



INVENTARIO DE CONTAMINANTES TÓXICOS DEL AIRE EN LA ZMVM, 2004



GOBIERNO DEL DISTRITO FEDERAL
México, la Ciudad de la Esperanza





GOBIERNO DEL DISTRITO FEDERAL
Secretaría del Medio Ambiente

Dirección General de Gestión Ambiental del Aire



INVENTARIO DE CONTAMINANTES
TÓXICOS DEL AIRE EN LA ZMVM, 2004

CONTENIDO

PRESENTACIÓN	7
INTRODUCCIÓN	12
1. ZONA DE ESTUDIO	13
2. CONTAMINANTES TÓXICOS	14
3. FUENTES DE EMISIÓN	16
3.1 FUENTES FIJAS Y DE ÁREA.....	16
3.2 FUENTES MÓVILES	26
3.3 FUENTES NATURALES.....	27
4. METODOLOGÍAS DE ESTIMACIÓN DE COMPUESTOS TÓXICOS DEL AIRE	28
4.1 METODOLOGÍA DE ESTIMACIÓN DE EMISIONES PARA LAS FUENTES FIJAS.....	29
4.2 METODOLOGÍA PARA LA ESTIMACIÓN DE EMISIONES DE LAS FUENTES DE ÁREA	36
4.3 METODOLOGÍA DE ESTIMACIÓN DE EMISIONES DE LAS FUENTES MÓVILES	42
4.4 METODOLOGÍA DE ESTIMACIÓN DE EMISIONES DE LAS FUENTES NATURALES.....	44
5. INVENTARIO DE EMISIONES DE CONTAMINANTES TOXICOS ZMVM, 2004.	46
5.1 EMISIONES ANUALES.....	46
5.2 PRINCIPALES CATEGORÍAS DE EMISIÓN DE CONTAMINANTES TÓXICOS DEL AIRE.....	48
5.3 PRINCIPALES CONTAMINANTES TÓXICOS DEL AIRE EN LA ZMVM.....	49
5.4 PRINCIPALES CONTAMINANTES TÓXICOS EN EL DISTRITO FEDERAL Y ESTADO DE MÉXICO.....	54
5.5 PRINCIPALES CONTAMINANTES TÓXICOS DE FUENTES FIJAS	55
5.6 PRINCIPALES CONTAMINANTES TÓXICOS DE FUENTES DE ÁREA	57
5.7 PRINCIPALES CONTAMINANTES TÓXICOS DE FUENTES NATURALES	59
5.8 PRINCIPALES CONTAMINANTES TÓXICOS DE FUENTES MÓVILES	60
6. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE CONTAMINANTES TÓXICOS	62
7. CONCLUSIONES	70
8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	71
ANEXO 1. ACRÓNIMOS	72
ANEXO 2. LISTADOS DE USEPA, RETC, HAP PRIORITARIOS, HAP URBANOS Y PBT	73
ANEXO 3. CARACTERÍSTICAS GENERALES Y EFECTOS A LA SALUD DE LOS PRINCIPALES CONTAMINANTES TÓXICOS EN LA ZMVM	77

DIRECTORIO

ALEJANDRO ENCINAS RODRÍGUEZ
JEFE DE GOBIERNO DEL DISTRITO FEDERAL

CLAUDIA SHEINBAUM PARDO
SECRETARIA DEL MEDIO AMBIENTE

J. VÍCTOR HUGO PÁRAMO FIGUEROA
DIRECTOR GENERAL DE GESTIÓN AMBIENTAL DEL AIRE

JORGE SARMIENTO RENTERÍA
DIRECTOR DE INVENTARIO DE EMISIONES Y FUENTES ESTACIONARIAS

COORDINADORES

Maria Cristina Ruiz Ramírez
Subdirectora de Fuentes Estacionarias

Saúl Rodríguez Rivera
Subdirector de Inventario y Modelación

INTEGRACIÓN DEL DOCUMENTO

Rogelio Jiménez Olivero
Miguel Ángel Flores Román
Patricia Camacho Rodríguez
Fabiola Rodríguez Granados
José Luis Sagú Gonzáles
Juan Carlos Enciso Ibarra
María del Carmen Mendoza Pelcastre
Maria Magdalena Armenta Martínez

PRESENTACIÓN

La contaminación del aire ha sido uno de los retos ambientales más serios que han enfrentado los habitantes de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), a partir de la segunda mitad del siglo XX. Los primeros indicios del problema fueron identificados por investigadores a principios de la década de los sesenta. A partir de ese momento se han realizado una serie de esfuerzos para medir y estimar los niveles de contaminación atmosférica en la ciudad de México y su zona metropolitana.

La ZMVM, constituida por las dieciséis delegaciones del Distrito Federal y dieciocho municipios del Estado de México, es una de las zonas más pobladas del mundo y con grandes problemas de contaminación, siendo por lo tanto uno de los lugares donde se realizan grandes esfuerzos en materia de gestión ambiental del aire.

Las actividades de gestión de la calidad del aire, exigen la actualización de los inventarios de emisiones, tanto de la información básica que se requiere, así como de los resultados obtenidos y de los contaminantes estimados.

Bajo las perspectivas anteriores, surgió el planteamiento de realizar un análisis a detalle de la información disponible para identificar los tipos de contaminantes tóxicos del aire que se generan en la ZMVM, lo cual dio por resultado el primer inventario de contaminantes tóxicos del aire en la ZMVM, 2004, el cual muestra a los principales compuestos tóxicos, generados por fuente y por entidad.

La importancia del presente inventario radica en conocer de manera específica aquellos contaminantes que por sus características representan un peligro para la salud pública ya sea por su toxicidad o por las cantidades que son emitidas por las diversas fuentes que los generan.

Así mismo, con este inventario se pueden clasificar las actividades de mayor contribución por tipo de contaminante e identificar las fuentes hacia las cuales se deben dirigir los esfuerzos para reducir o mitigar las emisiones de dichos contaminantes.

Su contenido está estructurado como se describe a continuación:

En el capítulo 1, se describe el área de estudio para el que fue realizado el presente inventario. En él se enlistan las 16 delegaciones que conforman el Distrito Federal y los 18 municipios del Estado de México que conurban- el Distrito Federal.

En el capítulo 2, se define el concepto de contaminantes tóxicos y se describen los listados consultados para establecer los criterios de los contaminantes tóxicos a evaluar.

El capítulo 3, detalla las fuentes y algunas actividades generadoras de contaminantes tóxicos, así como los principales contaminantes emitidos a la atmósfera en estas actividades.

En el capítulo 4, se describen las metodologías utilizadas en la estimación de las emisiones generadas por cada fuente, así mismo, se describen los factores de emisión utilizados y/o los perfiles de emisión para especificar los contaminantes tóxicos evaluados.

En el capítulo 5, se presenta el inventario de emisiones de los contaminantes tóxicos emitidos a la atmósfera en la ZMVM por fuente, identificando las principales categorías que emiten dichos contaminantes, así como los principales contaminantes generados. También se presenta un análisis para el Distrito Federal y el Estado de México.

En el capítulo 6, se hace un análisis de la distribución espacial para los 12 principales contaminantes tóxicos emitidos en la ZMVM por todas las fuentes estimadas. Esta distribución espacial se realizó con la finalidad de determinar las zonas donde se originan estos contaminantes, en una malla de 1 x 1 km.

Por último en el capítulo 7, se presentan las conclusiones de este trabajo de acuerdo con los resultados obtenidos.

INTRODUCCIÓN

La Dirección de Inventario de Emisiones y Fuentes Estacionarias, llevó a cabo la realización de este inventario, que incluye las emisiones de contaminantes tóxicos de actividades diversas, provenientes de las fuentes puntuales, de área, móviles y naturales.

La importancia de este inventario se basa en los efectos a la salud pública que pueden ocasionar algunos contaminantes tóxicos, entre los cuales se pueden mencionar, una gripa recurrente, problemas de asma y en casos más severos cáncer; adicionalmente los resultados obtenidos serán de gran utilidad en la aplicación de modelos de calidad del aire.

Para determinar los tóxicos que serían inventariados se consultó documentalmente a la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (US-EPA), la cual incluye en el acta de aire limpio (*Section 112(b)(1) of the Clean Air Act*) un listado donde considera 188 sustancias como contaminantes peligrosos del aire (HAP¹ por sus siglas en inglés), el listado de contaminantes urbanos peligrosos², y el listado de tóxicos persistentes bioacumulativos³, y en nuestro país el listado de sustancias RETC de México⁴

Se estimaron las toneladas anuales de 84 contaminantes considerados tóxicos, después de haber analizado las fuentes puntuales, área, móviles y naturales, encontrando solamente algunas metodologías de estimación según sea el caso para estas ochenta y cuatro especies.

La información compilada en el presente documento, proporciona las emisiones de contaminantes tóxicos del aire en la ZMVM, por tipo de contaminante y fuente generadora, podrá ser utilizada para la evaluación del impacto de estos contaminantes y su posible regulación en un futuro. Así mismo el inventario de contaminantes tóxicos puede ser empleado para determinar los riesgos a la exposición de este tipo de contaminantes y en la modelación de estudios de la calidad del aire.

Al igual que el inventario de contaminantes criterio el inventario de emisiones de contaminantes tóxicos al aire deberá realizarse de manera bianual, buscando aumentar el grado de precisión y desagregación del mismo, con la intención de contar con instrumentos de gestión actualizados y mas detallados, que sirvan de guía para la actualización de medidas para mejorar la calidad del aire en la ZMVM.

Para futuros inventarios de contaminantes tóxicos al aire se deberá incrementar el numero de compuestos tóxicos inventariados, así como las actividades que no fueron contempladas en el presente documento por falta de información. Para lo cual es necesario impulsar el desarrollo de estudios en campo que permitan conocer más a detalle los contaminantes tóxicos de mayor importancia para las actividades inventariadas.

¹ <http://www.epa.gov/ttn/atw/188polls.html>; <http://www.epa.gov/ttnatw01/188polls.txt>

² <http://www.epa.gov/ttn/atw/urban/fr19iy99.pdf>; <http://www.epa.gov/ttn/atw/urban/urbanfs.html>

³ <http://www.epa.gov/pbt/fact.htm>

⁴ <http://www.ine.gob.mx/ueajei/publicaciones/libros/144/cap4.html>

1. ZONA DE ESTUDIO

El área de estudio considerada para el presente inventario de emisiones de contaminantes tóxicos de la ZMVM 2004, incluye las 16 delegaciones políticas del Distrito Federal y los 18 municipios conurbados del Estado de México, cubriendo una superficie mayor a los 3,500 km², ver figura 1 y tabla 1.



Fuente: Dirección de Inventarios de Emisiones y Fuentes Estacionarias-SMA_DGGAA.

Figura 1. Zona Metropolitana del Valle de México

Tabla 1. Delegaciones y municipios conurbados de la ZMVM

Delegación	Superficie [km ²]	Municipio	Superficie [km ²]
1 Álvaro Obregón	95.9	1 Atizapán de Zaragoza	89.8
2 Azcapotzalco	33.7	2 Cuautitlán Izcalli	109.9
3 Benito Juárez	26.5	3 Coacalco	35.4
4 Coyoacán	53.9	4 Cuautitlán	37.3
5 Cuajimalpa	70.8	5 Chalco	234.7
6 Cuauhtémoc	35.5	6 Chicoloapan	60.8
7 Gustavo A. Madero	88.1	7 Chimalhuacán	46.6
8 Iztacalco	23.2	8 Ecatepec	155.4
9 Iztapalapa	113.5	9 Huixquilucan	143.5
10 M. Contreras	63.5	10 Ixtapaluca	315.1
11 Miguel Hidalgo	46.3	11 La Paz	26.7
12 Milpa Alta	287.5	12 Nicolás Romero	233.5
13 Tláhuac	86.3	13 Naucalpan	149.8
14 Tlalpan	308.7	14 Nezahualcóyotl	63.4
15 Venustiano Carranza	33.8	15 Tecámac	153.4
16 Xochimilco	119.2	16 Tlalnepantla	83.4
TOTAL	1,486.4	17 Tultitlán	71.1
		18 Valle de Chalco*	44.5
		TOTAL	2,054.3

* Decreto de Creación del Municipio del Valle de Chalco. Gaceta del Gobierno del Estado de México, 4 de noviembre de 1994.

2. CONTAMINANTES TÓXICOS

El término general de compuestos tóxicos del aire es utilizado para referirse a un compuesto o grupo de compuestos químicos nocivos que se encuentran en la atmósfera. A veces se les llama contaminantes peligrosos del aire (*hazardous air pollutant* o HAP, por sus siglas en inglés). Son considerados tóxicos porque pueden tener efectos a corto plazo (agudos) o a largo plazo (crónicos). Esta categoría de contaminantes agrupa a muchas sustancias con efectos variados, a diferentes concentraciones a las que dichos efectos pueden presentarse. Los compuestos van desde los que son carcinógenos, como el 1,3- butadieno y el cloruro de vinilo, hasta los solventes químicos como el tolueno y el etilbenceno, que a las concentraciones que se hallan en el ambiente pueden limitarse a tener efectos irritantes.

Los compuestos tóxicos del aire pueden existir en forma gaseosa o como partículas. Como ejemplos de compuestos tóxicos están el benceno, tolueno, xileno y etilbenceno, los cuales forman parte de los compuestos orgánicos. También existe un cierto número de compuestos tóxicos gaseosos que pueden no ser compuestos orgánicos, como el amoníaco y el cloro. Muchos de los compuestos tóxicos como partículas son metales pesados como el plomo, el cromo y el cadmio.

Para identificar que contaminantes tóxicos del aire serían inventariados, fue necesaria una revisión de los listados existentes en la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de Norteamérica (USEPA por sus siglas en inglés), los cuales se describen a continuación.

188 HAP

En 1990 la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América, mediante el Acta del Aire Limpio de 1990, publicó un listado de 188 contaminantes peligrosos que requieren ser controlados (El listado original incluía 189 compuestos químicos. Sin embargo eliminaron del listado un contaminante en 1996; por lo que actualmente solo son 188 contaminantes).

49 HAP PRIORITARIOS

La EPA identificó un listado de contaminantes tóxicos prioritarios para incluirlos en su inventario de emisiones tóxicas.

33 TÓXICOS INCLUIDOS EN LA ESTRATEGIA INTEGRAL URBANA

Como parte de los esfuerzos para reducir los tóxicos del aire, la USEPA ha integrado una estrategia integral urbana de tóxicos del aire, la cual complementa los esfuerzos nacionales de investigación con reducciones de emisiones tóxicas del aire en áreas urbanas. Mediante esta estrategia la USEPA identifica 33 tóxicos del aire que son los más dañinos a la salud pública en un gran número de áreas urbanas. Estos 33 tóxicos, están identificados en 30 actividades comerciales e industriales alrededor conocidas como fuentes de área. Alrededor no están reguladas en 16 categorías.

12 PBT

El listado de los contaminantes tóxicos bioacumulativos y persistentes (PBT por sus siglas en inglés) son compuestos químicos que no solamente son tóxicos, sino que permanecen en el ambiente por periodos largos de tiempo y no son fácilmente destruidos (persistencia), además de que se acumulan en los tejidos (bioacumulación). Se transfieren rápidamente al aire, agua y suelos. La USEPA ha trabajado con 12 compuestos químicos en esta categoría (aldrin/dieldrin; mercurio y sus compuestos; benzo(a)pireno; mirex; clordano; octacloroestireno; DDT, DDD, DDE, Bifenilos Policlorados (PCB); hexaclorobenceno; dioxinas y furanos; alquil-plomo; toxafeno.

TRI⁵

El Inventario de contaminantes tóxicos (Toxic Release Inventory), es realizado con la finalidad de dar a conocer al público los compuestos químicos que son liberados por las industrias al agua, suelo y al aire. La USEPA, recopila anualmente la información de alrededor de 650 compuestos químicos liberados por la industria metalúrgica, generación de energía eléctrica y tratamiento de residuos peligrosos, entre otras.

RETC

En nuestro País fue publicado recientemente (marzo, 2005) el listado de sustancias sujetas a reporte de competencia federal para el Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes, el cual incluye 104 sustancias, de las cuales 59 se encuentran incluidas en el Listado de HAP de la USEPA, 23 pertenecen al grupo de los 33 tóxicos urbanos e integra a 9 de los 12 PBT.

En el anexo 2 se muestran los contaminantes incluidos en cada uno de estos listados.

⁵ <http://www.epa.gov/tri/whatis.htm>

3. FUENTES DE EMISIÓN

Se estima que más de 100 mil toneladas anuales de contaminantes tóxicos se liberan cada año. La mayoría de ellas provienen de fuentes antropogénicas que incluyen las fuentes móviles, estacionarias (fijas y de área) y naturales.

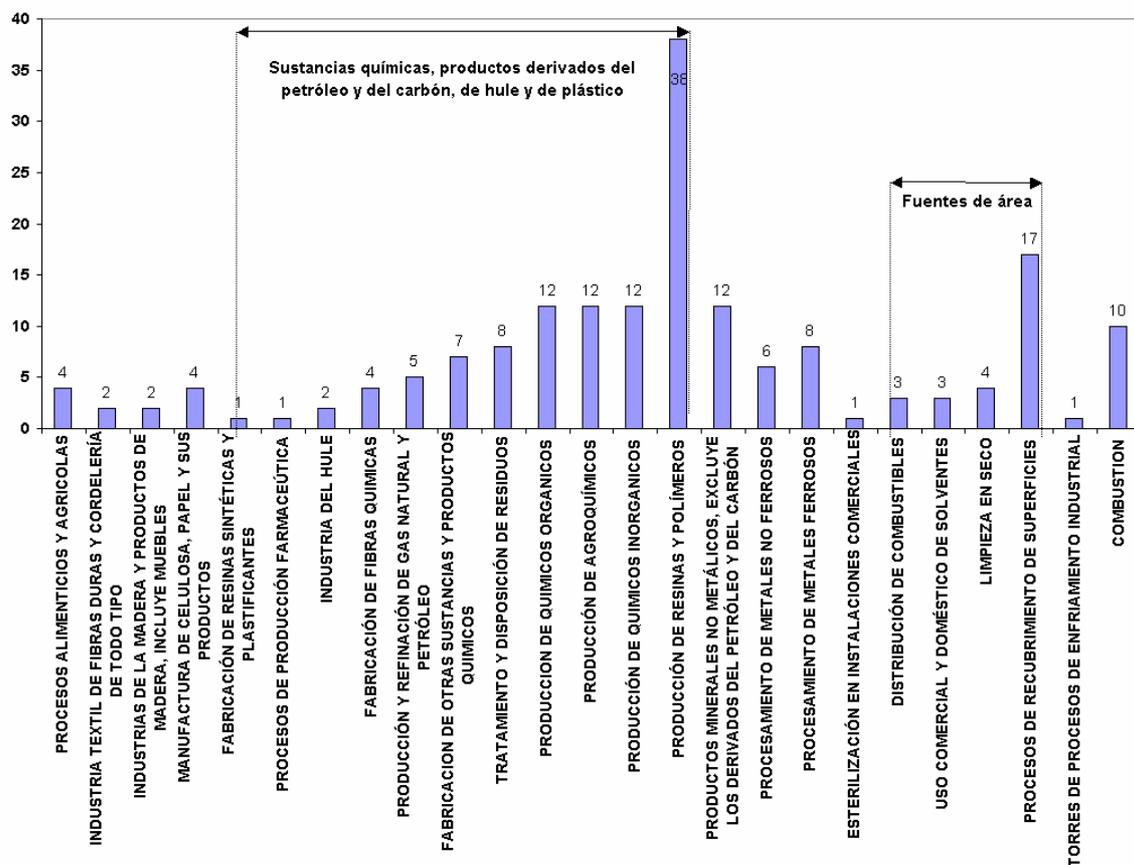


Fuente: Elaboración propia con datos de USEPA

Figura 2. Ejemplos de fuentes de emisión de tóxicos del aire

3.1 Fuentes Fijas y de Área

La USEPA, ha identificado un listado de 179 categorías de fuentes industriales y comerciales que emiten uno ó más contaminantes tóxicos del aire, para los cuales ha desarrollado normas de emisión para el control y reducción de estos contaminantes, al realizar una comparación con la Clasificación Mexicana de Actividades y Productos(CMAP), encontramos a 7 de los 9 subsectores que existen en el sector 3 "industria manufacturera"; de estos, el 77% de las 179 categorías se encuentran en el subsector 35 "sustancias químicas, productos derivados del petróleo y del carbón, de hule y de plástico". Respecto a las fuentes de área se encuentran incluidas solo 4 categorías ver gráfica siguiente.



Fuente: Elaborado por la SMA con datos de EPA.

Gráfica 1. Número de actividades con emisiones tóxicas, incluidas en las categorías de fuentes puntuales y de área

En la gráfica anterior, se puede ver que la producción de resinas y polímeros tiene el mayor número de actividades que generan contaminantes tóxicos, seguida por la producción de químicos orgánicos, agroquímicos, producción de químicos inorgánicos y productos minerales.

Respecto a las fuentes de área, tenemos que las principales actividades identificadas como generadoras de estos contaminantes son: los procesos de recubrimiento de superficies, la limpieza en seco, el uso comercial y doméstico de solventes y la distribución de combustibles.

Existen algunas actividades que no se han contemplado como emisoras en nuestros inventarios de contaminantes criterios, ya que emiten únicamente contaminantes tóxicos como por ejemplo la esterilización en instalaciones comerciales en las que es utilizado el óxido de etileno en la destrucción de bacterias, virus, hongos, insectos u otros microorganismos.

Otra actividad no contemplada son las torres de enfriamiento de procesos industriales, que también son consideradas como altas emisoras de contaminantes peligrosos, ya que se usa cromo adicionado al agua de enfriamiento para prevenir corrosión y el crecimiento de algas. Dentro de las principales instalaciones industriales que utilizan torres de enfriamiento se encuentran las refinerías del petróleo y la industria química.

Principales contaminantes tóxicos del aire en algunas categorías de fuentes fijas y de área

A continuación se mencionan los principales contaminantes tóxicos del aire para algunas categorías de fuentes fijas y de área, entre las cuales destaca la combustión, el uso de solventes, la industria química, entre otras.

Fuentes Fijas

Combustión

Las fuentes de combustión externas incluyen a las generadoras de vapor para plantas eléctricas, calderas industriales, y las unidades domésticas y comerciales de combustión. Los destilados del petróleo, el gas natural y el gas LP son los hidrocarburos de mayor utilización por estas fuentes.

A continuación se muestran algunos de los contaminantes tóxicos típicos en la combustión, es importante señalar que no todos los contaminantes fueron evaluados para la ZMVM, sin embargo se analizó la totalidad de factores de emisión que pudieran ser aplicados.

Tabla 2. Principales tóxicos generados en la combustión

1,4-Diclorobenceno	Cloroformo	Cloruro de metilo
2,4-Dinitrofenol	Cromo y sus compuestos	Metil cloroformo (1,1,1-Tricloroetano)
2,4-Dinitrotolueno	Compuestos de cobalto	Metil etil cetona (2-butanona)
2-Cloroacetofenona	Cumeno	Metil metacrilato
4-Nitrofenol	Compuestos de cianuro	Metil terbutil éter
Acetaldehído	Dimetil sulfato	Cloruro de metileno
Acetofenona	Dioxinas/Furanos	Metrilhidracina
Acroleína	Cloruro de etilo	Níquel y sus compuestos
Compuestos de antimonio	Etil benceno	Fenol
Compuestos de arsénico	Dibromoetileno	Fósforo
Benceno	Dicloroetileno	Bifenilos policlorados
Cloruro de bencilo	Formaldehído	MOP
Berilio y sus compuestos	Hexano	Propionaldehído
Bis (2-etilexil) ftalato	Ácido clorhídrico (únicamente Cloruro de hidrógeno en gas)	Compuestos de selenio
Bromoformo	Isoforona	Estireno
Cadmio y sus compuestos	Plomo y sus compuestos	Tetracloroetileno
Disulfuro de carbono	Manganeso y sus compuestos	Tolueno
Cloro	Compuestos de mercurio	Vinil acetato
Clorobenceno	Bromometano	Xilenos (incluyen o,m,p)

Fuente: Elaborado por la SMA con datos de USEPA.

Fabricación de Resinas y Plásticos

La fabricación de resinas o plásticos comienza con la polimerización o la unión del compuesto básico (monómero), por lo general un gas o líquido, con compuestos sólidos no cristalinos de alto peso molecular.

La fabricación del monómero básico no es considerada parte de la industria de plásticos y por lo general se realiza en una planta química o de petróleo.

