

PROGRAMA PARA MEJORAR LA

CALIDAD DEL AIRE

TIJUANA ROSARITO

2000-2005



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

Lic. Francisco A. Vega de Lamadrid
Presidente del XVI Ayuntamiento
de Tijuana

Lic. Silvano Abarca Macklis
Presidente del II Ayuntamiento
de Playas de Rosarito

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: Agosto del 2000

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 Tijuana
Palacio de Gobierno Municipal
Av. Independencia y Paseo Tijuana
Zona del Río
22320 Tijuana, B.C.

Instituto Municipal de Planeación
Blvd. Cuauhtémoc esquina con
Blvd. Agua Caliente # 234
Col. Revolución
22400 Tijuana, B.C.

Gobierno Municipal de Playas de Rosarito
Departamento de Ecología
Mar Adriático 101
Zona Centro
22710 Rosarito, 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.

**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
2.1 Antecedentes históricos	9
2.2 Desarrollo económico de la región y la calidad del aire	12
2.3 Gestión de la calidad del aire en la cuenca internacional Tijuana-San Diego	13
2.4 Corresponsabilidad en la gestión de la calidad de aire	19
3. ASPECTOS GENERALES.....	23
3.1 Aspectos socioeconómicos	23
3.2 Aspectos urbanos y de vialidad	28
3.3 Estudios previos y programas sobre calidad del aire.....	32
4. CALIDAD DEL AIRE	53
4.1 Normas de calidad del aire y efectos de los contaminantes.....	53
4.2 Características meteorológicas	62
4.3 Diagnóstico de la calidad del aire.....	74
5. INVENTARIO DE EMISIONES.....	93
5.1 Balance energético.....	93
5.2 Características de los combustibles	95
5.3 Inventario de emisiones 1998.....	99
6. OBJETIVOS, METAS Y ESTRATEGIAS GENERALES DEL PROGRAMA	117
6.1 Objetivos	117
6.2 Metas	117
6.3 Acciones y estrategias	118
7. BIBLIOGRAFÍA.....	139

Programa para Mejorar la Calidad del Aire de Mexicali 2000-2005

Anexo A. Monitoreo e Índice Metropolitano de la Calidad del Aire.....	145
Anexo B. Tablas resumen de la calidad del aire de Tijuana-Rosarito 1997-1998.....	153
Anexo C. Efectos de los contaminantes en la salud	157
Anexo D. Memoria de cálculo de estimaciones de reducciones de emisiones y de costos e inversiones	165
Anexo E. Lineamientos técnicos de un programa de verificación vehicular	171
Anexo F. Normatividad mexicana de calidad del aire	185
Anexo G. Normatividad mexicana para la verificación vehicular	187
Anexo H. Acuerdo de la Paz de 1983.....	215
Anexo I. Glosario de términos	229

1. PRESENTACIÓN

A más de cinco años de la firma del Tratado de Libre Comercio de América del Norte, la región norte de México muestra ya cambios en su dinamismo económico y social, en particular las ciudades fronterizas enfrentan retos ambientales producto de su crecimiento natural y otros inducidos por el Tratado. Las comunidades de las regiones fronterizas binacionales muestran una preocupación legítima que las han llevado al análisis de los beneficios y repercusiones, que sobre su desarrollo pueden esperar para su futuro inmediato y a largo plazo. Esta preocupación se ha reflejado particularmente en la región de Tijuana-San Diego¹.

Espacialmente la conurbación se muestra como una tendencia que se da actualmente entre Tijuana y Rosarito*, y para un futuro quizás no lejano con la ciudad de Tecate. Las intensas relaciones que existen en el intercambio de bienes y servicios entre ellas, promueven y hacen prever la conformación de una zona metropolitana que las integre, como ha sucedido en otras partes del país. Por ello es necesario instituir una gestión de la calidad del aire conjunta, para integrar estrategias de desarrollo compatibles con el medio ambiente y disminuir los efectos nocivos en la calidad del aire.

El *Programa para Mejorar la Calidad del Aire de Tijuana-Rosarito 2000-2005* constituye un 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 prevenir y controlar la contaminación de las fuentes que degradan la calidad del aire de la región.

Como producto de su gran dinamismo urbano, demográfico, fabril y empresarial, así como por su localización de vecindad con los Estados Unidos, la región de Tijuana-Rosarito juega un papel relevante en la economía nacional y regional. Esta situación la hace que junto con Mexicali y Cd. Juárez sea una de las zonas 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.

¹ Sánchez R.A., Ganster P. (1999). El desarrollo sustentable en la región Tijuana-San Diego. Center for U.S.-Mexican Studies. University of California, San Diego.

* En el Documento se hace referencia por lo general a las áreas urbanas de las ciudades de Tijuana y Rosarito; el nombre oficial del municipio de ésta última es Playas de Rosarito.

En la región han existido intentos aislados para prevenir y controlar la contaminación del aire, si bien 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.

Algunos de los contrastes más marcados entre ambos lados de la frontera se dan en los parques vehiculares, pues en el Condado de San Diego se cuenta con un número importante de vehículos de modelos recientes equipados con la tecnología más moderna de control de emisiones, mientras que en Tijuana-Rosarito existen un gran número de vehículos 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 Tijuana-Rosarito aproximadamente el 50% de las vialidades no están pavimentadas².

Si bien, en algunos casos el escaso nivel de desarrollo tecnológico puede ser un factor importante en la degradación de la calidad del aire, el uso de energéticos en mayor escala se equipara en importancia con ello en términos de las contribuciones de emisiones a la atmósfera, y de que, a mayores distancias recorridas, se tiene un mayor consumo de energéticos y por ende de contaminantes emitidos, aun cuando los vehículos cuenten con sistemas de control de emisiones en buen estado.

Por otra parte, la existencia en la Región Tijuana-San Diego 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 industriales, comerciales y de servicios; hacen que la solución del problema de contaminación del aire requiera de enfoques integrados y complejos, en donde la participación de la comunidad de ambos lados de la frontera es otro elemento que demanda la adecuada coordinación entre autoridades en la aplicación de las medidas necesarias, y se constituye en un vehículo para asegurar el seguimiento permanente de las acciones y los avances del Programa, evaluando su eficacia y reorientando de forma dinámica su rumbo. La participación activa de grupos multisectoriales como la Alianza Binacional para la Calidad del Aire de Tijuana-Rosarito-San Diego, el Grupo Proyecto Fronterizo de Educación Ambiental A.C., el Grupo Ecologista Gaviotas de Rosarito, por mencionar algunos, son ejemplos del nivel de participación e involucramiento de la comunidad que existe en la región.

En este orden de ideas el *Programa para Mejorar la Calidad del Aire de Tijuana-Rosarito 2000-2005* propone 25 medidas concretas que permitirán en el mediano plazo ir disminuyendo paulatinamente la contaminación atmosférica de la ciudad hasta que eventualmente se cumplan y mantengan las normas de cali-

² Sánchez R.A., Ganster P. (1999). El desarrollo sustentable en la región Tijuana-San Diego. Center for U.S.-Mexican Studies. University of California, San Diego.

Presentación

dad 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, principalmente de carácter preventivo, cuyo beneficio se dará no solamente en Tijuana y Rosarito sino en toda la cuenca atmosférica binacional.

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 un inventario preliminar de emisiones contaminantes que será terminado en su primera versión en el segundo semestre del 2000; este inventario detallado está siendo 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 (EPA). Así mismo, en esta segunda parte se presenta 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 establece un marco de referencia general sobre los motivos que dan lugar a la elaboración del Programa, presentándose una reseña de la evolución histórica de la región, y se describen los mecanismos de gestión de la calidad del aire en la cuenca atmosférica binacional Tijuana-Rosarito-San Diego.

El capítulo 3 aborda los aspectos generales de Tijuana y Rosarito, incluyendo sus características socioeconómicas, de urbanismo y de vialidad. También se describen brevemente los estudios de investigación relacionados con la calidad del aire realizados en años recientes, así como las principales conclusiones a que se ha llegado en términos de la generación de emisiones y el comportamiento de los contaminantes en la región.

En el capítulo 4 se presentan 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, así como una descripción de las principales variables meteorológicas que influyen en la distribución espacial y temporal de los contaminantes.

A continuación, el capítulo 5 presenta el balance energético y la calidad de los combustibles que se consumen en Tijuana-Rosarito, y el inventario preliminar de emisiones que incorpora a las principales fuentes de contaminación desagregadas de los sectores industria, comercio, servicios, transporte y las provenientes de los suelos y la vegetación.

Programa para Mejorar la Calidad del Aire de Tijuana-Rosarito 2000-2005

En el capítulo 6 se explican los objetivos y metas del Programa; también se describen las acciones específicas de prevención y control para cada sector, indicándose en cada una de ellas a los responsables de su ejecución, así como los mecanismos de gestión que se contemplan seguir.

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 Tijuana-Rosarito 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>. Copias adicionales pueden ser solicitadas a través del Gobierno Estatal y de los Ayuntamientos de Tijuana y Playas de Rosarito.

2. INTRODUCCIÓN

Las ciudades de Tijuana y Rosarito, en el estado de Baja California, están situadas en un lugar estratégico en la frontera de México con los Estados Unidos y emergen como consecuencia de una serie de movimientos económicos y sociales que son originados por su proximidad con ese país. Históricamente con la guerra de 1848 entre México y Estados Unidos y la firma de los Tratados de Guadalupe Hidalgo, nacieron los poblados fronterizos de Tijuana, Tecate y Mexicali, y desde su inicio, Tijuana ha sido un lugar privilegiado por el cual transitan los importantes flujos migratorios iniciados desde la década de los años cuarenta.

Desde entonces han existido características económicas especiales que influyen determinadamente en la región, haciéndola un regulador espacial de la fuerza de trabajo que se mueve a ambos lados de la frontera, lo cual es resultado de, entre otros factores, la vecindad geográfica y la relativa integración económica de Tijuana-Rosarito con la economía del sur de California, la más dinámica de los EUA. Estas diferencias también se manifiestan en los niveles y calidad de vida y en ocasiones en las condiciones ambientales a uno y otro lado de la frontera.

2.1. Antecedentes históricos

La región que comprende a las ciudades de San Diego y Tijuana, estuvo habitada por los indígenas Kumiai, quienes junto con los pai-pai, cahuilla, akaula, cucapá y kiliwa forman parte de la familia lingüística yumana. Este grupo es uno de los más antiguos del norte de América. Su seminomadismo no permitió que lograrán un desarrollo cultural avanzado y por ello no dejaron vestigios arqueológicos como los grupos de Mesoamérica, pero se sabe que vivían en chozas, que eran recolectores, pescadores y cazadores.

La ciudad de Tijuana está ubicada en el valle del que se desprende su nombre. Tiene una superficie territorial de 1,727 km² que forma casi un rectángulo, colindando al norte con el Condado de San Diego, California, al sur con los municipios de Playas de Rosarito y Ensenada, al oriente con el municipio de Tecate y al poniente con el Océano Pacífico.

Tijuana cuenta con dos serranías en forma de colinas o pequeños acantilados, que corren de la Sierra de Juárez y llegan al Océano Pacífico; también de esta Sierra surge el Río Tijuana, de una serie de afluentes, a 1,860 metros de altitud, con una extensión de 40 kilómetros desembocando en la Presa Rodríguez. De las compuertas de la presa sale ya con el nombre que le dio a la ciudad, atraviesa el valle, cruza la frontera México-Estados Unidos y desemboca en el Océano Pacífico.

La primera exploración por barco realizada en esa zona estuvo a cargo de Juan Rodríguez Cabrillo en 1542. En 1602 Sebastián Vizcaíno encabezó una expedición en la que recorrió la región costera entre las ciudades de Rosarito y San Diego e hizo el primer levantamiento cartográfico de las costas californianas. Para 1769 ya se tienen noticias de este paraje en los diarios de Fray Juan Crespí y Fray Junípero Serra.

Como sucedió en casi todo el territorio mexicano, las congregaciones misioneras se hicieron cargo de poblar y atender espiritualmente a los pobladores de las tierras que iban explorando. La línea fronteriza entre la Alta y la Baja California quedó demarcada por el área de influencia de las ordenes franciscanas y dominicas. En el año de 1769, Fray Junípero Serra funda la misión de San Diego que incorporaba a los indígenas de lo que hoy son las ciudades de Tijuana y Rosarito. En el año de 1787, el fraile dominico funda la misión de San Miguel Arcángel, y fija los límites entre ambas Californias en el actual arroyo El Rosario. Esta división misional se transformó en la división política cuando el virrey José de Iturrigaray declara provincias independientes a la Alta y Baja Californias. Así el valle de Tijuana quedó comprendido en la Misión que se fundó en San Diego.

El primer gobernador de la Alta California fue Luis Argüello quien tomó posesión en 1823. A la familia Argüello le fueron entregadas las tierras que formaban la *ranchería Tía Juana*, las cuales pertenecían a los indígenas de la región y fueron precisamente los Argüello quienes tuvieron el control de esta zona por muchos años.

La secularización de las misiones puesta en práctica en 1833 le otorgó más poder a los civiles, dejando fuera a los misioneros y sustituyéndolos con sacerdotes que estaban bajo las órdenes de un obispo. Es esta una época de inestabilidad política, misma que reinaba en todo el país. Los gobernadores, quienes ostentaban tanto el poder civil como el militar, se sucedían sin cesar; incluso hubo intentos anexionistas por parte de algunos pro-angloamericanos, quienes deseaban ser parte de la ya poderosa nación de Estados Unidos.

Con la guerra de 1848 y la firma de los Tratados de Guadalupe Hidalgo nacieron los poblados fronterizos de Tijuana, Tecate y Mexicali en Baja California. En 1874 se establece la primera aduana en Tijuana cerca de la línea divisoria entre México y Estados Unidos, con la función de regular el comercio y gravar los productos que pasaban de sur a norte y viceversa.

La fecha de fundación de Tijuana es el 11 de julio de 1889, aunque ya desde 1888 había adquirido la categoría política de municipio. Cabe mencionar que hasta recientemente, comprendió lo que es hoy en día el municipio de Playas de Rosarito.

En 1900 se convierte en la primera subprefectura del municipio del Distrito Norte de la Baja California. Su categoría de frontera permite que se inicie el desa-

Introducción

rollo de actividades turísticas; por decreto presidencial de 1908 se reglamentan los juegos de azar en el territorio de Baja California. Inician así las obras del galgódromo, el hipódromo, los casinos y los centros nocturnos.

La aplicación de la ley Volstead (o ley seca) aprobada en 1920 por el congreso estadounidense, que prohibía la producción, venta y consumo de alcohol, provocó la proliferación de cantinas y centros nocturnos y un incremento considerable en el flujo turístico hacia Tijuana.

En esta misma década se inauguran el Foreign Club y el Agua Caliente Jockey Club. Por esta afluencia de turismo se establecen tiendas de curiosidades, hoteles y restaurantes. Los ingresos derivados de los impuestos recabados permitieron la realización de importantes obras públicas, destacando entre ellas la Presa Rodríguez que se concluyó en 1937.

La derogación de la ley seca afectó de forma negativa al sector servicios por lo que tuvieron que cerrar muchos de sus comercios. En el año de 1935 el Presidente Lázaro Cárdenas ordenó que se clausuraran todas las casas de juego del país. Esto originó descontento en buena parte de la población tijuanaense que directa o indirectamente se beneficiaba del trabajo en los casinos.

La repatriación de mexicanos asentados en los Estados Unidos provocada por la crisis de 1929 influyó en el proceso de población de la ciudad de Tijuana. Aunado a esto, la entrada de Estados Unidos a la segunda guerra mundial trajo consigo la necesidad de contratar trabajadores mexicanos para los centros de producción que habían dejado solos los estadounidenses que peleaban para la causa aliada.

Así, un flujo migratorio importante se registró durante esa época. Miles de trabajadores esperaban ser contratados bajo la legalidad del programa bracero; las familias de estos trabajadores se establecieron y surgieron las colonias que ahora rodean la zona centro de la ciudad.

El considerable aumento de la población y el crecimiento de la ciudad durante las décadas subsecuentes propiciaron la aplicación del programa de industrialización fronteriza, el cual facilitó la instalación de industrias maquiladoras, que emplean a miles de trabajadores y trabajadoras, y que son una de las bases más fuertes de la economía regional, junto con el sector terciario de servicios y comercio. La agricultura se desarrolla básicamente para la exportación y es principalmente de hortalizas y algodón.

Tijuana, con 110 años de haberse constituido como municipio, es ahora una de las diez ciudades más importantes del país con una población aproximada de 1.3 millones de habitantes. Es ejemplo de una ciudad dinámica que puede ofrecer oportunidades de desarrollo y progreso, pues su estratégica ubicación gene-

ra abundantes intercambios económicos y culturales, ubicándose como una ciudad de negocios interesante a escala internacional.

2.2. Desarrollo económico de la región y la calidad del aire

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 la década de 1980 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 de la región Tijuana-Rosarito-San Diego dentro de una misma cuenca atmosférica ha generado implicaciones de tipo binacional caracterizadas históricamente por las relaciones de interdependencia en los ámbitos económico y social. 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.

La falta de planeación en el desarrollo y evolución que tuvo la región, ha traído como consecuencia, entre otros aspectos, que la calidad del aire se haya deteriorado en los últimos años. Actualmente en el Condado de San Diego no se cumple con los estándares de calidad del aire para ozono y para las partículas PM10. Por su parte, Tijuana-Rosarito no cumple con las Normas Oficiales Mexicanas para las partículas PM10 y ozono, y ocasionalmente con la del bióxido de nitrógeno. Un aspecto particular que influye en los niveles de contaminación en esta área es el transporte de ozono que ocurre desde la región de Los Ángeles, ya que por ejemplo se estima que este transporte influye en más de la mitad de los días en que San Diego excede los estándares de calidad del aire³.

A raíz de las enmiendas del Acta del Aire Limpio de 1990 de los Estados Unidos, la EPA designó al Condado de San Diego como una zona de "no-cumplimiento serio" del estándar federal de calidad del aire de ozono por lo que tuvo que desarrollar y aplicar un Plan de Implementación Estatal (*State Implementation Plan-SIP*), que contempló una serie de medidas de control de emisiones contaminantes que le permitirían en el año de 1999 cumplir con el estándar de este contaminante. Así mismo, San Diego no cumple con los estándares estatales de ozono y partículas PM10 (más estrictos que los estándares federales); debido a ello en 1992 se inició la ejecución de la Estrategia Regional de Calidad del Aire (*1991 Regional Air Quality Strategy for the San Diego Air Basin-RAQS*), que es supervisada y evaluada permanentemente por la CARB.

³ www.sdapcd.co.san-diego.ca.us/news/FAQS.htm.

Por otra parte, en Tijuana-Rosarito 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, quien actualmente enfoca sus esfuerzos a orientar y mejorar el conocimiento científico y técnico del problema; dentro de las actividades que contempla realizar este Grupo, están las de identificar las medidas pertinentes para reducir las emisiones y en su caso llevar a la cuenca Tijuana-Rosarito-San Diego al cumplimiento de las normas y estándares de la calidad del aire en los próximos años.

2.3. Gestión de la calidad del aire en la cuenca internacional Tijuana-San Diego

En la gestión de la calidad del aire de la cuenca binacional de Tijuana-Rosarito-San Diego, 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 Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP) en el Estado, quien es la dependencia que organiza las reuniones de calidad del aire. Para cumplir con las tareas que le competen, se apoya en el Instituto Nacional de Ecología (INE) y con la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA). 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 y los datos de monitoreo de la calidad del aire. La PROFEPA se encarga de hacer la verificación del cumplimiento normativo en el sector industrial de competencia federal 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 las Áreas de Ecología de los Municipios de Tijuana y Rosarito. Estas tres dependencias participan con la Delegación de la SEMARNAP en la integración del inventario regional de emisiones contaminantes al aire.

En lo que se refiere al Programa Frontera XXI, dentro de los trabajos de calidad del aire participa la Región IX de la EPA de los EUA (que comprende los Estados de California, Arizona, Nevada, Hawai y las islas del Pacífico, y cuya sede está en la ciudad de San Francisco) que ha apoyado activamente la instalación y operación de la Red de Monitoreo Atmosférico, y ha otorgado recursos a la Asociación de Gobernadores del Oeste (WGA) 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. La CARB es un

organismo del estado de California 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, coordinándose con el San Diego Air Pollution Control District que es la agencia local encargada de la gestión de la calidad del aire del Condado.

A continuación se describe el Acuerdo de La Paz de 1983, sus programas de ejecución en el marco del Programa Ambiental Fronterizo 1992-1994 (PIAF) y el Programa Frontera XXI de 1996, así como las actividades del grupo de Calidad del Aire de este último en la región de Tijuana-Rosarito-San Diego.

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, así como 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 PIAF 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 de este documento se reproducen el Acuerdo de La Paz y sus Anexos IV y 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 PIAF, dado a conocer en febrero de 1992. En esa etapa de cooperación, el PIAF se propuso enfrentar los problemas ambientales prevalecientes 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 participación 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 de los problemas ambientales 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 Tijuana-Rosarito-San Diego, 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 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 pro-

tección a la salud humana, el medio ambiente, así como el manejo adecuado de los recursos naturales propios de cada país.⁴

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 coordina 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 2.1. 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 2.1. 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 copresidido por un representante de la EPA y del INE.

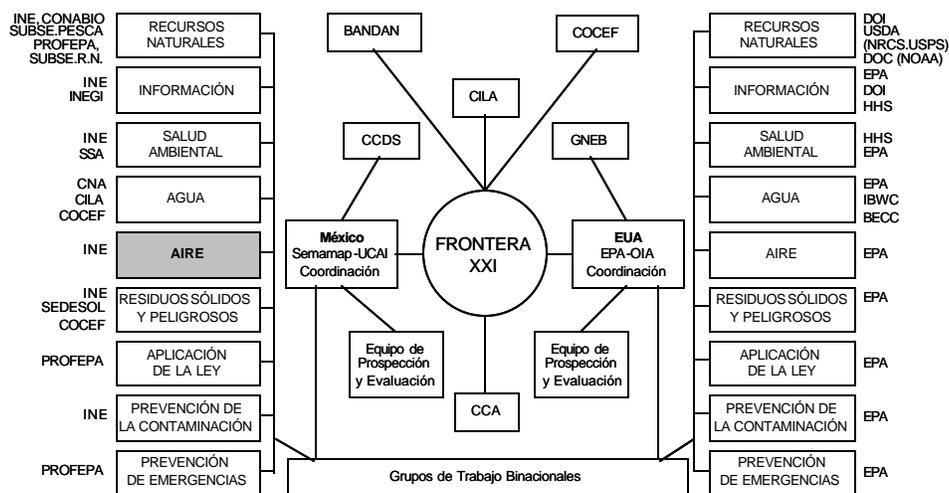
El INE y la EPA han desarrollado respectivamente estrategias nacionales para mejorar la calidad del aire; dichas estrategias están basadas en las normas básicas de

⁴ El texto completo del Programa Frontera XXI puede ser consultado en: <http://www.semarnap.gob.mx/ucai/FronteraXXI/fron21.htm>.

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, si bien recientemente la EPA revisó y actualizó los estándares para ozono y partículas.

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 ambiente 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 Tijuana-Rosarito-San Diego.

Figura 2.1. Organización del Programa Frontera XXI



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 2.1.

Tabla 2.1. Subgrupos de Trabajo y proyectos del Grupo de Calidad del Aire de Frontera XXI

Subgrupos
<ul style="list-style-type: none"> • Programas de Aire en Tijuana-Rosarito-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
<ul style="list-style-type: none"> • Monitoreo de la Calidad del Aire de Mexicali • Monitoreo de la Calidad del Aire de Tijuana-Rosarito-Tecate • Estudio Intensivo de Monitoreo de Calidad del Aire en California-Baja California • Programa de Desarrollo del Inventario de Emisiones para México • Elaboración del Inventario de Emisiones de Mexicali • Validación del Inventario de Emisiones de Mexicali • Elaboración del Inventario de Emisiones de Tijuana-Rosarito-Tecate • 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. Algunos de los estudios elaborados bajo la coordinación del Grupo se describen en el capítulo 3.

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 contaminación 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 WGA, 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-Rosarito-Tecate. 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 acceder a 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.

2.4. Corresponsabilidad en la gestión de la calidad de aire

En lo que se refiere a las responsabilidades del Gobierno Mexicano; la encargada de gestionar acciones sobre la calidad de aire en el ámbito federal es la SEMARNAP y en el ámbito Estatal y Municipal son el Gobierno del Estado de Baja California y los Gobiernos de los Municipios de Tijuana y Rosarito. Por la parte norteamericana participan las autoridades federales (EPA), estatales de California (CARB) y locales del Condado de San Diego (San Diego Air Pollution Control District-SDAPCD).

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 debe sujetarse la operación de las fuentes de contaminación, ya sea que se refiera a legislación de orden municipal, o estatal o federal. Es poco factible que en el corto plazo se dé una armonización de los marcos legales y normativos, por lo que es más realista asumir que la actuación binacional se dará en los próximos años dentro de marcos 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, y al contrario, representa una oportunidad para llevar a cabo acciones novedosas de todos los involucrados en la solución del problema.

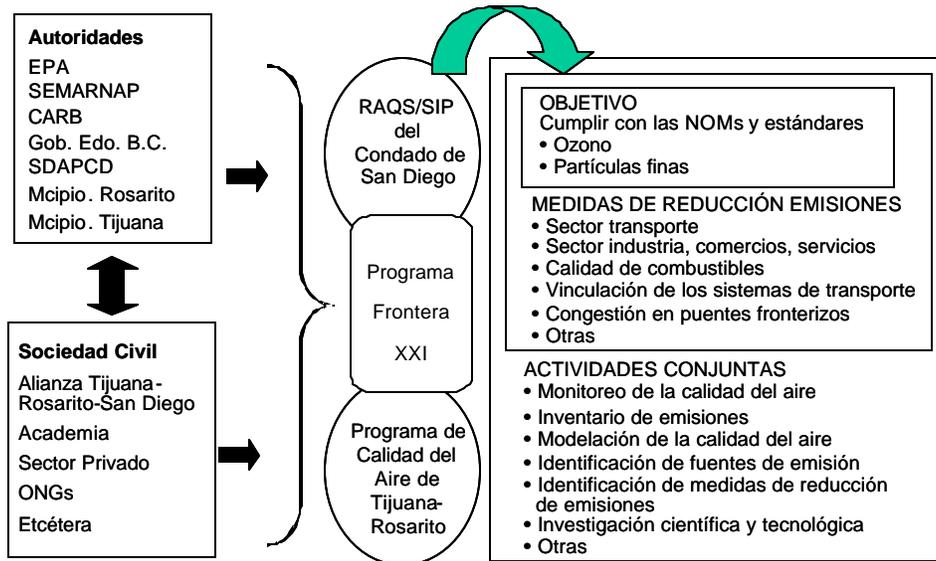
Estas distintas esferas de actuación es uno de los aspectos que dificultan la coordinación y el ejercicio de las acciones. En este sentido, las atribuciones de

los municipios en materia de contaminación a la atmósfera se refieren a la prevención y control de emisiones generadas por fuentes móviles y por fuentes fijas que funcionen como establecimientos mercantiles o de servicios. Así mismo el Gobierno del Estado y la SEMARNAP tienen facultades sobre fuentes industriales de naturaleza diversa.

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, que necesariamente requerirán de un nivel de participación integral.

Con base en este marco de actuación ambiental, la premisa de cualquier actividad que se realice en la cuenca atmosférica binacional debe ser la de reducir emisiones, o al menos evitar incrementarlas. Todo esto bajo un esquema de concurrencia, cuyo objetivo último es contribuir a disminuir los niveles de partículas finas y ozono en el aire de la región. Este concepto se ilustra en la Figura 2.2, 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 Tijuana-Rosarito-San Diego.

Figura 2.2. Interrelación y objetivos de los programas y actividades para mejorar la calidad del aire en la región Tijuana-Rosarito-San Diego



Introducción

Aquí se puede observar la función que tendrá la sociedad civil como órgano de consulta y emisor de recomendaciones a las autoridades federales y locales para mejorar la calidad del aire de la región.

Los aspectos que intervienen en la contaminación del aire de la cuenca atmosférica binacional y las oportunidades que existen para el desarrollo y aplicación conjunta de acciones pueden ser analizados siguiendo un esquema tradicional de gestión de la calidad del aire. Bajo este esquema 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 identificarlas, cuantificar su participación en el problema y diseñar 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, empleando para ello modelos de simulación de la calidad del aire.

También resulta relevante mejorar las estimaciones de los volúmenes de contaminación emitidos por las principales fuentes, en particular las relativas al transporte. 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.

En este marco, *el Programa para Mejorar la Calidad del Aire de Tijuana-Rosarito 2000-2005* propone una agenda de trabajo con medidas concretas asignadas a los distintos órdenes de gobierno, que permitan en un tiempo razonable, cumplir con las normas de calidad del aire para la protección de la salud de la población. Para su elaboración se contó con la participación de las autoridades y de la sociedad civil, por lo que este Programa debe considerarse como un instrumento dinámico que deberá enriquecerse y adecuarse permanentemente.

3. ASPECTOS GENERALES

3.1. Aspectos socioeconómicos

El presente apartado tiene como objetivo primordial proporcionar información sobre aspectos relevantes de la región Tijuana-Rosarito como son los sociales, demográficos y económicos. Lo anterior es con el fin de describir la dinámica de la población y su relación con la economía local y estar en condiciones de establecer un pronóstico en términos de sus implicaciones al programa, ya que dichas variables no están sujetas a normas y no pueden verse de forma aislada, pues ambas producen condicionantes recíprocas generadas por su misma naturaleza.

Aspectos demográficos

La población del Estado de Baja California en el año 2000 se estimó en casi 2.5 millones de habitantes, de los cuales aproximadamente el 50% se concentra en la ciudad de Tijuana y casi el 3% en Rosarito⁵; la región cuenta con un parque vehicular de 360 mil unidades en Tijuana y 11 mil en Rosarito; la superficie de estos municipios es de 1,727 km² para Tijuana y 41 km² para Rosarito.

A Tijuana el aspecto demográfico la distingue del resto de los municipios del Estado; su crecimiento casi explosivo durante el periodo 1970-1990, implicó un crecimiento anual promedio del 3.8% que duplicó su población.

En la Tabla 3.1 se muestran los datos demográficos de Tijuana-Rosarito y se comparan con los datos de San Diego, California.

Tabla 3.1. Comparación de algunos aspectos urbanos y demográficos de Tijuana-Rosarito y San Diego

	Unidad	Tijuana-Rosarito	San Diego
Extensión territorial	km ²	1,768	11,029
Población	Habitantes	1,275,781	2,600,255
Densidad de población	Habitantes/km ²	721	236
Parque vehicular	Número de vehículos	371,032	1,603,000
Habitantes por vehículo	Habitantes/vehículo	3	2

⁵ INEGI (2000). Resultados Preliminares del XII Censo de Población y Vivienda 2000.

Migración

Como proceso transfronterizo, la migración alude a los movimientos circulares que efectúan trabajadores mexicanos cuyo punto de partida y meta de retorno se halla en la frontera mexicana. Es difícil precisar el tiempo de permanencia en los Estados Unidos, así como la frecuencia con la que realizan este movimiento migratorio. Este proceso de migración itinerante se manifiesta en el desarrollo urbano a través de tres formas principalmente:

- El ingreso de dinero no producido localmente, con sus consecuencias en el incremento del nivel de vida, en las demandas urbanas y en la estructura económica.
- La reducción de las presiones en el mercado laboral urbano local.
- La conformación de redes interurbanas e interregionales que contribuyen a la integración de la ciudad de Tijuana en el sistema urbano del sudoeste norteamericano.

Este fenómeno migratorio explica un poco el acelerado crecimiento demográfico que las ciudades de Tijuana y Rosarito han experimentado en los últimos años. Es importante mencionar que este comportamiento migratorio es de gran trascendencia para el crecimiento urbano de la región, ya que gran parte de las personas que llegan a Tijuana con la intención de cruzar hacia Estados Unidos y no logran su objetivo, optan por quedarse a residir en esta ciudad.

Aspectos económicos

Importancia económica de Tijuana

La evolución reciente de Tijuana refleja un cambio importante en su base económica, caracterizada principalmente por la menor participación en el producto de actividades tradicionales y el rápido crecimiento de la industria. Si bien esto forma parte de un amplio proceso de transformación y expansión de la industria internacional asentada en esta frontera, la transición del modelo de economía basada en el régimen de zona libre al esquema general del país y el lento crecimiento de la economía de California, han acentuado el cambio estructural.

Durante años se habló de la economía terciarizada de Tijuana, donde las ramas de comercio y servicios generaban el mayor valor agregado para la economía y también la mayor cantidad de empleo. En los años cincuentas, en plena expansión de la economía estadounidense, el sector terciario participaba con tres cuartas partes del producto regional, pero a raíz del aumento relativo del sector secundario durante los sesentas y setentas su participación disminuyó. Este sector secundario destacó principalmente con la presencia de la industria maquiladora, la cual representa actualmente casi el 80% de la inversión privada de Tijuana (Tabla 3.2).

Tabla 3.2. Inversión Privada en Tijuana, 1997 (Millones de dólares)

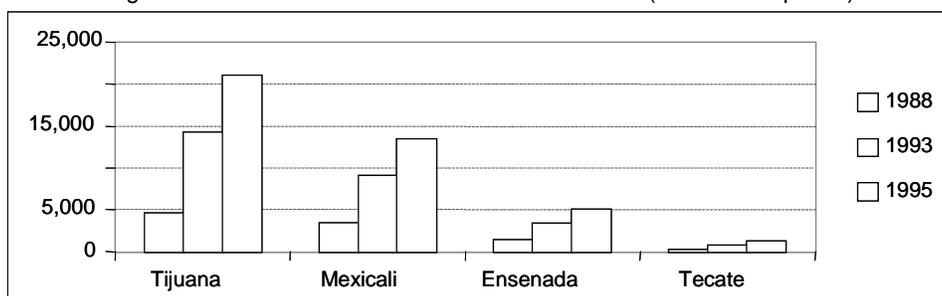
Sector	Inversión	Porcentaje
Maquiladoras	480	77.3
Infraestructura comercial y de servicios	51	8.2
Industria	34	5.5
Vivienda	30	4.8
Infraestructura industrial	26	4.2
Total	621	100

Fuente: Revista Análisis de las Estadísticas Básicas de Baja California, IV Trimestre 1997, Secretaría de Desarrollo Económico.

Indicadores macroeconómicos

El producto interno bruto del Estado de Baja California se ha ido incrementando pasando de casi 10 mil millones de pesos en 1988, a cerca de 41 mil millones en 1995; la economía tijuanaense ha contribuido con cerca del 50% del PIB estatal, como se puede apreciar en la Figura 3.1.

Figura 3.1. Distribución del Producto Interno Bruto (Millones de pesos)



Fuente. Elaborado por la Secretaría de Desarrollo Económico del Estado de Baja California, sobre la base de datos de INEGI, 1988-1993, y los de CEDECO, 1995.

Por su valiosa vocación eminentemente internacional, la economía de Tijuana seguirá sujeta a factores externos del mercado internacional de productos industriales, de los ciclos económicos en Estados Unidos y del comportamiento de las variables macroeconómicas en México, que pueden individualmente impactar positiva o negativamente a las actividades productivas de esta frontera del país.⁶

Desarrollo económico de Tijuana y Rosarito

La industria maquiladora ha desempeñado un papel primordial en el crecimiento económico de la ciudad. Durante los años 50's y 60's se acentuó el carácter terciario de la economía tijuanaense. En 1950 el 54% de la población económicamente activa estaba dedicada a las actividades terciarias y para 1960 este porcentaje se incrementó solamente al 55%. La ocupación en la industria se

⁶ XV Ayuntamiento de Tijuana, Plan Municipal de Desarrollo 1996-1998, Tijuana, Baja California.

incrementó en términos relativos, mientras que el sector primario perdió importancia en términos absolutos y relativos.

El proceso de industrialización se inició a partir del Programa de Industrialización Fronterizo en 1966, con el objetivo de abatir el desempleo en la región de la frontera norte y estimular su desarrollo industrial e integración regional al país. Actualmente la actividad manufacturera comprende diversos giros, lo que da un gran dinamismo a este sector productivo.

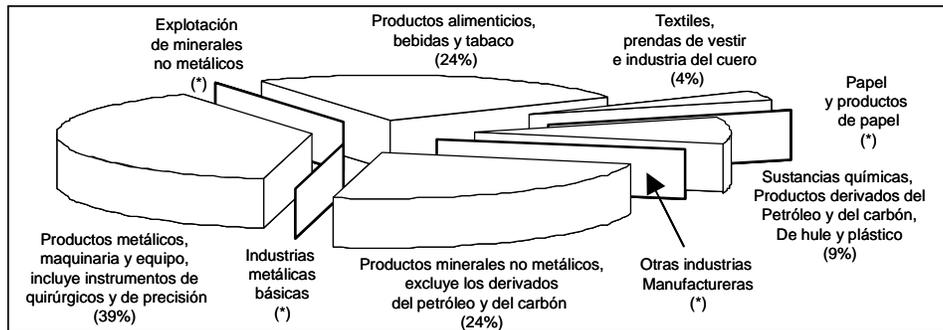
Por subsector manufacturero, predominan en cuanto al número de establecimientos, el de productos metálicos, maquinaria y equipo; el de productos alimenticios, bebidas y tabaco, y; el de productos minerales no metálicos (Tabla 3.3 y Figura 3.2). Estos subsectores contribuyen significativamente a proporcionar empleos formales.

Tabla 3.3. Establecimientos manufactureros por subsector en Tijuana y Rosarito

	Unidades económicas	Personal ocupado
Explotación de minerales no metálicos	*	94
Productos alimenticios, bebidas y tabaco	230	2,820
Textiles, prendas de vestir e industria del cuero	34	1,129
Papel y productos de papel	*	1,063
Sustancias químicas, productos derivados del petróleo y del carbón, de hule y plástico	86	97,064
Productos minerales no metálicos, excluye los derivados del petróleo y del carbón	230	2,868
Industrias metálicas básicas	*	12
Productos metálicos, maquinaria y equipo. incluye instrumentos quirúrgicos y de precisión	363	16,876
Otras industrias manufactureras	*	3,447

Fuente: XIV Censo Industrial, Censos Económicos 1994. Baja California.
MNP- Miles de Nuevos Pesos * Se omitió el dato para guardar la confidencialidad, INEGI

Figura 3.2. Unidades económicas por subsector en Tijuana y Rosarito



Fuente: XIV Censo Industrial, Censos Económicos 1994. Baja California.
MNP- Miles de Nuevos Pesos * Se omitió el dato para guardar la confidencialidad, INEGI

Con respecto al sector servicios, sobresale el de reparación y mantenimiento automotriz, contribuyendo con el mayor número de empleos (Tabla 3.4).

Tabla 3.4. Establecimientos de servicios para algunas ramas de actividad en Tijuana y Rosarito*

	Estable- cimientos	Personal ocupado
Servicios de tintorería y lavandería	179	608
Servicio de reparación y mantenimiento de maquinaria y equipo. Incluye equipo de transporte	95	335
Servicio de reparación y mantenimiento automotriz	1,612	4,259
Servicios relacionados con el transporte terrestre	102	522
Servicios relacionados con el transporte aéreo	**	346

Fuente: INEGI, 1994 XI Censos económicos 1994, Censo de servicios de Baja California.

* Cifras de 1993.

** Se omitió el dato para guardar la confidencialidad, INEGI.

Población económicamente activa y niveles de empleo por sector de actividad

El desarrollo económico en Tijuana y Rosarito se puede comparar con el que han tenido otras ciudades fronterizas del país, ya que se han convertido en una zona que concentra fuentes generadoras de puestos de trabajo, como respuesta a la creciente oferta de empleo de la industria maquiladora.

Con respecto a la población económicamente activa por sector de actividad en Tijuana, el de mayor porcentaje es el sector terciario (comercio y servicios), mismo que concentra al 52% de la población activa total. Aunque el sector terciario sigue teniendo un impacto determinante dentro de la economía local, su pérdida de predominio contrasta con el acelerado crecimiento del sector secundario (31%), con fuerte participación de la industria maquiladora y en menor proporción de la industria de la construcción.

Con respecto al sector primario, éste mostró tendencias decrecientes desde los años cuarentas, y a partir de los años ochentas se ha mantenido con un crecimiento constante, aunque con un porcentaje de participación mínimo, poco representativo en la actividad económica de la ciudad.

Niveles de empleo

Debido a la diversificación de la base económica, la diversificación sectorial del empleo obedece principalmente al crecimiento del sector industrial, que prácticamente se duplicó en menos de 10 años. Por su rápida expansión, los salarios y el tipo de empleos que ofrece este sector, es el que registra la más alta tasa de rotación de personal, facilitada por la poca oferta de mano de obra altamente especializada debida al pleno empleo que caracteriza a la economía de la ciudad.

Cabe mencionar que Tijuana tiene la tasa de desempleo más baja en México, que es de 1.2% en contraste con el promedio nacional del 4.2%. A nivel regional en comparación con San Diego, Tijuana muestra una tendencia a disminuir su tasa de desempleo mientras que San Diego permanece constante teniendo una tasa del 4.3%⁷.

3.2. Aspectos urbanos y de vialidad

Vialidad

Actualmente la ciudad de Tijuana cuenta con 13 millones de metros cuadrados de vialidades pavimentadas, representando el 60% de la traza urbana, lo que indica que el 40% de las calles están sin pavimentar. Se puede mencionar que la estructura vial de esta ciudad es de forma radial, cuenta con 57 nodos viales y la velocidad promedio que se alcanza en la ciudad es de 40 a 60 km por hora; en la Tabla 3.5 se enlistan las principales vialidades de Tijuana.

Tabla 3.5. Sistema vial de Tijuana

Sistema vial	Localización
Carreteras federales de cuota	<ul style="list-style-type: none"> • Carretera escénica Tijuana-Ensenada donde predominan los vehículos turísticos en un 82%, 1% de autobuses y 17% camiones de carga. • Carretera Tijuana-Tecate, con un promedio anual de 81% en automóviles turísticos. • Carretera Transpeninsular que corre por toda la Península de B.C. e inicia en Tijuana. • Carretera Federal No. 2, comunica al Estado con el resto del país.
Carreteras federales libres	<ul style="list-style-type: none"> • Carretera Tijuana a Rosarito-Ensenada. • Carretera Tijuana-Tecate, desde la intersección de la carretera Federal con el Blvd. Insurgentes hasta el entronque con el Blvd. Díaz Ordaz, en la delegación de La Presa. • Carretera Tijuana-Mexicali, incluyendo el tramo de la salida desde el Km. O hasta el 1 de la carretera Federal y el tramo carretero sobre el Blvd. Mesa de Otay de la carretera Mexicali-Tijuana. • El tramo de 2 km de la calle 16 de la colonia Libertad hacia el aeropuerto. • El tramo de 5.3 km que comprende la carretera que cruza por el aeropuerto de Tijuana. • El tramo en el Blvd. de acceso a la garita internacional por el acceso comercial en La Mesa de Otay. • El tramo del Blvd. Tercera Oeste de acceso a la garita de Otay. • El tramo de 4.2 Km comprendido en la carretera libre a Ensenada (hasta el semáforo de entrada a San Antonio de los Buenos). • El tramo de la delegación de San Antonio de los Buenos sobre la carretera Tijuana-Ensenada. • Todos los tramos de la carretera Tijuana-Ensenada, comprendidos hacia Playas de Tijuana.

⁷ Información contenida en la revista "The San Diego/Tijuana Economic Review", 1997.

