa aún durante la atenuación.

Un problema importante en la contaminación por ozono es el hecho de que los pulmones no terminan su desarrollo sino hasta que el individuo ha cumplido 18

[1] Romieu, I. (1995). Effects of urban air pollutants on emergency visits for childhood asthma in Mexico City. Am. J. Epidemiol.

[2] Gong, H. M. (1987). "Effects of ozone on exercise performance". Journal of Sports Medicine and Physical Fitness.

años. Por consiguiente, los pulmones aún no desarrollados sufren un daño temprano que puede aumentar el riesgo de contraer una enfermedad respiratoria en la vida adulta.

Partículas (PST, PM10 y PM2.5)

Algunas de las acciones que dan origen a la contaminación por partículas son la destrucción de la vegetación, que a su vez causa la erosión del suelo; los incendios; algunos procesos industriales que generan gran cantidad de polvos; y actividades humanas que requieren la quema de combustibles como carbón, leña y derivados del petróleo. La inadecuada disposición de la basura y el fecalismo al aire libre también son emisores importantes de microorganismos, quistes, esporas, polen, etc., que pueden estar adheridos al polvo. Tomando en cuenta lo anterior, es necesario atacar estos problemas directamente para disminuir la contaminación por partículas suspendidas.

Dependiendo de su tamaño, las partículas pueden flotar o sedimentar. Las partículas que se mantienen flotando se conocen como partículas suspendidas totales o PST. Las partículas cuyo diámetro es menor o igual a 10 µm se conocen como partículas de fracción inhalable o PM10, las cuales pueden estar formadas por aerosoles, polvos, metales, productos de combustión, o bien microorganismos como protozoarios, bacterias, virus, hongos y polen que pueden causar diferentes tipos de enfermedades. Cuando las partículas son inhaladas no siempre son expulsadas por los sistemas de defensa del organismo, causando problemas en el sistema respiratorio.

La contaminación por partículas puede causar, a corto y a largo plazo, disminución de la función pulmonar, lo cual contribuye a la presencia de enfermedades crónicas respiratorias y a la muerte prematura.

La exposición a PM10 ha generado una gran preocupación en los últimos años, ya que con mayor frecuencia aparecen estudios que demuestran una asociación significativa entre la concentración ambiental de partículas de la fracción respirable y la mortalidad y morbilidad de la población. En forma consistente a través de muchos estudios se ha encontrado un 3% de incremento en la mortalidad normal diaria por cada 10 $\mu g/m^3$ en PM10 a partir del valor de la norma. Siendo la asociación más significativa con cánceres cardiopulmonares y de pulmón. Es de especial preocupación el hecho de que parece no existir una concentración mínima en la cual ya no se detecten impactos en la salud.

Las asociaciones entre mortalidad y contaminación tienden a ser más fuertes cuando el parámetro a comparar son las partículas PM2.5, también llamadas partículas finas o partículas de la fracción respirable. Estas partículas tienen una mayor penetración en el sistema respiratorio y por lo tanto son más dañinas a la salud. Por su

tamaño (situación en el rango de longitud de onda de la luz) interfieren con la dispersión de la luz contribuyendo a la disminución de la visibilidad. Un 40% de estas partículas son retenidas en los bronquios y en los alvéolos, causando síntomas respiratorios agudos, incluyendo cuadros severos de dolor y accesos de tos. Las partículas fracción PM2.5 pueden ser emitidas directamente a la atmósfera o bien formarse en ésta como producto de reacciones fotoquímicas y procesos físicos.

Plomo (Pb)

El plomo no sólo se descarga al medio de manera natural, como por ejemplo en la erosión del suelo o en emanaciones volcánicas, sino también por fuentes antropogénicas. En este último caso, durante su extracción, fundición, refinación, el procesamiento de minerales no ferrosos y la combustión de combustibles fósiles, siendo este último punto la principal fuente de emisiones ya que, el aumento de la concentración de plomo en la atmósfera se debe principalmente a la introducción de compuestos orgánicos de plomo, usados como aditivos antidetonantes para gasolina. En México, a finales de 1997 se dejó de suministrar gasolina con plomo.

El plomo que se origina a partir de los combustibles de automóviles se asocia con partículas igual o menores a 1 μm de diámetro. Éstas pueden alcanzar fácilmente la región interior del pulmón, donde el plomo se encuentra disponible para introducirse en el torrente sanguíneo. Una vez en la sangre, se distribuye en todos los tejidos y órganos del cuerpo, llegándose a almacenar en los huesos, hígado, corteza y médula renales, así como en el cerebro y tejido graso. Los principales sistemas del cuerpo humano que se ven afectados por la intoxicación con plomo son el hematopoyético, el renal, el nervioso central y el sistema nervioso periférico.

Los síntomas de la intoxicación crónica se presenta por la absorción de óxidos, carbonatos y otros compuestos solubles en agua a través del tracto digestivo. Existen pruebas de que los niños con niveles elevados de plomo en la sangre tienen un desarrollo mental restringido y una incidencia mayor de alteraciones en su comportamiento; los efectos se atribuyen a la inhibición irreversible del desarrollo del sistema nervioso. La intoxicación aguda suele resultar de la inhalación de tetraetilo de plomo el cual es altamente volátil y liposoluble. Los síntomas de intoxicación aguda pueden ser: diarrea, cólico, náuseas, vómito, lasitud, insomnio, convulsiones y dolor de cabeza (California Air Resources Board, 1983).[3]

El plomo atmosférico tiene una gran importancia debido a que es una fuente de exposición por inhalación para los seres vivos y, al igual que otros contaminantes, llega a otras regiones por la acción del viento depositándose en el suelo, en el agua y en la vegetación.

[3] California Air Resources Board (1983). "How Air Pollution Demages Health".

Hidrocarburos (HC)

Los hidrocarburos son compuestos orgánicos que en su estructura química contienen carbono e hidrógeno. Muchos componentes de la gasolina y otros derivados del petróleo son hidrocarburos los cuales, por procesos fotoquímicos, reaccionan con los óxidos de nitrógeno para formar nitrato de peroxiacetilo y ozono, entre otros compuestos.

Algunos tipos de hidrocarburos son tóxicos, otros no y muchos de ellos no representan un potencial significativo para afectar la salud en forma adversa; sin embargo, debido a que contribuyen a la formación de ozono, se consideran como contaminantes importantes.

Los hidrocarburos aromáticos son agentes cancerígenos potenciales. Existen estudios que indican que algunos de estos hidrocarburos se forman durante la combustión incompleta de casi cualquier material orgánico, incluyendo grasas, carnes, café, azúcar, hule y humo de cigarro.

Las fuentes antropogénicas de hidrocarburos pueden ser variadas. El transporte emite una gran cantidad de ellos, en tanto que el consumo de combustibles en fuentes estacionarias ocupa un lugar secundario. Por último se encuentran diversos procesos como las prácticas agrícolas y los tiraderos de basura que también contribuyen a la generación de estos contaminantes.

El transporte es considerado como la mayor fuente de emisión de hidrocarburos a la atmósfera debido a la combustión incompleta en los motores de los vehículos. Asimismo, las emisiones evaporativas en las maniobras de carga y descarga de combustible en gasolineras o en los grandes contenedores de almacenamiento contribuyen también a la emisión de hidrocarburos a la atmósfera.

Dentro de los hidrocarburos se encuentran los compuestos orgánicos volátiles (COV) como el benceno, xileno, tolueno, etilbenceno, propano y aldehídos, entre otros, los cuales son importantes como precursores de la formación de ozono y otros oxidantes; los compuestos orgánicos volátiles son motivo de especial preocupación debido a su alta toxicidad en los seres humanos. En México aún no se implanta un programa continuo y de amplia cobertura de análisis atmosférico de COV, ni tampoco se ha establecido una norma de calidad del aire para estos compuestos. En los Estados Unidos, a pesar de que se realizan mediciones de COV en muchas ciudades, no constituyen por sí mismos un parámetro de calidad del aire, debido a la diversidad de sus especies, de sus propiedades tóxicas y de su alta reactividad. A pesar de las dificultades para el establecimiento de normas para COV, algunos de estos tóxicos como el benceno, el formaldehído, el acetaldehído y el 1,3-butadieno deberían analizarse periódicamente para identificar y prevenir problemas potenciales de salud ambiental.

Monóxido de carbono (CO)

El monóxido de carbono es un gas sin color, sin sabor y sin olor, químicamente inerte en condiciones normales que, en bajas concentraciones, no produce ningún daño; sin embargo, en concentraciones superiores a la norma establecida para este contaminante, puede afectar seriamente el metabolismo respiratorio dada la alta afinidad de la hemoglobina por éste compuesto.

Las emisiones de CO en un área cerrada pueden causar la muerte por insuficiencia cardiaca o sofocación, ya que la absorción de CO se incrementa con la concentración en el ambiente, con el aumento del tiempo de exposición y con el incremento de la actividad física. La exposición a bajos niveles de CO, también puede causar daño a la salud cuando las personas están bajo medicación, consumen bebidas alcohólicas o se encuentran en lugares altos.

Se han realizado estudios que muestran que las concentraciones encontradas en microambientes como en las banquetas de calles de tráfico intenso, o en el interior de vehículos son mucho mayores que las concentraciones detectadas en las estaciones fijas de análisis continuo. Esto significa que, a pesar de que no se exceda la norma a nivel de la estación, puede haber un número considerable de personas que se vean expuestas a niveles peligrosos de este contaminante tal como se comprobó en dos estudios intensos realizados por la Agencia de Protección al Ambiente de los Estados Unidos, en las ciudades de Denver y Washington, D.C. (Akland *et al*, 1985).[4]

Óxidos de azufre (SOx)

El bióxido de azufre (SO_2) es un gas incoloro, no flamable y no explosivo, con un olor sofocante y es altamente soluble en el agua. Puede permanecer en la atmósfera entre 2 y 4 días. Durante este tiempo puede ser transportado a miles de kilómetros y formar ácido sulfúrico, el cual se precipita en forma de lluvia ácida en alguna otra región lejos de su origen.

El ácido sulfúrico, el bióxido de azufre y las sales de sulfato son irritantes de las membranas mucosas del tracto respiratorio. Incluso llegan a ocasionar enfermedades crónicas del sistema respiratorio como bronquitis y enfisema pulmonar.

En una atmósfera con partículas suspendidas el efecto dañino de los óxidos de azufre se incrementa, ya que el bióxido y el ácido sulfúrico paralizan los cilios del tracto respiratorio, las partículas de polvo penetran en los pulmones arrastrando también los compuestos azufrados, originando entonces graves daños, e incluso la

[4] Akland, G.G.; Hartwell, T.D.; Johnson, T.R.; Whitmore, R.W. (1985). "Measuring human exposure to carbon monoxide in Washington, D.C., and Denver, Colorado, during the winter of 1982-1983". Environ. Sci. Technol. 19: 911-918.

muerte. Se ha comprobado que el componente ácido de las partículas estuvo implicado en la mortalidad de los episodios registrados en Londres en los años 40 y 50.

En las plantas, el SO_2 ocasiona daños irreversibles en los tejidos, sobre todo en días soleados. Por otro lado, el ácido sulfúrico ataca los materiales de construcción como el mármol, la cantera, la cal y el mortero. Muchos de los monumentos, edificios, esculturas e iglesias se han deteriorado por esta causa. El ácido sulfúrico también daña las telas como el algodón, el lino, el rayón y el nylon. Las bibliotecas también tienen problemas a causa de este compuesto ya que las hojas de los libros se tornan amarillas, por la misma causa los artículos de piel se resecan y los metales se corroen.

La fuente principal de emisión de óxidos de azufre son los combustibles fósiles que contienen azufre. Por consiguiente, las fuentes fijas que consumen combustibles con alto contenido de azufre son la causa principal de la emisión de azufre a la atmósfera.

La contaminación del aire tiene efectos globales y regionales, es decir, no se restringe únicamente a las grandes ciudades. La lluvia ácida es un ejemplo y se origina cuando las emisiones de óxidos de azufre y óxidos de nitrógeno reaccionan con el vapor de agua y con ayuda de la luz solar se convierten en ácido sulfúrico y ácido nítrico. Estos compuestos se depositan en la superficie de la tierra como aerosoles y partículas (deposición seca) o como lluvia, granizo y rocío (deposición húmeda). Los contaminantes pueden emitirse en un punto y permanecer ahí por días, hasta que el viento los arrastra grandes distancias y caen en áreas que pueden ser impactadas de acuerdo al grado de sensibilidad del ecosistema.

Óxidos de nitrógeno (NOx)

El nitrógeno forma siete diferentes óxidos, de los cuales sólo el óxido nítrico (NO) y el bióxido de nitrógeno (NO_2) se presentan como contaminantes importantes del aire. Los NOx que se forman durante la combustión, son el producto de la oxidación de nitrógeno atmosférico, o bien de la oxidación del nitrógeno orgánico del combustible. En el primer caso, la producción de NOx se favorece a medida que aumenta la temperatura y, resultado de esta dependencia, la producción de NO y NO_2 es función también de la relación aire/combustible en la mezcla. El bióxido puede formar ácido nítrico y ácido nitroso en presencia de agua. Ambos pueden precipitarse junto con la lluvia o combinarse con el amoníaco de la atmósfera para formar nitrato de amonio.

El óxido nítrico al igual que el monóxido de carbono, puede combinarse con la hemoglobina de la sangre reduciendo su capacidad de transporte de oxígeno.

El bióxido de nitrógeno irrita los alvéolos pulmonares. Estudios de salud ocupacional muestran que este gas puede ser fatal en concentraciones elevadas. En con-

traste con el ozono, el NO_2 puede ser más abundante en interiores que en el exterior, esto se debe a que una fuente de este contaminante son las estufas de gas L.P. y los quemadores o calderas industriales que utilizan el mismo combustible.

Los óxidos de nitrógeno generan, junto con los hidrocarburos, contaminantes de tipo secundario, la llamada contaminación fotoquímica, cuyo principal componente es el ozono (O_3). Los óxidos de nitrógeno son producidos principalmente por los transportes y por el consumo de combustibles en la industria y en la generación de energía.

Benceno

El benceno es un compuesto clasificado por la Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer como carcinógeno del Grupo 1, lo que significa que existe suficiente evidencia científica para probar una relación positiva entre la exposición al compuesto tóxico y el desarrollo del cáncer. Más específicamente, se ha encontrado que los trabajadores expuestos al benceno tienen una mayor probabilidad de desarrollar leucemia aguda que la población en general. Asimismo, se sabe que el benceno tiene efectos hematológicos, inmunológicos y sobre el sistema nervioso central.

En estudios de exposición ambiental realizados en Los Ángeles, se encontró que la principal fuente de exposición al benceno es el cigarro (39%) y la principal fuente de benceno en la atmósfera son las emisiones de los vehículos automotores (82%), así como las pérdidas evaporativas de hidrocarburos durante el manejo, distribución, almacenamiento y abastecimiento de gasolina. A pesar de que el contenido de benceno en la gasolina de la Cd. de Mexicali en 1996 fue relativamente bajo (2.4%), debido a su toxicidad y al alto consumo de este combustible, es necesario establecer estaciones de medición y realizar estudios de exposición para poder llevar a cabo un análisis de riesgo que indique el porcentaje de la población que se encuentra expuesta a niveles de concentración altos de este hidrocarburo. Así mismo, es necesario instalar sistemas de recuperación de vapores para evitar estas emisiones.

Formaldehído

El formaldehído puede ser emitido por vehículos automotores o ser producido por reacciones fotoquímicas en la atmósfera. Las emisiones de formaldehído de origen vehicular se incrementan con el uso de gasolinas oxigenadas.

Está bien documentado el hecho de que el formaldehído ocasiona irritación ocular y nasal, irritación de las membranas mucosas, tos, náusea y alteraciones en la respiración. El formaldehído ha sido asociado con cáncer nasal y nasofaríngeo, principalmente en ambientes ocupacionales. La exposición al formaldehído debe reducir-

se no sólo por su probable efecto carcinógeno, sino también por su potencial para causar daño tisular. Algunos estudios epidemiológicos recientes sobre el formaldehído sugieren que el umbral para daño tisular es 1.0 $\mu g/m^3$; sin embargo, es muy difícil hacer una evaluación de riesgo formal del efecto como carcinógeno debido al limitado número de datos disponibles actualmente (Wark y Warner, 1994).[5]

Hidrocarburos policíclicos aromáticos (HPA)

Los HPA son un grupo de compuestos químicos que se forman durante la combustión incompleta de la madera y otros combustibles fósiles. Las concentraciones de estos compuestos pueden ser bastante altas en las emisiones de los vehículos que usan diesel. Uno de los HPA más conocidos es el benzo-α-pireno. Estos compuestos pueden ser absorbidos en el intestino y en los pulmones.

Existe bastante evidencia experimental que indica que los HPA son mutagénicos y carcinogénicos. Estudios específicos indican un riesgo mayor de desarrollar cáncer en personas ocupacionalmente expuestas a los HPA. Más específicamente, se ha encontrado que individuos que trabajan como conductores de camiones o mensajeros tienen un riesgo significativamente mayor de contraer cáncer de vejiga (Wark y Warner, 1994).[5]

[5] Wark, K. y Warner, C. (1994). Contaminación del Aire, Origen y Control. Limusa Noriega Editores, México D.F.

ANEXO D. MEMORIA DE CÁLCULO DE ESTIMACIONES DE REDUCCIONES DE EMISIONES Y DE COSTOS E INVERSIONES

A continuación se presenta la memoria de cálculo de la estimación de las reducciones de las emisiones contaminantes y de los costos e inversiones, para aquellas medidas en donde se pudieron cuantificar. El número de la medida corresponde al que tiene en el Capítulo Seis.

I. Industria

1. Reducir las emisiones de las empresas más contaminantes a través de la instalación de equipos de control y de reingeniería de procesos

Emisiones: La medida consiste en instalar precipitadores electrostáticos, ciclones, lavadores de gases y quemadores de bajo NOx en las empresas que generan más de 1 ton/año de partículas o de bióxido de azufre y más de 2 ton/año de NOx. De acuerdo al inventario de emisiones, para el primer contaminante existen 23 empresas, para el segundo 19 y para el tercero 22 empresas.

Considerando reducciones globales del 70% para las partículas, del 50% para el bióxido de azufre y del 60% para los NOx, con los dispositivos de control mencionados en la acción correspondiente, se tiene:

- Reducción de partículas = 1,988 ton/año x 0.70 = 1,392 ton/año
- Reducción de SO_2 = 2,845 x 0.60 = 1,707 ton/año
- Reducción de NOx = 1,514 x 0.50 = 757 ton/año.

Costos: Se consideró un costo de inversión en equipos de control para la reducción de bióxido de azufre de 1,400 dólares por tonelada, 1,000 dólares por tonelada de partículas y 2,500 dólares por tonelada de óxidos de nitrógeno.

2. Implementar un programa de recuperación de vapores en terminales de almacenamiento y estaciones de servicio de combustibles

Emisiones: Dentro del sector servicios, el transporte y la venta de gasolinas generan 1,596 ton/año de hidrocarburos. Con la instalación de sistemas de recuperación de vapores en las estaciones de servicio se pretende reducir en un 90% dichas emisiones, resultando:

- Reducción de HC = 1,596 ton/año x 0.90 = 1,436 ton/año.

Costos: En esta acción se pretende instalar a cada una de las 130 estaciones de servicio un equipo de recuperación de vapores, cuyo costo unitario asciende a 25,000 dólares.

4. Convenir con la industria la implementación de un programa de reducción de Compuestos Orgánicos Volátiles (COV´s)

Emisiones: Dentro del sector industrial y particularmente entre las empresas que generan las mayores emisiones de compuestos orgánicos volátiles, se identifican 32 empresas que emiten 1,385 ton/año de compuestos orgánicos volátiles. Con esta medida se estima una reducción del 85% de las emisiones de COV's, instalando sistemas de recuperación de vapores o incineradores catalíticos. La reducción estimada es la siguiente:

- Reducción de HC = 1,385 ton/año x 0.85 =1,177 ton/año.

Costos: Para el tipo de equipo que se pretende instalar se consideró un costo de 4,000 dólares por tonelada de hidrocarburos reducida.

II. Vehículos

9. Diseñar el modelo, consensar y aplicar el Programa de Verificación Vehicular

Emisiones: Se conoce por estudios realizados en la ZMVM que al someter a los vehículos en las peores condiciones mecánicas a programas de afinación completos (cambio de bujías, carburación, puesta a tiempo, cambio de cables de bujías, cambio de filtros, etc.), se obtienen reducciones de las emisiones de aproximadamente un 30% en partículas, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno e hidrocarburos, para vehículos a gasolina; si se asume un cumplimiento de verificación del 80% del parque vehicular, se tienen las reducciones que se muestran en las tablas D.1 a D.4. De igual forma, si se asume el mismo cumplimiento para vehículos a diesel, considerando una reducción de emisiones del 30% para todos los contaminantes, las reducciones resultantes son las que se muestran en las tablas D.5 a D.8.