La fabricación de la mayor parte de plásticos implica una reacción de polimerización, un paso que seca y un trato final. Estos plásticos son polimerizados o combinados con acero inoxidable. El tratamiento de la resina después de la polimerización puede variar con respecto del empleo propuesto. Las resinas para moldeados son secadas y aplastadas o moldeado en polvo. Las resinas usadas para capas protectoras, por lo general son transferidas a un tanque de aclaración en movimiento, donde son reducidos con algún tipo de solvente y luego almacenados en tanques de

acero equipados con condensadores refrigerados con agua, para prevenir la pérdida de solvente a la atmósfera. Otras resinas son almacenadas en forma de látex.

A continuación se describen los principales contaminantes tóxicos del aire proveniente de la producción de resinas y plástico.

Tabla 3. Principales tóxicos generados en la fabricación de resinas y plástico

1,1,2,2-Tetracloroetano	Bromuro de Metilo (Bromometano)	Formaldehído
1,1-Dimetilhidrazina	Bromuro de Vinilo	Fosgeno
1,2-Epoxibutano	Cadmio y Compuestos	Glicol Éteres
1,2-Propilenamina (2-Metilaziridina)	Cloro	Hidracina
1,3-Butadieno	Clorobenceno	Hidroquinona
1,3-Dicloropropeno	Cloroformo	Manganeso y Compuestos
1,4-Dioxano (1,4-Dietileneoxido)	Clorometil Metil Eter	Mercurio y Compuestos
2,4,6-Triclorofenol	Cloropreno	Metanol
2,4-D (Acido 2,4-Diclorofenoxiacetico)	Cloruro Bencilo	Metil Cloroformo (1,1,1-Tricloroetano)
2,4-Dinitrofenol	Cloruro de Alilo	Metil Etil Cetona (2-Butanona)
2,4-Toluen Diisocianato	Cloruro de Etilo	Metil Isobutil Cetona (Hexona)
4,4'-Metilen dianilina	Cloruro de Metileno	Metil Metacrilato
4,4'-Metilen bis(2-cloroanilina)	Cloruro de Metilo	Metil ter-Butil Éter
4-4'-Metilenedifenil Diisocianato	Cloruro de Vinildeno	N,N-Dimetilanilina
Acetaldehído	Cloruro de Vinilo	Níquel y Compuestos
Acetonitrilo	Cobalto y Compuestos	Nitrobenceno
Ácido Acrílico	Cresoles (incluye o,m,p)	o-Toluidina
Ácido Clorhídrico (Cloruro de Hidrogeno [Sólo gas])	Cromo y Compuestos	Oxido de Etileno
Ácido Cloroacetico	Cumeno	Oxido de Propileno
Ácido Fluorhídrico (Fluoruro de Hidrogeno)	Dibromuro de Etileno	p-Fenilen diamina
Acrilamida	Dibutil ftalato	Plomo y Compuestos
Acrilato de Etilo	Dicloruro de Etileno	POM
Acilonitrilo	Dicloruro de Propileno	Propionaldehído
Acroleína	Dietanolamina	Propoxur (Baygon)
Anhídrido ftálico	Dietil Sulfato	Sulfato de Carbonilo
Anhídrido Maleíco	Dimetil ftalato	Tetracloroetileno
Anilina	Disulfuro de Carbono	Tetracloruro de Carbono
Antimonio y Compuestos	Epiclorohidrina (l-Cloro-2,3-epoxipropano)	Tetracloruro de Titanio
Benceno	Estireno	Tolueno
Bifenil	Etilbenceno	Tricloroetileno
Bis(2-etilhexil) ftalato	Etilen Glicol	Vinil Acetato
Bis(clorometil) Éter	Fenol	Xilenos (incluye o, m y p)

Fuente: Elaborado por la SMA con datos de USEPA.

Industria química orgánica sintética

La operación de estas industrias puede ser en un sistema cerrado, o puede descargar sus emisiones a un pequeño dispositivo de combustión, procurando que las emisiones de proceso no se descarguen a la atmósfera. Las fuentes de emisión de los procesos químicos incluyen calentadores y calderas; válvulas, bombas y compresores; almacenamiento y transferencia de productos e intermedios; y las descargas de emergencia. Las emisiones que alcanzan la atmósfera de los procesos químicos son generalmente gaseosas y son controladas por la incineración, adsorción o absorción. Los datos de emisión de los procesos químicos son escasos y con frecuencia es necesario hacer las estimaciones con factores de emisión, por balance de materiales, por rendimientos de equipos o por procesos similares.

Tabla 4. Principales tóxicos generados por la industria química orgánica sintética

1,1,2,2-Tetracloroetano	Catecol	Metanol
1,1,2-Tricloroetano	Clordano	Bromuro de metilo (Bromometano)
N,N-dimetilhidrazina	Cloro	Cloruro de metileno
Triclorobenceno	Ácido cloracético	Metil Cloroformo (1,1,1-Tricloroetano)
2-Metilaziridina	Clorobenceno	Metil Etil Cetona (2-Butanona)
Butadieno (1,3 Butadieno)	Cloroformo	Iodometano
1,3-Dicloropropeno	Clorometil Metil Eter	Metil Isobutil Cetona (Hexona)
1,4-Diclorobenceno	Cloropreno	Metil Isocianato
Dioxano (1,4-Dioxano)	Cromo y Compuesto	Metil Metacrilato
Acido 2,4-Diclorofenoxiacético	Cobalto y Compuesto	Metil tert-Butil Eter
2,4-Dinitrofenol	Cresoles (incluyendo o,m,p)	Cloruro de metileno
2,4-Dinitrotolueno	Cumeno	Metilhidracina
2,4-Toluendiisocianato	Cianuro y Compuesto	N,N-Dimetilanilina
2-Nitropropano	Dibutil Ftalato	Níquel y Compuesto
3,3'-Diclorobencidina	Dicloroetil Eter	Nitrobenzoceno
4,4'-Metilendianilina	Dicloros	o-Anisidina
4,6-Dinitro-o-cresol (incluyendo las sales)	Dietanolamina	p-Fenilendiamina
4-4'-Metilendifenil Diisocianato	Sulfato de dietilo	Pentacloronitrobenzoceno (Quintobenceno)
4-Nitrofenol	Dimetil ftalato	Fenol
Acetaldehído	Dimetil sulfato	Fosgeno (licuado)
Acetamida	Epiclorhidrina	Fósforo
Acetonitrilo	Etil Acrilato	Anhídrido ftalico
Acroleína	Etil cloruro	MOP
Acrilamida	Etilbenceno	Propionaldehído
Ácido acrílico	Etilen dibromuro	Dicloruro de propileno
Acilonitrilo	Etilen dicloruro	Óxido de propileno
3-Cloruro de alilo	Etilenglicol	Quinolina
Anilina	Oxido de etileno	Quinona
Antimonio y compuestos	Formaldehído	Selenio y compuestos
Arsénico y compuestos	Glicol éteres	Estireno
Benceno	Heptacloro	Óxido de estireno
Benzotricloruro	Hexaclorobenceno	Tetracloroetileno
Bencil cloruro	Hexaclorobutadieno	Tetracloruro de titanium
Berilio y compuestos	Hexaclorociclopentadieno	Tolueno
Bifenil	Hexacloroetano	Tricloroetileno
Bis (clorometil) eter	Hidracina	Trifluralin
Cadmio y compuestos	Ácido hidroclicóric	Acetato de vinilo
Cianamida cálcica	Ácido fluorhídrico	Bromuro de vinilo
Captan	Hydroquinona	Cloruro de vinilo
Carbaril	Plomo y compuestos	Cloruro de vinilideno
Disulfuro de carbón	Anhidrido maleico	Xileno (o, m y p)
Tetracloruro de carbón	Manganeso y compuestos	
Carbonil sulfuro	Mercurio y compuestos	

Fuente: Elaborado por la SMA con datos de USEPA.

Industria de productos minerales

La producción, procesamiento, y uso de varios minerales se caracteriza por emisiones de partícula en forma de polvo. Con frecuencia, como en el caso del molido, este polvo es idéntico en composición a la materia de la cual proviene. Las emisiones ocurren también en el manejo y almacenando del producto terminado, porque esta materia es a menudo seca y fina. Las emisiones de partículas de algunos de los procesos tales como la extracción, almacenamiento, y el transporte del polvo son difíciles de controlar, pero la mayoría se puede reducir con equipo convencional de control de partículas tales como ciclones, o filtros tela. A causa de la gran variedad en procesamientos de equipos y productos finales, los niveles en la emisión variaran significativamente.

En la siguiente tabla se muestran algunos de los contaminantes tóxicos típicos generados por esta actividad, de acuerdo con la USEPA.

Tabla 5. Principales tóxicos generados por la industria de productos minerales

1,4-Diclorobenceno	Cobalto y compuestos	Metil cloroformo (1,1,1-Tricloroetano)
2,4-Toluen diisocianato	Dibutilftalato	Metil etil cetona (2-Butanona)
Acilonitrilo	Dimetilftalato	Imetil ioduro (Iodometano)
Antimonio y compuestos	Etilbenceno	Cloruro de metileno
Arsénico y compuestos	Etilenglicol	Níquel y compuestos
Benceno	Glicol éteres	Fenol
Berilio y compuestos	Ácido cloroetanoico	Fósforo
Bis (2-etilhexil) ftalato	Ácido fluorhídrico	MOP
Cadmio y compuestos	Isoforeno	Estireno
Disulfuro de carbono	Plomo y compuestos	Tetracloroetileno
Tetracloruro de carbono	Manganeso y compuestos	Tolueno
Cloro	Mercurio y compuestos	Tricloroetileno
Clorobenceno (monoclorobenceno)	Metanol	Acetato de vinilo
Cloroformo	Metil bromuro (Bromometano)	Xileno (incluye o, m y p)
Cromo y compuestos	Metil cloruro	

Fuente: Elaborado por la SMA con datos de USEPA.

Procesamiento de metales

La industria metalúrgica se puede dividir generalmente en operaciones primarias y secundarias de la producción del metal. Las operaciones primarias se refieren a la extracción del metal proveniente de los diferentes minerales. Las secundarias se refieren a la producción de aleaciones de lingotes y a la recuperación de metal. La industria primaria de metales incluye operaciones ferrosas y no ferrosas. Estos procesos son caracterizados por la emisión de cantidades grandes de óxidos de azufre y partículas. En el proceso metalúrgico secundario se generan contaminantes aéreos como partículas en forma de vapores metálicos, humos y polvos.

A continuación se muestran los contaminantes tóxicos principales generados por el procesamiento de metales.

Tabla 6. Principales tóxicos generados por el procesamiento de metales

4-4'-Metilendifenil diisocianato	Ácido Fluorhídrico	Níquel y compuestos
Benceno	Plomo y compuestos	Fenol
Cromo y compuestos	Manganeso y compuestos	MOP
Cobalto y compuestos	Metanol	Tolueno
Dioxinas y furanos	Metil cloroformo	Tricloroetileno
Etilenglicol	Metil etil cetona (2-Butanona)	Xileno (o, m y p)
Ácido Clorhídrico	Metil isobutil cetona (Hexona)	

Fuente: Elaborado por la SMA con datos de USEPA.

Uso de solventes

El recubrimiento de superficies implica la aplicación de una capa delgada de recubrimiento (por ejemplo, de pintura, laca, el esmalte, barniz, entre los principales) con propósitos decorativos o protectores. Los productos contenidos en la capa colocada en la superficie incluyen algunos base agua o base solvente, en donde el portador, generalmente un líquido se evapora en el secado o curado del proceso.

En los procesos de limpieza y de desengrase, se utilizan solventes orgánicos para quitar las grasas, algunos derivados del petróleo, de cera o de artículos plásticos. Los tipos de equipo utilizados en este método son clasificados como de tintorería en frío, vapor con desengrase, o desengrase convencional. Los solventes empleados son algunos como los destilados de petróleo, hidrocarburos clorados, acetonas, y alcoholes. La selección del solvente se basa en la solubilidad de la sustancia para ser removida, en la toxicidad, la inflamabilidad, la tasa de evaporación, el costo, y otras propiedades del solvente. Las industrias de metales son los usuarios mayores de solvente de desengrase, por ejemplo, fabricación de automotores, la electrónica, la instalación de cañerías, la refrigeración, y las industrias de fabricación de máquina. La limpieza por medio de solventes se utiliza también en industrias tales como la de impresión, las sustancias químicas, los plásticos, el caucho, los textiles, el vidrio, el papel, y la energía eléctrica. La mayoría de las reparaciones para vehículos de transporte e instrumentos eléctricos utilizan solventes que limpian más superficie en menos tiempo.

En la tabla siguiente se enlistan los principales tóxicos generados por el uso de solventes

Tabla 7. Principales tóxicos generados por el uso de solventes

Etilenglicol	Metil etil cetona (2-Butanona)
Glicol éteres	Metil isobutil cetona (Hexona)
Tolueno	Xilenos (o, m y p)

Fuente: Elaborado por la SMA con datos de USEPA.

Fuentes de Área

A continuación se describen algunas actividades de fuentes de área de la ZMVM, generadoras de emisiones de contaminantes tóxicos, así como los principales tóxicos emitidos por dichas fuentes.

Consumo comercial de solventes orgánicos

El uso y consumo de solventes, se caracteriza por la presencia de hidrocarburos en productos comerciales y de consumo que sirven como propulsores, agentes para el secado y agentes limpiadores en casa habitación, industria y servicios. Los solventes utilizados incluyen a las naftas especiales, alcoholes y diversos cloro y fluorocarbonos que son emitidos durante el uso de productos con contenido de solventes.

Tabla 8. Principales tóxicos generados por el uso de solventes

Etilenglicol	Metil etil cetona (2-Butanona)
Glicol éteres	Metil isobutil cetona (Hexona)
Tolueno	Xilenos (o, m y p)

Fuente: Elaborado por la SMA con datos de USEPA.

Recubrimiento de superficies

Los recubrimientos para superficies industriales consisten en la aplicación de una capa de pintura, barniz o laca a un objeto con propósito decorativo y/o de protección, entre estos objetos se encuentran los de mobiliario, latas, automóviles, aviones y otros equipos de transporte, maquinaria, aparatos domésticos, madera, alambre y otros productos misceláneos y en operaciones de mantenimiento industrial, entre otras. Los solventes contenidos en los recubrimientos se evaporan en la medida en que estos compuestos son utilizados y entre los principales se tienen los siguientes:

Tabla 9. Principales tóxicos generados por el recubrimiento de superficie

Etilenglicol	Metil etil cetona (2-Butanona)	Tolueno
Glicol éteres	Metil isobutil cetona (Hexona)	Xilenos (o, m y p)

Fuente: Elaborado por la SMA con datos de USEPA.

Lavado en seco

Las operaciones de lavado en seco consisten en la limpieza de ropa mediante el uso de solventes orgánicos como el percloroetileno. La extracción del exceso de solvente en la prenda se realiza por medio de una corriente de vapor de agua. Las emisiones de Compuestos Orgánicos Totales (COT), se presentan cuando los solventes se evaporan durante el proceso, especialmente en el equipo de lavado y de los sistemas de recuperación o disposición de solventes. El principal contaminante es el percloroetileno (tetracloroetileno).

Desengrase

La limpieza de superficies industriales es un proceso físico en el cual se utilizan solventes orgánicos (ej. Destilados de petróleo, hidrocarburos clorados, cetonas y alcoholes, entre otros) y se seleccionan dependiendo del coeficiente de solubilidad, la sustancia a remover, su toxicidad, flamabilidad, velocidad de evaporación y otras propiedades fisicoquímicas. Entre las sustancias a remover se encuentran las grasas, aceites, ceras, depósitos de carbón, óxidos y alquitranes de superficies tales como metales, plásticos, vidrios y otros.

Tabla 10. Principales tóxicos generados por limpieza y desengrase

Metil cloroformo	Tetracloroetileno
Metilén cloruro	Tricloroetileno

Fuente: Elaborado por la SMA con datos de USEPA.

Artes gráficas

En la impresión de periódicos, revistas, libros y en diferentes materiales de impresión, la composición de las tintas es variable, pero todas están constituidas de tres componentes principales: pigmentos, aglutinantes y solventes; la mayoría de los solventes utilizados son de uso común en la formulación de tintas, y en cantidades menores son utilizadas para la limpieza del equipo y/o un componente más en las soluciones fuente para sumergir los sistemas en la impresión litográfica.

Tabla 11. Principales tóxicos generados por las artes gráficas

1,4-Dioxano (1,4-Dietilenoxido)	Cumeno	Metil etil cetona (2 butanona)
2-Nitropropano	Cianuro y compuestos	Metil isobutil cetona (hexanona)
4-4-Metilenodifenil disocianato	Dibutil ftalato	Cloruro de metileno
Ácido acrílico	Etilbenceno	Níquel y compuestos
Compuestos de antimonio	Etilenglicol	Fenol
Compuestos de arsénico	Formaldehído	Anhídrido ftálico
Benceno	Éteres de glicol	MOP
Bis (2-Etilhexil)ftalato	Ácido clorhídrico (Cloruro de hidrógeno en gas)	Tetracloroetileno
Cadmio y compuestos	Plomo y compuestos	Tolueno
Cloro	Anhídrido maleico	Tricloroetileno
Cromo y compuestos	Metanol	Vinil acetato
Cobalto y compuestos	Metil cloroformo (1,1,1-Tricloroetano)	Xilenos (incluyendo o,m,p)

Fuente: Elaborado por la SMA con datos de USEPA.

Combustión estacionaria de combustibles

Esta categoría incluye las emisiones por combustión de todos los establecimientos comerciales e institucionales y la de aquellos que no reportaron sus consumos de combustibles ante la autoridad ambiental para ser evaluadas y reportadas individualmente en el inventario de fuentes fijas.

Tabla 12. Principales tóxicos generados por la combustión

2,4-Dinitrofenol	Cloroformo	Metil etil cetona (2-Butanona)
2,4- Dinitrotolueno	Cromo y sus compuestos	Metil Metacrilato
2-Cloroacetofenona	Cobalto y sus compuestos	Metil terbutil eter
4-Nitrofenol	Cumeno	Cloruro de metileno
Acetaldehído	Cianuro y sus compuestos	Metil hidracina
Acetofenona	Sulfato de dimetilo	Níquel y su compuestos
Acroleína	Cloruro de etilo	Fenol

Fuente: Elaborado por la SMA con datos de USEPA.

Tratamiento y disposición de residuos

Comúnmente el relleno sanitario es un método que se usa para la eliminación de residuos sólidos, para la disposición final de los residuos, se vierten en un lugar previamente elegido y construido de manera adecuada; específicamente se manifiestan dos formas de contaminación ambiental tanto al aire como al suelo y agua:

Tabla 13. Principales tóxicos generados por el tratamiento y disposición de residuos

1,1,2,2-Tetracloroetano	Etilbenceno	MOP
Acrilonitrilo	Dicloroetileno	Dicloruro de propileno
Benceno	Dicloroetano	Tetracloroetileno
Disulfuro de carbono	Hexano	Tolueno
Tetracloruro de carbono	Metil cloroformo (1,1,1-Tricloroetano)	Tricloroetileno
Sulfuro de carbonilo	Metil etil cetona (2-Butanona)	Cloruro de vinilo
Clorobenceno	Metil isobutil cetona (Hexona)	Cloruro de vinilideno
Cloroformo	Cloruro de metileno	Xilenos (o, m y p)
Cloruro de etileno	Bifenilos policlorados	

Fuente: Elaborado por la SMA con datos de USEPA.

Torres de enfriamiento industrial y confort

Las torres de enfriamiento industrial son empleadas para procesos de transferencia de calor, en las cuales se adiciona cromo al agua de enfriamiento para prevenir corrosión y el control de algas. Los tóxicos emitidos por esta actividad son de cromo y sus compuestos.

Estaciones de servicio (gasolineras)

Las emisiones por la evaporación de hidrocarburos que se emiten en las estaciones de servicio son producidas por la gasolina; el diesel por tener presiones de vapor muy bajas no se evapora considerablemente. Las emisiones inician por las pérdidas en tránsito, incluyen el recorrido de autotankers a partir de la terminal de almacenamiento y distribución hasta la estación de servicio (con carga y sin carga); el segundo punto emisor se da en la estación de servicio durante el llenado de tanques subterráneos de almacenamiento de combustible con traspaso de vapores, conocida como pérdidas por descarga de pipas a estaciones de servicio; otro punto emisor se da por la respiración del tanque subterráneo; estas emisiones ocurren diariamente y son atribuibles a cambios en la presión barométrica.

Otros puntos de evaporación se producen en el llenado de tanques de los automóviles donde se producen emisiones por dos procesos, el desplazamiento de vapores por la recarga de gasolina en los automóviles y por derrames de combustibles en la recarga estas dependen de varios factores incluyendo el tipo de descarga por control automatizado o manual (por el operador) en la estación de servicio, la configuración del tanque del vehículo y la técnica del operador.

Tabla 14. Principales tóxicos generados en las estaciones de servicio (gasolineras)

2,2,4-Trimetilpentano	Dicloroetileno	MOP
Benceno	Hexano	Tolueno
Cumeno	Plomo y sus compuestos	Xileno (o, m y p)
Etilbenceno	Metil ter-butyl eter	

Fuente: Elaborado por la SMA con datos de USEPA.

Esterilización de hospitales y laboratorios

Algunos establecimientos como los proveedores de equipo médico, compañías farmacéuticas, cosméticos, librerías, museos y archivos, utilizan óxido de etileno como esterilizante o como fumigante para controlar microorganismos o insectos. El contaminante emitido es el óxido de etileno.

3.2 Fuentes Móviles

De acuerdo a la EPA los vehículos automotores emiten varios contaminantes conocidos como *carcinógenos* ó *probables carcinógenos* para los humanos. El benceno por ejemplo es un cancerígeno, mientras que el formaldehído, el acetaldehído, 1,3-butadieno y las partículas del diesel son probables carcinógenos a los humanos. Se están llevando acabo estudios para determinar que otras sustancias son tóxicas, así por ejemplo se investiga si el Metil Terbutil Eter que se utiliza como aditivo de la gasolina, causa efectos adversos en la salud.

Algunos compuestos tóxicos están presentes en la gasolina y se emiten al aire cuando la gasolina se evapora o pasa directamente del motor sin quemarse, el benceno por ejemplo es un componente de la gasolina, los vehículos emiten pequeñas cantidades de benceno en el combustible no quemado, o en las emisiones evaporativas.

Por otra parte el formaldehído, el acetaldehído, el 1,3 Butadieno y las partículas del diesel no están presentes en los combustibles pero son productos derivados de la combustión incompleta. Específicamente el formaldehído y el acetaldehído se forman de manera secundaria con la combinación con otros contaminantes de fuentes móviles en reacciones químicas atmosféricas.



Figura 3. Contaminantes tóxicos de fuentes móviles

3.3 Fuentes Naturales

El cálculo de emisiones naturales en México es reciente, por lo tanto, la información sobre tóxicos biogénicos es insuficiente, sin embargo, se ha observado que su emisión se genera en mayor medida cuando las plantas han sido lastimadas o mutiladas, actuando como antibióticos ante enfermedades y plagas (Fall 1999, Kirstine et al. 1998 en Velasco y Bernabé, 2004).

Los compuestos orgánicos volátiles (COV) son una fuente de radicales libres y, por lo tanto, juegan un papel importante en química atmosférica. Las plantas emiten algunos COV, como son el metanol, la acetona y otras especies oxigenadas, sin embargo las mediciones son escasas (Singh *et al.*, 1995 en Sanhueza *et al.*, 2001), aún cuando algunos de estos compuestos son considerados tóxicos. En el caso del metanol, éste es producido desde el nacimiento de la plántula hasta la maduración, y debido a su toxicidad, la planta lo metaboliza mediante reacciones catalizadas por enzimas, que conduce a la formación de formaldehído y ácido fórmico (Kimmerer y McDonald 1987 en Velasco y Bernabé, 2004), así mismo, el formaldehído se fotodescompone para producir radicales HO₂;

Entre las principales fuentes naturales de compuestos tóxicos del aire se encuentran la vegetación, los incendios forestales y el suelo. Por ejemplo los incendios forestales producen tóxicos del aire tales como partículas y COV. Otro ejemplo es el radón, un gas radioactivo presente de manera natural en algunas rocas. El radón puede ocasionar riesgos en la salud si éste se acumula en interiores dentro de las estructuras.

A continuación se mencionan algunos ejemplos de contaminantes tóxicos generados por las fuentes naturales, así como su origen.