Aspectos generales

Sistema vial	Localización
Sistema vial primario	<ul style="list-style-type: none"> • Sector Playas, tramo Paseo Playas de Tijuana. • Sector Cañones, continuación calle Segunda por Génova y Allende, Ave. Internacional, Libramiento Sur, Blvd. Fundadores. • Sector Aguaje de la Tuna, carretera federal libre a Ensenada. • Sector Centro, calle Segunda y Tercera, Ave. Revolución, Ave. Paseo de los Héroes, Ave. Paseo Tijuana, Ave. Padre Kino. • Sector Hipódromo, Blvd. Agua Caliente, Blvd. Salinas, libramiento norte, Calz. Lázaro Cárdenas. • Sector La Gloria. • Sector Otay, Calle 16, Ave. Aviación, Camino al Aeropuerto, Calz. Tecnológico Rampa Buena Vista, camino regreso del Aeropuerto, Ave. J. Rendón Ibarra, segundo eje Oriente – Poniente. • Sector La Mesa, Blvd. Gustavo Díaz Ordaz, Ave. Sánchez Taboada, Paseo Reforma. • Sector Río Tercera Etapa, continuación Calz. Lázaro Cárdenas, calle Benton, Blvd. San Martín, Blvd. Insurgentes, Blvd. Simón Bolívar. • Sector Cerro Colorado, rampa CETYS, Paseo de Cucapá. • Sector La Presa, continuación Blvd. Insurgentes. • Sector La Presa Este, límite calle Sauce y límite con Carr. Tijuana–Tecate–Mexicali. • Sector Florido, calle Sauce, Ave. Gpe. Victoria, ruta Independencia, Ave. Javier Mina.
Sistema vial secundario	<ul style="list-style-type: none"> • Sector Playas, Ave. Paseo Playas de Tijuana, Paseo Ensenada, Paseo del Pedregal. • Sector Cañones, Ave. Sánchez Taboada, Paseo Montaña, Cañón de los Rosales. • Sector Obrera, Ave. de las Palmeras, Ave. Braulio Maldonado, cañón K, calle Chopo Ortega, cont. calle Nueve, Cañón Johnson, Ave. Artículo 123, Cañón Jalisco, Ave. Centenario, Calle Cerro de la Silla, Prol. Gral. Ferreira. • Sector Aguaje de la Tuna, calle Plutón. • Sector Centro, Ave. Constitución, Ave. Fco. I. Madero, Ave. Negrete, calle Nueve, calle Diez, Blvd. Sánchez Taboada. • Sector Hipódromo, Ave. de los Olivos, Ave. Mocerito, Ave. Hipódromo, Blvd. Lomas, Blvd. Las Américas, Blvd. Las Palmas, Ave. de las Ferias, Ave. López Lucio, Ave. Ermita, calle de Los Pollos, calle Papagayo. • Sector La Gloria. • Sector Otay, Ave. Pino Suárez, Ave. Félix Parra, Ave. Contreras, Ave. Universidad, Ave. Ingenieros, Ave. Humboldt, Ave. Josefa Rendón Ibarra, Blvd. Bellas Artes, Ave. López Portillo Ote–Pte, Ave. Alfonso Vidal y Planes, Ave. Sor Juana Inés de la Cruz, eje uno Ote–Pte, Ave. Los Mochis, Ave. Industrial, calle Maquiladoras. • Sector La Mesa, calle Lomas Hipódromo, Blvd. Pacífico, Blvd. Las Huertas, Ave. Paseo de las Lomas. • Sector Río Tercera Etapa, Ave. 20 de Nov., Blvd. Ferrocarriles, Ave. de los Árboles. • Sector Alamar, Ave. de los Grandes Lagos, Ave. del Fuerte. • Sector Cerro Colorado, Ave. San Pedro Mártir, Ave. paseo Guaycura, Ave. Cochimie, Ave. Miguel Alemán, Ave. Las Hojas, Ave. Cachimín. • Sector La Presa, Blvd. Las Fuentes, Ave. Los Pinos, Ave. México lindo, calle General Contreras, Ave. Margaritas, Ave. Los Reyes, Ave. de las Presas. • Sector La Presa Este. • Sector Florido, Ave. María Herrera, ruta Hidalgo, camino H. Galeana. • Sector Matamoros, Calz. Lázaro Cárdenas, camino al Ejido Matamoros.

Fuente: Programa de Desarrollo Urbano del Centro Población Tijuana, 1998.

Por lo que respecta al municipio de Rosarito, el 95% de las calles son de terracería y la velocidad promedio que se alcanza en este tipo de sistema vial es de 30 km por hora; en la Tabla 3.6 se enlistan las principales vialidades del municipio.

TABLA 3.6. Sistema vial del municipio de Rosarito

Sistema vial	Localización
Carretera regional	<ul style="list-style-type: none"> • Carretera escénica Tijuana–Ensenada. • Carretera libre Tijuana–Ensenada.
Sistema vial primario	<ul style="list-style-type: none"> • Bulevar Benito Juárez Norte y Centro. • Bulevar Vicente Guerrero. • Confluencias con las carreteras regionales.
Sistema vial secundario (con pavimento)	<ul style="list-style-type: none"> • Ave. López Mateos, Ave. Quetzalcóatl, Ave. Fundadores de B. C. • Blvd. Los Cuñados. • Ave. Paseo de las Lomas. • Blvd. SHARP. • Carretera a PEMEX. • Acceso a CFE. • Calle Lázaro Cárdenas, Calle Dátil, Calle Art. 27, Calle Tijuana, Calle Villa del Mar. • Calle la Fuente, Calle Corvera Kiriakides, Calle Mexicali, Calle Ensenada, Calle Fco. Villa, Calle Lázaro Cárdenas, Calle 5 de Mayo, Calle del Ángel. • Calle la Casa de la Langosta. • Calle del Sauz, Calle Abeto. • Calle Parque Abelardo L. Rodríguez. • Calle del Nogal, Calle Eucalipto, Calle La Palma. • Calle Morelos. • Calle La Barca.
Sistema vial secundario (sin pavimento)	<ul style="list-style-type: none"> • Calle Art. 27, Calle Morelos, Calle Emiliano Zapata. • Calle de acceso a la Colonia anexa Terrazas del Pacífico. • Calles de acceso al Cañón Rosarito, a la Colonia Morelos, a Lomas Altas I y II, a Playas de Santander. • Calle de acceso a la colonia Nuevo Rosarito. • Calle 5 de mayo, Calle Faustino Alvarado, Calle Diego Esquivel. • Blvd. Los Cuñados, Blvd. Fundadores de Baja California. • Ave. General Juan Vicario.

Fuente: Dirección de Obras Públicas y Desarrollo Urbano Municipal, Rosarito, 1999.

Parque vehicular

Una parte importante de los aportes de contaminantes a la atmósfera es generada por aspectos urbanos y de vialidad, y transporte; dentro de los primeros, se incluyen aspectos que impactan a ambos lados de la frontera, así como el número de garitas por donde se realizan gran parte del intercambio turístico y comercial. Aspectos como el tipo y calidad de transporte público, vialidades y su mantenimiento, tienen implicaciones que aún no se han evaluado en forma precisa para generar indicadores que orienten las acciones y prioridades de las autoridades competentes en estos rubros. La Tabla 3.7 muestra el parque vehicular desglosado por tipo de vehículo para cada municipio de la zona de estudio.

Tabla 3.7. Parque vehicular de Tijuana-Rosarito

Tipo	No. vehículos en Tijuana	No. vehículos en Rosarito
Automóviles particulares	260,996	7,901
Taxis	7,125	460
Pick up	79,533	613
Camiones de pasajeros a gasolina	1,380	12
Camiones de pasajeros a diesel	2,219	20
Camiones de carga a gasolina	1,258	227
Camiones de carga a diesel	8,490	1,204
Motocicletas	2,187	330
Total	363,188	10,767

Fuente: Secretaría de Planeación y Finanzas del Gob. del Edo., 1998.

Cruces internacionales

En el año de 1997, alrededor de 53 millones de vehículos cruzaron la línea fronteriza en sus dos garitas internacionales (Tabla 3.8), registrando un incremento del 4% con respecto a 1995, mientras que Mexicali presentó en el mismo año los 7 millones de cruces de vehículos en su garita internacional, y en Tecate la cifra correspondió a un poco más de 1 millón de vehículos. Sobre el supuesto conservador de un tiempo promedio de permanencia de 8 minutos por vehículo en la línea de espera, el área de los cruces fronterizos de Tijuana estaría siendo impactada por emisiones de cerca de 18 mil ton/año. En la Tabla 3.9 se indica el número de vehículos que cruzaron mensualmente por las garitas de Tijuana en el año de 1997. Como se puede apreciar, la magnitud de los cruces pareciera incrementarse en el periodo vacacional de verano y se hacen mayoritariamente por la garita de la ciudad.

Tabla 3.8. Número de vehículos que cruzaron por las garitas de Tijuana

Garitas	Años	Total
San Ysidro v Otav	1995	50,995,661
San Ysidro v Otav	1996	52,415,600
San Ysidro v Otav	1997	53,046,949

Fuente: Revista Tijuana Hoy, No.4 (Migración), XV Ayuntamiento de Tijuana.
The San Diego Tijuana Economic Review, Volume 3, Number 1, April 1997.

Tabla 3.9. Cruce de vehículos en la frontera internacional de Tijuana, 1997

Mes	Número de vehículos		
	Garita Tijuana	Garita Otay	Total mensual
Enero	3,459,718	826,760	4,286,478
Febrero	2,905,400	750,700	3,656,100
Marzo	3,360,631	887,686	4,248,317
Abril	3,284,124	866,874	4,150,998
Mayo	3,252,468	833,005	4,085,473
Junio	3,258,688	912,980	4,171,668
Julio	3,990,940	834,886	4,825,826
Agosto	4,112,921	850,166	4,963,087
Septiembre	3,954,009	832,162	4,786,171
Octubre	3,902,778	881,597	4,784,375
Noviembre	3,724,035	797,458	4,521,493
Diciembre	3,792,265	774,698	4,566,963
Total anual	42,997,977	10,048,972	53,046,949

Fuente: Servicios de Inmigración y Naturalización de EUA, 1997.

Usos del suelo

La ciudad de Tijuana cuenta con una extensión del núcleo urbano de 298.6 km² de los cuales el 66% es habitacional, el 9% de uso industrial, el 7% de uso comercial y el 18% para otros usos.

Tabla 3.10. Usos del suelo de Tijuana

Uso de suelo	Superficie (hectáreas)				
	1995	1996	1997	1998	2000
Agricultura	141.66	141.66	141.66	141.66	141.66
Agroindustria	863.82	863.88	863.94	864.00	864.12
Áreas verdes	184.99	186.67	188.35	190.03	193.39
Comercial	1,821.17	1,877.91	1,934.65	1,991.39	2,104.87
Controlado-transición	1,644.55	1,644.70	1,644.85	1,645.00	1,645.30
Equipamiento	1,107.79	1,201.94	1,296.08	1,390.23	1,578.52
Habitacional	15,563.40	16,403.00	17,242.59	18,082.19	19,761.38
Industria	1,522.16	1,739.89	1,957.63	2,175.36	2,610.83
Masa de agua	812.02	812.35	812.67	813.00	813.65
Parque metropolitano	75.91	76.54	77.17	77.80	79.06
Uso especial	46.13	50.20	54.28	58.35	66.50
Total	23,783.60	24,998.74	26,213.87	27,429.01	29,859.28

Fuente: IMPlan: Proyección lineal con base en la carta urbana 1995, y actualización de los usos de suelo, 1998.

Por lo que respecta al uso del suelo de Rosarito, el 57% de la superficie corresponde a la zona urbana, el 20% son terrenos rústicos y lotes baldíos, el 10% es de uso habitacional y el 13% de otros usos (Tabla 3.11).

Tabla 3.11. Usos del suelo de Rosarito

Usos del suelo	Superficie (hectáreas)
Área urbana	2,335.90
Habitacional	408.13
Comercial	108.36
Industrial	21.49
Equipamiento	34.43
Rústico y baldíos	824.02
Infraestructura vial	397.79
Total	4,130.12

Fuente: Plan Municipal de Desarrollo de Rosarito 1998-2001.

3.3. Estudios previos y programas sobre calidad del aire

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

Climatología de Difusión de la Ciudad de Tijuana, B.C. (Jáuregui, 1981)⁸

El objetivo de este estudio fue describir los sistemas sinópticos que determinan el clima en el área de Tijuana, así como examinar los factores meteorológicos que tienen mayor influencia en la dispersión y acarreo de los contaminantes que se arrojan a la atmósfera urbana de esta zona.

De acuerdo con el análisis de las líneas de flujo del aire superficial el autor establece algunas conclusiones en cuanto al transporte de los contaminantes atmosféricos y señala que durante la noche y en las primeras horas de la mañana, los contaminantes arrojados al aire en el área de Tijuana tienden a ser transportados hacia el noroeste de la ciudad, en dirección a San Isidro, California. Después del medio día, una vez que se establece el mecanismo de las brisas del oeste, los contaminantes que viajaban hacia el noroeste convergen en el borde sur del área urbana de San Diego y poco después comienzan a ser transportados por el flujo inverso, en dirección hacia Tijuana. De acuerdo con el autor, debido a que los vientos del oeste y oeste-noroeste son más intensos que los provenientes del sureste, el acarreo de los contaminantes se hace en forma más rápida, cuesta arriba de la cuenca, hasta llegar a la presa Rodríguez; después del mediodía los contaminantes quedan de esta forma confinados contra las laderas de las montañas, en las cercanías de la presa.

Según el autor los contaminantes pueden seguir una trayectoria alterna, la cual sigue el curso del arroyo el Alamar que tiene una dirección casi este-oeste. Según esta trayectoria, la nube de contaminantes que proviene del área sur de San Diego, remonta primero el curso del río (en el centro de Tijuana, donde está la canalización) y recibe ahí la contribución de las fuentes de emisión de Tijuana, para seguir después un brazo hacia la presa, y el otro por la cañada del arroyo Alamar, hacia el este, hasta llegar, rodeando por el oriente el cerro Colorado, a la zona de la presa Rodríguez. Una vez que anochece, la brisa-viento del valle se debilita hasta que, cerca de la medianoche, el flujo se torna en reversa y los contaminantes vuelven a ser transportados lentamente hacia el centro de Tijuana y más allá de la línea fronteriza.

Segunda Revisión Trienal de las Medidas de los Impactos de los Contaminantes Transportados sobre la Concentración de Ozono en California. (Nov. 1996)⁹

La enmienda al Acta de Aire Limpio de California en 1992, reconoce que el ozono y sus precursores pueden ser transportados por el viento a grandes distancias y manifestar problemas de calidad del aire en áreas fuera de los Distritos o cuencas atmosféricas en donde se originan.

⁸ Jáuregui, O.E. (1981). Climatología de Difusión de la Ciudad de Tijuana, B.C. Boletín del Instituto de Geografía. Número 11. Universidad Nacional Autónoma de México. México.

⁹ Air Resources Board (1996). Second Triennial Review of the Assessment of the Impacts of Transported Pollutants on Ozone Concentration in California. State of California. California Environmental Protection Agency.

El propósito de este reporte fue dar seguimiento a:

- La identificación de las áreas afectadas por los contaminantes del aire transportados de una cuenca atmosférica o región a otra y cuáles son sus fuentes.
- La determinación de la contribución relativa de las concentraciones de ozono y sus precursores de un área a otra en cuanto al origen del transporte, pudiendo clasificarse como "Responsable, Significativa o Sin consecuencia" y su combinación de acuerdo a la norma.

Este reporte corresponde a la segunda actualización trianual que se llevó a cabo y en la que se analizan por primera vez 26 pares de tipos de transporte de contaminantes; la versión original se realizó en 1990, considerando únicamente 14 pares de combinaciones de transporte.

Las conclusiones de esta segunda revisión se muestran en la Tabla 3.12, donde la caracterización del área precursora de ozono se calificó en cuanto a su responsabilidad sobre el transporte a otra cuenca:

Área responsable: Es la clasificación para transporte de ozono y sus precursores de las zonas que generan estos contaminantes y afectan a otra causando violaciones a las normas estatales.

Significativa: Es la clasificación para transporte de ozono y sus precursores, de las zonas que en conjunto con las generaciones de las propias áreas, contribuyen a las violaciones de las normas estatales.

Sin consecuencia: Es la clasificación para transporte de ozono y sus precursores, en las zonas donde no existe éste o no contribuyen significativamente en violaciones a las normas existentes.

Tabla 3.12. Caracterización del tipo de transporte de ozono existente en el Estado de California

Pares de tipos de transporte	Clasificación	
	previa	propuesta
1. Broader Sacramento Area - Mountain Counties	O	O
2. San Joaquín Valley - Mountain Counties	O	O
3. San Francisco Bay - Mountain Counties	S	S
4. México - Southeast Desert	O, S	-
4b. México - Salton Sea	O, S	-
5. México - San Diego	O, S, I	O, S, I
6. San Joaquín Valley - South Central Coast	S, I	S, I
7. San Francisco Bay Area - Broader Sacramento Area	O, S, I	O, S, I
8. San Francisco Bay - San Joaquín Valley	O, S, I	O, S, I
9a. South Coast - Southeast Desert	O, S, I	-
9b. South Coast - Mojave Desert	-	O, S

Aspectos generales

Pares de tipos de transporte	Clasificación	
	previa	propuesta
10. Broader Sacramento Area - Upper Sacramento Valley	O, S, I	O, S
11.a San Joaquín Valle - Southeast Desert	O, I	-
11.b San Joaquín Valle - Mojave Desert	-	O
12. South Coast - San Diego	O, S, I	O, S, I
13. South Coast - South Central Coast	S, I	S, I
14. South Central Coast - South Coast	S, I	S, I
15. San Joaquín Valley - Broader Sacramento Area	S, I	S, I
16. San Joaquín Valley - Great Basin Valleys	O	O
17. Broader Sacramento Area - San Joaquín Valley	S, I	S, I
18. Broader Sacramento Area - San Francisco Bay Area	S, I	S, I
19. California Coastal Waters - South Central Coast	S	S
20. Bay Area - North Central Coast	O, S	O, S
21. San Joaquín Valley - North Central Coast	-	S
22a. South Coast - Southeast desert	O, S, I	-
22b. Sout Coast – Salton Sea	-	O, S

* Los cambios recomendados por el personal se presentan en *cursivas*
O = Área responsable; S = Significativa, I = Sin consecuencia.

En letras negritas se indican los transportes de México hacia áreas de California, y de la Costa Sur hacia San Diego, sin indicarse si en ese caso el transporte de ozono llega a Tijuana; en el reporte no se menciona si existen otros transportes de ozono de áreas de California hacia México ni se proporcionan detalles sobre como se determinan cuantitativamente los transporte de contaminantes.

Estudio de Ozono del Sur de California 1997 (SCOS97). Plan del Programa Operativo (Fujita et al, 1996)¹⁰

Con las enmiendas al Acta del Aire Limpio en la década de los 90's, para intensificar los esfuerzos de control de la contaminación del aire de los Estados Unidos, en el estado de California fue desarrollado el Plan del Programa Operativo para el Control de Ozono en el Sur del Estado, esto debido a la problemática de ozono que se presenta en esa región; el estudio se realizó a través de la CARB.

El Plan describe las actividades a llevar a cabo para conocer el comportamiento del ozono en el sur del estado, así como proporcionar herramientas de modelación para el control de emisiones, contempla la actualización del inventario de emisiones, los planes para intensificar el monitoreo de ozono y sus precursores, y la estimación de las concentraciones futuras de ozono basadas en la modelación fotoquímica.

¹⁰ Fujita M. E., Green M.C. Keislar E. R, Koracin R.D., Moosmuller H. and Watson G.J. (1996). 1997 Southern California Ozone Study (SCOS97). Field Study Plan. Draft prepared for the State of California. Air Resources Board. Reseach Division. P.O. Box 2815, Sacramento, CA 95812. Under contract No. 93-326.

Las secciones que incluye son: antecedentes sobre el objetivo del estudio; el modelo conceptual de los episodios de ozono y escenarios de transporte, que sirven de base para el desarrollo del diseño experimental (SCOP 97); las mediciones meteorológicas y de calidad del aire, opciones para las mediciones complementarias necesarias en el estudio de campo; proceso de planeación y actividades preliminares y soporte necesario para el estudio de campo; el aseguramiento de calidad de los datos y su manejo dentro del estudio; el análisis de datos y actividades de modelación, asociadas con el estudio; el manejo del programa; y la estimación de costos por conceptos del programa SCOP 97.

Modelación Espacial de la Contaminación del Aire por las Industrias y su Relación con Áreas Residenciales en Tijuana, México. (Obee, 1997)¹¹

Dada la problemática de contaminación existente en la zona fronteriza de Tijuana y el interés por conocer las proyecciones que ésta pudiera tener a futuro, se desarrolló durante 1997 el estudio de referencia con el fin de conocer la relación espacial de las emisiones de los contaminantes del aire con la localización de las áreas industriales y residenciales, y algunas características socioeconómicas en Tijuana y hacer inferencias para el año 2020.

Los objetivos del trabajo fueron:

- Proporcionar una exploración preliminar sobre la distribución de los contaminantes del aire y examinar como se relacionan la estructura urbana con los distintos tipos de áreas residenciales localizadas en la proximidad del área industrial y sus efectos.
- Utilizar el Modelo denominado "Industrial Pollution Projection System (IPPS)" a fin de evaluar los riesgos de la futura generación de los contaminantes industriales a la atmósfera y el crecimiento poblacional, ello a través de las proyecciones de la densidad poblacional y de la actividad industrial, dentro de la estructura urbana.

A pesar de que para realizar el estudio, existieron ciertas restricciones sobre la disponibilidad de los datos en la aplicación del modelo, entre los resultados más sobresalientes se obtuvieron:

- Estimación de las emisiones de SO₂, NO₂, CO₂, COV, y PM10 en base a un total de 70 mil empleados aproximadamente de todas y cada una de las industrias presentes en el área, a partir de 1993 y hasta el 2020.
- Se identificaron las áreas habitacionales con mayor proximidad a las industrias, haciendo una clasificación de los tipos de zonas habitacionales (clase alta, media y

¹¹ Obee J.A. (1997). Spatial Modeling of Industrial Air Pollution and its Relationship to Residential Areas in Tijuana, México. A thesis presented to the Faculty of San Diego State University. For the degree Master of Arts in Geography.

baja); se detectó una población afectada de 15 mil 271 habitantes en un área de 2,442 km², asentados a una distancia de entre 500 y 1,960 metros de las fuentes industriales.

- Se analizó la estructura urbana a futuro, en relación con el número de habitantes, y se estimó un incremento de población de 743 mil habitantes en 1990, a 1 millón 789 mil para el año 2020.
- La generación de contaminantes se incrementará entre un 275 y 600%, considerando al número de empleados de la industria; de igual manera la generación de bióxido de azufre, se incrementará de 11 mil 951 ton/año, estimadas en 1993, a 75 mil 465 para el año 2020, considerando un máximo de crecimiento económico del 4% anual, en el escenario más alto.
- La aplicación del IPPS, refleja un crecimiento industrial continuo y el aumento de las emisiones de contaminantes a la atmósfera; por lo tanto el monitoreo de la calidad del aire y la normatividad en la zona, deberán de tomar en consideración los riesgos potenciales a la salud y la degradación futura de la calidad del aire en la cuenca atmosférica.
- A futuro, los fenómenos de fertilidad, esperanza de vida y particularmente la migración, podrían generar una explosión demográfica en la Ciudad de Tijuana.

Dentro de las conclusiones generales del estudio se señala que tanto el crecimiento poblacional, como el aumento de las emisiones de los contaminantes al aire, presionarán la infraestructura urbana y la calidad del medio ambiente tanto en la ciudad de Tijuana, como a lo largo de la zona fronteriza.

Monitoreo de la Calidad del Aire para Tecate (Proyecto CICA-97-05, en desarrollo)¹²

El propósito de este proyecto es establecer y operar una estación de monitoreo en Caléxico, California, y en Tecate, Baja California. Se tomarán muestras de PM10, PST, ozono y parámetros meteorológicos (velocidad y dirección del viento y temperatura). Los datos recolectados deberán cumplir con los estrictos requisitos de aseguramiento y control de calidad del CARB. Los datos recolectados en este sitio complementarán a los a obtenidos por medio de las redes de monitoreo de Tijuana y Mexicali. Los datos obtenidos en las tres ciudades serán incorporados en una base de datos, la cual servirá como base de los programas de manejo de la calidad del aire para la región con los siguientes objetivos generales: (1) determinar concentra-

¹² Obee J.A. (1997). Spatial Modeling of Industrial Air Pollution and its Relationship to Residential Areas in Tijuana, México. A thesis presented to the Faculty of San Diego State University, for the Degree on Master of Arts in Geography.

ciones ambientales de contaminantes en el aire; (2) determinar la cantidad de emisiones provenientes de varias categorías de fuente y sus impactos relativos; (3) recomendar estrategias de control; y (4) medir avances y cumplimiento de las normas a largo plazo.

Sistema de Vigilancia de Padecimientos Marcadores de Daño a la Salud por Contaminantes Ambientales en la Frontera Norte (SSA, en desarrollo)¹³

El concepto de Padecimientos Marcadores de Daño a la Salud o “Evento centinela de Salud (ECS)” fue utilizado inicialmente como un método para determinar la calidad de la atención médica (enfermedad o muerte) y aplicado en estudios de mortalidad materna en los años 30’s. Cuatro décadas después, el concepto es modificado para aplicarse en el área de las patologías ocupacionales como Evento Centinela de Salud Ocupacional [ECS(O)], que se define como “una enfermedad, incapacidad o la muerte, relacionadas ocupacionalmente” y dependiendo de la presencia de determinado evento. El ECS puede servir para realizar estudios epidemiológicos o de higiene industrial, así como para definir programas de protección a la salud o atención médica. A la fecha, la lista actualizada contiene 64 enfermedades o condiciones y está sujeta a modificaciones periódicas.

Dentro del proyecto “Sistema de Vigilancia de Padecimientos Marcadores de Daño a la Salud por Contaminantes Ambientales en la Frontera Norte” se retoma el concepto [ECS(O)], y su relación con las condiciones laborales, ya que se extiende a la contaminación ambiental general y su relación con las condiciones de morbilidad que ocasionan la muerte, tanto en la población en general como en la trabajadora.

Debido a que el acelerado proceso de industrialización en el país se ha concentrado principalmente en las grandes ciudades y la zona norte del país, se está llevando a cabo el presente estudio, tomando el análisis de la mortalidad de la población en general y su posible asociación con los diversos contaminantes ambientales generados localmente, en los estados de Baja California, Coahuila, Chihuahua, Nuevo León, Sonora y Tamaulipas. Como resultado del proyecto se implementará un “Sistema de Vigilancia de Padecimientos Marcadores de Daños a la Salud” susceptibles de estar relacionados con contaminantes ambientales (Eventos Centinela) en la Frontera Norte de México.

Se ha determinado la situación general de los estados de la frontera norte, así como las ramas y clase de actividades, agentes, patologías, las que se codificaron de acuerdo a la *Clasificación Internacional de Enfermedades, 9° edición*. Las ramas industriales de mayor importancia económica en sus diferentes procesos,

¹³ Secretaría de Salud (1999). Subsecretaría de regulación y Fomento Sanitario. Dirección General de Salud Ambiental. Sistema de Vigilancia de padecimientos marcadores de daño a la salud por contaminantes ambientales en la frontera norte. México, D.F.

se tienen las siguientes: minera, cementera, extracción y procesamiento de sal, extracción del petróleo crudo y gas natural, industria del vidrio, maquiladoras, entre otras.

Las patologías que ocasionaron en los últimos años mortalidad general en los estados de la frontera norte del país, y que tienen una relación potencial con los contaminantes ambientales, son principalmente las enfermedades crónico-degenerativas, mismas que se deberán incluir como eventos centinela.

La Secretaría de Salud, a través de la Dirección General de Salud Ambiental, realiza un estudio piloto para detectar los posibles efectos de la salud de la población producto de la contaminación atmosférica.

Este estudio se encuentra en su fase inicial y consta del monitoreo de la calidad del aire en algunas ciudades fronterizas (Ensenada, Tijuana, Mexicali, Cd. Acuña, Piedras Negras, Ojinaga, Sabinas, Cananea, entre otras) y el análisis de la correlación de los datos de ingreso a hospitales y efectos respiratorios en la salud de la población de las citadas ciudades.

Reporte del Estado Ambiental y de los Recursos Naturales en la Frontera Norte de México (Capítulo de Salud, 1998)¹⁴

En el *Reporte del Estado Ambiental y de los Recursos Naturales en la Frontera Norte de México* se plasma una semblanza general de las condiciones que en materia de salud existen en la zona de la frontera norte del país.

En el citado Informe se establece que existen tres grandes grupos de condiciones que afectan la salud de la población, aquellas asociadas a la capacidad que se desarrolle para asegurar el acceso de la población a la salud, la educación la vivienda, el empleo y a los servicios públicos; las relativas a la infraestructura de servicios de salud y a la capacidad que tiene ésta para promover y mantener la salud; y las que se vinculan con el estado del medio ambiente que resulta de las actividades humanas, y que en su conjunto, tienen la capacidad de limitar, obstaculizar o impedir la existencia y el desarrollo de los seres humanos y demás organismos vivos que interactúan en un espacio y tiempo determinado.

La SSA ha realizado una clasificación de los diferentes municipios en la zona fronteriza norte del país, que correlaciona de manera directa, la magnitud de concentración total de la población fronteriza, con el tipo y número de la infraestructura hospitalaria, así como la calidad de prestación del servicio en esa área.

¹⁴ Instituto Nacional de Ecología, 1998. Disponible en www.ine.gob.mx.

De acuerdo a esta clasificación, existen municipios con clasificación Uno denominados de "Prioridad" Uno; en los cuales se concentra el 45% de las Unidades de Primer nivel de atención, el 77% de las Unidades de Segundo nivel y el 100% de las del Tercer nivel. El Municipio de Tijuana, es clasificado como "Prioridad" Uno, con unidades de Segundo nivel de atención.

De forma distinta a lo que se observa en el resto del país, la mortalidad por las enfermedades crónico degenerativas (enfermedades del corazón, diabetes mellitus y enfermedades cerebrovasculares), en los estados fronterizos rebasan la media nacional.

Es importante destacar que el campo de la salud ambiental en la actualidad es muy incipiente, por lo que el conocimiento epidemiológico y la información de que se dispone al respecto es limitada, por diversas circunstancias, ya sea porque se desconoce el área, o porque no se establece la relación causa-efecto, o porque no se realiza un adecuado registro de los eventos nocivos para la salud que resultan de contingencias ambientales. Además que mucho de los efectos de la contaminación ambiental en la salud y en el ambiente mismo, se manifiestan en el mediano o largo plazo, por lo que los efectos adversos de la contaminación, permanecen intangibles durante un período prolongado de tiempo, impidiendo su percepción, detección oportuna y su verdadera dimensión. Ante tales circunstancias, sobre todo ante la carencia de información, ha sido difícil realizar un análisis detallado del impacto directo del deterioro ambiental en la salud de la población de la frontera norte de México. Se sabe sin embargo, porque existen evidencias, que el deterioro del medio ambiente afecta a la salud y que en grados extremos llega a limitar, o incluso, hasta impedir la vida.

Actualización Trianual de la Estrategia de Calidad del Aire Regional 1991 (Regional Air Quality Strategy-RAQS) para la Cuenca Atmosférica de San Diego

El Acta Estatal de California requiere que los Distritos, en las áreas de no cumplimiento de los estándares de calidad del aire, preparen una estrategia identificando medidas de control factibles de llevar a cabo, para cumplir con ellos lo más pronto posible y proporcionen un reporte anual y otro trianual de los avances de las estrategias. EL Regional Air Quality Strategy (RAQS) fue adoptado el 30 de junio de 1992 y enmendado el 2 de marzo de 1993. La primera revisión trianual del RAQS, fue realizada el 12 de diciembre de 1995 y la segunda el 17 de junio de 1998, dicha revisión analiza el estado que guarda el RAQS entre 1995 y 1997.

De las 24 medidas de control programadas para su adopción durante el periodo de 1995 a 1997, 6 (25%) fueron adoptadas, 6 (25%) fueron reprogramadas para su adopción entre 1998 y el 2000 (4 en 1998, 1 en 1999 y 1 en el 2000), 9 (37%)

fueron suprimidas del programa, 2 (8.3%) quedaron pendientes y 1 (4.2%) está siendo estudiada para su posible implementación, usando las reglas existentes en el Distrito. El retraso en la adopción de ciertas medidas de control son atribuidas a las limitaciones de la tecnología de control. Las medidas de control suprimidas fueron determinadas como no factibles, basadas en la actualización de control de emisiones del análisis de costo- efectividad y de recientes enmiendas a la ley estatal de California.

En materia de cumplimiento de los estándares de la calidad de aire, San Diego es designada área de no cumplimiento de la norma estatal para los contaminantes NO₂, SO₂ y CO. Sin embargo, la actualización trianual del RAQS de 1991, se encamina únicamente a cumplir con los requerimientos para ozono. Además de cumplir con el Acta Estatal, San Diego debe cumplir con los requerimientos del Acta Federal, aunque algunos ya son cubiertos con el cumplimiento del Acta Estatal.

Uno de los requerimientos principales del RAQS fue someter el Plan de Implementación a su revisión en 1994, demostrando que el estándar de calidad del aire de ozono puede ser cumplido para 1999; también se requirió la revisión del State Implementation Plan (SIP) 1994, que incluyera la revisión y actualización del inventario de emisiones de 1990, la proyección de emisiones futuras y las medidas de reducción de emisiones para 1996 y 1999. Otro requerimiento de la actualización trianual del RAQS es mostrar los avances de calidad del aire en cuanto a las concentraciones pico y la exposición de la población a los contaminantes criterio.

La guía del CARB establece incluir "Indicadores de calidad del aire", por lo que se presenta un reporte de información para satisfacer este requerimiento. El documento muestra las medidas de calidad del aire instrumentadas en San Diego desde 1981.

Estado de las medidas de control

Las medidas de control pueden proponer la adopción de nuevas reglas para fuentes de emisión hasta ahora no controladas, el propósito de las enmiendas a las reglas, es para incrementar el control estricto de las categorías reguladas. Sin embargo, en algunos casos, el control pudiera ser implementado con la adopción misma de la regla.

La Tabla 3.13 sintetiza el estado de los esfuerzos realizados por el Distrito de San Diego y las enmiendas a las reglas para implementar los programas de medidas de control adoptados por el RAQS en 1991.

Tabla 3.13. Adopción de medidas de control revisadas del RAQS/ Programas enmendados

Regla N°	Medida de control	Contaminante	Adopción del Programa RAQS/Año de enmienda	Adopción actual/Fecha de enmienda	Adopción del Programa revisado/Fecha de enmienda
20.1-20.4,60	Nuevas fuentes revisadas	Todos	1992	Enmendada el 5/17/94	
67.4	Control futuro de cubiertas de latas	GOR	1994	Enmendada el 7/25/95	
67.4	Control futuro de cubiertas de bobinas	GOR	1994		Suprimida
67.6	Control futuro de solventes	GOR	1994		Suprimida
67.11	Control futuro de productos de cubiertas de madera	GOR	1994		Enmendada en 1996-1997
67.12	Operación de resinas epóxicas	GOR	1994		Suprimida
67.13	Decomiso de grandes tanques de almacenamiento y descontaminación de suelos	GOR	1993		1996-1997
67.18	Control futuro de cubiertas marinas	GOR	1993	Enmendada el 12/13/94	
67.19	Manufacturas de cubiertas e impresión de tintas	GOR	1992	6/7/94	
67.20	Pintado automotriz	GOR	1993		1996
67.21	Operaciones adhesivas	GOR	1993		1996-1997
67.22	Espumas comprimidas y dilatación de plásticos	GOR	1993	6/7/94	
67.23	Compuestos de plástico, hules, y cubiertas de vidrio	GOR	1993		1996-1997
67.24	Hornos de baquelita	GOR	1993	6/7/94	
69	Calderas generadoras de electricidad y vapor	NOx	1992	1/18/94	
69.2	Calderas industriales y comerciales	NOx	1993	9/27/94	
69.3 ¹	Turbinas de combustión estacionaria	NOx	1994	9/27/94	
69.4 ²	Ingeniería de combustión interna de fuentes estacionarias	NOx	1995	9/27/94	
	Homos residenciales de bajo NOx	NOx	1994		1996-1997
1301 ³	Reducción del programa de viajes para empresas con 100 o más empleados	Todos	1992	1/18/94	Suprimida
	Reducción de viajes del programa de estudiantes	Todos	1993		No programada
	Programa de fuentes indirectas	Todos	1994		1996

¹ Regla 69.3. Medida federal adecuada para el control viable de los requerimientos tecnológicos, puede ser ajustada en 1996 o 1997 si es necesario por una medida más adecuada de requerimiento tecnológico de control de retrofit.

² Regla 69.4. Medida federal adecuada para los requerimientos de control tecnológico, que serían ajustados en 1996 o 1997 si es necesario por una medida más adecuada de requerimiento tecnológico de control de retrofit.

³ Regla 1301. Que sea inoperante bajo la reclasificación federal de ozono y el Estado decida eliminarla. Por lo tanto, inicialmente la medida de control es suprimida por el RAQS.

GOR = Gases Orgánicos Reactivos.

La Tabla 3.14 sintetiza las reglas adoptadas o enmendadas en 1994, que no se encuentran reflejadas en el RAQS de 1991, la mayoría de las reglas de esta tabla fueron adoptadas o enmendadas en los requerimientos de las metas federales. Sin embargo la regla 27- *Créditos bancarios de reducción de las emisiones de fuentes móviles* y las enmiendas relacionadas con la regla 21, permiten las condiciones para adoptar los siguientes requerimientos que la industria necesita por la gran flexibilidad en las metas de nuevas fuentes (NSR).

Tabla 3.14. Reglas de Distrito adoptadas o enmendadas en 1994 no programadas en el RAQS de 1991

Regla N°	Medidas de Control	Contaminantes	Adopción actual / Fecha de enmienda
20.9-20.10	Revisión de nuevas fuentes federales	Todos	5/17/94
21	Condiciones permitidas	Todos	Enmendada 11/29/94
27	Créditos bancarios para la reducción de emisiones de fuentes móviles	Todos	11/29/94
67.3	Productos y cubiertas de partes metálicas	GOR	Enmendada 11/1/94
67.4	Contenedores metálicos, operación y cierre de bobinas	GOR	Enmendada 9/27/94
67.10	Operaciones de procesamiento y manufactura de biopolímeros	GOR	Enmendada 6/15/94
67.16	Operaciones de artes gráficas	GOR	Enmendada 6/20/94
68	Equipos de quema de combustible	NOx	Enmendada 9/20/94
1401...1425 12 reglas	Titulo V. Operaciones permitidas en fuentes federales	Todos	1/18/94

Medidas de control en el sector transporte no reguladas

El RAQS de 1991, incluye 6 medidas de control de transporte no reguladas (TCMs): mejoramiento del tránsito, parque de camionetas, líneas de vehículos altamente ocupadas (HOV), estacionamientos e instalaciones libres, instalaciones para bicicletas y mejoras de las señales de tránsito. Las TCMs reflejan el cumplimiento de las medidas para que continúe la implementación de esfuerzos, especialmente en el Plan Regional de Transportación (RTP).

De acuerdo al RTP de 1994 y al Programa Regional de Mejoras en el Transporte (RTIP), las siguientes puntos fueron programadas para cumplirse hacia el año 2001:

Mejoras de Tránsito: El servicio de Trolebuses de Santee y el servicio de trolebús del Océano al Centro de San Diego inició recientemente. La extensión del servicio de Trolebús del Centro a la Misión del Valle, así como la de Ciudad Universitaria se encuentran en construcción. El nuevo servicio de autobús exprés y varios centros nuevos de tránsito se encuentran programados. Se compraron 83 autobuses a gas natural comprimido (GNC) de bajas emisiones, reemplazando aquellos autobuses viejos que eran a diesel y con altas emisiones. El Plan inició sustituyendo 50% de los autobuses locales y se adicionaron 30 autobuses a GNC. Se encuentran programados más de 100 autobuses de bajas emisiones para el 2001.

Transporte en Camionetas: Se ha mejorado el programa de camionetas con un fondo adicional, proporcionado por la Asociación de Gobernadores de San Diego (SANDAG), para impulsar el programa de transporte en camionetas, propor-

cionando 10 camionetas a GNC y 22 camionetas a gasolina para ser operadas dentro de este programa.

Rutas HOV: Las rutas HOV fueron programadas para su construcción a lo largo de las carreteras I-5 e I-805 hacia la avenida Manchester, para finales de la década. La siguiente prioridad sería continuar de la ruta I-5 a la Zona del Océano y se continuaría a lo largo de la ruta I-15 a Escondido.

Estacionamientos e Instalaciones de Cruce: En conjunto con el RAQS 1991, se continuó promoviendo los estacionamientos existentes e instalaciones de cruces viales, Caltrans colocó algunos servicios de estacionamientos e instalaciones de cruce, por medio del Programa regional de viajeros, a través de un computador computarizado.

Instalaciones para Bicicletas: Se adicionaron 402 nuevas rutas programadas, con un promedio de más de 50 millas de rutas por año. Comúnmente en el RAQS 1991, se adicionan 25 millas por año.

Mejoramiento de Señales de Tráfico: Fueron programadas 42 señales y proyectos de interconexión durante 1995. Las señales del RTP indican la interconexión mostrando los focos sobre el sistema arterial regional.

Información detallada del RAQS puede encontrarse en:
<http://www.sdapcd.co.san-diego.ca.us/aqplan/RAQS-WEB.htm>.

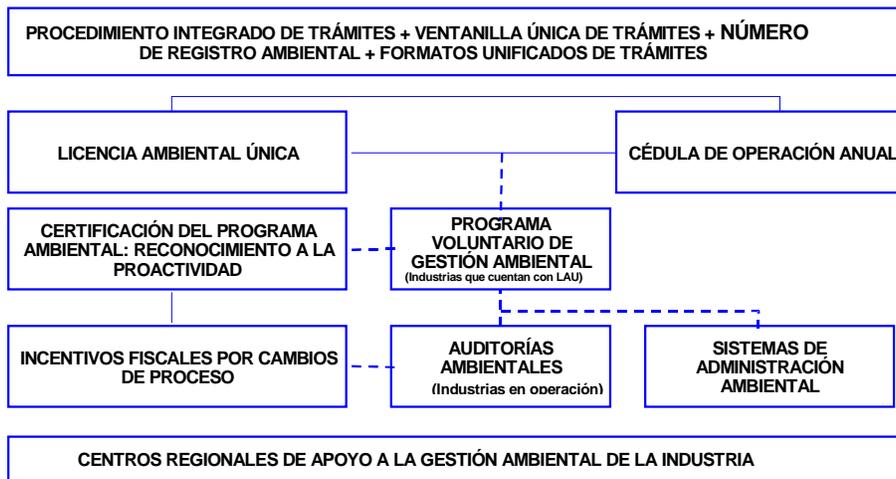
Regulación y gestión ambiental de la industria en Baja California

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 Comisión Nacional del Agua (CNA) y la PROFEPA. El SIRG también promueve la prevención y minimización de la contaminación dentro de un enfoque multimédios, 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.

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, la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (SECOFI) y la Confederación Nacional de Cámara Industriales (CONCAMIN) en julio de 1995. La Figura 3.3 muestra los elementos que conforman al SIRG y las interrelaciones que se dan entre ellos.

Figura 3.3. Componentes básicos del SIRG



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 en Baja California, en particular en Rosarito y Tijuana, 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.

Cabe mencionar que desde 1994, año en el cual se inició el desarrollo del RETC en México, organismos ambientalistas de Baja California han venido participando activamente para su establecimiento y consolidación.

Por ejemplo, el 10 de abril de 1998, se publicó en el Diario Oficial de la Federación, el Acuerdo de Coordinación que celebraron la SEMARNAP, a través del INE, 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 INE 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 INE para la integración del RETC del municipio.

Técnicas para estimar Emisiones Provenientes de varios tipos de Fuentes Singulares en Mexicali, México (EPA-456/R-99-002) y Emisiones de Taquerías en la Calle (EPA-600/R-99-048)

El reporte “Metodología Mexicana de Inventario de Emisiones”, preparado por Corporación Radian para la WGA y el Grupo de Trabajo Binacional de Aire, identificó 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 menores a 10 micrómetros (PM10), contaminantes peligrosos del aire (HAP), compuestos orgánicos volátiles (COV) y óxidos de nitrógeno (NOx), provenientes de puestos de tacos en la calle, y 2) emisiones de COV y HAP provenientes de lagunas y canales a cielo abierto que almacenan o conducen aguas residuales.

Este proyecto se concluyó y su reporte está disponible en el sitio CICA del Internet (<http://www.epxa.gov/ttn/catc/cica>) y del INE (<http://www.ine.gob.mx>).

Los participantes en este estudio son el INE por México, la EPA Región 9 y el Imperial County Air Pollution Control District por los Estados Unidos.

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, la 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-Rosarito-Tecate 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 aportará adicionalmente mediciones meteorológicas de la capa superior de la atmósfera. La tercera y cuarta fases de este proyecto incluirán 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-

Rosarito-Tecate-San Diego, y brindará información adicional para el desarrollo del modelo Mobile-México.

Estudios realizados en Conjunto con la CARB (en desarrollo)

Dentro del marco del Programa Frontera XXI, y en conjunto con la CARB, se han llevado a cabo los siguientes estudios, para la prevención y control de la contaminación atmosférica en la cuenca.

Red de Monitoreo Atmosférico de Tijuana-Rosarito

Los trabajos de cooperación entre la CARB y México datan de mayo de 1990, cuando se impartieron algunos cursos de capacitación a tres técnicos del INE en los laboratorios de CARB en Sacramento, California.

En 1993, la CARB recibió fondos por parte de la EPA, para apoyar la operación de una estación de monitoreo atmosférico que se encontraba ubicada en el Instituto Tecnológico de Tijuana.

En 1995 se recibieron fondos de la EPA, para establecer y operar, a través de un contrato con una compañía privada, seis estaciones de monitoreo en Tijuana. Desde entonces, la EPA ha aportado fondos adicionales para continuar las operaciones de funcionamiento de la red en la zona, así como agregar el monitoreo de contaminantes atmosféricos tóxicos en el área.

Estudio de Emisiones de Fuentes Móviles

La División de Control de Fuentes Móviles (Mobile Source Control Division) de la CARB, realizó en los meses de julio y septiembre de 1999, un estudio para medir las emisiones de los vehículos que cruzan la frontera hacia California. El estudio consistió en seleccionar al azar aproximadamente 1,020 vehículos, para determinar las tasas promedio de emisiones y la actividad de los vehículos, con el fin de refinar el inventario de fuentes móviles que se viene desarrollando y conocer el impacto de las emisiones de éstos vehículos en las zonas fronterizas de California-Baja California. El estudio se llevó a cabo en las cruces fronterizas de Mexicali, Mesa de Otay y San Ysidro. El número de vehículos estudiados en cada cruce fue proporcional al porcentaje de vehículos que cruzan anualmente por cada uno de ellos y fue de 31%, 15% y 54%, respectivamente.