Tabla D.1. Reducciones de partículas para vehículos a gasolina

Tipo de vehículos	Emisión de Partículas (ton/año)	Emisión de Partículas que aplica	% de reducción	Reducción (ton/año)
Autos particulares	80	64.0	30	19.0
Pick-up	34	27.0	30	8.0
Taxis	1	0.8	30	0.2
Camiones de pasajeros	2	1.6	30	0.5
Camiones de carga ligera	5	4.0	30	1.0
Camiones de carga pesada	7	6.0	30	1.8
Total				**30.5**

Tabla D.2. Reducciones de CO para vehículos a gasolina

Tipo de vehículos	**Emisión de CO (ton/año)**	**Emisión de CO que aplica**	**% de reducción**	**Reducción (ton/año)**
Autos particulares	143,956	115,165	30	34,550
Pick-up	58,828	47,062	30	14,119
Taxis	2,102	1,682	30	505
Camiones de pasajeros	4,623	3,698	30	1,109
Camiones de carga ligera	8,694	6,955	30	2,087
Camiones de carga pesada	21,621	17,297	30	5,189
Total				**57,559**

Tabla D.3. Reducciones de HC para vehículos a gasolina

Tipo de vehículos	**Emisión de HC (ton/año)**	**Emisión de HC que aplica**	**% de reducción**	**Reducción (ton/año)**
Autos particulares	18,427	14,742	30	4,423
Pick-up	7,742	6,194	30	1,858
Taxis	269	215	30	65
Camiones de pasajeros	454	363	30	109
Camiones de carga ligera	1,289	1,031	30	309
Camiones de carga pesada	2,122	1698	30	509
Total				**7,273**

Tabla D.4. Reducciones de NOx para vehículos a gasolina

Tipo de vehículos	**Emisión de NOx (ton/año)**	**Emisión de NOx que aplica**	**% de reducción**	**Reducción (ton/año)**
Autos particulares	6,283	5,026	30	1,508
Pick-up	2,570	2,056	30	617
Taxis	92	73	30	22
Camiones de pasajeros	206	165	30	50
Camiones de carga ligera	441	353	30	106
Camiones de carga pesada	962	770	30	231
Total				**2,534**

Tabla D.5. Reducciones de partículas para vehículos diesel

Tipo vehículos	**Emisión de Partículas (ton/año)**	**Emisión de Partículas que aplica**	**% de reducción**	**Reducción (ton/año)**
Camiones de pasajeros	22	18	30	5
Camiones de carga	363	290	30	87
Total				**92**

Tabla D.6. Reducciones de CO para vehículos a diesel

Tipo vehículos	**Emisión de CO (ton/año)**	**Emisión de CO que aplica**	**% de reducción**	**Reducción (ton/año)**
Camiones de pasajeros	159	127	30	38
Camiones de carga	2,638	2,110	30	633
Total				**671**

Tabla D.7. Reducciones de HC para vehículos a diesel

Tipo vehículos	Emisión de HC (ton/año)	Emisión de HC que aplica	% de reducción	Reducción (ton/año)
Camiones de pasajeros	41	33	30	10
Camiones de carga	673	538	30	161
Total				**171**

Tabla D.8. Reducciones de NOx para vehículos a diesel

Tipo vehículos	Emisión de NOx (ton/año)	Emisión de NOx que aplica	% de reducción	Reducción (ton/año)
Camiones de pasajeros	248	198	30	59
Camiones de carga	4,113	3,290	30	987
Total				**1,046**

Costos: Se consideró la verificación de 183,777 vehículos a gasolina y 8,110 vehículos a diesel. Para los vehículos a gasolina se supuso que todos son de carburador y requieren una afinación menor, con un costo promedio de 100 dólares por unidad; para los vehículos a diesel se consideró una afinación con un costo de 800 dólares por unidad. El costo estimado incluye el costo de la verificación.

III. Gestión urbana y transporte

13. Aplicación de estabilizadores de suelos para el control de emisiones de PM10 en calles, áreas no pavimentadas y de intenso tránsito

Emisiones: Para el cálculo de la reducción de emisiones mediante la estabilización de suelos en las calles no pavimentadas, se consideró que el aporte de emisión por el tráfico vehicular en las calles no pavimentadas es de 53,689 ton/año; se consideró que se estabilicen los suelos en el 30% de las calles no pavimentadas y que esta práctica reduce el 90% de las emisiones. Las emisiones se reducirán en el 27%, lo que equivale a 14,496 ton/año de partículas PM10.

Costos: Se estimó un costo de 250 dólares por tonelada reducida de partículas PM10.

14. Intensificar un programa de pavimentación de calles y caminos

Emisiones: Se consideró que en Mexicali existen 797 hectáreas de superficies no pavimentadas y que por el tráfico vehicular se emiten 53,689 ton/año de partículas PM10. Si a esta cantidad se le resta la reducción que se obtiene con la estabilización de suelos que es de 14,496 ton/año, sólo resta una emisión de

39,193 ton/año de partículas, por lo que al pavimentar el 20% de las calles se podrán reducir 7,839 ton/año.

Costos: Se estimó un costo de 5,000 dólares por tonelada de partículas reducida mediante la pavimentación.

IV. Recuperación ecológica

23. Diseñar un programa de forestación y preservación de zonas arboladas

Emisiones: Las emisiones generadas por el viento sobre áreas de suelo erosionado en espacios abiertos son de 20,548 ton/año de partículas PM10, que equivale a una emisión de 10.4 toneladas por hectárea. Considerando que en Mexicali existen 1,980 hectáreas de espacios abiertos influenciados por el viento y que sólo se reforeste de esta superficie el 30%, es decir 594 hectáreas, las emisiones se reducirían en 6,178 toneladas de partículas.

Costos: Para la estimación se consideró un costo de 1,000 dólares por hectárea.

ANEXO E. LINEAMIENTOS TÉCNICOS DE UN PROGRAMA DE VERIFICACIÓN VEHICULAR

E.1. Introducción

La información de la red de monitoreo de la calidad del aire de Mexicali indica que en los últimos años se han presentado excedencias a las normas de bióxido de nitrógeno (NO_2), ozono (O_3), monóxido de carbono (CO) y partículas menores a diez micrómetros (PM10). Por otra parte, es bien conocido que los principales contaminantes emitidos por los motores de combustión interna son: CO, NOx, HC, SOx, partículas de carbón y metales pesados como el plomo cuando la gasolina contiene aditivos a base de compuestos de este metal. Algunos contaminantes como los NOx y HC son precursores de oxidantes fotoquímicos como el O_3. En Mexicali se cuenta con un parque vehicular cercano a los 241 mil vehículos, estimándose que emiten diariamente 666 toneladas de CO, 85 toneladas de HC y 41 toneladas de NOx, que equivale a una emisión anual de aproximadamente 289 mil toneladas de contaminantes, representando el 70% de las emisiones.

Así mismo, existen otros elementos que pueden contribuir a las emisiones vehiculares como son: el uso de combustibles inapropiados, la cantidad de vehículos en circulación, un deficiente mantenimiento de los vehículos, la mutilación del sistema de control de emisiones y una red de tráfico y transporte público ineficiente e insuficiente, entre otros.

Con base en esta información, es posible aseverar que los vehículos automotores de Mexicali representan una de las fuentes de contaminantes que degradan su calidad del aire y que por lo mismo, es necesario promover la disminución de las emisiones provenientes del parque vehicular.

En México se ha avanzado en el control de los más importantes contaminantes atmosféricos de las áreas urbanas; actualmente se dispone de 30 normas oficiales mexicanas, relacionadas con el control de la contaminación del aire en la industria y los vehículos.

Por la importancia de la participación de los vehículos automotores en el deterioro de la calidad del aire al rebasar ciertas concentraciones, algunas de estas normas establecen los niveles máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación, y los procedimientos para certificar los niveles de emisión de contaminantes a la atmósfera, conocida como la verificación vehicular. La verificación vehicular es la medición de las emisiones vehiculares con dispositivos analizadores de gases.

A continuación se presenta un esbozo de los aspectos jurídicos que pueden servir de base para instaurar un programa de verificación vehicular en Mexicali y, a manera ilustrativa, una serie de elementos técnicos que pudiera considerar. Esta información se adaptó del Programa de Gestión de la Calidad del Aire de Cd. Juárez, que al ser también una ciudad fronteriza, presenta similitudes con Mexicali en cuanto a la situación que pudiera guardar el parque vehicular. Sin embargo, el momento llegado, las autoridades locales de Mexicali y del Gobierno del Estado tendrán que definir los detalles propios del programa de verificación.

E.2. Fundamento jurídico de la verificación vehicular

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos establece en su Artículo 4º el derecho de toda persona a la protección de la salud y obliga al aseguramiento de una calidad del aire satisfactoria para el bienestar de la población y el equilibrio ecológico.

A nivel nacional, el marco jurídico para la administración de la calidad del aire lo constituye la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LEGEEPA) con su respectivo Reglamento en Materia de Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica.

El día 29 de febrero de 1992 entran en vigor la Ley Ecológica y el Reglamento para el Estado de Baja California, cuyo articulado conserva criterios congruentes con los de la LEGEEPA. En el Título Segundo, Capítulo I, Sección V, Artículo 19, de ésta Ley Estatal, se menciona que corresponde a los Ayuntamientos:

XI. Establecer y operar sistemas de verificación para el cumplimiento de las normas técnicas ecológicas de emisión máxima permisible de contaminantes a la atmósfera por fuentes emisoras de competencia municipal.

XII. Aplicar las medidas de transito y vialidad para evitar que los niveles de concentración de gases en la atmósfera emitidos por los vehículos automotores, rebasen los límites máximos permisibles que determinen los reglamentos y las normas técnicas ecológicas aplicables.

XIII. Establecer las medidas para retirar de la circulación los vehículos automotores que rebasen los límites máximos permisibles de emisiones contaminantes a la atmósfera que establezcan los reglamentos y normas técnicas ecológicas aplicables.

En el Título Quinto de Protección al Ambiente, Capítulo I, donde se refiere a la prevención y control de la contaminación atmosférica, Sección IV, se menciona:

Artículo 136. No se permitirá la circulación de vehículos automotores que emitan gases, humos o polvos visibles, o cuyos niveles de emisión de contaminan-

tes a la atmósfera rebasen los máximos permisibles establecidos en las normas técnicas ecológicas.

Artículo 137. Los comerciantes automotrices deberán obtener el comprobante de verificación de emisiones previo a la venta de los vehículos automotores. La venta de cualquier vehículo no verificado será objeto de sanciones administrativas por parte de la autoridad competente en materia de tránsito y transporte en el municipio.

Artículo 138. Los municipios deberán mostrar capacidad administrativa para:

I. Instalar o concesionar centros de verificación de emisiones, de tal forma que el número de los mismos sea suficiente para lograr una revisión ágil de los vehículos automotores registrados en circulación, y vigilar su desempeño.

II. Establecer y controlar un mecanismo ágil para la verificación de emisiones de los vehículos en posesión de comerciantes automotrices.

III. Elaborar un reglamento para comerciantes automotrices que describa el procedimiento mediante el cual se entregará el comprobante de verificación de emisiones a los vehículos de su propiedad.

Artículo 139. Las autoridades de tránsito y transporte exigirán a los propietarios o poseedores de vehículos la presentación del comprobante de verificación de emisiones, previo al trámite de obtención de placas y demás documentación reglamentaria para cada vehículo.

Artículo 140. Es responsabilidad del poseedor o propietario mantener el vehículo automotor en todo momento en condiciones mecánicas que permita la emisión de monóxido de carbono, otros gases, humos y partículas, por debajo de las normas técnicas ecológicas establecidas. El incumplimiento de lo anterior bajo cualquier circunstancia merecerá las sanciones que para su efecto determine la autoridad de tránsito y transporte competente.

Artículo 141. Los propietarios o poseedores de cualquier vehículo automotor, público o privado, quedan obligados a verificarlos anualmente con el propósito de controlar las emisiones y determinar las reparaciones que le sean necesarias. Dicha verificación deberá efectuarse en los centros autorizados por los ayuntamientos que se establezcan para tal efecto.

Artículo 142. Los propietarios o poseedores de vehículos destinados al transporte público o cualquier actividad comercial deberán someter a éstos a una verificación de emisiones con la periodicidad que determine el Reglamento que para su efecto emitan los ayuntamientos, sin que rebase el término de seis meses. El incumplimiento de lo anterior merecerá las sanciones que para su efecto determine la autoridad de tránsito y transporte competentes.

El Reglamento de Protección al Ambiente del Municipio de Mexicali, Baja California, publicado el 8 de diciembre de 1997, define que en materia de prevención y control de la contaminación generada por los vehículos automotores, el Municipio tendrá las siguientes atribuciones:

a) Participar con el Gobierno del Estado en la formulación de los reglamentos y programas que fijen las bases para llevar a cabo la verificación de emisiones vehiculares en el territorio municipal;
b) Aplicar las normas en materia de prevención y control de emisiones contaminantes a la atmósfera, provenientes de vehículos automotores que no sean considerados de competencia federal;
c) Establecer las bases para la operación de centros de verificación de emisiones vehiculares así como controlar y vigilar la operación de los mismos;
d) Autorizar a quienes cumplan con los requisitos previstos por la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca y los programas de verificación de emisiones vehiculares establecidos por las autoridades competentes, la prestación del servicio de verificación de emisiones vehiculares; inspeccionar y vigilar el cumplimiento de las condiciones de la autorización, y en su caso revocar dichas autorizaciones;
e) Proponer al Ayuntamiento las medidas para retirar de la circulación los vehículos automotores que rebasen los límites máximos permisibles de emisiones que establezcan los reglamentos y normas aplicables, así mismo participar con la Dirección de Seguridad Pública Municipal en la aplicación de medidas aprobadas para estos fines;
f) Coadyuvar con las autoridades responsables del tránsito en vialidades de competencia municipal, en el establecimiento de criterios y lineamientos de tránsito y vialidad, tendientes a abatir la emisión de contaminantes a la atmósfera producidos por vehículos automotores.

Las disposiciones que deberán convenirse con la Dirección de Seguridad Pública Municipal y la Secretaría de Finanzas del Estado, entre otras, son las siguientes:

Cualquier vehículo que transite en las vías públicas estatales deberá contar con placas, tarjeta de circulación, comprobantes, calcomanías que acrediten sus pagos fiscales y cumplimientos ecológicos en vigor. Para la obtención de ellas, se deberá cumplir con los siguientes requisitos:

I. Presentar la documentación que compruebe la propiedad del vehículo;
II. Presentar el certificado del registro federal de vehículos;
III. Presentar la manifestación para el pago de impuestos sobre tenencia o uso de vehículos correspondientes al ejercicio fiscal en curso y copia de la manifestación del año anterior;
IV. Acreditar su domicilio en el Estado;
V. Entregar la tarjeta de circulación y el juego de placas anteriores;

VI. Pagar los derechos correspondientes por la expedición de placas, calcomanías y tarjeta de circulación, así como los importes por concepto de multas por infracciones a esta Ley y sus Reglamentos; y
VII. Acreditar mediante constancia su verificación vehicular.

E.3. Elementos de un programa de verificación de emisiones vehiculares

Objetivos

- Lograr el cumplimiento obligatorio de las Normas Oficiales Mexicanas que limitan las emisiones contaminantes de los vehículos en circulación;
- Promover el adecuado mantenimiento de los motores y del sistema de control de emisiones en el parque vehicular del Municipio de Mexicali; y
- Incorporar acciones permanentes de participación ciudadana en el Programa de Verificación.

Metas

- Establecer en un corto plazo el Programa de Verificación y lograr el cumplimiento de toda la comunidad;
- Abatir los niveles de contaminación por emisiones vehiculares de HC y CO.

Lugar y frecuencia de verificación

Las verificaciones serán realizadas en los centros autorizados por la Dirección de Ecología Municipal o en el centro de verificación propiedad del Gobierno Municipal, los cuales estarán ubicados acorde con las necesidades de servicio a la población. La frecuencia de la verificación será anual.

Centros de verificación

El propósito de los centros es certificar oficialmente los niveles de emisión de los vehículos automotores. Lo anterior se logra utilizando un dispositivo analizador de gases del escape.

En razón de la importancia del mantenimiento del motor y el estado del sistema de control de emisiones en el resultado de esta medición, el personal técnico del centro de verificación revisa visualmente las condiciones en las que se encuentran los distintos dispositivos del vehículo, para determinar el posible origen de problemas en el resultado de la verificación.

La comparación de los resultados de la medición se hace con los parámetros de la Norma Oficial Mexicana para límites máximos permisibles de contaminantes vehiculares; esta NOM es la 041 y se reproduce en el Anexo H.

Infraestructura y equipo

Un centro de verificación vehicular debe cumplir con una serie de requisitos, determinados según criterios técnicos y funcionales:

- La superficie mínima para la instalación de un centro será de 300 metros cuadrados y de uso exclusivo para la verificación;
- Mostrar en un tablero sólido a la vista del público, los logotipos de la Dirección de Ecología y del programa de verificación vehicular; en seguida el número de centro que le fue asignado por la Dirección, la Normas Oficiales Mexicanas de límites máximos permisibles de emisión de contaminantes vehiculares, los puntos de revisión de los dispositivos de control de emisiones y la tarifa oficial por el servicio de verificación vehicular;
- El centro deberá disponer de las áreas de servicio al público que a continuación se describen:

  a.- Área de recepción y revisión visual de vehículos

  b.- Área de medición y análisis

  c.- Área de pago de servicios

  d.- Área sanitaria de servicios públicos.

- El área destinada para la verificación o el diagnóstico constará de 30 m² para cada equipo que se utilice en el centro, en razón de que es la superficie mínima necesaria para maniobrar los vehículos; la misma no podrá ser utilizada para otro fin;
- El acceso a las áreas de verificación o de diagnóstico serán de uso exclusivo para este fin.
- El dictamen de calificación de la infraestructura propuesta, se apoyará en fotografías de las instalaciones, así como del plano correspondiente donde deberá señalarse la superficie que ocupará el centro de verificación, la oficina de atención al público, los servicios sanitarios, el estacionamiento, el acceso de entrada procedente de la vía pública, así como las colindancias del predio y calles más próximas.
- Utilizar equipo analizador de gases que determine la concentración de hidrocarburos, monóxido de carbono, bióxido de carbono y oxígeno en los gases del escape del vehículo, homologado a Bar-90 y autorizado por la Dirección de Ecología Municipal.
- Este equipo deberá tener una escala total de medición de 0 a 10% en volumen, para el caso de monóxido de carbono; 0 a 2000 ppm, tratándose de hidrocarburos; 0 a 16% en volumen, para el caso del bióxido de carbono; y 0 a 22% en volumen, para el caso del oxígeno.
- El analizador debe estar diseñado para soportar un servicio continuo de trabajo pesado mínimo de 8 horas por día.

Procedimientos para establecer un centro de verificación

Los procedimientos a seguir para tramitar el establecimiento de un centro de verificación deberán cumplir los siguientes pasos:

a) A través de la Dirección de Ecología municipal, se podrá obtener el formato de solicitud para un centro de verificación o de diagnóstico vehicular;
b) Una vez respondido y entregado el formato, se elaborará el dictamen correspondiente por la Dirección de Ecología municipal, mediante el cual se determinará si procede o no su autorización.

Los propietarios de los centros de verificación y de diagnóstico vehicular autorizados, deberán presentar a la Dirección de Ecología Municipal copia de todos los documentos que le fueron solicitados, así como del convenio celebrado con el H. Ayuntamiento de Mexicali, autorizado, el cual tendrá vigencia de dos años. Dicho convenio puede ser revalidado.

Sólo podrán revalidar su convenio ante el Municipio, los propietarios de los centros o sus representantes autorizados mediante carta poder notariada, haciéndolo del conocimiento de la Dirección de Ecología.

El número de máquinas con el que operará el centro de verificación vehicular, será declarado en la solicitud correspondiente, indicando la marca, número de serie y demás datos técnicos que permitan su identificación.

La autorización de revalidación de convenio que otorgue la Dirección de Ecología a los centros de verificación y de diagnóstico vehicular, solamente podrá ser transferida a otra persona, si esta demuestra que cumple con los requisitos establecidos.

Personal técnico

Todos los centros de verificación vehicular deberán contar con personal técnico capacitado en los procedimientos de la verificación; será por ello un requisito indispensable que los mismos cuenten con una constancia que les acredite haber recibido adiestramiento para operar el equipo de verificación.

Es responsabilidad del propietario del centro de verificación vehicular la capacitación técnica del verificador, así como de que éste mantenga actualizada la constancia que le permita operar el equipo autorizado.

La Dirección Municipal de Ecología solicitará a los centros de verificación, de manera semestral, la documentación del personal autorizado, reservándose el derecho de hacerlo cuantas veces lo amerite, a fin de comprobar la certificación o constancia que avale la capacitación del personal contratado para el servicio.

Los certificados o constancias de los técnicos de verificación vehicular, deberán permanecer siempre a la vista, sin tachaduras ni enmendaduras y podrán ser expedidos por cualquier institución oficial educativa del país, o de escuelas técnicas de Mexicali.

Procedimiento de medición de las emisiones

Los centros de verificación vehicular autorizados deberán contar con tableros que exhiban los valores de emisión vehicular vigentes, según la NOM-047 (se reproduce en el Anexo H) considerando las dimensiones indicadas en párrafos anteriores. Estará prohibido verificar las emisiones de vehículos visiblemente contaminantes.

Los datos tanto del vehículo como de su propietario deben ser registrados. Toda la información se registrará en una base de datos, que será solicitada y recopilada por personal de la Dirección.

El horario de operación de los centros deberá cubrir 10 horas diarias, de lunes a sábado. Este horario sólo podrá sufrir modificación previa solicitud hecha a la Dirección Municipal de Ecología.

Método de verificación

El método utilizado en este programa de verificación vehicular obligatorio para medir las emisiones de vehículos automotores que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural u otros combustibles alternos, será la prueba estática.

La prueba estática consiste en tres etapas; una revisión visual de humo, una prueba de marcha en crucero y una prueba de marcha lenta en vacío.

Para la prueba de revisión visual del humo se debe conectar el tacómetro del equipo de medición al sistema de ignición del motor del vehículo y efectuar una aceleración a 2,500 $\pm$ 250 revoluciones por minuto, manteniendo ésta durante un mínimo de 30 segundos. Si se observa emisión de humo negro o azul y éste se presenta de manera constante por más de 10 segundos, no se debe continuar con el procedimiento de medición y se darán por rebasados los límites máximos permisibles establecidos en la Norma Oficial Mexicana correspondiente.

En la prueba de marcha en crucero se debe introducir la sonda de medición al tubo de escape, asegurándose de que ésta se encuentre perfectamente fija. Se procede a acelerar el motor del vehículo hasta alcanzar una velocidad de 2,500 $\pm$ 250 revoluciones por minuto, manteniendo ésta durante un mínimo de 30 segundos.

Para la prueba de marcha lenta en vacío se procede a desacelerar el motor del vehículo a la velocidad de marcha en vacío especificada por su fabricante que no será mayor a 1,100 revoluciones por minuto, manteniendo ésta durante un mínimo de 30 segundos.

Revisión visual del vehículo antes de la prueba

Las condiciones que debe reunir el vehículo para someterlo al procedimiento de medición previsto en la Norma Oficial Mexicana son:

- El técnico verificador debe revisar que los componentes de emisiones y elementos de diseño que han sido incorporados o instalados en el vehículo por el fabricante del mismo, con el propósito de cumplir con las normas de control de emisiones aplicables a la unidad, no han sido:

  a) Retirados del sistema de control de emisiones del vehículo
  b) Alterados para que el sistema de control de emisiones no funcione correctamente
  c) Reemplazados con un componente que no fue vendido por su fabricante para este uso
  d) Reemplazados con un componente que no tiene la capacidad de conectarse a otros componentes de control de emisiones
  e) Desconectados, aunque el componente esté presente y montado correctamente al vehículo.

- El técnico debe asegurar que el escape del vehículo se encuentre en perfectas condiciones de funcionamiento y que no tenga ninguna salida adicional a las de diseño, que provoque una dilución de los gases del escape o una fuga de los mismos.