- La acroleína es liberada en el ambiente como un producto de los procesos de fermentación y maduración. Ha sido identificada como un componente volátil de aceites esenciales extraídos de madera de roble. Es también emitido de incendios forestales como producto de la combustión incompleta de materia orgánica. No existen datos disponibles de las cantidades generadas de manera natural.
- El acetaldehído puede liberarse durante la combustión de biomasa tal como incendios forestales, es un intermediario metabólico en humanos y otros animales en la respiración de plantas superiores y en la fermentación de alcoholes. Las fuentes naturales incluyen incendios forestales, volcanes. Residuos de animales e insectos. Es un componente de hojas de algodón, de tabaco y es un componente natural de las manzanas, el brócoli, el café, limón uva, hongos, cebollas, naranjas, duraznos, peras, piña, etc.
- El Butadieno se libera de la combustión de la biomasa especialmente de incendios forestales.
- El etileno en ciertas plantas se degrada a óxido de etileno, es un regulador del crecimiento de las plantas, puede generarse de suelos saturados, estiércol, aguas y lodos residuales, sus emisiones son despreciables.
- Mucho del amoníaco presente en el ambiente proviene de fuentes naturales, debido a que el amoníaco está continuamente liberándose de la descomposición de materia orgánica. Sus emisiones pueden incluso ser del doble que las derivadas por la cría de ganado.
- El etilenglicol fue identificado como una sustancia presente en los hongos comestibles *Tricholoma matsutake* y ha sido identificado como un iniciador metabólico del crecimiento de las plantas, aunque su contribución de emisiones es prácticamente despreciable.

- Los compuestos de cianuro están presentes de manera natural, se ha reportado que alrededor de 2000 especies de plantas, sin embargo el ferrocianuro de sodio y el ferrocianuro férrico son altamente estables y relativamente inmóviles en el ambiente.

4. METODOLOGÍAS DE ESTIMACIÓN DE COMPUESTOS TÓXICOS DEL AIRE

Para la la determinación e identificación de los compuestos tóxicos inventariados, fueron consultados los listados de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA), la cual incluye en el acta de aire limpio (*Section 112(b)(1) of the Clean Air Act*) un listado donde considera 188 sustancias contaminantes como contaminantes peligrosos del aire (HAP⁶), el listado de sustancias RETC de México⁷, el listado de contaminantes urbanos peligrosos⁸, y el listado de tóxicos persistentes bioacumulativos⁹. Los cuales se describen en el anexo 2 del presente documento.

Del análisis de la tabla del anexo 2, se tiene que solamente 3 de los contaminantes tóxicos se encuentran en todos los listados: Hexaclorobenceno, Mercurio (compuestos) y Plomo (compuestos); se tienen 20 compuestos tóxicos del aire que están presentes en 4 de los 5 listados y 22 contaminantes que pertenecen a los listados de la USEPA, del RETC y HAP urbanos.

A continuación se enlistan los 22 contaminantes tóxicos que se encuentran presentes en los listados de la EPA, del RETC y HAP urbanos, dentro de estos contaminantes se encuentran los 20 contaminantes mencionados anteriormente, así como los 3 contaminantes que se encuentran presentes en los 5 listados.

1,1,2,2-Tetracloroetano	Cloruro de Metileno*
1,2-Dicloroetano*	Cloruro de Vinilo*
Acetaldehído*	Cromo (compuestos)*
Acrilonitrilo*	Formaldehído*
Acroleína*	Hexaclorobenceno**
Arsénico (compuestos)*	Hidracina*
Benceno*	Mercurio (compuestos)**
Bifenilos policlorados	Níquel (Compuestos)*
Butadieno (1,3 Butadieno)*	Plomo (compuestos)**
Cadmio (compuestos)*	Tetracloruro de carbono*
Cloroformo*	Tricloroetileno*

* contaminantes presentes en los listados de EPA, HAP's prioritarios de EPA, RETC y HAP's Urbanos.

** contaminantes presentes en los 5 listados

Los cálculos para estimar las emisiones de contaminantes tóxicos, fueron realizados con base en la metodología de estimación que se encuentra descrita en los manuales del Programa de Inventario de Emisiones para México; para lo anterior, fue necesario determinar y recopilar todos los datos e información relacionados con los contaminantes a evaluar así como las fuentes generadores de estos contaminantes, como se describen a continuación.

⁶ <http://www.epa.gov/ttn/atw/188polls.html>; <http://www.epa.gov/ttnatw01/188polls.txt>:

⁷ <http://www.ine.gob.mx/ueajei/publicaciones/libros/144/cap4.html>

⁸ <http://www.epa.gov/ttn/atw/urban/fr19jy99.pdf>; <http://www.epa.gov/ttn/atw/urban/urbanfs.html>

⁹ <http://www.epa.gov/pbt/fact.htm>

4.1 Metodología de estimación de emisiones para las Fuentes Fijas

Los cálculos para cuantificar las emisiones de contaminantes tóxicos, fueron realizados con base en la metodología de estimación que se encuentra descrita en los manuales del Programa de Inventario de Emisiones para México; para lo cual fue necesario identificar las fuentes generadores de estos contaminantes, así como recopilar todos los datos e información relacionados con los contaminantes a evaluar. Así mismo, se requiere de la aplicación de criterios de ingeniería para determinar si un factor de emisión en particular es aplicable para una fuente determinada¹⁰.

La consulta de los factores de emisión fue realizada en las siguientes fuentes de información:

FIRE versión 6.23 : El Factor Information REtrieval (FIRE), proporciona un factor de emisión que relaciona el contaminante a evaluar con una actividad en específico, por ejemplo: kg de estireno por tonelada de poliestireno utilizado en la fabricación de productos plásticos.

Speciate versión 3.1 : Como su nombre lo indica, esta base proporciona un porcentaje de las especies que conforman un total, para este caso en específico los porcentajes obtenidos de las especies inventariadas son referente a los Compuestos Orgánicos Totales y a las partículas.

La metodología utilizada se resume en el siguiente diagrama, en el que se puede observar que se dio prioridad a la aplicación de factores de emisión para los diferentes giros industriales y en caso de no existir éstos, se procedió a la utilización de los perfiles de especiación en función de los COT y las partículas.

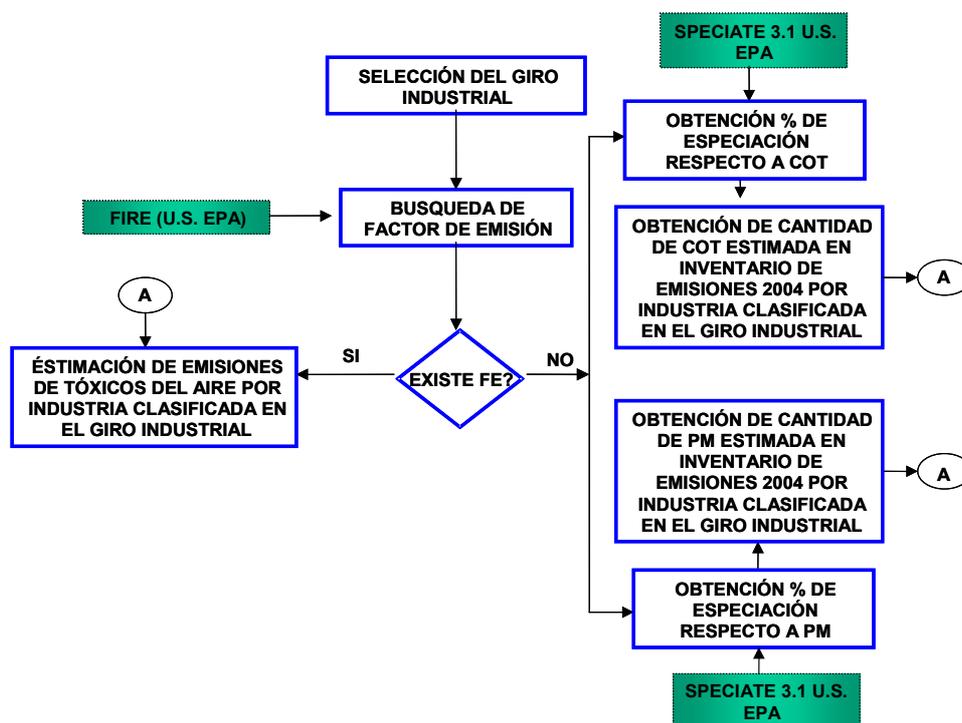


Figura 4. Diagrama de la metodología para el cálculo de contaminantes tóxicos de fuentes fijas

¹⁰ Guía de Elaboración y usos de Inventarios de Emisiones, SEMARNAT

Con base en lo anterior, se identificaron factores de emisión de 28 contaminantes tóxicos, para las siguientes actividades industriales:

Tabla 15: Factores de Emisión de contaminantes tóxicos obtenidos del FIRE

Actividad	CAS	Contaminante	F.E. - kg/unidad	Unidad
Industria de la bebida	75-07-0	Acetaldehído	1.7E-04	m ³ de vino producido
	67-56-1	Metanol	1.9E-04	m ³ de vino fermentado
Industria textil de fibras duras y cordelería de todo tipo	71-43-2	Benceno	7.2E-04	ton de Rayón producida
	50-00-0	Formaldehído	1.6E-02	ton de Rayón producida
	108-88-3	Tolueno	1.1E-03	ton de Rayón producida
Fabricación de productos de aserradero y carpintería. (Excluye muebles)	98-82-8	Cumeno	4.7E-04	ton de madera (tabla) secada en horno
	100-41-4	Etil benceno	1.7E-06	ton de madera (tabla) secada en horno
	50-00-0	Formaldehído	2.6E-02	ton de madera (tabla) secada en horno
	74-83-9	Bromo metano	9.1E-06	ton de madera (tabla) secada en horno
	74-87-3	Clorometano	5.0E-05	ton de madera (tabla) secada en horno
	75-09-2	Cloruro de metileno (Diclorometano)	6.4E-04	ton de madera secada en horno (aglomerado)
	123-38-6	Propionaldehido	5.0E-03	ton de madera secada en horno (aglomerado)
	100-42-5	Estireno	1.1E-04	ton de madera secada en horno (aglomerado)
108-88-3	Tolueno	5.2E-03	ton de madera secada en horno (aglomerado)	
Fabricación de envases y otros productos de madera y corcho (Excluye muebles)	50-00-0	Formaldehido	3.3E-02	ton de madera seca en horno (combustible madera-pino)
	110-54-3	Hexano	3.2E-04	ton de madera secada en horno
	108-10-1	Metil Isobutil Cetona (Hexona)	3.7E-05	ton de madera (tabla) secada en horno
	75-09-2	Cloruro de metileno (Diclorometano)	1.3E-03	ton de tabla de mediana densidad secado en horno
	91-20-3	Naftaleno	3.0E-04	ton de tabla de mediana densidad secado en horno
	123-38-6	Propionaldehido	5.0E-04	ton de tabla de mediana densidad secado en horno
	540-84-1	2,2,4-Trimetilpentano	2.8E-04	ton de tabla de mediana densidad secado en horno
Manufactura de celulosa, papel y sus productos	75-07-0	Acetaldehído	1.2E-04	cantidad de celulosa blanqueada secada por aire
	71-43-2	Benceno	9.1E-05	cantidad de celulosa blanqueada secada por aire
	50-00-0	Formaldehído	3.7E-01	ton de madera secada en horno
	7647-01-0	Ácido clorhídrico	1.0E-06	ton de pulpa secada con aire, No blanqueada
	67-56-1	Metanol	2.7E-03	ton de pulpa secada con aire
	74-87-3	Cloruro de metilo (Cloro metano)	6.8E-04	ton de madera (cartón) secada en horno
	75-09-2	Cloruro de metileno (Diclorometano)	6.9E-05	ton de pulpa blanqueada secada con aire.
Fabricación de sustancias químicas básicas (Excluye las petroquímicas básicas)	98-82-8	Cumeno	3.1E-01	ton de fenol producido
	100-41-4	Etil benceno	1.9E-04	ton de fenol producido
	67-56-1	Metanol	5.4E-02	ton de glico eter producido
	74-87-3	Cloruro de metilo (Clorometano)	1.0E+00	ton de prod. (fabricación de acetaldehído)
	78-93-3	Metil etil Cetona (2-Butanona)	2.3E-02	ton de fenol producido

..... continuación tabla 15

Actividad	CAS	Contaminante	Factor - kg/unidad	Unidad
Industria de las fibras artificiales y/o sintéticas	7647-01-0	Ácido clorhídrico	1.8E-03	ton de neopreno producido en fibras
Fabricación de otras sustancias y productos químicos	75-07-0	Acetaldehído	2.0E-03	ton de fenol producido
	7647-01-0	Ácido clorhídrico	9.4E-01	ton de ácido final producido
	74-87-3	Cloruro de metilo (Clorometano)	1.6E+00	ton de clorometano
Elaboración de productos de plástico	50-00-0	Formaldehído	1.4E-01	ton de solución de Formaldehído al 37% usado
Fabricación de vidrio y productos de vidrio	50-00-0	Formaldehído	9.6E-01	ton de material procesado
Industria básica del hierro y del acero	71-43-2	Benceno	4.1E-03	ton de hierro gris fundido
	7647-01-0	Ácido clorhídrico	2.5E-04	ton de acero producido
	91-20-3	Naftaleno	2.9E-08	ton de tubería de hierro gris
Industrias básicas de metales no ferrosos. Incluye el tratamiento de combustibles nucleares	50-00-0	Formaldehído	5.4E-03	ton de plomo procesado
	7664-39-3	Ácido fluorhídrico	1.1E+00	ton de aluminio producido
Fundición y moldeo de piezas metálicas, ferrosas y no ferrosas	75-07-0	Acetaldehído	2.2E-02	cantidad de plomo producido
	71-43-2	Benceno	1.0E-01	cantidad de plomo producido
	98-82-8	Cumeno	3.6E-03	ton de plomo producido
	100-41-4	Etil benceno	3.0E-02	ton de plomo
	50-00-0	Formaldehído	1.4E-04	ton de latas de aluminio procesadas
	110-54-3	Hexano	1.3E-02	ton de plomo producido
	7647-01-0	Ácido clorhídrico	1.6E+00	ton de latas de aluminio procesadas
	7664-39-3	Ácido fluorhídrico	1.5E-03	ton de latas de aluminio procesada
	74-83-9	Bromuro de metilo (Bromometano)	5.0E-03	ton de plomo producido
	74-87-3	Cloruro de metilo (Clorometano)	9.1E-02	ton de plomo producido
	78-93-3	Metil etil Cetona (2-Butanona)	8.2E-03	ton de plomo producido
	75-09-2	Cloruro de Metileno (Diclorometano)	3.5E-03	ton de plomo producido
	91-20-3	Naftaleno	2.8E-02	ton de plomo producido
	100-42-5	Estireno	2.0E-01	ton de plomo producido
	108-88-3	Tolueno	1.0E-01	ton de plomo producido
	1330-20-7	Xilenos (isómeros y mezcla)	2.3E-02	ton de plomo producido
Fabricación de otros productos metálicos (Excluye maquinaria y equipo)	7647-01-0	Ácido clorhídrico	7.4E-04	ton de tubo de acero producido

..... continuación Tabla 15

Actividad	CAS	Contaminante	Factor - kg/unidad	Unidad
Combustión de Diesel	50-00-0	Formaldehído	5.8E-03	m ³ de Diesel quemado
Combustión de Combustóleo Pesado	71-43-2	Benceno	1.3E-04	m ³ de Combustóleo Pesado quemado
	100-41-4	Etil benceno	1.7E-04	m ³ de Combustóleo Pesado quemado
	50-00-0	Formaldehído	5.1E-03	m ³ de Combustóleo Pesado quemado
	1330-20-7	Isómeros de xileno	9.0E-04	m ³ de Combustóleo Pesado quemado
	108-88-3	Tolueno	1.1E-03	m ³ de Combustóleo Pesado quemado
Combustión de Gas Natural	71-43-2	Benceno	3.4E-08	m ³ de GN quemado
	50-00-0	Formaldehído	1.2E-06	m ³ de GN quemado
	91-20-3	Naftaleno	9.8E-09	m ³ de GN quemado
	110-54-3	n-Hexano	2.9E-05	m ³ de GN quemado

Fuente: FIRE 6.23 de la USEPA

En la siguiente tabla, se presentan los factores de emisión utilizados por actividad y contaminante, para los metales considerados tóxicos reportados en el FIRE:

Tabla 16: Factores de emisión de metales tóxicos obtenidos del FIRE

Actividad	CAS	Contaminante	F.E. – kg/unidad	Unidad
Producción de cloro	7439-97-6	Mercurio	3.019E-03	Toneladas de cloro producido
Pigmentos inorgánicos	7439-92-1	Plomo	1.455E+00	Toneladas de material producido
Productos de Cobre	7439-92-1	Plomo	1.032E+01	Toneladas de material producido
Fundición de hierro	7439-92-1	Plomo	1.105E-01	Toneladas de hierro producido
Plomo	7439-92-1	Plomo	9.182E+00	Toneladas de metal producido
Capa de cable de plomo	7439-92-1	Plomo	2.270E-01	Toneladas de material procesado
Productos Metálicos de plomo	7439-92-1	Plomo	5.675E-01	Toneladas de plomo procesado
Fabricación de azulejo/cerámica	7439-92-1	Plomo	1.362E+00	Toneladas de vidrio usado
Composición (Fundición de plomo)	7439-92-1	Plomo	1.135E-01	Toneladas de material derretido
Combustión de Combustóleo	7440-36-0	Antimonio	6.297E-04	m ³ de Combustóleo quemado
	7440-38-2	Arsénico	1.583E-04	m ³ de Combustóleo quemado
	7440-43-9	Cadmio	4.774E-05	m ³ de Combustóleo quemado
	7440-47-3	Cromo	1.014E-04	m ³ de Combustóleo quemado
	7440-47-3	Cromo	2.975E-05	m ³ de Combustóleo quemado
	7440-48-4	Cobalto	7.221E-04	m ³ de Combustóleo quemado
	7439-92-1	Plomo	1.811E-04	m ³ de Combustóleo quemado
	7439-96-5	Manganeso	3.598E-04	m ³ de Combustóleo quemado
	7439-97-6	Mercurio	1.355E-05	m ³ de Combustóleo quemado
	7440-02-0	Níquel	1.014E-02	m ³ de Combustóleo quemado
	7782-49-2	Selenio	8.192E-05	m ³ de Combustóleo quemado
Combustión de Gas Natural	7440-38-2	Arsénico	3.206E-03	10 ⁶ m ³ de GN quemado
	7440-43-9	Cadmio	1.763E-02	10 ⁶ m ³ de GN quemado
	7440-47-3	Cromo	2.244E-02	10 ⁶ m ³ de GN quemado
	7440-48-4	Cobalto	1.347E-03	10 ⁶ m ³ de GN quemado
	7439-92-1	Plomo	8.016E-03	10 ⁶ m ³ de GN quemado
	7439-96-5	Manganeso	6.092E-03	10 ⁶ m ³ de GN quemado
	7439-97-6	Mercurio	4.168E-03	10 ⁶ m ³ de GN quemado
	7440-02-0	Níquel	3.367E-02	10 ⁶ m ³ de GN quemado
7782-49-2	Selenio	3.847E-04	10 ⁶ m ³ de GN quemado	

Para algunos contaminantes se empleo el SPECIATE, identificando las fracciones de especiación de 34 contaminantes tóxicos, para las actividades industriales que a continuación se mencionan:

Tabla 17. Contaminantes tóxicos estimados como fracción de COT (SPECIATE)

Actividad	CAS	Contaminante	Fracción	%
Fabricación de envases y otros productos de madera y corcho (Excluye muebles)	110-80-5	2-etoxi-Etanol	0.0007	0.07
	78-93-3	Metil Etil Cetona (2-Butanona)	0.0554	5.54
Fabricación y reparación de muebles principalmente de madera (Incluye colchones)	110-80-5	2-etoxi-Etanol	0.0007	0.07
	78-93-3	Metil Etil Cetona (2-Butanona)	0.0554	5.54
Imprentas, Editoriales e industrias conexas	67-56-1	Metanol	0.0075	0.75
	78-93-3	Metil Etil Cetona (2-Butanona)	0.0678	6.78
Fabricación de sustancias químicas básicas (Excluye las petroquímicas básicas)	110-54-3	n-Hexano	0.0082	0.82
	95-47-6	o-Xileno	0.0022	0.22
Industria de las fibras artificiales y/o sintéticas	95-50-1	1,2-dicloro-Benceno	0.0016	0.16
	75-45-6	Clorodifluoro-Metano	0.0072	0.72
	76-15-3	Cloropentafluoro-Etano	0.0007	0.07
	75-72-9	Clorotrifluoro-Metano	0.0024	0.24
	75-71-8	Diclorodifluorometano	0.0159	1.59
	110-54-3	n-Hexano	0.0006	0.06
	67-56-1	Metanol	0.0292	2.92
	78-93-3	Metil Etil Cetona (2-Butanona)	0.0191	1.91
	95-47-6	o-Xileno	0.0016	0.16
	75-69-4	Tricloromonofluorometano	0.0115	1.15
Alfarería y cerámica (Excluye materiales de construcción)	78-93-3	Metil Etil Cetona (2-Butanona)	0.0003	0.03
	127-18-4	Tetracloroetileno (Percloroetileno)	0.0454	4.54
Fabricación de materiales de arcilla para la construcción	110-54-3	n-Hexano	0.0314	3.14
Fabricación de vidrio y productos de vidrio	67-56-1	Metanol	0.0979	9.79
	78-93-3	Metil Etil Cetona (2-Butanona)	0.0001	0.01
	127-18-4	Tetracloroetileno (Percloroetileno)	0.0144	1.44
Industria básica del hierro y del acero	110-54-3	n-Hexano	0.0140	1.4
Fundición y moldeo de piezas metálicas, ferrosas y no ferrosas	62-53-3	Anilina	0.3543	35.43
	95-47-6	o-Xileno	0.0275	2.75
Fabricación de estructuras metálicas, tanques y calderas industriales	62-53-3	Anilina	0.3543	35.43
	95-47-6	o-Xileno	0.0275	2.75
Fabricación y reparación de muebles metálicos	62-53-3	Anilina	0.3543	35.43
	95-47-6	o-Xileno	0.0275	2.75
Fabricación de otros productos metálicos (Excluye maquinaria y equipo)	62-53-3	Anilina	0.3543	35.43
	95-47-6	o-Xileno	0.0275	2.75
Fabricación, reparación y/o ensamble de maquinaria, y equipos para uso generales, con o sin motor eléctrico integrado (Incluye maquinaria agrícola)	110-54-3	n-Hexano	0.0020	0.2
	67-56-1	Metanol	0.3587	35.87
	78-93-3	Metil Etil Cetona (2-Butanona)	0.0032	0.32
	127-18-4	Tetracloroetileno (Percloroetileno)	0.0201	2.01
Fabricación, reparación y/o ensamble de maquinaria, y equipo para uso generales, con o sin motor eléctrico integrado (Incluye armamento)	110-54-3	n-Hexano	0.0020	0.2
	67-56-1	Metanol	0.3587	35.87
	78-93-3	Metil Etil Cetona (2-Butanona)	0.0032	0.32
	127-18-4	Tetracloroetileno (Percloroetileno)	0.0201	2.01
Fabricación y/o ensamble de maquinas de oficina, calculo y procesamiento informático	95-47-6	o-Xileno	0.0275	2.75
Fabricación y/o ensamble de maquinaria, equipo y accesorios eléctricos. Incluye para la generación de energía eléctrica	62-53-3	Anilina	0.3543	35.43
	95-47-6	o-Xileno	0.0275	2.75
Fabricación y/o ensamble de equipo electrónico de radio, televisión, comunicaciones y de uso medico	62-53-3	Anilina	0.3543	35.43
	95-47-6	o-Xileno	0.0275	2.75