A todos los vehículos participantes en el estudio se les aplicó una prueba de emisiones BAR90 y se les realizó una inspección visual y funcional de los sistemas de control de emisiones. A una muestra de estos vehículos (aproximadamente 200), se le aplicó la prueba IM240 sobre un dinamómetro. Después de la prueba IM240, a un número reducido de vehículos (aproximadamente a 100), se les equipó con un Sistema de Posición Global (GPS) y un datalogger, con objeto

de adquirir información sobre los distintos patrones de operación y el número de kilómetros recorridos por vehículo.

Comité de Forestación Municipal de Tijuana

Antecedentes: Como una inquietud de la comunidad de la ciudad de Tijuana ante los problemas de deforestación, falta de programas de imagen urbana para la ciudad, problemáticas de contaminación del aire, ruido, erosión y desprendimiento de laderas, entre otros, las instituciones de gobierno, organismos no gubernamentales, instituciones educativas, sector privado y sociedad en general, teniendo como fundamento lo establecido en el Programa Nacional de Reforestación (PRONARE), en marzo de 1998 el Comité de Forestación Municipal dio a conocer su Manual Operativo en el cual se plasman los objetivos, estructura, responsabilidades y funciones, así como los derechos y obligaciones de los integrantes; en él se formulan los siguientes grupos de trabajo: Comisión Técnica, Comisión Revisora, Comisión de Promoción y Difusión, Secretario de Actas, y Tesorero.

Las funciones del Comité de Forestación Municipal se pueden resumir como sigue:

- Gestionar ante los tres niveles de Gobierno, autoridades educativas y organismos no gubernamentales, acciones tendientes a mejorar y a embellecer el medio ambiente a través de la forestación.
- Conocer, analizar y opinar sobre los proyectos Delegacionales, así como de otros organismos no gubernamentales y privados de forestación.
- Elaborar el Proyecto de Forestación del Municipio.
- Procurar la obtención de recursos complementarios para promover y difundir en la comunidad los programas de forestación.
- Promover la participación comunitaria en los programas de forestación.
- Actuar como organismo colegiado por lo que todas sus actividades y decisiones, sólo tendrán validez y representación social por medio del análisis razonado y respetuoso de las diferencias de opinión y por el consenso de sus integrantes con derecho a voz y a voto.

Productos: Como uno de los primeros logros del Comité, en enero del 2000 se dio a conocer en el foro del Comité de Forestación Municipal el “Manual Básico de Forestación Urbana” el cual consiste en un documento práctico, cuyo fin es el de contribuir al conocimiento general de la ciudadanía con información básica sobre forestación urbana de Tijuana.

Implementación de Metodología para la Caracterización de Partículas Sólidas Suspendidas en la Atmósfera del Estado de Baja California (en desarrollo)

Autor: Dr. César Díaz Trujillo, Profesor investigador de la Facultad de Ciencias Químicas e Ingeniería de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC).

Este proyecto esta siendo apoyado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) dentro del Programa de proyectos del Sistema de Mar de Cortés (SIMAC) contándose con el apoyo adicional de la SEMARNAP.

Objetivo: Determinar las características fisicoquímicas de las partículas sólidas suspendidas en la atmósfera de la ciudad de Tijuana, aplicando técnicas instrumentales, para estimar las posibles interacciones con la salud de la población y el medio ambiente, así como llevar a cabo un a zonificación de la composición de partículas a nivel local.

Contribución técnica: La generación de información será la mayor contribución a la sociedad ante un desconocimiento total sobre el tema, ya que los registros que en la actualidad existen son escasos y sólo se cuenta con algunos estudios realizados por investigadores de los Estados Unidos en ciertas zonas de la región fronteriza de California.

El producto de esta investigación científica permitirá iniciar el conocimiento de las condiciones que guarda la calidad del aire en el Municipio de Tijuana sobre este tipo de partículas, a las cuales se le atribuye al ser causantes de una serie de afecciones a la salud humana, principalmente en las vías respiratorias, siendo hasta el momento pocos o nulos los estudios epidemiológicos que sobre ello se han realizados en esta ciudad.

Una contribución de este trabajo a la tecnología consistirá en implementar una nueva metodología analítica para la cuantificación y análisis de las partículas suspendidas.

Alianza Binacional para la Calidad del Aire de Tijuana-Rosarito-San Diego

Esta organización es una corporación no lucrativa de beneficio público, que se organizó con el propósito exclusivo de mejorar la calidad del aire y la salud de los ciudadanos que residen en la cuenca atmosférica de Tijuana-Rosarito-San Diego.

Objetivo:

- Brindar asesoría a los organismos participantes.
- Servir como asesor al Grupo de Trabajo del Aire establecido conforme al Acuerdo de La Paz.
- Servir de foro público para la discusión de asuntos relacionados con la calidad del aire en la cuenca.

Metas en relación a la calidad del aire:

- Servir de foro de discusión de la política pública.
- Propiciar la planeación, la comunicación y la coordinación entre las organizaciones responsables.

- Seguir de cerca los avances de las organizaciones involucradas.
- Obtener recursos de organismos locales, estatales, nacionales e internacionales para la realización de proyectos.
- Educar al público y promover su conciencia.
- Producir, promover y apoyar programas.
- Elaborar estudios y análisis conjuntos sobre el monitoreo y la modelación de la calidad del aire, así como en torno a estrategias para la prevención y abatimiento de la contaminación en la cuenca atmosférica.
- Intercambiar información sobre aspectos relativos al monitoreo de emisiones a la atmósfera y el cumplimiento de las normas correspondientes a cada país.
- Empezar programas de asistencia técnica, intercambio de tecnología y capacitación en campos relevantes para la prevención y reducción de la contaminación atmosférica en la cuenca binacional.
- Examinar estrategias para prevenir la contaminación atmosférica en la región incluyendo aquellas recomendaciones sobre el comercio de emisiones y otros incentivos económicos, así como elevar la compatibilidad de los programas de calidad del aire en la cuenca, y otros asuntos relacionados, que la Alianza considere pertinentes y que se puedan recomendar.

Reglamento de Vialidad y Transporte para el Municipio de Tijuana, B.C. (en desarrollo)

El Municipio de Tijuana a través del Instituto Municipal de Planeación (IMPlan) y su Departamento de Reglamentos y Normas, se encuentra elaborando a partir de junio de 1999 el Reglamento de Vialidad y Transporte para el Municipio de Tijuana, el cual definirá los elementos y lineamientos de diseño para vialidades que eviten la afectación del medio ambiente por efectos de trazo y de transporte, así como las normas para regular el uso de la vegetación en vialidades.

Se tiene contemplado terminar su revisión interna dentro del IMPlan en este año del 2000, para poder consensarlo con la ciudadanía y finalmente turnarlo al Cabildo para su revisión y aprobación.

Plan Maestro Integral de Vialidad y Transporte para la Ciudad de Tijuana, B.C. (en desarrollo)

La planeación de la vialidad y del transporte constituye una de las prioridades de la Administración Municipal de Tijuana, por lo que a partir de junio de 1998 el Municipio a través de la Dirección Municipal de Planeación del Desarrollo Urbano y Ecología (actualmente transformada en el Instituto Municipal de Planeación IMPlan) dió a contrato la elaboración del Plan Maestro Integral de Vialidad y Transporte para la ciudad.

Este Plan será una herramienta para el diagnóstico y planeación de nuevas vialidades y actualización, mantenimiento y mejoramiento de las existentes, la pla-

neación y reestructuración del transporte. La asignación de nuevas concesiones y la promoción y desarrollo de nuevos sistemas masivos de pasajeros, como son las rutas troncales, rutas exprés, el sistema de autobuses para las nuevas vialidades en la zona oriente de la ciudad, así como el Subsistema del Tren Ligero, el cual se está promoviendo bajo una modalidad de una concesión a la iniciativa privada para la construcción, operación y mantenimiento del subsistema.

El Plan Maestro constituirá un apoyo fundamental para definir estrategias y acciones en materia de imagen urbana, ecología y desarrollo institucional, todo a través de estrategias y acciones inmediatas, a mediano y largo plazo.

Actualmente se encuentra en revisión por parte del IMPlan, para posteriormente enviarlo al Cabildo para la elaboración del dictamen final.

4. CALIDAD DEL AIRE

4.1. 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; para el primero, tiene elaborado un proyecto de actualización de su norma que contempla un nuevo límite de exposición de 8 horas, adicional al vigente de 1 hora.

Los contaminantes presentes en el aire de Tijuana-Rosarito 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 región. 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 ser Tijuana una ciudad fronteriza con los EUA, a continuación se describe brevemente la normatividad de calidad del aire existente en ese país.

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 µg/m ³ (24 Horas)	1 vez al año	75 µg/m ³ (media aritmética anual)	NOM-024-SSA1-1993
Partículas menores a 10µm (PM10)	150 µg/m ³ (24 Horas)	1 vez al año	50 µg/m ³ (media aritmética anual)	NOM-025-SSA1-1993
Plomo (Pb)	-	-	1.5 µg/m ³ (prom. Arit. en 3 meses)	NOM-026-SSA1-1993

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

El Congreso de los Estados Unidos emitió las primeras enmiendas al Acta del Aire Limpio en 1970, para establecer dentro de un período de tiempo corto los Estándares Federales 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.

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. Actualmente en los EUA se discute sobre la aplicación efectiva de los nuevos estándares. Los estándares federales 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, producto de la contaminación del aire, a alrededor de 125 millones de habitantes 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 partícu-

las para determinar la conveniencia de modificar las normas actuales y/o de introducir nuevos estándares para PM 2.5 en México.

Tanto en México como en los EUA. se emplean índices de calidad del aire para informar a la población de manera sencilla sobre los niveles de contaminación existentes. En México se emplea el IMECA (Índice Metropolitano de la Calidad del Aire—ver Anexo A) y en los EUA recientemente se introdujo el AQI (Air Quality Index)¹⁵, que sustituyó al Pollutant Standard Index (PSI).

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 10 µm (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 2.5 µm (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, <http://www.rtpnc.epa.gov/naaqsfm>.

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

Estudios epidemiológicos realizados en la década de los años 80 en la ciudad de Los Ángeles, mostraron consistentemente que la salud de la población era afectada significativamente por la contaminación del aire ambiente en esa cuenca atmosférica, por lo que el Estado de California, procedió a establecer estándares de calidad del aire para algunos parámetros, más estrictos que los federales. Este cambio en la normatividad y los grandes esfuerzos que se realizaron, para establecer programas de monitoreo y métodos de control de la contaminación del aire, implantando medidas más estrictas, principalmente para disminuir la contaminación producto de las emisiones vehiculares, han permitido disminuir los episodios importantes de contaminación del aire en las zonas urbanas de ese estado. En la Tabla 4.3 se muestran los valores de los estándares de calidad del aire vigentes en California¹⁶.

¹⁵ EPA (1999). Guideline for Reporting of Daily Air Quality-Air Quality Index (AQI). Office of Air Quality Planning and Standards. Research Triangle Park, NC 27711. EPA/454/R99-010.

¹⁶ World Health Organization and United Nations Environment Programme (1992). Urban Air Pollution in Megacities of the World. Blackwell Publisher. U.K.

Tabla 4.3. Estándares de calidad del aire ambiente en el Estado de California, EUA

Contaminante	Valores límite (Concentración y tiempo promedio)	Criterio de cumplimiento
Ozono (O ₃)	0.09 ppm (1 hora)	A no excederse
Monóxido de carbono (CO)	9 ppm (8 horas)	A no excederse
	20 ppm (1 hora)	A no excederse
Bióxido de azufre (SO ₂)	0.25 ppm (1 hora)	A no excederse
	0.04 ppm (24 horas)	A no excederse
Bióxido de nitrógeno (NO ₂)	0.25 ppm (1 hora)	A no excederse
Plomo (Pb)	1.5 µg/m ³ (Promedio mensual)	A no igualarse ni excederse
Partículas menores a 10µm (PM10)	50 µg/m ³ (24 horas)	A no excederse
	30 µg/m ³ (Promedio geométrico anual)	A no excederse
Partículas menores a 2.5µm (PM2.5)	65 µg/m ³ (24 horas)	A no igualarse ni excederse
	15 µg/m ³ (Promedio anual)	A no igualarse ni excederse

Fuente: California Air Resources Board (1999).

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 4.4 se resumen los efectos que causan algunos contaminantes como el ozono (O₃), el monóxido de carbono (CO), el bióxido de nitrógeno (NO₂), el bióxido de azufre (SO₂), 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 4.4. Efectos a la salud por contaminantes atmosféricos

Contaminante	Población expuesta y grupos en riesgo	Efectos a la salud
O ₃	Adultos y niños sanos	<ul style="list-style-type: none"> • Disminución de la función pulmonar • Incremento de la reactividad aérea • Inflamación pulmonar
	Atletas, trabajadores al aire libre	<ul style="list-style-type: none"> • Incremento de los síntomas respiratorios (efectos que se incrementan con el ejercicio)
	Asmáticos y gentes con otras enfermedades respiratorias	<ul style="list-style-type: none"> • 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	<ul style="list-style-type: none"> • Disminución de la capacidad para realizar ejercicio
	Pacientes con enfermedad isquémica	<ul style="list-style-type: none"> • Disminución de la capacidad para realizar ejercicio (Se incrementan los efectos con anemia o enfermedad pulmonar crónica) • Angina de pecho
NO ₂	Adultos sanos	<ul style="list-style-type: none"> • Incremento de la reactividad aérea
	Niños sanos	<ul style="list-style-type: none"> • 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	<ul style="list-style-type: none"> • 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)
PM ₁₀	Niños	<ul style="list-style-type: none"> • Incremento de síntomas respiratorios • Incremento de enfermedades respiratorias • Disminución de la función pulmonar (efectos vistos en combinación con SO₂)
	Efectos crónicos	<ul style="list-style-type: none"> • Exceso de mortalidad
	Asmáticos	<ul style="list-style-type: none"> • Incremento de la exacerbación del asma
Aerosoles ácidos	Adultos sanos	<ul style="list-style-type: none"> • Alteración mucosilar
	Niños	<ul style="list-style-type: none"> • Incremento de enfermedades respiratorias (efectos vistos en combinación con ozono y partículas)
	Asmáticos y otros	<ul style="list-style-type: none"> • Disminución de la función pulmonar (incremento de hospitalizaciones)
Pb	Niños	<ul style="list-style-type: none"> • Alteración de la función neuroconductual
	Adultos	<ul style="list-style-type: none"> • Incremento de la presión sanguínea (asociado con los niveles de plomo en gasolina)

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

Así mismo, la Tabla 4.5 muestra algunos agentes químicos industriales y sus efectos toxicológicos.

Tabla 4.5. Clasificación toxicológica de los agentes químicos industriales

Clasificación	Agente químico
Irritantes respiratorios	Acido sulfúrico, amoniaco.
Asfixiantes simples	Propano, butano.
Asfixiantes químicos	Ácido clorhídrico y sulfhídrico
Anestésicos y narcóticos	Xileno, cumeno
Neurotóxicos	N-hexano, tolueno, mercurio y manganeso
Nefrotóxicos	Cadmio, plata
Hematotóxicos	Nitrobenzeno, anilina, benceno
Osteotóxicos	Acido fluorhídrico, cadmio
Hepatotóxicos	Tetracloruro de carbono, berilio
Dermatotóxicos	Cromo, níquel
Cancerígenos	Asbesto, benceno
Teratogénicos	Metilmercurio, plomo
Espermatotóxicos	Dibromocloropropano, clordecona
Inmunotóxicos	Dioxinas, bifenilos policlorados

Debido a la importancia y uso de insecticidas y herbicidas que aún se emplean en los cultivos, a continuación se presenta una descripción de los principales compuestos empleados en México.

Insecticidas

Los principales ingredientes activos de los 10 insecticidas más frecuentemente utilizados en México durante 1995 son: paratión metílico, metamidofos, endosulfan, clorpirifos, monocrotofos, carburan, carbaril, malatión, metonilo y profenofos. De manera general, existen tres clases de insecticidas: 1) botánicos, 2) fosfatos orgánicos o inhibidores de la carbamato colinesterasa (paratión, malatión, demetón, etc.), y 3) hidrocarburos clorados (derivados del clorobenceno – DDT, DDD, TDE, DFDT, neotrane, DMC y dilán-; hexaclorhidro de benceno; e hidrocarburos policíclicos clorados –clordano, heptaclor, aldrín, mirex, dieldrin, endrin, isodrin y metoxiclor).

Los insecticidas hidrocarbonados clorados fueron introducidos en 1938 y se ha demostrado que los restos de una sola aplicación, permanecen activos en una superficie abierta por periodos que fluctúan entre 2 y 12 meses. Con relación a la toxicidad humana que produce el DDT y diversos clorobenzenos relacionados, se puede decir que causan una estimulación generalizada del sistema nervioso central que se manifiesta por una secuencia de eventos, dependiendo del grado de intoxicación: vómito, parestesia, irritabilidad, falta de respuesta a estímulos auditivos y a otro tipo de estímulos, temblores, convulsiones y muerte por parálisis respiratoria. La recuperación de una intoxicación aguda puede tomar dos o más meses.

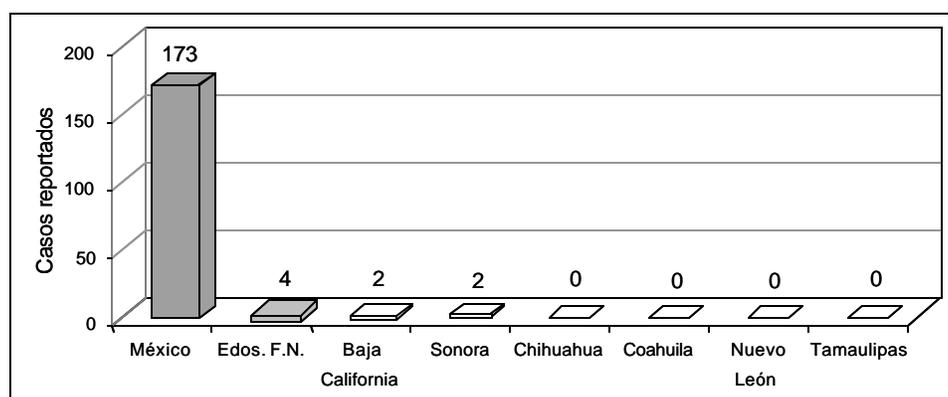
La Tabla 4.6 muestra el registro histórico que se tiene de intoxicaciones por plaguicidas durante el período comprendido entre 1964 y 1995.¹⁷

Tabla 4.6. Intoxicaciones por plaguicidas en la frontera norte

Año	Estado-Municipio	No. de intoxicaciones	No. de muertes	Observaciones
1967	Tijuana, B.C.	559	16	Harina de trigo contaminada con paratión en el transporte.
1970	Mexicali, B.C.	59	4	Trabajadores agrícolas en el cultivo de algodón con plaguicidas organofosforados y organoclorados.
1974	Coahuila-Durango	847	4	Inhalación de plaguicidas, no se especifica el tipo.
1983	Chihuahua (Sahuayo)	24	8	Paratión (contaminación formilon consumo tortilla)
1995	Coahuila	113	NR	Intoxicación de trabajadores

NR = no reportadas.

Figura 4.1. Casos acumulados de intoxicación por plaguicidas México y estados de la frontera norte (1995)



Fuente: SSA, 1996. Sistema Único para la Vigilancia Epidemiológica.

Durante 1995 se reportaron un total de 173 intoxicaciones por plaguicidas¹⁸ de las cuales el 2.3% (4) se registraron en los estados de la frontera norte de México. De los seis estados, sólo Baja California y Sonora registraron dos casos, cada uno con este tipo de problema. La misma fuente indica que al 31 de enero de 1996 (sólo cuatro semanas del año de referencia), se habían ya registrado en el país 107 casos de intoxicación por plaguicida, cifra que corresponde al 58% del total de casos reportados de 1995.

¹⁷ IMSS (1996). Beneficios y Riesgos en el uso de Plaguicidas en México. Su impacto en la Salud Pública y Desarrollo Agropecuario, con sus Consecuencias Toxicológicas en el Presente y en el Futuro.

¹⁸ Secretaría de Salud (1996). Sistema Único de Vigilancia Epidemiológica, Rev. No. 6, Vol. 13, semana del 14 al 10 de febrero de 1996.

En esa misma fecha se habían registrado cuatro casos en los estados del norte; uno en Baja California y tres en Chihuahua. Este último, no había referido caso alguno en 1995.

Herbicidas

Los principales ingredientes activos de los 10 herbicidas más frecuentemente utilizados en México durante 1995 son: 2,4-D; paraquat; atrazina; sal isopropilam de g; 2,4-D amina; diurón; ametrina; triafluralina; clortal dimetril.

2,4-D y sus derivados. El interés por los herbicidas clorofenoxi y sus derivados (2,4,5,-T) emerge a raíz de un episodio durante la guerra de Viet-Nam en donde estos productos fueron ampliamente utilizados para destruir los cultivos (arroz) y la maleza de la jungla. El llamado "agente naranja" de algunos productores, contenía, se dice, un contaminante, el 2,3,7,8-dibenzodioxina-tetraclorada, sustancia que tiene una gran toxicidad letal aguda y que es, con mucho, el agente teratogénico (capaz de producir malformaciones fetales) más potente que existe. Estos agentes causan también irritación de las vías respiratorias y alteraciones de la función pulmonar.

Paraquat. Este es un herbicida que requiere de la luz solar para producir efecto. Es altamente tóxico y puede producir la muerte a una dosis de 4 miligramos por kilogramo de peso corporal. En grandes dosis causa edema pulmonar, fibrosis intersticial pulmonar y la consecuente disfunción respiratoria y la muerte.

Recomendaciones de salud pública y vigilancia epidemiológica de la población

Al hacer la evaluación de la calidad del aire en Tijuana-Rosarito se han identificado niveles de contaminación de ozono, bióxido de nitrógeno y partículas menores de 10 micrómetros que rebasan los límites máximos establecidos en las normas de calidad del aire vigentes para estos contaminantes 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 Tijuana-Rosarito. 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 4.7 se enumeran una serie de recomendaciones y medidas para prevenir daños a la salud causado por los contaminantes atmosféricos.

Tabla 4.7. Recomendaciones para vigilar y prevenir daños a la salud causados por los contaminantes atmosféricos

Medidas de salud
<ol style="list-style-type: none"> 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
<ol style="list-style-type: none"> 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
<ol style="list-style-type: none"> 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 a niños y ancianos ante cualquier infección respiratoria por insignificante que parezca. 4. Tomar abundantes líquidos.
Medidas generales de control para las fuentes de contaminación
<ol style="list-style-type: none"> 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.

4.2. Características meteorológicas

De acuerdo con Jáuregui (1981)¹⁹, el clima de Tijuana y su región está determinado por la cercanía del océano y por la posición e intensidad de la celda anticiclónica semipermanente del Norpacífico. En general, se puede establecer que el clima de Tijuana es seco marítimo, del tipo mediterráneo, con lluvias invernales que se concentran en los meses de noviembre a abril; en este periodo se recoge el 91% del total de la precipitación anual que es de aproximadamente 203 mm. Durante el verano, los cielos despejados dan por resultado abundante insolación que eleva las temperaturas, al mediodía, por arriba de los 26 °C, mientras que en el invierno las masas de aire polar marítimo, conjuntamente con una mayor frecuencia de días nublados, atemperan el clima de la región.

Sistemas de tiempo

Respecto a los sistemas de tiempo, que tienen mayor influencia sobre las condiciones climatológicas de la región de Tijuana, el mismo autor menciona los siguientes:

- El anticiclón semipermanente del Norpacífico

El gradiente de presión y, en consecuencia, la intensidad del viento en la región de Tijuana esta determinado por la intensidad del anticiclón del Norpacífico,

¹⁹ Jáuregui, O.E., 1981. Climatología de Difusión de la Ciudad de Tijuana, B.C. Boletín del Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. Número 11. México, D.F.

hacia el oeste, así como por su posición relativa con la baja térmica superficial ubicada en el este, en el extremo noreste de México y sur de Arizona.

En el invierno esta baja térmica es muy débil, mientras que el anticiclón del Pacífico aunque se acerca más al continente (y hacia el sur), en esta época es también menos intenso que en el verano. El desplazamiento del anticiclón hacia el sur permite que los sistemas frontales penetren más en el área noroeste de México. Estos frentes fríos que barren las costas de la península de Baja California y de Sonora y Sinaloa acarrear en la estación fría la nubosidad y precipitación en cantidades decrecientes a medida que avanza hacia el sur de la región. En Tijuana son éstos los sistemas sinópticos que producen casi la totalidad de la precipitación anual. Durante el verano el anticiclón se intensifica, al mismo tiempo que se desplaza hacia el noroeste, alejándose de la costa. La posición más al norte de la celda anticiclónica y su intensificación en esta época impide que los sistemas frontales se desplacen por la costa, por lo que en Tijuana las lluvias son muy escasas en el verano.

- Los ciclones tropicales

Los vórtices ciclónicos que se originan en la Zona Intertropical de Convergencia del Pacífico Oriental, frente a las costas de Centroamérica, afectan excepcionalmente el extremo norte de Baja California durante el verano. Sin embargo, lo errático de las trayectorias de estas perturbaciones explica la enorme variabilidad de la lluvia en los meses de verano en la zona de estudio.

- La celda anticiclónica tibia sobre la Gran Cuenca (Montañas Rocallosas)

Este tipo de anticiclón migratorio, que puede ser de núcleo frío o tibio, tiene una frecuencia, en el invierno, de uno cada 7 ó 10 días en el sur de California y norte de Baja California. Una vez que pasa el frente frío el cielo se despeja y la subsidencia propia del anticiclón que viene detrás del frente ocasiona con frecuencia inversiones de temperatura en los niveles superiores de la atmósfera. Los cielos despejados que prevalecen entonces, inducen en las largas noches de invierno una fuerte pérdida de calor por radiación, que se manifiesta en la formación de una inversión superficial. Esta inversión superficial alcanza su máxima intensidad al amanecer, y en pleno invierno puede persistir hasta el mediodía.

- El anticiclón frío sobre la gran cuenca

Este es un anticiclón migratorio frío que se centra sobre las Montañas Rocallosas. El flujo anticiclónico produce vientos del noreste que descienden de las Rocallosas hacia la costa californiana del sur. El calentamiento por el descenso de estos vientos se observa 24 ó 36 horas después del paso del frente por la costa. Al llegar cerca de la costa estos vientos secos se encuentran por la tarde con la brisa, produciéndose ahí un flujo convergente.

- Los sistemas frontales

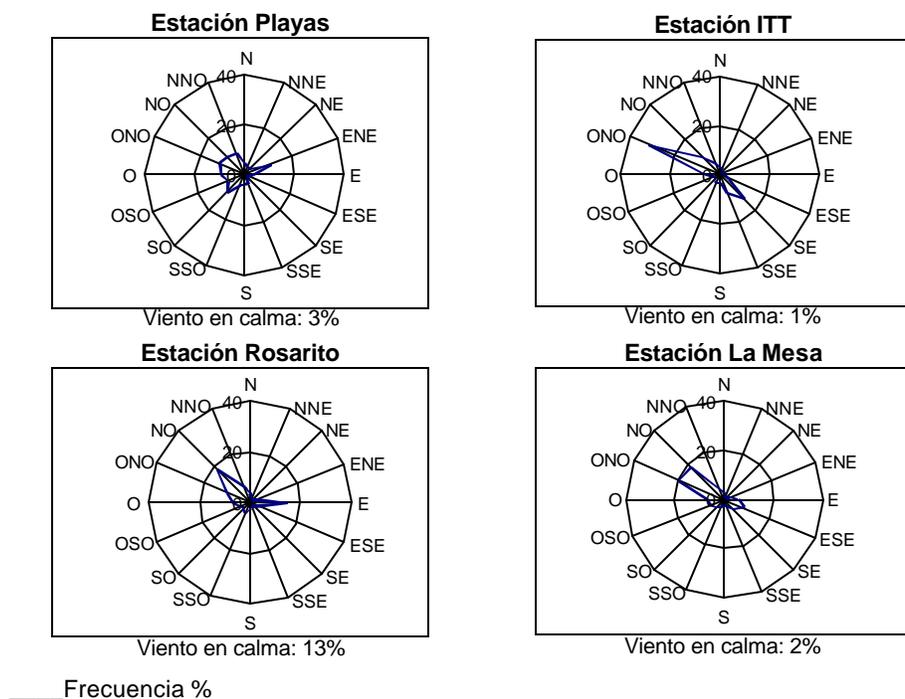
Como se mencionó, estos frentes fríos son los principales sistemas que producen la precipitación a medida que se desplazan hacia el sur. Moviéndose en dirección casi de oeste hacia el este en la región Tijuana-San Diego, produciendo la mayor cantidad de nubes y precipitación en las áreas costeras, donde vienen acompañados de vientos moderados del oeste. Sólo cuando el frente es bastante marcado produce lluvias sobre las montañas al este y vientos fuertes del oeste.

Rosa de vientos y patrones generales de circulación atmosférica

A continuación se presenta un breve análisis meteorológico realizado con los datos recopilados por la Red de Monitoreo de la Calidad del Aire de Tijuana durante 1998. Dicho análisis fue complementado con información obtenida a través de una consulta bibliográfica.

La Figura 4.2 muestra las rosas de viento en superficie obtenidas para las estaciones Instituto Tecnológico de Tijuana (ITT), Rosarito, La Mesa y Playas de la red de monitoreo de Tijuana-Rosarito.

Figura. 4.2. Rosas de viento en las estaciones de monitoreo de Tijuana-Rosarito, 1998 (Porcentaje y dirección)



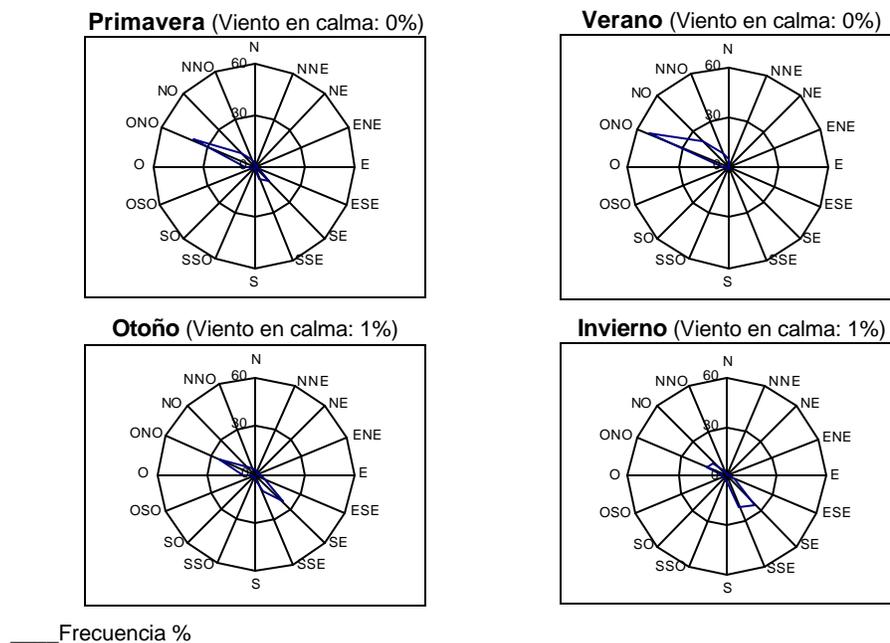
De su análisis de desprende que:

- El comportamiento del viento en la estación Playas es ligeramente diferente al del resto de las estaciones en cuanto a la preponderancia de los vientos del noroeste, pues en esta estación de monitoreo el viento fluye casi con la misma frecuencia de las direcciones nor-noroeste a suroeste; ello puede obedecer al efecto que la topografía ejerce sobre la circulación superficial del viento. Esta estación de monitoreo es afectada directamente por las corrientes costeras, se ubica en un terreno plano hacia el oeste (a 1 km de la línea costera), a sólo 5 metros sobre el nivel del mar y está rodeada de noreste a sur por una cordillera costera.
- En todas las estaciones de monitoreo, incluyendo la estación de monitoreo Playas, el viento dominante, a lo largo del año, es el que proviene del sector noroeste, específicamente de las direcciones nor-noroeste, noroeste y oeste-noroeste, pues la frecuencia de ocurrencia de los vientos en estas direcciones representa al menos el 30% de la frecuencia total en cada estación.
- En las estaciones ITT y La Mesa la segunda dirección de viento en importancia es la que proviene del sector sureste, en particular de las direcciones este-sureste, sureste y sur-sureste. La frecuencia de ocurrencia de vientos del sur en estas estaciones de monitoreo es del 26 y 19 % respectivamente.
- En la estación Rosarito la segunda dirección de viento en importancia es la proveniente del este con un 15% de la frecuencia total, en tanto que en la estación Playas es la que proviene de las direcciones este-noreste y suroeste con 11 y 10%, respectivamente. Esto último evidentemente es consecuencia de la presencia de la cordillera costera, que como ya se mencionó rodea a la estación Playas de noreste a sur.
- El viento en calma (vientos con una velocidad inferior o igual a 0.5 m/s), fue marcadamente superior en la estación Rosarito (13%). Ello probablemente se deba a problemas en la operación del equipo de monitoreo. Dicha idea está apoyada por el hecho de que en el periodo comprendido entre agosto y diciembre el porcentaje de viento en calma fue muy alto y osciló entre 20 y 30%, mientras que en los meses anteriores dicho porcentaje fue siempre menor al 10% y en el resto de las estaciones este porcentaje fue aún inferior. Esta suposición, sin embargo, no ha podido ser confirmada por el personal que se encuentra a cargo de la operación de la red de monitoreo atmosférico de Tijuana.

La Figura 4.3 muestra el comportamiento del viento en superficie en diferentes épocas del año en la estación ITT. Se consideró enero, abril, julio y octubre como típicos de las épocas de invierno, primavera, verano y otoño, respectivamente. Con esta figura se pretende ilustrar el comportamiento del viento en Tijuana durante 1998, puesto que en lo general es representativa de lo que se observó en las demás estaciones de monitoreo, sin embargo, más adelante se harán algunas observaciones respecto a particularidades observadas en éstas. También se puede observar que durante la primavera y el verano el flujo es marcadamente del noroeste y oeste-noroeste (del mar a la tierra), debido principalmente al gradiente de presión

originado por el anticiclón semipermanente del Norpacífico y al contraste térmico entre el agua del mar y la costa, los cuales son más intensos en éstas épocas del año. El otoño parece ser un periodo de transición, pues los vientos del sureste y del noroeste ocurren prácticamente con la misma frecuencia, probablemente a consecuencia del debilitamiento del anticiclón del Norpacífico. Finalmente, en el invierno dominan los vientos del sureste y del sur-sureste, lo cual según Jáuregui (1981) es consecuencia del atenuamiento tanto del anticiclón semipermanente del Norpacífico como de la baja térmica que en esta época del año es casi imperceptible.

Figura 4.3. Comportamiento del viento en superficie en diferentes épocas del año en Tijuana-Rosarito (estación de monitoreo ITT, 1998)

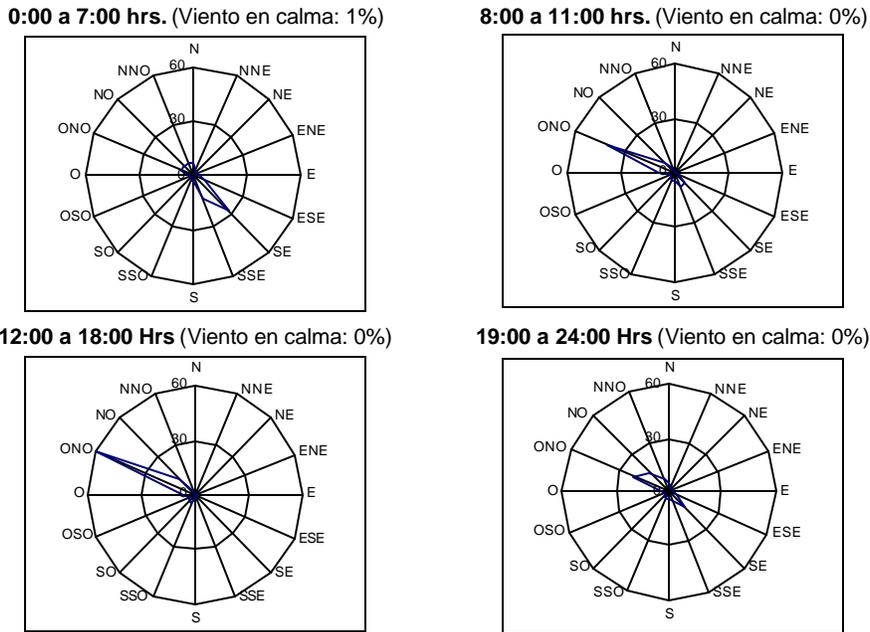


De las diferencias existentes entre el patrón de viento antes descrito y el observado en el resto de las estaciones de monitoreo se puede señalar lo siguiente: a) en primavera, otoño e invierno, las estaciones de monitoreo Playas y Rosarito, aunque en lo general se ajustan a la descripción anterior, muestran una componente importante del este-noreste y del este, respectivamente, y; b) en el verano, todas las estaciones de monitoreo muestran con claridad un marcado flujo del noroeste y oeste-noroeste, excepto la estación Playas donde el flujo proviene casi con la misma frecuencia de ocurrencia de las direcciones nor-noroeste a sur-suroeste.

La Figura 4.4 muestra el comportamiento promedio horario anual del viento en superficie en la estación de monitoreo ITT. Con esta figura se ilustra el comportamiento del viento a lo largo del día en Tijuana durante 1998, ya que en lo general es

representativa de lo que se observó en las demás estaciones de monitoreo. En ella se observa que entre las 8:00 y las 18:00 horas se manifiesta claramente el régimen de vientos del mar (del noroeste y oeste-noroeste), llegando a representar hasta el 60% de la frecuencia total en el periodo de las 12:00 a las 18:00 horas. Entre las 0:00 y las 7:00 horas, el viento dominante proviene de las direcciones sureste y este-sureste, representando en conjunto hasta el 42% de la frecuencia total y finalmente, entre las 19:00 y 24:00 horas se observa que aunque los vientos del noroeste siguen siendo más frecuentes, el flujo del sureste empieza a ganar importancia, por lo que se le puede considerar como un periodo de transición.

Figura 4.4 Comportamiento promedio horario anual del viento en superficie en Tijuana-Rosarito (estación de monitoreo ITT, 1998)



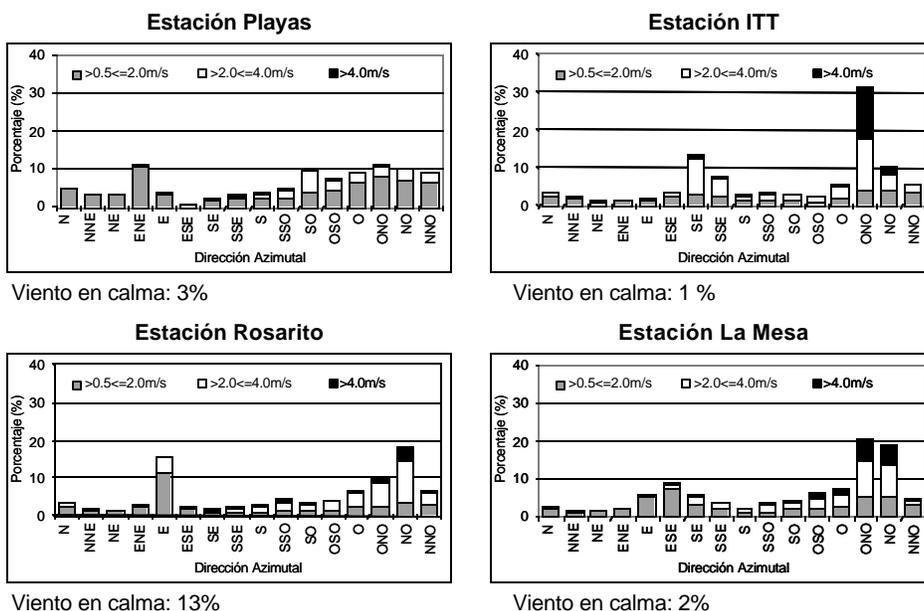
____ Frecuencia %

Es importante mencionar que aunque la figura anterior se está usando para ilustrar lo que sucede con el viento superficial en toda el área de Tijuana-Rosarito, en las estaciones de monitoreo Rosarito y Playas se apreciaron algunas particularidades que es conveniente señalar. Así pues, en la estación Rosarito, en el periodo de las 0 a las 7 horas, el viento dominante no fue del sureste sino del este, en tanto que en la estación de monitoreo Playas, entre las 12 y 18 horas, el viento provino casi con la misma frecuencia de las direcciones noroeste a suroeste y entre las 0 y 7 horas el viento dominante fue del este-noreste. Ello probablemente por efecto de la cordillera costera que rodea la zona en la que se ubica dicha estación de monitoreo.

Es conveniente resaltar que el patrón diario del viento que se acaba de describir es determinado fundamentalmente por la topografía y por la cercanía del mar. Así por ejemplo, tenemos que en ausencia de un gradiente barométrico regional acentuado, el aire frío que durante la noche escurre hacia el fondo del valle del río Tijuana se manifiesta por vientos que tienen una componente del sureste, ya que el río esta orientado en un eje sureste-noroeste, en tanto que el contraste térmico entre el agua del mar y la costa determina el establecimiento de un flujo de aire hacia la tierra (en este caso del noroeste), que generalmente se acentúa después del medio día. Este viento del noroeste se manifiesta, como se ha mencionado líneas arriba, durante todo el año, teniendo su mayor frecuencia en el verano, cuando el calentamiento de la tierra en la región de Tijuana es mayor debido a la ausencia de nubes, lo cual es provocado por la intensificación de la celda anticiclónica semipermanente del Norpacífico.

Finalmente, en cuanto a la velocidad del viento se puede destacar que la intensidad más frecuente, en las estaciones Playas y La Mesa, se ubica por debajo de los 2 m/s. De hecho, la frecuencia de ocurrencia de vientos con intensidades menores a 2 m/s (incluyendo el viento en calma) en estas estaciones de monitoreo representó hasta el 50% del tiempo. En las estaciones ITT y Rosarito el viento más frecuente se ubicó en el rango de 2.1 a 4 m/s, llegando a representar hasta el 46% de la ocurrencia total (Figura 4.5).

Figura 4.5. Viento dominante en Tijuana-Rosarito 1998
(Porcentaje de ocurrencia por dirección y velocidad)



Las estaciones de monitoreo en las que se presentan con mayor frecuencia vientos con una intensidad superior a los 4 m/s son ITT y La Mesa, particularmente cuando el viento proviene de las direcciones noroeste y oeste-noroeste, que en ocasiones alcanzaron velocidades de cerca de 10 m/s. Esta situación probablemente obedezca a que dichas estaciones de monitoreo se ubican en terreno plano y a una altura de 130 y 120 msnm, respectivamente, por lo que el viento circula libremente sin ver atenuada su intensidad por efecto de una topografía más accidentada como ocurre en el caso de las estaciones de monitoreo Playas y Rosarito.

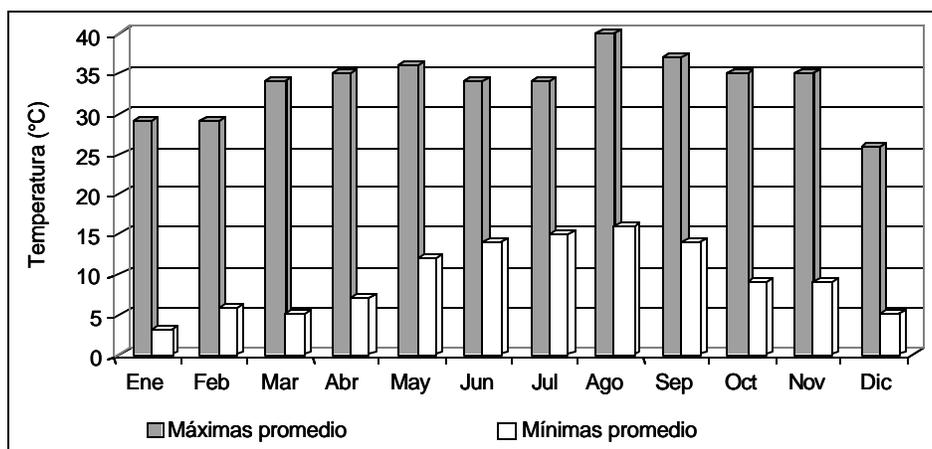
Temperatura

En Tijuana los meses más cálidos del año para 1996, fueron de abril a agosto, cuyo promedio mensual de las temperaturas máximas supero los 30°C. Para los meses más fríos que son de enero a marzo, las temperaturas promedio mínimas estuvo por debajo de los 9°C. En cuanto al promedio mensual de las temperaturas, de los máximos oscilaron entre los 28°C (febrero) y 39°C (septiembre y octubre), y de las mínimas entre los 3°C (enero) y 16°C (julio y agosto).

Para 1997 el comportamiento de la temperatura es similar al del año anterior ya que el promedio mensual de las temperaturas máximas se presentaron con un valor superior a los 32°C y de las mínimas por debajo de los 8°C.