- La revisión visual estará dirigida a los siguientes dispositivos del vehículo:

  a) Escape (no defectuoso, no ruidoso, no perforado)
  b) Filtro de aire
  c) Tapón de gasolina
  d) Depósito de aceite (tapón y bayoneta de nivel)
  e) Carburador (libre de fugas y derrames de gasolina)
  f) Termómetro con temperatura normal de operación
  g) Mangueras de vacío conectadas y funcionando
  h) Mangueras de agua del motor en buen estado
  i) Cableado en buen estado
  j) Filtro de carbón activado
  k) Ventilación del cárter
  m) Sistema de admisión de aire caliente
  n) Válvula PCV
  o) Válvula EGR.

En el caso de que un vehículo cuente con doble sistema de escape, la medición debe efectuarse en cada uno de ellos, considerando como valor de emisión de cada uno de los contaminantes, el promedio de lecturas registradas en cada sistema de escape.

El equipo de medición será manejado únicamente por el técnico responsable. Para ello deberá operarlo de acuerdo con las indicaciones del manual del fabricante; calibrarlo de acuerdo con las mismas indicaciones y las especificaciones contenidas en este procedimiento, y eliminar de los filtros y de la sonda cualquier partícula extraña y/o agua o humedad que se acumule.

Análisis de resultados

Se considera que un vehículo pasa la prueba cuando ninguno de los valores registrados en las lecturas de las pruebas, en marcha lenta en vacío y en marcha en crucero, rebasan los niveles máximos permisibles previstos en la Norma Oficial Mexicana respectiva.

En base a los resultados, el técnico dará al usuario una explicación sencilla acerca del resultado de la prueba; si resulta negativa la medición, se orientará al conductor acerca de la existencia de los centros de diagnóstico autorizados a fin de que pueda obtener un mejor dictamen de los ajustes o reparaciones, con el propósito de efectuar las mejoras necesarias dentro del plazo autorizado para una segunda revisión.

Recomendaciones a los usuarios del servicio de verificación

El propietario o conductor que lleva su vehículo a verificar, deberá:

- Presentar la tarjeta de circulación, permiso provisional de circulación o en su defecto carta factura;
- Presentar el vehículo en buenas condiciones mecánicas, con los aditamentos y accesorios que especifica el fabricante;
- Cerciorarse de que la prueba se realice apegada a las normas oficiales;
- Exigir el certificado de verificación y colocación del engomado en un lugar visible del vehículo en caso de aprobar, conservando el comprobante, ya que será requisito indispensable para su próxima verificación.

Supervisión de la operación y mantenimiento de los centros de verificación

Para los propósitos de supervisión, el equipo analizador de gases deberá contar con una placa de identificación adherida a la parte exterior del mismo, en la que se precise: modelo, número de serie, nombre y dirección del fabricante, requerimientos de energía eléctrica y límites de voltaje de operación.

La recopilación de los datos técnicos de las máquinas de verificación y de diagnóstico se hará con una frecuencia mensual; para ello los operativos de recopilación de información buscarán optimizar tiempos y esfuerzos.

En las visitas de inspección, se supervisarán las áreas de operación y se revisará el equipo de medición en los puntos que a continuación se detallan:

- Sonda, mango y pipeta: deberán encontrarse sin enmendaduras, perforaciones o quebraduras, sometiendo la sonda a la prueba de fugas, taponando la punta de la pipeta.
- Filtros línea: su capacidad de uso no deberá permitir más de 20 ppm con flujo de 7 pies cúbicos por hora.
- Trifiltro: es el filtro primario y filtros de malla que deberán encontrarse completamente limpios, observando a la vez que tanto el vaso, tapones y cubierta no presenten fugas.
- Pinza y conexión: cables y conexión a tarjeta, no parchados ó pegados.
- Instalación eléctrica: tierra física, regulador de voltaje y enchufe con el conector completo (tres puntas).
- Teclado: todas las teclas incluidos los caracteres, deberán estar funcionando correctamente.
- Cinta impresora: legible y renglones completos.
- Microswitches: deberán encontrarse en buen estado, conectados y funcionando.

Calibración del analizador de gases

El propietario del centro de verificación deberá calibrar su equipo analizador de acuerdo a la periodicidad especificada por el fabricante. La calibración podrá ser realizada con gas patrón; el gas patrón debe tener una exactitud garantizada por su fabricante en las mezclas de $\pm$ 2% de la concentración indicada.

Se deberá calibrar el equipo para obtener las curvas de calibración como lo establece la normatividad mexicana.

Vehículos que deben de ser verificados

Para la verificación se contará con dos tipos de centro:

- Uno dedicado exclusivamente a la verificación de vehículos destinados al uso público, al transporte de pasajeros o carga, a las entidades gubernamentales, al transporte escolar y de empleados, así como los vehículos a gas y diesel destinados a cualquier servicio (centro propiedad del gobierno municipal)
- En los otros centros de verificación autorizados se realizará la verificación de los vehículos a gasolina de uso particular, de uso diplomático y de organismos internacionales, así como de motocicletas y otros no contemplados en el punto anterior.

Los vehículos nuevos de cualquier tipo, deberán ser certificados por la misma agencia distribuidora, antes de ser entregados y puestos en circulación.

Los vehículos usados de importación así como los nacionales, que sean puestos a la venta, deberán cumplir con la verificación vehicular; los primeros, particularmente, deberán satisfacer a plenitud lo asentado en el decreto del lunes 21 de febrero

de 1994 publicado en el Diario Oficial de la Federación, referente a las condiciones para la importación de vehículos automotores usados destinados a permanecer definitivamente en la franja fronteriza norte del país.

Se deberá disponer del documento que compruebe que el vehículo a importar cumple con las normas técnicas de emisión máxima permisible de contaminación en su país de origen. Para ello será indispensable la vigilancia y cumplimiento de este ordenamiento por parte de la Aduana fronteriza de Mexicali.

Estará prohibido que los vendedores de automóviles, talleres de servicio y reparación, desconecten o hagan inoperativos los dispositivos de control de emisiones.

Tarifas y derechos por verificación

Las tarifas serán determinadas por la Dirección de Ecología del Municipio; las mismas deberán estar indicadas de manera destacada en todos y cada uno de los centros de verificación.

En otros Estados del país, los centros de verificación disponen en 1999 de una tarifa por el servicio de verificación equivalente a dos o tres días de salario mínimo vigente en el DF, más el IVA, a excepción de los centros de verificación federal cuya tarifa es de 5 días el salario mínimo vigente en el Distrito Federal, más el IVA.

El propietario de un vehículo que no apruebe la verificación en una primera oportunidad realizada dentro del período que le corresponde, tendrá derecho a que se le haga una verificación posterior sin costo adicional, siempre que se presente al mismo centro donde pasó a verificar su automóvil inicialmente rechazado.

Cuando el vehículo no apruebe la verificación, el propietario contará con un plazo de 30 días naturales a partir de la fecha de la verificación inicial, para pasar nuevamente y aprobar. Si no se presenta nuevamente el vehículo en este plazo o no aprueba la verificación, el propietario será acreedor a la sanción correspondiente.

Comprobantes de verificación

Los engomados ecológicos y los certificados de verificación de emisiones contaminantes serán los comprobantes de la verificación vehicular.

E.4. Propuestas de estrategias del programa de verificación

Con el propósito de llevar a buen término los objetivos de este programa, se plantean a manera de ejemplo, las siguientes estrategias de acción, que buscan involucrar en una responsabilidad compartida, a los distintos actores involucrados en la consecución de la meta propuesta.

Programa de verificación vehicular en maquiladoras y grandes empresas

La industria maquiladora y las grandes empresas de Mexicali actualmente proporcionan empleo a un gran número de personas, de aquí la importancia de establecer con la Asociación de Maquiladoras y las Asociaciones de Industriales de Mexicali una propuesta de coordinación para aplicar el presente programa de verificación.

Cada empresa participante convendrá con el municipio a través de la Dirección de Ecología las condiciones de su participación en el programa de verificación obligatorio.

Los aspectos importantes a considerar para la participación de cada empresa en el programa son:

a) Conocer el parque vehicular que constituye la planta de sus trabajadores, así como los asignados para uso oficial de la empresa; esto con el objetivo de determinar el tiempo que tomará al centro de verificación autorizado, en utilizar la máquina de verificación de emisiones en cada planta de trabajo.
b) La empresa participante en este programa deberá establecer su propio calendario de turnos de participación de sus empleados.
c) Será importante que la empresa tome en cuenta las necesidades de apoyos o incentivos que podrán solicitar sus empleados, en caso de que el parque vehicular bajo verificación se encuentre en mal estado y requiera reparaciones relacionadas con el mejoramiento de la calidad de las emisiones.

Por los centros de verificación autorizados, sólo podrán participar aquellos que dispongan de dos o más máquinas de verificación vehicular, debiendo notificar a la Dirección de Ecología, mediante oficio, los días y horas en que prestarán sus servicios.

Las acciones consideradas serán convenidas conjuntamente entre la Dirección de Ecología, la empresa y la Asociación de Centros de Verificación.

Educación mecánica de los automovilistas

Una estrategia más es difundir a través de los medios de comunicación, información sobre la importancia que tiene el programa para mejorar el mantenimiento de los vehículos y sus dispositivos de control de emisiones, con el propósito de abatir los niveles de contaminación del aire derivado de las fuentes móviles.

En esta labor de educación, se abordarán los detalles de inspección y mantenimiento así como de antimutilación de los dispositivos de control de emisiones, buscando prevenir al automovilista sobre los operativos de inspección de la autoridad y alertar a los mismos respecto a la compraventa de vehículos sin

dispositivos de control o con dispositivos que no funcionan. La estrategia considera aprovechar los servicios de un especialista en control de emisiones para difundir este tema.

E.5. Autoridad y supervisión

Como lo estipulan los ordenamientos mencionados en los párrafos iniciales de este programa, es fundamental que a través de la autoridad, representada por la Dirección de Ecología y la Dirección de Seguridad Pública, se lleven a cabo las labores de inspección y vigilancia para la verificación del cumplimiento de los mismos.

ANEXO F. NORMATIVIDAD MEXICANA DE CALIDAD DEL AIRE

El Reglamento en materia de Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, señala en el artículo 7° fracción IV, que es competencia de la SEMARNAP, la expedición de normas "para la certificación por la autoridad competente de los niveles de emisión de contaminantes a la atmósfera provenientes de fuentes determinadas"; para tal efecto la SEMARNAP ha emitido las normas que se enlistan a continuación para el monitoreo ambiental, las emisiones de fuentes fijas, las características de combustibles y las emisiones de fuentes móviles:

Fuentes fijas

Norma Oficial Mexicana	**Niveles máximos permisibles de emisiones a la atmósfera**
NOM-039-ECOL-1993	Bióxido y trióxido de azufre y neblinas de ácido sulfúrico en plantas productoras de ácido sulfúrico.
NOM-040-ECOL-1993	Partículas sólidas y control de emisiones fugitivas provenientes de industrias productoras de cemento.
NOM-043-ECOL-1993	Partículas sólidas.
NOM-046-ECOL-1993	Bióxido de azufre, neblinas de trióxido de azufre y ácido sulfúrico en plantas productoras de ácido dodecilbencensulfónico.
NOM-051-ECOL-1993	Gasóleo industrial que se consume por fuentes fijas en la ZMCM.
NOM-075-ECOL-1995	Compuestos orgánicos volátiles provenientes del proceso de separadores agua-aceite en las refinerías de petróleo.
NOM-085-ECOL-1994	Humos, partículas suspendidas totales, óxidos de azufre y óxidos de nitrógeno en fuentes fijas que utilizan combustibles fósiles.
NOM-092-ECOL-1995	Requisitos de los sistemas de recuperación de vapores de gasolina en estaciones de servicio y de autoconsumo ubicadas en el Valle de México.
NOM-093-ECOL-1995	Eficiencia de laboratorio de los sistemas de recuperación de vapores de gasolina en estaciones de servicio y de autoconsumo.
NOM-097-ECOL-1995	Material particulado y óxidos de nitrógeno en los procesos de fabricación de vidrio en el País.
NOM-105-ECOL-1996	Partículas sólidas totales y compuestos de azufre reducido total provenientes de la fabricación de celulosa.
NOM-121-ECOL-1997	Compuestos orgánicos volátiles (COV's) provenientes de las operaciones de recubrimiento de carrocerías de la industria automotriz así como el método para calcular sus emisiones.
NOM-123-ECOL-1997	Máximo permisible de compuestos orgánicos volátiles (COV's), en la fabricación de pinturas de secado al aire base solvente y para uso doméstico y los procedimientos para la determinación del contenido de los mismos en pinturas y recubrimientos.

Características de los combustibles

Norma Oficial Mexicana	**Especificaciones de:**
NOM-086-ECOL-1994	Combustibles fósiles líquidos y gaseosos que se usan en fuentes fijas y móviles.

Fuentes móviles

Norma Oficial Mexicana	**Niveles máximos permisibles de emisión de contaminantes**
NOM-041-ECOL-1999	Emisión de gases contaminantes provenientes del escape de vehículos en circulación a gasolina.
NOM-042-ECOL-1999	Hidrocarburos no quemados, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, hidrocarburos evaporativos provenientes del escape de vehículos en planta a gasolina o gas.
NOM-044-ECOL-1993	Hidrocarburos, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, partículas suspendidas totales y opacidad de humos provenientes de vehículos en planta a diesel.
NOM-045-ECOL-1996	Opacidad del humo en vehículos en circulación a diesel.
NOM-047-ECOL-1993	Características de equipo y procedimientos de medición para la verificación de contaminantes en vehículos a gasolina, gas LP y gas natural.
NOM-048-ECOL-1993	Hidrocarburos, monóxido de carbono y humos en motocicletas a gasolina o gasolina-aceite.
NOM-049-ECOL-1993	Características de equipo y procedimiento de medición para la verificación de contaminantes en motocicletas a gasolina o gasolina-aceite.
NOM-050-ECOL-1993	Emisión de gases contaminantes provenientes de vehículos en circulación a gas LP o gas natural.
NOM-076-ECOL-1995	Emisión de gases contaminantes provenientes de vehículos nuevos en planta de peso bruto vehicular mayor de 3,857 kilogramos.
NOM-077-ECOL-1995	Características de equipo y procedimiento de medición para verificar los niveles de opacidad en vehículos automotores que usan diesel.
NOM-EM-132-ECOL-1998	Características del equipo y el procedimiento de medición para la verificación de los limites de emisión provenientes de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural u otros combustibles alternos (Suspende los efectos legales de la NOM-047-ECOL1993)

Monitoreo ambiental

Norma Oficial Mexicana	**Método de medición y calibración de equipo para la determinación de las concentraciones**
NOM-034-ECOL-1993	Monóxido de carbono.
NOM-035-ECOL-1993	Partículas suspendidas totales.
NOM-036-ECOL-1993	Ozono.
NOM-037-ECOL-1993	Bióxido de nitrógeno.
NOM-038-ECOL-1993	Bióxido de azufre.

Por otra parte, la Secretaría de Salud, en coordinación con la SEMARNAP, emitió en 1994 las normas de calidad del aire para protección de la salud, las cuales se enlistan a continuación:

Calidad del aire

Norma Oficial Mexicana	**Contaminante que norma**
NOM-020-SSA1-1993	Ozono
NOM-021-SSA1-1993	Monóxido de carbono
NOM-022-SSA1-1993	Bióxido de azufre
NOM-023-SSA1-1993	Bióxido de nitrógeno
NOM-024-SSA1-1993	Partículas suspendidas totales
NOM-025-SSA1-1993	Partículas menores a10 micrómetros
NOM-026-SSA1-1993	Plomo

ANEXO G. ACUERDO DE LA PAZ DE 1983 Y SU ANEXO V

Los esfuerzos formales y conjuntos de México y Estados Unidos para proteger y mejorar el ambiente en la zona fronteriza comenzaron en 1983 con la firma del *Acuerdo de Cooperación entre los Estados Unidos de América y los Estados Unidos Mexicanos para la Protección y el Mejoramiento del Ambiente en la Zona Fronteriza*, conocido como “Acuerdo de la Paz”.

Este Acuerdo delinea los principales objetivos en materia de cooperación ambiental fronteriza, establece un mecanismo para acuerdos adicionales, anexos y acciones técnicas, así como la realización de reuniones de alto nivel y de reuniones técnicas especiales para promover y fomentar la cooperación entre ambos países; de igual manera establece procedimientos de comunicación formal entre los dos países y ordenó que fuesen nombrados sendos Coordinadores Nacionales para dirigir y supervisar la puesta en práctica del Acuerdo.

El Acuerdo de la Paz regula un marco de cooperación entre las autoridades Mexicanas y las Estadounidenses para prevenir, reducir y eliminar fuentes de contaminación del aire, agua y suelo en una zona de 100 kilómetros de ancho de cada lado de la frontera internacional. El Acuerdo crea la estructura general según la cual deben aplicarse los proyectos específicos señalados en sus cinco anexos técnicos. Los aspectos de calidad del aire se abordan en el Anexo IV *"Acuerdo de Cooperación entre los Estados Unidos Mexicanos y los Estados Unidos de América sobre Contaminación Transfronteriza del Aire causada por las Fundidoras de Cobre a lo Largo de su Frontera Común"* y en el Anexo V *"Acuerdo de Cooperación entre los Estados Unidos Mexicanos y los Estados Unidos de América relativo al Transporte Internacional de Contaminación del Aire Urbano".*

Debido a que en la zona fronteriza de Mexicali-Caléxico no existen fundidoras de cobre, a continuación se reproduce únicamente el Acuerdo de la Paz y su anexo V.

CONVENIO ENTRE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS Y LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA SOBRE COOPERACIÓN PARA LA PROTECCIÓN Y MEJORAMIENTO DEL MEDIO AMBIENTE EN LA ZONA FRONTERIZA

Los Estados Unidos Mexicanos y los Estados Unidos de América.

RECONOCIENDO la importancia de un medio ambiente sano para el bienestar económico y social, a largo plazo, de las generaciones presentes y futuras de cada país, así como de la comunidad internacional;

RECORDANDO que la Declaración de la Conferencia de Naciones Unidas sobre el Medio Humano, proclamada en Estocolmo en 1972, hizo un llamado a todas las naciones para colaborar en la solución de problemas ambientales de interés común;

TOMANDO NOTA de acuerdos y programas previamente celebrados entre los dos países referente a la cooperación en materia ambiental;

CONVENCIDOS que tal cooperación es de beneficio mutuo al atender problemas ambientales similares en cada país;

RECONOCIENDO el importante trabajo de la Comisión Internacional de Límites y Aguas y la contribución de los acuerdos celebrados entre los dos países en relación con asuntos ambientales;

REAFIRMANDO su voluntad política de fortalecer y demostrar la importancia que conceden ambos Gobiernos a la cooperación sobre protección ambiental y en observancia del principio de buena vecindad.

Han acordado lo siguiente:

Artículo 1

Los Estados Unidos Mexicanos y los Estados Unidos de América, en adelante referidos como las Partes, acuerdan cooperar en el campo de la protección ambiental en la zona fronteriza sobre la base de igualdad, reciprocidad y beneficio mutuo. Los objetivos del presente Convenio son establecer las bases para la cooperación entre las Partes en la protección, mejoramiento y conservación del medio ambiente y los problemas que lo afectan, así como acordar las medidas necesarias para prevenir y controlar la contaminación en la zona fronteriza y proveer el marco para el desarrollo de un sistema de notificación para situaciones de emergencia. Dichos objetivos podrán ser propiciados sin prejuicio de la cooperación que las Partes pudieran acordar llevar a cabo fuera de la zona fronteriza.

Artículo 2

Las Partes se comprometen, en la medida de lo posible, a adoptar las medidas apropiadas para prevenir, reducir y eliminar fuentes de contaminación en su territorio respectivo que afecten la zona fronteriza de la otra.

Adicionalmente, las Partes cooperarán en la solución de problemas ambientales de interés común en la zona fronteriza, de conformidad con las disposiciones de este Convenio.

Artículo 3

De conformidad con este Convenio, las Partes podrán concluir arreglos específicos para la solución de problemas comunes en la zona fronteriza, los que podrán serle anexados. Igualmente las Partes podrán también acordar anexos a este Convenio sobre cuestiones técnicas.

Artículo 4

Para los propósitos de este Convenio deberá entenderse que la "zona fronteriza" es el área situada hasta 100 kilómetros de ambos lados de las líneas divisorias terrestres y marítimas entre las Partes.

Artículo 5

Las Partes acuerdan coordinar sus esfuerzos, de conformidad con sus propias legislaciones nacionales y acuerdos bilaterales vigentes para atender problemas de contaminación del aire, tierra y agua en la zona fronteriza.

Artículo 6

Para aplicar este Convenio, las Partes considerarán y, según sea apropiado, procurarán en forma coordinada medidas prácticas, legales, institucionales y técnicas, para proteger la calidad del medio ambiente en la zona fronteriza. Las formas de cooperación pueden incluir: coordinación de programas nacionales, intercambios científicos y educacionales; medición ambiental; evaluación de impacto ambiental; e intercambios periódicos

de información y datos sobre posibles fuentes de contaminación en su territorio respectivo que puedan producir incidentes contaminantes del medio ambiente, según se definan en un anexo a este Convenio.

Artículo 7

Las Partes evaluarán, según sea apropiado, de conformidad con sus respectivas leyes, reglamentos y políticas nacionales, proyectos que puedan tener impactos significativos en el medio ambiente de la zona fronteriza, para que se puedan considerar medidas apropiadas para evitar o mitigar efectos ambientales adversos.

Artículo 8

Cada Parte designa a un coordinador nacional cuyas principales funciones serán las de coordinar y vigilar la aplicación de éste Convenio, hacer recomendaciones a las Partes, y organizar las reuniones anuales a que se refiere el Artículo 10, así como las reuniones de expertos de que trata el Artículo 11. Otras responsabilidades de los coordinadores nacionales podrán ser acordadas en un anexo a este Convenio.

En el caso de México el coordinador nacional será la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología a través de la Subsecretaría de Ecología, y en el caso de los Estados Unidos será la Environmental Protection Agency.

Artículo 9

Tomando en cuenta los temas a ser examinados conjuntamente los coordinadores nacionales podrán invitar, según sea apropiado, a representantes de los gobiernos federales, estatales y municipales para que participen en las reuniones dispuestas en este Convenio. Por mutuo acuerdo podrán también invitar a representantes de organizaciones internacionales gubernamentales o no gubernamentales que pudieren contribuir con algún elemento de conocimiento a los problemas a resolver.

Los coordinadores nacionales determinarán por acuerdo mutuo la forma y manera de participación de las entidades no gubernamentales.

Artículo 10

Las Partes celebrarán como mínimo una reunión anual de alto nivel para revisar la manera en que se está aplicando este Convenio. Estas reuniones se celebrarán en la zona fronteriza, alternativamente, en México y en los Estados Unidos de América.