..... continuación tabla 17

Actividad	CAS	Contaminante	Fraccion	%
Fabricación y/o ensambles de aparatos y accesorios de uso domestico. Excluye los electrónicos	62-53-3	Anilina	0.3543	35.43
	95-47-6	o-Xileno	0.0275	2.75
Industria automotriz	110-54-3	n-Hexano	0.0029	0.29
	67-56-1	Metanol	0.3390	33.9
	78-93-3	Metil Etil Cetona (2-Butanona)	0.0031	0.31
	127-18-4	Tetracloroetileno (Percloroetileno)	0.0190	1.9
Fabricación, reparación y/o ensamble de equipo de transporte y sus partes. Excluye automóviles y camiones	110-54-3	n-Hexano	0.0020	0.2
	67-56-1	Metanol	0.3587	35.87
	78-93-3	Metil Etil Cetona (2-Butanona)	0.0032	0.32
	127-18-4	Tetracloroetileno (Percloroetileno)	0.0201	2.01
Fabricación, reparación y/o ensamble de instrumentos y equipo de precisión (Incluye instrumental quirúrgico. Excluye los electrónicos)	62-53-3	Anilina	0.3543	35.43
	95-47-6	o-Xileno	0.0275	2.75
Otras industrias manufactureras	95-50-1	1,2-dicloro-Benceno	0.0010	0.1
	62-53-3	Anilina	0.0072	0.72
	75-45-6	Clorodifluoro-Metano	0.0048	0.48
	76-15-3	Cloropentafluoro-Etano	0.0005	0.05
	75-72-9	Clorotrifluoro-Metano	0.0016	0.16
	75-71-8	Diclorodifluorometano	0.0106	1.06
	110-54-3	n-Hexano	0.0114	1.14
	67-56-1	Metanol	0.0195	1.95
	78-93-3	Metil Etil Cetona (2-Butanona)	0.0127	1.27
	95-47-6	o-Xileno	0.0016	0.16
75-69-4	Tricloromonofluorometano	0.0077	0.77	

Tabla 18. Metales tóxicos estimados como fracción de PM₁₀ (SPECIATE)

Actividad	CAS	Contaminante	Fracción PM ₁₀	% DE PM ₁₀
Fabricación y reparación de muebles principalmente de madera (Incluye colchones)	7440-36-0	Antimonio	0.00002	0.002
	7440-47-3	Cromo	0.00003	0.003
	7439-96-5	Manganeso	0.00005	0.0050
	7440-02-0	Níquel	0.00001	0.0010
Manufactura de celulosa, papel y sus productos	7440-36-0	Antimonio	0.00003	0.003
	7440-38-2	Arsénico inorgánico	0.00001	0.001
	7440-43-9	Cadmio	0.00003	0.003
	7440-47-3	Cromo	0.00002	0.002
	7439-96-5	Manganeso	0.00016	0.0160
	7439-97-6	Mercurio elemental	0.00001	0.001
	7440-02-0	Níquel	0.00007	0.007
7439-92-1	Plomo	0.00004	0.004	
7782-49-2	Selenio	0.00001	0.0010	
Fabricación de sustancias químicas básicas (Excluye las petroquímicas básicas)	7440-36-0	Antimonio	0.00038	0.0380
	7440-38-2	Arsénico inorgánico	0.00003	0.0030
	7440-43-9	Cadmio	0.00007	0.0070
	7440-47-3	Cromo	0.00093	0.0930
	7439-96-5	Manganeso	0.0023	0.2300
	7439-97-6	Mercurio elemental	0.00008	0.0080
	7440-02-0	Níquel	0.00015	0.0150
	7439-92-1	Plomo	0.00066	0.0660
7782-49-2	Selenio	0.00001	0.0010	

..... Continuación tabla 18

Actividad	CAS	Contaminante	Fracción PM ₁₀	% DE PM ₁₀
Fabricación de otras sustancias y productos químicos	7440-36-0	Antimonio	0.00025	0.025
	7440-43-9	Cadmio	0.00035	0.035
	7440-48-4	Cobalto	0.00004	0.004
	7440-47-3	Cromo	0.00016	0.016
	7439-96-5	Manganeso	0.00119	0.119
	7440-02-0	Níquel	0.00025	0.025
	7439-92-1	Plomo	0.00018	0.018
Fabricación de materiales de arcilla para la construcción	7782-49-2	Selenio	0.00015	0.015
	7439-96-5	Manganeso	0.00019	0.0190
	7440-02-0	Níquel	0.00011	0.011
Fabricación de vidrio y productos de vidrio	7439-92-1	Plomo	0.00001	0.001
	7440-36-0	Antimonio	0.00002	0.002
	7440-38-2	Arsénico inorgánico	0.00023	0.023
	7440-43-9	Cadmio	0.00003	0.003
	7440-48-4	Cobalto	0.0002	0.02
	7439-96-5	Manganeso	0.00003	0.0030
	7439-92-1	Plomo	0.00195	0.195
Fabricación de cemento, cal, yeso y otros productos a base de minerales no metálicos.	7440-41-7	Berilio	0.00003	0.0030
	7440-36-0	Antimonio	0.00001	0.001
	7440-38-2	Arsénico inorgánico	0.00004	0.004
	7440-43-9	Cadmio	0.00015	0.015
	7440-48-4	Cobalto	0.001	0.1
	7440-47-3	Cromo	0.00027	0.027
	7439-96-5	Manganeso	0.00034	0.0340
	7439-97-6	Mercurio elemental	0.00003	0.003
	7440-02-0	Níquel	0.00093	0.093
	7439-92-1	Plomo	0.00003	0.003
Industria básica del hierro y del acero	7782-49-2	Selenio	0.0001	0.01
	7440-41-7	Berilio	0.0002	0.02
	7440-36-0	Antimonio	0.0037	0.37
	7440-38-2	Arsénico	0.00013	0.013
	7440-43-9	Cadmio	0.00025	0.025
	7440-48-4	Cobalto	0.00004	0.004
	7440-47-3	Cromo	0.00052	0.052
	7439-96-5	Manganeso	0.045	4.5
Industrias básicas de metales no ferrosos. Incluye el tratamiento de combustibles nucleares	7440-02-0	Níquel	0.00215	0.215
	7439-92-1	Plomo	0.0023	0.23
	7782-49-2	Selenio	0.0005	0.0500
	7440-36-0	Antimonio	0.00012	0.0120
	7440-38-2	Arsénico inorgánico	0.00008	0.0080
	7440-43-9	Cadmio	0.00008	0.0080
	7440-48-4	Cobalto	0	0.0000
	7440-47-3	Cromo	0.00005	0.005
	7439-96-5	Manganeso	0.00008	0.0080
	7439-97-6	Mercurio	0.00001	0.0010
Fundición y moldeo de piezas metálicas, ferrosas y no ferrosas	7440-02-0	Níquel	0.00196	0.196
	7439-92-1	Plomo	0.00173	0.1730
	7782-49-2	Selenio	0.00056	0.0560
	7440-41-7	Berilio	0.00002	0.0020
Fundición y moldeo de piezas metálicas, ferrosas y no ferrosas	7440-36-0	Antimonio	0.83965	83.965
	7440-38-2	Arsénico inorgánico	0.00086	0.086
	7439-97-6	Mercurio elemental	0.00018	0.018
	7439-92-1	Plomo	0.00111	0.111

..... Continuación tabla 18

Actividad	CAS	Contaminante	Fracción PM ₁₀	% DE PM ₁₀
Fabricación de otros productos metálicos (Excluye maquinaria y equipo)	7440-36-0	Antimonio	0.07125	7.125
	7440-38-2	Arsénico inorgánico	0.00134	0.134
	7440-43-9	Cadmio	0.00078	0.078
	7440-48-4	Cobalto	0.00005	0.005
	7440-47-3	Cromo	0.00241	0.241
	7439-96-5	Manganeso	0.01291	1.291
	7439-97-6	Mercurio elemental	0.00007	0.007
	7440-02-0	Níquel	0.00312	0.312
	7439-92-1	Plomo	0.0531	5.31
Fabricación y/o ensamble de maquinaria, equipo y accesorios eléctricos. Incluye para la generación de energía eléctrica	7439-96-5	Manganeso	0.0628	6.2800
Industria automotriz	7440-36-0	Antimonio	0.00021	0.021
	7439-96-5	Manganeso	0.00023	0.0230
Otras industrias manufactureras	7440-36-0	Antimonio	0.01815	1.815
	7440-38-2	Arsénico inorgánico	0.03195	3.195
	7440-43-9	Cadmio	0.0088	0.88
	7440-47-3	Cromo	0.00177	0.177
	7439-96-5	Manganeso	0.00666	0.6660
	7440-02-0	Níquel	0.00135	0.135
	7439-92-1	Plomo	0.04939	4.939

4.2 Metodología para la estimación de emisiones de las Fuentes de área

Para el caso de las fuentes de área se utilizaron los factores de emisión del sistema *FIRE V.6.3*¹¹ y de la base de datos *CATEF*¹²; los factores publicados en los sistemas anteriores, están documentados en el *Air Chief V.12*¹³. La selección de cada uno de los factores requiere de un juicio de ingeniería para determinar si un factor de emisión en particular es aplicable para una fuente determinada. Al no existir factores de emisión se utilizó el perfil de especiación¹⁴ del modelo *SPECIATE V.3.2*¹⁵ mismo que define por actividad la especie a inventariar como una función porcentual del contenido en COT y/o Partículas. Otro modelo de aplicación fue el *CEIDARS*¹⁶, para su aplicación se deben tener suficientes razones técnicas al seleccionar la especiación adecuada a la actividad, con el objeto de disminuir la incertidumbre en la estimación de los contaminantes tóxicos individuales. Por otra parte, cabe mencionar que los perfiles de especiación de tóxicos locales (*PECOR*¹⁷, *PEMEX*¹⁸) tienen prioridad, como se aprecia en la figura siguiente:

11 U.S. EPA, 2004. FIRE V. 6.2 - Factor Information Retrieval. <http://www.epa.gov/ttn/chief/software/fire/#order>

12 U.S. EPA, 200. CATEF - California Air Toxics Emission Factor Database. http://www.arb.ca.gov/app/emsvn/catef_form.html

13 U.S. EPA, Air CHIEF CD- ROM version 12. Compilation of Air Pollutant Emission Factors (AP- 42); Emisión Inventory Improvement Program "EIIIP". [http://www.epa.gov/ttn/ chief/ software/ airchief/ acform. html](http://www.epa.gov/ttn/chief/software/airchief/acform.html).

14 U.S. EPA. Por lo general no se recomienda este enfoque debido a que los perfiles de especiación no se hacen con el fin de estimar las emisiones de compuestos individuales

15 U.S. EPA, 2002. Models Speciate Version 3.1 "SPECIATE V.3.1" Contiene la especiación de compuestos orgánicos totales y material particulado, fue desarrollado para su aplicación en modelos de calidad del aire para la formación de ozono; por ejemplo el UAM y ROM, así como la aplicación de modelos de recepción primaria para material particulado.

16 U.S. EPA, 2002. California Emission Inventory Development and Reporting System "CEIDAR" for Organic gas speciation profiles - weight percents of chemical species in total organic gas (TOG) -- 19/03/2003. Particulate matter (pm) speciation profiles- (weight percent of chemical species in total particulate matter) 27/09/2002.

17 Violeta Múgica Álvarez, México D.F., 1999. PECOR, Determinación de los Perfiles de Emisión de Compuestos Orgánicos Volátiles en la ZMCM y su Aplicación en el Modelo CMB.

18 PEMEX Gas y Petroquímica Básica . Análisis de la calidad de gas licuado en el LPG-Ducto, Terminal Tula 2000.

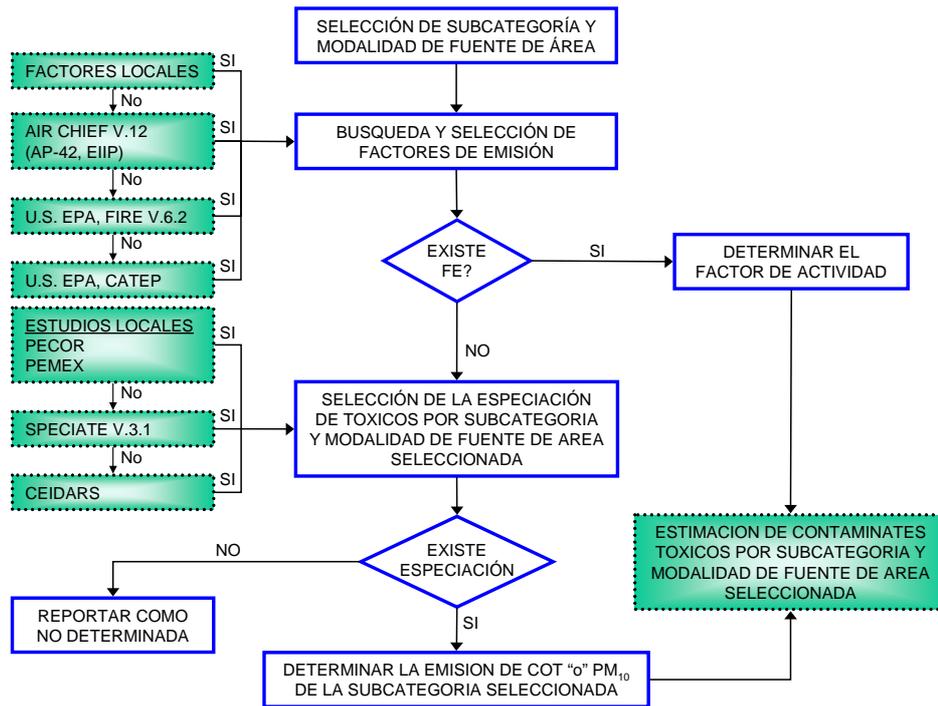


Figura 5. Diagrama del cálculo de contaminantes tóxicos de fuentes de área

Tabla 19. Factores de emisión de Gas Natural y Especiación de Gas L.P. en combustión de fuentes estacionarias

CAS	Contaminante	Gas Natural (FIRE 6.2 / SCC:10200603) [kg/10 ⁶ m ³]	Gas L.P (PECOR / SCC: N/E) [%COT]
540-84-1	2,2,4-Trimetilpentano		0.3997
75-07-0	Acetaldehído		7.5000
7440-38-2	Arsénico	3.20E-03	
71-43-2	Benceno	3.36E-02	0.8443
7440-43-9	Cadmio	1.76E-02	
7440-48-4	Cobalto	1.34E-03	
7440-47-3	Cromo	2.24E-02	
98-82-8	Cumeno		0.0125
100-42-5	Estireno		0.0911
100-41-4	Etilbenceno		0.3220
50-00-0	Formaldehído	1.20E-07	
110-54-3	Hexano		0.5093
7439-96-5	Manganeso	6.08E-03	
7439-97-6	Mercurio	4.16E-03	
91-20-3	Naftaleno	9.76E-03	
7440-02-0	Níquel	3.36E-02	
95-47-6	o-xileno		0.4582
7439-92-1	Plomo	8.00E-03	
106-42-3	p-xileno		1.2198
7782-49-2	Selenio	3.84E-04	
1634-04-4	Terbutil metil éter		0.5840
108-88-3	Tolueno	5.44E-02	1.2958
79-01-6	Tricloroetileno		0.0307

Tabla 20. Especiación de COT y PM₁₀ para fuentes móviles no carreteras

CAS	Contaminante	Operación de aeronaves (SPECIATE V.3.0 / PROFILE 1099) (CEIDARS / PROFILE 141)	Locomotoras* (Foráneas y de Patio)	Terminal de autobuses de pasajeros (MOBILE 6 / DIESEL)	Unidades
106-99-0	1,3-Butadieno	1.57	0.618	0.618	%COT
540-84-1	2,2,4-Trimetilpentano		0.634	0.634	%COT
75-07-0	Acetaldehído	4.32	2.881	2.881	%COT
107-02-8	Acroleína	2.60			%COT
123-38-6	Aldehído propiónico	0.90	0.583	0.583	%COT
7440-38-2	Arsénico	0.53	0.136		%PM ₁₀
71-43-2	Benceno	1.79	1.551	1.551	%COT
7440-43-9	Cadmio	0.50			%PM ₁₀
7440-47-3	Cromo	0.53	0.332		%PM ₁₀
100-42-5	Estireno	0.37	0.254	0.254	%COT
100-41-4	Etilbenceno	0.15	0.192	0.192	%COT
108-95-2	Fenol	0.22			%COT
50-00-0	Formaldehído	14.14	7.823	7.823	%COT
7439-96-5	Manganeso		0.270		%PM ₁₀
7439-97-6	Mercurio		0.218		%PM ₁₀
91-20-3	Naftaleno	0.51	0.160	0.160	%COT
7440-02-0	Níquel	0.50	0.664		%PM ₁₀
95-47-6	o-xileno	0.18			%COT
7439-92-1	Plomo	0.55			%PM ₁₀
106-42-3	p-xileno		0.458	0.458	%COT
N/D	Selenio	0.50			%PM ₁₀
108-88-3	Tolueno	0.49	0.357	0.357	%COT

* Se consideran las mismas fracciones obtenidas del MOBILE 6 para terminal de autobuses de pasajeros, debido a que las locomotoras son motores de combustión interna a diesel y que operan a bajas velocidades.

Tabla 21. Especiación en %COT para la estimación de contaminantes por uso de solventes

CAS	Contaminante	Actividad									
		1*	2**	3**	4**	5*	6*	7**	8**	9**	10***
71-55-6	1,1,1-Tricloroetano	1.010					23.670				
127-18-4	1,1,2,2-Tetracloroetileno						2.310				
540-84-1	2,2,4-Trimetilpentano		0.281	0.049	0.588				0.009	5.478	
110-80-5	2-Ethoxietanol	0.240					0.410				
71-43-2	Benceno		1.014	0.654	7.571			0.273	0.026	1.031	
108-90-7	Cloro benceno	0.080					0.080				
75-09-2	Cloruro de metileno						4.280				
98-82-8	Cumeno		0.197	0.018					0.044	2.257	
100-42-5	Estireno		0.351	0.182	1.984			0.011	0.069	0.066	
100-41-4	Etilbenceno	0.110	2.916	1.529	0.756	1.040	0.110	0.001	0.070	2.684	2.316
107-21-1	Etilen glicol	3.350									
110-54-3	Hexano		4.749	8.043	3.007			0.010	22.735	7.817	
78-93-3	Metil etil cetona	4.160									
108-10-1	Metil isobutil cetona	3.150									
108-38-3	m-xileno	0.700	1.055	5.178	3.881		0.740	0.012			
91-20-3	Naftaleno	0.110					0.110				
95-47-6	o-xileno	0.480	3.551	1.724	1.139	1.950	0.510	0.002	0.309	3.376	3.726
106-42-3	p-xileno								0.168	9.499	
1634-04-4	Terbutil metil éter		0.434		1.138				4.470	3.456	
108-88-3	Tolueno	12.490	49.417	37.224	22.727	0.130	0.160	0.229	0.052	20.53	6.445
79-01-6	Tricloroetileno		0.917	1.973	12.314		8.280	57.652			
133-02-07	Xileno	11.020									8.560

Fuente: * SPECIATE V.3.0., ** PECOR, ***CEIDARS 2003.

- 1 Recubrimiento de superficies Industriales (SPECIATE V.3.0 / PROFILE 2425)
- 2 Pintura automotriz (PECOR)
- 3 Recubrimiento de superficies arquitectónicas (PINTURAS VINILICAS), (PECOR)
- 4 Recubrimiento de superficies arquitectónicas (PINTURAS ACRILICAS), (PECOR)
- 5 Pintura de tránsito (SPECIATE V.3.0 / PROFILE 2438)
- 6 Limpieza en superficie industrial (SPECIATE V.3.0 / PROFILE 2420)
- 7 Lavado en seco (Percloroetileno), (PECOR)
- 8 Lavado en seco (Gas nafta), (PECOR)
- 9 Artes gráficas (PECOR)
- 10 Aplicación de asfalto (CEIDARS, 2003)

Para el caso de los datos obtenidos del estudio de Perfiles de Emisiones de Compuestos Orgánicos (PECOR Violeta Múgica Álvarez, México D.F., 1999), los datos originales de las especies reportadas se encuentran reportados en ppbC (partes por billón de carbono), por lo que a continuación se describe la metodología para convertir esta unidad a % de COT.

Cálculo de %ppbC a ppbC de la especie X (EX)

$$EX_{[\text{ppbC}]} = \text{TCOV}_{[\text{ppbC}]} * (EX_{[\% \text{ppbC}]} / 100)$$

Donde:

$EX_{[\text{ppbC}]}$: Concentración de la Especie (X) en [ppbC] presente en la muestra
 $\text{TCOV}_{[\text{ppbC}]}$: Concentración de COV en [ppbC] presente en la muestra
 $X_{[\% \text{ppbC}]}$: Concentración de la Especie (X) en [%ppbC] presente en la muestra

Conversión de unidades de ppbC a $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (a 25°C)¹⁹

$$EX_{[\mu\text{g}/\text{m}^3]} = [(EX_{[\text{ppbC}]} * (\text{PM})_{\text{EX}} * 273_{[\text{°K}]}] / (22.4 * 298_{[\text{°K}]} * (\#C)_{\text{EX}})] * 10^6$$

Donde:

$EX_{[\mu\text{g}/\text{m}^3]}$: Concentración de la especie (X) contenido en [1m³] de muestra
 $EX_{[\text{ppbC}]}$: Concentración en de la especie (X) presente en la muestra en [ppbC]
 $(\text{PM})_{\text{EX}}$: Peso molecular de la especie (X) en [g/mol VOC]
 $(\#C)_{\text{EX}}$: Numero de carbonos en la molécula de la especie (X)

Cálculo para expresar la especie X en función a los COV

$$\%w_{\text{EX COV}} = (EX_{[\mu\text{g}]} / \text{TCOV}_{[\mu\text{g}]}) * 100$$

Donde:

$\%w_{\text{EX COV}}$: Contenido de la especie (X) en [%w] como una función de los COV
 $EX_{[\mu\text{g}]}$: Cantidad de la especie (X) en [μg] presente en la muestra
 $\text{TCOV}_{[\mu\text{g}]}$: Total de COV en [μg] presentes en la muestra

¹⁹ <http://www.epa.gov/oar/oaqps/pams/analysis/receptor/rectxtsac.html>

Tabla 22. Factores de emisión per cápita (kg/año-persona por consumo de solvente)

CAS	Contaminante	Actividad						
		11	12	13	14	15	16	17
71-55-6	1,1,1-Tricloroetano	3.40E-04	1.10E-04	1.30E-02	2.70E-02	3.50E-03	3.50E-02	9.70E-02
107-06-2	1,2-Dicloroetano	2.10E-06		1.60E-08				
542-75-6	1,3-Dicloropropano				7.30E-02			
106-46-7	1,4-Diclorobenceno			2.20E-02	1.60E-02			
79-46-9	2-Nitropropano							9.60E-07
60-35-5	Acetamida	6.30E-08						
98-86-2	Acetofenona					3.90E-06		
79-10-7	Ácido acrílico							1.80E-09
71-43-2	Benceno						2.10E-06	
56-23-5	Tetracloruro de carbono					1.90E-10		
108-90-7	Clorobenceno				3.20E-02	6.80E-06		
67-66-3	Cloroformo					4.30E-04	1.60E-05	
132-64-9	Dibenzofuranos							3.70E-06
100-41-4	Etilbenceno			1.20E-06	5.90E-04	3.10E-04	3.40E-05	6.20E-06
75-21-8	Oxido de etileno				6.80E-03			
50-00-0	Formaldehído			3.10E-06	1.70E-04	3.90E-04		1.10E-05
N/D	Glicol éter	6.90E-06	1.10E-04	2.40E-03	2.60E-03	1.00E-03	1.20E-02	5.80E-05
110-54-3	Hexano			9.50E-04		1.10E-03	1.60E-03	3.60E-02
	Ácido clorhídrico		7.90E-07					
78-59-1	Isofurano				4.30E-04			
67-56-1	Metanol	2.60E-07	8.30E-03	3.00E-04	4.30E-04	7.30E-03	3.00E-01	3.10E-04
74-83-9	Bromuro de metilo				1.00E-01			
78-93-3	Metil etil cetona	7.90E-06	4.60E-06	2.00E-04	9.10E-06	3.60E-03	1.40E-03	1.80E-02
108-10-1	Metil isobutil cetona			4.90E-05	4.10E-05	2.40E-03	4.00E-04	5.60E-04
75-09-2	Cloruro de metileno		1.10E-05	1.10E-03	3.10E-04	8.90E-03	2.20E-03	4.00E-03
1634-04-4	Terbutil metil éter						1.10E-05	
91-20-3	Naftaleno			2.50E-07	2.10E-02	2.60E-06	1.00E-06	4.90E-05
127-18-4	Percloroetileno		3.40E-04	1.30E-03	8.70E-05	6.70E-05	1.10E-02	3.10E-04
108-88-3	Tolueno	1.50E-03	1.10E-06	2.60E-04		1.40E-01	1.10E-02	3.80E-02
79-01-6	Tricloroetileno			2.00E-05		6.20E-05	1.20E-04	1.80E-05
121-44-8	Trietilamina				1.40E-04	2.40E-04		
108-05-4	Acetato de vinilo							2.20E-08
1330-20-7	Xileno		2.00E-04	1.50E-03	6.20E-02	1.80E-02	5.40E-03	4.40E-03

Fuente: FIRE V.6.2, U.S. EPA, Air CHIEF CD- ROM version 12. Compilation of Air Pollutant Emission Factors (AP- 42); Emisión Inventory Improvement Program "EIIP". <http://www.epa.gov/ttn/chief/software/airchief/acform.html>.