Las temperaturas para ambos años son similares coincidiendo los períodos tanto de bajas como de altas temperaturas, cabe destacar que en el área las temperaturas extremas máxima y mínima para estos dos años se localizan entre 39°C alcanzados en agosto de 1997 y la mínima de 3°C en enero de ambos años (Figura 4.6).

Figura 4.6. Temperatura mensual en Tijuana-Rosarito, 1997
(Promedios de las temperaturas máximas y mínimas diarias)

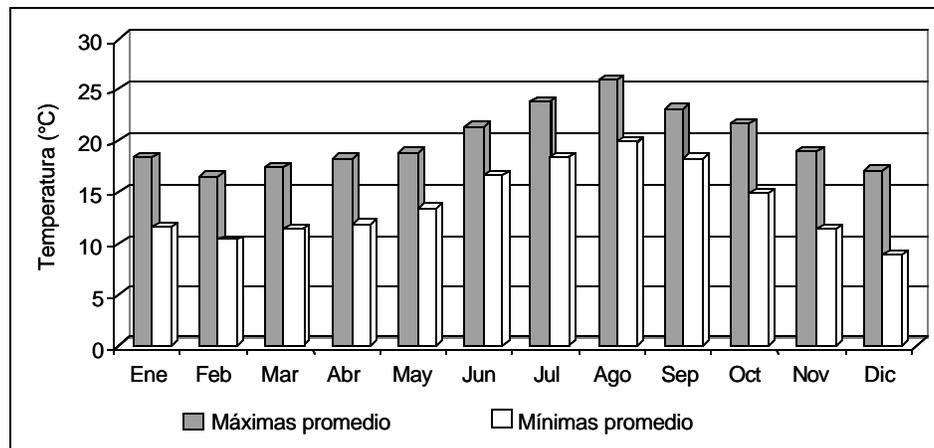


En la Figura 4.7 se puede apreciar que en 1998, los meses más cálidos del año fueron de junio a octubre, cuyo promedio mensual de las temperaturas máximas supero los 21°C y los meses más fríos correspondieron de noviembre a febrero con un promedio mensual de las temperaturas mínimas por debajo de los 12°C.

El promedio mensual de las temperaturas máximas osciló entre los 16.5°C para febrero y los 26°C para agosto. En tanto que el promedio mensual de las temperaturas mínimas varió entre los 9°C (diciembre) y los 20°C (agosto). Estos datos ilustran la oscilación térmica que se presentó a lo largo de un año y de un año a otro.

Con relación a las temperaturas máxima y mínima extremas durante 1998, se pueden destacar el valor extremo de 34°C alcanzado en el mes de agosto en la estación de monitoreo ITT, así como los 3.7°C registrados en diciembre en La Mesa.

Figura 4.7. Temperatura mensual en Tijuana-Rosarito, 1998 (Promedios de las temperaturas máximas y mínimas diarias)



Precipitación

De acuerdo a Jáuregui²⁰, la temporada de lluvias en Tijuana comienza en noviembre y se prolonga hasta abril. En estos meses se colectan de 30 a 40 mm/mes. La precipitación es, generalmente de carácter frontal, registrándose solamente 4 ó 6 días por mes con lluvia apreciable. Los sistemas sinópticos frontales producen casi la totalidad de la precipitación anual en Tijuana-Rosarito. Durante el verano el anticiclón Norpacífico se intensifica, lo que resulta en un aumento del gradiente de presión en el norte del estado, lo que impide que los sistemas frontales se desplacen por la costa, por lo que en la región las

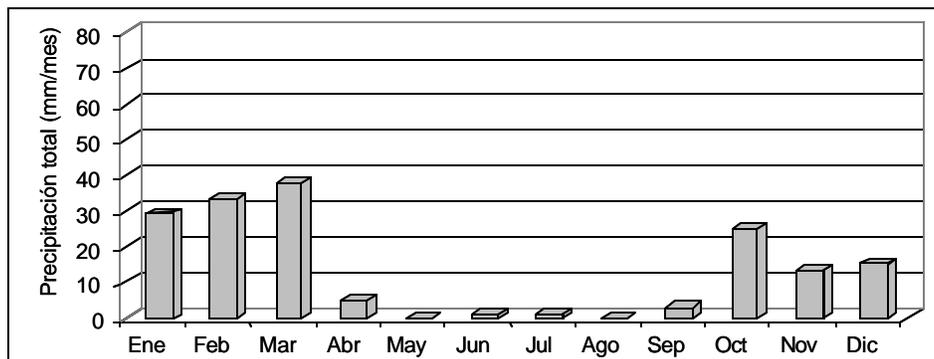
²⁰ Jáuregui, O.E. (1981). Climatología de Difusión de la Ciudad de Tijuana, B.C. Boletín del Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. Número 11. México, D.F.

lluvias son muy escasas en el verano, y las lluvias que excepcionalmente ocurren al final de esta época están asociadas a los ciclones tropicales del Pacífico Nororiental, que se desvían muy rara vez hacia la zona de Tijuana-Rosarito.

En las figuras 4.8 y 4.9 se muestra el comportamiento que tuvieron durante 1996 y 1997 las precipitaciones en la zona de interés, los datos mostrados fueron obtenidos de las bitácoras de registro de la Comisión Nacional del Agua.

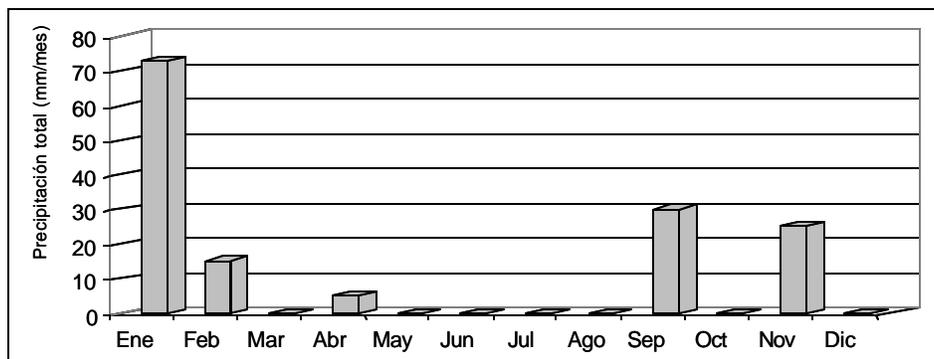
La Figura 4.8 muestra la precipitación total por mes para 1996. En términos generales, se aprecia que la precipitación es escasa y con mayor concentración en los primeros meses del año, enero, febrero y marzo, con 27, 33 y 38 mm/mes, respectivamente, el período más seco corresponde a los meses de mayo a agosto.

Figura 4.8. Precipitación total en Tijuana-Rosarito, 1996



Como lo muestra la Figura 4.9, en 1997 la precipitación se presentó solamente en cinco meses del año; enero, febrero, abril, septiembre y noviembre con 73, 15, 6, 30 y 24 mm/mes, respectivamente.

Figura 4.9. Precipitación total en Tijuana-Rosarito, 1997



Inversiones térmicas

Normalmente la temperatura del aire disminuye a mayor altura. Cuando este proceso se invierte se dice que existe una inversión térmica. La capacidad de dilución es una función del gradiente térmico vertical en la capa planetaria (el primer km), en general el aire se encuentra estratificado por la noche, debido al enfriamiento del suelo, por radiación hacia el espacio. En estas condiciones se forman las inversiones superficiales de temperatura. El escurrimiento del aire frío, nocturno hacia las partes bajas de la cuenca del río Tijuana refuerza la inversión superficial. Una vez que el suelo comienza a calentarse después de la salida del sol, la temperatura del aire superficial se eleva gradualmente hasta que la inversión desaparece o se "quema" poco antes del mediodía. A estas horas del mediodía prevalecen condiciones de aire turbulento, al establecerse un gradiente cercano al adiabático seco. Los contaminantes que se emitan al aire a estas horas se diluyen así en una capa cuya profundidad depende de la máxima temperatura que se alcance en la superficie. Esta capa es llamada "capa de mezclado máxima".

Una vez que se establece el mecanismo de las brisas del oeste, después del mediodía los contaminantes que viajan hacia el noroeste convergen en el borde sur del área urbana de San Diego y poco después empiezan a ser transportados por el flujo inverso, en dirección hacia Tijuana.

Jáuregui²¹, utilizó los datos de radiosondeo de la Estación de North Island, en San Diego, distante unos 20 kilómetros de Tijuana, para analizar el comportamiento de las inversiones térmicas. En la Tabla 4.8, se muestra la frecuencia mensual de las inversiones cuya base se encuentra por debajo de los 700 y 500 metros, y en la superficie. Las inversiones superficiales tienen mayor frecuencia durante la estación fría.

En las primeras horas de la mañana los contaminantes en Tijuana, tienden a ser transportados hacia el noroeste de la ciudad en dirección a San Ysidro, California; en este período la estabilidad del aire restringe la dilución de los contaminantes. La inversión superficial es de acuerdo a la información obtenida por Jáuregui, durante la noche y una característica casi permanente del aire en Tijuana, por lo que la dispersión en la vertical se encuentra casi siempre restringida. En cambio, las inversiones a los 500 y 700 metros son algo más frecuentes en el verano. La mayor incidencia de inversiones superficiales en invierno señala que es en esta época cuando se presentan, en general las condiciones menos favorables para la dispersión de los contaminantes en Tijuana. Ya desde el mes de abril se reduce considerablemente la incidencia de inversiones, permaneciendo esta condición hasta casi el fin de verano, al terminar agosto.

²¹ Jáuregui, O.E. (1981). Climatología de Difusión de la Ciudad de Tijuana, B.C. Boletín del Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. Número 11. México, D.F.

La persistencia de las brisas del oeste durante gran parte del día, y la relativa ausencia de inversiones ayuda a que sea en la estación calurosa cuando más se realiza la difusión y el transporte de contaminantes. Sin embargo, la elevada frecuencia de las inversiones cuya base se encuentra entre los 500 y 700 metros en el verano, indica que la dilución de las impurezas no puede penetrar más allá de estos niveles. En septiembre comienza a ser predominante el enfriamiento de las capas del aire superficial, aumentando consecuentemente las inversiones. En el verano son frecuentes sobre el área las inversiones poco elevadas, que restringen la dispersión de las impurezas más allá de los 600 metros de altitud.

Tabla 4.8. Frecuencia acumulativa mensual de las inversiones con base debajo de 700 y 500 metros en la superficie en San Diego (North Island) a las 7 a.m.(1) y 7 p.m.(2) (U.S.W.B. T.P. 54, 1965)

Altura de la base (m)	E		F		M		A		M		J	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
700	66	51	68	43	49	46	28	42	43	57	46	64
500	65	45	64	41	44	39	19	31	27	40	28	43
Sup.	57	23	56	19	27	15	2	1	3	2	1	2

Altura de la base (m)	J		A		S		O		N		D	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
700	78	93	79	93	73	84	71	78	71	63	73	53
500	47	76	56	80	54	69	56	68	68	53	69	51
Sup.	3	5	3	2	15	18	24	17	48	26	61	31

Fuente: Jáuregui, O.E. (1981). Climatología de Difusión de la Ciudad de Tijuana, B.C. Boletín del Instituto de Geografía. Número 11. Universidad Nacional Autónoma de México. México.

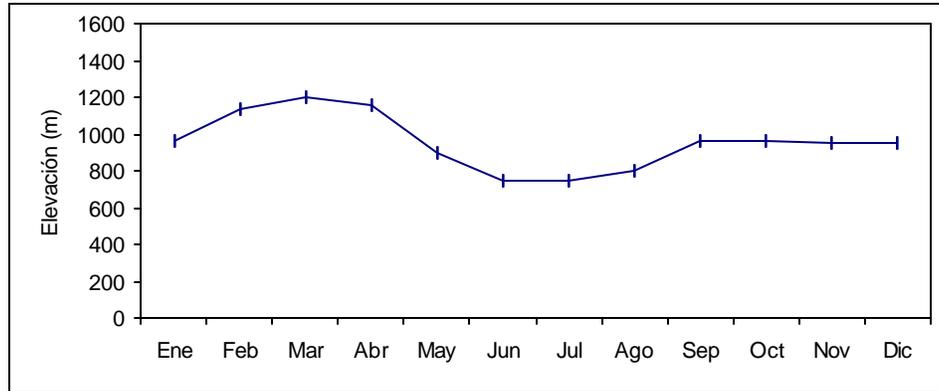
Altura de la capa de mezcla

La altura de la capa de mezcla es la región de la atmósfera en la cual se dispersan los contaminantes. El valor de esta altura (que va desde la superficie del suelo hasta el punto en el cual se vuelve estable o se encuentra la primera inversión térmica) varía en función de la estabilidad atmosférica, dependiendo de la temperatura del aire y de la velocidad del viento.

Jáuregui en su estudio sobre la climatología de difusión de la Ciudad de Tijuana señala que la Oficina de Control de la Contaminación Atmosférica (APDC) del Condado de San Diego contaba para ese entonces con observaciones continuas de varios años, de la profundidad de la capa de mezcla registradas con un equipo sodar. En la Figura 4.10 se muestra la variación máxima mensual de la altura de capa de mezcla en San Diego, para el año de 1976.

La oficina de la APDC de San Diego y el centro de Tijuana se encuentran aproximadamente a igual distancia del mar, por lo que la altura de la capa de mezcla observada con el equipo sodar debe ser muy parecida a la correspondiente en Tijuana.

Figura 4.10. Altura máxima de la capa de mezcla en San Diego, Cal., 1976



Fuente: Jáuregui, O.E. (1981). Climatología de Difusión de la Ciudad de Tijuana, B.C. Boletín del Instituto de Geografía. Número 11. Universidad Nacional Autónoma de México. México.

En la figura se puede apreciar que el valor mínimo de la altura de la capa de mezcla se alcanza en el verano (unos 800 metros), probablemente debido a la intensificación de la celda anticiclónica semipermanente del Norpacífico. En el resto del año la altura de la capa de mezcla se mantiene entre 900 y 1,200 metros.

4.3. Diagnóstico de la calidad del aire

A continuación se presenta un diagnóstico de la calidad del aire de la región incorporando la información de 5 estaciones de monitoreo instaladas en Tijuana y una en Rosarito (conocidas en conjunto como la *Red de monitoreo de Tijuana*).

La actual etapa activa del sistema de monitoreo atmosférico de Tijuana se inició en noviembre de 1995 con los trabajos de instalación, configuración y pruebas de aceptación de funcionamiento de los equipos, empezando su operación propiamente en el segundo semestre de 1996, dentro del marco de cooperación del Programa Frontera XXI, con recursos de la EPA, CARB y la participación de la SEMARNAP.

La red de monitoreo está conformada por seis estaciones de las cuales cuatro miden concentraciones de O₃, NO₂, SO₂ y CO, así como temperatura, humedad relativa, dirección y velocidad del viento, además de muestrearse manualmente las partículas PST y PM10. En las dos estaciones restantes únicamente se muestrean las PST y PM10. Las estaciones son: Instituto Tecnológico de Tijuana (ITT), Rosarito, La Mesa, Playas, Centro de Salud (SSA) y Colegio de la Frontera (COLEF). Esta red de monitoreo es operada y financiada actualmente por la CARB. Las diferentes actividades desarrolladas en la operación han estado a cargo de una empresa norteamericana (TEAM-TRACER) con el apoyo de los centros de enseñanza superior de la zona; la supervisión sobre el desa-

rollo del proyecto se ha llevado por parte de la Delegación de Semarnap en el Estado, con la asistencia técnica del INE.

Según los acuerdos, en el segundo semestre del 2000 se iniciará la transición de responsabilidades para que con el concurso del gobierno y organismos mexicanos se continúe con este programa. Con respecto al equipamiento, aproximadamente el 80% fue aportado por las agencias de los Estados Unidos 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 al 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.

La estación ITT se ubica en el Instituto Tecnológico de Tijuana, en calzada Tecnológico s/n, fraccionamiento Tomás Aquino. La estación está a una altura de 130 msnm. Sus coordenadas geográficas son: 32° 31' 53" latitud norte y 116° 59' 10" longitud oeste. Esta zona de la ciudad se caracteriza por tener una topografía plana (cresta de una Mesa) y un uso de suelo predominantemente residencial y comercial. Cinco kilómetros al este de la estación se ubica una zona industrial y dos kilómetros al noroeste se encuentra el aeropuerto de la ciudad. Esta estación de monitoreo cuenta con el siguiente equipo analítico para la medición de contaminantes: DASIBI 3008 para determinación de CO, THERMO 43 para SO₂, API 200A para NOx, API400 para O₃, GMW 2000H para PST y WEDDING para PM10.

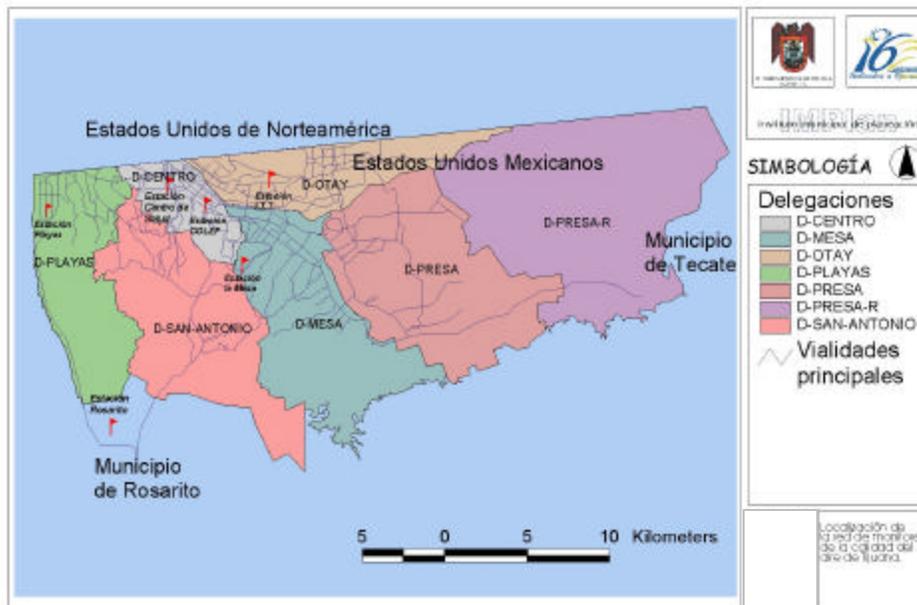
La estación Rosarito se localiza en la Escuela Primaria Federal Pedro Moreno, en calle J. Amaro s/n, fraccionamiento Machado. La altura sobre el nivel del mar de esta zona es de sólo 10 metros, las coordenadas geográficas de la estación son: 32° 20' 36" latitud norte y 117° 03' 21" longitud oeste. En esta zona el terreno se eleva ligeramente hacia el este, aunque no existen cerros. El mar se ubica a solo 2 kilómetros al oeste. El uso de suelo es residencial e industrial. Relativamente cerca de la estación se sitúa la Planta termoeléctrica Rosarito. El equipo de monitoreo con el que cuenta la estación es: analizador DASIBI 3008 para determinación de CO, THERMO 43 para SO₂, API 200A para NOx, API400 para O₃ GMW B/M2360 para PST y WEDDING para PM10.

La estación La Mesa se ubica en las instalaciones de una Escuela Secundaria en calle Cajemé s/n, a una altura de 120 metros sobre el nivel del mar. Sus coordenadas geográficas son: 32° 29' 52" latitud norte y 116° 58' 37" longitud oeste. El uso de suelo es predominantemente residencial. Un kilómetro al noreste de la estación

de monitoreo se encuentra un cruce formado por la avenida Lázaro Cárdenas y el Bulevar Díaz Ordaz. La caseta de monitoreo consta de: analizador DASIBI 3008 para determinación de CO, THERMO 43 para SO₂, API 200A para NO_x, API400 para O₃, GMW 76-100 para PST y WEDDING para PM10.

La estación Playas se encuentra en el Centro de Bachillerato Técnico (CBATIS 146), en Avenida Parque Baja California, lote 751, sección El Dorado, Playas de Tijuana, a una altura de 5 metros sobre el nivel del mar. Sus coordenadas geográficas son: 32° 30' 50" latitud norte y 117° 06' 56" longitud oeste. La topografía de la zona es plana hacia el oeste (1 kilómetro al mar) y existe una cordillera que rodea a la estación de monitoreo en un sentido noreste a sur. El uso de suelo es residencial y cerca de la estación de monitoreo no se identifican fuentes de emisión importantes. El equipo de monitoreo instalado en esta estación consta de: analizador DASIBI 3008 para determinación de CO, THERMO 43 para SO₂, API 200A para NO_x, API400 para O₃, GMW 2000H para PST y WEDDING para PM10.

Figura 4.11. Localización de la red de monitoreo de la calidad del aire de Tijuana-Rosarito



La estación Centro de Salud (SSA) esta ubicada en Avenida de la Constitución s/n, en un terreno cuya altura sobre el nivel del mar es de 46 metros. Sus coordenadas geográficas son: 32° 31' 33" latitud norte y 117° 02' 19" longitud oeste. La topografía de esta zona es plana con una ligera pendiente que se eleva de norte a sur. El uso de suelo es comercial y residencial. Esta estación sólo cuenta con equipo manual para la medición de PST (GRASEBY BM2360) y PM10 (WEDDING).

La estación COLEF se localiza en las instalaciones del Colegio de la Frontera, en Blvd. Abelardo L. Rodríguez 2925, zona del río, a una altura de 5 metros sobre el nivel del mar. Sus coordenadas geográficas son: 32° 31' 07" latitud norte y 117° 00' 40" longitud oeste. La topografía de la zona es plana, dentro de la cuenca del río Tijuana. El uso de suelo es predominantemente de tipo comercial. Esta estación, al igual que en Centro de Salud, sólo cuenta con equipo manual para la medición de PST (GRASEBY BM2360) y PM10 (WEDDING).

Tabla 4.9. Ubicación de las estaciones de monitoreo en Tijuana-Rosarito

Estación	Zona	Dirección	Parámetros Monitoreados	Parámetros Meteorológicos
ITT	Noreste	Calzada Tecnológico s/n	O ₃ , CO, SO ₂ , NO ₂ , PST y PM10	Temperatura, dirección y velocidad del viento.
Rosarito	Suroeste	Calle J. Amaro s/n	O ₃ , CO, SO ₂ , NO ₂ , PST y PM10	Temperatura, dirección y velocidad del viento.
La Mesa	Sureste	Calle Cajemé s/n	O ₃ , CO, SO ₂ , NO ₂ , PST y PM10	Temperatura, dirección y velocidad del viento.
Playas	Noroeste	Av. Parque Baja California, lote 751	O ₃ , CO, SO ₂ , NO ₂ , PST y PM10	Temperatura, dirección y velocidad del viento.
Centro de Salud (SSA)	Noroeste	Av. de la Constitución s/n	PST y PM10	
COLEF	Centro	Blvd. Abelardo L. Rodríguez 2925	PST y PM10	

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 EPA.

Tendencias de la calidad del aire

A continuación se presenta una descripción y análisis de la información de calidad del aire generada por la red de monitoreo durante 1997 y 1998.

La Tabla 4.10 muestra el porcentaje y número de días en que se alcanzaron o rebasaron los 100 y 150 puntos IMECA durante 1997 y 1998. La frecuencia con que se rebasó o se alcanzó la norma de calidad del aire en 1997, fue de sólo el 1% (4 de los días del año) y nunca se alcanzaron los 150 puntos IMECA para ningún contaminante. Es conveniente aclarar que en la tabla aparece un total de 4 días en los que se alcanzó o rebasó el valor de 100 puntos IMECA aunque en el interior de la tabla se reportan dos excedencias a la norma de ozono y tres a la de PM10. Esto obedece a que hubo un día en el que se excedieron ambas normas de calidad del aire. Este día correspondió al 31 de octubre. Así mismo, no hay que olvidar que las PM10 se miden en 1 de cada 6 días, por lo que el número total de días en que rebasó su norma durante 1997 podría haber llegado a 15.

Durante 1998, el porcentaje de días en que se rebasó al menos una de las normas de calidad del aire fue de 2% (7 días del año). Niveles mayores a los 150 puntos

IMECA tampoco se presentaron durante este año. En comparación con el año anterior, se aprecia que el número de violaciones a la norma y en particular el número de eventos de más de 100 puntos IMECA para PM10 fueron mayores y que a diferencia del año anterior, en 1998 se presentó una excedencia para NO₂.

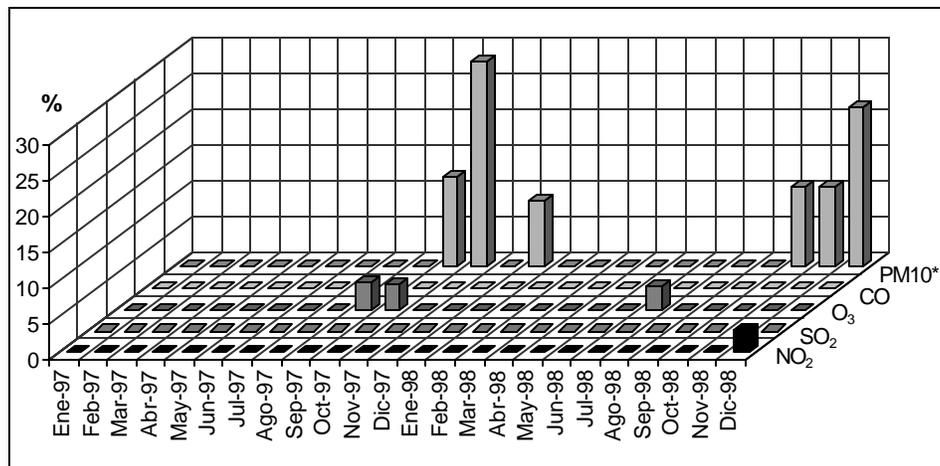
Tabla 4.10. Porcentaje y número de días con valores iguales o mayores a los 100 y 150 puntos IMECA en Tijuana-Rosarito, 1997-1998

	1997					1998				
	>=100		>=150		Total de días con datos	>=100		>=150		Total de días con datos
	%	No.	%	No.		%	No.	%	No.	
O ₃	1.1	3	0	0	268	0.3	1	0	0	365
PM10*	3.8	3	0	0	78	5.5	5	0	0	91
CO	0.0	0	0	0	271	0.0	0	0	0	365
NO ₂	0.0	0	0	0	297	0.3	1	0	0	365
SO ₂	0.0	0	0	0	250	0.0	0	0	0	361
General	1.2	4	0.0	0	322	1.9	7	0.0	0	365

* Por ciento y número de muestreos.

La Figura 4.12 muestra el porcentaje de días y de muestreos por mes en que se presentaron violaciones a las normas de calidad del aire para el período considerado. En ella se puede apreciar que las excedencias a la norma de PM10 se presentan a finales del otoño y principios del invierno, siendo noviembre y diciembre los meses en los que se presenta el mayor porcentaje de violaciones. Las excedencias a la norma de ozono se presentaron tanto en el verano como en el otoño (julio, septiembre y octubre). El bióxido de nitrógeno presentó una excedencia a su norma en el mes de diciembre de 1998, en tanto que el bióxido de azufre y el monóxido de carbono no rebasaron su norma durante el periodo de análisis.

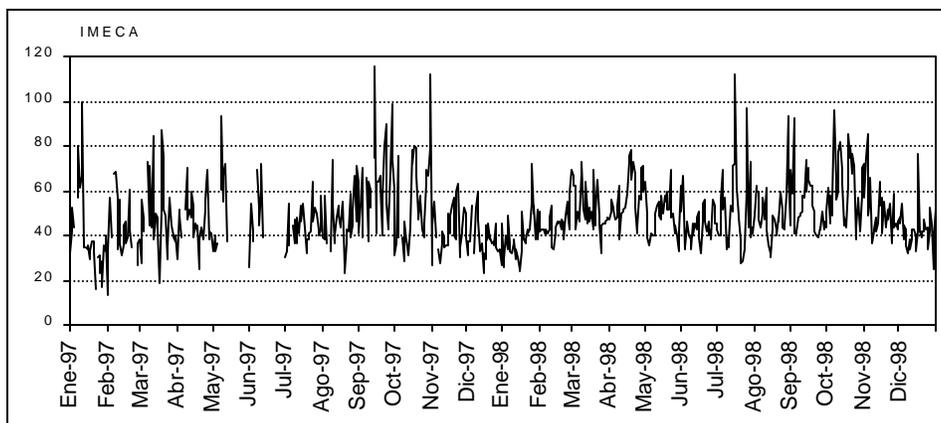
Figura 4.12. Porcentaje de días que se alcanzó o se rebasó los 100 puntos IMECA por mes y por contaminante en Tijuana, 1997-1998



* Porcentaje de muestreos.

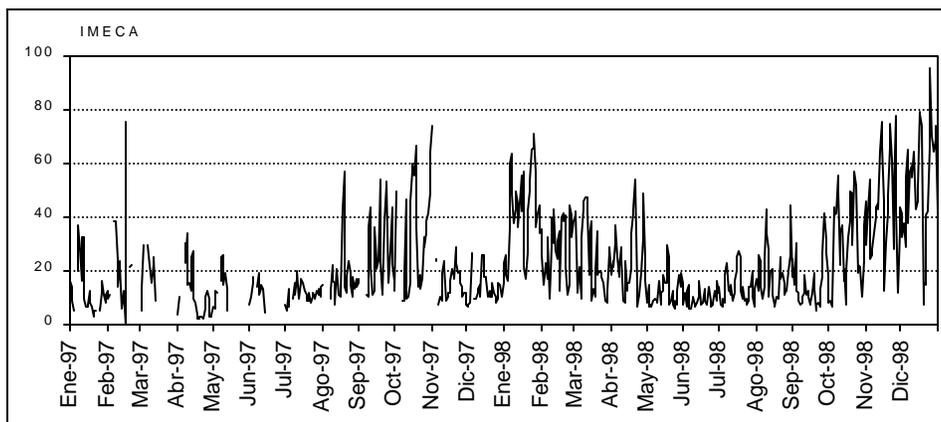
La Figura 4.13 presenta el IMECA máximo diario de ozono de enero de 1997 a diciembre de 1998. En ella se puede apreciar que los valores máximos registrados fueron de 116 puntos IMECA en septiembre de 1997 y 112 puntos IMECA en octubre de 1997 y julio de 1998; así mismo se tuvieron 4 días donde se alcanzaron casi los 100 puntos.

Figura 4.13. IMECA máximo diario de ozono en Tijuana-Rosarito, 1997-1998



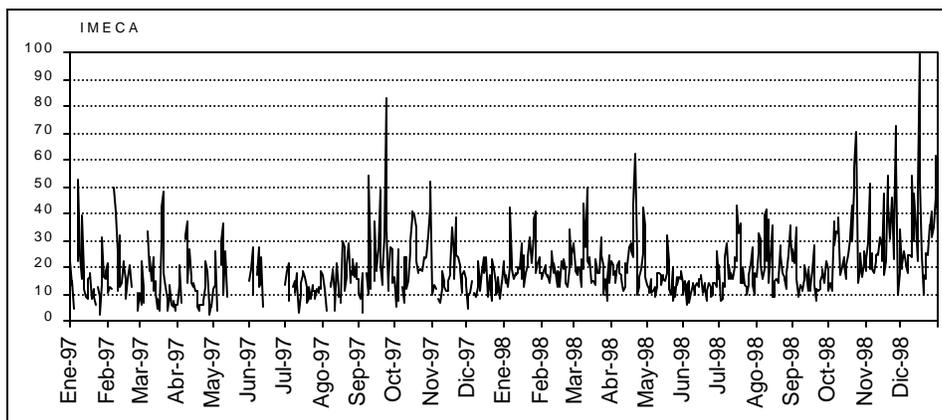
En cuanto a la tendencia del IMECA máximo diario del monóxido de carbono, en la Figura 4.14 se observa que, este contaminante no excedió el nivel de los 100 puntos IMECA entre 1997 y 1998; sin embargo en diciembre de 1998 se tuvo un valor muy cercano a dicho nivel (96 puntos IMECA). En el resto del año, al igual que durante 1997, las concentraciones máximas se mantuvieron por debajo de los 80 puntos IMECA. En 1997 la concentración máxima fue de 76 puntos IMECA y se registró en el mes de febrero.

Figura 4.14. IMECA máximo diario de CO en Tijuana-Rosarito, 1997-1998



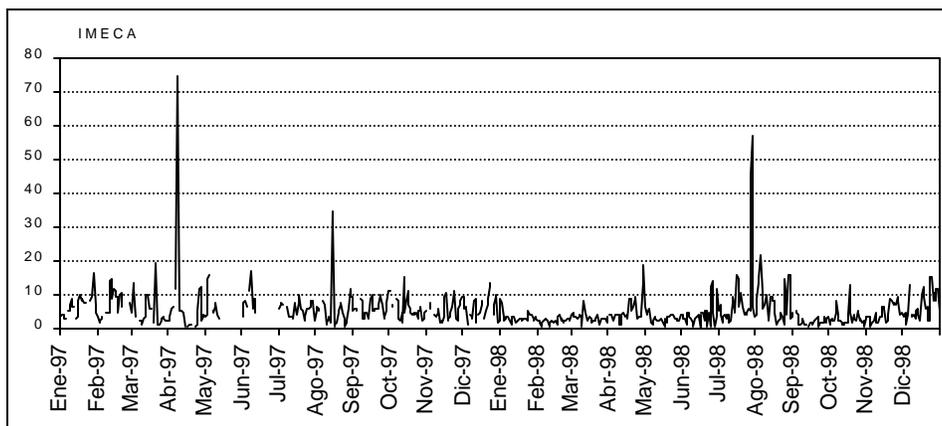
En lo que se refiere al bióxido de nitrógeno, la Figura 4.15 ilustra el comportamiento de sus concentraciones máximas diarias en el periodo de estudio. En ella se aprecia que, en general, las concentraciones máximas suelen mantenerse por debajo de los 60 puntos IMECA y sólo en una ocasión (diciembre de 1998) se alcanzó el valor de los 100 puntos IMECA. En 1997 la concentración máxima fue de 83 puntos IMECA y se registró en el mes de septiembre.

Figura 4.15. IMECA máximo diario de NO₂ en Tijuana-Rosarito, 1997-1998



La Figura 4.16 muestra el comportamiento de los valores máximos diarios del IMECA para el bióxido de azufre entre 1997 y 1998. En ella se observa que las concentraciones máximas registradas son en general inferiores a los 20 puntos IMECA. En el periodo, la concentración más elevada para este contaminante fue de 75 puntos IMECA en el mes de abril de 1997. En 1998 las concentraciones máximas diarias fueron, en términos generales, aún más bajas que en 1997.

Figura 4.16. IMECA máximo diario de SO₂ en Tijuana, 1997-1998

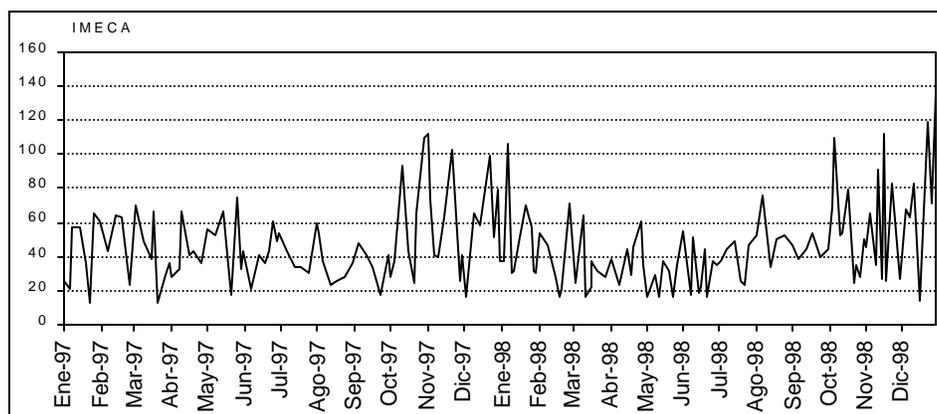


El promedio anual para este contaminante en 1997 fue de 0.005 ppm y en 1998 de 0.003 ppm, valores significativamente inferiores al valor de la norma anual, la cual es de 0.03 ppm promedio aritmético.

En la Figura 4.17 se ilustra la tendencia de los valores máximos del IMECA registrados para las PM10, en el mismo periodo analizado. Aquí es conveniente recordar que el muestreo de PM10 no es diario sino cada 6 días, por ello el número de registros observados en la gráfica es menor al apreciado en las gráficas anteriores para los otros contaminantes. En la figura se observa que la norma de este contaminante se rebasó en ocho días de muestreos, tres en 1997 y cinco en 1998. Las concentraciones más elevadas fueron de 119 y 136 puntos IMECA y ambas se registraron en diciembre de 1998. En 1997 la concentración máxima fue de 112 puntos IMECA y se registró en el mes de noviembre.

El promedio anual de PM10 para 1997 fue de $56 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y para 1998 de $52 \mu\text{g}/\text{m}^3$, valores ligeramente superiores a la norma anual de calidad del aire para este contaminante, que es de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Figura 4.17. IMECA máximo de muestreos de PM10 en Tijuana-Rosarito, 1997-1998



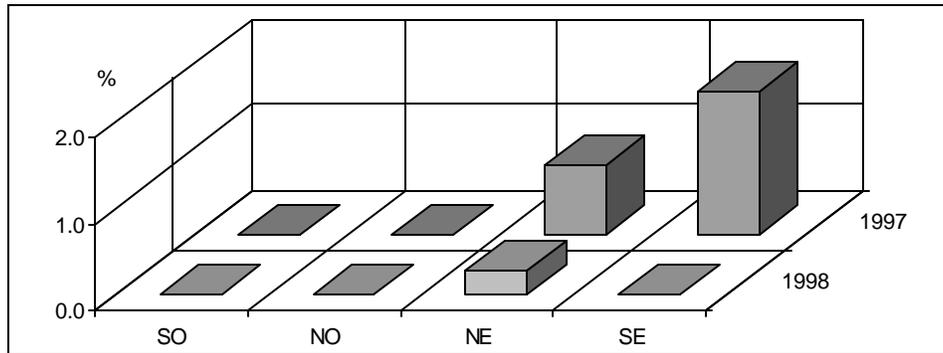
Comportamiento de los contaminantes por zona

Teniendo presente que no en todas las estaciones de monitoreo se miden las concentraciones de los cinco contaminantes, a continuación se ilustra el comportamiento espacial del ozono, bióxido de nitrógeno y de las partículas fracción respirable (PM10), que fueron los contaminantes que registraron excedencias a su norma de calidad del aire en el periodo de 1997 a 1998.

La Figura 4.18 muestra el porcentaje de días en que se rebasó la norma de ozono en las diferentes zonas de la ciudad. En ella se puede apreciar que únicamente en las zonas sureste y noreste se registran excedencia a la norma para ozono, siendo más frecuente este fenómeno en la zona sureste. Igualmente

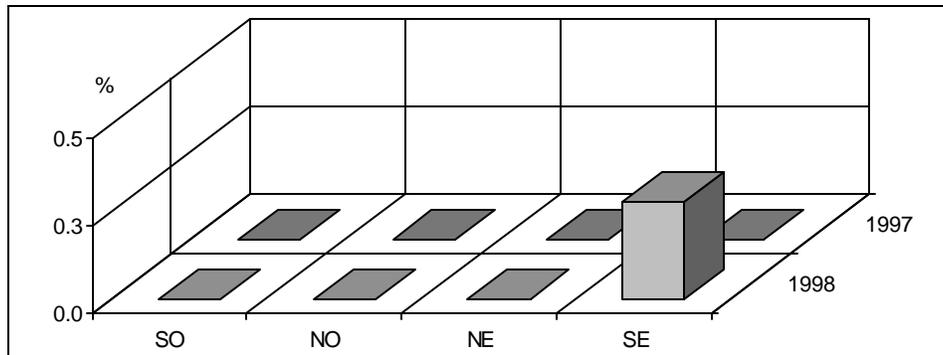
te se aprecia que en 1998 hubo, en ambas zonas, un decremento en el número de violaciones a la norma, respecto a lo registrado en 1997.

Figura 4.18. Porcentaje de días en que se alcanzó o rebasó la norma de ozono en las diferentes zonas de Tijuana-Rosarito, 1997-1998



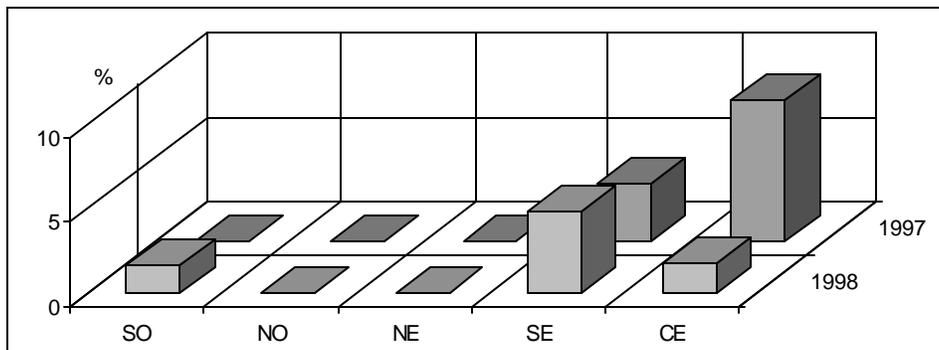
Por lo que se refiere al NO_2 , (Figura 4.19), sólo se registró una excedencia y ésta ocurrió en el mes de diciembre en la parte sureste de la ciudad.

Figura 4.19. Porcentaje de días en que se alcanzó o rebasó la norma de NO_2 en las diferentes zonas de Tijuana-Rosarito, 1997-1998



Finalmente, la Figura 4.20 muestra para cada zona de la ciudad, el porcentaje de muestreos en que se rebasó la norma de calidad del aire para las partículas PM_{10} en el período de estudio. En general, se puede apreciar que este contaminante violó su norma con más frecuencia en la zona sureste; sin embargo, también destaca que en 1998 se registró, en esta misma zona, un aumento en el porcentaje de excedencia respecto a la registrada el año anterior. En la zona centro de la ciudad el porcentaje de excedencias fue mayor en 1997, en tanto que en la zona suroeste sólo se registraron excedencias en 1998. Finalmente, en las zonas noroeste y noreste las concentraciones obtenidas siempre se mantuvieron por debajo de la norma.

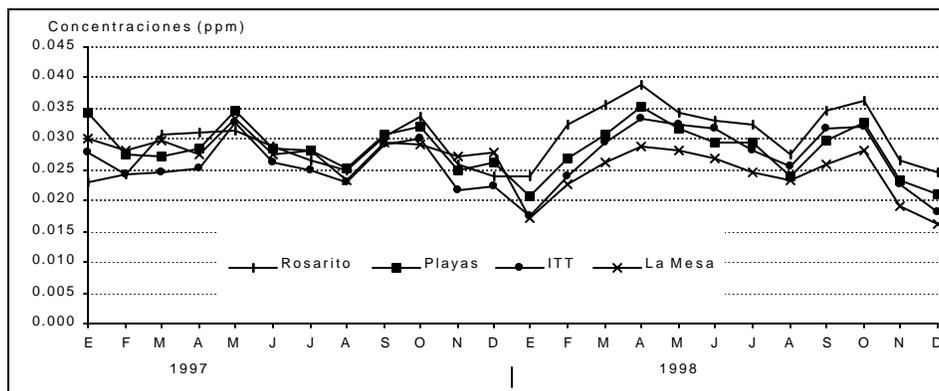
Figura 4.20. Porcentaje de muestreos en que se rebasó la norma de PM10 en las diferentes zonas de Tijuana-Rosarito, 1997-1998



Comportamiento estacional

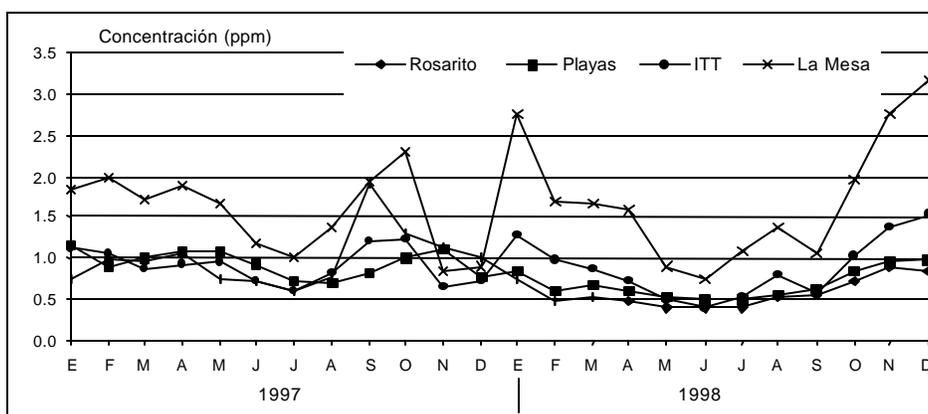
Con la idea de identificar algún comportamiento estacional de los contaminantes, la Figura 4.21 muestra la variación del promedio mensual de las concentraciones horarias de ozono. En ella se observa que en general, las tendencias de este contaminante a lo largo del año son similares en las cuatro estaciones de monitoreo, y que mientras que en 1997 los promedios mensuales más elevados se presentan de manera indistinta en las diferentes estaciones de monitoreo, en 1998 ocurren de manera consistente en la estación Rosarito. Por el contrario, los promedios más bajos en 1997 se presentan en la estación ITT y en 1998 en la estación La Mesa. En cuanto a la estacionalidad mostrada por este contaminante se observa que los promedios mensuales más elevados, en las cuatro estaciones de monitoreo y en los dos años de análisis, se presentan en los periodos de marzo a mayo y de septiembre a octubre, esto es, en primavera y otoño.