La composición de las delegaciones que representan a cada Parte, tanto en las reuniones anuales como en las reuniones de expertos a que se refiere el Artículo 11, será comunicada a la otra Parte por la vía diplomática.

Artículo 11

Las Partes podrán, según lo estimen necesario, convocar reuniones de expertos para los propósitos de coordinar los programas nacionales referidos en el Artículo 6 y preparar los proyectos de arreglos específicos y de anexos técnicos previstos en el Artículo 3.

Estas reuniones de expertos podrán revisar asuntos técnicos. Las opiniones de los expertos que resulten de dichas reuniones serán comunicadas por ellos a los coordinadores nacionales, y servirán para asesorar a las Partes en cuestiones técnicas.

Artículo 12

Cada Parte se asegurará que su coordinador nacional esté informado de las actividades de sus entidades de cooperación realizadas con sujeción a este Convenio. Cada Parte se asegurará también de que su coordinador nacional esté informado de la aplicación de otros acuerdos vigentes entre los dos Gobiernos en cuestiones relacionadas con este Convenio. Los coordinadores nacionales de ambas Partes presentarán a las reuniones anuales un informe sobre los aspectos ambientales de todo trabajo conjunto realizado conforme a este Convenio y en aplicación de otros acuerdos relevantes entre las Partes, tanto bilaterales como multilaterales.

Nada en este Convenio prejuzgará o de manera alguna afectará las funciones encargadas a la Comisión Internacional de Límites y Aguas, de conformidad con el Tratado de Aguas de 1944.

Artículo 13

Cada Parte será responsable de informar a sus estados fronterizos y de consultarlos de conformidad con sus respectivos sistemas constitucionales, en relación a asuntos cubiertos por este Convenio.

Artículo 14

A menos que se acuerde otra cosa, cada Parte sufragará el costo de su participación en la aplicación de este Convenio, incluyendo los gastos del personal que participe en cualquier actividad realizada sobre la base del mismo.

Para el entrenamiento de personal, la transferencia de equipo y la construcción de instalaciones relacionadas con la aplicación de este Convenio, las Partes podrán acordar una modalidad especial de financiamiento, tomando en cuenta los objetivos definidos en este Convenio.

Artículo 15

Las Partes facilitarán la entrada de equipo y personal relacionados con este Convenio, con sujeción a las leyes y reglamentos del país receptor.

A fin de llevar a cabo la detección de actividades contaminantes en la zona fronteriza, las Partes realizarán consultas sobre la medición y análisis de elementos contaminantes en la zona fronteriza.

Artículo 16

Toda información técnica obtenida a través de la aplicación de este Convenio estará disponible para ambas Partes. Dicha información podrá facilitarse a terceras partes por acuerdo mutuo de las Partes en este Convenio.

Artículo 17

Nada en este Convenio será entendido en prejuicio de otros acuerdos vigentes o futuros entre las dos Partes, ni afectará los derechos y obligaciones de las Partes conforme a acuerdos internacionales de los que son parte.

Artículo 18

Las actividades realizadas conforme a este Convenio se sujetarán a la disponibilidad de fondos y otros recursos de cada Parte y a la aplicación de las leyes y reglamentos de cada país.

Artículo 19

El presente Convenio entrará en vigor mediante un intercambio de Notas, en las que cada una de las Partes declare que ha cumplido con sus procedimientos internos necesarios.

Artículo 20

El presente Convenio estará en vigor indefinidamente a menos que una de las Partes notifique a la otra, por la vía diplomática, su deseo de denunciarlo, en cuyo caso el Convenio terminará seis meses después de la fecha de tal notificación escrita. A menos que se acuerde otra cosa, dicha terminación no afectará la validez de ningún arreglo celebrado conforme a este Convenio.

Artículo 21

Este Convenio podrá ser enmendado por acuerdo de las Partes.

Artículo 22

La adopción de los anexos y de los arreglos específicos previstos en el Artículo 3, y las enmiendas de los mismos, se efectuarán por intercambio de Notas.

Artículo 23

Este Convenio sustituye al intercambio de Notas concluido el 19 de junio de 1978 con el Memorándum de Entendimiento anexo, entre la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente de la Secretaría de Salubridad y Asistencia de México y la Environmental Protection Agency de los Estados Unidos, para la Cooperación en Problemas y Programas Ambientales a través de la Frontera.

HECHO por duplicado en la Ciudad de La Paz, Baja California, México, el 14 de agosto de 1983, en los idiomas español e inglés, siendo ambos textos igualmente auténticos.

ANEXO V. AL ACUERDO ENTRE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS Y LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA SOBRE COOPERACIÓN PARA LA PROTECCIÓN Y MEJORAMIENTO DEL MEDIO AMBIENTE EN LA ZONA FRONTERIZA.

ACUERDO DE COOPERACIÓN ENTRE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS Y LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA RELATIVO AL TRANSPORTE INTERNACIONAL DE CONTAMINACIÓN DEL AIRE URBANO.

El Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos (México) y el Gobierno de los Estados Unidos de América (los Estados Unidos) (las Partes).

Reconociendo que daños a la salud y al medio ambiente pueden ser el resultado de las emisiones de contaminantes del aire en las zonas urbanas;

Conscientes de que el transporte de contaminantes del aire ocurre desde ciudades fronterizas de los Estados Unidos a ciudades fronterizas de México y de ciudades fronterizas de México a ciudades fronterizas de los Estados Unidos;

Buscando delimitar la magnitud de dicho transporte de contaminantes del aire y los mecanismos físicos que facilitan ese transporte;

Conscientes de que ciertas zonas adyacentes de México y en los Estados Unidos no cubren los niveles de calidad del aire ambiental de sus respectivos países para varios contaminantes;

Buscando asegurar una reducción de las concentraciones de contaminantes para el beneficio de sus ciudadanos que viven en zonas urbanas a lo largo de la frontera México-Estados Unidos;

Reafirmando el principio 21 de la Declaración de la Conferencia de Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano de 1972, adoptada en Estocolmo, que dispone que los Estados tienen, de conformidad con la Carta de las Naciones Unidas y los principios de derecho internacional, el derecho soberano de explotar sus propios recursos conforme a sus propias políticas ambientales y la responsabilidad de asegurar que las actividades dentro de su jurisdicción o control no causen daño al medio ambiente de otros Estados o a zonas más allá de los límites de su jurisdicción nacional;

Reconociendo que el Artículo 3 del Acuerdo entre las Partes sobre Cooperación para la Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente en la Zona Fronteriza de 1983 (el Acuerdo de 1983) dispone que las Partes pueden celebrar acuerdos específicos para la solución de problemas comunes en las zonas fronterizas, como anexos a dicho Acuerdo;

Han acordado lo siguiente:

Artículo I
Definiciones

1. "Zona de Estudio" significa cada zona geográfica específica de preocupación por contaminación del aire urbano que las Partes acuerden sujetar a los requerimientos de este Anexo, según se listan en los apéndices a este Anexo.
2. "Contaminantes seleccionados" significan aquellos contaminantes del aire escogidos por las Partes para cada "zona de estudio", según se listan en los apéndices de este Anexo.
3. "Fuente Estacionaria Mayor" significa cualquier fuente estacionaria con emisiones superiores a 97 toneladas métricas (100 toneladas) por año para el cual exista un nivel específico de control de contaminación del aire en vigor, cualquier otra fuente con emisiones superiores a 243 toneladas métricas (250 toneladas) por año, y cualquier otra fuente estacionaria que las Partes mutuamente designen para los propósitos de este Anexo.
4. "Niveles de control de contaminación del aire" significa los límites tecnológicamente asequibles para controlar emisiones de contaminación del aire provenientes de fuentes estacionaras (p. ej., New Source Performance Standards y Límites de Emisión para Fuentes Nuevas).
5. "Niveles de calidad del aire ambiental" significa los niveles críticos ambientales de contaminantes del aire (p. ej., The National Ambient Air Quality Standards y la Norma Mexicana de Calidad del Aire).
6. "Fuentes móviles" significa vehículos, automóviles, camiones urbanos o de construcción, vehículos transurbanos, vehículos acuáticos y aeronaves.
7. "Fuentes de área" significan todos los emisores de contaminantes del aire diferentes de fuentes estacionarias mayores y fuentes móviles.
8. "Clasificación industrial" significa un sistema para clasificar diferentes actividades industriales organizándolas en tipos comparables (P.ej., el Sistema

Nacional de Información de Fuentes Fijas (SNIFF) y the Standard Industrial Classification (SIC) Code.

9. "Punto tipo de emisión" significa la fuente de emisión contaminante a pequeña escala, sea por chimenea, fugitiva, volumen o en línea.

Artículo II
Obligaciones Generales

1. Para cada zona de estudio las Partes detallarán en su respectivo territorio la magnitud de las emisiones de contaminantes seleccionados y el nombre, tipo y localización de cada fuente de contaminación, si es una fuente estacionaria mayor.
2. Para cada zona de estudio las Partes identificarán en su respectivo territorio la naturaleza y magnitud de los requerimientos de control, si los hubiera, para cada fuente estacionaria mayor que se necesite ajustar a los niveles de control de contaminación del aire aplicables a ese tipo de fuente y deberá identificar controles relativamente simples y rápidos de iniciar y/o cambios en prácticas administrativas para reducir la contaminación del aire proveniente de cada fuente estacionaria mayor que no cumpla con los niveles de control de contaminación del aire aplicables.
3. Para cada zona de estudio, las Partes estimarán en su respectivo territorio las emisiones de los contaminantes seleccionados debido a las actividades de todas las fuentes móviles y de área
4. Las Partes emitirán un informe conjunto en el que se incorporen los resultados obtenidos bajo los incisos (1), (2) y (3) anteriores dentro de un plazo de 6 meses a partir de que obtengan tales resultados.
5. Cada Parte deberá, en su territorio, efectuar un monitoreo ambiental de contaminantes seleccionados comunes y parámetros meteorológicos en cada zona de estudio, en forma tal que se puedan definir las concentraciones de contaminación que surgen de cada zona urbana separada y aquellas concentraciones debidas a la interacción de contaminantes que se originen en ambas zonas urbanas.
6. Cada parte emitirá informes en los lapsos que se acuerden, aunque no superiores a un año, detallando los resultados del monitoreo efectuado conforme al inciso (5) anterior.
7. Cada Parte deberá, en su territorio, realizar el monitoreo necesario para apoyar exitosamente el uso de un sofisticado modelo matemático para el análisis de la calidad del aire. Las Partes ejecutarán el análisis de modelos a fin de valorar eficazmente el efecto de los cambios en los niveles de emisión de cada tipo de fuente dentro de la zona de estudio, sobre las concentraciones ambientales de los contaminantes relacionados dentro de la zona de estudio.
8. El monitoreo en cada zona de estudio se llevará a cabo por un periodo de 2 años a partir del inicio de cada estudio, momento en que las partes decidirán si desean un monitoreo ulterior.

Artículo III
Compilación de inventarios de emisión de contaminación del aire e información sobre fuentes conforme se indica en el Artículo II

1. Para los propósitos del Artículo II, cada Parte deberá compilar inventarios de emisiones de contaminación del aire e información de fuentes respecto a su territorio.
2. Los inventarios de emisión deberán estar basados en factores de emisión que sean mutuamente aceptables para ambas partes.
3. Cada parte enlistará las emisiones de cada fuente estacionaria mayor en su territorio, en unidades de medidas convencionales mutuamente acordadas, con la dirección y clasificación industrial de la fuente; para cada punto de emisión individual en la fuente estacionaria mayor cada Parte enlistará las emisiones, latitud y longitud, punto tipo de emisión, diámetro de chimenea, altura de chimenea, velocidad de salida de gases en chimenea, temperatura de salida de gases en chimenea, ancho, largo y altura, en los casos que resulte aplicable.
4. Al utilizar la información obtenida bajo los incisos (2) y (3) anteriores, cada Parte deberá identificar aquellas fuentes estacionarias mayores en su territorio que no cumplan los niveles de control de contaminación del aire aplicables para cada contaminante seleccionado. Para todas estas fuentes, las Partes deberán, basadas en visitas locales, y/o buena práctica de ingeniería: (A) identificar el tipo y la magnitud del equipo de control de contaminación que sea requerido para hacer que cada una de tales fuentes se ajuste a los niveles de control de contaminación del aire aplicables para cada contaminante seleccionado y (B) identificar controles relativamente simples y rápidos de iniciar y/o cambios en prácticas administrativas para reducir la contaminación del aire de cada una de dichas fuentes. Las Partes deberán también identificar el porcentaje aproximado de reducción de emisiones de cada contaminante seleccionado que resulte de dichos controles y/o cambios en prácticas administrativas. Los participantes designados por una de las Partes para visitas locales acordadas en el territorio de la otra Parte tendrán el status de observadores.

Artículo IV
Ejecución del monitoreo y modelación que se indica en el Artículo II

1. Para los propósitos del Artículo II, cada Parte deberá llevar a cabo los trabajos relacionados con el monitoreo y modelación con respecto a su territorio.
2. Cada Parte deberá, en su territorio, colocar y operar estaciones de monitoreo en cada zona de estudio en número suficiente para cumplir las metas de este Anexo para evaluar las concentraciones ambientales de los contaminantes seleccionados.
3. Cada Parte deberá, en su territorio, colocar y operar estaciones meteorológicas en número suficiente para cumplir con las metas de este Anexo; estas estaciones deberán monitorear en forma continua los siguientes parámetros: velocidad del viento, dirección del viento y temperatura.
4. Todos los detalles relacionados con la naturaleza, el número y la colocación de los aparatos de monitoreo indicados en los incisos (2) y (3) anteriores serán mutuamente acordados por las Partes
5. El análisis asociado con el monitoreo y el control de calidad será efectuado en forma mutuamente acordada por las Partes.
6. El sofisticado análisis matemático de modelos deberá ser un análisis de modelos de dispersión o un análisis de modelos de recepción o ambos, de conformidad con lo mutuamente acordado por las Partes; las Partes por mutuo consentimiento, podrán autorizar análisis suplementarios.

Artículo V
Armonización de niveles

Con la finalidad de hacer más eficaz la ejecución de este Anexo, las Partes conjuntamante explorarán formas para armonizar, en la medida de lo posible, sus niveles de control de contaminación del aire y niveles de calidad del aire ambiental, de conformidad con sus respectivos procedimientos legales.

Artículo VI
Protección de información confidencial

Las Partes adoptarán medidas para proteger la confidencialidad de información privada o sensitiva manejada de conformidad con este Anexo, cuando dichas medidas aún no existan.

Artículo VII
Efecto sobre otros acuerdos

Nada en este Anexo o sus apéndices deberá ser interpretado para derogar otros acuerdos, presentes o futuros, celebrados entre las Partes, o afectar los derechos u obligaciones de las Partes bajo acuerdos internacionales de los cuales son Parte.

Artículo VIII
Implementación

La ejecución de este Anexo está condicionada a la disponibilidad de fondos suficientes.

Artículo IX
Apéndices

Podrá adicionarse apéndices al presente Anexo mediante un intercambio de Notas Diplomáticas y formarán parte integral de este Anexo.

Artículo X
Modificaciones

Este Anexo, y cualquier apéndice que se adicione al presente, podrá ser modificado por mutuo acuerdo de las Partes mediante un intercambio de Notas Diplomáticas.

Artículo XI
Revisión

Los Coordinadores Nacionales del Acuerdo de 1983 o quienes ellos designen deberán reunirse por lo menos cada año a partir de la fecha en que entre en vigor este Anexo en el lugar y fecha que debidamente se acuerde, con la finalidad de revisar la efectividad de su ejecución y acordar sobre cualesquiera medidas individuales o colectivas que sean necesarias para mejorar dicha efectividad.

Artículo XII
Entrada en vigor

Este Anexo entrará en vigor una vez firmado cuando cada Parte haya informado a la Otra mediante Nota Diplomática que se han completado los procedimientos internos necesarios para que el Anexo entre en vigor.

Artículo XIII
Terminación

Este Anexo permanecerá en vigor indefinidamente a menos que una de las partes notifique a la Otra por escrito a través de la vía diplomática su intención de terminarlo, en cuyo caso el Anexo terminará 6 meses después de la fecha de dicha notificación escrita.

En fe de lo cual, los abajo firmantes, debidamente autorizados por sus respectivos gobiernos, han firmado el presente Anexo.

Hecho en la Ciudad de Washington, D.C; a los tres días del mes de octubre del año de mil novecientos ochenta y nueve, en dos ejemplares originales, en idiomas español e inglés, siendo ambos textos igualmente auténticos,

Por el Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos	Por el Gobierno de los Estados Unidos de América

APÉNDICE

ANEXO V. AL ACUERDO ENTRE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS Y LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA SOBRE COOPERACIÓN PARA LA PROTECCIÓN Y MEJORAMIENTO DEL MEDIO AMBIENTE EN LA ZONA FRONTERIZA.

ACUERDO DE COOPERACIÓN ENTRE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS Y LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA RELATIVO AL TRANSPORTE INTERNACIONAL DE CONTAMINACIÓN DEL AIRE URBANO.

Para los fines del Anexo V, las Partes acuerdan definir la zona de estudio "A" como:

El Condado de El Paso, Texas; aquella parte del Estado de Nuevo México que está tanto al Sur de los 32 grados 00 minutos de latitud Norte como al este de los 106 grados 40 minutos de longitud Oeste; y aquella parte del Estado de Chihuahua que está tanto al Norte de los 31 grados 20 minutos de latitud Norte como al Este de los 106 grados 40 minutos de longitud Oeste.

Para la zona de estudio "A", las Partes acuerdan definir como contaminantes seleccionados los siguientes: ozono, óxidos de nitrógeno, hidrocarburos no-metanos, monóxido de carbono, dióxido de sulfuro, materia en partículas y plomo.

La Secretaría de Relaciones Exteriores saluda atentamente a la Embajada de Estados Unidos y tiene el honor de hacer referencia a su Nota diplomática Nº 0521 del 7 de mayo de 1996, en la que presenta varias propuestas relativas a los nuevos apéndices al Anexo V del Convenio sobre Cooperación para la Proteción y Mejoramiento del Medio Ambiente en la Zona Fronteriza, suscrito en La Paz, B.C., el 14 de agosto de 1983 ("Convenio de La Paz"). Propuestas que son resultado de las negociaciones en la materia que llevaron a cabo representantes de los gobiernos de México y de los Estados Unidos de América, a las cuales alude la Nota de la Embajada.

La Secretaría desea manifestar su conformidad respecto a la revisión del texto de los párrafos 3 y 5 del Artículo I del Anexo V, a efecto de que su redacción lea como se consigna en el anexo "A" de la presente nota.

En cuanto a las propuestas adicionales de la Embajada y de conformidad con lo acordado durante las negociaciones referidas, la Secretaría acepta que el Apéndice al Anexo V existente sea eliminado y que se le incorporen seis nuevos Apéndices, mismos que se adicionan a esta nota como Anexo "B". De esta manera, la Secretaría manifiesta su acuerdo de que con el Apéndice 1 se establezca un Comité Consultivo Conjunto para el mejoramiento de la calidad del aire en la Cuenca Atmosférica de Ciudad Juárez, Chihuahua/El Paso, Texas/Condado de Doña Ana, Nuevo México; y que los Apéndices 2 al 6 definan áreas geográficas de estudio que serán designadas con las letras "A" a la "E".

De conformidad con lo establecido en el Artículo IX del Anexo V, la Secretaría de Relaciones Exteriores manifiesta que la Nota de propuesta de la Embajada de Estados Unidos del 7 de mayo de 1996 y la presente Nota de respuesta constituyen un Acuerdo entre ambos Gobiernos que entrará en vigor en esta fecha.

La Secretaría de Relaciones Exteriores aprovecha la oportunidad para reiterar a la Embajada de Estados Unidos las seguridades de su atenta y distinguida consideración.

México, D.F., a 7 de mayo de 1996.

A la Embajada de los
Estados Unidos de América
Ciudad

Anexo "A"

Artículo I
Definiciones

3. "Fuente estacionaria mayor" significa cualquier fuente estacionaria con emisiones superiores a 91 toneladas métricas (100 toneladas) por año para la cual exista un nivel específico de control de contaminación del aire en vigor, cualquier otra fuente estacionaria que las Partes mutuamente designen para los propósitos de este acuerdo.

5. "Niveles de la calidad del aire ambiental" significa los niveles críticos ambientales de contaminantes del aire (por ejemplo, las Normas Oficiales Mexicanas de Calidad del Aire y the National Ambient Air Quality Standards").

Anexo "B"

APÉNDICE 1

ANEXO AL ACUERDO ENTRE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS Y LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA SOBRE COOPERACIÓN PARA LA PROTECCIÓN Y MEJORAMIENTO DEL MEDIO AMBIENTE EN LA ZONA FRONTERIZA.

ACUERDO DE COOPERACIÓN ENTRE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS Y LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA RELATIVO AL TRANSPORTE INTERNACIONAL DE CONTAMINACIÓN DEL AIRE URBANO.

Teniendo presente que en el preámbulo del Anexo V las Partes manifiestan su intención de asegurar una reducción de las concentraciones de contaminación del aire para el beneficio de sus ciudadanos que viven en zonas urbanas a lo largo de la frontera México-Estados Unidos; y

Reconociendo la importancia de la participación de las comunidades locales en la realización de esfuerzos encaminados a lograr este propósito;

Las Partes, habiendo decidido establecer un Comité Consultivo Conjunto para el mejoramiento de la calidad del aire (en adelante "el Comité"), en la cuenca atmosférica de Ciudad Juárez, Chihuahua/El Paso, Texas/Condado de Doña Ana, Nuevo México (en adelante "Cuenca Atmosférica");

Han acordado lo siguiente:

Definición

La cuenca atmosférica es definida como el área geográfica que incluye el área metropolitana de Ciudad Juárez, Chihuahua, el Condado de El Paso, Texas y aquellas partes del Condado de Doña Ana, Nuevo México, que están comprendidas dentro de la franja de 100 km de la frontera.

Objetivo

El Comité se establece con el propósito de desarrollar y presentar recomendaciones al Grupo de Trabajo del Aire establecido al amparo del Convenio de La Paz, sobre estrategias para la prevención y el control de la contaminación del aire en la cuenca atmosférica;

Ambito de Competencia

El Comité podrá desarrollar recomendaciones al Grupo de Trabajo del Aire sobre:

a) Desarrollo conjunto de estudios y análisis sobre monitoreo y modelaje de la calidad del aire y sobre estrategias de prevención y abatimiento de la contaminación en la cuenca atmosférica;
b) Intercambio de información en temas vinculados con la calidad del aire, tales como compendios de datos sobre la calidad del aire, las emisiones al aire y el cumplimiento de los estándares de calidad del aire de cada una de las Partes;
c) Programas de asistencia técnica, intercambio de tecnologías y capacitación en áreas relevantes para prevenir y reducir la contaminación del aire en la cuenca atmosférica;
d) Programas de educación ambiental y asistencia pública a la población civil en áreas relevantes para la prevención y reducción de la contaminación del aire en la cuenca atmosférica;
e) Explorar estrategias para prevenir y reducir la contaminación del aire en la cuenca atmosférica, incluyendo recomendaciones sobre la comercialización de emisiones y otros incentivos económicos, así como sobre el incre-

mento de la compatibilidad de los programas para mejorar la calidad del aire en la cuenca atmosférica; y

f) Aquellos otros asuntos vinculados con el mejoramiento de la calidad del aire que el Comité considere pertinentes para la cuenca atmosférica y que pudieran ser recomendados por las Partes.