- 11 Productos de cuidado personal
- 12 Productos misceláneos
- 13 Productos de consumo doméstico
- 14 Uso doméstico y comercial de pesticidas
- 15 Uso comercial y doméstico de pinturas en aerosol
- 16 Productos para el cuidado automotriz
- 17 Uso comercial y doméstico de adhesivos y selladores

Tabla 23. Especiación en %COT para la esterilización de hospitales

CAS	Contaminante	%COT
540-84-1	2,2,4-Trimetilpentano	3.21
71432	Benceno	0.85
100-41-4	Etil benceno	1.41
110-54-3	Hexano	1.54
98-82-8	Cumeno	0.10
1634-04-4	Terbutil metil éter	10.02
95-47-6	o-xileno	2.24
108-88-3	Tolueno	6.88

Fuente: SPECIATE V.3.0. (PROFILE 0197)

Tabla 24. Factores de emisión y especiación en fuentes de área miscelánea

CAS	Contaminante	Incendio en estructuras (EEIP V.III) (lb/ton quemada)	(1) Incendios Forestales (CEIDARS 2003)	(2) Caminos Pavimentados (CEIDARS 2003)	(3) Caminos no pavimentados (CEIDARS 2003)	Unidades (1,2, 3)
106-99-0	1,3-Butadieno		0.845			%COT
7647-01-0	Ácido clorhídrico	15.11				%COT
107-02-8	Acroleína	4.41				%COT
7440-36-0	Antimonio			0.0081	0.0068	%PM ₁₀
7440-38-2	Arsénico		0.0023	0.0015	0.0013	%PM ₁₀
7440-43-9	Cadmio			0.0013	0.0003	%PM ₁₀
7440-48-4	Cobalto			0.0005	0.0023	%PM ₁₀
7440-47-3	Cromo			0.0017	0.0017	%PM ₁₀
50-00-0	Formaldehído	1.02				%COT
7723-14-0	Fósforo		0.0068	0.1096	0.2723	%PM ₁₀
7439-96-5	Manganeso		0.0068	0.0915	0.0800	%PM ₁₀
7439-97-6	Mercurio			0.0014	0.0009	%PM ₁₀
7440-02-0	Níquel			0.0037	0.0012	%PM ₁₀
7439-92-1	Plomo		0.0044	0.0130	0.0124	%PM ₁₀
7782-49-2	Selenio		0.0003	0.0003	0.0002	%PM ₁₀

Tabla 25. Especiación en %COT por el manejo y tratamiento de residuos

CAS	Contaminante	Rellenos sanitarios (PECOR)	Tratamiento de aguas residuales (SPECIATE V.3.0 / PROFILE 2541)
79-00-5	1,1,1-Tricloroetano		14.81
540-84-1	2,2,4-Trimetilpentano	0.0626	
71-43-2	Benceno	0.0388	
100-42-5	Estireno	0.0159	
100-41-4	Etilbenceno	0.4026	
110-54-3	Hexano	0.0598	
108-38-3	m-xileno	1.5407	
95-47-6	o-xileno	0.5667	
1634-04-4	Terbutil metil éter	0.0734	
108-88-3	Tolueno	0.2470	

Tabla 26. Especiación en %COT para almacenamiento y transporte de derivados del petróleo

CAS	Contaminante	Distribución y Almacenamiento de gasolina (SPECIATE V.3.0 / PROFILE 2490)	Almacenamiento masivo de gasolina (SPECIATE V.3.0 / PROFILE 2490)	Carga de Aeronaves (CEIDARS 2003 / PROFILE 586)
106990	1,3-Butadieno			2.04
540-84-1	2,2,4-Trimetilpentano	0.420	0.420	
75-07-0	Acetaldehído			5.35
107-02-8	Acroleína			2.61
123-38-6	Aldehído propionico			1.04
71-43-2	Benceno	1.410	1.410	2.23
98-82-8	Cumeno	0.010	0.010	
100-42-5	Estireno			0.46
100-41-4	Etilbenceno	0.060	0.060	0.19
108-95-2	Fenol			0.27
50-00-0	Formaldehído			17.29
110-54-3	Hexano	3.750	3.750	
91-20-3	Naftaleno			0.65
95-47-6	o-xileno	0.040	0.040	0.22
1634-04-4	Terbutil metil éter			
108-88-3	Tolueno	1.250	1.250	0.60

4.3 Metodología de estimación de emisiones de las Fuentes Móviles

La metodología empleada en el cálculo de estas emisiones utiliza como herramientas el Inventario de Emisiones 2004 (ver la memoria de cálculo de fuentes móviles) y el modelo MOBILE6-México. Del inventario se tomaron las emisiones de los Compuestos Orgánicos Totales (COT) y las Partículas Menores a 10 micrómetros de diámetro (PM₁₀); las cuales como ya es sabido, son calculadas a partir de la flota vehicular, la actividad de la misma y sus respectivos factores de emisión²⁰.

Para el desarrollo del presente inventario es importante identificar el tipo de emisiones que se están calculando, es decir, si las emisiones provienen del escape de los vehículos o si se producen por evaporación. Esto es debido a que en los vehículos a gasolina, por ejemplo, una parte considerable de los contaminantes tóxicos son producidos por evaporación; y en cambio los vehículos que utilizan diesel como combustible, solo emiten compuestos tóxicos por el escape. También es importante tener en cuenta que los metales tóxicos no son producidos por evaporación, únicamente por el escape.

El MOBILE6-México fue utilizado para obtener los factores de emisión de los compuestos tóxicos por tipo de vehículo y por tipo de emisión (evaporativas y de escape), generando así, las respectivas fracciones con respecto a los COT y a las PM₁₀; esto se realizó por cada tipo de vehículo y por combustible (gasolina y diesel) (ver figura de diagrama de cálculo).

Para las fuentes móviles las categorías evaluadas son las mismas que se reportan en el inventario de emisiones de contaminantes criterio, ya que en esta fuente todas las emisiones son provenientes de la combustión de los combustibles utilizados por los vehículos como la gasolina, el diesel y combustibles gaseosos.

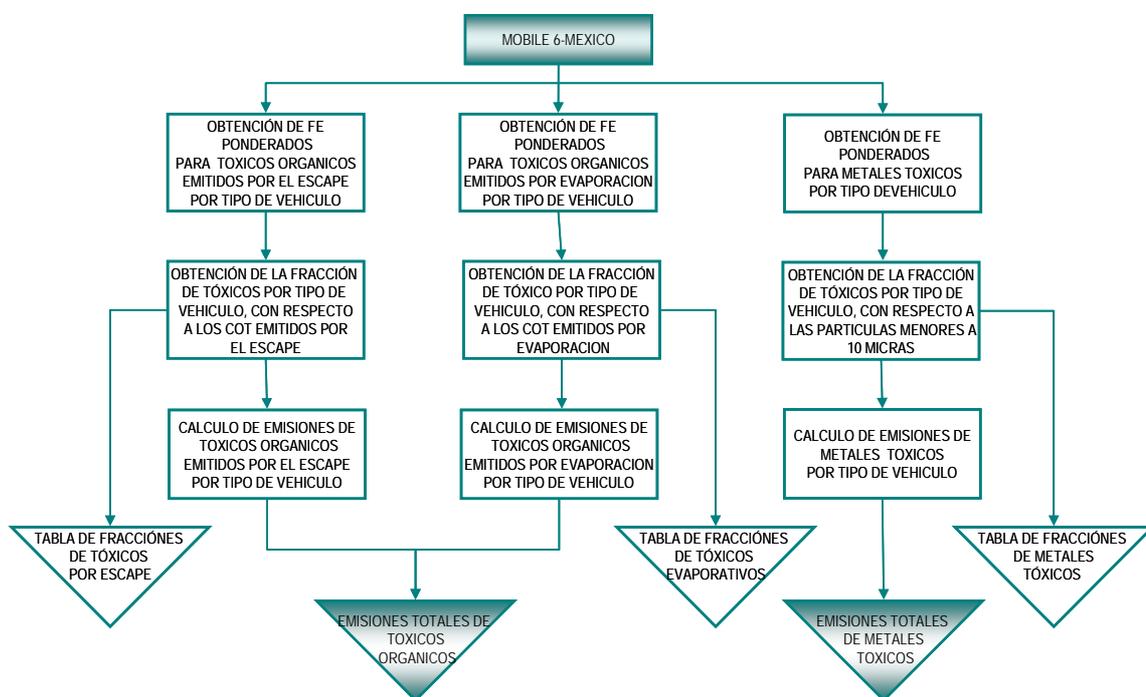


Figura 6. Diagrama del cálculo de contaminantes tóxicos de fuentes móviles

²⁰ Ver memoria de cálculo e inventario de emisiones de Fuentes Móviles, 2004.

Las siguientes tablas, muestran las fracciones de las emisiones evaporativas y por escape de 35 contaminantes tóxicos evaluados en la fuentes móviles, con respecto a los COT y a las PM₁₀, por tipos de vehículo.

Tabla 27. Fracciones de contaminantes tóxicos por el escape con respecto a COT.

Contaminante	Gasolina					Diesel		
	AP/TAX/CO	PU	MIC/V≤3	TRA/AUT/V>3	MC	AP	MIC/PICK/V≤3	TRA/AUT/V>3
Benceno	0.02738908	0.03047678	0.03063890	0.02414394	0.02628415	0.03074093	0.03035772	0.02000000
Metil terbutil éter	0.02794765	0.02047429	0.02748716	0.01298924	0.01434441	0.01712275	0.02770461	-
1,3 Butadieno	0.00424832	0.00380429	0.00344695	0.00345298	0.00385280	0.00466507	0.00882385	0.00900173
Formaldehído	0.01272742	0.01347229	0.01841129	0.02459006	0.02708266	0.03220467	0.02673713	0.03860312
Acetaldehído	0.00317906	0.00325761	0.00383058	0.00422927	0.00465552	0.00553046	0.00614634	0.01230156
Acroleína	0.00037504	0.00038442	0.00042641	0.00261454	0.00293560	0.00358423	0.00049864	0.00350087
Naftaleno	0.00014291	0.00023550	0.00015744	0.00081228	0.00065700	0.00072916	0.00052710	0.00049879
Etilbenceno	0.01061762	0.01048427	0.01182829	0.00951586	0.01063277	0.01230198	0.01402168	0.00197782
n-Hexano	0.00505586	0.00499251	0.00563177	0.00452977	0.00506426	0.00585679	0.00667751	0.00543847
Estireno	0.00245611	0.00242461	0.00273531	0.00219996	0.00245944	0.00284512	0.00324390	0.00207660
Tolueno	0.07511969	0.07416375	0.08368511	0.06730662	0.07521596	0.08703720	0.09918699	0.00316430
Xileno	0.04232365	0.04178732	0.04714775	0.03792432	0.04239764	0.04901783	0.05590786	0.00474523
2,2,4 trimetil pentano	0.02569422	0.02616076	0.02950656	0.01538676	0.01719924	0.01989680	0.03392954	0.00065269
Propionaldehído	0.00043329	0.00042786	0.00048274	0.00038833	0.00043409	0.00050195	0.00057236	0.01848180
Acenafteno	0.00000115	0.00000190	0.00000127	0.00000655	0.00000529	0.00000587	0.00000425	0.00001164
Acenaftileno	0.00000649	0.00001069	0.00000714	0.00003686	0.00002981	0.00003308	0.00002392	0.00013220
Antraceno	0.00000133	0.00000220	0.00000147	0.00000758	0.00000613	0.00000680	0.00000492	0.00002475
Benzo (a)antraceno	0.00000016	0.00000027	0.00000018	0.00000092	0.00000074	0.00000082	0.00000060	0.00000655
Benzo(a)pireno	0.00000016	0.00000027	0.00000018	0.00000092	0.00000074	0.00000082	0.00000060	0.00000607
Benzo(b)fluoranteno	0.00000019	0.00000032	0.00000021	0.00000109	0.00000088	0.00000098	0.00000071	0.00001067
Benzo(ghi)perileno	0.00000040	0.00000067	0.00000044	0.00000230	0.00000186	0.00000206	0.00000149	0.00000728
Benzo(k)fluoranteno	0.00000019	0.00000032	0.00000021	0.00000109	0.00000088	0.00000098	0.00000071	0.00001067
Criseno	0.00000016	0.00000027	0.00000018	0.00000092	0.00000074	0.00000082	0.00000060	0.00000776
Dibenz(ah)antraceno	-	-	-	-	-	-	-	0.00000024
Fluoranteno	0.00000143	0.00000236	0.00000158	0.00000815	0.00000659	0.00000731	0.00000529	0.00007303
Fluoreno	0.00000238	0.00000393	0.00000263	0.00001355	0.00001096	0.00001216	0.00000879	0.00005192
Indeno(123cd)pireno	0.00000012	0.00000020	0.00000013	0.00000069	0.00000056	0.00000062	0.00000045	0.00000291
Fenantreno	0.00000400	0.00000659	0.00000441	0.00002273	0.00001839	0.00002040	0.00001476	0.00014409
Pireno	0.00000196	0.00000323	0.00000216	0.00001114	0.00000901	0.00000999	0.00000723	0.00009386

Tabla 28. Fracciones de contaminantes tóxicos evaporativos con respecto a COT.

Contaminante	Gasolina				
	AP/TAX/CO	PU	MIC/V≤3	TRA/AUT/V>3	MC
Benceno	0.00331950	0.00318273	0.00256845	0.00308570	0.00256128
Metil terbutil éter	0.04868656	0.04434099	0.03702082	0.04724912	0.03937496
Naftaleno	0.00015008	0.00014291	0.00011573	0.00014022	0.00011642
Etilbenceno	0.00288908	0.00275130	0.00222790	0.00269931	0.00224124
n-Hexano	0.00878104	0.00836171	0.00677125	0.00820349	0.00681017
Tolueno	0.01549617	0.01475562	0.01194780	0.01447783	0.01202051
Xileno	0.00836594	0.00796805	0.00645194	0.00781766	0.00649062
2,2,4 trimetil pentano	0.00591621	0.00563355	0.00456118	0.00494890	0.00410850

Tabla 29. Fracciones de contaminantes tóxicos con respecto a PM₁₀.

Contaminante	Gasolina					Diesel		
	AP/TAX/CO	PU	MIC/V≤3	TRA/AUT/V>3	MC	AP	MIC/PICK/V≤3	TRA/AUT/V>3
Cromo (Cr6+)	0.00019412	0.00018505	0.00015840	0.00002073	0.00008959	0.00000134	0.00000278	0.00000133
Cromo (Cr3+)	0.00029118	0.00027757	0.00023760	0.00003110	0.00013439	0.00000202	0.00000417	0.00000199
Manganeso	0.00016275	0.00015514	0.00013280	0.00001738	0.00007511	0.00000209	0.00000433	0.00000207
Níquel	0.00035294	0.00033645	0.00028800	0.00003770	0.00016290	0.00000672	0.00001390	0.00000664
Mercurio	0.00008578	0.00008178	0.00007000	0.00000878	0.00003959	0.00001675	0.00003463	0.000021754
Arsénico	0.00028186	0.00026869	0.00023000	0.00002886	0.00013009	0.00002010	0.00004155	0.00013595

4.4. Metodología de estimación de emisiones de las Fuentes Naturales

En las fuentes naturales se evaluaron las emisiones de COV provenientes de la vegetación así como las partículas generadas por la erosión eólica de los suelos y los caminos pavimentados y sin pavimentar. En general, las emisiones de contaminantes tóxicos, se estimaron con base en las especiación de COV y partículas, según la actividad (ver diagrama siguiente).

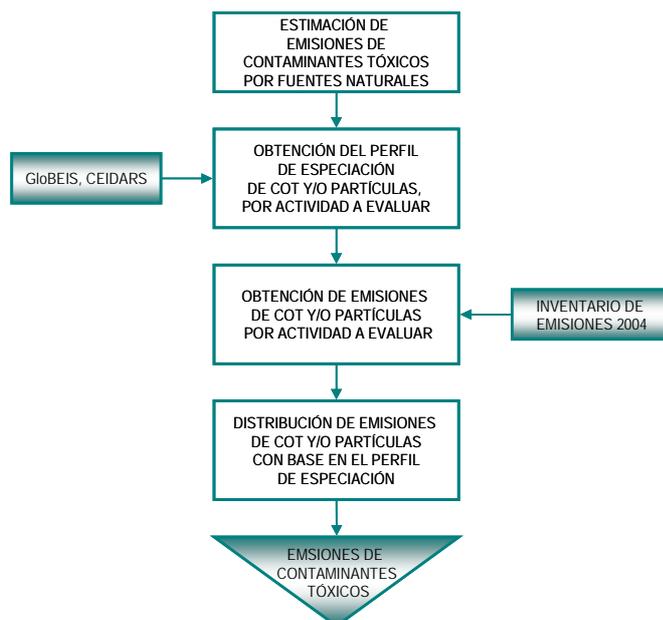


Figura 7. Diagrama del cálculo de contaminantes tóxicos de fuentes naturales

La emisión de tóxicos biogénicos para la ZMVM, se estimó como una fracción de los COV generados por la vegetación, con base en la tabla de especiación de COV del GloBEIS²¹ (ENVIRON, 2003), esto debido a que no se cuenta con factores de emisión ni mediciones para el cálculo directo de dichos compuestos. A continuación se presentan las fracciones de tóxicos (metanol, acetaldehído y formaldehído), como parte de las emisiones de los COV biogénicos.

Tabla 30. Fracciones de contaminantes tóxicos con respecto a COV biogénicos

Especie	Fracción de COV
Metanol	0.5
Acetaldehído	0.05
Formaldehído	0.02

En lo que se refiere las partículas generadas por los caminos y las provenientes de la erosión eólica, para obtener los metales tóxicos, se aplicó el perfil de especiación de material particulado propuesto por el CEIDARS²² y cabe mencionar que los metales estimados en ésta sección se han reportados en las mediciones realizadas en la atmósfera de la Zona Metropolitana del Valle de México durante campañas de 1997, 2000 y 2002²³.

Tabla 31. Fracciones de contaminantes tóxicos con respecto a partículas

Especie	Caminos pavimentados	Caminos sin pavimentar	Erosión
	Fracción de PM*	Fracción de PM*	Fracción de PM ₁₀
Antimonio	0.0068	0.0081	0.0009
Arsénico	0.0013	0.0015	0.0025
Cadmio	0.0003	0.0013	0.0036
Cloro	0.0533	0.0844	0.1541
Cromo	0.0017	0.0017	0.0274
Cobalto	0.0023	0.0005	0.0184
Plomo	0.0124	0.013	0.106
Manganeso	0.08	0.0915	0.1256
Mercurio	0.0009	0.0014	0.0019
Níquel	0.0012	0.0037	0.0075
Selenio	0.0002	0.0003	0.0001

* Puede ser PST, PM₁₀, o PM_{2.5}, dado que la fracción es la misma

²¹ Categoría OCOV (otros compuestos orgánicos volátiles) biogénicos, ya que no incluye isopreno y monoterpeno del Global Biosphere Emissions and Interactions System

²² California Emission Inventory And Reporting System, 2002. Particulate Matter (PM) Speciation Profiles.

²³ Analysis of PM_{2.5} and PM₁₀ in the Atmosphere of Mexico City during 2000-2002 y Chemical composition of PM₁₀ in Mexico City during the winter 1997.

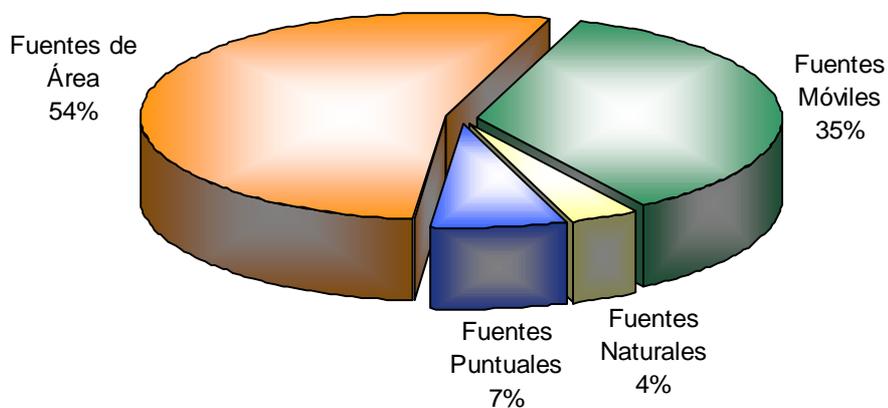
5. INVENTARIO DE EMISIONES DE CONTAMINANTES TOXICOS ZMVM, 2004.

5.1 Emisiones anuales

Las emisiones anuales de contaminantes tóxicos al aire en la ZMVM, se presentan en las Tablas 32 y 33, en las cuales se observa que la mayor cantidad de contaminantes tóxicos que se emiten a la atmósfera provienen de las fuentes de área, seguida de las fuentes móviles, ambas fuentes contribuyen con un poco más del 89% de los contaminantes tóxicos, lo anterior también se puede observar en la grafica 2.