Figura 4.21. Promedio mensual de las concentraciones horarias de ozono por estación de monitoreo en Tijuana-Rosarito, 1997-1998



La Figura 4.22 muestra el promedio mensual de monóxido de carbono. Se observa que la estación de monitoreo en donde se presentan los valores promedio más elevados para este contaminante es La Mesa. Es probable que este hecho se deba a la influencia de las emisiones vehiculares de CO que se registran en el cruce formado por las avenidas Lázaro Cárdenas y Bulevar Díaz Ordaz, el cual se ubica a sólo un kilómetro al noreste de ésta estación de monitoreo. En el resto de las estaciones de monitoreo, el monóxido de carbono muestra un comportamiento estacional muy similar, con una tendencia a presentar los valores promedio mensuales más elevados entre octubre y diciembre, abarcando la época fría del año, siendo esto particularmente notorio en 1998.

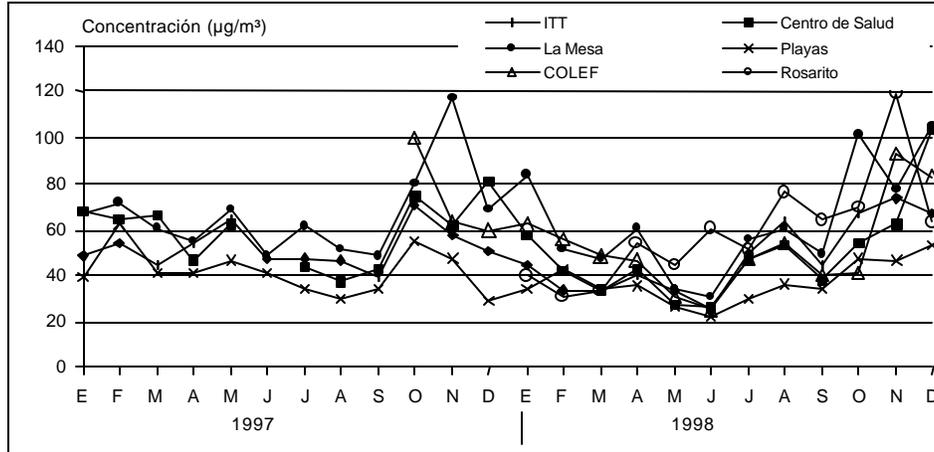
Figura 4.22. Promedio mensual de las concentraciones horarias de CO por estación de monitoreo en Tijuana-Rosarito, 1997-1998



La Figura 4.23 muestra el promedio mensual de las partículas PM10 registrado en las seis estaciones de monitoreo. En ella se observa que las concentraciones promedio más elevadas se presentan a finales del otoño y principios del invierno (octubre y diciembre). Igualmente destaca el hecho de que en 1997 los promedios más elevados se presentaron de manera consistente en la estación de monitoreo La Mesa, en tanto que para 1998 se presentaron con mayor frecuencia en la estación Rosarito; es necesario mencionar que para la estación Rosarito sólo se cuenta con información para 1998.

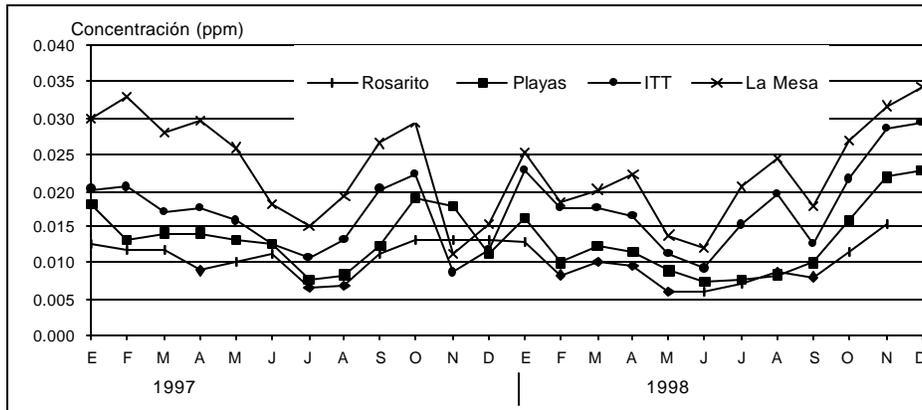
Es probable que el hecho de que los promedios mensuales más elevados de PM10 se manifiesten en las estaciones de monitoreo La Mesa y Rosarito sea reflejo del tipo de fuentes emisoras que se encuentran en su proximidad. Así por ejemplo, cerca de la estación Rosarito se ubica una planta termoeléctrica, en tanto que a sólo un kilómetro al noreste de la estación La Mesa se encuentra un cruce formado por dos avenidas de gran circulación (Lázaro Cárdenas y Bulevar Díaz Ordaz).

Figura 4.23. Promedio mensual de las concentraciones horarias de PM10 por estación de monitoreo en Tijuana-Rosarito, 1997-1998



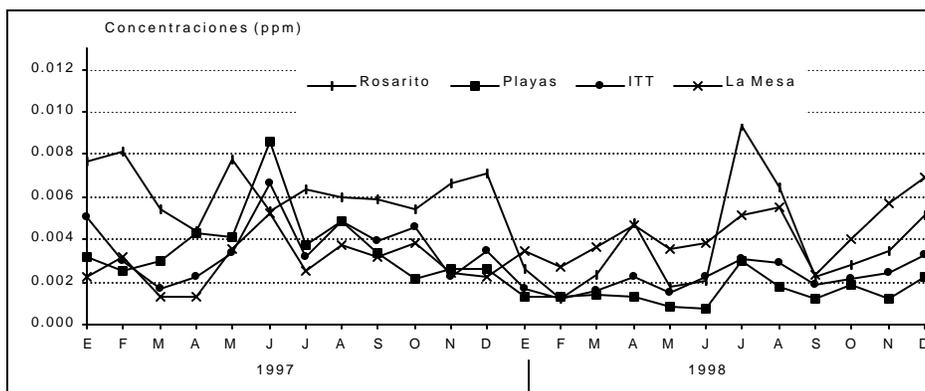
La Figura 4.24 el promedio mensual del bióxido de nitrógeno, destacando que los promedios mensuales notoriamente más altos se registran de manera consistente, en la estación de monitoreo La Mesa. Esto evidentemente se puede deber en gran medida, al igual que en el caso del monóxido de carbono, al efecto que tienen las emisiones de los vehículos automotores que transitan por el cruce, ya antes mencionado. También se puede apreciar que en lo general las tendencias en todas las estaciones de monitoreo son similares a través de los dos años de análisis y que en 1997 los promedios más elevados, en todas las estaciones, se presentan en enero y octubre, en tanto que en 1998 se registran entre enero, noviembre y diciembre.

Figura 4.24. Promedio mensual de las concentraciones horarias de NO₂ por estación de monitoreo en Tijuana-Rosarito, 1997-1998



Finalmente, la Figura 4.25 muestra el comportamiento del promedio mensual del bióxido de azufre entre 1997 y 1998. Se aprecia que en general, en todas las estaciones de monitoreo, los promedios mensuales son más bajos en 1998 que en 1997. Así mismo, se observa que es en la estación Rosarito en donde suelen presentarse con mayor frecuencia los valores promedio más elevados, siendo esto más evidente en 1997 que en 1998. Probablemente este hecho es un reflejo del impacto que tienen las emisiones provenientes de la planta termoeléctrica que se ubica en las cercanías de la estación de monitoreo. Respecto a la estacionalidad de este contaminante se puede observar que los promedios más altos, en el periodo de análisis y en todas las estaciones de monitoreo, se presentan en el verano (junio-julio) y el invierno (diciembre-enero).

Figura 4.25. Promedio mensual de las concentraciones horarias de SO₂ por estación de monitoreo en Tijuana-Rosarito, 1997-1998



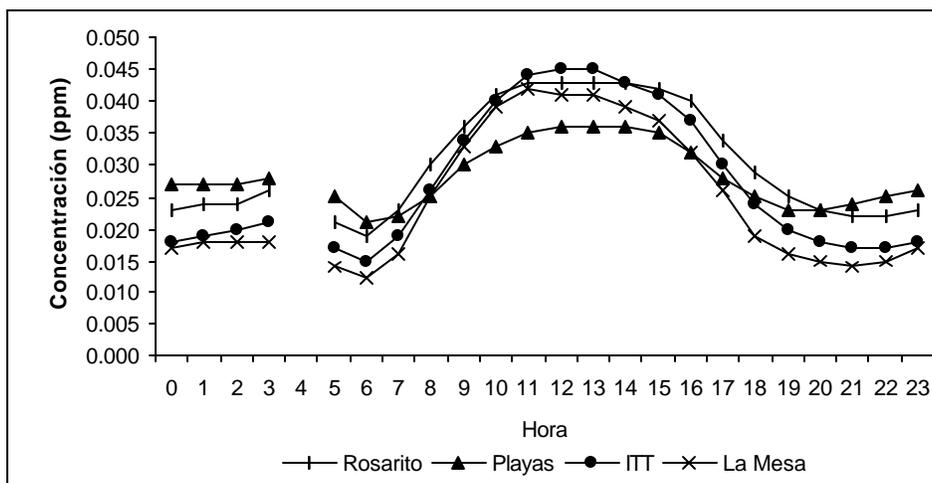
Comportamiento horario del ozono y del bióxido de nitrógeno

La concentración de un contaminante medida al nivel del piso en un sitio determinado varía 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, así como de las características físico-químicas de los propios contaminantes. A continuación se describe el comportamiento horario promedio durante 1997 y 1998 para ozono y bióxido de nitrógeno en las cuatro estaciones donde se miden estos contaminantes, ya que como se vio anteriormente, presentaron violaciones a su norma de calidad del aire en el periodo de tiempo señalado.

En la Figura 4.26 se aprecia que entre las 0 y las 8 horas las concentraciones promedio horarias de ozono se mantienen por debajo de las 0.03 ppm, en tanto que a partir de las nueve de la mañana tienden a incrementarse hasta alcanzar los valores máximos entre las 11 y las 16 horas, que es el periodo del día en el

que se recibe la mayor radiación solar y se tienen las temperaturas más altas, lo que consecuentemente crea las condiciones más favorables para la formación de este contaminante. Después de las 16 horas las concentraciones promedio de ozono tienden a disminuir significativamente hasta alcanzar concentraciones similares a las registradas por la mañana. Este patrón de comportamiento es similar en todas las estaciones de monitoreo.

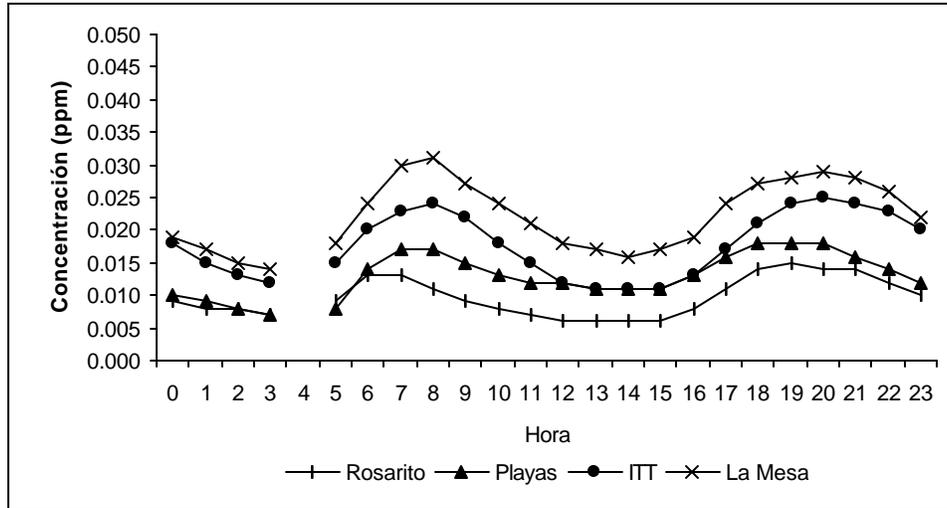
Figura 4.26. Variación horaria promedio de ozono por estación de monitoreo en Tijuana-Rosarito, 1997-1998.



Por otra parte, se puede destacar que las concentraciones promedio de O_3 más elevadas suelen presentarse en las estaciones Rosarito e ITT, en tanto que las concentraciones promedio más bajas se registran en la estación La Mesa. En la estación Playas se observa que por la mañana y tarde es la que presenta las concentraciones promedio más elevadas y que después de alcanzar el máximo, su tendencia decreciente es más suave que en el resto de las estaciones.

Por lo que respecta a las tendencias horarias promedio observadas para el NO_2 en el periodo 1997-1998, la Figura 4.27 revela que en las cuatro estaciones de monitoreo las concentraciones promedio por hora de este contaminante son bajas y que presentan un patrón diario claramente definido y caracterizado por el hecho de registrar dos periodos en los cuales se presentan los registros más elevados del día. Estos periodos son entre las 6 y las 8 de la mañana y entre las 6 y 9 de la tarde, que corresponden con la alta circulación vehicular que se presenta por las mañanas y las tardes y que está asociada con las entradas y salidas del trabajo y las escuelas. Por otra parte, en la misma figura se puede apreciar que de manera muy consistente las concentraciones más altas de NO_2 , a lo largo del día, se registran en la estación de monitoreo La Mesa y las más bajas en la estación Rosarito.

Figura 4.27. Variación horaria promedio de NO₂ por estación de monitoreo en Tijuana-Rosarito, 1997-1998



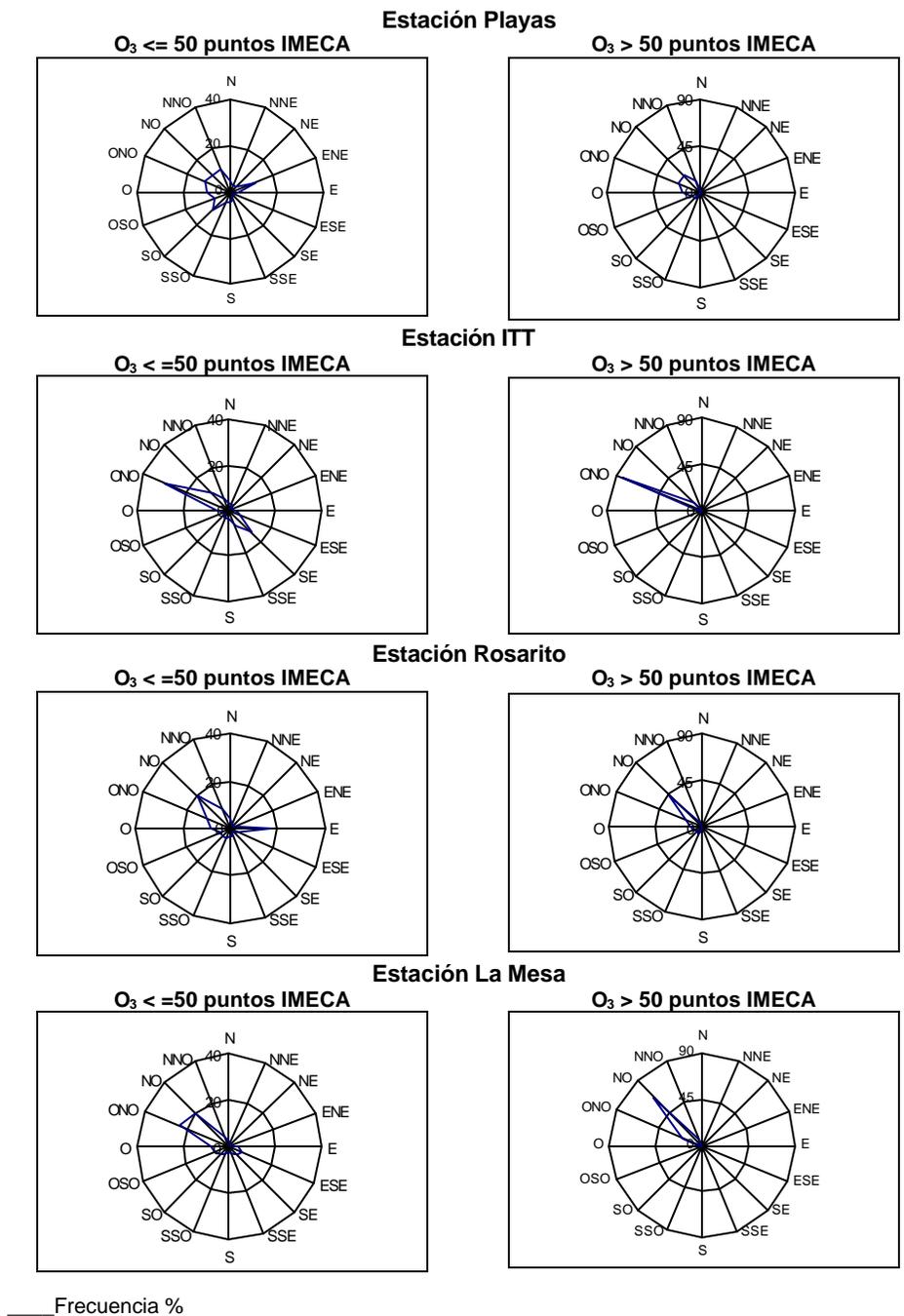
Rosas de contaminantes

La Figura 4.28 presenta una serie de gráficas que muestran el porcentaje de ocurrencia de concentraciones de ozono iguales o menores al nivel de los 50 puntos IMECA, para cada dirección del viento en las diferentes estaciones de monitoreo durante 1998. Para la elaboración de las gráficas únicamente se consideraron los datos de aquellas horas donde se reportaron registros tanto para la dirección del viento como para la concentración de ozono, y se eliminaron del análisis aquellos datos que reportaban viento en calma (viento con una intensidad igual o menor a 0.5 m/s).

En la misma figura se puede apreciar que cuando la concentración de ozono fue menor o igual a los 50 puntos IMECA, el viento en las cuatro estaciones de monitoreo provenía predominantemente de las direcciones oeste-noroeste a nor-noroeste; la segunda dirección en importancia varía un poco en función de la estación de monitoreo de que se trate pudiendo ser de las direcciones este a sur-sureste.

Por otra parte, destaca el hecho de que cuando las concentraciones de ozono fueron superiores a los 50 puntos IMECA, el viento en todas las estaciones de monitoreo provino consistentemente de las direcciones noroeste y oeste-noroeste; esto es particularmente notorio en las estaciones de monitoreo ITT, Rosarito y La Mesa.

Figura 4.28. Frecuencia de ocurrencia de concentraciones de ozono por dirección del viento en Tijuana-Rosarito, 1998.



Calidad del aire en San Diego

El Distrito de Control de la Contaminación del Aire del Condado de San Diego, elabora publicaciones con el fin de difundir sus logros y programas, a nivel general²².

En el área de San Diego, las emisiones a la atmósfera tienen su origen en los vehículos automotores y en las industrias (óxidos de nitrógeno e hidrocarburos reactivos). El problema de la contaminación se intensifica en gran medida por la presencia de la capa de inversión térmica, que atrapa a los contaminantes e impide su ascenso y se presenta aproximadamente a los 2,000 pies de altura, durante los meses de mayo a octubre, propiciando altos picos de ozono.

En San Diego, en el 57% de los días se exceden los estándares estatales de la calidad del aire, esto debido principalmente al transporte de la contaminación que proviene de Los Ángeles; el 43% restante proviene de las emisiones generadas localmente.²²

El año de 1997 fue benéfico, ya que sólo hubo una violación al estándar federal de ozono y fue atribuida al transporte de contaminantes provenientes de la cuenca atmosférica de la ciudad de Los Ángeles. Así mismo, San Diego no ha presentado una alerta atmosférica desde 1991. En contraste, en 1990 se rebasó el estándar federal durante 87 días, de los cuales 60 fueron atribuibles al transporte de contaminantes y 27 a emisiones locales.

En lo referente a la normatividad estatal de ozono, ésta es más estricta y también se aprecia una mejoría considerable ya que de presentar en 1981, 192 días de excedencias correspondiendo 101 violaciones a contaminantes transportados y 91 a emisiones locales, para 1997 se registraron 43 días fuera de norma correspondiendo 28 a contaminantes transportados y 15 a contaminantes locales.

Con respecto al monóxido de carbono, durante 1997 no se presentó ninguna excedencia a los estándares ni federales ni estatales; la norma federal de 8-hrs. para CO no se alcanza desde 1990, ocurriendo lo mismo para el estándar estatal. En 1995, la CARB redesignó al Condado de San Diego como un área de cumplimiento para el estándar estatal de monóxido de carbono y en junio de 1998, la EPA también redesignó esta misma área como de cumplimiento para los estándares federales para este contaminante.

El bióxido de nitrógeno, no presentó violaciones para ninguno de los estándares ni federal ni estatal, durante 1997. Desde 1978 el Condado de San Diego no ha excedido los estándares federales de bióxido de nitrógeno en su promedio anual y

²² San Diego Air Pollution Control Board (1997). Annual Report. Air Quality in San Diego County.

el estándar estatal de una hora fue excedido únicamente durante tres días desde 1978, un día en 1981, 1987 y 1988.

Con respecto a las PM₁₀, nunca han sido excedidos los estándares desde 1987, cuando fueron establecidos, aunque el estándar estatal, que es más estricto, fue rebasado en la Estación Mesa de Otay en 1997.

El bióxido de azufre no es un problema en esta localidad, debido a que no se cuenta con industria asociada a este contaminante. Nunca han existido violaciones a los estándares federal ni estatal de SO₂, por lo que el Condado de San Diego se ha designado como un área de cumplimiento para el SO₂.

Para los sulfatos existe un estándar estatal para 24 horas de 25 µg/m³; este estándar se excedió por primera vez en 14 años, el 16 de mayo de 1997 con un valor de 26.71 µg/m³. El origen de esta excedencia se atribuye a la planta Termoeléctrica de Rosarito, cuya fuente de combustible será convertida a gas natural.

Los estándares federal y estatal para el plomo fueron unificados en 1997, la norma federal no ha sido excedida desde 1980 y la estatal desde 1987. El Condado de San Diego, es considerado como "no designado" por el gobierno federal y como zona de cumplimiento por el estatal.

Conclusiones sobre la calidad del aire de Tijuana-Rosarito

Debido a que el análisis se efectuó con información de únicamente dos años (1997 y 1998), las tendencias observadas no se pueden considerar aún completamente representativas del comportamiento de los contaminantes. Sin embargo, se pueden establecer las siguientes conclusiones sobre la calidad del aire de Tijuana-Rosarito durante este periodo de tiempo:

- La frecuencia de violaciones a alguna de las normas de calidad del aire fue menor al 6% de los días o muestreos y el nivel de los 150 puntos IMECA nunca se alcanzó para ninguno de los contaminantes, tanto en 1997 como en 1998.
- La norma para ozono fue excedida en cuatro ocasiones en el periodo de estudio (tres en 1997 y una en 1998), siendo el valor máximo registrado de 116 puntos IMECA en septiembre de 1997.
- Se observó que cuando los niveles de ozono fueron menores o iguales a los 50 puntos IMECA el viento provenía, con frecuencias similares, de las direcciones oeste-noroeste a nor-noroeste, así como de las direcciones este a sureste, en tanto que cuando las concentraciones fueron mayores a los 50 puntos IMECA, el viento provenía predominantemente de las direcciones noreste y oeste-noroeste.

- El bióxido de nitrógeno presentó violaciones a su norma sólo en una ocasión y ésta se registró en diciembre de 1998, cuando su concentración alcanzó el nivel de los 100 puntos IMECA.
- La norma de calidad del aire para las partículas PM10 se excedió en un total de ocho muestreos (tres en 1997 y cinco en 1998) siendo esta la norma que se excedió con mayor frecuencia; estas excedencias podrían darse de 14 a 20 días por año si se tuviera un monitoreo continuo de PM10. El periodo en el que se presentaron todas las violaciones a la norma de PM10 fue de octubre a enero, en los dos años de análisis.
- El monóxido de carbono y el bióxido de azufre no presentaron excedencias a su respectiva norma de calidad del aire.
- Respecto al comportamiento de los contaminantes por zona, se observa que la norma para ozono se rebasa con mayor frecuencia en la zona sureste de la ciudad, seguida por la zona noreste. En el resto de la ciudad no se presentaron violaciones a la norma de este contaminante. El bióxido de nitrógeno sólo mostró una excedencia y se registró en la zona sureste. Finalmente, la norma para PM10 se excedió en el noreste, centro y sureste de la ciudad. En 1997 la zona en que se rebasó la norma de PM10 con mayor frecuencia fue la centro y en 1998 fue la sureste.
- La estación de monitoreo en que se presenta el mayor número de violaciones a las normas de calidad del aire es La Mesa seguida de las estaciones ITT y COLEF.

La situación que se presenta en Tijuana-Rosarito refleja que el principal problema de contaminación atmosférica en la región es el de las partículas PM10, seguido por el del ozono.

5. INVENTARIO DE EMISIONES

El inventario de emisiones de contaminantes atmosféricos es un instrumento estratégico para la gestión de la calidad del aire de la región, ya que permite conocer por tipo de contaminante (SO₂, NO_x, PM10, CO, HC), el volumen producido por cada sector o categoría de fuente emisora (industria, servicios, transporte; autos particulares, termoeléctricas, calles no pavimentadas, etc.). A partir de este inventario de emisiones es posible evaluar el impacto de las acciones contenidas en el Programa. A continuación se presenta el balance energético de los combustibles y una estimación de las emisiones de Tijuana-Rosarito para el año de 1998.

5.1 Balance energético

El nivel de actividad económica de una ciudad puede expresarse entre otras formas a través del consumo de energéticos. Al respecto, existen diversos estudios que establecen 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, es decir del balance que resulta de los volúmenes, tipos y características de los combustibles que se emplean en la industria, los comercios y servicios, los hogares y en el transporte, y del estado tecnológico de la planta industrial y del parque vehicular.

En la Tabla 5.1 se presenta un resumen del balance energético de Tijuana-Rosarito, donde se consideran los principales sectores económicos y los diferentes tipos de combustibles más utilizados. Estos datos fueron obtenidos empleando el poder calorífico¹ neto de cada combustible, publicados en el Balance Nacional de Energía, 1997, y los consumos de combustibles proporcionados por Pemex Refinación y Pemex Gas y Petroquímica Básica. Se adopta una unidad de medida común del consumo energético para establecer una comparación directa dentro del balance energético entre los distintos combustibles que se consumen en Tijuana-Rosarito.

Resalta el alto consumo energético que se tiene de combustóleo para uso industrial y gasolina magna para uso vehicular. Globalmente, se ve que el consumo más importante se tiene en el sector industrial con poco más del 44%, seguido por el sector transporte con cerca del 41%, y el consumo por los servicios con casi el 15%.

¹ Poder calorífico.- cantidad de calor que libera un combustible en un proceso de combustión.

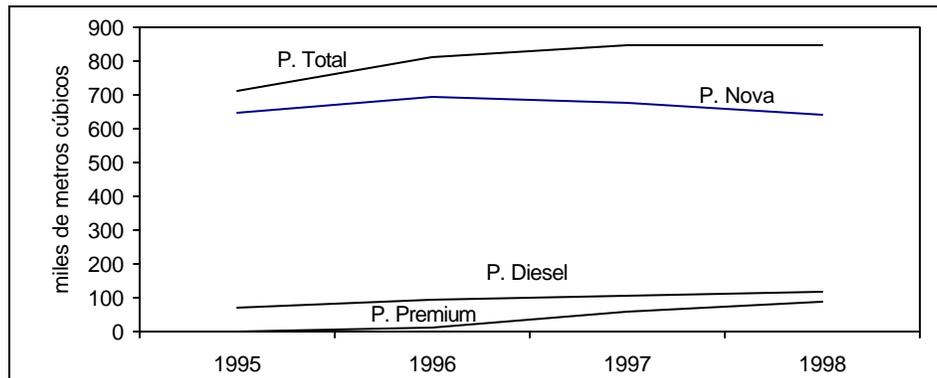
Tabla. 5.1. Consumo energético anual por sectores del área de Tijuana-Rosarito (% respecto al consumo total*), 1998

Combustible	Transporte	Industria	Servicios	Total
Gasolina Magna	30.6			30.6
Gasolina Premium	4.2			4.2
Pemex Diesel	6.0			6.0
Diesel Industrial		3.8		3.8
Combustóleo		40.6		40.6
Gas L.P.			14.8	14.8
Total	40.8	44.4	14.8	100

* Consumo total anual: 69×10^9 mega joules, equivalente a 2,100,946 metros cúbicos de gasolina.
Fuente: INE, 1999, con información de PEMEX Refinación, PEMEX Gas y Petroquímica Básica y del Balance Nacional de Energía 1997.

Dado que el combustóleo para uso industrial involucra, a la vez, la mayor demanda energética y el porcentaje más significativo de emisiones de óxidos de azufre, es importante prever tendencias de sobrecarga en la cuenca atmosférica si se produce un aumento del consumo de este combustible, por lo que es necesario buscar alternativas de suministro de combustibles más limpios. También se tiene una gran demanda energética de gasolina para uso vehicular; toda vez que se le atribuye a los vehículos el mayor porcentaje de las emisiones contaminantes de la zona, es necesario buscar alternativas para aumentar su eficiencia energética y quizás mejorar la calidad de los combustibles que se utilizan, además de mejorar las tecnologías de control de emisiones y el ordenamiento vial.

Figura .5.1. Evolución del consumo de combustible vehiculares en Tijuana-Rosarito, 1995-1998



Fuente: INE 1999, con información de PEMEX Refinación.

La Figura 5.1 presenta la evolución del consumo anual de combustibles vehiculares en Tijuana-Rosarito de 1995 a 1998, apreciándose una tendencia creciente propiciada por incrementos en el consumo de gasolina Premium y del diesel, la gasolina Premium aumentó su consumo en más de 6 veces respecto a el consumo de 1995, y en este mismo periodo el consumo de Pemex Diesel casi se duplicó.

El consumo total anual de 848 mil metros cúbicos de combustibles vehiculares, está cubierto en un 76% por la gasolina Pemex Magna (Figura 5.2) y su distribución casi permanece constante a lo largo del año. Desde septiembre de 1996 se dejó de distribuir la gasolina con plomo (Nova) y se inició con la comercialización de la gasolina Pemex Premium en esta zona fronteriza.

Referente a los combustibles industriales y de servicios, el consumo anual fue de 1.18 millones de metros cúbicos; el consumo mayoritario corresponde al combustóleo que representa el 59%, seguido del gas natural con el 35% y con el 6% el consumo de Diesel Industrial (Figura 5.3).

Figura . 5.2. Consumo de combustibles vehiculares en Tijuana-Rosarito, 1998 (porcentaje)

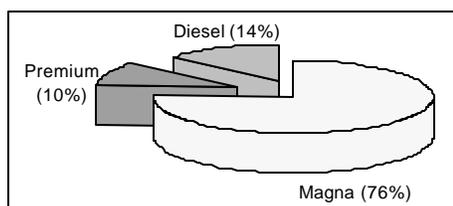
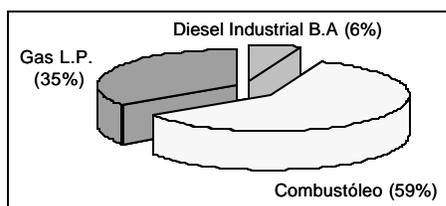


Figura . 5.3 Consumo de combustibles industriales y de servicios en Tijuana-Rosarito, 1998 (porcentaje)



5.2. Características de los combustibles

La calidad de los combustibles que se consumen en Tijuana se regula 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 la Zona Frontera Norte. Cabe mencionar que en esta norma no se establecieron parámetros para la gasolina Pemex Premium, ya que cuando fue publicada, esta gasolina no se producía en el país.

Las gasolinas que se venden en Tijuana son transportadas desde la Refinería de Salina Cruz, Oaxaca, al igual que el combustible Pemex Diesel, el diesel industrial y el combustóleo.

Un estudio comisionado por el Consejo Nacional de la Investigación de los EUA considera que el mejoramiento de combustibles puede ofrecer resultados positivos en la calidad del aire en zonas urbanas (Calvert *et al*, 1993).²³ 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

²³ Calvert, J.G.; Heywood, J.B.; Sawyer, R.F.; Seinfeld, 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.

presión de vapor Reid. La reducción de azufre mejora 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 para una zona determinada, de tal forma que se logre llegar a un equilibrio en términos de su costo-beneficio.

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

	P. Magna	Regular		P. Magna
	ZFN* NOM-086-1994	EE.UU.** ASTM D4814 1993	CARB*** Junio 1996	Tijuana Valor típico en 1998
Presión de vapor Reid, lb/pulg ²	7.8 – 13.5	7.8 máx. Denver	6.8 máx	9.7
10% destila a °C (máximo):	55 – 70	70		53.2
50% destila a °C:	77min	77 – 121		111.0
90% destila a °C (máximo):	185 – 190	190	93 máx 143	171.7.4
Temperatura final ebullición, °C:	225	225		213..2
Azufre, % peso (máximo)	0.10	0.10	0.003	0.088
Plomo, kg/m ³ (máximo)	0.0026	0.013		0.00026
Número de octano carretero, (R+M)/2 (mínimo)	87.0	87.0	87.0	87.2
Aromáticos, % volumen (máximo)	ND	-	22	30.9
Olefinas, % volumen (máximo)	ND	-	4	12.0
Benceno, % volumen (máximo)	ND	-	0.8	1.7
Oxígeno, % en peso	ND	-	2 mín	ND

Notas: * Norma publicada en el Diario Oficial de la Federación del 2 de diciembre de 1994.
 ** Regular Norteamericana. *** Regular Californiana. ND = Valor no disponible.

La Tabla 5.2 presenta algunas especificaciones federales norteamericanas de la gasolina Regular y las que rigen en el estado de California actualmente, y se incluyen los valores típicos que durante 1998 alcanzaron diversas propiedades que caracterizan a la gasolina Pemex Magna en Tijuana.

Se puede inferir que la gasolina Pemex Magna cumplió con las especificaciones de la NOM-086-ECOL-1994 para la Zona Frontera Norte (ZFN) durante 1998, y que algunas de sus características son comparables con las de la gasolina Regular norteamericana. La gasolina californiana tiene parámetros más estrictos que la Regular norteamericana y 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 contenido de olefinas, aromáticos y benceno, pero para estos parámetros la gasolina californiana también tiene valores más estrictos.

En algunas ciudades norteamericanas como El Paso, Texas, se está operando un programa para disminuir las emisiones evaporativas de compuestos orgánicos volátiles (COV's) al usar en el periodo de junio a septiembre de cada año gasolina con baja PVR (el valor máximo es de 7 lb/pulg²). Dicha medida es benéfica cuando se pretende reducir los niveles de ozono. La NOM-086 especifica que en la gasolina magna para la Zona Fronteriza, la PVR varía en el año respecto a la especificación de la clase de volatilidad de la zona; por ejemplo, en el periodo de mayo a septiembre se tiene el valor más bajo (7.8 lb/pulg²), y en noviembre, diciembre, enero, febrero y marzo el valor más alto (13.5 lb/pulg²). Las gasolinas californianas deben cumplir con la especificación de una PVR no mayor a 6.8 lb/pulg².

Respecto al contenido de oxígeno en la gasolina, la norma mexicana no especifica valor alguno para este parámetro y la refinería de Salina Cruz, Oaxaca no lo reporta. En la ciudad de El Paso se oxigena la gasolina en la temporada invernal (con etanol) con un contenido mínimo de 2.7% de O₂ en peso, con la finalidad de mejorar la combustión y disminuir las emisiones de monóxido de carbono; a su vez, la gasolina de Cd. Juárez es oxigenada a cerca de 1.5% en peso con MTBE, de noviembre a marzo de cada año, desde 1999. En el caso de California se especifica un contenido de oxígeno no menor al 2% en peso.

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

Propiedad	Diesel Sin		
	México NOM-086* 1994	ZMVM Valor típico en 1997**	Ref. Salinas Cruz Valor típico en 1997
10% destila a °C (máximo):	275	223	209
90% destila a °C (máximo):	345	335	338
Agua y sedimento, % en volumen (máximo):	0.05	0.010	ND
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	53.6
Viscosidad, (SU), segundos	32 – 40	ND	ND
Aromáticos, % en volumen	30	27.5	24.1

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

En cuanto al combustible Pemex Diesel, éste satisface ampliamente las especificaciones mexicanas, su contenido promedio de azufre fue de 0.04% en peso, siendo este parámetro ligeramente superior al distribuido en 1997 en la ciudad de México que fue de 0.03% (ver Tabla 5.3).

Con relación a los combustibles industriales, el combustóleo debe presentar un contenido máximo de azufre no mayor al 4%, establecido en la NOM-086 a partir de enero de 1998. El combustóleo que se distribuyó en Tijuana en 1997 cumplió con la norma, con un contenido promedio de 3.8% de azufre en peso.

Tabla 5.4. Especificaciones del combustóleo mexicano

Propiedad	Combustóleo	
	México NOM-086* 1994	Ref. Salina Cruz Valor típico, 1997
Peso Específico (20/4 °C)	ND	1.001
Viscosidad SSF (50°C)	475-550	530.6
Azufre (% en peso)	4	3.8
Agua y sedimento, (% en volumen):	1.0 máx.	0.063
Temp. Infl. (°C)	66 mín.	99.6
Temp. Escurr. (°C)	15 máx.	12.2
Cenizas (% en peso)	ND	0.045
Vanadio (ppm)	ND	347.8
Níquel (ppm)	ND	67.0
Sodio (ppm)	ND	2.1
Asfaltenos (% en peso)	ND	14.2
Carbón Conradson (% en peso)	ND	15.39
Viscosidad Cinem.	1008-1166	1125

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

Referente al empleo de gas, en 1998 en Tijuana sólo se consumió gas licuado de petróleo (Gas L.P.); éste debe cumplir con las características y composición señaladas en la NOM-086 (ver tabla 5.5). Se observa que esta norma no establece un contenido mínimo de propano.

Tabla 5.5. Especificaciones del Gas LP*

Propiedad	Gas Licuado de Petróleo
	NOM-086* 1994
Presión de vapor en exceso a la atmósfera 37.8 °C (kPa, lb/pulg ²)	551 (80) mínimo 1379 (200) máximo
El 95% destila a: (°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°C	Informar
Corrosión de placa de cobre, 1 hora a 37.8 °C	Estándar No. 1 máximo
Azúfre total (kg/ton)	0.140 máximo
Agua libre	Nada

* Norma publicada en el Diario Oficial de la Federación del 2 de diciembre de 1994.

5.3. Inventario de emisiones 1998

Para la elaboración de este Programa, se integró el inventario detallado de emisiones de Tijuana y Rosarito, 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 EPA a través de la WGA, como parte de las tareas del Proyecto de Desarrollo de la Metodología de Inventarios de Emisiones para México. En este proyecto se contempló probar la metodología en ciudades mexicanas, para lo cual se contrató a la compañía norteamericana Dames and Moore, que a su vez subcontrató a la compañía mexicana Ecodes, para realizar el inventario de emisiones de los municipios de Tijuana, Rosarito y Tecate. El costo aproximado del proyecto fue de 250 mil dólares. A la fecha de elaboración de este documento, se contó con los resultados iniciales consolidados del inventario de emisiones obtenidos por el consultor mexicano, los cuales serán sujetos al proceso de revisión y garantía de calidad primero por el consultor norteamericano y luego por el INE. Por ello los resultados que aquí se presentan son “preliminares”.

Las Tablas 5.6 y 5.7 y la Figura 5.4 muestran el volumen y porcentaje de emisiones generadas por tipo de fuente y por contaminante. Se estima que se emiten más de 465 mil toneladas al año de contaminantes criterio, de las cuales el 74% corresponde al sector transporte, el sector industria aporta el 8%, el sector servicios poco más del 17% y los suelos y vegetación contribuyen con poco menos del 1%. En las Tablas 5.8 y 5.9 se presentan las emisiones generadas en forma desagregada por tipo de giro industrial y subcategoría de fuente.

Tabla 5.6. Inventario preliminar de emisiones de Tijuana-Rosarito 1998 (ton/año)

Sector	PM10	SO ₂	CO	NOx	GOT*	Total	%
Industria	3,299	21,633	617	3,501	8,329	37,379	8.0
Servicios	23,563	7,626	17,157	1,649	31,304	81,299	17.4
Transporte	1,214	949	281,917	23,501	36,908	344,489	74.0
Suelos y vegetación	1,273			145	1,195	2,613	0.6
T O T A L	29,349	30,208	299,691	28,796	77,736	465,780	100.0

Tabla 5.7. Inventario preliminar de emisiones de Tijuana-Rosarito 1998 (porcentaje en peso por contaminante)

	PM10	SO ₂	CO	NOx	GOT*
Industria	11.2	71.6	0.2	12.2	10.7
Servicios	80.3	25.3	5.7	5.7	40.3
Transporte	4.1	3.1	94.1	81.6	47.5
Suelos y vegetación	4.4			0.5	1.5
Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

* GOT: Gases Orgánicos Totales

Tabla 5.8. Inventario de emisiones preliminar desagregado de Tijuana-Rosarito, 1998 (ton/año)

Tipo de fuente	PM10	SO ₂	CO	NOx	GOT
Industria					
Generación de energía	1,043	21,268	340	3,104	122
Industria química	NS	NS	NS	NS	105
Minerales metálicos	18	2	205	1	35
Minerales no metálicos	25	NS	7	12	212
Productos vegetales y animales	NS	NS	NS	1	4
Madera y derivados	3	50	NS	5	4
Productos consumo alimenticio	20	163	46	279	19
Industria del vestido	NS	NS	1	4	27
Productos de consumo varios	9	146	8	52	1,334
Productos metálicos	1	1	3	6	476
Productos de consumo de vida media	2,180	3	6	31	3,646
Productos de consumo de vida larga	NS	NS	NS	1	1,441
Almacenamiento, manejo y venta de combustibles	NS	NS	1	5	904
Servicios					
Combustión Industrial, Comercial	429	7,616	106	887	20
Combustión Residencial	6	NS	26	190	7
Locomotoras	4	10	18	150	8
Aeronaves	NE	NS	298	194	84
Cruces fronterizos	NS	NE	16,500	219	1,693
Terminales de autobuses	NS	NS	10	7	2
Recubrimiento industrial de superficies	NA	NA	NA	NA	1,550
Pintado de carrocerías	NA	NA	NA	NA	1,017
Recubrimiento de superficies arquitectónicas	NA	NA	NA	NA	2,531
Pintura de tráfico	NA	NA	NA	NA	48
Limpieza de superficies en la industria (desengrasado)	NA	NA	NA	NA	3,960
Lavado en seco (tintorerías)	NA	NA	NA	NA	727
Artes gráficas	NA	NA	NA	NA	715
Aplicación de asfalto	NA	NA	NA	NA	3,342
Uso comercial y doméstico de solventes	NA	NA	NA	NA	5,462
Comercialización y distribución de combustible	NA	NA	NA	NA	2,482
Carga de combustible en aeronaves	NA	NA	NA	NA	1
Distribución de Gas L. P.	NA	NA	NA	NA	7,391
Panaderías	NA	NA	NA	NA	170
Construcción	286	NA	NA	NA	NA
Asados al carbón	74	NE	NE	NE	65
Aplicación de plaguicidas	NA	NA	NA	NA	NS
Corrales de engorda de ganado	546	NA	NA	NA	NA
Labranza agrícola	16	NA	NA	NA	NA
Tratamiento de aguas residuales	NA	NA	NA	NA	12
Incendios forestales	12	NE	109	NE	10
Incendios de construcciones	6	NA	90	2	7
Caminos pavimentados	4,324	NA	NA	NA	NA
Caminos no pavimentados	17,860	NA	NA	NA	NA
Transporte					
Autos particulares	84	406	130,638	7,037	16,431
Taxis	24	118	38,142	2,053	4,798
Pick up	68	328	99,064	5,394	13,092
Camiones de pasajeros a gasolina	2	9	3,645	249	429
Camiones de pasajeros a diesel	390	26	2,142	3,191	521
Camiones de carga a gasolina	2	9	3,633	241	431
Camiones de carga a diesel	642	43	3,602	5,297	870
Motocicletas	2	10	1,051	39	336
Suelos y vegetación					
Erosión por viento	1,273	NA	NA	NA	NA
Vegetación	NA	NA	NA	145	1,195
Total	29,349	30,208	299,691	28,796	77,736

NA = No aplica

NE = No estimado

NS = No significativo

Inventario de emisiones

Tabla 5.9. Inventario de emisiones preliminar 1998 (porcentaje en peso por contaminante)

Tipo de Fuente	PM10	SO2	CO	NOx	GOT
Industria					
Generación de energía	3.6	70.4	0.1	10.8	0.2
Industria Química	NS	NS	NS	NS	0.1
Minerales metálicos	NS	NS	NS	NS	NS
Minerales no metálicos	NS	NS	NS	NS	0.3
Productos vegetales y animales	NS	NS	NS	NS	NS
Madera y derivados	NS	0.2	NS	NS	NS
Productos consumo alimenticio	NS	0.5	NS	1.0	NS
Industria del vestido	NS	NS	NS	NS	NS
Productos de consumo varios	NS	0.5	NS	0.2	1.7
Productos metálicos	NS	NS	NS	NS	0.6
Productos de consumo de vida media	7.4	NS	NS	0.1	4.7
Productos de consumo de vida larga	NS	NS	NS	NS	1.9
Almacenamiento, manejo y venta de combustibles	NS	NS	NS	NS	1.2
Servicios					
Combustión industrial, comercial	1.5	25.2	NS	3.1	NS
Combustión residencial	NS	NS	NS	0.7	NS
Locomotoras	NS	NS	NS	0.5	NS
Aeronaves	NE	NS	0.1	0.7	0.1
Cruces fronterizos	NS	NE	5.5	0.8	2.2
Terminales de autobuses	NS	NE	NS	NS	NS
Recubrimiento industrial de superficies	NA	NA	NA	NA	2.0
Pintado de carrocerías	NA	NA	NA	NA	1.3
Recubrimiento de superficies arquitectónicas	NA	NA	NA	NA	3.3
Pintura de tráfico	NA	NA	NA	NA	0.1
Limpieza de superficies en la industria (desengrasado)	NA	NA	NA	NA	5.1
Lavado en seco (tintorerías)	NA	NA	NA	NA	0.9
Artes gráficas	NA	NA	NA	NA	0.9
Aplicación de asfalto	NA	NA	NA	NA	4.3
Uso comercial y doméstico de solventes	NA	NA	NA	NA	7.0
Comercialización y distribución de combustible	NA	NA	NA	NA	3.2
Carga de combustible en aeronaves	NA	NA	NA	NA	NS
Distribución de Gas L. P.	NA	NA	NA	NA	9.5
Panaderías	NA	NA	NA	NA	0.2
Construcción	1.0	NA	NA	NA	NA
Asados al carbón	0.3	NE	NE	NE	0.1
Aplicación de plaguicidas	NA	NA	NA	NA	NS
Corrales de engorda de ganado	1.9	NA	NA	NA	NA
Labranza Agrícola	0.1	NA	NA	NA	NA
Tratamiento de aguas residuales	NA	NA	NA	NA	NS
Incendios forestales	NS	NE	NS	NE	NS
Incendios de construcciones	NS	NA	NS	NS	NS
Caminos pavimentados	14.7	NA	NA	NA	NA
Caminos no pavimentados	60.9	NA	NA	NA	NA
Transporte					
Autos particulares	0.3	1.3	43.6	24.4	21.1
Taxis	0.1	0.4	12.7	7.1	6.2
Pick up	0.2	1.1	33.1	18.7	16.8
Camiones de pasajeros a gasolina	NS	NS	1.2	0.9	0.6
Camiones de pasajeros a diesel	1.3	0.1	0.7	11.1	0.7
Camiones de carga a gasolina	NS	NS	1.2	0.8	0.6
Camiones de carga a diesel	2.2	0.1	1.2	18.4	1.1
Motocicletas	NS	NS	0.4	0.1	0.4
Suelos y vegetación					
Erosión por viento	4.3	NA	NA	NA	NA
Vegetación	NA	NA	NA	0.5	1.5
Total	100	100	100	100	100

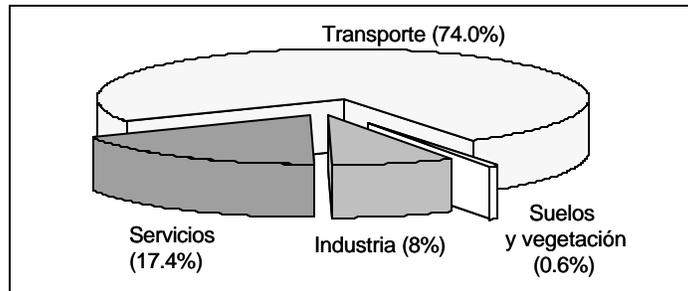
NA = No aplica

NE = No estimado

NS = No significativo

Analizando las tablas anteriores, se puede observar que el sector industrial aporta el 71% de las emisiones de SO₂ y el 11% de las emisiones de PM10 y 12% de NOx. El sector servicios emite el 40% de los GOT y el 80% de las PM10. El sector transporte origina el 82% de los NOx, 47% de los GOT y el 94% del CO. El sector suelos emite el 4% de las PM10.