Las Partes proveerán una lista indicativa al Comité donde se detallen las áreas específicas en las que podrá actuar el Comité. Esta lista indicativa podrá ser actualizada periódicamente por las Partes.

Las recomendaciones podrán incluir análisis de los costos estimados y posibles fuentes de financiamiento para su implementación. Las recomendaciones podrán también señalar la tecnología y capacitación disponibles para su implementación.

Estructura y Organización

El Comité consistirá de 20 personas, diez de las cuales serán seleccionadas por cada Parte en estrecha comunicación con las autoridades estatales y municipales y con la sociedad civil de la cuenca atmosférica.

Los diez representantes estadounidenses invitados a participar en el Comité incluirán (i) un representante del gobierno federal; (ii) un representante de los gobiernos estatales de Texas y Nuevo México; (iii) un representante del gobierno local en El Paso, Texas; (iv) un representante del gobierno local en el Condado de Doña Ana, Nuevo México; y (v) cinco residentes de la cuenca atmosférica que no estén empleados por el gobierno federal, estatal o local. Al menos una de estas cinco persona será un representante de la comunidad empresarial y al menos una será representante de una organización no gubernamental cuyas actividades estén involucradas principalmente con la contaminación del aire.

Los diez representantes mexicanos invitados a participar en el Comité incluirán (i) un representante del Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAP); (ii) un representante de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA); (iii); un representante de la Secretaría de Salubridad y Asistencia (SSA); (iv) un representante de las autoridades ambientales del Estado de Chihuahua; (v) un representante de las autoridades ambientales del Municipio de Ciudad Juárez; y (vi) cinco ciudadanos mexicanos, residentes de Ciudad Juárez, que no estén empleados por el gobierno federal, estatal y municipal. Al menos una de estas cinco personas será un representante del sector privado, al menos una será representante de una organización no gubernamental cuyas actividades estén involucradas principalmente en la contaminación del aire, al menos una será representante de las instituciones académicas de Ciudad Juárez; al menos una será representante del Consejo Consultivo para el Desarrollo Sustentable, región Norte.

Un representante federal de cada Parte presidirá el Comité. Las decisiones del Comité se tomarán por consenso.

El Comité establecerá sus propias reglas de procedimiento, con la aprobación previa de las Partes. Las reuniones del Comité generalmente serán abiertas al público.

El Grupo de Trabajo del Aire considerará las recomendaciones del Comité y le informará a éste la resolución que haya adoptado respecto de tales recomendaciones.

Las recomendaciones que presente el Comité no serán obligatorias para el Grupo de trabajo del Aire o para las Partes.

Revisión y Terminación

Las Partes revisarán periódicamente la implementación del presente Apéndice.

Este Apéndice permanecerá en vigor indefinidamente, a menos que una de las Partes notifique por escrito a través de los canales diplomáticos su intención de terminarlo o el Anexo V, lo cual ocurrirá seis meses después de dicha notificación.

ANEXO H. NORMATIVIDAD MEXICANA PARA LA VERIFICACIÓN VEHICULAR

Para la Verificación Vehicular en México es necesario aplicar las Normas Oficiales Mexicanas NOM-041- ECOL-1999, publicada en el diario oficial de la Federación el 24 de junio de 1999, que especifica los límites máximos permisibles de gases por el escape y la NOM-047-ECOL-1993, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 22 de octubre de 1993, que establece las características del procedimiento de verificación, las cuales se reproducen a continuación.

NOM-041-ECOL-1999

JULIA CARABIAS LILLO, Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, con fundamento en los artículos 32 Bis fracciones I, II, IV y V de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 5o fracciones V, y XIX, 6o, 7o fracciones III y XIII, 8o fracciones III y XII, 9o, 36, 37 Bis, 111 fracción IX, 112, fracciones V, VII, X y XII, 113, 160 y 171 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente; 7o fracciones II y IV, 46 y 49 de su Reglamento en Materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera; 38 fracción II, 40 fracción X, 41, 45, 46 y 47 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, y

Considerando

Que en cumplimiento a lo dispuesto en la fracción I del artículo 47 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización el 8 de marzo de 1999, se publicó en el Diario Oficial de la Federación con carácter de Proyecto la presente Norma Oficial Mexicana NOM-041-ECOL-1999, que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible, con el fin de que los interesados en un plazo de 60 días naturales, presentaran sus comentarios al Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Protección Ambiental, sito en Avenida Revolución 1425, Mezzanine planta alta, Colonia Tlacopac San Ángel, C.P. 01040, Delegación Álvaro Obregón, de esta Ciudad.

Que durante el plazo a que se refiere el considerando anterior, la Manifestación de Impacto Regulatorio que se realizó al efecto en términos del artículo 45 del ordenamiento legal antes citado, estuvo a disposición del público para su consulta en el domicilio del citado Comité.

Que de acuerdo con lo que disponen las fracciones II y III del artículo 47 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, los comentarios presentados por los interesados al citado proyecto fueron analizados en el seno del mencionado Comi-

té, realizándose las modificaciones procedentes; las respuestas a los comentarios de referencia, así como las modificaciones, fueron publicadas en el Diario Oficial de la Federación de fecha 23 de junio de 1999.

Que habiéndose cumplido el procedimiento establecido en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, para la elaboración de Normas Oficiales Mexicanas, el Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Protección Ambiental, en sesión de fecha 28 de mayo de 1999, aprobó la presente Norma Oficial Mexicana NOM-041-ECOL-1999, que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible, misma que deja sin efectos a su similar NOM-041-ECOL-1996, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 25 de febrero de 1997, por lo que he tenido a bien expedir la siguiente

Norma Oficial Mexicana NOM-041-ECOL-1999, que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible.

Índice

1. Objetivo y campo de aplicación.
2. Referencias.
3. Definiciones.
4. Especificaciones.
5. Grado de concordancia con normas y lineamientos internacionales y con las normas mexicanas tomadas como base para su elaboración.
6. Bibliografía
7. Observancia de esta Norma.

1. Objetivo y campo de aplicación

Esta Norma Oficial Mexicana establece los límites máximos permisibles de emisión de hidrocarburos, monóxido de carbono, oxígeno; nivel mínimo y máximo de dilución, medición de óxidos de nitrógeno, y es de observancia obligatoria para los responsables de los vehículos automotores que circulan en el país, que usan gasolina como combustible, así como para los responsables de los centros de verificación autorizados, a excepción de vehículos con peso bruto vehicular menor de 400 kilogramos, motocicletas, tractores agrícolas, maquinaria dedicada a las industrias de la construcción y minera.

2. Referencias

Norma Mexicana NMX-AA-23-1986, Protección al Ambiente-Contaminación Atmosférica Terminología, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 15 de julio de 1986.

Norma Oficial Mexicana NOM-047-ECOL-1993, que establece las características del equipo y el procedimiento de medición para la verificación de los límites de emisión de contaminantes, provenientes de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural u otros combustibles alternos, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 22 de octubre de 1993. Esta Norma contiene la nomenclatura en términos del Acuerdo Secretarial por el cual se actualizan 58 Normas Oficiales Mexicanas, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 29 de noviembre de 1994.

3. Definiciones

3.1. Año modelo

El período comprendido entre el inicio de la producción de determinado tipo de vehículo automotor y el 31 de diciembre del año calendario con que dicho fabricante designe al modelo en cuestión.

3.2. Para efectos de esta Norma los vehículos automotores se definen y clasifican de la siguiente manera:

3.2.1. Vehículo de pasajeros (VP)

Automóvil, o su derivado, excepto el vehículo de uso múltiple o utilitario y remolque, diseñado para el transporte de hasta 10 personas.

3.2.2. Camiones ligeros (CL1)

Camiones ligeros (grupo 1) cuyo peso bruto vehicular es de hasta 2,722 kg. y con peso de prueba (PP) de hasta 1,701 kg.

3.2.3. Camiones ligeros (CL2)

Camiones ligeros (grupo 2) cuyo peso bruto vehicular es de hasta 2,722 kg y con peso de prueba (PP) mayor de 1,701 y hasta 2,608 kg.

3.2.4. Camiones ligeros (CL3)

Camiones ligeros (grupo 3) cuyo peso bruto vehicular es mayor de 2,722 y hasta 3,856 kg y con peso de prueba (PP1) de hasta 2,608 kg.

3.2.5. Camiones ligeros (CL4)

Camiones ligeros (grupo 4) cuyo peso bruto vehicular es mayor de 2,722 y hasta 3,856 kg y con peso de prueba (PP1) mayor de 2,608 y hasta 3,856 kg.

3.2.6. Camión mediano

El vehículo automotor cuyo peso bruto vehicular es mayor de 3,856 y hasta 8,864 kg.

3.2.7. Camión pesado

El vehículo automotor con peso bruto vehicular de más de 8,864 kg.

3.2.8. Vehículo automotor

El vehículo de transporte terrestre de carga o de pasajeros que se utiliza en la vía pública, propulsado por su propia fuente motriz.

3.2.9. Vehículo de uso múltiple o utilitario

Vehículo automotor diseñado para el transporte de personas y/o productos, con o sin chasis o con equipo especial para operar ocasionalmente fuera del camino. Para efectos de prueba se clasificarán igual que los camiones ligeros.

3.2.10. Vehículo en circulación

El vehículo automotor que transita por la vía pública.

3.3. Centro de verificación

Las instalaciones o local establecido por las autoridades competentes o autorizado por éstas, en el que se lleve a cabo la medición de las emisiones contaminantes provenientes de los vehículos automotores en circulación.

3.4. Gases, los que se enumeran a continuación:

3.4.1. Hidrocarburos totales (HC).
3.4.2. Monóxido de Carbono (CO).
3.4.3. Oxígeno (O_2).
3.4.4. Bióxido de carbono (CO_2).
3.4.5. Óxidos de nitrógeno (NOx).

3.5. Motor

El conjunto de componentes mecánicos que transforma el combustible en energía cinética para autopropulsar un vehículo automotor, que se identifica entre otros, por su disposición y distancia entre los centros de los cilindros, tipo de combustible, así como por el número de pistones y volumen de desplazamiento.

3.6 Peso bruto vehicular (PBV)

Es el peso máximo del vehículo especificado por el fabricante expresado en kilogramos, consistente en el peso nominal del vehículo sumado al de su máxima capacidad de carga, con el tanque de combustible lleno a su capacidad nominal.

3.7. Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM)

El área integrada por las 16 Delegaciones del Distrito Federal y los siguientes 18 municipios del Estado de México: Atizapán de Zaragoza, Coacalco, Cuautitlán Izcalli, Cuautitlán de Romero Rubio, Chalco de Covarrubias, Chimalhuacán, Ecatepec de Morelos, Huixquilucan, Ixtapaluca, La Paz, Naucalpan de Juárez, Nezahualcoyotl, San Vicente Chicoloapan, Nicolás Romero, Tecámac, Tlanepantla de Baz, Tultitlán y Valle de Chalco Solidaridad.

4. Especificaciones

4.1 Especificaciones de los límites máximos permisibles de emisiones provenientes del escape de vehículos en circulación en el país, que usan gasolina como combustible a excepción de lo establecido en el punto número 4.2 de esta Norma Oficial Mexicana.

4.1.1. Los límites máximos permisibles de emisión de gases provenientes del escape de los vehículos de pasajeros en circulación en función del año-modelo son los establecidos en la Tabla 1 de esta Norma Oficial Mexicana.

Tabla 1

Año-Modelo del Vehículo	**Hidrocarburos**	**Monóxido de carbono**	**Oxígeno (Máx.)***	**Dilución**	
				Mín.	**Máx.**
	(HC) (ppm)	**(CO) (% Vol.)**	**(O_2) (% Vol.)**	**($CO + CO_2$) (% Vol.)**	
1986 y anteriores	500	4.0	6.0	7.0	18.0
1987-1993	400	3.0	6.0	7.0	18.0
1994 y posteriores	200	2.0	6.0	7.0	18.0

* Los vehículos de cualquier año-modelo que cuenten con bomba de aire como equipo original, tienen un límite máximo en oxígeno de 15 % en volumen.

4.1.2. Los límites máximos permisibles de emisión de gases por el escape de los vehículos de usos múltiples o utilitarios, camiones ligeros CL.1, CL.2, CL.3 y CL.4 camiones medianos y camiones pesados en circulación en función del año-modelo, son los establecidos en a Tabla 2 de esta Norma Oficial Mexicana.

Tabla 2

Año-Modelo del Vehículo	**Hidrocarburos**	**Monóxido de carbono**	**Oxígeno (Máx.)***	**Dilución**	
				Mín.	**Máx.**
	(HC) (ppm)	**(CO) (%Vol.)**	**(O_2) (%Vol.)**	**($CO + CO_2$) (% Vol.)**	
1985 y anteriores	600	5.0	6.0	7.0	18.0
1986-1991	500	4.0	6.0	7.0	18.0
1992-1993	400	3.0	6.0	7.0	18.0
1994 y posteriores	200	2.0	6.0	7.0	18.0

* Los vehículos de cualquier año-modelo que cuenten con bomba de aire como equipo original, tienen un límite máximo en oxígeno de 15 % en volumen

4.2. Especificaciones de los límites máximos permisibles de emisiones provenientes del escape de vehículos en circulación en la Zona Metropolitana del Valle de México.

4.2.1. Los límites máximos permisibles de emisión de hidrocarburos, monóxido de carbono, oxígeno y límites mínimos y máximos de dilución provenientes del escape de los vehículos de pasajeros en circulación que usan gasolina como combustible, en función del año-modelo, son los establecidos en la Tabla 3 de esta Norma Oficial Mexicana.

Tabla 3

Año-Modelo del Vehículo	**Hidrocarburos**	**Monóxido de Carbono**	**Oxígeno (Máx.)***	**Dilución**	
				Mín.	**Máx.**
	(HC) (ppm)	(CO) (% Vol.)	(0_2) (% Vol.)	($CO + CO_2$) (% Vol.)	
1990 y Anteriores	300	3.0	6.0	7.0	18.0
1991 y posteriores	200	2.0	6.0	7.0	18.0

* Los vehículos de cualquier año-modelo que cuenten con bomba de aire como equipo original, tienen un límite máximo en oxígeno de 15 % en volumen.

4.2.2. Los límites máximos permisibles de emisión de hidrocarburos, monóxido de carbono, oxígeno y límites mínimos y máximos de dilución provenientes del escape de los vehículos de pasajeros, camiones ligeros CL1, CL2, CL3 y CL4, vehículos de usos múltiples o utilitarios, camiones medianos y camiones pesados en circulación que usan gasolina como combustible independientemente de su año-modelo, utilizados como taxis, colectivos, microbuses y todo tipo de transporte público de pasajeros, con placas local, federal y/o metropolitana, son los establecidos en la Tabla 4 de esta Norma Oficial Mexicana.

Tabla 4

Tipo de Vehículo	**Hidrocarburos**	**Monóxido de Carbono**	**Oxígeno * (Máx.)**	**Dilución**	
				Mín.	**Máx.**
	(HC) (ppm)	(CO) (% Vol.)	(0_2) (% Vol.)	($CO + CO_2$) (% Vol.)	
Taxis, Colectivos, Microbuses y todo tipo de transporte público de pasajeros	100	1.0	6.0	7.0	18.0

- Los vehículos de cualquier año-modelo que cuenten con bomba de aire como equipo original, tienen un límite máximo en oxígeno de 15 % en volumen.

4.2.3. Los límites máximos permisibles de emisión de hidrocarburos, monóxido de carbono, oxígeno y límites mínimos y máximos de dilución provenientes del escape de los vehículos de usos múltiples o utilitarios, camiones ligeros CL.1, CL.2, CL.3 y CL.4, camiones medianos y camiones pesados en circulación que usan gasolina como combustible, en función del año-modelo, con placa local y/o federal, excep-

tuando los contemplados en el punto 4.2.2, antes referido, son los establecidos en la Tabla 5 de esta Norma Oficial Mexicana.

Tabla 5

Año-Modelo del Vehículo	**Hidrocarburos**	**Monóxido de carbono**	**Oxígeno (Máx.)***	**Dilución**	
				Mín.	**Máx.**
	(HC) (ppm)	(CO) (% Vol.)	(0_2) (% Vol.)	($CO + CO_2$) (% Vol.)	
1993 y Anteriores	350	3.0	6.0	7.0	18.0
1994 y Posteriores	200	2.0	6.0	7.0	18.0

* Los vehículos de cualquier año-modelo que cuenten con bomba de aire como equipo original, tienen un límite máximo en oxígeno de 15 % en volumen.

4.3. Los Gobiernos de los Estados, en coordinación con los Municipios y de conformidad con las disposiciones legales aplicables, cuando lo consideren necesario podrán aplicar los límites máximos permisibles de emisiones establecidos en las Tablas 3, 4 y 5 de esta Norma Oficial Mexicana.

4.4. Los vehículos año-modelo 1999 y 2000 que cumplan con los límites máximos permisibles de emisiones en planta establecidos en la Tabla 3 de la Norma Oficial Mexicana NOM-042-ECOL-1999 vigente, podrán quedar exentos de la verificación vehicular obligatoria por un periodo hasta de dos años posteriores a partir de su adquisición, y de acuerdo a lo establecido en las disposiciones expedidas por las autoridades federales y locales competentes. A partir del año-modelo 2001 los vehículos podrán obtener este u otros beneficios acordados por las citadas autoridades.

4.5. Procedimiento de prueba

4.5.1. El procedimiento de prueba para medir las emisiones provenientes del tubo de escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible, es el establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-047-ECOL-1993, referida en el punto 2 de esta Norma Oficial Mexicana.

4.5.2. En la Zona Metropolitana del Valle de México para los efectos de cuantificación de las emisiones se debe utilizar el procedimiento de prueba dinámica referida en la Norma Oficial Mexicana citada en el punto anterior, exceptuando los vehículos que sean definidos por sus fabricantes como inoperables en dinamómetro. Adicionalmente y sólo como referencia se deben medir los óxidos de nitrógeno.

4.5.3. Se considera que un vehículo pasa la prueba cuando cumplió con la revisión previa (inspección visual) y la prueba de humo, y ninguno de los valores registrados en las lecturas de las pruebas en marcha lenta (Ralentí) y en marcha en crucero rebasan los límites establecidos en esta Norma Oficial Mexicana.

5. Grado de concordancia con normas y lineamientos internacionales y con las normas mexicanas tomadas como base para su elaboración

5.1 No hay normas equivalentes, las disposiciones de carácter interno que existen en otros países no reúnen los elementos y preceptos de orden técnico y jurídico que en esta Norma Oficial Mexicana se integran y complementan de manera coherente con base en los fundamentos técnicos y científicos reconocidos internacionalmente. Tampoco existen normas mexicanas que hayan servido de base para su elaboración.

6. Bibliografía

6.1. Code of Federal Regulations 40, Parts 86 to 99, revised July 1994, U.S.A. (Código Federal de Regulaciones 40, partes de la 86 a la 99, revisado en julio de 1994, Estados Unidos de América).

6.2. Código de Reglamentos de California, Estados Unidos de América, (Título 16, Cap. 33).

7. Observancia de esta norma

7.1. La vigilancia del cumplimiento de la presente Norma Oficial Mexicana corresponde a la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca por conducto de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, los Gobiernos del Distrito Federal, de los Estados y, en su caso, de los Municipios, en el ámbito de sus respectivas atribuciones.

7.2. Las violaciones a la misma se sancionarán en los términos de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, su Reglamento en Materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera y los demás ordenamientos jurídicos que resulten aplicables.

7.3. La presente Norma Oficial Mexicana, debe colocarse en un lugar visible en los centros de verificación autorizados.

7.4. La presente Norma Oficial Mexicana entrará en vigor a los 60 días siguientes de su publicación en el Diario Oficial de la Federación.

7.5. La presente Norma Oficial Mexicana cancela la Norma Oficial Mexicana de Emergencia NOM-EM-127-ECOL-1998, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 28 de diciembre de 1998 y su aviso de prórroga, asimismo abroga a la NOM-041-ECOL-1996, que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible, publicada en el citado órgano informativo el 25 de febrero de 1997.

México Distrito Federal, a los nueve días del mes de julio de mil novecientos noventa y nueve.

LA SECRETARIA DE MEDIO AMBIENTE, RECURSOS NATURALES Y PESCA

JULIA CARABIAS LILLO

.....

NOM-047-ECOL-1993

Norma Oficial Mexicana NOM-047-ECOL-1993, que establece las características del equipo y el procedimiento de medición para la verificación de los niveles de emisión de contaminantes, provenientes de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural u otros combustibles alternos.

SERGIO REYES LUJAN, Presidente del Instituto Nacional de Ecología con fundamento en los artículos 32 fracción XXV de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 5o. fracción VIII, 6o. último párrafo, 8o. fracciones II y VII, 9o. Apartado A fracción II, 36, 43, 111 fracción IV, 160 y 171 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente; 7o. fracciones II y IV, 29 y 39 fracción I del Reglamento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera; 38 fracción II, 40 fracción X, 41, 43, 46, 47, 52, 62, 63 y 64 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; Primero y Segundo del Acuerdo por el que se delega en el Subsecretario de Vivienda y Bienes Inmuebles y en el Presidente del Instituto Nacional de Ecología, la facultad de expedir las normas oficiales mexicanas en materia de vivienda y ecología, respectivamente, y

Considerando

Que los vehículos automotores en circulación que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural u otros combustibles alternos generan emisiones a la atmósfera que deterioran la calidad del aire, por lo que es necesario el establecimiento de un procedimiento para la medición de estos contaminantes, así como las características del equipo necesario para llevarlas a cabo, con el fin de preservar el equilibrio ecológico y la protección al ambiente.

Que habiéndose cumplido el procedimiento establecido en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización para la elaboración de proyectos de normas oficiales mexicanas, el C. Presidente del Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Protección Ambiental ordenó la publicación del proyecto de norma oficial mexicana NOM-PA-CCAT-010/93, que establece las características del equipo y el procedimiento de medición para la verificación de los niveles de emisión de contaminantes provenientes de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible, publicado en el Diario Oficial de la Federación el día 23 de junio de 1993, con el objeto de que los interesados presentaran sus comentarios al citado Comité Consultivo.