Tabla 32. Emisión de contaminantes tóxicos por fuente en la ZMVM

Sector	[ton/año]	%
Fuentes Puntuales	7,257	7.3
Fuentes de Área	53,908	53.9
Fuentes Móviles	35,245	35.2
Fuentes Naturales	3,610	3.6
Total	100,020	100.0



Gráfica 2. Emisión de contaminantes tóxicos en la ZMVM por fuente

Tabla 33. Emisiones anuales de contaminantes tóxicos del aire en la ZMVM

Sector	[ton/año]	%
Fuentes puntuales	7,257	7.3
Productos alimenticios, bebidas y tabaco	8	NS
Textiles, prendas de vestir e industria del cuero	19	NS
Industria de la madera y productos de madera,. Incluye muebles.	1,391	1.4
Papel y productos de papel, imprentas y editoriales	2,398	2.4
Sustancias químicas, productos derivados del petróleo y del carbón, de hule y de plástico	1,354	1.4
Productos minerales no metálicos. Excluye los derivados del petróleo y del carbón	10	NS
Industrias metálicas básicas	87	0.1
Productos metálicos, maquinaria y equipo. Incluye instrumentos quirúrgicos y de precisión	1,796	1.8
Otras industrias manufactureras	146	0.1
Generación de energía eléctrica	48	NS
Fuentes de área	53,908	53.9
Combustión industrial (GN)	11	NS
Combustión comercial-institucional (GLP)	6	NS
Combustión comercial-institucional (GN)	11	NS
Combustión habitacional (GLP)	13	NS
Combustión habitacional (GN)	18	NS
Operación de aeronaves	431	0.4
Locomotoras (foráneas/ patio)	19	NS
Terminales de Autobuses de pasajeros	7	NS
Recubrimiento de superficies Industriales	7,998	8.0
Pintura automotriz	1,234	1.2
Recubrimiento de superficies arquitectónicas (Pinturas vinílicas)	5,749	5.7
Recubrimiento de superficies arquitectónicas (Pinturas acrílicas)	2,378	2.4
Pintura de tránsito	22	NS
Limpieza en superficie industrial	9,219	9.2
Lavado en seco (Percloroetileno)	2,513	2.5
Lavado en seco (Gas nafta)	1,025	1.0
Artes gráficas	3,116	3.1
Aplicación de asfalto	16	NS
Productos de cuidado personal	38	NS
Productos misceláneos	141	0.1
Productos de consumo doméstico	713	0.7
Uso doméstico y comercial de pesticidas	4,380	4.4
Uso comercial y doméstico de pinturas en aerosol	332	0.3
Productos para el cuidado automotriz	3,675	3.7
Uso comercial y domestico de adhesivos y selladores	3,322	3.3
Distribución y almacenamiento de gasolina	225	0.2
Carga de combustibles en aeronaves	4	NS
Distribución y almacenamiento de GLP	NS	NS
Fugas de GLP en instalaciones	NS	NS
HCNQ en la combustión de GLP	NS	NS
Panaderías	NS	NS
Esterilización en hospitales	NS	NS
Rellenos sanitarios	6,998	7.0
Tratamiento de aguas residuales	209	0.2
Incendios en estructuras	53	0.1
Almacenamiento masivo de gasolina	9	NS
Incendios Forestales	3	NS
Amoniaco doméstico	NS	NS
Caminos pavimentados	2	NS
Caminos no pavimentados	18	NS
Fuentes móviles	35,245	35.2
Autos Particulares	16,979	17.0
Taxis	2,626	2.6
Combis	1,227	1.2
Microbuses	2,624	2.6
Pick Up	1,930	1.9
Vehículos < 3 Ton	2,097	2.1
Tractocamiones	1,671	1.7
Autobuses	686	0.7
Vehículos > 3 Ton	2,058	2.1
Motocicletas	3,347	3.3
Fuentes Naturales	3,610	3.6
Vegetación	3,605	3.6
Erosivas	5	NS
Total	100,020	100.0

NS: No Significativo

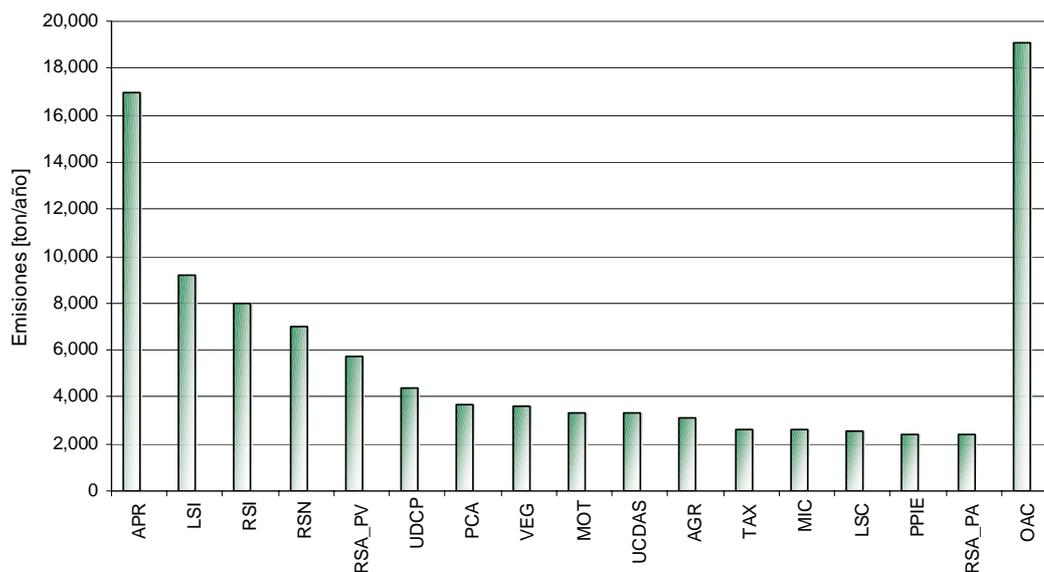
5.2 Principales categorías de emisión de contaminantes tóxicos del aire

Como se aprecia en las tablas anteriores, en la ZMVM se emiten más de 100 mil toneladas de contaminantes tóxicos anualmente, a continuación se enlistan las 16 principales actividades que generan dichos contaminantes, estas actividades generan cerca del 81% de los contaminantes tóxicos evaluados y el restante 19% se distribuye en las demás actividades identificadas en este caso como otras actividades (OAC), ver tabla y gráfica siguientes:

Tabla 34. Principales categorías de emisión de contaminantes tóxicos del aire

Sector	Clave	Actividad	[ton/año]	%
FM	APR	Autos Particulares	16,979	17.0
FA	LSI	Limpieza en superficie industrial	9,219	9.2
FA	RSI	Recubrimiento de superficies Industriales	7,998	8.0
FA	RSN	Rellenos sanitarios	6,998	7.0
FA	RSA_PV	Recubrimiento de superficies arquitectónicas (Pinturas vinílicas)	5,749	5.7
FA	UDCP	Uso doméstico y comercial de pesticidas	4,380	4.4
FA	PCA	Productos para el cuidado automotriz	3,675	3.7
FN	VEG	Vegetación	3,605	3.6
FM	MOT	Motocicletas	3,347	3.3
FA	UCDAS	Uso comercial y domestico de adhesivos y selladores	3,322	3.3
FA	AG	Artes gráficas	3,116	3.1
FM	TAX	Taxis	2,626	2.6
FM	MIC	Microbuses	2,624	2.6
FA	LSC	Lavado en seco (Percloroetileno)	2,513	2.5
FP	PPIE	Papel y productos de papel, imprentas y editoriales	2,398	2.4
FA	RSA_PA	Recubrimiento de superficies arquitectónicas (Pinturas acrílicas)	2,378	2.4
Otros	OAC	Otras actividades (varias)	19,093	19.1
Total			100,020	100.0

FA: Fuentes de Área; FM: Fuentes Móviles; FP: Fuentes Puntuales; FN: Fuentes Naturales



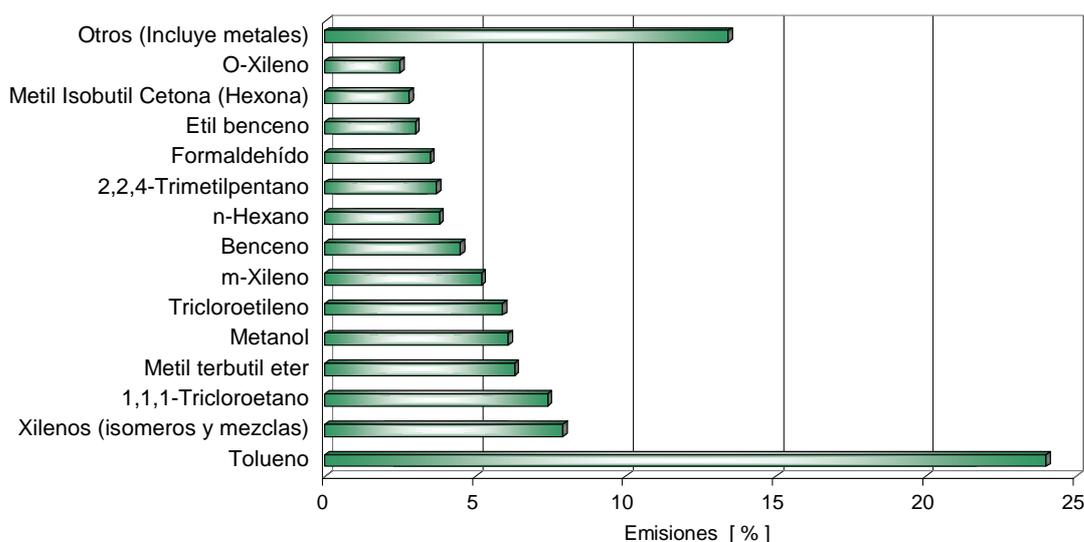
Gráfica 3. Principales actividades generadoras de contaminantes tóxicos en la ZMVM

5.3 Principales contaminantes tóxicos del aire en la ZMVM

En la siguiente tabla, se enlistan por orden de importancia los contaminantes tóxicos que se emiten en la ZMVM, en el cual destaca la emisión de tolueno con aproximadamente 24,000 toneladas anuales, lo que representa el 24% de las emisiones de todas las fuentes inventariadas. Es importante resaltar que los 14 contaminantes descritos en la tabla representan cerca del 87% de las emisiones de todos los contaminantes tóxicos y los restantes 70 contaminantes sólo aportan el 13% de las emisiones.

Tabla 35. Principales contaminantes tóxicos de la ZMVM

CAS	Contaminante	[ton/año]	%
108-88-3	Tolueno	23,959	24.0
1330-20-7	Xilenos (isómeros y mezclas)	7,893	7.9
71-55-6	1,1,1-Tricloroetano	7,388	7.4
1634-04-4	Metil terbutil éter	6,347	6.3
67-56-1	Metanol	6,149	6.1
79-01-6	Tricloroetileno	5,858	5.9
108-38-3	m-Xileno	5,206	5.2
71-43-2	Benceno	4,491	4.5
110-54-3	n-Hexano	3,794	3.8
540-84-1	2,2,4-Trimetilpentano	3,666	3.7
50-00-0	Formaldehído	3,540	3.5
100-41-4	Etil benceno	3,048	3.0
108-10-1	Metil Isobutil Cetona (Hexona)	2,766	2.8
95-47-6	O-Xileno	2,494	2.5
N.D.	Otros (Incluye metales)	13,421	13.4
Total		100,020	100.0



Gráfica 4. Principales contaminantes tóxicos de la ZMVM

En la tabla 36 se enlistan por orden de importancia los contaminantes tóxicos inventariados por fuente para la ZMVM,. Cabe mencionar que se agruparon algunos compuestos de acuerdo con la clasificación del apéndice “H” de la guía para la elaboración de inventarios de contaminantes tóxicos de la USEPA, así podemos encontrar en la tabla grupos como el arsénico y sus compuesto, plomo y sus compuestos, Materia Orgánica Policíclica (POM, por sus siglas en ingles), glicoeteres, entre otros. Pero sigue siendo el tolueno el principal contaminante con aproximadamente el 24% de las emisiones totales de los contaminantes tóxicos, teniendo como principales fuentes de generación las fuentes de área y las móviles respectivamente.

Tabla 36. Emisiones de contaminantes tóxicos al aire en la ZMVM por Fuente [ton/año]

Contaminante	Fijas	Área	Móviles	Naturales	Total	%
Tolueno	2,672	11,758	9,529	NE	23,959	23.9
Xilenos (isómeros y mezclas)	NS	2,489	5,404	NE	7,893	7.9
1,1,1-Tricloroetano	NE	7,388	NE	NE	7,388	7.4
Metil terbutil eter	NA	717	5,630	NE	6,347	6.3
Metanol	NS	2,989	NE	3,160	6,149	6.1
Tricloroetileno	1	5,857	NE	NE	5,858	5.8
m-Xileno	238	4,968	NE	NE	5,206	5.2
Benceno	256	725	3,510	NE	4,491	4.5
n-Hexano	92	2,532	1,170	NE	3,794	3.8
2,2,4-Trimetilpentano	NA	420	3,246	NE	3,666	3.6
Formaldehído	3	281	3,127	129	3,540	3.5
Etil benceno	NS	1,634	1,414	NE	3,048	3.0
Metil Isobutil Cetona (Hexona)	2,348	418	NE	NE	2,766	2.8
O-Xileno	239	2,255	NE	NE	2,494	2.5
Bromuro de Metilo	NE	1,772	NE	NE	1,772	1.8
Cloruro de Metileno	NE	1,509	NE	NE	1,509	1.5
Acetaldehído	55	23	911	316	1,305	1.3
1,3-Butadieno	622	31	620	NE	1,273	1.3
Metil Etil Cetona (2-Butanona)	NS	1,149	NE	NE	1,149	1.1
Éteres de glicol	6	1046	NE	NE	1052	1.0
1,3-Dicloropropano	NE	710	NE	NE	710	0.7
Clorobenceno (monoclorobenceno)	47	617	NE	NE	664	0.7
1,4-Diclorobenceno	NE	664	NE	NE	664	0.7
1,1,2,2-Tetracloroetileno	NE	621	NE	NE	621	0.6
Estireno (Fenil Etileno)	NE	195	320	NE	515	0.5
Naftaleno	NS	443	37	NE	480	0.5
P-Xileno	1	387	NE	NE	388	0.4
Fenol	268	5	NE	NE	273	0.3
Acroleína (2-Propenal)	35	50	127	NE	212	0.2
Propionaldehído	NE	19	193	NE	212	0.2
Trietilamina	129	3	NE	NE	132	0.1
Antimonio y compuestos	121	1	NE	NS	122	0.1
Oxido de Etileno	1	121	NE	NE	122	0.1
Ácido Clorhídrico	NS	40	NE	NE	40	NS
Manganeso y compuestos	22	14	NS	1	37	NS
Diclorodifluorometano (CFC-12)	20	NE	NE	NE	20	NS
Plomo y compuestos	13	4	NE	1	18	NS
Cloropreno	18	NE	NE	NE	18	NS
Bifenil	15	NE	NE	NE	15	NS
Triclorofluoroetano (CFC-11)	14	NE	NE	NE	14	NS

NS: No Significativo; NE: No Estimado

..... continuación tabla 36

Contaminante	Fijas	Área	Móviles	Naturales	Total	%
Cumeno	NS	13	NE	NE	13	NS
Cloro	NE	8	NE	2	10	NS
Arsénico y compuestos	2	5	1	NS	8	NS
Niquel y compuestos	3	5	NS	NS	8	NS
Cromo y compuestos	1	4	NE	1	6	NS
Materia Orgánica Poli cíclica (POM)	NE	NE	5	NE	5	NS
Metil metacrilato	5	NE	NE	NE	5	NS
Tricloro benceno	5	NE	NE	NE	5	NS
Mercurio y compuestos	NS	3	1	NS	4	NS
Selenio y compuestos	NS	4	NE	NS	4	NS
Cadmio	1	3	NE	NS	4	NS
Cobalto	1	2	NE	NS	3	NS
2-Nitropropano	NE	2	NE	NE	2	NS
Cloroformo	1	1	NE	NE	2	NS
Dioxinas y Furanos	NE	1	NE	NE	1	NS
Acetamida	NE	1	NE	NE	1	NS
Diclorotetrafluoroetano (CFC-114)	1	NE	NE	NE	1	NS
Acetofenona	NE	1	NE	NE	1	NS
1,2-Dicloroetano	NE	1	NE	NE	1	NS
Dietanolamina	1	NE	NE	NE	1	NS
Acetato De Vinilo	NE	NE	NE	NE	NS	NS
Acido fluorhídrico	NS	NE	NE	NE	NS	NS
Acido Acrílico	NS	NE	NE	NE	NS	NS
Berilio	NS	NE	NE	NS	NS	NS
Radón	NE	NE	NE	NS	NS	NS
Total [ton/año]	7,257	53,908	35,245	3,610	100,020	100

NS: No Significativo; NE: No Estimado; NA: No Aplica.

Las siguientes tablas y gráficas separan las emisiones de los contaminantes tóxicos al aire provenientes de los Compuestos Orgánicos Totales (COT) y de los metales considerados tóxicos. Lo anterior se realiza debido a que la cantidad de metales es muy pequeña (224 toneladas) comparada con la emisión de contaminantes tóxicos que forman parte de los COT (99,797 toneladas).

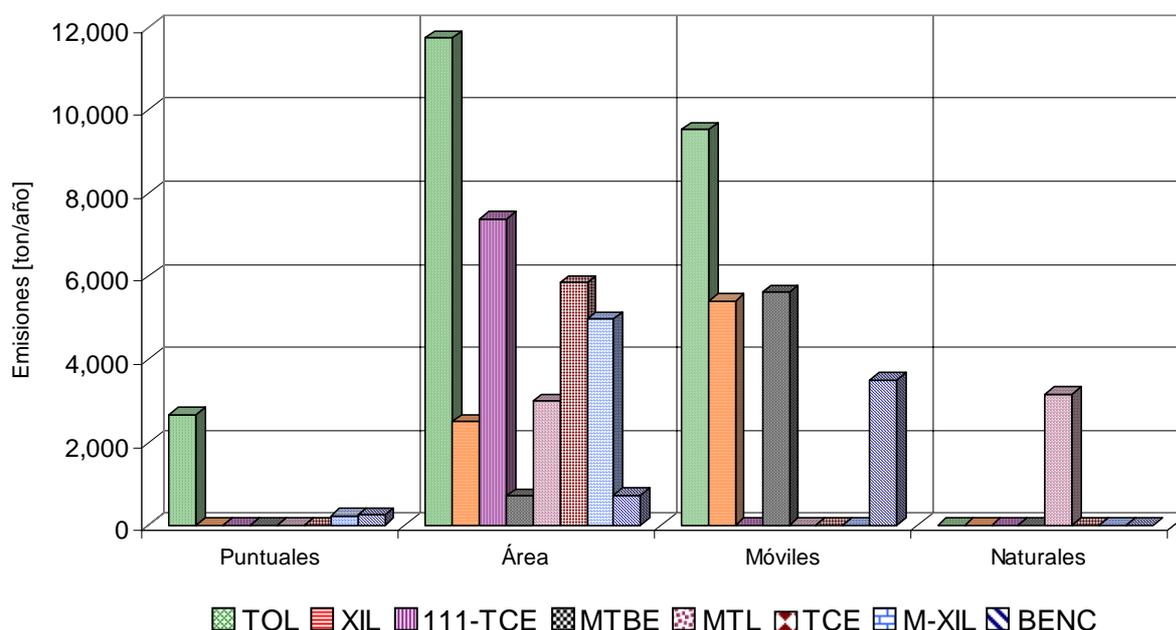
Contaminantes tóxicos provenientes de los COT y otros compuestos

Para este caso se tiene que el contaminante de mayor emisión es el tolueno con un 24% de las emisiones de los COT. Es importante mencionar que los contaminantes enlistados en la tabla 38 son los de mayor importancia ya que en conjunto suman más del 80%, el resto se encuentra dentro de la clasificación otros.

Tabla 37. Principales contaminantes provenientes de los COT y otros compuestos

Clave	Contaminante	[ton/año]	%
TOL	Tolueno	23,959	24.0
XIL	Xilenos (isomeros y mezclas)	7,893	7.9
111-TCE	1,1,1-Tricloroetano	7,388	7.4
MTBE	Metil terbutil eter	6,347	6.4
MTL	Metanol	6,149	6.2
TCE	Tricloroetileno	5,858	5.9
M-XIL	m-Xileno	5,206	5.2
BENC	Benceno	4,491	4.5
N-HEX	n-Hexano	3,794	3.8
224-TMP	2,2,4-Trimetilpentano	3,666	3.7
FMLD	Formaldehído	3,540	3.5
ETBN	Etil benceno	3,048	3.1
OTR	Otros	18,457	18.5
	Subtotal	99,796	100.0

En la gráfica 5, se muestran los 8 principales contaminantes tóxicos del aire emitidos en la ZMVM y las fuentes que los generan, donde se observa el gran aporte del tolueno como principal contaminante y las fuentes área como los principales generadores.



Gráfica 5. Principales contaminantes tóxicos del aire en la ZMVM por fuente, provenientes de los COT

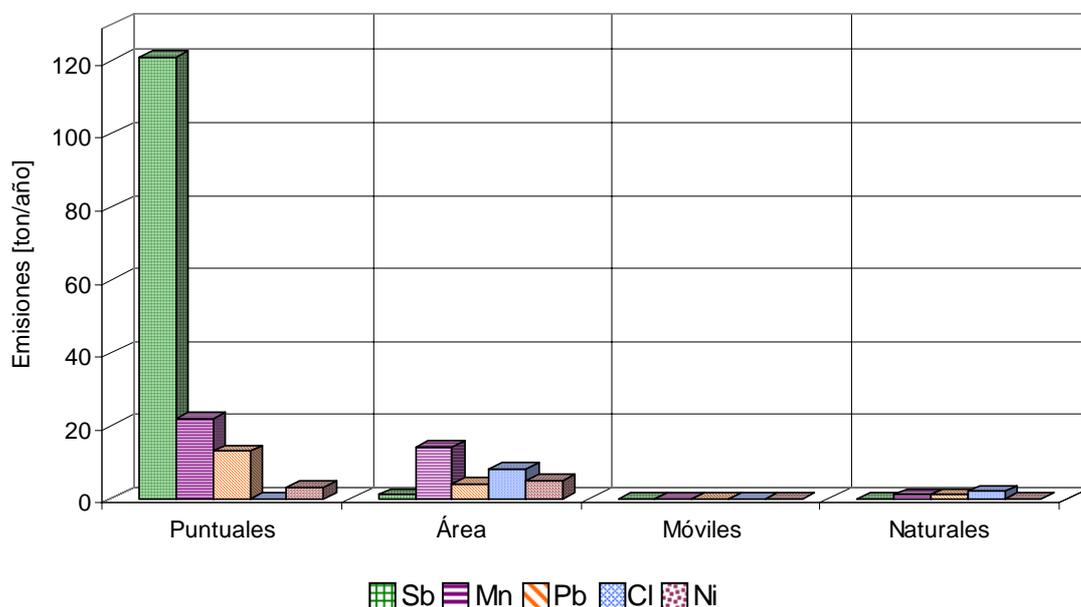
Metales tóxicos

En el caso de los metales tóxicos, el antimonio es el contaminante con mayor aporte de emisiones con 122 toneladas al año, en suma con los demás metales descritos como manganeso, plomo, arsénico, níquel y mercurio aportan el 91% de los metales tóxicos generados en la ZMVM, y el restante 9% lo aportan otros metales tóxicos como se puede apreciar en la tabla 38.

Tabla 38. Metales tóxicos evaluados para la ZMVM

Clave	Contaminante	[ton/año]	%
Sb	Antimonio y compuestos	122	54.5
Mn	Manganeso y compuestos	37	16.5
Pb	Plomo y compuestos	18	8.0
As	Arsénico y compuestos	10	4.5
Ni	Níquel y compuestos	8	3.6
Hg	Mercurio y compuestos	8	3.6
Ot	Otros	21	9.3
	Subtotal	224	100.0

En la gráfica 6, se muestran los principales metales tóxicos y sus fuentes generadoras, donde se observa el gran aporte del antimonio teniendo como fuente de mayor importancia a las fuentes puntuales, seguido del manganeso y plomo así como sus respectivos compuestos.



Gráfica 6. Distribución porcentual de metales tóxicos

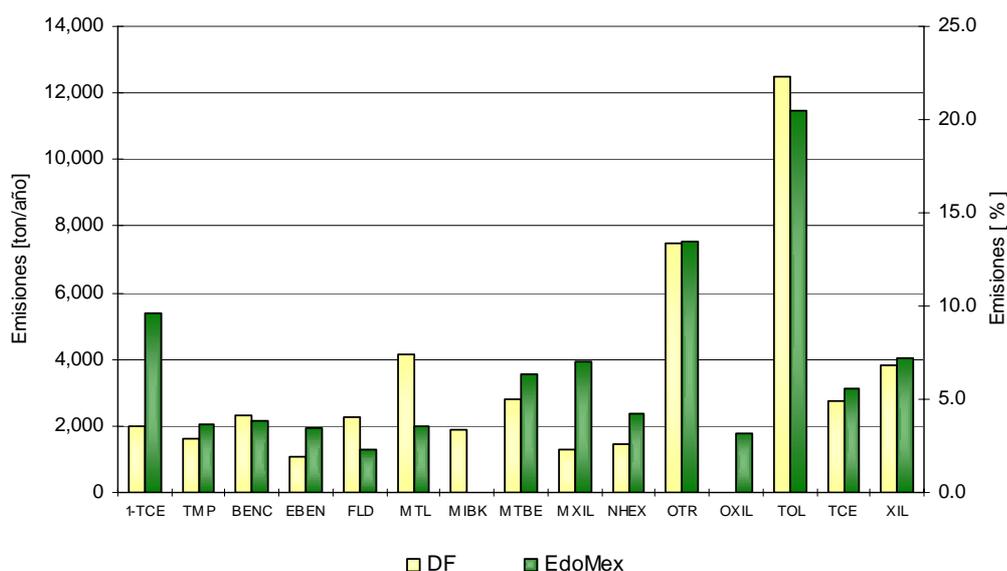
5.4 Principales contaminantes tóxicos en el Distrito Federal y Estado de México

Por orden de importancia y de acuerdo con la cantidad emitida y por entidad, los contaminantes tóxicos más representativos en el Distrito Federal y el Estado de México, en ambos casos el contaminante que más se emite es el tolueno aportando para el Distrito Federal 12,500 toneladas al año (26% de los contaminantes tóxicos para esta entidad) y 11,459 toneladas para el Estado de México (aprox. 22% de las emisiones de contaminante tóxicos). Los contaminantes enlistados representan alrededor del 85% de las emisiones totales para cada entidad, como se observa en la tabla siguiente.