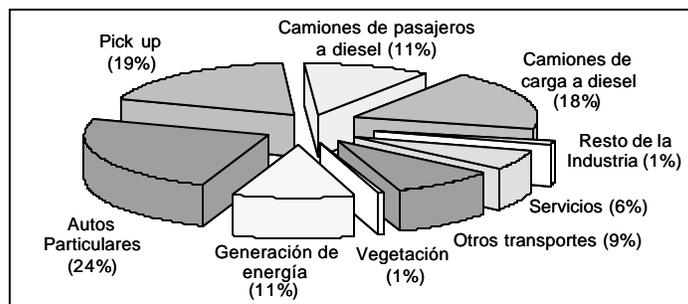
Figura 5.4. Contribución a las emisiones totales por sector



A continuación se hace un análisis de contribución de emisiones para PM10, GOT y NOx, por ser los que tienen una relación con los contaminantes que rebasan las normas de calidad del aire y participan en la formación del ozono.

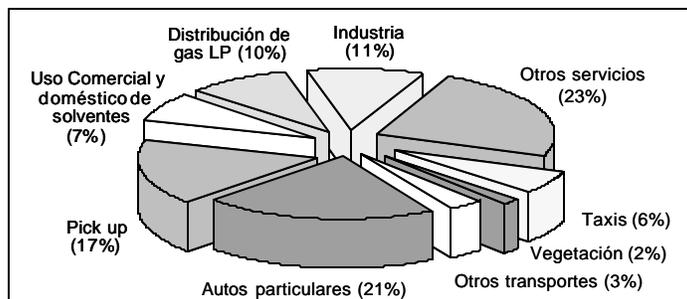
Si se hace un análisis de la participación de todas las fuentes que integran el inventario de emisiones, en cuanto a las contribuciones de óxido de nitrógeno se tiene que los camiones de carga y pasajeros a diesel contribuyen con el 18% y el 11%, respectivamente, los autos particulares con el 24%, las pick up con el 19%, la generación de energía eléctrica con el 11% y otros transportes con el 9% (Figura 5.5).

Figura 5.5. Contribución anual en NOx por tipo de fuente



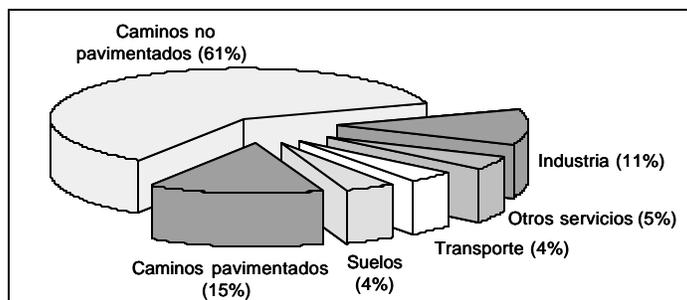
De manera similar se observa que los autos particulares aportan el 21% de las emisiones de los GOT, las pick up el 17%, los taxis el 6%, el uso comercial y doméstico de solventes el 7%, la distribución de gas LP el 10%, otros servicios el 23% y la industria el 11% (Figura 5.6).

Figura 5.6. Contribución anual en GOT por tipo de fuente



En cuanto a PM10, se observa que los caminos pavimentados y no pavimentados aportan el 76% de las emisiones de este contaminante, la industria el 11%, el resto de los servicios el 5%, el transporte y los suelos aportan cada uno el 4% (Figura 5.7).

Figura 5.7. Contribución anual en PM10 por tipo de fuente

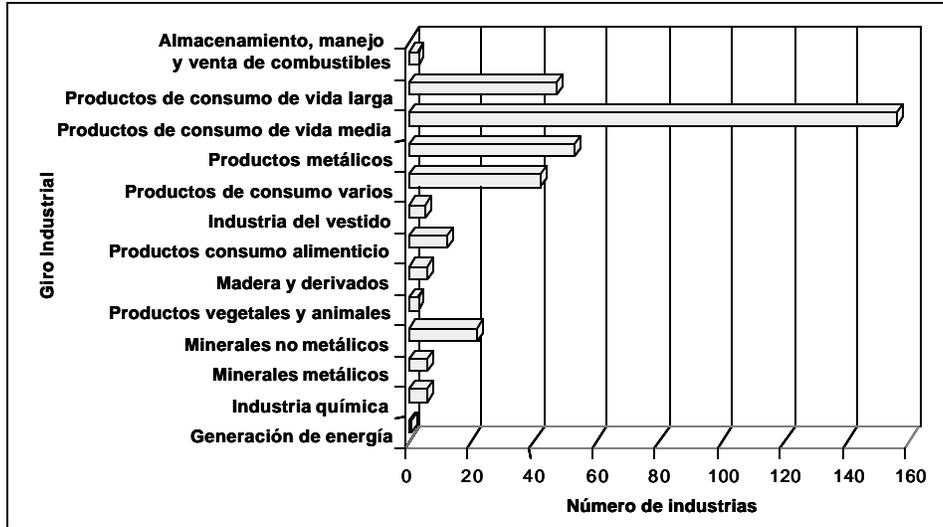


Industria

En Tijuana-Rosarito se estima que existen aproximadamente 2,205 establecimientos industriales manufactureros, la mayoría corresponde a la micro y pequeña industria y sólo alrededor del 12% corresponde a la industria mediana y grande.

Para la realización del inventario de emisiones se integró la información de 362 empresas, 351 que se encuentran ubicadas en Tijuana y 11 en Rosarito. Se identificaron 13 giros industriales, de los cuales el de productos de consumo de vida media agrupa el 42%, seguido por el de productos metálicos con el 15%, el de productos de consumo de vida larga con el 13%, el de productos de consumo varios con el 12% y el 18% lo constituyen los giros restantes (Figura 5.8).

Figura 5.8. Número de establecimientos por giro industrial de Tijuana-Rosarito



Como se indicó, el inventario de emisiones generadas para el sector industrial se elaboró aplicando la metodología desarrollada para México²⁴, para lo cual se consideró la información presentada a la Delegación de SEMARNAP en Baja California por las empresas de jurisdicción federal en la Cédula de Operación Anual de 1998, así como los registros de 1997 y 1998 presentados por las empresas de jurisdicción estatal a la Dirección General de Ecología del Estado de Baja California.

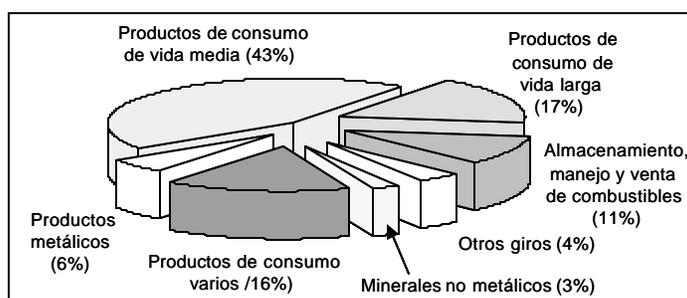
Con base en este inventario, se tiene que el total de emisiones para el sector industrial de Tijuana-Rosarito es de 37 mil ton/año, de ellas cerca del 58% corresponden a SO₂, esto es debido a que en esta zona se encuentra ubicada la planta termoeléctrica que consumen grandes volúmenes de combustóleo pesado; se tiene contemplado que este combustible será sustituido por gas natural en un 50% de su volumen en el segundo semestre del presente año, y el 50% restante será combustóleo con un contenido de azufre del 2%. De acuerdo con los datos obtenidos en el inventario de emisiones en esta zona, son muy pocas las empresas que tienen procesos de combustión de gran capacidad y los otros combustibles utilizados por el sector industrial son el diesel y el gas LP en pequeñas cantidades.

Por lo que respecta al PM₁₀, el sector industrial genera el 3,299 ton/año de las emisiones de este contaminante, de las cuales el 61% es emitido por el giro de productos de consumo de vida media y el 32% por el sector de generación de energía eléctrica, así mismo, esta actividad contribuye con el 89% de las emisiones industriales de NO_x seguida del giro de productos de consumo alimenticio con el 8%.

²⁴ Radian-Semarnap, (1997). Mexico Emissions Inventory Program Manuals, Volume IV Point Source Inventory Development.

De particular importancia son las emisiones de gases orgánicos totales, ya que en la región Tijuana-Rosarito, la clase de establecimientos es casi en su mayoría maquiladoras que utilizan grandes volúmenes de solventes, que por una parte pueden contribuir a la formación de ozono y por otra presentar riesgos por toxicidad. Las emisiones de GOT para este sector son de 8 mil ton/año en donde el 43% se generan por los productos de consumo de vida media, el 17% por los productos de consumo de vida larga, el 16% por los productos de consumo varios, el 11% por el almacenamiento, manejo y venta de combustibles y el resto por otros giros.

Figura 5.9. Contribución a las emisiones de GOT por los giros del sector industrial



La Tabla 5.10 presenta 8 estratos de empresas de acuerdo al nivel de emisiones contaminantes indicado en la segunda columna. Un análisis sobre emisiones de NOx y GOT, muestra que el estrato A, que incluye a todos los demás, está constituido por las 195 empresas cuyos niveles individuales de emisión son mayores a 2 toneladas anuales; el estrato B, que incluye a los subsecuentes, está formado por los 171 establecimientos con emisiones mayores a 3 ton/año, y así sucesivamente.

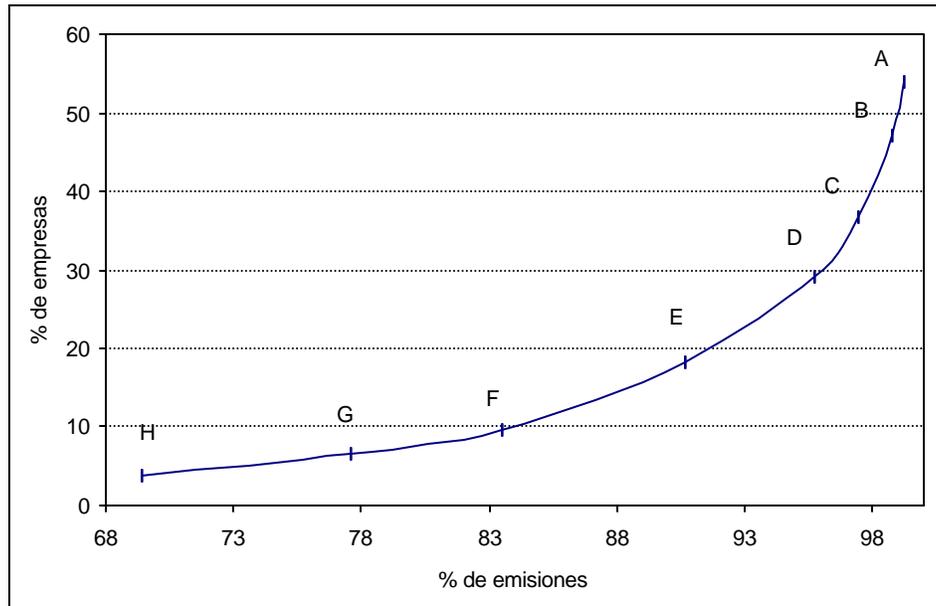
Tabla 5.10. Ordenación de empresas de Tijuana-Rosarito según volumen de emisiones de NOx y GOT (ton/año)

Grupo	Estratos de emisión (ton/año)	No. de empresas	% de empresas respecto del total	Emisión (ton/año) NOx	Emisión (ton/año) GOT	Emisión NOx + GOT	% de emisión respecto al total de NOx + GOT del sector
A	>2	195	53.9	3,485	8,254	11,739	99.2
B	>3	171	47.2	3,480	8,199	11,679	98.7
C	>5	133	36.7	3,467	8,059	11,526	97.4
D	>10	106	29.3	3,438	7,887	11,325	95.7
E	>20	66	18.2	3,422	7,300	10,722	90.6
F	>40	35	9.7	3,416	6,459	9,875	83.5
G	>80	24	6.6	3,381	5,795	9,176	77.6
H	>120	14	3.9	3,379	4,832	8,212	69.4

Número total de empresas de la base de datos: 362
 Emisión total de NOx ton/año 3,501
 Emisión total de HC ton/año 8,329
 Emisión total (HC + NOx), ton/año 11,830

Esta forma de organizar la información contenida en la tabla, permite observar que las 195 empresas del estrato A, representan un volumen de 11,739 ton/año de precursores de ozono, que corresponde al 99% de las emisiones totales generadas por el sector industrial. Siguiendo el mismo razonamiento, se puede observar que basta incluir a las 66 empresas que emiten más de 20 ton/año en HC y NOx (grupo E), para abarcar el 91% de emisiones de estos contaminantes producidos por la industria en su conjunto en Tijuana-Rosarito.

Figura 5.10. Contribución de las industrias a las emisiones de GOT 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 (ver Figura 5.12). El punto A, representa a las 195 empresas que generan el 99% de los precursores de ozono. El otro 1% de los precursores, corresponde a las emisiones producidas por el 46% restante de las empresas, es decir, por 167 establecimientos.

Si ampliamos el análisis anterior e incorporamos las emisiones de SO₂, PM10 y CO se observa que las mismas 195 empresas generan el 57% de las emisiones totales del sector industrial (ver Tabla 5.11). 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 5.11. Ordenación de empresas de Tijuana-Rosarito según volumen de emisiones totales de PM10, SO₂, CO, NO_x y GOT.

Grupo	Estratos de emisión (ton/año)	No. de empresas	% de empresas respecto del total	PM10	SO _x	CO	NO _x	GOT	Emisión total (ton/año)	% de emisión respecto al sector
A	>2	195	53.9	1,929	2,846	4,684	3,485	8,254	21,199	56.7
B	>3	171	47.2	1,907	2,837	4,678	3,480	8,199	21,102	56.5
C	>5	133	36.7	1,894	2,832	4,677	3,467	8,059	20,929	56.0
D	>10	106	29.3	1,893	2,823	4,675	3,438	7,887	20,716	55.4
E	>20	66	18.2	1,887	2,814	4,672	3,422	7,300	20,095	53.8
F	>40	35	9.7	1,880	2,739	4,655	3,416	6,459	19,149	51.2
G	>80	24	6.6	1,875	2,664	4,653	3,381	5,795	18,368	49.1
H	>120	14	3.9	1,239	1,813	4,633	3,379	4,832	15,897	42.5

Número total de empresas de la base de datos:
Emisión total ton/año

362
37,379

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 Tijuana-Rosarito las emisiones que se inventariaron corresponden al sector comercial y de servicios, a las vialidades y a otras actividades. Entre las actividades inventariadas están la combustión industrial, comercial y residencial, la hotelería, los restaurantes, los baños públicos, las microindustrias que consumen pequeños volúmenes de combustibles, el uso de solventes, el almacenamiento, transporte y distribución de combustibles, las fuentes comerciales pequeñas y los cruces fronterizos.

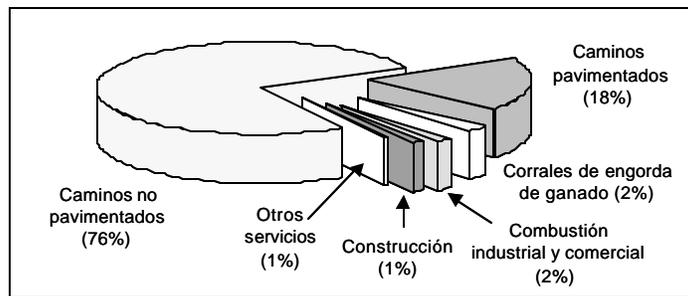
El sector de comercios y servicios es importante por el gran número de establecimientos existentes en Tijuana-Rosarito ya que es una zona de densidad poblacional media que se encuentra entre las diez ciudades más pobladas de la República Mexicana, lo cual implica la necesidad de que existan toda la gama 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 GOT.

Como se mencionó, para el desarrollo del inventario de fuentes de área de Tijuana-Rosarito se aplicó la metodología elaborada para México,²⁵ seleccionándose los métodos recomendados de mayor confiabilidad para el cálculo 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.

²⁵ Radian-Semarnap (1997). Mexico Emissions Inventory Program Manuals, Volume V- Area Source Inventory Development.

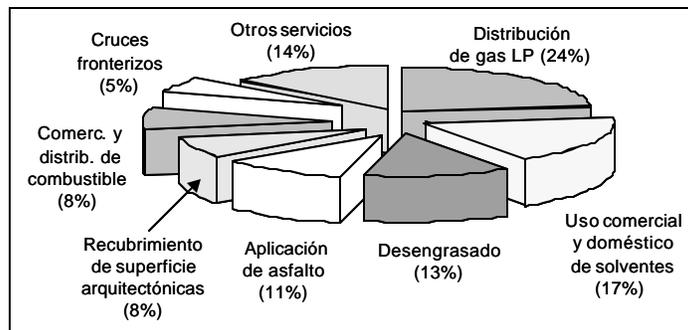
La emisión de partículas PM10 por las fuentes de área es de 23,563 ton/año, generadas principalmente por los caminos o calles no pavimentadas en un 76%, esto es debido a que en Tijuana el 40% de las calles no tienen revestimiento asfáltico y en Rosarito el 95% son calles de terracería. Otro 18% de este contaminante es generado por la resuspensión de partículas ocasionada por el paso de vehículos en las calles pavimentadas, ya que por la topografía de la ciudad, durante la época de lluvias se arrastran cantidades considerables de tierra por la erosión hídrica y se depositan en las calles localizadas en la parte baja de la ciudad (Figura 5.11).

Figura 5.11. Contribución a las emisiones de PM10 por las subcategorías de fuentes de área



Otro contaminante que es generado en cantidades significativas por las fuentes de área son los GOT, principalmente por la distribución de gas LP (24% de las emisiones), el uso comercial y doméstico de solventes (17%), el desengrasado de piezas (13%) y la aplicación de asfalto (11%).

5.12. Contribución a las emisiones de GOT por las subcategorías de fuentes de área



Suelos y Vegetación

Para este inventario se desarrollaron las primeras estimaciones de emisiones generadas por los suelos y la vegetación de Tijuana-Rosarito y podrán servir para diseñar programas de reforestación y de estabilización de suelo en la zona.

Las emisiones de los suelos dependen de varios factores. Entre los más importantes que fueron considerados están: el tipo de suelo (para esta región es de textura areno-arcillosa), la precipitación pluvial (alrededor de los 300 mm anuales en promedio) y las velocidades de los vientos (varían dependiendo de la época del año, oscilando entre los 3 a 4 metros por segundo).

Obviamente que el contaminante que se emite por los suelos son las partículas, donde la principal fuente es la erosión del suelo por efecto del viento. Debido a que la ciudad se ubica en una zona de clima seco templado, con una extensa superficie cubierta por pequeñas especies vegetales, los tipos del suelo favorecen el aporte de partículas por efecto del viento; debido a la escasa precipitación pluvial que se registra en la región, esto no es un factor importante que disminuya las emisiones de suelos. Dentro de las zonas identificadas como aportadoras de este contaminante están los espacios sin cobertura vegetal que circundan la ciudad, así como las calles sin pavimentar y los lotes baldíos dentro de la ciudad. Se estima que la erosión del suelo aporta poco más del 4% de las emisiones de PM10.

Cabe mencionar que para integrar el inventario de Tijuana-Rosarito se calcularon las emisiones generadas por la vegetación, las cuales se estiman en 1,195 ton/año de gases orgánicos totales.

Transporte

El consumo de combustibles por los vehículos automotores constituye la principal fuente de emisiones contaminantes en Tijuana-Rosarito. Para el cálculo de las emisiones generadas por el sector transporte se aplicó el modelo MOBILE5-Juárez,^{26,27} adecuado al parque vehicular y características de la región. Con este modelo se estimaron los factores de emisión de NOx, GOT y CO, y se hicieron corridas del modelo para cada mes del año, por considerarse que existen variaciones sustanciales de las temperaturas ambientales máxima y mínima. Para el cálculo de las emisiones de SO₂ se empleó la técnica de balance de materiales, considerando el contenido de azufre en los combustibles, y para el de las partículas se utilizaron factores de emisión internacionales.

El sector transporte genera anualmente 344 mil toneladas de contaminantes, de los cuales 282 mil toneladas corresponden a monóxido de carbono, 37 mil toneladas a gases orgánicos totales, 23 mil toneladas a óxidos de nitrógeno, mil a bióxido de azufre y 1,200 a PM10. Dada la situación de la problemática ambiental y del nivel de desarrollo que se requiere en la estructuración de los planes y

²⁶ Radian-Semarnap (1997). Mexico Emissions Inventory Program Manuals, Volume VI-Motor Vehicle Inventory Development.

²⁷ Texas Natural Resource Conservation Commission (1994). Cd. Juárez Mobile5 Data Collection.

programas ambientales de Tijuana-Rosarito, es necesario que la estimación de las emisiones de estas fuentes siempre sea lo más actualizada posible.

Vialidad

La situación geográfica de Tijuana-Rosarito hace que su límite norte corresponda a la línea internacional con los Estados Unidos, hacia el este colinda con los municipios de Tecate y Ensenada, al sur con el municipio de Ensenada y el Océano Pacífico, y al oeste con el Océano Pacífico y los Estados Unidos.

Como se observa en la Tabla 5.12, son 6 los principales accesos viales para llegar al municipio de Tijuana. El tránsito promedio diario anual en las carreteras libre y de cuota a Ensenada y la carretera libre a Tecate-Mexicali es mayor a los 5,500 vehículos, y en la carretera de cuota a Tecate-Mexicali de más de 1,500 vehículos. El mayor tránsito promedio diario anual se da en las garitas internacionales (Puerta México y Otay), superior a los 45 mil vehículos diarios.

Tabla 5.12. Vías de acceso a Tijuana-Rosarito

Accesos Carreteros	Dirección	Longitud (km)
Carretera Libre a Ensenada	Suroeste	16.68
Carretera Cuota a Ensenada	Suroeste	21.54
Carretera Cuota Tecate-Mexicali	Sureste	8.65
Carretera Libre Tecate-Mexicali	Este	6.85
Garita Internacional Puerta México	Norte	0.73
Garita Internacional Otay	Noreste	1.47

Fuente: Plan de Desarrollo Urbano del Centro de Población Tijuana PDCPT, 1998.

En la Tabla 5.13 se describen las principales vialidades de la zona urbana. Las que presentan conflictos son la calzada Lázaro Cárdenas, a la cual convergen el Blvd. Díaz Ordaz, vías rápidas oriente y poniente; Blvd. Insurgentes, libramiento sur y la carretera al aeropuerto. En esta vialidad se presenta un tránsito promedio diario anual superior a los 25 mil vehículos y se registran velocidades de circulación en horas pico de entre 5 y 10 km/h, siendo esta la vialidad que presenta el mayor conflicto, ya que es el eje que comunica la ciudad de oriente a poniente.

El Blvd. Agua Caliente junto con el Blvd. Díaz Ordaz comunican el centro con el extremo este de la ciudad, atravesando prácticamente toda la ciudad, presentando un tránsito promedio diario anual superior a los 25 mil vehículos, encontrando la zona de mayor conflicto en el cruce 5 y 10, donde se registran velocidades de circulación en horas pico de entre 10 y 15 km/h y una velocidad de circulación en horas valle de entre 30 y 40 km/h.

Tabla 5.13. Vialidades primarias de Tijuana-Rosarito

Nombre	Orientación	Kilómetros
Ave. Revolución	N – S / S – N	1.53
Blvd. Aguascalientes	NO – SE	3.72
Blvd. Salinas	E – O / O – E	1.85
Blvd. Federico Benítez	E – O / O – E	6.8
Blvd. Díaz Ordaz	E – O / O – E	7.5
Autopista a Playas	E – O / O – E	6.82
Calle Segunda	O – E	2.32
Calle Tercera	E – O	2.09
Ave. Internacional	E – O / O – E	4.06
Libramiento Sur	N – S / S – N	10.59
Blvd. Fundadores	N – S	5.88
Ave. Paseo de los Héroes	E – O / O – E	4.39
Vía Rápida poniente	E – O	8.99
Vía Rápida oriente	O – E	7.31
Carr. Libre Tijuana–Ensenada	N – S	16.68
Blvd. Cuauhtémoc Oriente	O – E	5.92
Blvd. Cuauhtémoc Poniente	E – O	1.07
Blvd. Aeropuerto	E – O / O – E	6.35
Blvd. Defensores de Baja California	E – O	1.77
Blvd. Tecnológico	E – O	2.77
Blvd. Universidad	E – O	1.96
Acceso Otay–Buena Vista	E – O	2.79
Blvd. Las Américas	N – S	1.21
Blvd. Lázaro Cárdenas Poniente	N – S	5.15
Blvd. Lázaro Cárdenas Oriente	S – N	2.79
Blvd. Insurgentes	E – O / O – E	10.91
Libramiento Oriente	E – O	7.39
Calle 9	E – O / O – E	3.0
Carretera a la Presa	N – S	3.5
Carretera Libre a Tecate	E – O	8.65
Blvd. Industrial	E – O	4.38
Blvd. Bellas Artes	E – O / O – E	4.67
Carr. Cuota Tijuana – Tecate	E – O	6.85
Blvd. Héroes de la Independencia	NE-SO	11.45
Blvd. Manuel J. Clouthier	N – S	6
Carr. Escénica Tijuana – Ensenada	N – S	21.54

Fuente: ECODES, SP, con base en el plano proporcionado por el Instituto Municipal de Planeación (IMPLAN, 1999)
Simbología: N.- Norte, S.- Sur, E.- Este y O.- Oeste

Las vías rápidas oriente y poniente con un tránsito promedio diario anual superior a los 20 mil vehículos, presentan una velocidad de circulación en horas pico de entre 40 y 50 km/h y una velocidad de circulación en horas normales de entre 60 y 80 km/h, encontrándose una zona de conflicto en el entronque de la vía oriente con la calzada Lázaro Cárdenas, con una velocidad de circulación de horas pico de entre 10 y 15 km/h.

La calle Segunda y su prolongación, la cual conecta la zona centro con la zona este de la ciudad, se encuentra saturada por vehículos de transporte colectivo

en la mayoría de su extensión, con un tránsito promedio diario anual superior a los 25 mil vehículos, una velocidad de circulación en horas pico de entre 10 y 15 km//h y una velocidad de circulación en horas normales de manejo de entre 25 y 40 km//h.

La avenida Paseo de los Héroes presenta un tránsito promedio diario anual superior a los 20 mil vehículos, con una velocidad de circulación en horas pico de entre 10 y 15 km//h y una velocidad de circulación en horas normales de manejo de entre 20 y 35 km//h. Presenta una zona de conflicto en la glorieta del monumento a las Californias.

A nivel urbano, la zona de estudio presenta una estructura vial de tipo radial, teniendo como centro de convergencia a la ciudad; las principales vialidades encargadas de distribuir el tránsito en sus diferentes destinos lo constituyen el libramiento norte, el libramiento sur y el Blvd. Insurgentes. Las dos primeras vialidades forman un circuito completo junto con la avenida Internacional, las vías rápidas oriente y poniente, y la calzada Lázaro Cárdenas. Los accesos provenientes de la ciudad de Ensenada convergen directamente sobre este circuito y los de la ciudad de Tecate lo hacen por el Blvd. Insurgentes y el Blvd. Díaz Ordaz, junto con la carretera a la Presa.

La zona de mayor conflicto, como ya se mencionó, es la comprendida por la calzada Lázaro Cárdenas que forma parte del circuito antes descrito. El problema es generado debido a las vialidades que convergen a ésta en cruces y entronques, además de verse influenciada por la central de autobuses.

Parque vehicular

El parque vehicular oficialmente registrado en Tijuana-Rosarito en 1998 fue de 373,955 vehículos²⁸, 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 de vehículos usados ha tenido como consecuencia un 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 aún con un programa de verificación vehicular, que pudiera servir para inducir la corrección de esta situación.

²⁸ Secretaría de Planeación y Finanzas, Centro SCT 02. 1998.

Tabla 5.14. Parque vehicular en Tijuana

Clasificación	No. de vehículos	%	km/veh/día	km/veh/año
Autos Particulares	260,996	71.9	30	10,950
Taxis	7,125	2.0	320	116,800
Pick up	79,533	21.9	80	29,200
Camiones de pasajeros a gasolina	1,380	0.4	131	47,815
Camiones de pasajeros a diesel	2,219	0.6	320	116,800
Camiones de carga a gasolina	1,258	0.3	131	47,815
Camiones de carga a diesel	8,490	2.3	131	47,815
Motocicletas	2,187	0.6	80	29,200
Total	363,188	100.0	1,223	446,395

Fuentes: Compilada con información de Secretaría de Planeación y Finanzas. Sistema de Control Vehicular, 1996; Centro SCT02. Departamento de Autotransporte Federal 1998.

Tabla 5.15. Parque vehicular en Rosarito

Clasificación	No. de vehículos	%	km/veh/día	km/veh/año
Autos Particulares	7,901	73.3	10	3,650
Taxis	460	4.3	60	21,900
Pick up	613	5.7	40	14,600
Camiones de pasajeros a gasolina	12	0.1	70	25,550
Camiones de pasajeros a diesel	20	0.2	70	25,550
Camiones de carga a gasolina	227	2.1	50	18,250
Camiones de carga a diesel	1,204	11.2	50	18,250
Motocicletas	330	3.1	40	14,600
Total	10,767	100.0	390	142,350

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 fabricación nacional²⁹. En las tablas 5.14 y 5.15 se muestra la clasificación del parque vehicular de Tijuana-Rosarito y los kilómetros que recorre en promedio anualmente cada unidad de cada tipo de vehículo, obtenidos con información de 1998.

Como se puede apreciar en la tabla anterior, en Tijuana-Rosarito el porcentaje mayor del parque vehicular lo constituyen los automóviles particulares con un 72% de las unidades, seguido de las pick up con un 21% y de los camiones de carga pesada a diesel con un 3%. El transporte público en conjunto ocupa tan solo el 1% del total de vehículos (3,631 unidades).

En la Tabla 5.16. Se observa la variación del consumo de las gasolinas y el diesel en 1997-1998. Se observa una disminución en el consumo de la gasolina Magna debido a el diferencial de precio de la gasolina nacional con la gasolina norteamericana, ya que es más económica en los Estados Unidos por lo que muchas personas cruzan a ese país solamente a cargar combustibles.

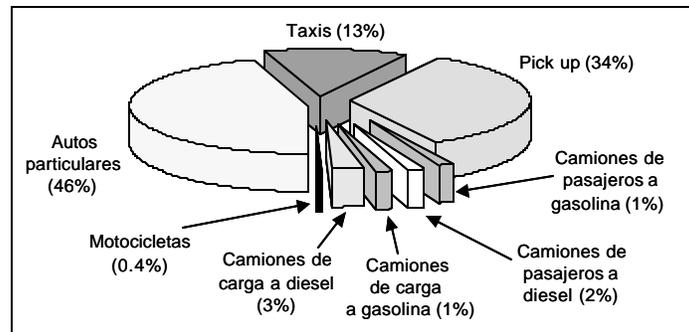
²⁹ Cifras obtenidas del "Reporte de Estadísticas Vehiculares por Municipio, INEGI, 1996".

Tabla 5.16. Consumo de combustibles vehiculares (m³/año)

Combustible	1997	1998	Variación 1996-1997
Magna	676,635	643,558	disminuyo su venta un 5%
Premium	59,191	88,787	Se incrementó su venta un 33%
Diesel	108,516	116,061	Se incrementó su venta un 6.5%

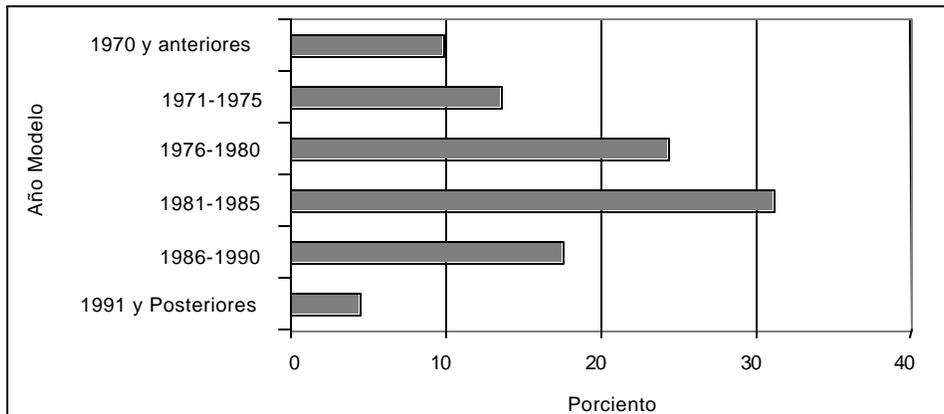
En cuanto a las emisiones generadas por el sector transporte, en la Figura 5.13 se muestra que el 45% de ellas provienen de los automóviles particulares, el 31% de los pick up y el 13% de los taxis, y el 11% por el resto de los vehículos.

Figura 5.13. Emisiones por tipo de vehículo



La distribución de la edad del parque vehicular de la ciudad de Tijuana muestra que aproximadamente el 30% de las unidades son 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 5.14). Esto significa que solo un porcentaje mínimo de los vehículos son de modelos recientes.

Figura 5.14. Edad del parque vehicular



Inventario de San Diego

En la Tabla 5.17 se presenta en forma desagregada el inventario de emisiones de San Diego para el año de 1996.

Tabla 5.17. Inventario de emisiones de San Diego 1996 (ton/año)

Tipo de Fuente	PM10	SO ₂	CO	NO _x	HC
<i>Combustión</i>					
Generación de energía (combustión)	99	298	928	2618	199
Cogeneración	133	0	696	862	795
Industria y manufactura (combustión)	66	66	265	1127	265
Alimentos y procesos agrícolas	99	66	4,806	0	298
<i>Procesos industriales</i>					
Procesos industriales	1,160	0	33	33	1,624
<i>Fuentes de área</i>					
Combustión comercial y servicio	33	398	166	530	33
Combustión residencial	2,552	99	18,526	1,458	2,486
Refinación y comercialización de combustibles	0	0	0	0	21,310
Locomotoras	0	0	66	696	33
Uso comercial de solventes	0	0	0	0	7,722
Consumo de productos	0	0	0	0	6,231
Aeronaves	563	66	5,932	2,182	1,193
Otro equipo móvil no carretero	796	1,624	37,643	9,612	4,607
Pintado y procesos relacionados	0	0	0	0	1,094
Construcción y demolición	0	0	0	0	10,672
Incendios forestales	3,480	0	22,338	331	2,154
Recubrimiento superficies arquitectónicas y	0	0	0	0	3,977
Desengrase	0	0	0	0	1,326
Lavado en seco (tintorerías)	0	0	0	0	1,061
Aplicación de asfaltos	0	0	0	0	397
<i>Productos de consumo</i>					
Plaguicidas y fertilizantes	0	0	0	0	862
Labranza agrícola	132	0	0	0	6,827
Disposición y quema de residuos	558	0	2,916	66	52,729
Caminos pavimentados	0	0	0	0	10,009
Caminos no pavimentados	0	0	0	0	5,733
Polvos fugitivos	0	0	0	0	99
Equipo utilitario	33	0	19,620	33	1,425
Incendios	33	0	298	0	33
Otros procesos misceláneos	795	0	0	0	762
<i>Sector transporte</i>					
Autos particulares	464	166	239,948	22,769	30,921
Pick up	199	66	100,719	13,853	12,362
Camiones de carga ligera	33	0	9,587	2,121	1,624
Camiones ligeros a gas de servicio pesado	66	33	6,927	2,121	530
Camiones medianos a gas de carga pesada	0	0	3,844	696	232
Camiones ligeros a diesel de servicio pesado	99	99	928	1,094	166
Camiones medianos a diesel de servicio pesado	199	133	1,922	2,486	365
Camiones pesados a diesel de servicio pesado	597	298	5,236	8,153	994
Motocicletas	0	0	1,591	166	365
Autobuses urbanos a diesel	0	33	66	563	66
Total	3,208	828	393,602	54,121	126,104

Fuente: www.arb.ca.gov/emisinv/emsmain/emsmain.htm.

Si bien este inventario no es comparable con el desarrollado para Tijuana-Rosarito, debido a que fueron estimados para años diferentes y con información y metodologías que no son del todo similares, se tiene que en términos generales, las emisiones serían mayores en las ciudades mexicanas para las partículas y el SO₂.

Los trabajos binacionales conjuntos permitirán en el futuro contar con un inventario regional armonizado, al menos en su metodología, y con el suficiente grado de confiabilidad que permitirá confirmar las apreciaciones anteriores.

6. OBJETIVOS, METAS Y ESTRATEGIAS GENERALES DEL PROGRAMA

6.1. Objetivos

Objetivo General:

El objetivo principal del Programa de Calidad de Aire Tijuana-Rosarito es señalar acciones encaminadas a proteger la salud de la población, y a prevenir y controlar la contaminación del aire generada por fuentes emisoras; ello a través de acciones coordinadas de los tres niveles de gobierno.

Objetivos específicos:

- Reducir las emisiones contaminantes generadas por vehículos automotores,
- Reducir las emisiones provenientes de la industria y de establecimientos comerciales y de servicios,
- Reducir las emisiones de partículas en calles no pavimentadas, terrenos baldíos y áreas desprovistas de vegetación,
- Privilegiar el uso del transporte público 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 en los Municipios de Tijuana y Rosarito,
- Fortalecer la conciencia y la participación ciudadana en torno a las acciones de protección ambiental,
- Incrementar el conocimiento técnico-científico de los procesos que condicionan el comportamiento de los contaminantes atmosféricos, para sustentar las acciones propuestas en el Programa, e incorporar otras no consideradas,
- Instrumentar mecanismos que fomenten la participación del sector privado mediante incentivos económicos, incluyendo el apoyo internacional a proyectos y estudios requeridos.

6.2. Metas

La meta general de este Programa es reducir gradualmente las emisiones generadas hasta conseguir el cumplimiento de las normas de calidad de aire, en un horizonte de aplicación del 2000 al 2005.

6.3. Acciones y Estrategias

El Programa para Mejorar la Calidad del Aire de Tijuana-Rosarito plantea cinco áreas de trabajo, en donde cada una agrupa acciones específicas enfocadas al cumplimiento de los objetivos planteados en el mismo, y a la reducción de las emisiones contaminantes; estas áreas son:

- Industria, comercio y servicios
- Gestión urbana y del transporte
- Recuperación ecológica
- Investigación y acuerdos internacionales
- Participación ciudadana.

Para cada una de estas áreas se proponen diferentes acciones, en cada una de ellas se identifican las metas, los responsables directos, otros participantes y algunos de los mecanismos de gestión requeridos.

6.3.1. Industria, Comercio y Servicios

1. Regulación de emisiones a empresas potencialmente contaminantes mediante la expedición de licencias, permisos y autorizaciones en materia ambiental.

Objetivo: Evitar el establecimiento de empresas en la región que no puedan cumplir con las leyes ambientales y reducir las emisiones generadas por las empresas contaminantes ya instaladas.

Justificación: La situación geográfica de Tijuana y Rosarito convierte a estas dos ciudades en un polo de atracción para la instalación de industrias, comercios y servicios. De acuerdo con el inventario de emisiones del sector industrial los contaminantes más representativos son el bióxido de azufre (con el 58% de las emisiones del sector), seguido por los hidrocarburos (22%), los óxidos de nitrógeno y las partículas PM10 (9% cada uno). De acuerdo a los datos registrados en forma particular existen industrias que utilizan combustóleo pesado y diesel como combustibles, en donde es necesario promover que se instalen equipos de control anticontaminante para reducir las emisiones de gases y partículas, y se incentive el uso de combustibles más limpios.

Meta: Implementar mecanismos de control y vigilancia que permitan regular el establecimiento de giros industriales, comerciales y de servicios. Poner en práctica programas encaminados a la reducción de las emisiones contaminantes con base en los resultados del inventario.

Responsables directos: Gobiernos Municipal, Estatal y Federal en sus respectivas competencias legales.

Otros participantes: Sector Industrial, Comercial y de Servicios.

Mecanismos de gestión: A nivel Municipal crear la Dirección Municipal de Ecología y expedir el Reglamento de Ecología para la ciudad de Tijuana. Llevar a cabo convenios con los sectores involucrados, con el fin de reducir las emisiones contaminantes. Crear mecanismos para contar con estímulos fiscales que alienen la realización de estas actividades.

2. Establecer un programa de empadronamiento y vigilancia de terminales de almacenamiento y estaciones de servicio de combustibles, para recuperación de vapores.

Objetivo: Contar con sistemas de recuperación de vapores en gasolineras y estaciones de servicio.

Justificación: Los compuestos orgánicos volátiles se consideran contaminantes precursores del ozono; este compuesto se ubica como elemento estándar primario para medir la calidad de aire tanto en México como en los Estados Unidos. Los datos obtenidos por la red de monitoreo atmosférico muestran al ozono como uno de los que presentan excedencias a la norma en la región.

Meta: Convenir el empadronamiento y la verificación de los sistemas de recuperación de vapores de fase cero y uno en las terminales de almacenamiento y en los tanques de las gasolineras, y promover la instalación de sistemas de la fase dos en el 100% de las estaciones de servicio ubicadas en Tijuana y Rosarito.

Responsables directos: Gobierno Estatal y Pemex.

Responsables de seguimiento: Gobiernos Municipales de Tijuana y Rosarito y SEMARNAP.