Que la Comisión Nacional de Normalización determinó en sesión de fecha 1º de julio de 1993, la sustitución de la clave NOM-PA-CCAT-010/93, con que fue publicado el proyecto de la presente norma oficial mexicana, por la clave NOM-047-ECOL-1993, que en lo subsecuente la identificará.

Que durante el plazo de noventa días naturales contados a partir de la fecha de publicación de dicho proyecto de norma oficial mexicana, los análisis a los que se refiere el artículo 45 del citado ordenamiento jurídico, estuvieron a disposición del público para su consulta.

Que dentro del mismo plazo, los interesados presentaron sus comentarios al proyecto de norma, los cuales fueron analizados en el citado Comité Consultivo Nacional de Normalización, realizándose las modificaciones procedentes. La Secretaría de Desarrollo Social, por conducto del Instituto Nacional de Ecología, publicó las respuestas a los comentarios recibidos en la Gaceta Ecológica, Volumen V, número especial de octubre de 1993.

Que las Secretarías de Comercio y Fomento Industrial y de Energía, Minas e Industria Paraestatal expresaron su conformidad con el contenido y expedición de la presente norma oficial mexicana.

Que previa aprobación del Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Protección Ambiental, en sesión de fecha 23 de septiembre de 1993, he tenido a bien expedir la siguiente:

Norma Oficial Mexicana NOM-047-ECOL-1993, que establece las características del equipo y el procedimiento de medición para la verificación de los niveles de emisión de contaminantes, provenientes de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural u otros combustibles alternos.

Prefacio

En la elaboración de esta norma oficial mexicana participaron:

SECRETARIA DE DESARROLLO SOCIAL
- Instituto Nacional de Ecología
- Procuraduría Federal de Protección al Ambiente

SECRETARIA DE ENERGIA, MINAS E INDUSTRIA PARAESTATAL
- Subsecretaría de Energía

SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES

SECRETARIA DE SALUD
- Dirección General de Salud Ambiental

SECRETARIA DE COMERCIO Y FOMENTO INDUSTRIAL

GOBIERNO DEL ESTADO DE MEXICO
- Secretaría de Ecología

CAMARA NACIONAL DE LA INDUSTRIA DE LA TRANSFORMACION

CONFEDERACION PATRONAL DE LA REPUBLICA MEXICANA

DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL

- Dirección General de Proyectos Ambientales

INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL

PETROLEOS MEXICANOS
- Auditoría de Seguridad Industrial, Protección Ambiental y Ahorro de Energía
- Gerencia de Protección Ambiental y Ahorro de Energía
- Pemex-Gas y Petroquímica Básica
- Gerencia de Seguridad Industrial y Protección Ambiental

ASOCIACION NACIONAL DE PRODUCTORES DE AUTOBUSES, CAMIONES Y TRACTOCAMIONES, A.C.

ASOCIACION NACIONAL DE PRODUCTORES DE AGUAS ENVASADAS, S.A. DE C.V.

ASOCIACION NACIONAL DE LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ, A.C.

KENWORTH DE MEXICO, S.A. DE C.V.

MERCEDES BENZ DE MEXICO

1. Objeto

Esta norma oficial mexicana establece las características del equipo y el procedimiento de medición, para la verificación de los niveles de emisión de contaminantes provenientes de los vehículos automotores en circulación equipados con motores que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural u otros combustibles alternos, cuyos límites máximos permisibles están determinados por la norma oficial mexicana correspondiente.

2. Campo de aplicación

Esta norma oficial mexicana es de observancia obligatoria en el establecimiento y la operación de centros de verificación vehicular.

3. Referencias

NMX-AA-23 Terminología.

4. Definiciones

4.1. Automóvil

El vehículo automotor para el transporte hasta de 10 personas.

4.2. Camión ligero

El vehículo automotor con o sin chasis, para el transporte de efectos o de más de 10 personas, con peso bruto vehicular entre 2,727 y 7,272 kilogramos.

4.3. Centro de verificación

Las instalaciones o local establecido por las autoridades competentes o autorizado por éstas, en el que se lleve a cabo la medición de las emisiones contaminantes provenientes de los vehículos automotores en circulación.

4.4. Gas patrón

El gas o mezcla de gases de concentración conocida y certificada por el fabricante de los mismos, que se emplea para la calibración de equipos de medición de concentración de contaminantes atmosféricos y para la certificación de la calibración.

4.5. Marcha crucero

Las condiciones de operación de un vehículo con la transmisión en neutral y con el motor encendido con aceleración y sin la aplicación externa de carga.

4.6. Marcha lenta en vacío

Las condiciones de operación de un vehículo con el motor encendido sin aceleración y dentro del rango de revoluciones especificado por el fabricante.

4.7. Motor de ciclo Otto

Un conjunto de componentes mecánicos que transforman energía calorífica en energía cinética vía la combustión discontínua de una mezcla combustible-aire en una o más cámaras cuyos volúmenes son modificados por el movimiento de pistones o rotores. El proceso de combustión es iniciado por una fuente externa de ignición.

4.8. Peso bruto vehicular

El peso real del vehículo automotor expresado en kilogramos, sumado al de su máxima capacidad de carga conforme a las especificaciones del fabricante y al de su tanque de combustible lleno.

4.9. Prueba estática

Las condiciones de prueba de un vehículo, consistente en marcha lenta en vacío y marcha crucero como se especifica en esta norma.

4.10. Prueba dinámica

Las condiciones de prueba de un vehículo, consistente en marcha lenta en vacío y marcha con carga como se especifica en esta norma.

4.11. Temperatura normal de operación

La alcanzada en el motor y en el tren de fuerza del vehículo, después de operar un mínimo de 10 minutos o alcanzar 60 grados centígrados de temperatura en el aceite del motor.

4.12. Vehículo comercial

El vehículo automotor con o sin chasis, para el transporte de efectos o de más de 10 personas, con peso bruto vehicular de hasta 2,727 kilogramos.

4.13. Vehículo de uso múltiple o utilitario

El vehículo automotor para el transporte de efectos o hasta de 10 personas con peso bruto vehicular de más de 2,727 kg.

4.14. Vehículo automotor

El vehículo de transporte terrestre que se utiliza en la vía pública, tanto de carga como de pasajeros, propulsado por su propia fuente motriz.

4.15. Vehículo en circulación

El vehículo automotor que transita por la vía pública.

4.16. Vehículo de uso intensivo

4.16.1. Los vehículos automotores destinados al uso público y que prestan servicios de transporte de pasajeros o de carga;

4.16.2. Los vehículos automotores que prestan servicios a las dependencias y entidades de la administración pública federal y a los gobiernos del Distrito Federal, de las entidades federativas y de los municipios;

4.16.3. Los vehículos automotores de uso mercantil destinados al servicio de negociaciones mercantiles o que constituyan instrumento de trabajo;

4.16.4. Los vehículos automotores que prestan servicios de transporte de empleados y escolares; y

4.16.5. Los vehículos automotores convertidos al uso de gas licuado de petroleo, gas natural u otros combustibles alternos destinados a cualquier servicio.

4.17. Zona Metropolitana de la Ciudad de México

El área integrada por las 16 Delegaciones Políticas del Distrito Federal y los siguientes 17 municipios del Estado de México: Atizapán de Zaragoza, Coacalco, Cuautitlán de Romero Rubio, Cuautitlán Izcalli, Chalco de Covarrubias, Chimalhuacán, Ecatepec, Huixquilucan, Ixtapaluca, La Paz, Naucalpan de Juárez, Nezahualcóyotl, San Vicente Chicoloapan, Nicolás Romero, Tecámac, Tlalnepantla y Tultitlán.

5. Especificaciones

5.1. Los métodos para medir las emisiones provenientes de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural u otros combustibles alternos, son los que a continuación se especifican:

5.1.1. Emisiones por el escape

El método debe ser el de prueba estática, a excepción de la zona metropolitana de la Ciudad de México, en donde el método que se debe aplicar a los automóviles,

vehículos comerciales y vehículos ligeros que se clasifiquen de uso intensivo, es el de prueba dinámica.

5.1.2. Emisiones evaporativas

En la zona metropolitana de la Ciudad de México, el método que se debe aplicar a los vehículos automotores que usan gasolina u otros combustibles alternos líquidos y que cuentan con tapón roscado del tanque de combustible, es la prueba del tapón del tanque de combustible.

Se debe realizar una prueba de sellado del tapón del tanque del combustible con un dispositivo, donde se medirá la caída de presión en pulgadas de agua según los límites de la norma correspondiente.

5.1.3. Fechas de aplicación

Las fechas de aplicación de las pruebas anteriormente especificadas para la zona metropolitana de la Ciudad de México, son las que se establecen en la tabla 1.

Tabla 1

Tipo de prueba	**Para medir**	**Año de aplicación en vehículo de:**	
		Uso intensivo	**Uso no intensivo**
Prueba Estática	HC, CO, O_2 y Dilución	No aplica	Inmediato
Prueba Dinámica en Dinamómetro a carga constante	HC, CO, O_2 y Dilución	Inmediato	1997
Sellado de Tapón del Tanque del Combustible	Fugas	1995	1995
Prueba Dinámica en Dinamómetro a carga variable	HC, CO, O_2, NOx y Dilución	1999	No Aplica

5.2. Preparación del equipo para la prueba.

Se debe llevar a cabo una preparación del equipo antes de iniciar el procedimiento de medición.

Por lo que toca al equipo, el técnico deberá:

5.2.1. Operarlo de acuerdo con las indicaciones del manual del fabricante.

5.2.2. Calibrarlo de acuerdo con las indicaciones del manual del fabricante y las especificaciones contenidas en esta norma.

5.2.3. Eliminar de los filtros y de la sonda cualquier partícula extraña y/o agua o humedad que se acumule.

5.3. Revisión visual del vehículo antes de la prueba.

5.4. Las condiciones que debe reunir el vehículo para someterlo al procedimiento de medición previsto en esta norma son:

5.4.1. El técnico debe revisar que los componentes de emisiones y elementos de diseño que han sido incorporados o instalados en el vehículo por el fabricante del mismo con el propósito de cumplir con las normas de control de emisiones aplicables a la unidad no han sido:

5.4.1.1. Retirados del sistema de control de emisiones del vehículo.

5.4.1.2. Alterados para que el sistema de control de emisiones no funcione correctamente.

5.4.1.3. Reemplazados con un componente que no fue vendido por su fabricante para este uso.

5.4.1.4. Reemplazados con un componente que no tiene la capacidad de conectarse a otros componentes de control de emisiones.

Desconectados aunque el componente esté presente y montado correctamente al vehículo.

5.4.2. El técnico debe asegurar que el escape del vehículo se encuentre en perfectas condiciones de funcionamiento y que no tenga ninguna salida adicional a las de diseño que provoque una dilución de los gases del escape o una fuga de los mismos.

5.4.3. Los siguientes dispositivos del vehículo deben encontrarse en buen estado y operando adecuadamente:

Filtro de aire, tapón del depósito de aceite y del tanque de gasolina, nivel de aceite del cárter sistema de ventilación del mismo, filtro de carbón activado y mangueras de conexión al motor y al tanque.

5.5. Preparación del vehículo para la prueba

Se debe llevar a cabo una preparación del vehículo antes de iniciar la prueba de medición. Por lo que toca al vehículo, el técnico deberá:

5.5.1. Revisar que el control manual del ahogador no se encuentre en operación.

5.5.2. Revisar que los accesorios del vehículo estén apagados. Esto incluye las luces y aire acondicionado.

5.5.3. Asegurarse que el motor del vehículo funcione a su temperatura normal de operación.

5.5.4. Asegurarse que en el caso de transmisiones automáticas, el selector se encuentre en posición de estacionamiento o neutral, y en el caso de transmisiones manuales o semiautomáticas, que dicho selector este en neutral y sin presionar el pedal del embrague.

6. Procedimientos de medición

6.1. Método de prueba estática

El método de prueba estática es un procedimiento de medición de las emisiones de los gases de hidrocarburos, monóxido de carbono, bióxido de carbono y oxígeno a la salida del escape de los vehículos automotores en circulación equipados con motores que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural u otros combustibles alternos.

El método de prueba estática consiste en tres etapas; una revisión visual de humo, una prueba de marcha crucero y una prueba de marcha lenta en vacío.

6.1.1. Prueba de revisión visual del humo

6.1.1.1. Se debe conectar el tacómetro del equipo de medición al sistema de ignición del motor del vehículo y efectuar una aceleración a 2,500 ± 250 revoluciones por minuto, manteniendo ésta durante un mínimo de 30 segundos. Si se observa emisión de humo negro o azul y éste se presenta de manera constante por más de 10 segundos, no se debe continuar con el procedimiento de medición y deberán tener por rebasados los límites máximos permisibles establecidos en la norma oficial mexicana correspondiente. Esta prueba no debe durar más de un minuto.

6.1.1.2. La emisión de humo azul es indicativa de la presencia de aceite en el sistema de combustión y la emisión de humo negro es indicativa de exceso de combustible no quemado, y por lo tanto cualquiera de las dos indican altos niveles de emisión de hidrocarburos entre otros contaminantes.

6.1.2. Prueba de marcha en crucero

Se debe introducir la sonda de medición al tubo de escape de acuerdo con las especificaciones del fabricante del propio equipo, asegurándose de que ésta se encuentre perfectamente fija. Se procede a acelerar el motor del vehículo hasta alcanzar una velocidad de 2,500 ± 250 revoluciones por minuto, manteniendo ésta durante un mínimo de 30 segundos. Después de 25 segundos consecutivos bajo estas condiciones de operación, el técnico debe determinar las lecturas promedio

que aparezcan en el analizador durante los siguientes 5 segundos y registrar estos valores. Esta prueba no debe durar más de un minuto.

6.1.3. Prueba de marcha lenta en vacío

Se procede a desacelerar el motor del vehículo a la velocidad de marcha en vacío especificada por su fabricante que no será mayor a 1100 revoluciones por minuto, manteniendo ésta durante un mínimo de 30 segundos. Después de 25 segundos consecutivos bajo estas condiciones de operación, el técnico debe determinar las lecturas promedio que aparezcan en el analizador durante los siguientes 5 segundos y registrar estos valores. Esta operación no debe durar más de un minuto.

6.1.4. Análisis de resultados

Se considera que un vehículo pasa la prueba cuando ninguno de los valores registrados en las lecturas de las pruebas en marcha lenta en vacío y en marcha en crucero rebasan los niveles máximos permisibles previstos en la norma oficial mexicana respectiva.

En el caso de que un vehículo cuente con doble sistema de escape, la medición debe efectuarse en cada uno de ellos, considerando como valor de emisión de cada uno de los contaminantes, el promedio de lecturas registradas en cada sistema de escape.

6.2. Método de prueba dinámica con carga constante

El método de prueba dinámica con carga constante es otro procedimiento de medición de las emisiones de los gases de hidrocarburos, monóxido de carbono, bióxido de carbono y oxígeno a la salida del escape de los vehículos automotores en circulación equipados con motores de gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural u otros combustibles alternos.

El método de prueba dinámica con carga constante consiste en tres etapas; una revisión visual de humo, una prueba dinámica con carga y una prueba de marcha lenta en vacío.

6.2.1. Prueba de revisión visual del humo

6.2.1.1. Se debe efectuar una aceleración al motor del vehículo a 2,500 ± 250 revoluciones por minuto, manteniendo ésta durante un mínimo de 30 segundos. Si se observa emisión de humo negro o azul y éste se presenta de manera constante por más de 10 segundos, no se debe continuar con el procedimiento de medición y se tendrán por rebasados los límites máximos permisibles establecidos en la norma oficial mexicana correspondiente. Esta prueba no debe durar más de un minuto.

La emisión del humo azul es indicativa de la presencia de aceite en el sistema de combustión y la emisión de humo negro es indicativa de exceso de combustible no quemado, y por lo tanto, cualquiera de las dos indican altos niveles de emisión de hidrocarburos entre otros contaminantes.

6.2.2. Preparación para la prueba dinámica:

6.2.2.1. Se debe posicionar las llantas motrices del vehículo en los rodillos del dinamómetro de chasis y asegurar el vehículo de tal forma que impida su movimiento de acuerdo con las instrucciones del fabricante del dinamómetro.

6.2.2.2. Se debe introducir la sonda de muestreo al tubo de escape, de acuerdo con las especificaciones del fabricante del propio equipo, asegurándose de que ésta se encuentre perfectamente fija.

6.2.2.3. El técnico debe determinar la carga y velocidad a aplicar al vehículo de acuerdo con la tabla 2.

Tabla 2

Número de Cilindros, Velocidad y Carga por aplicar

No. de cilindros	Velocidad del rodillo (km/h)	Carga aplicada (bhp)
4 ó menos	40	2.8 - 4.1
5 - 6	40	6.8 - 8.4
7 ó más	40	8.4 - 10.8

6.2.3. Prueba dinámica

Con el vehículo en marcha, se procede a acelerarlo en segundo o tercer engrane (escogiendo aquél que permita una operación del motor en condiciones estables y sin forzarse), hasta que el vehículo alcance la velocidad de rodillo especificada. Si el vehículo está equipado con transmisión automática se probará en segundo engrane.

Se ajusta la carga al dinamómetro de acuerdo con los valores estipulados en la tabla 2 y se opera el vehículo en condiciones estables de funcionamiento durante un mínimo de 30 segundos. Después de 25 segundos consecutivos bajo estas condiciones de operación, el técnico debe determinar las lecturas promedio que aparezcan en el analizador durante los siguientes 5 segundos y registrar estos valores. Esta operación no debe durar más de un minuto.

En el caso de que un vehículo no pueda alcanzar la velocidad o mantener la carga especificada en la tabla 2 ó que por su diseño no pueda instalarse en el dinamómetro, se deberá aplicar el método de prueba estática.

6.2.4. Prueba de marcha lenta en vacío

Se procede a desacelerar el motor del vehículo a la velocidad de marcha en vacío especificada por su fabricante que no sea mayor a 1100 revoluciones por minuto, colocando la transmisión en neutral. Se debe mantener esta velocidad durante un mínimo de 30 segundos. Después de 25 segundos consecutivos bajo estas condiciones de operación, el técnico debe determinar las lecturas promedio que aparezcan en el analizador durante los siguientes 5 segundos y registrar estos valores. Esta operación no debe durar más de un minuto.

6.2.5. Análisis de resultados

Se considera que un vehículo pasa la prueba cuando ninguno de los valores registrados en las lecturas de las pruebas en marcha lenta en vacío y en la dinámica rebasan los niveles máximos permisibles previstos en la norma oficial mexicana respectiva.

En el caso de que un vehículo cuente con doble sistema de escape, la medición debe efectuarse en cada uno de ellos, considerando como valor de emisión de cada uno de los contaminantes, el promedio de las lecturas registradas en cada sistema de escape.

6.3. Prueba del tapón del tanque de combustible

6.3.1. El procedimiento de medición consiste en una prueba de sellado del tapón montado en un dispositivo de prueba, utilizando el cuello apropiado para el tapón de que se trate. Se presuriza el dispositivo a la presión especificada en la tabla 3 y ya alcanzada la presión especificada, se mide la caída de presión en pulgadas de agua durante el período especificado en la misma tabla.

6.3.2. Análisis de Resultados

Se considera que el vehículo pasa la prueba cuando no existe una fuga que de como resultado una caída de presión mayor que el límite establecido.

Los límites permisibles de caída máxima de presión para vehículos automotores en circulación que usan gasolina u otros combustibles alternos líquidos, son los establecidos en la tabla 3.

Tabla 3. Límites en función del Procedimiento de Prueba

Año-modelo del vehículo	**Tipo de prueba**	**Presión inicial (pulg. H_2O)**	**Caída máxima de presión.**	
			(pulg. H_2O)	en segundos
Todos	Sellado del tapón del tanque de combustible	14 ± 0.5	2.0	20

7. Registro de datos

El centro de verificación debe registrar los resultados de las pruebas de verificación en medio magnético para su envío a las autoridades cuando éstas así lo requieran.

Los datos mínimos requeridos son:

7.1. Datos del centro

Descripción	Formato	Caracteres
Número de folio del certificado	N	8
Número de centro	N	3
Fecha de la prueba	F	6
Hora de la prueba	A	5
Tipo de verificación	A	1

7.2. Datos del propietario del vehículo

Descripción	Formato	Caracteres
Nombre	A	25
Domicilio	A	25
Colonia	A	15
Código Postal	N	5
Delegación o municipio	N	3
Estado	N	2

7.3. Datos del Vehículo

Descripción	Formato	Caracteres
Lectura del odómetro	N	7
Año modelo del vehículo	N	2
Ciudad de registro	A	10
Placas	A	7
Clase	N	2
Tipo de combustible	N	1
Marca	N	3
Submarca	A	8
Tipo de servicio	N	2
Número de cilindros	N	1
Alimentación de Combustible	N	1

7.4. Datos de la Prueba

Descripción	Formato	Caracteres
Secuencia de Prueba	A	1
HC Marcha lenta en vacío	N	4
CO Marcha lenta en vacío	N	4
CO_2 Marcha lenta en vacío	N	4
O_2 Marcha lenta en vacío	N	4
RPM Marcha lenta en vacío	N	4
HC Marcha crucero o prueba dinámica	N	4

Descripción	Formato	Caracteres
CO Marcha crucero o prueba dinámica	N	4
CO_2 Marcha crucero o prueba dinámica	N	4
O_2 Marcha crucero o prueba dinámica	N	4
NO Marcha crucero o prueba dinámica	N	4
RPM Marcha crucero o prueba dinámica	N	4

7.5. Resultados de la verificación

Descripción	Formato	Caracteres
Secuencia de Prueba	A	1
HC Marcha lenta en vacío	N	4
CO Marcha lenta en vacío	N	4
CO_2 Marcha lenta en vacío	N	4
O_2 Marcha lenta en vacío	N	4
RPM Marcha lenta en vacío	N	4
HC Marcha crucero o prueba dinámica	N	4
CO Marcha crucero o prueba dinámica	N	4
CO_2 Marcha crucero o prueba dinámica	N	4
O_2 Marcha crucero o prueba dinámica	N	4
NO Marcha crucero o prueba dinámica	N	4
RPM Marcha crucero o prueba dinámica	N	4
Emisiones por el escape	A	1
(Aprobado, No aprobado)		
Sellado del tapón	A	1
(Aprobado, No aprobado)		

Clave del formato: N = Numérico A = Alfanumérico F = Fecha

8. Especificaciones del equipo

Los aparatos para la medición de las emisiones vehiculares deben cumplir con las siguientes especificaciones:

8.1. Gases a analizar

8.1.1. El analizador que se utiliza en la prueba dinámica debe determinar la concentración de hidrocarburos, monóxido de carbono, bióxido de carbono, óxidos de nitrógeno y oxígeno en los gases del escape del vehículo.