Tabla 39. Principales contaminantes tóxicos del Distrito Federal y del Estado de México

Distrito Federal				Estado de México			
Clave	Contaminante	[ton/año]	%	Clave	Contaminante	[ton/año]	%
TOL	Tolueno	12,500	26.3	TOL	Tolueno	11,459	21.8
OTR	Otros	7,488	15.8	OTR	Otros (incluye metales)	7,562	14.4
MTL	Metanol	4,149	8.7	1-TCE	1,1,1-Tricloroetano	5,371	10.2
XIL	Xilenos (isómeros y mezclas)	3,848	8.1	XIL	Xilenos (isómeros y mezclas)	4,046	7.7
MTBE	Metil terbutil eter	2,810	5.9	MXIL	m-Xileno	3,923	7.5
TCE	Tricloroetileno	2,758	5.8	MTBE	Metil terbutil eter	3,537	6.7
BENC	Benceno	2,322	4.9	TCE	Tricloroetileno	3,100	5.9
FLD	Formaldehído	2,262	4.8	NHEX	n-Hexano	2,367	4.5
1-TCE	1,1,1-Tricloroetano	2,018	4.3	BENC	Benceno	2,169	4.1
MIBK	Metil Isobutil Cetona	1,867	3.9	TMP	2,2,4-Trimetilpentano	2,028	3.9
TMP	2,2,4-Trimetilpentano	1,638	3.5	MTL	Metanol	2,000	3.8
NHEX	n-Hexano	1,427	3.0	EBEN	Etil benceno	1,947	3.7
MXIL	m-Xileno	1,283	2.7	OXIL	O-Xileno	1,761	3.4
EBEN	Etil benceno	1,100	2.3	FLD	Formaldehído	1,280	2.4
Subtotal DF		47,470	100.0	Subtotal EdoMex		52,550	100.0

En la gráfica 7, se puede apreciar que los contaminantes que más se emiten en ambas entidades son los mismos, pero en diferente orden de magnitud, con excepción del metil isobutil cetona que tiene una emisión importante en el Distrito Federal y el o-xileno que tiene un mayor aporte de emisiones en el Estado de México.



Gráfica 7. Distribución porcentual de metales tóxicos

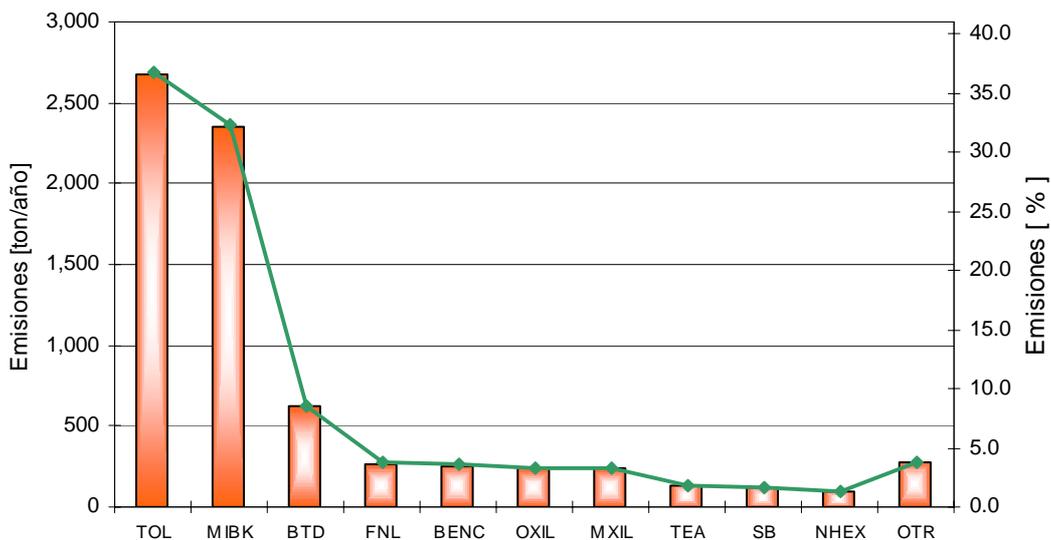
5.5 Principales contaminantes tóxicos de fuentes fijas

Para las fuentes fijas (industrias), establecidas en la ZMVM, el contaminante de mayor importancia es el tolueno, emitiéndose a la atmósfera más de 2,600 toneladas al año, seguido del metil isobutil cetona (MIBK) con 2,347 toneladas anuales, estos dos contaminantes aportan aproximadamente un 70% de las emisiones de contaminantes tóxicos generados por dichas fuentes. Las actividades más generadoras de los tóxicos mencionados son aquellas relacionadas con el uso de recubrimientos superficiales, como la elaboración de muebles de madera, fabricación de productos metálicos y las artes gráficas.

Tabla 40. Principales contaminantes tóxicos de fuentes fijas

Clave	Contaminante	[ton/año]	%
TOL	Tolueno	2,672	36.8
MIBK	Metil isobutil cetona (Hexona)	2,347	32.3
BTD	Butadieno (1,3 Butadieno)	622	8.6
FNL	Fenol	268	3.7
BENC	Benceno	25	3.5
OXIL	o-Xileno	239	3.3
MXIL	m-Xileno	238	3.3
TEA	Trietilamina	129	1.8
SB	Antimonio	121	1.7
NHEX	n-Hexano	92	1.3
OTR	Otros tóxicos (incluye metales)	273	3.8
Total		7,257	100.0

En la gráfica siguiente se puede apreciar el aporte de las emisiones de contaminantes tóxicos a la atmósfera en la ZMVM, generadas por las fuentes fijas (industria), en toneladas anuales y su aporte porcentual.



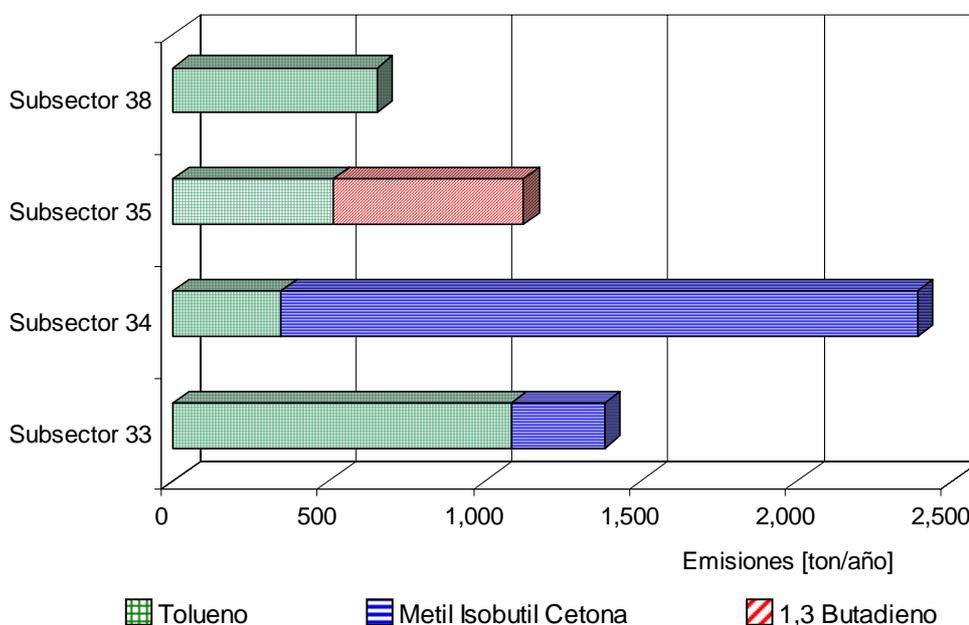
Gráfica 8. Principales contaminantes tóxicos generados por fuentes fijas en la ZMVM

A continuación se describen los contaminantes tóxicos del aire de mayor importancia y las categorías que generan dichos contaminantes para las fuentes puntuales (industrias), establecidas en la ZMVM.

En la tabla 41, podemos observar que los contaminantes de mayor importancia son tolueno, metil isobutil cetona y 1,3-Butadieno, ya que estos 3 contaminantes aportan más del 75% de las emisiones de los contaminantes tóxicos del aire provenientes de las fuentes puntuales. Dentro de las principales categorías que generan los contaminantes mencionados tenemos la industria de la madera y productos de madera, los productos metálicos, maquinaria y equipo, las sustancias químicas, productos derivados del petróleo y del carbón de hule y de plástico, y la industria del papel y productos de papel, imprentas y editoriales, como se observa en la tabla 41 y la gráfica 9.

Tabla 41. Principales contaminantes tóxicos por categoría de fuentes fijas

Contaminante	Subsector	Descripción	[ton/año]
Tolueno	33	Industria de la madera y productos de madera	1,086
	38	Productos metálicos, maquinaria y equipo	654
	35	Sustancias químicas, productos derivados del petróleo y del carbón de hule y de plástico	515
	34	Papel y productos de papel, imprentas y editoriales	347
Metil isobutil cetona	34	Papel y productos de papel, imprentas y editoriales	2041
	33	Industria de la madera y productos de madera	299
1,3 Butadieno	35	Sustancias químicas, productos derivados del petróleo y del carbón de hule y de plástico	608



Gráfica 9. Principales contaminantes tóxicos por categoría de fuentes fijas

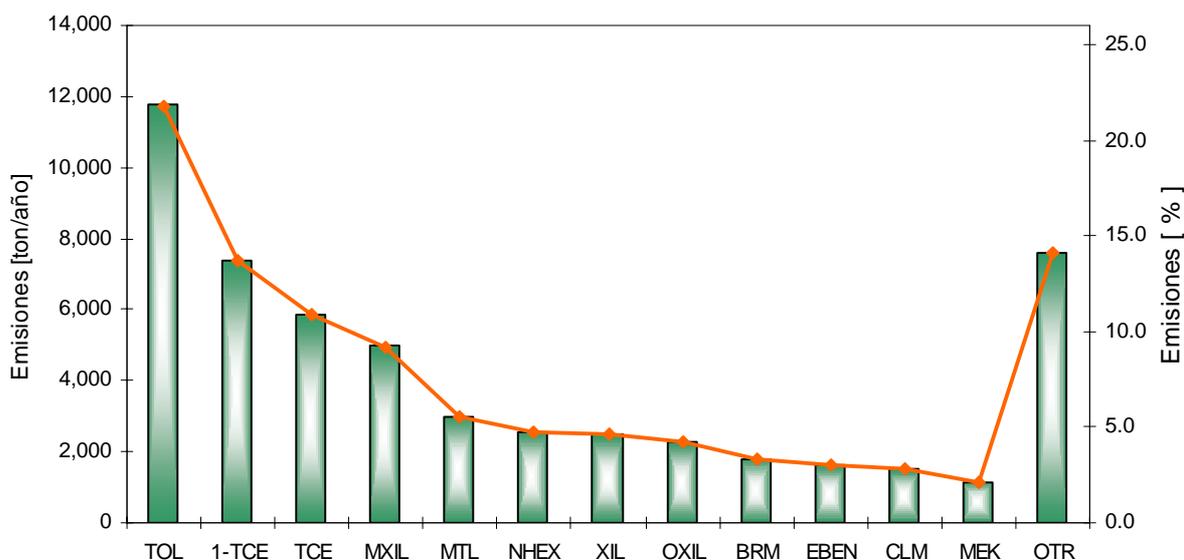
5.6 Principales contaminantes tóxicos de fuentes de área

En el caso de las fuentes de área, al igual que en las fuentes fijas, el contaminante de mayor importancia es el tolueno, del cual se emiten más de 11,700 toneladas anuales a la atmósfera, seguido del 1,1,1-tricloroetano con 7,388 toneladas y el tricloroetileno con 5,857 toneladas, estos tres contaminantes aportan aproximadamente un 47% de las emisiones de contaminantes tóxicos generados por dichas fuentes. Es importante mencionar que los 12 contaminantes enlistados suman el 86% de las emisiones totales de los contaminantes tóxicos generados por estas fuentes, los demás contaminantes agrupados en otros sólo aportan un 14% del total de tóxicos.

Tabla 42. Principales contaminantes tóxicos de fuentes de área

Clave	Contaminante	[ton/año]	%
TOL	Tolueno	11,758	21.8
1-TCE	1,1,1-Tricloroetano	7,388	13.7
TCE	Tricloroetileno	5,857	10.9
MXIL	M-Xileno	4,968	9.2
MTL	Metanol	2,989	5.5
NHEX	n-Hexano	2,532	4.7
XIL	Xileno (Isómeros Y Mezclas)	2,489	4.6
OXIL	O-Xileno	2,255	4.2
BRM	Bromuro de Metilo	1,772	3.3
EBEN	Etil Benceno	1,634	3.0
CLM	Cloruro de Metileno	1,509	2.8
MEK	Metil Etil Cetona (2-Butanona)	1,149	2.1
OTR	Otros (incluye metales)	7,608	14.1
Total		53,908	100.0

En la gráfica 9 podemos apreciar el aporte de las emisiones de contaminantes tóxicos a la atmósfera en la ZMVM, generadas por las fuentes de área, en toneladas anuales y en porcentaje de emisiones.

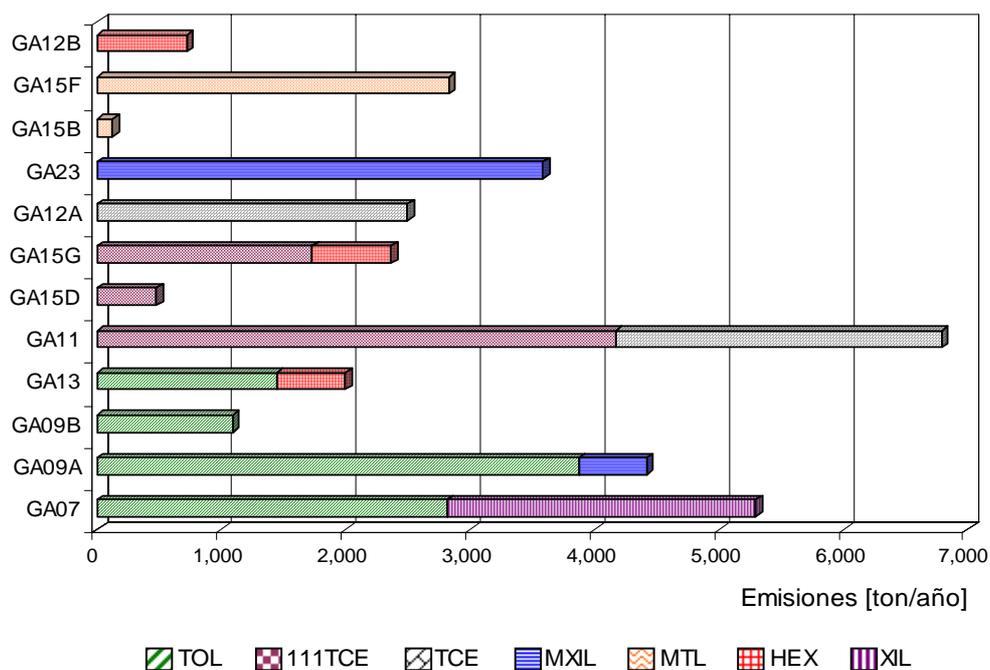


Gráfica 10. Principales contaminantes tóxicos generados por las fuentes de área en la ZMVM

En la tabla anterior podemos ver que los contaminantes de mayor importancia para las fuentes de área son Tolueno, 1,1,1-tricloroetano, tricloroetileno, m-xileno y metanol, estos 5 contaminantes representan más del 60% de las emisiones de contaminantes tóxicos generados por las fuentes de área. Las principales categorías que generan dichos contaminantes se muestran en la siguiente tabla y gráfica 11, en las que observa el aporte de emisiones por orden de importancia.

Tabla 43. Principales contaminantes tóxicos por categoría de fuentes fijas

Clave	Contaminante	Actividad	Descripción	[ton/año]
TOL	Tolueno	GA07	Recubrimiento de superficies Industriales	2,814
		GA09A	Recubrimiento de superficies arquitectónicas (PINTURAS VINILICAS)	3,880
		GA09B	Recubrimiento de superficies arquitectónicas (PINTURAS ACRILICAS)	1,089
		GA13	Artes gráficas	1,446
111-TCE	1,1,1-Tricloroetano	GA11	Limpieza en superficie industrial	4,169
		GA15D	Uso doméstico y comercial de pesticidas	478
		GA15G	Uso comercial y doméstico de adhesivos y selladores	1,733
TCE	Tricloroetileno	GA11	Limpieza en superficie industrial	2,623
		GA12A	Lavado en seco (Percloroetileno)	2,499
M-XIL	m-Xileno	GA09A	Recubrimiento de superficies arquitectónicas (PINTURAS VINILICAS)	540
		GA23	Rellenos sanitarios	3,589
MTL	Metanol	GA15B	Productos miscelaneos	129
		GA15F	Productos para el cuidado automotriz	2,828
XIL	Xileno (Isomeros Y Mezclas)	GA07	Recubrimiento de superficies Industriales	2,483
HEX	Hexano	GA12B	Lavado en seco (Gasnafta)	726
		GA13	Artes gráficas	550
		GA15G	Uso comercial y doméstico de adhesivos y selladores	634



Gráfica 11. Principales contaminantes tóxicos por categoría de fuentes de área

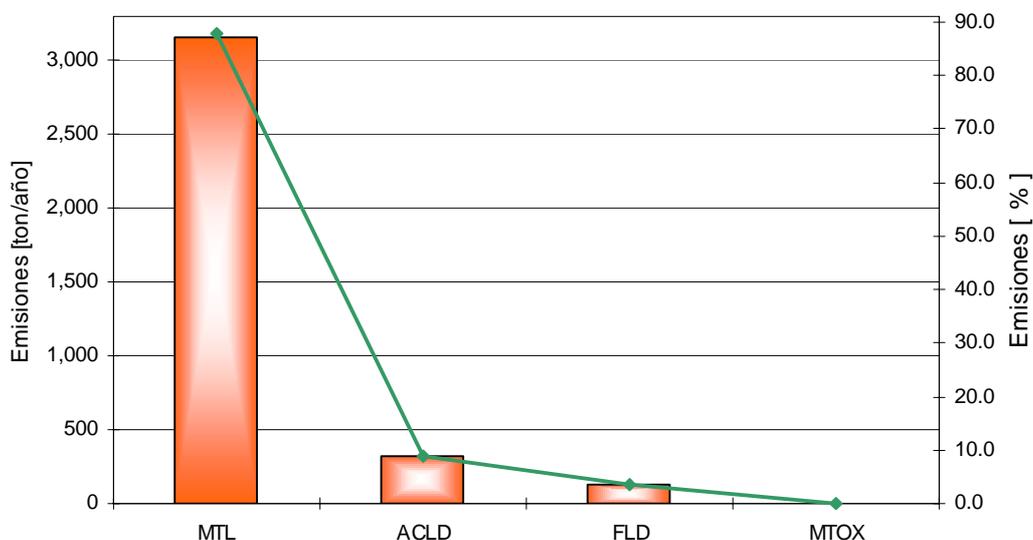
5.7 Principales contaminantes tóxicos de fuentes naturales

Dentro de los contaminantes tóxicos generados por la vegetación, el metanol es el compuesto de mayor importancia, ya que representa cerca del 88% de las emisiones de los contaminantes tóxicos. Los metales tóxicos liberados por los suelos no son representativos, aun cuando las emisiones de PM₁₀ provenientes de la erosión representan cerca del 6% del total emitido en la ZMVM.

Tabla 44. Principales contaminantes tóxicos de fuentes naturales

Clave	Contaminante	[ton/año]	%
MTL	Metanol	3,160	87.6
ACLD	Acetaldehído	316	8.8
FLD	Formaldehído	129	3.6
MTOX	Metales tóxicos	5	0.02
Total		3,610	100.0

En la siguiente gráfica podemos ver las emisiones de cada uno de los principales contaminantes tóxicos generados por las fuentes naturales en la ZMVM, en toneladas anuales y su aporte porcentual.



Gráfica 12. Principales contaminantes tóxicos generados por las fuentes naturales en la ZMVM

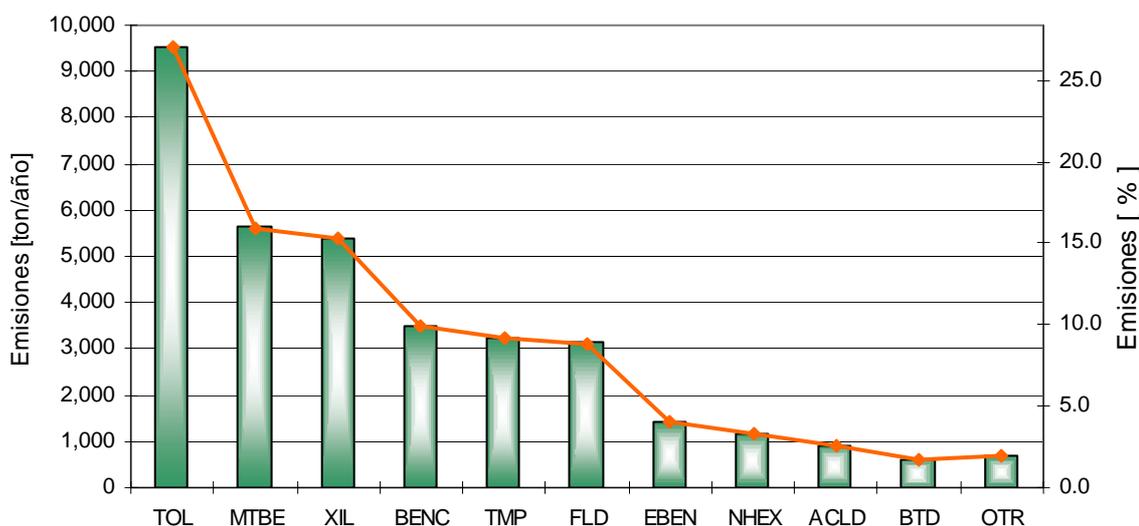
5.8 Principales contaminantes tóxicos de fuentes móviles

En las fuentes móviles, los contaminantes tóxicos de mayor importancia son el tolueno, el MTBE, el xileno, el benceno, el 2,2,4 trimetil pentano y el formaldehído, estos 6 compuestos en conjunto aportan 86% de las emisiones de contaminantes tóxicos provenientes de estas fuentes. Estos compuestos son generados principalmente por los vehículos particulares y forman parte importante en la composición de las gasolinas, con excepción del formaldehído el cual se genera por la combustión del combustible, y en el cual se tiene un aporte importante por los vehículos a diesel.

Tabla 45. Principales contaminantes tóxicos de fuentes móviles

Clave	Contaminante	[ton/año]	%
TOL	Tolueno	9,529	27.0
MTBE	Metil terbutil eter	5,630	16.0
XIL	Xileno	5,404	15.3
BENC	Benceno	3,510	10.0
TMP	2,2,4 trimetil pentano	3,247	9.2
FLD	Formaldehído	3,127	8.9
EBEN	Etilbenceno	1,414	4.0
NHEX	n-Hexano	1,170	3.3
ACLD	Acetaldehído	910	2.6
BTD	1,3 Butadieno	620	1.8
OTR	Otros tóxicos (incluye metales)	684	1.9
Total		35,245	100.0

En la gráfica 11 se puede observar el aporte de emisiones en toneladas anuales y el porcentaje de emisiones de los principales contaminantes tóxicos generados por las fuentes móviles en la ZMVM.

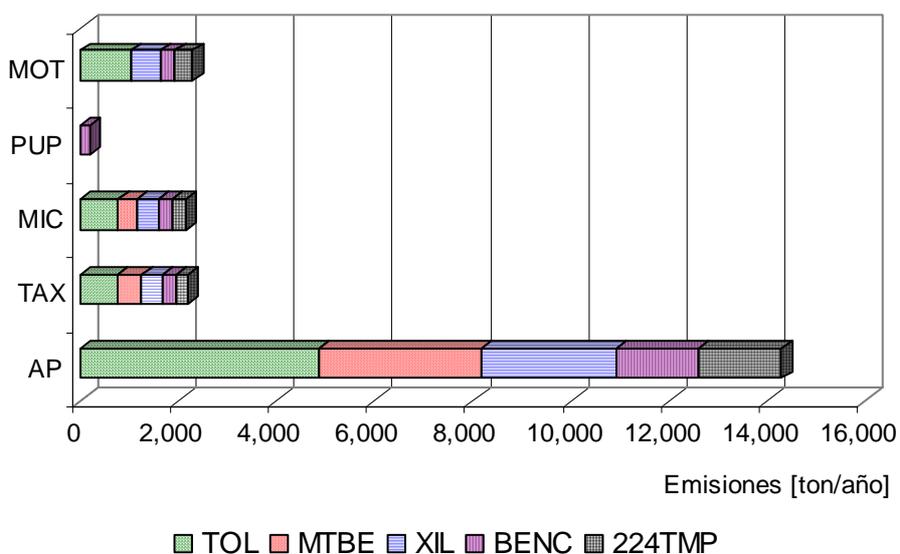


Gráfica 13. Principales contaminantes tóxicos generados por fuentes móviles en la ZMVM

Los contaminantes tóxicos al aire de mayor importancia y los tipos de vehículos que los generan se pueden observar en la tabla 46 y la gráfica 14, en las que se aprecia que los autos particulares es la principal categoría de emisión de dichos contaminantes.