Otros participantes: Consejo Intermunicipal de Vigilancia de Calidad del Aire, propietarios de estaciones de servicios.

Mecanismos de gestión: Realizar un convenio con Pemex para elaborar un programa de recuperación de vapores en terminales de almacenamiento y estaciones de servicio de combustible.

3. Desarrollar el Registro Municipal de Emisiones.

Objetivo: Identificar y registrar todas las fuentes de emisiones contaminantes de competencia municipal.

Justificación: El registro de fuentes emisoras se presenta como el primer paso para evaluar la transferencia de contaminantes, así como para desarrollar indicadores e índices de cumplimiento ambiental en la región. Los Gobiernos Municipales de Tijuana

na y de Rosarito, apoyados en el inventario de emisiones y en la creación de sus respectivas Direcciones Municipales de Ecología, podrán iniciar el registro de fuentes emisoras de competencia municipal ubicadas en sus propias regiones.

Meta: Registrar en el corto plazo todos los giros comerciales y de servicios de competencia municipal de nueva creación y los previamente establecidos.

Responsables directos: Gobiernos Municipales de Tijuana y Rosarito.

Otros participantes: Gobierno Estatal, Sector Comercial y de Servicios, Cámaras y Asociaciones.

Mecanismos de gestión: Traspaso de facultades para el manejo de giros comerciales y de servicios a los municipios por parte del Gobierno Estatal.

4. *Evaluar la implementación de un Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC) en Tijuana-Rosarito.*

Objetivo: Identificar las necesidades y oportunidades que se generarían con el desarrollo de este tipo de registros.

Justificación: La aplicación de medidas correctivas, requiere de la evaluación previa del estado de los contaminantes y de los mecanismos que intervienen en su dispersión, para que de esta manera cada instancia de gobierno asuma responsabilidades y mecanismos que eviten el impacto en la salud de la población, y se transite hacia la homologación de obligaciones entre la industria de jurisdicción federal y de jurisdicción local.

Para ello se requiere contar con información confiable de las fuentes, lo cual se obtiene actualmente a través del RETC para las industrias de jurisdicción federal. Es necesario que el RETC que se desarrolle para Tijuana-Rosarito contemple una lista de sustancias que refleje la situación local y que la información que se genere sea accesible al público lo más detallada posible a nivel de cada fuente emisora de contaminantes.

Meta: Establecer un RETC con información anual de emisores de contaminantes proporcionada por la industria de jurisdicción federal y estatal y otras fuentes de contaminación.

Responsable directo: Gobierno Estatal.

Otros participantes: Gobiernos Municipales de Tijuana y Rosarito, SEMARNAP, Organizaciones no Gubernamentales e Instituciones Académicas.

Mecanismos de gestión: Realizar un convenio entre los tres niveles de gobierno para la implementación del RETC.

5. Fortalecer la inspección y vigilancia de establecimientos industriales y de servicios.

Objetivo: Reforzar la inspección y vigilancia de establecimientos industriales, comerciales y de servicios, mediante la aplicación de reglamentos y normas vigentes.

Justificación: Para que la aplicación de la normatividad vigente en materia de contaminación del aire sea estricta en la vigilancia del cumplimiento y que ésta reduzca las emisiones efectivamente, es necesario que el Gobierno del Estado y los Gobiernos Municipales adecuen sus leyes y reglamentos con la nueva Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, para que su aplicación sea más eficiente; de la misma manera la SEMARNAP continuará con la vigilancia de las fuentes de jurisdicción federal para que cumplan con la normatividad vigente.

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

Responsables directos: Gobiernos Municipales de Tijuana y Rosarito, Gobierno Estatal y SEMARNAP.

Mecanismos de gestión: Reforzar los programas de inspección y de revisión de la normatividad existente.

6. Impulsar un programa de reducción de Compuestos Orgánicos Volátiles (COV's)

Objetivo: Evaluar el nivel de cumplimiento ambiental y disminuir la generación de COV's en la industria, a través del Programa Estatal de Control de Emisiones y del Programa de Inspección y Vigilancia.

Justificación: Dado que el ramo industrial de la manufactura de componentes electrónicos utiliza grandes cantidades de solventes para limpieza de piezas de ensamble, se requiere promover un programa que evalúe la magnitud del problema y promueva el cambio de materias primas o la instalación de equipos de control para su reducción. El Gobierno del Estado, con base en el inventario de emisiones podrá especificar el número de industrias que se incluirán dentro de este programa.

Meta: Evaluar a corto plazo con el sector industrial la aplicación de un programa voluntario de auditoría ambiental y de reducción de COV's.

Contar con un programa voluntario de auditoría ambiental en empresas de jurisdicción federal y estatal.

Responsables directos: Gobierno Estatal y SEMARNAP.

Otros participantes: Gobiernos Municipales de Tijuana y Rosarito y Sector Industrial.

Mecanismos de gestión: Convenir con el sector industrial el programa de auditoría ambiental para promover la reducción de COV's y elaborar una Norma Oficial Mexicana para emisiones de COV's por el INE.

6.3.2. Gestión Urbana y de Transporte

1. Iniciar con el Programa de Verificación Vehicular en el Municipio de Tijuana

Objetivo: Reducir las emisiones vehiculares generadas por el transporte público de carga y pasajeros así como de vehículos particulares mediante un Programa de Verificación Vehicular obligatorio.

Justificación: De acuerdo a las estimaciones realizadas en el inventario de emisiones, los vehículos automotores son los mayores emisores de monóxido de carbono e hidrocarburos, para el caso de los municipios de Tijuana y Rosarito la flota vehicular tiene una edad mayor a los 15 años y más del 90% son vehículos fronterizos provenientes de los Estados Unidos, los cuales en su mayoría han sido modificados en sus sistemas de control de contaminantes; aunado a esto las emisiones se incrementan cuando no se da mantenimiento al parque vehicular. Actualmente el Gobierno Municipal de Tijuana planea desarrollar un Programa de Verificación Vehicular, el cual se encuentra previsto dentro de su Reglamento de Ecología Municipal.

Meta: Reducir las emisiones generadas por vehículos automotores que circulan en el Municipio de Tijuana.

Iniciar con la primera etapa del Programa de Verificación Vehicular abarcando los vehículos oficiales del Ayuntamiento y del transporte público municipal.

Adicionar como requisito al programa de mantenimiento a vehículos del transporte municipal, la constancia de verificación vehicular.

Reducir hasta en un 30% las emisiones generadas por los vehículos a gasolina y a diesel.

Elaborar a mediano plazo un Programa de Verificación Vehicular obligatorio para la ciudad de Rosarito.

Responsables directos: Gobiernos Municipales de Tijuana y Rosarito.

Otros participantes: Gobierno Estatal, Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Cámaras de Comercio, Sectores del Transporte.

Mecanismos de gestión: Promover convenios de colaboración con el sector transportista y con los propietarios de lotes de venta de autos usados, para la implementación del Programa de Verificación Vehicular.

2. Reforzar la inspección vehicular en la importación de vehículos usados

Objetivos: Promover y gestionar que la importación de vehículos usados se apegue al cumplimiento estricto de la Ley y de los reglamentos locales en la materia.

Justificación: En la actualidad la importación de vehículos no cumple en gran medida con la legislación vigente en materia ambiental, por lo que se promoverá ante las Secretarías de Hacienda y Crédito Público (SHCP) y de Comercio y Fomento Industrial (SECOFI) el cumplimiento normativo en la importación de vehículos usados y se vigile la observancia de las normas de emisión para vehículos, vigentes tanto en el país de origen de los vehículos, como en las Normas Oficiales Mexicanas.

Meta: Establecer las bases para la regulación ambiental en la importación de vehículos en la zona fronteriza de Tijuana.

Responsables directos: Gobiernos Municipales de Tijuana y Rosarito.

Otros participantes: Gobierno Estatal, SEMARNAP, SHCP, SECOFI, Autoridades Aduanales.

Mecanismos de gestión: Promover ante la SHCP y SECOFI aplicar el cumplimiento a las normas en la importación de vehículos usados.

3. Integrar la inspección vehicular con los programas de mantenimiento de vehículos

Objetivos: Fortalecer los sistemas de inspección vehicular orientados a mantener en buen estado al parque vehicular, a través de la creación de normas y programas de inspección mecánica.

Justificación: De acuerdo con cifras y datos reportados por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), el Banco Mundial y la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUUDI), un vehículo mal mantenido puede emitir hasta 100 veces más contaminación que un vehículo moderno con un apropiado mantenimiento de su motor. La realización de acciones encaminadas a promover el uso apropiado del automóvil y su buen mantenimiento, son medidas que deben incorporarse en los programas de mantenimiento que actualmente se llevan a cabo para vehículos del transporte público; sin embargo, la extensión de estos programas a otros sectores requiere del establecimiento de estándares de mejoramiento, de cumplimiento y de fiscalización diseñados para la región, que emanen del inventario de emisiones y del desarrollo de indicadores que apunten hacia el establecimiento de políticas de mejora en los esquemas de transporte.

Meta: Compatibilizar los programas de mantenimiento con las acciones de prevención de contaminación del aire, a través de controles normativos y de operación.

Responsables directos: Gobiernos Municipales de Tijuana y Rosarito.

Otros participantes: Gobierno Estatal y Sector Transportista.

Mecanismos de gestión: Incorporar esquemas formales que permitan la utilización de partes automotrices económicas y en su caso usadas en buen estado, que simplifiquen y economícen el mantenimiento de vehículos. Prever mecanismos normativos que regulen el manejo apropiado de las mismas.

4. *Estudiar diferentes alternativas de transporte masivo y de renovación del parque vehicular*

Objetivos: Desarrollar estrategias conjuntas a mediano y largo plazo para mejorar la calidad del transporte en la ciudad de Tijuana.

Justificación: Dentro del diagnóstico ambiental del Plan Maestro de Vialidad y Transporte para Tijuana (no publicado aún), se establece que la calidad del aire es el factor que resiente de manera más notable la deficiente operación del sistema vial y de transporte urbano. El diagnóstico indica que los principales problemas que agravan la calidad del aire tienen que ver con la topografía accidentada de la ciudad, el tipo de trazo en las vialidades, la falta de enlaces viales para la integración y continuidad vial y un exceso en los sistemas de control de tráfico. Por otro lado el paso de vehículos de carga pesada por el centro de la ciudad, es un factor que contribuye preponderantemente en los problemas de congestionamiento vial que se presentan con frecuencia en las principales arterias de circulación de la ciudad.

Meta: En un escenario de largo plazo se tiene considerado el proyecto de tren ligero para la ciudad de Tijuana, con el cual se estima se generará una alternativa eficiente de transporte masivo reduciendo el uso del vehículo particular.

A corto plazo, el Programa de Verificación Vehicular de Tijuana, prevé establecer programas de incentivos para mejora del transporte, incorporando apoyos en créditos para la adquisición de nuevas unidades, así como acciones para el reciclaje de viejas unidades.

Convenir con las empresas maquiladoras el transporte colectivo para su personal y la verificación obligatoria para el transporte de carga.

Responsables directos: Gobiernos Municipales de Tijuana y Rosarito.

Otros participantes: Gobierno Estatal, Sector Transportista, Sector Industrial.

Mecanismos de gestión: Elaborar convenios con las refaccionarias para otorgar precios especiales a talleres y transportistas. Elaborar convenios con la SHCP, SECOFI para otorgar facilidades de crédito al sector transportista.

5. *Implantación de una campaña de apercibimiento, a vehículos ostensiblemente contaminantes*

Objetivo: Reducir la circulación de vehículos visiblemente contaminantes en las ciudades de Tijuana y Rosarito.

Justificación: En la actualidad en las ciudades de Tijuana y Rosarito se observan circulando vehículos ostensiblemente contaminantes, para los cuales no se cuenta con una regulación específica para su control. La implementación en la ciudad de Tijuana del Programa Municipal de Verificación Vehicular y del Reglamento en la materia, prevén mecanismos para efectuar la revisión de los vehículos ostensiblemente contaminantes, así como los procedimientos de apercibimiento para el infractor, haciendo participe de este Programa a la comunidad, a través de la figura del Inspector Voluntario.

Meta: Establecer en el corto plazo una campaña de apercibimiento a vehículos ostensiblemente contaminantes y una intensa campaña de difusión hacia la ciudadanía.

Lograr la participación y cumplimiento del Programa con toda la comunidad de Tijuana.

Implementar un programa de apercibimiento de vehículos ostensiblemente contaminantes en la ciudad de Rosarito.

Responsables directos: Gobiernos Municipales de Tijuana y Rosarito.

Otros participantes: Gobierno Estatal y ONG's.

Mecanismos de gestión: Impulsar campañas de difusión del Programa de Verificación Vehicular en la ciudad de Tijuana con el fin de que las personas tomen conciencia de la importancia de la afinación de los vehículos y su verificación como medida preventiva que permita reducir la contaminación generada por los automotores.

6. *Desarrollar un estudio integral de vialidad y transporte*

Objetivo: Contar con un estudio integral de vialidad y transporte que sirva como base para diseñar programas de movilización masiva que disminuyan las emisiones y el uso de vehículos particulares.

Justificación: En Tijuana se está realizando un estudio de vialidad y transporte por parte del Gobierno Municipal. Este estudio marca el inicio de trabajos enfocados al mejoramiento del sistema vial y de transporte en la ciudad de Tijuana; en él se identifica la problemática actual del transporte y del sistema vial de la ciudad y se establecen una serie de propuestas encaminadas a mejorar los tiempos y recorridos para la creación de nuevas rutas; así mismo, se busca favorecer el rápido desplazamiento de los vehículos automotores y en consecuencia la reducción de las emisiones contaminantes que se generan por esta vía.

Meta: Efectuar una evaluación cuantitativa de emisiones generadas por el transporte, que permita establecer los escenarios completos para la programación de obras prioritarias, lo cual se determinará en las etapas más avanzadas de la planeación de cada uno de las acciones previstas en el programa y en base a la evaluación costo-beneficio de acciones como: la semaforización de intersecciones, eliminación de glorietas, señalización, construcción de gasas y de enlaces viales, pavimentación de accesos, cruces a desnivel y ampliación de carriles que favorezcan el rápido desplazamiento de los vehículos y la reducción de sus emisiones contaminantes. Será necesario hacer una evaluación de la economía local para sustentar la incorporación de los diferentes esquemas de controles de emisiones, para evitar una limitación en el crecimiento económico.

Responsable directo: Gobierno Municipal de Tijuana.

Otros participantes: Instituto Municipal de Planeación de Tijuana, Gobierno Estatal, Sector Transporte.

Mecanismos de gestión: Coordinación entre los tres niveles de Gobierno para destinar recursos para el cumplimiento de las diferentes estrategias marcadas en este Programa.

7. Inducción de nuevos patrones de crecimiento, uso de suelo y esquemas de transporte público

Objetivo: Revertir a través de la inducción de nuevos patrones de crecimiento, de uso de suelo y de transporte público, la tendencia actual de incremento del parque vehicular.

Justificación: Estudios del Departamento de Transporte de California, aseguran que el costo para la región, por la contaminación del aire generada a través de los automóviles, es de alrededor de dos mil millones de dólares anuales. Aunque algunos de estos costos se pueden recuperar a través de mecanismos fiscales, como los impuestos a la gasolina, sin embargo la mayor parte de estos costos están siendo cubiertos por la sociedad en general.

Metas: Elevar la accesibilidad del transporte considerando la redensificación del uso de suelo, priorizando el sistema de transporte público, y promoviendo medios de transporte no motorizado que reduzcan la motorización excesiva.

Responsables directos: Gobiernos Municipales de Tijuana y Rosarito.

Otros participantes: Gobierno Estatal, SEMARNAP y SHCP.

Mecanismos de gestión: Promover el uso del transporte público en los desarrollos urbanos futuros. Gestionar ante la SHCP el diseño y la aplicación de esquemas fiscales que promuevan la reducción del uso de vehículos particulares. Negociar mecanismos de financiamiento para mejorar el sistema de transporte público.

6.3.3. Recuperación Ecológica

1. Impulsar el cambio de combustible con la Comisión Federal de Electricidad

Objetivo: Reducir las emisiones generadas por la planta termoeléctrica de Rosarito.

Justificación: De acuerdo con el inventario de emisiones de la zona de Tijuana-Rosarito, la central termoeléctrica ubicada en Rosarito es altamente contaminante debido al uso de combustóleo como combustible.

Actualmente se está instalando un gasoducto para que esta planta cambie a gas natural, para ello se realizarán adecuaciones a los quemadores para las dos unidades de mayor capacidad con el propósito de hacer más eficiente la combustión, además se seguirá utilizando en el resto de las unidades combustóleo con menos de 2% de azufre en peso.

Meta: Reducir la emisión de PM10 y SO₂ en el corto plazo.

Responsables directos: Secretaría de Energía y Comisión Federal de Electricidad.

Otros participantes: Gobierno Estatal y SEMARNAP.

Mecanismos de gestión: La SEMARNAP en coordinación con la Secretaría de Energía y la Comisión Federal de Electricidad son los encargados de supervisar los avances del cambio de combustóleo por gas natural a esta termoeléctrica.

2. Convenir con Pemex el suministro de gasolina oxigenada y baja PVR

Objetivo: Reducir las emisiones generadas por la flota vehicular en el verano y en el invierno.

Justificación: La zona de Tijuana-Rosarito consume en promedio 732 mil metros cúbicos de gasolina anualmente, de esta cantidad la gran mayoría es suministrada por

Pemex de la refinería de Salina Cruz, Oaxaca; en promedio más del 88% es gasolina Magna con una Presión de Vapor Reid (PVR) promedio de 9.7 lb/pulg², y el 12% es gasolina Premium con una PVR de 7.8-9.0 lb/pulg² durante todo el año; solo en algunas ocasiones el combustible es importado de los Estados Unidos. Este tipo de gasolina no es oxigenada; considerando las condiciones climatológicas que se presentan en la ciudad es necesario solicitar a Pemex que evalúe la conveniencia de suministrar combustibles ecológicos de baja PVR para el verano y oxigenados para el invierno, esto ayudaría a reducir las emisiones generadas por la flota vehicular.

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

Responsable directo: Pemex.

Otros participantes: Gobiernos Municipales de Tijuana y Rosarito, Gobierno Estatal y SEMARNAP.

Mecanismos de gestión: Que el Gobierno estatal y los gobiernos municipales den seguimiento a los acuerdos entre la SEMARNAP y Pemex con la finalidad de llegar a elaborar calendarios de cumplimiento para alcanzar el objetivo deseado.

3. *Elaboración de un Programa y Reglamento de Forestación Municipal y seguimiento de los programas de pavimentación*

Objetivo: Reducir las emisiones de polvos y partículas PM10 provenientes de la erosión del suelo y de calles sin pavimentar.

Justificación: De acuerdo con los datos reportados por la red de monitoreo atmosférico, se observa que en la ciudad de Tijuana se rebasaron los valores establecidos por las normas de calidad de aire para las partículas PM10; estas excedencias se asocian a que en la actualidad en la ciudad de Tijuana cerca del 50% de las calles se encuentran sin pavimentar, las cuales se erosionan diariamente por el paso de vehículos; en época de lluvias, la erosión hídrica arrastra tierra a las vialidades pavimentadas, que al pasar esta época, hace que se genere la suspensión de una gran cantidad de polvos por el paso de los vehículos.

Por ello los tres niveles de gobierno y el Comité de Forestación Municipal, creado el 27 de junio de 1997, evaluará un programa de forestación de gran escala para la ciudad, en donde se resuelva la problemática generada por los espacios desprovistos de vegetación, pensando en utilizar especies de rápido crecimiento y con amplias posibilidades de adaptación al tipo de suelo y clima de la región.

Meta: Reducir en el mediano plazo y de acuerdo con las cifras reportadas por el inventario de emisiones, la generación de polvos y partículas PM10. Realizar un programa de prioridades de atención para pavimentación, con base en los datos

del monitoreo atmosférico y en la identificación de zonas de generación de mayor conflicto en la región.

Responsables directos: Gobiernos Municipales de Tijuana y Rosarito, Comité de Forestación Municipal de Tijuana.

Otros participantes: Gobierno Estatal, SEMARNAP, ONG's, Instituciones Académicas y de Investigación, población en general.

Mecanismos de gestión: Impulsar los programas de obra social para pavimentación de calles, en coordinación con la Federación para gestionar la donación de asfalto. Realizar la declaración de áreas intraurbanas de preservación ecológica de acuerdo a lo que establece el Reglamento de Ecología Municipal y la Ley de Planeación del Estado.

4. 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.

Justificación: Las autoridades de los tres niveles de gobierno instrumentarán un programa mediante el cual se puedan otorgar estímulos fiscales a las instituciones, personas u organismos que desarrollen programas 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. Para ello se brindará información de programas existentes con las autoridades hacendarías y la banca de desarrollo.

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

Responsables directos: SHCP y SEMARNAP.

Otros participantes: Gobiernos Municipales de Tijuana y Rosarito y Gobierno Estatal.

Mecanismos de gestión: Elaborar un convenio de colaboración entre las autoridades de la SHCP, el INE y la SEMARNAP.

6.3.4. Investigación y Acuerdos Internacionales

1. Operación local de la Red de Monitoreo Atmosférico

Objetivo: Dar continuidad al monitoreo atmosférico en la región Tijuana-Rosarito.

Justificación: La red de monitoreo atmosférico inició su operación de manera permanente en el segundo semestre de 1996 con recursos proporcionados por la EPA y la CARB. Estas agencias han manifestado su intención de dejar a las autoridades mexicanas la operación de la red por lo cual se requiere recursos para su continuidad. Esto ha instado a las autoridades Federales a buscar los mecanismos necesarios para dar permanencia al monitoreo atmosférico de la región, que permitan en el tiempo convenir medidas de mutuo beneficio en la escala Binacional. La infraestructura en equipo e instalaciones de la red de monitoreo representa una inversión de cerca de 1 millón de dólares; se estima un costo de operación de la red de 800 mil pesos anuales.

Meta: Desarrollar un plan de operación local para las estaciones de monitoreo de Tijuana-Rosarito en coordinación con centros de investigación y educación superior de Tijuana, que incluya la evaluación y selección de sitios potenciales adicionales de monitoreo, el establecimiento de parámetros locales de cumplimiento, la creación de un área administrativa y de manejo del programa y el desarrollo de un sistema de colección y manejo de datos en el ámbito local.

Traspasar la operación de la Red de Monitoreo Atmosférico a las autoridades municipales de Tijuana.

Acordar mecanismos formales de apoyo financiero para la operación de la Red de Monitoreo con autoridades de los Gobiernos Federales de México y Estados Unidos, Gobiernos de los Estados de California y Baja California y el Gobierno Municipal.

Responsable directo: Gobierno Municipal de Tijuana.

Otros participantes: Gobierno Estatal, SEMARNAP, EPA y CARB.

Mecanismos de gestión: Realizar el convenio de traspaso de la Red de Monitoreo Atmosférico por parte de la Semarnap, la EPA y CARB a los Municipios, en el cual se deberá establecer los apoyos financieros y técnicos, así como capacitación para el personal operativo.

2. Revisar periódicamente el inventario de emisiones

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

Justificación: El inventario de emisiones de cualquier ciudad es un instrumento dinámico que requiere actualizarse periódicamente. Para este Programa una de las actividades inmediatas que ya está realizando el Instituto Nacional de Ecología con recursos proporcionados por la EPA a través de la WGA, es el inventario de emisiones detallado; en base a él se diseñaron las medidas para la prevención y control de la contaminación. Este inventario se deberá actualizar por lo menos cada dos años.

Meta: Contar con un instrumento confiable para la toma de decisiones.

Responsables directos: Gobierno Estatal y SEMARNAP.

Otros participantes: Gobiernos Municipales de Tijuana y Rosarito, Instituciones Académicas y de Investigación.

Mecanismos de gestión: El Gobierno Estatal y la SEMARNAP deberán realizar un acuerdo de coordinación tendiente a actualizar periódicamente el inventario de emisiones, lo cual debido a la dinámica de crecimiento de la región se requerirá por lo menos cada dos años, para que sirva como instrumento básico para el control de la contaminación atmosférica.

3. Consolidar un programa de vigilancia epidemiológica asociada a la contaminación

Objetivo: Contar con la información actualizada y permanente sobre las condiciones de salud de las poblaciones de Tijuana-Rosarito, a través de un programa de vigilancia epidemiológica.

Justificación: Las autoridades ambientales y sanitarias, y la comunidad en general, necesitan contar con información permanente sobre los efectos de la contaminación 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 Tijuana-Rosarito, 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 otras autoridades competentes 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.

Responsables directos: Gobiernos Municipales de Tijuana y Rosarito y Gobierno Estatal.

Otros participantes: SEMARNAP, SSA, ISESALUD, Instituciones Académicas y de Investigación.

Mecanismos de gestión: Realizar un convenio de coordinación entre los tres niveles de gobierno para el seguimiento de los resultados de la Red de Monitoreo con el fin de implementar estrategias de seguimiento e información a la población.

4. Celebrar convenios con las instituciones de educación superior para realizar estudios relacionados con la contaminación atmosférica

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

Justificación: En la actualidad las ciudades de Tijuana y Rosarito han sido objeto de algunos estudios específicos relacionados con el tema de contaminación ambiental. Instituciones de investigación como la Universidad Autónoma de Baja California (UABC) y el Instituto Tecnológico de Tijuana (ITT), entre otros, han realizado trabajos relacionados con este tema. Es necesario que se apoye e impulse este tipo de proyectos.

Meta: Celebrar convenios para la realización de estudios para prevenir y reducir la contaminación.

Responsables directos: Gobiernos Municipales de Tijuana y de Rosarito.

Otros participantes: Gobierno Estatal y SEMARNAP.

Mecanismos de gestión: Las autoridades de los tres niveles de gobierno deberán impulsar y promover los trabajos de investigación que las diferentes instituciones de investigación realicen con el fin de prevenir y controlar la contaminación atmosférica en la región.

5. Celebrar convenios con instituciones internacionales para realizar estudios relacionados con la contaminación

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

Justificación: En la actualidad las ciudades de Tijuana y Rosarito han sido objeto de la realización de estudios que han sido financiados por organismos internacionales, entre los cuales se puede mencionar la elaboración del inventario de emisiones. De la misma forma se ha recibido apoyo para la instalación y operación de la red de monitoreo, por lo que es necesario que se firmen convenios específicos con las instituciones internacionales que han apoyado estas iniciativas; tales instituciones pueden ser la EPA, CARB, WGA, CICA y el Banco Mundial, entre otros.

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

Responsables directos: Gobiernos Municipales de Tijuana y Rosarito, Gobierno Estatal y SEMARNAP.

Otros participantes: Instituciones educativas y de investigación.

Mecanismos de gestión: Realizar convenios de trabajo y de financiamiento con instituciones internacionales interesadas en realizar trabajos ambientales.

6. Reforzar las acciones del Programa Frontera XXI

Objetivo: Fortalecer los esfuerzos conjuntos, que para mejorar la calidad del aire en la cuenca Tijuana-Rosarito-San Diego, se están llevando a cabo en el grupo de calidad del aire de Frontera XXI.

Justificación: Se dará continuidad a una serie de trabajos binacionales que, en el marco del Programa Frontera XXI, fueron iniciados con anterioridad. Entre estas actividades destacan la instalación y operación de la Red de Monitoreo Atmosférico y la elaboración del inventario de emisiones.

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

Responsable directo: SEMARNAP.

Otros participantes: Gobiernos Municipales de Tijuana y Rosarito y Gobierno Estatal, EPA, CARB y Condado de San Diego.

Mecanismos de gestión: Organizar reuniones de trabajo y de seguimiento para conocer los avances de las diferentes acciones del Programa.

6.3.5. Participación Ciudadana

1. Impulsar la participación de la Alianza Binacional para la Calidad del Aire de la Cuenca San Diego-Tijuana-Rosarito.

Objetivo: Mantener el seguimiento a las acciones propuestas en materia de aire, para evaluación y adecuación.

Justificación: La Alianza Binacional para la Calidad del Aire (corporación no lucrativa de beneficio público) se organizó con el propósito exclusivo de mejorar la calidad del aire y la salud de los ciudadanos que residen en la cuenca atmosférica de San Diego-Tijuana-Rosarito, para brindar asesoría a los organismos y a discreción del Consejo, servir como asesores al Grupo de Trabajo del Aire establecido conforme el Acuerdo Binacional firmado en La Paz, Baja California, en 1983; además de servir de foro público para la discusión de asuntos relacionados con la calidad del aire en la cuenca.

Se requiere de un grupo local que coadyuve al seguimiento de las acciones propuestas en materia de calidad de aire, enfocado a atender las necesidades específicas de la región Tijuana–Rosarito. 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.

Meta: Integrar en conjunto con los grupos no-gubernamentales interesados, un grupo local de seguimiento y evaluación de las acciones propuestas en el Programa de Calidad de Aire y a los avances registrados en los diferentes programas estatales y federales, como el de Frontera XXI, con la participación de grupos como la Alianza Binacional y de los Gobiernos Federal, Estatal y Municipal.

Responsables directos: Gobiernos Municipales de Tijuana y Rosarito, Gobierno Estatal y SEMARNAP.

Otros participantes: ONG's.

Mecanismos de gestión: Las diferentes instancias de gobierno deberán impulsar en los diferentes foros de consulta popular la conveniencia de la participación y apoyo a los diferentes organismos no gubernamentales y grupos interesados en la prevención y control de la calidad del aire en la región.

2. *Elaborar un programa de concientización y educación ambiental para la región Tijuana-Rosarito*

Objetivos: Concientizar a la población para que contribuya en la prevención y control de la contaminación atmosférica, coadyuvando en la integración de programas sociales y de educación ambiental.

Justificación: Los Gobiernos Municipales en coordinación con las dependencias de otros niveles de Gobierno e instituciones educativas deberán promover un programa de educación ambiental con los diferentes grupos sociales. Este tipo de programas es necesario para promover el conocimiento sobre la prevención y control de la contaminación ambiental, ya que no sólo es responsabilidad de las autoridades, sino más bien debe ser el producto de la suma de esfuerzos de todos los integrantes de la comunidad. Para que esto se pueda efectuar es necesario convenir con universidades e institutos de educación la preparación de estos temas, además las autoridades promoverán la capacitación de su personal con cursos especializados en temas ambientales para los diferentes niveles y áreas de trabajo para que el Programa se contemple en forma integral.

Meta: Consolidar un Programa de Participación Social y Educación Ambiental.

Responsables directos: Gobiernos Municipales de Tijuana y Rosarito.

Objetivos, metas y estrategias generales del programa

Otros participantes: Gobierno Estatal, Instituciones Educativas y de Investigación, ONG's e Iniciativa Privada.

Mecanismos de gestión: Coordinación de los dos Municipios para elaborar el programa con la participación del gobierno Estatal, las Instituciones educativas y de investigación y las ONG's apoyados por la iniciativa privada para el financiamiento e implementación de las acciones.

Acciones	Responsables directos	Otros participantes
1. INDUSTRIA, COMERCIOS Y SERVICIOS		
1. Regulación de emisiones a empresas potencialmente contaminantes mediante la expedición de licencias, permisos y autorizaciones en materia ambiental	Gobierno Municipal, Estatal y Federal en sus respectivas competencias legales	Sector Industrial, Comercial y de Servicios
2. Establecer un programa de empadronamiento y vigilancia de terminales de almacenamiento y estaciones de servicio de combustibles, para recuperación de vapores	Gobierno Estatal y Pemex	Consejo Intermunicipal de Vigilancia de Calidad del Aire, propietarios de estaciones de servicios
3. Desarrollar el Registro Municipal de Emisiones	Gobiernos Municipales de Tijuana y Rosarito	Gobierno Estatal, Sector Comercial y de Servicio, Cámaras y Asociaciones
4. Evaluar la elaboración de un Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC) en Tijuana-Rosarito	Gobierno Estatal	Gobiernos Municipales de Tijuana y Rosarito, SEMARNAP, Organizaciones no gubernamentales e Instituciones Académicas
5. Fortalecer la inspección y vigilancia de establecimientos Industriales y de servicios	Gobiernos Municipales de Tijuana y Rosarito, Gobierno Estatal y Federal	
6. Impulsar un programa de reducción de Compuestos Orgánicos Volátiles (COV's)	Gobierno Estatal, SEMARNAP	Sector Industrial
2. GESTIÓN URBANA Y DE TRANSPORTE		
1. Iniciar el Programa de Verificación Vehicular en el Municipio de Tijuana	Gobiernos Municipales de Tijuana y Rosarito	Gobierno Estatal, SCT, Cámaras de Comercio, Sectores del Transporte
2. Reforzar la inspección vehicular en la importación de vehículos usados	Gobiernos Municipales de Tijuana y Rosarito	Gobierno Estatal, SEMARNAP, SHCP, SECOFI, Autoridades Aduanales
3. Integrar la inspección vehicular con los programas de mantenimiento de vehículos	Gobiernos Municipales de Tijuana y Rosarito	Gobierno Estatal, Sector Transportista
4. Estudiar diferentes alternativas de transporte masivo y de renovación del parque vehicular	Gobiernos Municipales de Tijuana y Rosarito	Gobierno Estatal, Sector Transportista, Sector Industrial

Acciones	Responsables directos	Otros participantes
5. Implantación de una campaña de apercibimiento, a vehículos ostensiblemente contaminantes	Gobiernos Municipales de Tijuana y Rosarito	Gobierno Estatal y ONG's
6. Desarrollar un estudio integral de vialidad y transporte	Gobierno Municipal de Tijuana	Instituto Municipal de Planeación de Tijuana, Gobierno Estatal y Sector Transporte
7. Inducción de nuevos patrones de crecimiento, uso de suelo y esquemas de transporte público	Gobiernos Municipales de Tijuana y Rosarito	Gobierno Estatal, SEMARNAP y SHCP
3. RECUPERACIÓN ECOLÓGICA		
1. Impulsar el cambio de combustible con la Comisión Federal de Electricidad	Secretaría de Energía y Comisión Federal de Electricidad	Gobierno Estatal y SEMARNAP
2. Convenir con PEMEX el suministro de gasolina oxigenada y baja PVR	PEMEX	Gobiernos Municipales de Tijuana y Rosarito, Gobierno del Estado y SEMARNAP
3. Elaboración de un Programa y Reglamento de Forestación Municipal y seguimiento de los programas de pavimentación	Gobiernos Municipales de Tijuana y Rosarito, Comité de Forestación Municipal de Tijuana	Gobierno Estatal, SEMARNAP, ONG's, Instituciones Académicas y de Investigación y población en general
4. Desarrollar un programa de estímulos fiscales para las personas, instituciones y organismos que desarrollen programas de prevención y control de la contaminación	SHCP y SEMARNAP	Gobiernos Municipales de Tijuana y Rosarito y Gobierno Estatal
4. INVESTIGACIÓN Y ACUERDOS INTERNACIONALES		
1. Operación local de la Red de Monitoreo Atmosférico	Gobierno Municipal de Tijuana	Gobierno Estatal, Semarnap, EPA y CARB
2. Revisar periódicamente el inventario de emisiones	Gobierno Estatal y SEMARNAP	Gobiernos Municipales de Tijuana y Rosarito, Instituciones Académicas y de Investigación
3. Consolidar un programa de vigilancia epidemiológica asociada a la contaminación	Gobiernos Municipales de Tijuana y Rosarito Gobierno Estatal	SEMARNAP, SSA, ISESALUD, Instituciones Académicas y de Investigación

Acciones	Responsables directos	Otros participantes
4. Celebrar convenios con las instituciones de educación superior para la realizar estudios relacionados con la contaminación atmosférica	Gobierno Municipal de Tijuana y de Rosarito	Gobierno Estatal y SEMARNAP
5. Celebrar convenios con instituciones internacionales para realizar estudios relacionados con la contaminación	Gobiernos Municipales de Tijuana y Rosarito, Gobierno Estatal y SEMARNAP	Instituciones educativas y de investigación
6. Reforzar las acciones del Programa Frontera XXI	SEMARNAP	Gobierno del Estado, Gobiernos Municipales, EPA, CARB y Condado de San Diego
5. PARTICIPACIÓN CIUDADANA		
1. Impulsar la participación de la Alianza Binacional para la Calidad de la Cuenca San Diego-Tijuana-Rosarito	Gobiernos Municipales de Tijuana y Rosarito, Gobierno estatal y SEMARNAP	ONG's
2. Elaborar un programa de concientización y educación ambiental para la región Tijuana-Rosarito	Gobiernos Municipales de Tijuana y Rosarito	Gobierno Estatal, Instituciones Educativas y de Investigación, ONG's e Iniciativa Privada

7. REFERENCIAS

1. Air Resources Board, 1996. Second Triennial Review of the Assessment of the Impacts of Transported Pollutants on Ozone Concentrations in California. State of California. California Environmental Protection Agency.
2. Bates, D.V., 1989. Respiratory Function in Disease. 3^d ed. W.B. Saunders. Philadelphia. PA.
3. Bressler, J.P., 1991. Mechanism of Lead Neurotoxicity, *Biochem. Pharmacol.*, 41, pp. 479-484.
4. Calderón, G.L., Osorno, V.A., 1992. Cambios Histopatológicos de la Mucosa Nasal en Habitantes de la Región Sureste de la Ciudad de México. *American Journal of Pathology*, pp. 140, 225-232.
5. Calvert, J.G., Heywood, J.B., Sawyer, R.F., Seinfeld, J.H., 1993. *Science*, vol.261, pp. 37. Citado en el Programa para mejorar la Calidad del Aire en el Valle de México 1995-2000.
6. Cullen, M.R., 1984. Endocrine and Reproductive Dysfunction in Men Associated with Occupational Inorganic Lead Intoxication. *Archives of Environmental Health*, 39, pp. 431-440.
7. Dirección General de Ecología, 1993. Plan de Ordenamiento Ecológico del Estado de Baja California. Dirección General de Ecología, Gobierno del Estado de Baja California.
8. Dockery, D.W., Pope III, C.A., 1994. Acute Respiratory Effects of Air Pollution. *Annual Review of Public Health*, 15, pp. 107-132.
9. Fuentes, R.D.F., 1986. El Desarrollo Urbano del Municipio de Tijuana y el Condado de San Diego en un Contexto Territorial Transfronterizo. Instituto de Investigaciones Sociales. UABC.
10. Fujita, M.E., Green, M.C., Keislar, E.R., Koracin, R.D., Moosmuller, H., Watson, G.J., 1996. 1997 Southern California Ozone Study (SCOS97). Field Study Plan. Draft prepared for the State of California. Air Resources Board. Research Division. P.O. Box 2815, Sacramento, CA 95812. Under contract No. 93-326.
11. Fujita, M.E., Green, M.C., Keislar, E.R., Koracin, R.D., Moosmuller, H., Watson, G.J., 1996. 1997 Southern California Ozone Study (SCOS97). Ope-

- rational Program Plan. Working Draft prepared for the State of California. Air Resources Board. Reseach Division. P.O. Box 2815, Sacramento, CA 95812.
12. Ganster, P., 1996. Environmental Issues of the California-Baja California Border Region. Border Environment Research Reports. San Diego State University.
 13. García, E., 1988. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Koppen. Edición de la Autora. México.
 14. 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.
 15. 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.
 16. 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.
 17. 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.
 18. Goyer, R.R., Ryne, B., 1973. Pathological Effects of Lead. *Int. Rev. Exp. Pathol.*, pp. 1-77.
 19. Instituto Mexicano del Seguro Social. 1996. Beneficios y Riesgos en el Uso de Plaguicidas en México. Su impacto en la Salud Pública y Desarrollo Agropecuario, con sus Consecuencias Toxicológicas en el presente y en el Futuro.
 20. INEGI, 1994a. XIV Censo Industrial, Censos Económicos, Baja California. Gobierno del Estado de Baja California. INEGI. Aguascalientes.
 21. INEGI, 1994b. XI Censo de Servicios, Censos Económicos, Baja California. Gobierno del Estado de Baja California. INEGI. Aguascalientes.
 22. INEGI, 1997. Carta Urbana Base, Escala 1:25,000.
 23. INEGI, 1997a. Anuario Estadístico del Estado de Baja California. Gobierno del Estado de Baja California. INEGI. Aguascalientes.
 24. INEGI, 1997b. División Territorial del Estado de Baja California de 1810 a 1995. INEGI. Aguascalientes.
 25. INEGI, 1998. Industria Maquiladora de Exportación, Mayo 1998. INEGI.

Referencias

Aguascalientes.

26. Jáuregui, O.E., 1981. Climatología de Difusión de la Ciudad de Tijuana, B.C. Boletín del Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. Número 11. México, D.F.
27. Keller, A.E., 1996. Environmental Geology. Prentice Hall. Seventh Edition. Pp. 280-283.
28. Lancrajan, I., Popescu, H.L., 1995. Reproductive Hability of Workmen Occupationaly Exposed to Lead. Archives of Environmental Health, 30, pp. 196-401.
29. Murray, A.B., Morrison, B.J., 1986. The Effect of Cigarette Smoke From the Mother on Bronquial Responsiveness and Severity of Symptoms in Children with Asthma. Journal of Allergy Clin. Immunology, 77, pp. 575-581.
30. Murray, A.B., Morrison, B.J., 1989. Passive Smoking by Asthmatics: Its Greater Effect on Boys than on Girls on Older than Younger Children. Pediatrics, 84, pp. 451-459.
31. Needleman, H.L., 1990. The Long Term of Exposure to Low Doses of Lead in Childhood. New England Journal of Medicine, pp. 322, 83-88.
32. Obee, J.A., 1997. Spatial Modeling of Industrial Air Pollution and its Relationship to Residential Areas in Tijuana, México. A thesis presented to the Faculty of San Diego State University. Master Degree of Arts in Geography.
33. Petit, T.L., 1996. Development Effects of Lead: Its Mechanism in Intellectual Functioning and Neural Plasticity. Neurotoxicology, 7, pp. 483-496.
34. Programa de Desarrollo Urbano del Centro de Población Tijuana, PDUCP-T 1995. SEDESOL, Gobierno del Estado de Baja California, Ayuntamiento de Tijuana, B.C.
35. Radian Internacional, Semarnap, 1995. Methods Evaluation and Proposal for Mexico Emissions Inventory Program.
36. Radian Internacional, Semarnap, 1996. Implementation Plan for Mexico Emissions Inventory Methodology.
37. Radian International, Semarnap, 1996. Mexico Emissions Inventory Program Manuals, Volume III-Basic Emission Estimating Techniques.
38. Radian International, 1996. Development of Mobile Emissions Factors for Ciudad Juárez, Chihuahua.
39. Radian International, Semarnap, 1996. Mexico Emissions Inventory Program Manuals, Volume IV- Point Source Inventory Development.

40. Radian International, Semarnap, 1997. Mexico Emissions Inventory Program Manuals, Volume V- Area Source Inventory Development.
41. Radian International, Semarnap, 1997. Mexico Emissions Inventory Program Manuals, Volume II-Emission Inventory Fundamentals.
42. Radian International, Semarnap, 1997. Mexico Emissions Inventory Program Manuals, Volume VI-Motor Vehicle Inventory Development.
43. Ranfla, G.A., Alvarez de la Torre, G.B., 1986. Expansión Física, Formas Urbanas y Migración en el Desarrollo Urbano de Tijuana 1900-1984. Instituto de Investigaciones Sociales. UABC.
44. SDAPCD, 1994. Ozone State Implementation Plan. <http://www.sdapcd.co.san-diego.ca.us/aqplan/SIP-WEB.htm> . San Diego Air Pollution Control District.
45. SDAPCD, 1994. Triennial Update of the 1991 Regional Air Quality Strategy for the San Diego Air Basin. San Diego Air Pollution Control District.
46. SDAPCD, 1998. Triennial Regional Air Quality Strategy Revision. <http://www.sdapcd.co.san-diego.ca.us/aqplan/RAQS-WEB.htm>. San Diego Air Pollution Control District.
47. SDAPCD, 1998. Air Quality in San Diego County—1997 Annual Report. San Diego Air Pollution Control District.
48. Sánchez, R.A., Ganster, P.I., 1999. El desarrollo sustentable en la región Tijuana-San Diego. Center for U.S.-Mexican Studies. University of California, San Diego.
49. Schwartz, J., 1994. Air pollution and Daily Mortality: A Review and Meta Analysis. Environ. Res. 64, pp. 36-52.
50. 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*.
51. 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>.
52. SPP-INEGI, 1984. Síntesis Geográfica de Baja California. Secretaría de Programación y Presupuesto, INEGI México.
53. Secretaría de Salud, 1996. Sistema Único de Vigilancia Epidemiológica, Rev. No. 6, vol 13, semana del 14 al 10 de febrero de 1996.
54. Secretaría de Salud, 1999. Sistema de Vigilancia de Padecimientos Marca-

Referencias

- dores de Daño a la Salud por Contaminantes Ambientales en la Frontera Norte. Subsecretaría de Regulación y Fomento Sanitario. Dirección General de Salud Ambiental. México. D.F.
55. Sweedler, A., Ganster, P., Bennett, P., 1995. Energy and Environment in the California-Baja California Border Region. Institute for Regional Studies of the Californias.
 56. Texas Natural Resource Conservation Commission, 1994. Cd. Juárez Mobile5 Data collection.
 57. Toxicological Industrial Health, 1991. Current Issues in the Epidemiology and Toxicology of Occupational Exposure to Lead., 7, pp. 9-14.
 58. UABC, 1994. Estudio Integral de Vialidad y Transporte Urbano de Mexicali, Baja California.
 59. U.S. Environmental Protection Agency, 1993. Respiratory Health Effects of Passive Smoking, Lung Cancer and other Disorders. EPA/600/6-90/004, U.S.
 60. U.S. Environmental Protection Agency, 1995. Compilation Air Pollution Emissions Factors, Volume I Stationary Point and Area Sources. Office of Air Quality Planning and Standards. Office of Air and Radiation. AP 42 fifth edition.
 61. U.S. Environmental Protection Agency, 1999. Guideline for Reporting of Daily Air Quality-Air Quality Index (AQI). Office of Air Quality Planning and Standards. Research Triangle Park, NC 27711. 54/R99-010.
 62. Vaughman, T.L.,1996. Formaldehyde and Cancers of the Pharynx, Sinus, and Nasal Cavity I. Residential Exposures. Int. J. Cancer, 38, pp. 677-688.
 63. World Health Organization and United Nations Environment Programme, 1992. Urban Air Pollution in Megacities of the World. Blackwell Publisher. U.K.