8.1.2. El analizador que se utiliza para la prueba estática debe determinar la concentración de hidrocarburos, monóxido de carbono, bióxido de carbono y oxígeno en los gases del escape del vehículo.

8.2. Escala de Medición

8.2.1. La escala total de medición debe ser de 0 a 10% en volumen, para el caso del monóxido de carbono; 0 a 2000 ppm, tratándose de hidrocarburos; 0 a 4000 ppm para óxidos de nitrógeno; 0 a 16% en volumen, para el caso del bióxido de carbono; y 0 a 22% en volumen, para el caso del oxígeno.

8.2.2. La resolución de la escala debe ser de 1 ppm en los casos de HC y NO; 0.01 % en el caso de CO y 0.1 % en el caso de CO_2 y O_2.

8.3. Precisión, Ruido y Repetibilidad

8.3.1. El analizador debe cumplir con los requerimientos siguientes de exactitud en sus lecturas:

Gas	Rango	Precisión	Ruido	Repetibilidad
HC (ppm)	0- 400	±12	6	8
	401-1000	±30	10	15
	1001-2000	±80	20	30
CO (%)	0-2.00	±0.06	0.02	0.03
	2.01-5.00	±0.15	0.06	0.08
	5.01-9.99	±0.40	0.10	0.15
CO_2 (%)	0- 4.0	±0.60	0.20	0.30
	4.1-14.0	±0.50	0.20	0.30
	14.1-16.0	±0.60	0.20	0.30
NO (ppm)	0-1000	±32	16	20
	1001-2000	±60	25	30
	2001-4000	±120	50	60
O_2 (%)	0-10.0	±0.5	0.3	0.4
	10.1-22.0	±1.3	0.6	1.0

El ruido se define como la diferencia promedio de las lecturas obtenidas de pico a pico a una sola fuente durante 20 segundos.

La repetibilidad se determina durante 5 mediciones sucesivas en una misma fuente.

8.3.2. El tiempo de respuesta debe ser de no mayor a 8 segundos para alcanzar 90% de la lectura final estabilizada y no mayor a 12 segundos para alcanzar 95% de la lectura final estabilizada.

8.3.3. Durante todo el tiempo de trabajo la estabilidad debe ser menor de ± 3%.

8.3.4. El tiempo de estabilidad debe ser menor de 10 minutos después del encendido.

8.3.5. El tacómetro debe tener la capacidad de medir las revoluciones por minuto del motor del vehículo con una precisión de ± 3% .

8.4. Construcción

8.4.1. El analizador debe estar diseñado para soportar un servicio continuo de trabajo pesado mínimo de 8 horas por día.

8.4.2. Contar con una placa de identificación adherida a la parte exterior del mismo, en la que se precise: modelo, número de serie, nombre y dirección del fabricante, requerimientos de energía eléctrica y límites de voltaje de operación.

8.4.3. Ser hermético en todas sus conexiones.

8.4.4. Sus controles deben ser accesibles a los operadores.

8.4.5. Las lecturas del analizador, no deben verse afectadas por variaciones del voltaje nominal de ± 10%.

8.4.6. Los aditamentos internos que estén en contacto con el gas de muestra deben ser resistentes a la corrosión y contar con dispositivos o trampas para la eliminación o disminución de partículas y agua, a fin de evitar modificaciones que afecten el análisis de gases. El recipiente para eliminar el agua debe ser de material transparente, con posibilidades de drenado y que pueda desmontarse fácilmente para su limpieza.

8.4.7. Los aditamentos externos consisten en una sonda, cuya longitud debe ser mayor de 3 metros y menor de 9 metros, suficientemente flexible para facilitar su manejo.

8.4.8. Las autoridades locales podrán establecer especificaciones adicionales para el analizador, con el objeto de mejorar la confiabilidad de los resultados y la seguridad en el manejo de los certificados y las calcomanías en su caso.

8.5. Calibración de Rutina

La calibración de los analizadores deberá hacerse con gas patrón cada tercer día o de acuerdo con las especificaciones del fabricante. El gas patrón debe tener una exactitud garantizada por su fabricante en las mezclas de ± 2% de la concentración indicada.

8.6. Verificación de la Calibración

La calibración de los analizadores deberá realizarse en un laboratorio de calibración acreditado por la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial en los términos de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, cada tres meses en condiciones normales de operación, independientemente de que se realice cada vez que se sustituya alguna de sus partes o cuando haya sido sometido a mantenimiento o reparación.

8.6.1. Para comprobar si el analizador se encuentra perfectamente calibrado se deben realizar mediciones con tres gases patrón de concentración conocida (con

una precisión del 1%), éstos deben introducirse al aparato vía sonda normal de verificación vehicular.

8.6.2. Se deben realizar tres mediciones con cada gas patrón. De las tres lecturas obtenidas para cada uno de los contaminantes, se sacan los valores promedio que se deben anotar en la hoja de registro, con los valores promedio, se trazan las curvas de calibración del aparato de medición, en la hoja de gráficas (anexo 1), las cuales en relación con la línea de representación que aparece en la misma, debe tener una desviación menor al 10% .

8.7. Especificaciones del Dinamómetro

En lo referente al dinamómetro, éste tendrá los rodillos necesarios para soportar las ruedas motrices de los vehículos que serán examinados y permitir su rotación continua. La potencia generada por el motor del vehículo que pasa a los rodillos a través de las llantas, deberá ser transmitida a un aparato de absorción de energía. La carga puede ser establecida por las características físicas de diseño de la unidad de absorción de energía o por control automático. El marco y los conjuntos de rodillos deberán estar colocados al nivel del piso, de forma que permitan que los vehículos de cualquier marca sean colocados fácilmente sobre los rodillos, para ser probados en una posición nivelada. Una plataforma entre los rodillos y los frenos de los rodillos permitirá una entrada y salida rápida de los vehículos al dinamómetro. El diseño del dinamómetro deberá permitir la prueba segura de vehículos con tracción delantera.

8.7.1. Capacidades del dinamómetro

8.7.1.1. La repetibilidad de las pruebas deberá estar dentro de un 2% de tolerancia para un vehículo y velocidad dada.

8.7.1.2. Los períodos cortos de estabilidad a una velocidad constante no deben de tener una variación de potencia mayor a 0.5 H.P. durante la prueba.

8.7.1.3. La capacidad de carga de los rodillos debe soportar un peso mínimo de 3500 kilogramos.

8.7.1.4. Cada rodillo debe tener un diámetro mínimo de 20.32 cm. (8"). Los rodillos deben estar separados de tal manera que el radio de la llanta que es de 33.02 cm. (13") debe tener un contacto con los rodillos medido desde el centro del eje de la llanta hasta el centro del eje de los rodillos de por lo menos 50° y no mayor a 63°. Los rodillos no deben proporcionar una superficie de contacto menor a 243.84 cm. (96") de ancho.

8.7.1.5. Los indicadores de velocidad deben estar en kilómetros o su equivalente funcional utilizando una sola escala con una longitud de escala no menor de 19 cm. (7.5") y deben indicar de 0 a 95 km/h.

8.7.1.6. El dinamómetro deberá contar con su propia unidad de calibración.

La presente norma oficial mexicana debe colocarse en un lugar visible en los centros de verificación públicos y privados autorizados.

9. Vigilancia

9.1. Los gobiernos del Distrito Federal, de los estados y, en su caso, de los municipios, son las autoridades competentes para vigilar el cumplimiento de la presente norma oficial mexicana.

10. Sanciones

10.1. El incumplimiento de la presente norma oficial mexicana será sancionado conforme a lo dispuesto por la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, su Reglamento en materia de Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera y los demás ordenamientos jurídicos que resulten aplicables.

11. Bibliografía

11.1. Code of Federal Regulations, Vol. 40, 1991, USA. (Código Federal de Regulaciones. Vol. 40, 1991, Estados Unidos de América).

11.2. Código de Reglamentos de California, Estados Unidos de América. Título 16 Capítulo 33

12. Concordancia con las normas internacionales

12.1 Esta norma oficial mexicana no concuerda con ninguna norma internacional.

13. Vigencia

13.1. La presente norma oficial mexicana entrará en vigor al día siguiente de su publicación en el Diario Oficial de la Federación, a excepción del requerimiento de verificación de la calibración incluido en el inciso 10.6, el cual entrará en vigor el día 3 de enero de 1994.

13.2 Se abroga el Acuerdo por el cual se expidió la norma técnica ecológica NTE-CCAT-013/89 publicado en el Diario Oficial de la Federación el 7 de junio de 1989.

Dada en la Ciudad de México, Distrito Federal, a los dieciocho días del mes de octubre de mil novecientos noventa y tres.- El Presidente del Instituto Nacional de Ecología, Sergio Reyes Luján.- Rúbrica.

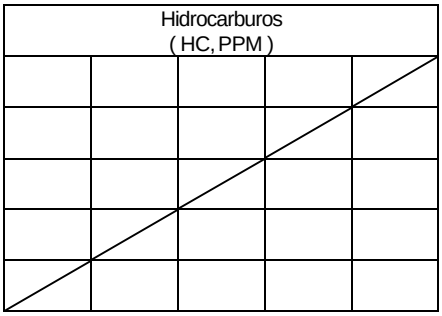
ANEXO 1

Hoja de registro para la verificación de calidad de medición de analizadores

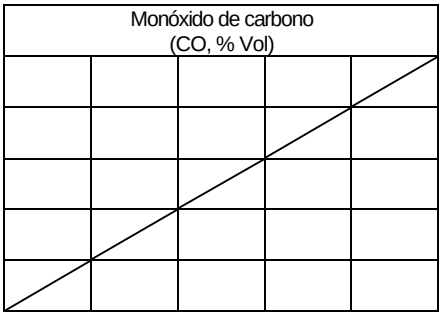
Centro de verificación _____ No._____
Dirección_____ Col._____
Del. Pol. o Mpio. _____ Tel._____ RFC_____
Marca del equipo_____ No. de serie_____
Lugar de certificación _____

Medición	**Lecturas registradas**					
	Alta			**Baja**		
	CO	**HC**	**CO_2**	**CO**	**HC**	**CO_2**
Primera						
Segunda						
Tercera						
Valor promedio						
Concentración de gas patrón						

Curvas de calibración



Gas patrón



Gas patrón

Fecha de verificación _____

Fecha próxima verificación _____

Nombre y firma del técnico _____

ANEXO I. GLOSARIO DE TÉRMINOS

Acuerdo de Cooperación Ambiental de América del Norte. Acuerdo firmado en 1993 que establece el compromiso entre los gobiernos de México, Estados Unidos y Canadá, para mejorar el medio ambiente, derivado del Tratado de Libre Comercio de América del Norte.

Acuerdo de la Paz. Convenio firmado en 1983 entre los Estados Unidos Mexicanos y los Estados Unidos de América sobre cooperación para la protección y mejoramiento del medio ambiente en la zona fronteriza.

Aerobiológico. Microorganismo que vive suspendido en el aire.

Aerosol. Suspensión coloidal de partículas de líquidos o sólidos en el aire. También se ha dado este nombre a algunos productos que se aplican por aspersión y que se usan como propelentes, ejemplo: hidrocarburos clorados como el "freón". Se define también como la mezcla de partículas de diámetro inferior a 3 micrómetros en suspensión en el aire.

Afinación. Conjunto de acciones para el mantenimiento mecánico-automotriz necesarias para el funcionamiento óptimo del sistema de combustión en vehículos de combustión interna.

Aforo. Medición del número y tipo de vehículos que transitan en un punto dado de una vialidad durante un tiempo determinado.

Aire Ambiente. Atmósfera en espacio abierto.

Alcanos. Hidrocarburos saturados formados exclusivamente por carbono e hidrógeno.

Alérgeno. Sustancia habitualmente extraña al organismo que, al ingresar a éste, es capaz de inducir daños en el sistema inmunológico del mismo o provocar cambios en la síntesis bioquímica de los nutrientes o introducir una nueva sustancia capaz de anular o interferir específicamente en sus características químicas.

Alquenos. Compuestos orgánicos insaturados con uno o más enlaces dobles.

Alquinos. Compuestos orgánicos insaturados con uno o más enlaces triples.

Ambiente. Conjunto de elementos físicos, químicos y biológicos (naturales o artificiales, inducidos por el hombre), que propician la existencia, transformación y desarrollo de los organismos.

Anaerobio. Condición ambiental referente a la vida o los procesos vitales que ocurren en ausencia de oxígeno o a una baja presión parcial de éste.

Anexo IV del Acuerdo de la Paz. Acuerdo de cooperación entre los Estados Unidos Mexicanos y los Estados Unidos de América sobre contaminación transfronteriza del aire causada por las fundidoras de cobre a lo largo de su frontera común.

Anexo V del Acuerdo de la Paz. Acuerdo de cooperación entre los Estados Unidos Mexicanos y los Estados Unidos de América relativo al transporte internacional de contaminación del aire urbano a lo largo de su frontera común.

Antropogénico. Relativo al hombre; de origen humano. Se puede aplicar a las concepciones excesivamente centradas en la problemática humana, olvidándose de los efectos, problemas y daños que causan al ambiente.

Área Metropolitana. Extensión territorial en la que se encuentra la unidad político-administrativa de la ciudad central y de localidades contiguas que comparten características urbanas comunes, tales como sitios de trabajo, lugares de residencia, espacios para labores agrícolas e industriales y que mantienen una relación socioeconómica directa, constante, intensa y recíproca con la ciudad central.

Aromáticos, Compuestos. Familia de hidrocarburos de tipo cíclico, de fórmula general $C_6H_{6-n}X_n$. Se caracterizan por formar una cadena cíclica cerrada en forma hexagonal denominada anillo bencénico y poseer en su estructura tres dobles ligaduras. Estos compuestos, al igual que algunos hidrocarburos parafínicos, se consideran compuestos tóxicos principalmente por su nula solubilidad en el agua, por su larga permanencia en el ambiente y su difícil biodegradación.

Atmósfera. Capa de aire que circunda la tierra y que se extiende alrededor de 100km por encima de la superficie terrestre. Esta estructura física está formada por una mezcla de 78% de nitrógeno, 21% de oxígeno y 1% de varios gases; como el argón, el neón, el bióxido de carbono y vapor de agua entre otros compuestos inorgánicos.

Autorregulación. Establecimiento de medidas voluntarias encaminadas a un mejor desempeño ambiental de la industria, donde se alcanzan o se aceptan estándares de cumplimiento menores a la normas ambientales obligatorias.

Balance Energético. Cantidad de energía distribuida o consumida por los diferentes sectores productivos, de servicios y de transportes.

Benceno. Compuesto más sencillo de los hidrocarburos olefínicos conformado en una cadena cíclica cerrada.

Bióxido de Azufre (SO_2). Contaminante producido durante el proceso de combustión de los combustibles con contenido de azufre. Las emisiones de este contaminante provienen principalmente de la industria.

Bióxido de Carbono ($C0_2$). Gas inorgánico compuesto por dos moléculas de oxígeno y una de carbono. Este gas no tiene color, olor ni sabor; y se produce por la respiración de los seres vivos, y cuando se queman combustibles fósiles.

Bióxido de Nitrógeno (NO_2). Contaminante generado cuando el nitrógeno contenido en los combustibles y en el aire es oxidado en un proceso de combustión.

Butano. Hidrocarburo parafínico saturado compuesto de cuatro átomos de carbono y diez de hidrógeno.

Caldera. Equipo industrial sujeto a presión que se utiliza para generar vapor.

Calidad Ambiental. Conjunto de condiciones físicas, químicas y biológicas naturales del ambiente que no han sido alteradas.

Calidad de Combustibles. Especificaciones técnicas de las características físicas y químicas de los combustibles. Que definen el potencial contaminante del mismo.

Calidad del Aire. Condición de las concentraciones de los contaminantes en el aire ambiente.

Carcinogénico. Agente químico, físico o biológico capaz de provocar crecimiento anormal, desordenado y potencialmente ilimitado de las células de un tejido u órgano.

Cefalea. Dolor de cabeza.

Ciclones. Dispositivo de control de partículas que funciona mediante fuerzas inerciales y gravitacionales.

Clima. Conjunto de fenómenos meteorológicos que caracterizan el estado medio de la atmósfera de un lugar de la tierra, en un período mínimo de diez años y lo constituyen principalmente, la temperatura, el régimen de lluvias, el régimen estacional y otros factores como son los vientos dominantes, la humedad relativa, la insolación, la presión atmosférica y la nubosidad.

Clorofluorocarbonos (CFC). Gases usados como propelentes de los aerosoles que una vez liberados pueden llegar hasta la estratosfera y en ella el cloro que contienen, reacciona con el ozono reduciendo el volumen de la capa protectora de este último.

Combustibles Fósiles. Compuestos inorgánicos como el carbón mineral, el petróleo y el gas, así llamados por ser productos derivados de los restos de plantas y animales que vivieron en la tierra en épocas anteriores a la aparición del hombre sobre nuestro planeta.

Combustibles Limpios. Compuestos inorgánicos utilizados como combustibles y que contienen un porcentaje de azufre menor al 2% en peso o que originan emisiones despreciables de contaminantes al ambiente. (Por ejemplo: gas natural comprimido, metanol, etanol, gas licuado de petróleo, etc.).

Combustión. Proceso de oxidación rápida de materiales inorgánicos acompañados de liberación de energía en forma de calor y luz.

Combustión Incompleta. Oxidación insuficiente que ocurre cuando el oxígeno o el tiempo disponible en el proceso resultan inferiores a lo necesario, produciendo monóxido de carbono (CO), gas conocido por su toxicidad para los seres vivos.

Compuestos Orgánicos Volátiles. Incluye un amplio grupo de sustancias individuales como los hidrocarburos (alcanos, alquenos y aromáticos), compuestos halogenados (por ejemplo, tricloroetileno) y compuesto oxigenados (alcoholes, aldehídos y cetonas). Todos son compuesto orgánicos de carbono y poseen una volatilidad suficiente para existir como vapores en la atmósfera.

Concentración. Cantidad relativa de una sustancia específica mezclada con otra sustancia generalmente más grande. Por ejemplo: 5 partes por millón de monóxido de carbono en el aire. También se puede expresar como el peso del material en proporción menor que se encuentra dentro de un volumen de aire o gas; esto es, en miligramos del contaminante por cada metro cúbico de aire.

Contaminación. Presencia de materia o energía cuya naturaleza, ubicación o cantidad produce efectos ambientales indeseables. En otros términos, es la alteración hecha o inducida por el hombre a la integridad física, biológica, química y radiológica del medio ambiente.

Contaminante. Sustancia o elemento que al incorporarse y actuar en la atmósfera, agua, suelo, flora, fauna o cualquier elemento del ambiente altera o modifica su composición, afecta la salud o impide su utilización como recurso.

Contaminante del Aire. Sustancia en el aire que, en alta concentración, puede dañar al hombre, animales, vegetales o materiales. Puede incluir casi cualquier compuesto natural o artificial susceptible de ser transportado por el aire. Estos contaminantes se encuentran en forma de partículas sólidas, y líquidas, gases o combinados. Generalmente se clasifican en los compuestos emitidos directamente por la fuente contaminante o contaminantes primarios y los compuestos producidos en el aire por la interacción de dos o más contaminantes primarios o por la reacción con los compuestos naturales encontrados en la atmósfera.

Contaminantes Criterio. Condiciones de concentración para ciertos contaminantes conocidos como dañinos para la salud humana presentes en el aire y que constituyen los principales parámetros de la calidad del aire. En el ámbito internacional se reconocen siete contaminantes criterio: O_3, CO, PST, PM10, SO_2, NO_2 y Pb.

Contingencia Ambiental. Situación de riesgo por la presencia de altas concentraciones de contaminantes criterio en el aire, derivada de actividades humanas o fenómenos naturales, que pueden poner en peligro la salud de la población, así como afectar a los ecosistemas.

Control de Emisiones. Conjunto de medidas tendentes a provocar la reducción en las emisiones de contaminantes al aire.

Convertidor Catalítico. Artefacto para abatir la contaminación del aire que remueve contaminantes como hidrocarburos, monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno de los gases de escape de los automóviles, ya sea convirtiéndolos por oxidación en bióxido de carbono y agua o reduciéndolos a nitrógeno y oxígeno.

Criterios Ambientales. Factores descriptivos tomados en cuenta para el establecimiento de normas ambientales para varios contaminantes. Esos factores sirven para determinar los límites máximos en los niveles de concentración permitidos, y limitar el número de excedencias anuales al respecto.

Criterios de Salud Ambiental. Resúmenes críticos del conocimiento existente expresado, hasta donde sea posible, en términos cuantitativos sobre efectos identificables inmediatos y a largo plazo en la salud y el bienestar humano, que pueden esperarse por la presencia de sustancias en el aire, agua, suelo, alimentos, productos para el consumo y ambiente laboral; o por factores como el ruido, la radiación ionizante y no ionizante, el calor radiante y la luminosidad.

Cuenca Atmosférica. Espacio físico diferenciado en el que se encuentra confinada la capa de la atmósfera más inmediata a su superficie interior y delimitada por un patrón meteorológico de pequeña a mediana escala y uniforme en ella.

Cuenca Atmosférica Binacional. Espacio físico que involucra tanto a zonas de los Estados Unidos de América como de los Estados Unidos Mexicanos.

Destilación. Separación de una mezcla utilizando los diferentes puntos de ebullición de sus componentes.

Deterioro Ambiental. Alteración que sufren uno o varios elementos que conforman los ecosistemas, provocada por la presencia de un elemento ajeno a las características y la dinámica propias de los mismos.

Disfonía. Dificultad para oír.

Disnea. Dificultad para respirar.

Dispersión. Fenómeno que determina la magnitud de la concentración resultante y el área de impacto, en el cual los contaminantes se van a dispersar y diluir según las condiciones meteorológicas y geográficas del lugar donde fueron liberados o generados.

Dósis. Cantidad de sustancia administrada a un organismo que puede producir un efecto.

Ecosistema. Unidad estructural funcional y de organización básica de interacción de los organismos entre sí y con el ambiente, en un espacio determinado.

Efecto Sinérgico. Resultado combinado de dos sustancias actuando sobre un ser vivo, y que es mucho más grande que el efecto producido por la suma de los efectos individuales cuando se administran separadamente.

Efecto Sistémico. Resultado de la interacción de un contaminante y un organismo, siendo de naturaleza generalizada, que ocurre en un lugar distante del punto de entrada de una sustancia. Un efecto sistémico requiere absorción y distribución de la sustancia en el cuerpo.

Eficiencia Térmica. Capacidad o desempeño del equipo de combustión para aprovechar la energía del combustible expresada en calor.

Emisión. Descarga de contaminantes a la atmósfera provenientes de chimeneas y otros conductos de escape de las áreas industriales, comerciales y residenciales, así como de los vehículos automotores, locomotoras o escapes de aeronaves y barcos.

Energía. Capacidad de un sistema para desarrollar trabajo.

Epidemiología. Estudio de la distribución de enfermedades o de otros estados de la salud y eventos en poblaciones humanas relacionados con edad, género, ocupación, etnia y estado económico, con el fin de identificar y combatir problemas de la salud y promover la buena salud.

Equipo de Medición. Conjunto de dispositivos o instrumentos necesarios para medir la concentración de un contaminante presente en un flujo de gas.

Erosión. Destrucción y eliminación de ciertas características físicas, químicas o biológicas presentes en un suelo. Los factores que acentúan la erosión del suelo son: el clima, la precipitación (lluvia, nieve, etc.), la velocidad del viento, la topografía, el grado y la longitud del declive, las características físico-químicas del suelo original, la cubierta vegetal, su naturaleza y el grado de cobertura, los fenómenos naturales como terremotos y factores humanos, por ejemplo la tala indiscriminada, la quema subsecuente, el pastoreo con exceso, la remoción de capas orgánicas fundamentales, etc.

Estabilidad Atmosférica. Condición meteorológica directamente influida por la velocidad del viento y de sus movimientos ascendentes y descendentes, que muestra los movimientos convectivos y advectivos del aire.

Estación de Monitoreo. Conjunto de elementos técnicos diseñados para medir la concentración de contaminantes en el aire en forma simultánea, con el fin de evaluar la calidad del aire en un área determinada.

Estaciones de Servicio. Establecimientos donde se expenden al público gasolinas, lubricantes y combustibles automotrices.

Estándares. Especificación técnica, habitualmente en forma de documento disponible para el público, elaborada con el consenso de la aprobación general de todos los intereses afectados, con base en resultados científicos consolidados, en la tecnología y en la experiencia, con el objeto de promover beneficios óptimos para la comunidad; y aprobada por un cuerpo reconocido a nivel nacional, regional o internacional.

Estomas. Estructuras de las hojas de las plantas que sirven para el intercambio de gases y sustancias líquidas.

Estructura Urbana. Vialidades, accesos, usos de suelo que permiten el funcionamiento de ciudades.

Exposición. Procesos por los cuales una sustancia con propiedades tóxicas se introduce o es absorbida por un organismo por cualquier vía.

Factor de Emisión. Relación entre la cantidad de contaminación producida y la cantidad de materias primas procesadas o energía consumida. Por ejemplo: un factor de emisión para una siderúrgica con procesos de altos hornos para producir hierro puede ser el número de kilogramos de partículas emitidas por cada tonelada de materia prima procesada.

Fisiografía. Parte de la geología que estudia la formación y evolución del relieve terrestre y los procesos y resultados que determinan su transformación.

Fotoquímicos. Contaminantes que se producen por la reacción de dos o más compuestos en presencia de la luz solar.

Fotoreactividad. Característica de algunos contaminantes del aire que experimentan o sufren cambios en su composición al reaccionar entre sí o con otros constituyentes del aire en presencia de la luz solar.

Fracción Respirable. Partículas cuyo tamaño es menor a 10 micrómetros y pueden introducirse sin ningún obstáculo al interior del sistema pulmonar hasta los alvéolos.

Freón. Gases utilizados en refrigeración que al liberarse a la atmósfera reaccionan con el ozono de la estratosfera reduciendo el volumen de la capa protectora de O_3.

Fuente Estacionaria Mayor. Cualquier fuente estacionaria con emisiones superiores a 91 toneladas métricas (100 toneladas inglesas) por año, para la cual exista un nivel específico de control de contaminación del aire en vigor, cualquier otra fuente estacionaria que las Partes mutuamente designen para los propósitos del Acuerdo de la Paz.

Fuente Fija. En el lenguaje usado en torno a la contaminación del aire, se define como punto fijo de emisión de contaminantes en grandes cantidades, generalmente de origen industrial.

Fuente Móvil. Cualquier máquina, aparato o dispositivo emisor de contaminantes a la atmósfera, al agua y al suelo que no tiene un lugar fijo. Se consideran fuentes móviles todos los vehículos como automóviles, barcos, aviones, etc.

Gas Natural. Mezcla de gases usada como combustible. Se obtiene de ciertas formaciones geológicas subterráneas. El gas natural es la mezcla de hidrocarburos de bajo peso molecular como el propano, metano, butano y otros.

Gestión Ambiental. Procedimientos de administración mediante la fijación de metas, planificación, asignación de recursos, aplicación de mecanismos jurídicos, etcétera, sobre las actividades humanas que influyen sobre el medio.

Gradiente de Temperatura. Perfil en la diferencia de magnitudes para los valores hacia arriba o hacia abajo de una temperatura dada con respecto a una temperatura de referencia o a una distancia descrita verticalmente.

Grupo de Trabajo Binacional de Calidad del Aire. Grupo de trabajo formado a partir del Acuerdo de la Paz y que se encarga de analizar y resolver los problemas de calidad del aire en la zona fronteriza entre los Estados Unidos Mexicanos y los Estados Unidos de América.

Hidrocarburos. Compuestos orgánicos que contienen carbono e hidrógeno en combinaciones muy variadas. Se encuentran especialmente en los combustibles fósiles. Algunos de estos compuestos son contaminantes peligrosos del aire por ser carcinógenos; otros son importantes por su participación en la formación del ozono a nivel del aire urbano.

Hidrocarburos Alifáticos. Hidrocarburos de cadena abierta como las grasas.

Hidrocarburos Aromáticos. Compuestos derivados del benceno, el cual es un anillo de 6 carbonos con tres dobles ligaduras.

Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos. Son un grupo de compuestos orgánicos con dos o más anillos bencénicos. Entre los más conocidos por su presencia en las atmósferas urbanas se encuentra el benzo[∝]pireno. Se generan en procesos de

combustión de combustibles como el diesel. Pueden causar cáncer de la piel y de los pulmones.

Hidrólisis. Fenómeno en el que se libera agua a partir de la ruptura de moléculas.

Impacto Ambiental. Es cualquier cambio ocasionado por un proyecto propuesto en la salud y seguridad humana, flora, fauna, suelo, aire, agua, clima, el uso actual de los suelos y recursos para los propósitos tradicionales de los pueblos indígenas, o estructuras físicas, lugares u objetos que tengan relevancia histórica, arqueológica, paleontológica o arquitectónica, o la interacción entre estos factores, también incluye los impactos sobre la herencia cultural o las condiciones socioeconómicas que resulten de esos factores. Impacto incluye los impactos directos, indirectos o acumulativos.

Incentivos Económicos. Instrumentos de apoyo financiero que son aplicados en la política ambiental y cuyo propósito es modificar las conductas predominantes de producción y consumo en beneficio del medio ambiente.

Incineración. Proceso de oxidación vigorosa y de manera controlada por el cual los desechos sólidos, líquidos o gaseosos son quemados y convertidos en compuestos inertes como cenizas, bióxido de carbono y agua.

Incinerador. Aparato diseñado especialmente para la combustión de desperdicios sólidos, líquidos o gaseosos, mediante el manejo apropiado de la temperatura, el tiempo de retención, la turbulencia y el aire de combustión.

Índice Metropolitano de la Calidad del Aire (IMECA). Unidad adimensional que permite comparar las magnitudes de los diversos contaminantes en una escala homogénea que va de 0 a 500, el nivel de 100 puntos corresponde al valor de la Norma Oficial Mexicana establecida para cada uno de los contaminantes.

Industria. Conjunto de operaciones materiales ejecutadas para la obtención de uno o varios productos a partir de la transformación de los recursos naturales.

Ingeniería de Tránsito. Actividades de planificación de vialidades urbanas, semaforización y señalamientos, entre otras, encaminadas a obtener el funcionamiento óptimo de la estructura vial de una ciudad.

Inventario de Emisiones. Un listado, por fuente, de la cantidad de contaminantes descargados al aire en una comunidad; se utiliza para establecer normas o niveles de emisión.

Inventario Desagregado. Sistema de base de datos y cálculos matemáticos para la identificación y la cuantificación de las emisiones atmosféricas que generan los integrantes de los diferentes sectores y fuentes de contaminantes, como son la industria, los comercios, los vehículos, los suelos y la vegetación, entre otros.

Inversión Térmica. Condición atmosférica en la cual una capa de aire frío es atrapada debajo de una capa de aire caliente, de tal manera que impide el movimiento natural de convección del aire. Este evento hace que los contaminantes presentes dentro de la capa atrapada, sean difundidos horizontalmente en lugar de verticalmente, y su concentración aumente a un nivel muy alto al encontrar reducida la capacidad de dilución y la entrada continua de emisiones.

Kilocalorías. Unidad de medida que representa la cantidad de calor requerida para elevar la temperatura de un litro de agua en un grado Celsius o centígrado.

Medio Físico Urbano. Conjunto de elementos físico naturales (territorio y clima) y todo el conjunto de obras y estructuras realizadas por la sociedad que conforma el espacio geográfico de un medio urbano, considerando los aspectos cuantitativos y cualitativos de dichos elementos.

Metabolismo. Obtención de energía y formación de estructuras celulares a través de la degradación de los alimentos.

Metales Pesados. Todos los metales con una densidad elemental superior a 4.5 kilogramos por litro y que son metabolizados y eliminados deficientemente por los organismos, causando diversos impactos tóxicos.

Metano. Hidrocarburo gaseoso, inflamable e incoloro. Este gas se encuentra presente en forma natural en cavernas profundas y minas. También es emitido por los procesos de descomposición anaeróbica de materia orgánica y en los pantanos.

Meteorología. Estudio de los fenómenos físicos y energéticos que se producen en la atmósfera.

Metrópoli. Ciudad principal de un país, estado o región. La palabra proviene del griego "*mater"* que significa madre y "*polis*" que significa ciudad, esto es la ciudad madre. Por lo general se utiliza también para denominar una gran ciudad.

Monitoreo. Supervisión o comprobación periódica o continua, para determinar el grado de cumplimiento de requerimientos establecidos sobre niveles de contaminación en varios medios bióticos.

Monitoreo Microambiental. Monitoreo de los niveles de contaminación en un área limitada del ambiente que refleja las condiciones ambientales particulares de la misma.

Monóxido de Carbono (CO). Gas venenoso, incoloro e inodoro, producido por la oxidación incompleta de combustibles de origen fósil.

Morbilidad. Cualquier desviación, subjetiva u objetiva, de un estado de bienestar fisiológico o psicológico. En este sentido, el malestar, la enfermedad y la condición

de morbilidad se definen de manera similar y según la Organización Mundial de la Salud, puede medirse en tres términos: personas enfermas, enfermedad y duración.

Mutagénico. Agente capaz de provocar cambios en la estructura genética de un organismo.

Niebla. Nube en contacto con el suelo. En la región se forman por diferentes procesos. En invierno por irradiación, es decir, por el enfriamiento de las capas cercanas a la superficie terrestre y su consecuente condensación. En el verano por el desplazamiento de núcleos nubosos del Golfo de México.

Nivel Máximo Permisible. La concentración máxima de un contaminante que no debe excederse; (por ejemplo, normas que permitan sobrepasar el nivel máximo sólo una vez por año).

Niveles de Calidad del Aire Ambiental. Niveles críticos ambientales de contaminantes del aire (por ejemplo, Normas Oficiales Mexicanas de Calidad del Aire y The National Ambient Air Quality Standards).

NOM-ECOL-086-94. Norma Oficial Mexicana que indica las especificaciones sobre protección ambiental que deben reunir los combustibles fósiles, líquidos y gaseosos que se usan en fuentes fijas y móviles.

Norma de Calidad Ambiental. Dato numérico adoptado para usarse como marco de referencia, con el cual se comparan las mediciones ambientales con el propósito de interpretarlas.

Normas de Salud Ambiental. Especificaciones técnicas u otros documentos disponibles para el público, formuladas con la cooperación de todos los intereses afectados y basados en una revisión de los resultados de la ciencia, la tecnología y la experiencia, con el objeto de salvaguardar la salud humana o el ambiente, mientras que al mismo tiempo se ponderan otros objetivos sociales, por una autoridad reconocida a nivel nacional, regional o internacional. Estas normas tienen la fuerza de la ley y están hechas para ser cumplidas.

Olefinas. Hidrocarburos, también denominados alquenos, con una doble ligadura entre dos átomos de carbono y de bajo peso molecular, que se caracterizan por presentar propiedades físicas tales como alta volatilidad y reactividad atmosférica.

Ordenamiento Ecológico. Proceso de planeación dirigido a evaluar y programar el uso del suelo y el manejo de los recursos naturales en el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción para preservar y restaurar el equilibrio ecológico y proteger el ambiente.

Oxidante. Compuesto que acepta electrones y aumenta el número de valencia de otro al reaccionar con él.

Oxidantes Fotoquímicos. Contaminantes formados por la acción de la luz solar sobre los óxidos de nitrógeno y los hidrocarburos reactivos en el aire.

Ozono. Oxidante fotoquímico que se produce por la reacción entre hidrocarburos reactivos, óxidos de nitrógeno y la intensidad de la radiación solar.

Parámetro. Cantidad medida o ponderada sobre un indicador ambiental.

Parque Vehicular. Cantidad de vehículos automotores que circulan en un asentamiento humano.

Partículas. Contaminante generado por los procesos de combustión, calentamiento, producción, transporte y manipulación de materiales pulverizados, está constituido por cenizas, humos, polvos, metales, etc. Su principal fuente emisora es la industria que cuenta con calderas, hornos, incineradores, etc., al igual que los vehículos automotores que utilizan diesel. Como fuentes naturales se encuentran las áreas erosionadas, áreas sin pavimentación, emisiones volcánicas, etc. Las partículas en el aire se pueden medir como PST o PM10.

Partículas Fracción Inhalable (PM10). Estándar para la medición de la concentración de partículas sólidas o líquidas suspendidas en la atmósfera cuyo diámetro es igual o inferior a 10 micrómetros y que dictan el comportamiento de las partículas dentro de los pulmones: las partículas más pequeñas PM10 penetran a las partes más profundas del pulmón, por estudios clínicos y epidemiológicos se les ha encontrado ser la causa que afecta a grupos de población sensibles tales como niños e individuos con enfermedades respiratorias.

Partículas Primarias. Aquellas emitidas directamente en el aire.

Partículas Secundarias. Aquellas formadas en la atmósfera por la transformación de gases como (SOx, NOx, y COV's) en sólidos o líquidos.

Poder Calorífico. Capacidad de un energético para producir calor, expresado en calorías por unidad de peso ó volumen. Por ejemplo, en unidades métricas, se puede expresar como Kilocalorías por litro o en unidades de medición inglesa, como BTU/ barril.

Precipitación Ácida. Tipo de lluvia dañina que ocurre cuando ciertos contaminantes como el bióxido de azufre o los óxidos de nitrógeno reaccionan con la humedad de la atmósfera para formar sus ácidos respectivos disueltos en el agua precipitada como lluvia. También puede ser nieve ácida, rocío ácido, etc.

Partículas Suspendidas Totales (PST). Cualquier material que exista en estado sólido o líquido en la atmósfera, cuyo diámetro aerodinámico es mayor que las moléculas individuales pero inferior a 100 µm.

Precipitador Electrostático. Dispositivo de control de partículas que funciona a través de procesos de carga electrostática y atracción eléctrica.

Presión de Vapor. Característica de los compuestos químicos con tendencia a volatilizarse que en fase vapor ejerce una presión sobre el medio que lo rodea.

Productos de Consumo de Vida Media. Incluyen a los giros industriales relacionada con la fabricación de electrodomésticos y electrónicos.

Productos de Consumo de Vida Larga. Incluyen a los giros industriales relacionados con la fabricación de maquinaria y equipo pesado.

Programa Frontera XXI. Programa de cooperación bilateral asumido por los gobiernos Federales de los Estados Unidos Mexicanos y los Estados Unidos de América para generar alternativas ambientales que promuevan la transición al desarrollo sustentable para las comunidades fronterizas de ambos países.

Protección Ambiental. Conjunto de políticas y medidas aplicadas para preservar y mejorar el ambiente, prevenir y controlar su deterioro.

Radiación. Propagación de energía, ya sea en forma de partículas veloces o de ondas, a través de la materia y el espacio.

Radiación Infraroja. Radiación electromagnética con longitudes de onda mayores a las de la luz visible.

Radiación Ultravioleta. Radiación electromagnética con longitudes de onda menores a aquellas de la luz visible, pero mayores a los rayos X.

Reactividad. Capacidad de un elemento o sustancia de interactuar químicamente con otras sustancias, liberando energía y otros productos.

Recuperador de Vapor. Dispositivo utilizado en las estaciones de servicio, mediante el cual se controlan las emisiones evaporativas generadas durante la carga y descarga de gasolinas y otros combustibles.

Recurso Natural. Elemento natural de los ecosistemas susceptible o no de ser aprovechado en beneficio del hombre.

Reducción Catalítica. Reacción química entre sustancias que se favorece energéticamente por la acción promotora de una sustancia denominada catalizador.

Reforestación. Acto de plantar árboles en áreas donde ya había existido vegetación.

Regulación Ambiental. Instrumentos legales que establecen las condiciones bajo las cuales se deben de conducir las personas físicas o morales en el cumplimiento de la legislación ambiental.

Riesgo Ambiental. La posibilidad (o probabilidad) de que una exposición determinada o una serie de exposiciones, pueda(n) causar daño a la salud de los individuos sometidos a las exposiciones.

Salud Ambiental. Parte de la administración en salud pública que se ocupa de las formas de vida, las sustancias, las fuerzas y las condiciones del entorno del hombre que pueden ejercer una influencia sobre su salud y bienestar.

Salud Pública. Condición de completo bienestar físico, mental y social de la población.

Sinergismo. Efecto de dos o más agentes químicos que es mucho mayor que el efecto producido por la suma de los efectos individuales.

Sistema de Monitoreo. Conjunto de estaciones e instrumentos de medición automatizada de la calidad del aire.

Sistemas Extratropicales. Fenómenos meteorológicos generados en latitudes altas y que se relacionan normalmente con temperaturas elevadas y vientos fuertes. Los sistemas extratropicales característicos son frentes fríos, masas de aire polar, corrientes de chorro, etc. Asimismo en la temporada invernal son característicos los sistemas anticiclónicos, los cuales después del paso de un sistema de aire frío se colocan sobre el país; son sistemas atmosféricos cuyo núcleo presenta presión alta y vientos débiles girando en el sentido de las manecillas del reloj en el hemisferio norte. Este tipo de sistemas provocan una mala dispersión de contaminantes, en la zona de influencia de éstos.

Sistema Inmunológico. Capacidad de los organismos para responder ante agentes infecciosos. Este sistema protege al organismo de enfermedades de origen microbiano.

Sistemas Tropicales. Fenómenos meteorológicos originado en la zona intertropical de convergencia (zona donde los vientos del hemisferio norte y sur confluyen) los cuales son formados por diferentes condiciones atmosféricas (vientos, masas de aire, temperatura, etc.) que se manifiestan como huracanes, tormentas, depresiones, perturbaciones u ondas tropicales. Normalmente, cuando estos sistemas se aproximan al país, provocan condiciones favorables para la dispersión de contaminantes.

Smog. Vocablo derivado de las palabras inglesas *smoke (humo) y fog (neblina),* que se usa comúnmente como término sustituto de contaminación del aire y es originado por los gases de escape en autos y fábricas.

Sublimación. Paso directo de una sustancia a partir del estado sólido al estado gaseoso.

Suelo. Mezcla compleja de pequeñas partículas de roca, minerales, organismos, aire y agua. Cuerpo dinámico que cambia continuamente en respuesta a condiciones climáticas, vegetación, topografía local, material que le dio origen, edad, uso o abuso humano.

Sustentabilidad. Condición del manejo de los recursos naturales con el propósito de asegurar tomas de decisiones sostenidas y ambientalmente racionales; que al ponerlas en práctica, permiten que el proceso de desarrollo económico y social continúe en beneficio de las generaciones presentes y futuras.

Toxicidad. Capacidad inherente de un agente químico para producir un efecto nocivo sobre los organismos vivos.

Tóxico. Agente químico que introducido al organismo, dependiendo más de su cantidad que de su calidad, es capaz de producir alteraciones en los sistemas biológicos.

Tratado de Libre Comercio. Convenio firmado en 1993 entre los Estados Unidos Mexicanos, Estados Unidos de América y Canadá, que tiene el propósito de reducir los aranceles y las barreras no arancelarias en el comercio entre los tres países; incluye un Acuerdo Paralelo sobre Medio Ambiente.

Umbral. Intensidad de un estímulo por debajo del cual no se percibe respuesta de afectación sobre el medio expuesto.

Urbanización. Dotación de servicios básicos a una comunidad carente de ellos, o a un área donde se pretende construir un asentamiento humano.

Uso de Suelo. Término que en planeación urbana designa el propósito específico que se asigne a la ocupación o empleo de un terreno.

Vialidad. Conjunto de vías o espacios geográficos destinados a la circulación y el desplazamiento de vehículos y peatones.

Zona Fronteriza Norte. Área que se extiende 100 kilómetros hacia el norte y otros 100 kilómetros hacia el sur de la frontera entre los Estados Unidos Mexicanos y los Estados Unidos de América.

Participaron en la elaboración de este documento
las siguientes personas:

Hugo Abel Castro Bojorquez
Jesús Contreras Franco
María Guadalupe De la Luz González
Adrián Fernández Bremauntz
Adolfo González Calvillo
José Manuel González Osorio
Rodolfo Iniestra Gómez
Fernando Mares Cossío
Jorge Martínez Castillejos
Roberto Martínez Verde
Antonio Mendez Ocampo
Francisco Montaño Fong
Mariano Montes González
Sergio Eduardo Montes Montoya
Alma Delia Muñoz Capetillo
María de la Luz Ocaña Rodríguez
Gustavo Olaiz Fernández
Cristina Ortuño Mojica
Víctor Hugo Páramo Figueroa
Guadalupe Ramírez Rosas
Hugo Riemann González
Saúl Rodríguez Rivera
Rosalba Rojas Martínez
María Cristina Ruiz Ramírez
Jorge Sarmiento Rentería
Francisco Soto Delgadillo
Julián Torres Ruiz
Guadalupe Tzintzun Cervantes
Enrique Villegas Ibarra
José Zaragoza Ávila