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

Monitoreo

Métodos de medición 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 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 A.1 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	Pararosanilina (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 SO₂, es el proceso de química húmeda desarrollado por West y Gake, denominado “de la pararosanilina”. 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 SO₂, 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 SO₂ de absorber luz ultravioleta y liberarla en forma de luz fluorescente. La intensi-

dad 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: 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, 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 mate-

rial, 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.

Índice metropolitano de la calidad del aire

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 EUA 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 empleado por el Gobierno de EUA hasta 1999.

El PSI incluyó 6 variables de contaminantes del aire {CO, NO₂, O₃, PST, SO₂ y el producto de PST x SO₂}, utilizando 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 basó (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, O₃, NO₂, PST, PM10 y SO₂.

La función que define el índice Metropolitano de la Calidad del Aire (IMECA) se expresa de la siguiente manera:

$$\text{IMECA} = \text{máx} (I_1, I_2, I_3, \dots, I_n)$$

Donde $I_1, I_2, I_3, \dots, I_n$ 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/m ³	PM10 (24 hr) µg/m ³	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

La calidad del aire se considera no satisfactoria si 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 mexicano 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.

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	<ul style="list-style-type: none"> • No se presentan efectos negativos en la salud de la población. • Es posible realizar todo tipo de actividad física por todos los grupos humanos. 	<ul style="list-style-type: none"> • En este nivel, no es necesaria ninguna medida de tipo preventivo.
101 a 250	<ul style="list-style-type: none"> • 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. 	<ul style="list-style-type: none"> • 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: <ul style="list-style-type: none"> > 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.

Anexo A. Monitoreo e índice metropolitano de la calidad del aire

Nivel IMECA	Posibles efectos en la salud	Medidas de tipo preventivo
251 a 350	<ul style="list-style-type: none"> • 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 cardiaca y respiratoria, sensación de falta de aire y palpitaciones, sobre todo si realiza ejercicio o actividad física al aire libre. 	<ul style="list-style-type: none"> • 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: <ul style="list-style-type: none"> > 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	<ul style="list-style-type: none"> • A partir de estos niveles de contaminación, algunos reportes de investigación señalan la posibilidad de que: <ul style="list-style-type: none"> > 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. 	<ul style="list-style-type: none"> • Reforzar los mecanismos naturales de defensa del organismo, mediante: <ul style="list-style-type: none"> > 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.

ANEXO B. TABLAS RESUMEN DE LA CALIDAD DEL AIRE DE TIJUANA-ROSARITO, 1997-1998

Tabla B.1. Porcentaje y numero de días mayor o igual a los 100 y 150 puntos IMECA por zona, 1997-1998

Noroeste (Playas y Centro de Salud)

	1997					1998				
	≥100		≥150		Total de días con datos	≥100		≥150		Total de días con datos
	%	No.	%	No.		%	No.	%	No.	
O ₃	0.0	0	0.0	0	147	0.0	0	0.0	0	349
PM10*	0.0	0	0.0	0	65	0.0	0	0.0	0	73*
CO	0.0	0	0.0	0	165	0.0	0	0.0	0	361
NO ₂	0.0	0	0.0	0	151	0.0	0	0.0	0	358
SO ₂	0.0	0	0.0	0	116	0.0	0	0.0	0	236

*muestreos

Noreste (Instituto Tecnológico)

	1997					1998				
	≥100		≥150		Total de días con datos	≥100		≥150		Total de días con datos
	%	No.	%	No.		%	No.	%	No.	
O ₃	0.8	1	0.0	0	123	0.3	1	0.0	0	365
PM10*	0.0	0	0.0	0	60*	0.0	0	0.0	0	60*
CO	0.0	0	0.0	0	139	0.0	0	0.0	0	365
NO ₂	0.0	0	0.0	0	123	0.0	0	0.0	0	335
SO ₂	0.0	0	0.0	0	137	0.0	0	0.0	0	207

*muestreos

Centro (COLEF)

	1997					1998				
	≥100		≥150		Total de días con datos	≥100		≥150		Total de días con datos
	%	No.	%	No.		%	No.	%	No.	
O ₃	SM	SM	SM	SM	SM	SM	SM	SM	SM	SM
PM10*	9.1	1	0.0	0	11	1.8	1	0.0	0	56*
CO	SM	SM	SM	SM	SM	SM	SM	SM	SM	SM
NO ₂	SM	SM	SM	SM	SM	SM	SM	SM	SM	SM
SO ₂	SM	SM	SM	SM	SM	SM	SM	SM	SM	SM

*muestreos

SM: Sin Mediciones

Suroeste (Rosarito)

	1997					1998				
	>=100		>=150		Total de días con datos	>=100		>=150		Total de días con datos
	%	No.	%	No.		%	No.	%	No.	
O ₃	0.0	0	0.0	0	287	0.0	0	0.0	0	348
PM10*	SM	SM	SM	SM	SM	1.7	1	0.0	0	60
CO	0.0	0	0	0	272	0.0	0	0.0	0	355
NO ₂	0.0	0	0.0	0	287	0.0	0	0.0	0	307
SO ₂	0.0	0	0.0	0	248	0.0	0	0.0	0	224

*muestreos.

Sureste (La Mesa)

	1997					1998				
	>=100		>=150		Total de días con datos	>=100		>=150		Total de días con datos
	%	No.	%	No.		%	No.	%	No.	
O ₃	1.7	2	0.0	0	119	0.0	0	0.0	0	365
PM10*	3.4	2	0.0	0	58	4.8	3	0.0	0	62
CO	0.0	0	0.0	0	136	0.0	0	0.0	0	365
NO ₂	0.3	1	0.0	0	120	0.3	1	0.0	0	363
SO ₂	0.0	0	0.0	0	82	0.0	0	0.0	0	246

*muestreos.

Tabla B.2. IMECA máximo mensual por zona y contaminante (1997)

	O ₃	PM10*	CO	NO ₂	SO ₂
Suroeste	99	SM	76	48	75
Noroeste	100	99	34	43	20
Noreste	109	75	41	51	12
Sureste	116	112	67	83	12
Centro	SM	65	SM	SM	SM

*muestreos

SM: Sin Mediciones

Tabla B.3. IMECA máximo mensual por zona y contaminante (1998)

	O ₃	PM10*	CO	NO ₂	SO ₂
Suroeste	96	112	28	27	57
Noroeste	76	82	30	36	12
Noreste	112	70	55	54	14
Sureste	97	136	96	100	15
Centro	SM	119	SM	SM	SM

*muestreos

SM: Sin Mediciones

Tabla B.4. IMECA máximo mensual por contaminante (1997)

	O ₃	PM10*	CO	NO ₂	SO ₂
Enero	100	65	41	52	17
Febrero	69	63	76	49	18
Marzo	87	70	56	48	19
Abril	71	65	35	37	75
Mayo	93	75	26	37	45
Junio	72	61	26	28	17
Julio	64	55	28	21	37
Agosto	74	60	64	30	34
Septiembre	116	48	54	83	11
Octubre	112	93	67	52	21
Noviembre	63	112	34	38	22
Diciembre	60	99	30	24	17

*muestreos

Tabla B.5. IMECA máximo mensual por contaminante (1998)

	O ₃	PM10*	CO	NO ₂	SO ₂
Enero	72	106	71	42	9
Febrero	69	17	44	34	4
Marzo	73	63	48	50	8
Abril	78	61	54	62	19
Mayo	69	37	30	32	6
Junio	66	55	16	26	14
Julio	112	50	27	43	57
Agosto	94	76	45	41	22
Septiembre	93	54	41	35	5
Octubre	96	109	57	70	13
Noviembre	85	112	78	73	9
Diciembre	76	136	96	100	15

*muestreos

ANEXO C. EFECTOS DE LOS CONTAMINANTES

Ozono (O₃)

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 ozono 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 a través de una gran cantidad de estudios, 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 *et al*, 1995).²⁹

Gong³⁰ 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.

²⁹ Romieu, I. (1995). Effects of urban air pollutants on emergency visits for childhood asthma in Mexico City. *Am. J. Epidemiol.*

³⁰ Gong, H. M. (1987). "Effects of ozone on exercise performance". *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness.*

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 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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 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. Estas partículas 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 tetraetil de plomo el cual es altamente volátil y liposoluble. Los síntomas de intoxicación aguda pueden ser: diarrea, cólico, náuseas, vómito, letargia, insomnio, convulsiones y dolor de cabeza (California Air Resources Board, 1983).³¹

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 contaminan-

³¹ California Air Resources Board (1983). "How Air Pollution Damages Health".

tes, llega a otras regiones por la acción del viento depositándose en el suelo, en el agua y en la vegetación.

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 bs 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 cardíaca 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).³²

Óxidos de azufre (SOx)

El bióxido de azufre (SO₂) 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.

³² 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.

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 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 40s y 50s.

En las plantas, el SO₂ 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 (NO_x)

El nitrógeno forma siete diferentes óxidos, de los cuales sólo el óxido nítrico (NO) y el bióxido de nitrógeno (NO₂) se presentan como contaminantes importantes del aire. Los NO_x 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 NO_x se favorece a medida que aumenta la temperatura y, resultado de esta dependencia, la producción de NO y NO₂ 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 dióxido de nitrógeno irrita los alvéolos pulmonares. Estudios de salud ocupacional muestran que este gas puede ser fatal en concentraciones elevadas. En contraste con el ozono, el NO₂ 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 (O₃). 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 en México es relativamente bajo (menos del 2% en las zonas metropolitanas), 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 en la cuenca atmosférica de Tijuana-Rosarito.

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 reducirse 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 $1.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$; sin embargo, es muy difícil hacer una evaluación de riesgo formal del efecto como carcinógeno debido al limitado número de datos disponibles actualmente (Wark, K. y Warner, C., 1994).³³

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, K. y Warner, C., 1994).

³³ 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.

I. INDUSTRIA, COMERCIO Y SERVICIOS

1. Regulación de emisiones a empresas potencialmente contaminantes mediante la expedición de licencias, permisos y autorizaciones en materia ambiental.

Emisiones:

Existen 19 industrias que consumen combustóleo pesado y diesel en las cuales se pueden hacer algunas reducciones utilizando cambio de combustible o equipos de control, las emisiones que generan estas industrias son de 1,442 ton/año de SO₂.

Para reducir las emisiones en estas industrias se recomienda la utilización de equipo de control como lavadores de gases con el cual se pueda reducir por lo menos el 50% de las emisiones de bióxido de azufre, con ello se reducirían:

$$\text{Reducción de SO}_2: 1,442 - 721 = 721 \text{ ton/año}$$

Costos: En esta acción se consideró un costo por reducción de bióxido de azufre de 1,400 dólares por tonelada.

2. Establecer un programa de empadronamiento y vigilancia de terminales de almacenamiento y estaciones de servicio de combustibles, para recuperación de vapores.

Emisiones: Actualmente se generan 2,482 toneladas al año de GOT y se puede esperar una reducción del 90% de las emisiones instalando equipo de recuperación de vapores en 83 estaciones de servicio.

$$\text{Reducción de GOT} = 2,482 \text{ ton/año} \times 0.90 = 2,238 \text{ ton/año.}$$

Costos: Se asume un costo de 30,000 dólares por estación de servicio para la recuperación de vapores.

II. GESTIÓN URBANA Y TRANSPORTE

1. Iniciar con el programa de verificación vehicular en el municipio de Tijuana.

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 50% 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	84	42	30	13
Taxis	24	12	30	4
Pick up	68	34	30	10
Camiones de pasajeros	2	1	30	1
Camiones de carga ligera	2	1	30	1
Total	180	90		29

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	130,638	65,319	30	19,596
Taxis	38,142	19,071	30	5,721
Pick up	99,064	49,532	30	14,860
Camiones de pasajeros	3,645	1,822	30	547
Camiones de carga ligera	3633	1,816	30	545
Total	275,122	137,560		41,269

Tabla D.3. Reducciones de GOT para vehículos a gasolina

Tipo de vehículos	Emisión de GOT (ton/año)	Emisión de GOT que aplica	% de reducción	Reducción (ton/año)
Autos particulares	16,431	8,215	30	2,465
Taxis	2,053	1,026	30	308
Pick up	13,092	6,546	30	1,964
Camiones de pasajeros	429	214	30	64
Camiones de carga ligera	431	215	30	65
Total	32,436	16,216		4,866

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

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	7,037	3,518	30	1,055
Taxis	2,053	1,026	30	308
Pick up	5,394	2,697	30	809
Camiones de pasajeros	249	124	30	37
Camiones de carga ligera	241	120	30	36
Total	14,974	7,485		2,245

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	390	195	30	59
Camiones de carga	642	321	30	96
Total	1032	516		155

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 diesel	2,149	1,074	30	322
Camiones de carga a diesel	3,602	1,801	30	540
Total	5,751	2,875		862

Tabla D.7. Reducciones de GOT para vehículos a diesel

Tipo vehículos	Emisión de GOT (ton/año)	Emisión de GOT que aplica	% de reducción	Reducción (ton/año)
Camiones de pasajeros diesel	521	260	30	78
Camiones de carga a diesel	870	435	30	131
Total	1391	695		209

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 diesel	3,191	1,595	30	479
Camiones de carga a diesel	5,297	2,648	30	794
Total	8,488	4,243		1,273

Costos: Se consideró la verificación de 181,011 vehículos a gasolina y 5,966 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.

4. Estudiar diferentes alternativas de transporte masivo y de renovación del parque vehicular.

Emisiones: El transporte público de pasajeros emite un total de 10,605 ton/año de contaminantes y el de carga de 14,770 ton/año. Para estimar las reducciones de las emisiones se supuso una renovación de por lo menos el 30% de los vehículos, resultando 3,353 vehículos de carga y 1,089 de pasajeros, la cual se llevaría a cabo durante los próximos 5 años. Para hacer el cálculo de las reducciones se tomó como base las emisiones generadas por cada tipo de vehículo de acuerdo a los datos del inventario:

Tabla D.9. Emisiones generadas por el transporte público de pasajeros y carga

Tipo de vehículo	Contaminantes (ton/año)				
	PM10	SO ₂	GOT	CO	NOx
Autobuses a gasolina	2	9	429	3,645	249
Autobuses a diesel	390	26	521	2,142	3,191
Camiones de carga a gasolina	2	9	431	3,633	241
Camiones de carga a diesel	642	43	870	3,602	5,297

A las anteriores emisiones se les aplicó la reducción del 30% con lo cual se obtiene las cantidades que se anotan en la Tabla D.10.

Tabla D.10. Reducción de las emisiones en el transporte público de pasajeros y carga

Tipo de Vehículo	Contaminantes (ton/año)				
	PM10	SO ₂	GOT	CO	NOx
Autobuses a gasolina	0.6	3	129	1,094	75
Autobuses a diesel	117	8	156	643	957
Camiones de carga a gasolina	0.6	3	129	1,090	72
Camiones de carga a diesel	193	13	129	1,081	1,589
Total de reducciones	311.2	27	543	3,908	2,693

Costos: El costo estimado de renovación de esta medida es de 167 millones de dólares, considerando un costo de renovación para los vehículos de pasajeros de 30,000 dólares por unidad y para el transporte de carga de 40,000 dólares por unidad.

III. RECUPERACIÓN ECOLÓGICA

1. Impulsar el cambio de combustible en la Comisión Federal de Electricidad.

Emisiones: La medida consiste en cambiar el combustible utilizado en un 50% en la termoeléctrica de la Comisión Federal de Electricidad; actualmente la central utiliza combustóleo con un contenido de azufre del 2% en peso y se pretende reducir su uso en un 50% y utilizar gas natural.

Las emisiones con el combustóleo son de 1,043 ton/año de partículas PM10, 21,267 ton/año de SO₂, 339 ton/año de CO, 3,099 ton/año de NOx y 70

ton/año de GOT. Las reducciones de las emisiones resultantes de combinar el combustóleo y el gas natural son:

- Reducción de partículas 1,043-525 = 520 ton/año
- Reducción de SO₂ 21,267-10,633 = 10,634 ton/año
- Reducción de NOx 3,099-1,649 = 1,450 ton/año.
- Reducción de CO 339-194 = 145 ton/año
- Reducción de GOT 70-39 = 31 ton/año

Costos: no se estimaron los costos.

2. Elaboración de un programa y reglamento de forestación municipal y seguimiento de los programas de pavimentación.

Tres acciones se pueden realizar para reducir las emisiones de partículas PM10 generadas por los suelos:

Forestación formando barreras rompevientos en la zona periférica de la ciudad y preservación de zonas arboladas

Emisiones: Las emisiones generadas por el viento sobre áreas de suelo erosionado en espacios abiertos son de 1,273 ton/año de partículas PM10, considerando que en la ciudad de Tijuana y Rosarito existen más de 40,000 hectáreas de superficies baldías y que sólo se reforesten el 20% de su superficie, se pueden reducir las emisiones en 254 ton/año.

Costos: Se estima un costo de 1,000 dólares por hectárea forestada.

Aplicación de estabilizadores de suelo para el control de emisiones de PM10 en calles y áreas no pavimentadas

Emisiones: Para el cálculo de la reducción de emisiones mediante la estabilización de suelos en las calles no pavimentadas, se tiene que el aporte de emisión por el tráfico vehicular en las calles no pavimentadas es de 17,860 ton/año; también se consideró que se estabilicen los suelos en el 20% (200 hectáreas) de las calles no pavimentadas y que esta práctica reduce el 90% de las emisiones. Las emisiones se reducirían entonces en un 18%, lo que equivale a 3,186 ton/año de partículas PM10.

Costos: Se estimó un costo de 1,500 dólares por tonelada reducida de partículas PM10.

Intensificar un programa de pavimentación de calles

Emisiones: Se consideró que en Mexicali existen 797 hectáreas de superficies no pavimentadas y que por el tráfico vehicular se emiten 17,860 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 3,186 ton/año, sólo resta una emisión de 14,674 ton/año de partículas, por lo que al aplicar asfalto el 20% de las calles sin pavimento se podrán reducir 2,935 ton/año.

Costos: Se estimó un costo de 5,000 dólares por tonelada de partículas reducida mediante la pavimentación.

Tabla D.11. Resumen de reducciones de emisiones y costos asociados a algunas medidas del Programa

Acción	Ton/año de contaminantes reducidas					Costo en Millones de Dólares
	PM10	SO ₂	CO	NOx	GOT	
Regulación de emisiones a empresas potencialmente contaminantes mediante la expedición de licencias, permisos y autorizaciones en materia ambiental.	NE	721	NE	NE	NE	1.0
Establecer un programa de empadronamiento y vigilancia de terminales de almacenamiento y estaciones de servicio de combustibles, para recuperación de vapores.	NA	NA	NA	NA	2,238	2.5
Iniciar con el programa de verificación vehicular en el municipio de Tijuana	184	NA	42,131	3,515	2,173	6.6
Estudiar diferentes alternativas de transporte masivo y de renovación del parque vehicular	311	27	3,908	2,693	543	167
Impulsar el cambio de combustible en la Comisión Federal de Electricidad	520	10,634	145	1,450	31	NE
Elaboración de un programa y reglamento de forestación municipal y seguimiento de los programas de pavimentación	6,375	NA	NA	NA	NA	19.7
Total	7,390	11,382	46,184	7,658	4,985	198.8
Porcentaje de reducción con respecto a las emisiones totales	25	38	15	27	6	

ANEXO E. LINEAMIENTOS TÉCNICOS DE UN PROGRAMA DE VERIFICACION VEHICULAR

E.1. Introducción

La información de las estaciones de monitoreo de la calidad del aire de Tijuana-Rosarito indica que en los últimos años se han presentado excedencias a las normas de bióxido de nitrógeno (NO₂), ozono (O₃), 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, NO_x, HC, SO_x, 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 NO_x y HC son precursores de oxidantes fotoquímicos como el O₃. En la región se cuenta con un parque vehicular de alrededor de 370 mil vehículos estimándose preliminarmente que emiten diariamente cerca de 700 toneladas de CO, 100 toneladas de gases orgánicos totales y 60 toneladas de NO_x que equivale a una emisión anual de aproximadamente 340 mil toneladas de contaminantes, representando el 78% de las emisiones generadas en Tijuana-Rosarito.

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, el 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 la información, es posible aseverar que los vehículos automotores de la región Tijuana-Rosarito 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 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 Tijuana-Rosarito y, a manera ilustrativa, una serie de elementos técnicos que pudieran considerarse. Esta información se adaptó del Programa de Gestión de la Calidad del Aire de Cd. Juárez, que al ser también una localidad fronteriza, presenta similitudes con estas ciudades en cuanto a la situación que pudiera guardar el parque vehicular. Sin embargo, el momento llegado, las autoridades locales de Tijuana Y Rosarito, y el 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. Establecerán y operarán 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 tránsito 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.

Artículo 136. No se permitirá la circulación de vehículos automotores que emitan gases, humos o polvos visibles, o cuyos niveles de emisión de contaminantes 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 incumpli-

miento 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 Tijuana, Baja California, publicado el 8 de diciembre de 1997 se 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.
- 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 de los municipios de Tijuana-Rosarito; e
- Incorporar acciones permanentes de participación ciudadana en el Programa de Verificación.

Metas

- Establecer definitivamente 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 Dependencia 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.

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 Dependencia de Ecología y del Programa de Verificación Vehicular; en seguida el número de centro que le fue asignado por la Dependencia, la Norma Oficial Mexicana NOM-041-ECOL-1999 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 Dependencia 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 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.
- 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 del municipio, 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 Dependencia 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 al Municipio copia de todos los documentos que le fueron solicitados, así como del convenio celebrado con el H. Ayuntamiento correspondiente, 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 del municipio.

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 el municipio 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.

El Municipio 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 Tijuana-Rosarito.

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 Norma Oficial Mexicana establecida, 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 solo podrá sufrir modificación previa solicitud hecha a la Dependencia 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 (NOM-047-ECOL-1993), 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 cruce 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 a 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 Tijuana.

Estará prohibido que los vendedores de automóviles, instalaciones 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 Dependencia 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 los centros de verificación disponen para este año de una tarifa por el servicio de verificación equivalente a dos o tres días de salario mínimo vigente en el Distrito Federal más 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 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

La industria maquiladora de Tijuana-Rosarito actualmente proporciona empleo a más de 100 mil personas, de aquí la importancia de establecer con la Asociación de Maquiladoras una propuesta de coordinación para aplicar el presente programa de verificación.

Cada empresa maquiladora convendrá con el municipio a través de la Dependencia de Ecología, 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 maquiladora 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 Dependencia de Ecología, mediante oficio, los días y horas en que prestarán sus servicios.

Otras empresas no maquiladoras podrán participar bajo el mismo esquema, previo convenio con la Dependencia de Ecología 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 Dependencia de Ecología, la Dirección de Seguridad Pública, se lleven a cabo las labores de inspección y vigilancia para la verificación del cumplimiento de los mismos.

E.6. Recursos para la difusión del Programa

La Dependencia de Ecología será la encargada de dar difusión de promocionales del programa de verificación vehicular; asimismo, deberá tener acceso a los diferentes medios de comunicación: estaciones radiodifusoras, medios impresos y estaciones de televisión.

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 siguientes normas para el monitoreo ambiental, las emisiones de fuentes fijas, las características de combustibles y las emisiones de fuentes móviles:

Tabla F.1. 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-1998	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.

Tabla F.2. 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.

Tabla F.3. 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.

Tabla F.4. Monitoreo ambiental

Norma Oficial Mexicana	Método de medición y calibración de equipo para la determinación de las concentraciones de:
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.

ANEXO G. 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 (O₂).

3.4.4. Bióxido de carbono (CO₂).

3.4.5. Óxidos de nitrógeno (NO_x).

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 (HC) (ppm)	Monóxido de carbono (CO) (% Vol.)	Oxígeno (Máx.)* (O ₂) (% Vol.)	Dilución	
				Mín.	Máx.
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 (HC) (ppm)	Monóxido de carbono (CO) (%Vol.)	Oxígeno (Máx.)* (O ₂) (%Vol.)	Dilución	
				Mín.	Máx.
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 (HC) (ppm)	Monóxido de Carbono (CO) (% Vol.)	Oxígeno (Máx.)* (O ₂) (% Vol.)	Dilución	
				Mín.	Máx.
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 (HC) (ppm)	Monóxido de Carbono (CO) (% Vol.)	Oxígeno * (Máx.) (O ₂) (% Vol.)	Dilución	
				Mín.	Máx.
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 (HC) (ppm)	Monóxido de carbono (CO) (% Vol.)	Oxígeno (Máx.)* (O ₂) (% Vol.)	Dilución	
				Mín.	Máx.
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 (Ralenti) y en marcha en cruceo 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 discontinua 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 petróleo, 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 , NO _x 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 $2,500 \pm 250$ 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 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 $2,500 \pm 250$ 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 cruceo 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 $2,500 \pm 250$ 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 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 ₂ O)	Caída máxima de presión.	
			(pulg. H ₂ O)	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
Emissiones por el escape (Aprobado, No aprobado)	A	1
Sellado del tapón (Aprobado, No aprobado)	A	1

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 CO₂ y O₂.

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 $\pm 10\%$.

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 $\pm 2\%$ 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.

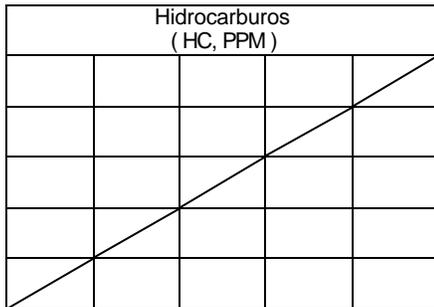
ANEXO 1

Hoja de registro para la verificación de calidad de medición de analizadores

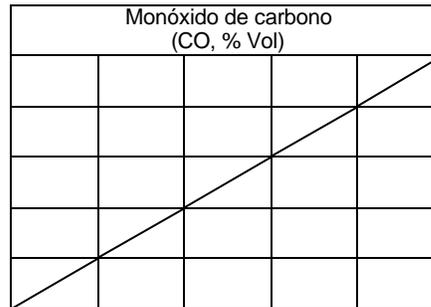
Centro de verificación _____ No. _____
 Dirección _____ Col. _____
 Del. Pol. o Mpio. _____ Tel. _____ RFC _____
 Marca del equipo _____ No. de serie _____
 Lugar de certificación _____

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 H. ACUERDO DE LA PAZ DE 1983

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*".

A continuación se reproduce el Acuerdo de La Paz y sus Anexos IV y 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 perjuicio 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 ser 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

mación podrá facilitarse a terceras partes por acuerdo mutuo de las Partes en este Convenio.

Artículo 17

Nada en este Convenio será entendido en perjuicio 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 IV. AL 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

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

PREÁMBULO

El Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos ("México") y el Gobierno de los Estados Unidos de América ("Los Estados Unidos"), (las Partes).

Reconociendo la preocupación del público por los daños a la salud y al ambiente, que resultan de la contaminación del aire causada por las fundidoras de cobre a lo largo de su frontera común;

Tomando nota de que tal preocupación del público condujo a la celebración de consultas entre las Partes en el marco de su Convenio sobre Cooperación para la Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente en la Zona Fronteriza de 1983 ("El Acuerdo de 1983");

Tomando nota también con satisfacción de que tales consultas concluyeron a que cada una de las Partes tomará en sus respectivos territorios, medidas que producirán un mejoramiento de la calidad del aire en la zona fronteriza;

Reconociendo que la decisión de los Estados Unidos de cerrar la Fundidora de Cobre Phelps Dodge en Douglas, Arizona, para el 15 de enero de 1987, constituirá una contribución importante para la protección del medio ambiente en la zona fronteriza;

Reconociendo también que los esfuerzos que ya se realizan en México para establecer una planta de alta eficiencia para el procesamiento de dióxido de azufre a ácido sulfúrico, en la Fundidora de Cobre "Mexicana de Cobre La Caridad" en Nacoziari, Sonora, para el 1 de junio de 1988, constituirán una contribución importante para la protección del medio ambiente en la zona fronteriza;

Considerando la importancia para las Partes de asegurar la aplicación de las medidas antes descritas, así como la necesidad de contemplar la adopción de otras medidas para la mayor protección y mejoramiento de la calidad del aire frente a las actividades de las fundidoras de cobre en la zona fronteriza;

Reafirmando el principio 21 de la Declaración de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano de 1972; adoptada en Estocolmo, la cual dispone que los Estados tienen, de conformidad con la Carta de las Naciones Unidas y con los principios de derecho internacional, el derecho soberano de explotar sus propios recursos en aplicación de su propia política ambiental y la obligación de asegurarse de que las actividades que se lleven a cabo

dentro de su jurisdicción o bajo su control no perjudiquen al medio de otros Estados o de zonas situadas fuera de toda jurisdicción nacional;

Deseosos de cooperar efectivamente para proteger la salud y el bienestar públicos de los efectos de la contaminación del aire causada por las fundidoras de cobre en la zona fronteriza; y

Recordando que el Artículo 3 del Convenio de 1983 dispone que las Partes pueden concluir arreglos específicos para la solución de problemas comunes en la zona fronteriza, como anexos a dicho convenio;

Han convenido en lo siguiente:

Artículo I

Medidas para la Reducción de Emisiones

1. Los Estados Unidos se comprometen a asegurar que, en caso de que la Fundidora de Cobre Phelps Dodge en Douglas, Arizona, reanude sus operaciones de fundición después del 15 de enero de 1987, o de que cualquier otra fundidora de cobre que se establezca en el futuro en su lado de la zona fronteriza, tal fundidora se sujetará, al inicio de sus operaciones de fundición, a las medidas necesarias efectivas que se tomen para asegurar que las emisiones de bióxido de azufre, no excederán el 0.065 por ciento por volumen durante cualquier periodo de seis horas.
2. Otras fundidoras de cobre existentes en el lado de los Estados Unidos de la zona fronteriza, ya sea que estén actualmente operando o no, continuarán sujetándose a medidas efectivas de control necesarias para proteger el medio ambiente de las emisiones de bióxido de azufre, dispuestas en las leyes estatales y federales aplicables.
3. México se compromete a asegurar que las operaciones de la Fundidora de Cobre "Mexicana de Cobre La Caridad" en Nacoziari, Sonora, a partir del 1 de junio de 1988, o que cualquier otra fundidora de cobre que se establezca en el futuro en su mismo lado de la zona fronteriza, se sujete desde el inicio de sus operaciones a medidas efectivas necesarias que se tomen para asegurar que las emisiones de bióxido de azufre no excederán el 0.065 por ciento por volumen durante cualquier periodo de seis horas. Hasta esa fecha la fundidora de Nacoziari continuará operando con un límite máximo promedio de emisión que no exceda una concentración ambiental de bióxido de

- azufre de 0.13 partes por millón durante un período de veinticuatro horas.
4. México se compromete a asegurar que cualquier expansión futura de la capacidad de fundición de la Fundidora de Cobre "Compañía Minera de Cananea" en Cananea, Sonora; se sujetará al momento de iniciar dichas operaciones de expansión a medidas efectivas que se tomen para asegurar que las emisiones de dióxido de azufre no excederán de 0.065 por ciento por volumen durante cualquier período de seis horas.
 5. Para el propósito de determinar el cumplimiento del límite de emisiones de 0.065 establecida en este Anexo:
 - a) El promedio de seis horas de concentraciones de dióxido de azufre será calculado y registrado diariamente por los cuatro periodos consecutivos de seis horas de cada día de operaciones, empezando a las 12 horas a.m.
 - b) Cada período de seis horas de concentraciones se integrará por el promedio de lecturas de dióxido de azufre medido por hora contigua.
 - c) La hora promedio de concentración de emisiones deberá ser computada de cuatro o más datos puntuales igualmente espaciados sobre cada período de una hora.
 6. Las Partes deberán esforzarse por tomar, con sujeción a la disponibilidad de recursos, cualesquier otras medidas interinas apropiadas de reducción de emisiones destinadas a proteger la salud y bienestar públicos de la contaminación atmosférica causada por fundidoras de cobre en la zona fronteriza.
 - ii) al propietario u operador de la fundidora se le requerirá que lleve un registro mensual del total de la carga de la fundidora.
 - iii) al propietario u operador de la fundidora se le requerirá que presente a la autoridad nacional competente, cada tres meses, informes escritos de las emisiones de dióxido de azufre que excedan el 0.065 por ciento por volúmenes durante cualquier período de seis horas, así como la siguiente información:
 - la magnitud de cualquier emisión que exceda el 0.065 por ciento por volumen durante cualquier período de seis horas y la fecha y hora de comienzo y terminación de cada período de tiempo de dichas emisiones.
 - la identificación específica de cada período de seis horas en el cual las emisiones excedan el 0.065 por ciento por volumen durante el comienzo, cierre o descompostura de la fundidora, la naturaleza y causa de cualquier descompostura si se conoce, y las medidas correctivas tomadas.
 - la fecha, hora y duración de cada período durante el cual el sistema continuo de monitoreo no operó, excepto para los lapsos de revisión desde cero, así como la naturaleza de las reparaciones o ajustes efectuados en el sistema.

Artículo II

Sistemas de Monitoreo, Registro e Información de Emisiones

1. Cualquier fundidora de cobre que, de conformidad con este Anexo, deba cumplir con la limitación de emisiones de 0.065 por ciento por volumen durante cualquier período de seis horas, deberá instalar, operar y mantener sistemas continuos de monitoreo, registro e información de emisiones conforme a las siguientes bases:
 - d) Con el fin de monitorear emisiones de dióxido de azufre, el sistema de monitoreo deberá ser instalado, calibrado y mantenido por el propietario u operador de cualquiera de las fundidoras de cobre a las que aplica este Artículo, con lapsos de verificación de cero a valor conocido que sean practicadas diariamente con un programa de aseguramiento de calidad.
 - e) Para los fines del registro, todos los registros de emisiones deberán ser conservados por los dos años siguientes a las fechas de esas emisiones así como:
 - i) otra información que se incluya en expedientes puede incluir el sistema continuo de monitoreo, el dispositivo de monitoreo y las medidas de prueba de eficiencia, todas las revisiones de calibración de los sistemas continuos de monitoreo o de los dispositivos de monitoreo, los ajustes o mantenimiento efectuados sobre esos sistemas o dispositivos y toda la información

2. Los sistemas de monitoreo, registro e información de emisiones referidos en el párrafo 1 de este Artículo, están dirigidos a proveer a cada Parte información adecuada que le permita tomar la medida práctica que considere apropiada, o que permita a las Partes cooperar para ese fin, y de ninguna manera la información resultante deberá ser interpretada en forma alguna que atere los compromisos de las Partes especificados en el Artículo I de este Anexo ó en cualquiera de sus otras disposiciones.
3. Las Partes deberán consultarse para encontrar medios efectivos de cooperación, a fin de asegurar los más inmediatos medios para la pronta y completa aplicación de las disposiciones estipuladas en este Artículo.

Artículo III

Dispositivos de Monitoreo Atmosférico

Las Partes deberán continuar consultándose sobre sus dispositivos de monitoreo atmosférico localizados en la zona fronteriza y continuarán cooperando para aumentar la efectividad en el monitoreo.

Artículo IV

Grupo de Trabajo de Expertos Técnicos

1. Las Partes confirman el grupo binacional de expertos técnicos establecido por la Primera Reunión Anual de Coordinadores Nacionales, en el espíritu del Artículo 11 del Convenio de

1983, conocido como el Grupo de Trabajo México-Estados Unidos sobre Calidad del Aire ("Grupo de Trabajo"). El Grupo de Trabajo deberá ser copresidido por funcionarios que serán nombrados por y responderán ante los Coordinadores de México y Estados Unidos ("Coordinadores Nacionales"), como está establecido en el Artículo 8 del Convenio de 1983. El Grupo de Trabajo se reunirá en forma regular y deberá incluir la participación, según sea apropiada o necesaria de las autoridades locales y estatales de ambos países.

2. El Grupo de Trabajo deberá reunirse al menos una vez cada seis meses, para revisar los avances en el abatimiento de la contaminación por fundidoras en la zona fronteriza, según se contempla en este Anexo y, si es necesario, para determinar medidas correctivas adicionales a ser recomendadas a los Coordinadores Nacionales. El Grupo de Trabajo deberá suministrar todas sus recomendaciones y su evaluación del cumplimiento por las Partes de los términos de este Anexo, en un informe bianual a los Coordinadores Nacionales. Los Coordinadores Nacionales deberán, por mutuo acuerdo, aplicar tales recomendaciones según lo juzguen apropiado.
3. Los Coordinadores Nacionales deberán enviar todos los informes del Grupo de Trabajo a sus respectivos Ministerios de Relaciones Exteriores de cada país, es decir, en el caso de México a la Secretaría de Relaciones Exteriores y al Departamento de Estado en el caso de los Estados Unidos, y recomendarán, tomando en cuenta los informes del Grupo de Trabajo, cualquier acción adicional que pueda necesitarse para promover los propósitos de este Anexo.
4. Las Partes deberán, de conformidad con sus respectivas leyes y reglamentos internos, intercambiar información y datos sobre las fundidoras de cobre en sus respectivos Estados fronterizos y también asegurar que el Grupo de Trabajo reciba información completa, incluyendo datos de monitoreo atmosférico y de emisiones en la zona fronteriza y otra información que exista o se haga disponible como respuesta de este Anexo.

Artículo V Competencia Legislativa

Las Partes promoverán la adopción de legislación que les otorgue las competencias que sean necesarias, para proveer el abatimiento de la contaminación atmosférica transfronteriza causada por las fundidoras de cobre. Las Partes continuarán consultándose sobre estas cuestiones.

Artículo VI Efectos sobre otros instrumentos

1. Nada de lo dispuesto en el presente Anexo deberá entenderse en perjuicio de otros acuerdos existentes o futuros entre las Partes, ni afectará los derechos u obligaciones de las Partes conforme a acuerdos internacionales de los que sean Partes.
2. Las disposiciones del presente Anexo, en particular, no deberán perjudicar o de cualquier otra manera afectar las funcio-

nes encomendadas a la Comisión Internacional de Límites y Aguas, de conformidad con el Tratado de 1944 sobre la Utilización de las Aguas de los Ríos Colorado y Tijuana y del Río Bravo.

Artículo VII Apéndices

Cualesquiera apéndices al presente Anexo podrán ser incorporados mediante intercambio de notas diplomáticas, y formarán parte integral del presente Anexo.

Artículo VIII Enmiendas

El presente Anexo y cualesquier apéndices que se le incorporen, podrán ser enmendados por acuerdo mutuo de las Partes por medio del intercambio de notas diplomáticas.

Artículo IX Revisión

Las Partes se reunirán al menos cada dos años desde la fecha de entrada en vigor del presente Anexo, en el lugar y fecha que sean mutuamente convenidos, a fin de revisar la efectividad de su aplicación y acordar las medidas individuales o conjuntas que sean necesarias para mejorar dicha efectividad.

Artículo X Entrada en vigor

El presente Anexo entrará en vigor con el intercambio de notas diplomáticas entre las Partes, en las que se informe que cada Parte ha completado sus procedimientos internos necesarios.

Artículo XI Terminación

El presente Anexo permanecerá en vigor indefinidamente, a menos que una de las Partes notifique a la Otra por escrito y por la vía diplomática de su deseo de terminarlo, en cuyo caso el presente Anexo terminará seis meses después de la fecha de dicha notificación escrita.

A menos que se acuerde otra cosa, esta terminación no afectará la validez de cualesquier acuerdos celebrados conforme al presente Anexo.

EN TESTIMONIO DE LO CUAL los abajofirmantes estando debidamente autorizados por sus respectivos Gobiernos, han firmado este Anexo.

Hecho en la ciudad de Washington en duplicado el día veintinueve del mes de enero del año de mil novecientos ochenta y siete, en los

Programa para Mejorar la Calidad del Aire de Tijuana-Rosarito 2000-2005

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

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 estacionarias (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 conjuntamente 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 sensible 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 N° 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 Protección 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 incremento 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 personas 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

Programa para Mejorar la Calidad del Aire de Tijuana-Rosarito 2000-2005

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 I. GLOSARIO DE TÉRMINOS

Acuerdo de Cooperación Ambiental de América del Norte. Acuerdo 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 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". También se define 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 100 kilómetros 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 (SO₂). 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 (CO₂). 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 (NO₂). 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 esta-

cional 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 doro 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.

Comité Consultivo Conjunto. Grupo de trabajo binacional formado por 20 miembros, 10 de cada país (México y Estados Unidos), representando a los sectores Industrial, Académico, Organizaciones No Gubernamentales, Gobiernos en sus tres niveles (Federal, Estatal y Municipal) y a la sociedad civil, que tiene como objetivo el recomendar medidas y acciones en pro de mejorar la calidad del aire en la región de Cd. Juárez-El Paso-Condado Doña Ana.

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 peligrosos 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: ozono, monóxido de carbono, partículas suspendidas totales y fracción respirable, bióxido de azufre, bióxido de nitrógeno y plomo.

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.

Dosis. 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 gasolineras, 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 ozono.

Fuente Estacionaria Mayor. 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 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.

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.

Mecanismos de Consulta para Modificación o Instalación de Nuevas Industrias que se Ubiquen en la Zona Fronteriza. Los Estados Unidos Mexicanos y los Estados Unidos de América tienen mecanismos por medio de los cuales cada país es informado a tiempo del establecimiento de nuevas plantas o modificación de las ya existentes dentro de la zona fronteriza común.

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 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 Anexo de 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. 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.

Participantes en la elaboración de este documento

Gobierno Municipal de Tijuana

Lic. Juan Manuel Gastelum Buenrostro	Secretario General del XVI Ayuntamiento de Tijuana
C.P. Oscar Escobedo Cariñan	Coordinador de Desarrollo Económico
Arq. Carlos Graizbord Ed.	Director General del Instituto Municipal de Planeación
M. en Arq. José Guadalupe Martínez Godínez	Subdirector de Planificación Urbana, Regional y Medio Ambiente
Ocean. Delia Cristina Castellanos Armendariz	Jefe del Departamento de Medio Ambiente
Biol. Myrna Yolanda Borja Medina	Encargada del Area de Factores Biológicos y Químicos
Arq. Rafael Luna Lobano	Encargado del Area de Proyectos Estratégicos
Lic. Elizabeth Chávez de la Mora	Asistente de la Subdirección de Planificación Urbana, Regional y Medio Ambiente

Gobierno Municipal de Playas de Rosarito

M. en C. Guillermo Ballesteros	Jefe del Departamento de Ecología
--------------------------------	-----------------------------------

Gobierno del Estado de Baja California

M. en C. Adolfo González Calvillo	Director General de Ecología del Estado
Ocean. Saúl Martín del Campo Bustamante	Subdirector de Medio Ambiente
Lic. Luis Flores Solís	Subdirector de Regulación, Control y Protección Ambiental

Secretaría de Salud

Dr. Juan Rauda Esquivel	Dirección General de Salud Ambiental
-------------------------	--------------------------------------

Colegio de la Frontera

Dr. Hugo Riemann González	Investigador
---------------------------	--------------

Delegación Semarnap en Baja California

María de la Luz Ocaña Rodríguez	Subdelegada de Medio Ambiente en Baja California
Julián Torres Ruiz	Coordinador del Área de Calidad del Aire

Instituto Nacional de Ecología

Adrián Fernández Bremauntz	Director General de Gestión e Información Ambiental
Víctor Hugo Páramo Figueroa	Coordinador de Programa
Rolando Ríos Aguilar	Director de Información Ambiental
Jorge Martínez Castillejos	Director de Calidad del Aire
Jorge Sarmiento Rentería	Subdirector de Políticas de Calidad del Aire
María Guadalupe De la Luz González	Subdirectora de Modelos de Calidad del Aire
José Zaragoza Ávila	Subdirector de Monitoreo Atmosférico
Ma. Cristina Ruiz Ramírez	Jefe de Departamento de Elaboración de Programas de Aire
Francisco Soto Delgadillo	Jefe de Departamento de Fuentes Móviles
Saúl Rodríguez Rivera	Jefe de Departamento de Seguimiento de Programas de Aire
José Manuel González Osorio	Jefe de Departamento del SINAICA
Rodolfo Iniestra Gómez	Jefe de Departamento de Innovación Tecnológica
Guadalupe Tzintzun Cervantes	Jefe de Departamento de Procesamiento de datos

*Elaboración de este documento
en formato HTML y en formato PDF*

Mirrella Núñez González
Jefe de Departamento de Sistemas
Dirección de Calidad del Aire
Dirección General de Gestión e Información Ambiental