Tabla 46. Principales contaminantes tóxicos por categoría de fuentes fijas

Contaminante	Categoría	Descripción	[ton/año]
Tolueno	AP	Autos Particulares	4,874
	TAX	Taxis	754
	MIC	Microbuses	788
	MOT	Motocicletas	1,041
Metil terbutil eter	AP	Autos Particulares	3,308
	TAX	Taxis	511
	MIC	Microbuses	379
Xyleno	AP	Autos Particulares	2,734
	TAX	Taxis	423
	MIC	Microbuses	443
	MOT	Motocicletas	586
Benceno	AP	Autos Particulares	1,696
	TAX	Taxis	262
	MIC	Microbuses	282
	PUP	Pick Up	221
	MOT	Motocicletas	317
2,2,4 trimetil pentano	AP	Autos Particulares	1,689
	TAX	Taxis	261
	MIC	Microbuses	279
	MOT	Motocicletas	357



Gráfica 14. Principales contaminantes tóxicos por categoría de fuentes móviles

6. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE CONTAMINANTES TÓXICOS

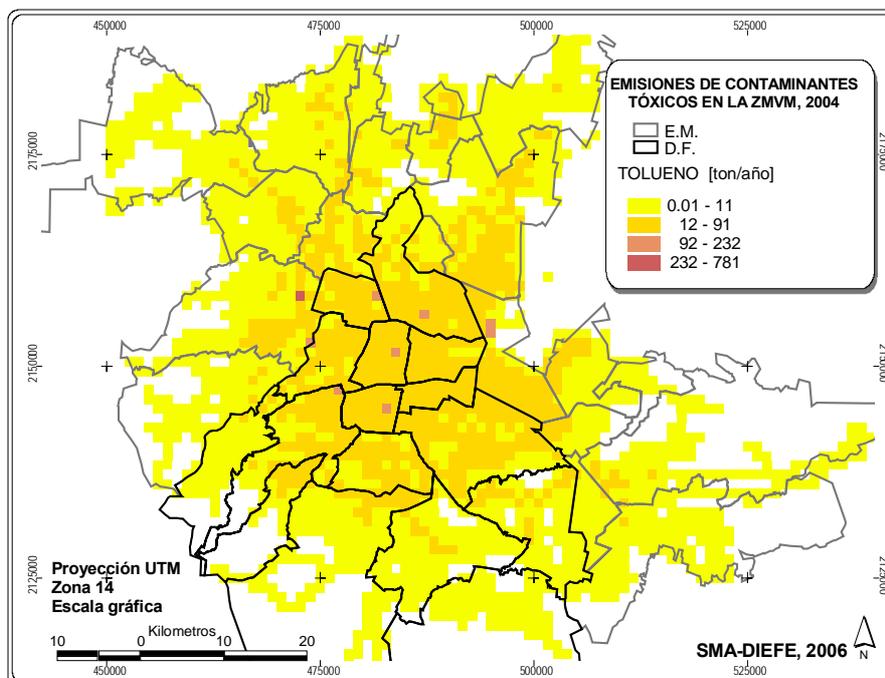
La importancia de desagregar las emisiones por contaminante y espaciarlas, obedece a la necesidad de conocer las sustancias que alteran la calidad del aire en un a determinada zona o región, y que impliquen riesgos, daños o molestias para las personas y bienes de cualquier naturaleza. El principal objetivo de este inventario, es cuantificar las emisiones anuales de los contaminantes tóxicos del aire. Sin embargo la gestión de la calidad del aire de la ZMVM, requiere el contar con la distribución espacial de las emisiones, ya que esto permite identificar los sectores con mayor aporte de emisiones y ubicar las áreas con mayor necesidad de atención en el presente y futuro.

La distribución espacial de las emisiones anuales de los contaminantes tóxicos se realizó en una malla de 1 km x 1 km, donde se ubicaron las emisiones por contaminante provenientes de las fuentes puntuales, fuentes de área, fuentes móviles y naturales.

La distribución de las emisiones de los 12 contaminantes tóxicos que se emiten en mayor cantidad, se realizo tomando como base la distribución hecha con las emisiones de COT del inventario de emisiones criterio 2004, para la ZMVM, y aplicando el porcentaje correspondiente para cada uno de los contaminantes mencionados por cada fuente emisora.

Distribución Espacial de emisiones de Tolueno

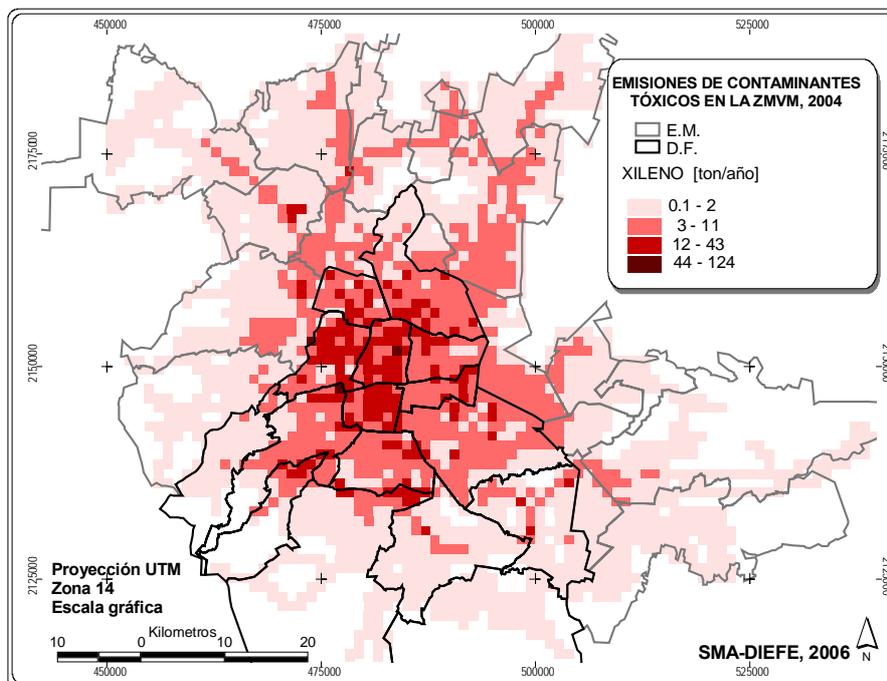
La distribución espacial de las emisiones de Tolueno, se presentan en el mapa 1, en el cual tenemos que la mayor emisiones va de 232 a 781 toneladas y se localiza en el municipio de Naucalpan la cual se debe a una industria de dedicada a la fabricación de muebles de madera. En cuanto a las emisiones que van de 92 a 232 toneladas en la zona centro, están dadas por las fuentes móviles, seguidas por las fuentes de área (principalmente actividades relacionadas con el uso de solventes y recubrimientos) y algunas industrias ubicadas en las delegaciones Benito Juárez, Gustavo A. Madero y Azcapotzalco las cuales utilizan solventes y recubrimientos.



Mapa 1. Distribución espacial de Tolueno

Distribución Espacial de emisiones de Xileno (Isómeros y Mezclas)

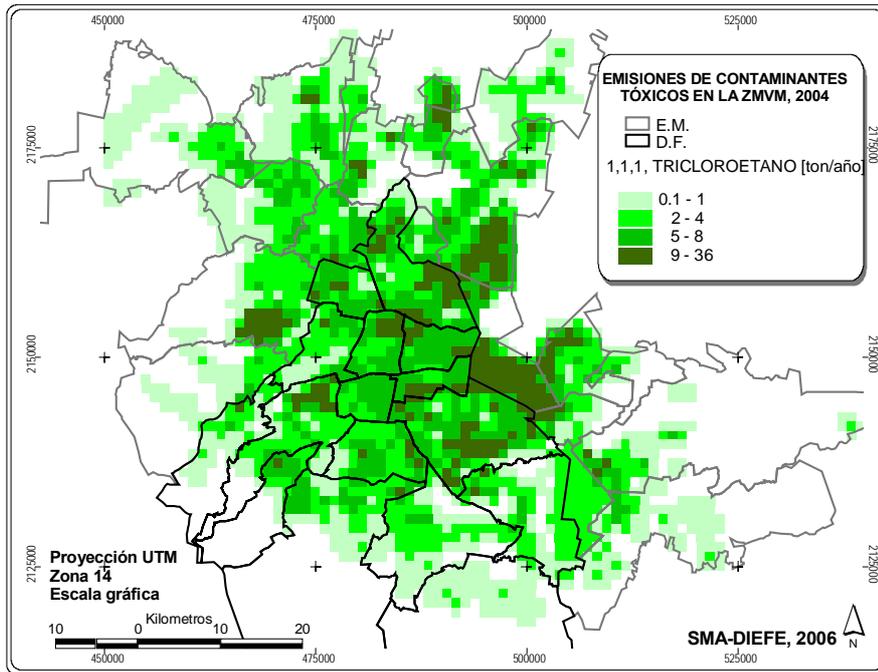
La distribución de las emisiones de Xilenos (isómeros y mezclas), se presenta principalmente en la zona centro hacia el norte y es debida principalmente a las fuentes móviles seguida de las fuentes de área. Los puntos de alta emisión que van de 44 a 124 toneladas se presentan en cruces de avenidas la zona centro.



Mapa 2. Distribución espacial de Xilenos (isómeros y mezcla)

Distribución Espacial de emisiones de 1,1,1-Tricloroetano

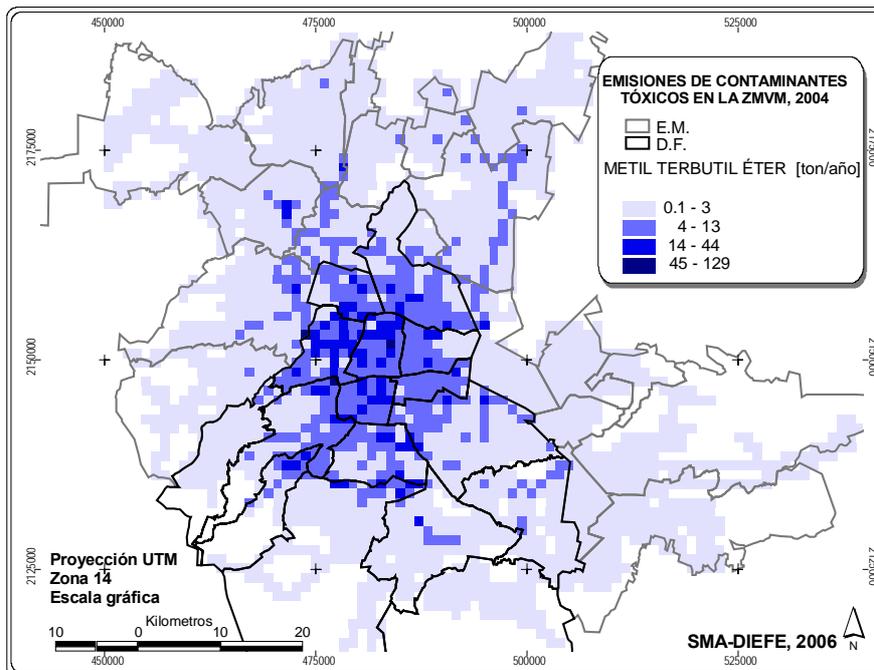
Con respecto a las emisiones de 1,1,1-Tricloroetano, se observa que estas se encuentran distribuidas prácticamente en todas las zonas de la ZMVM y esta dada por las fuentes de área, teniendo como principales actividades generadoras de este contaminante, las relacionadas con el uso de solventes y recubrimientos entre las cuales encontramos la limpieza en superficies, el recubrimiento en superficies arquitectónicas, el uso de adhesivos y selladores y el uso de pesticidas, como principales, talleres de hojalatería y pintura automotriz, entre otras.



Mapa 3. Distribución espacial de 1,1,1-Tricloroetano

Distribución Espacial de emisiones de Metil Terbutil Éter

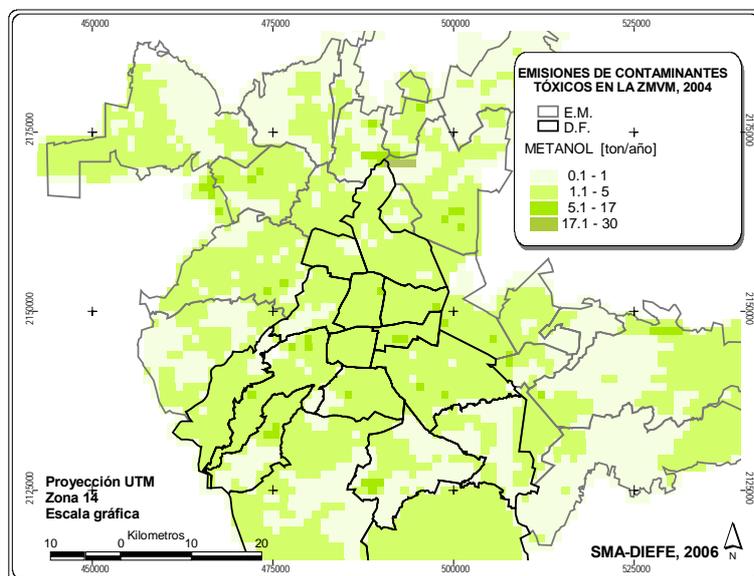
Debido a que el MTBE es utilizado en la formulación de las gasolinas en México, este contaminante es emitido principalmente por las fuentes móviles que utilizan dicho combustible, aproximadamente el 90% de las emisiones de este contaminante provienen de dichas fuentes. Lo anterior se refleja en el siguiente mapa, en el que se observa que es la zona centro la que presenta las mayores emisiones debido al intenso tráfico vehicular.



Mapa 4. Distribución espacial de Metil Terbutil Éter

Distribución Espacial de emisiones de Metanol

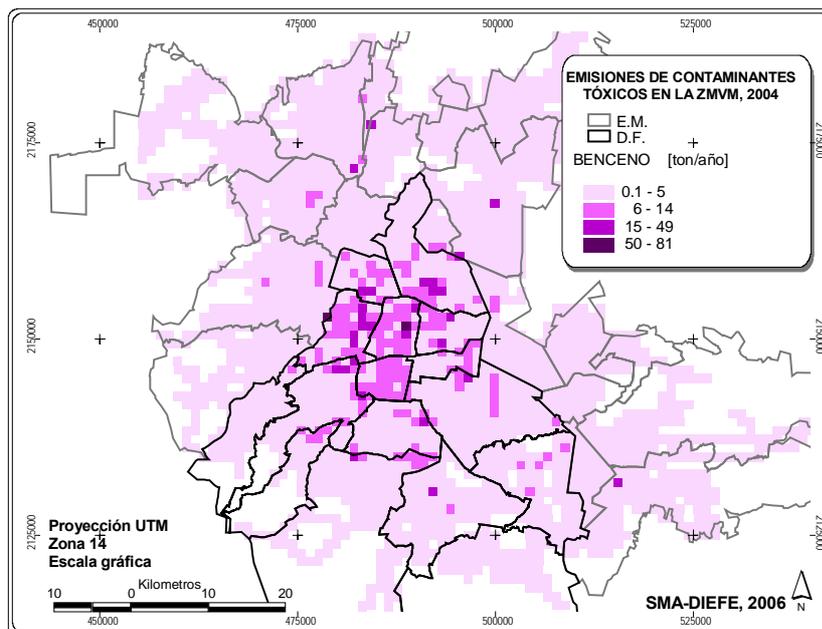
El patrón de distribución del metanol es prácticamente homogéneo en la ZMVM, como se aprecia en el mapa 5, lo cual se debe a que este contaminante tiene como principales emisoras las fuentes naturales seguido de las fuentes de área y por lo tanto, la distribución espacial de este contaminante no varía.



Mapa 5. Distribución espacial de Metanol

Distribución Espacial de emisiones de Benceno

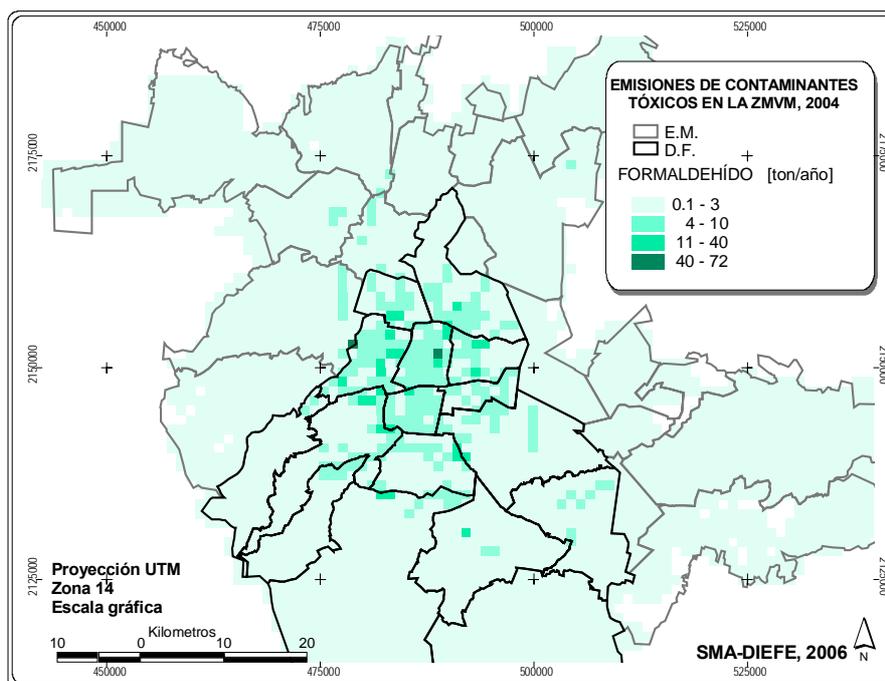
El benceno es generado en su mayoría por el transporte, el consumo de solventes y por los procesos industriales. Las altas emisiones en la zona centro son generados por la actividad vehicular. En la delegación Gustavo A. Madero existen algunas industria del ramo químico que aportan cantidades importantes y las emisiones que van de las 0.1 a 5 toneladas que se distribuyen prácticamente en toda la ZMVM son generadas por las fuentes de área.



Mapa 6. Distribución espacial de Benceno

Distribución Espacial de emisiones de Formaldehído

Del total de formaldehído emitido en la ZMVM el 88% proviene de las fuentes móviles, por lo tanto, la parte central que se caracteriza por tener una intensa circulación vial, es donde se emiten grandes cantidades de este contaminante; sin embargo, existen pequeñas zonas aisladas donde las fuentes de área son las responsable de dicha emisión.

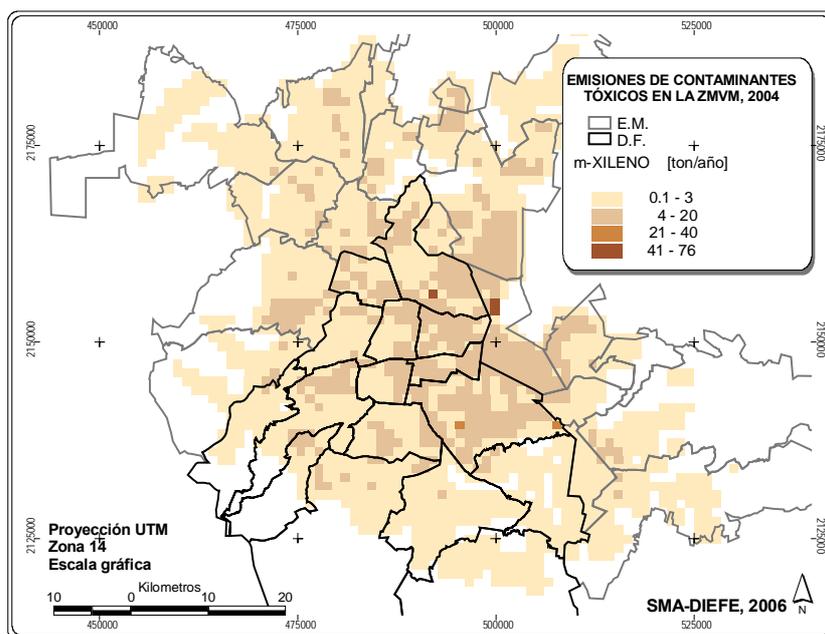


Mapa 7. Distribución espacial de Formaldehído

Distribución Espacial de emisiones de m-Xileno

El m-xileno es emitido principalmente por las fuentes de área específicamente por los rellenos sanitarios ya que más del 70% de las emisiones de estas fuentes provienen de esta actividad, pero también contribuyen de manera importante las actividades de uso de solventes y recubrimientos como la limpieza superficial, el pintado automotriz, el recubrimiento en superficies arquitectónicas entre otras.

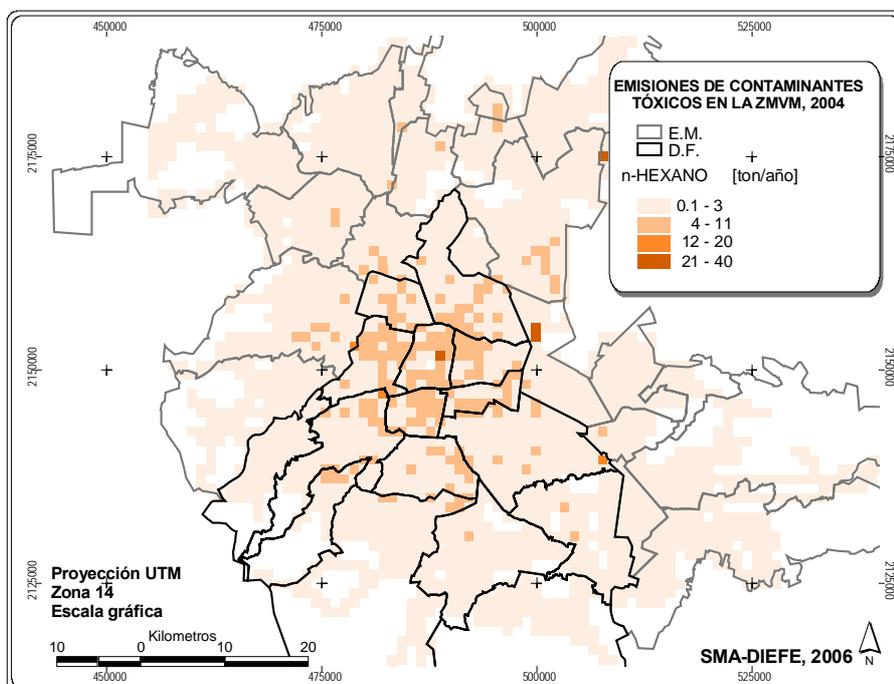
Así mismo existen industrias dispersas que contribuyen con cantidades importantes en la zona norte de la ZMVM.



Mapa 8. Distribución espacial de m-Xileno

Distribución Espacial de emisiones de n-Hexano

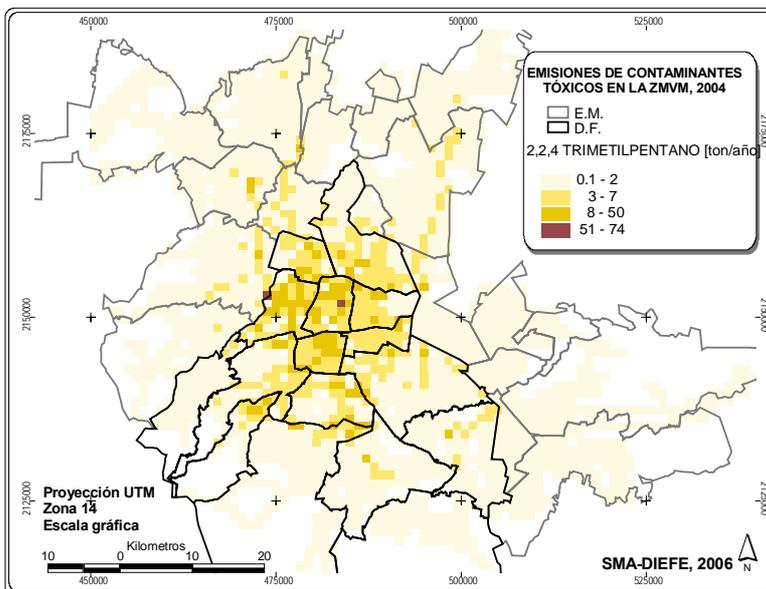
Con respecto a las emisiones del n-hexano, se tiene que las principales fuentes generadoras de este contaminante son las fuentes de área teniendo como principales actividad generadoras el lavado en seco con gas nafta, las artes gráficas y las operaciones de recubrimientos. En segundo lugar aparecen las fuentes móviles teniendo como principales aportadores los autos particulares, esto se puede apreciar en la zona centro del mapa 10, donde existe un intenso tráfico vehicular.



Mapa 9. Distribución espacial de n-Hexano

Distribución Espacial de emisiones de 2,2,4-Trimetil pentano

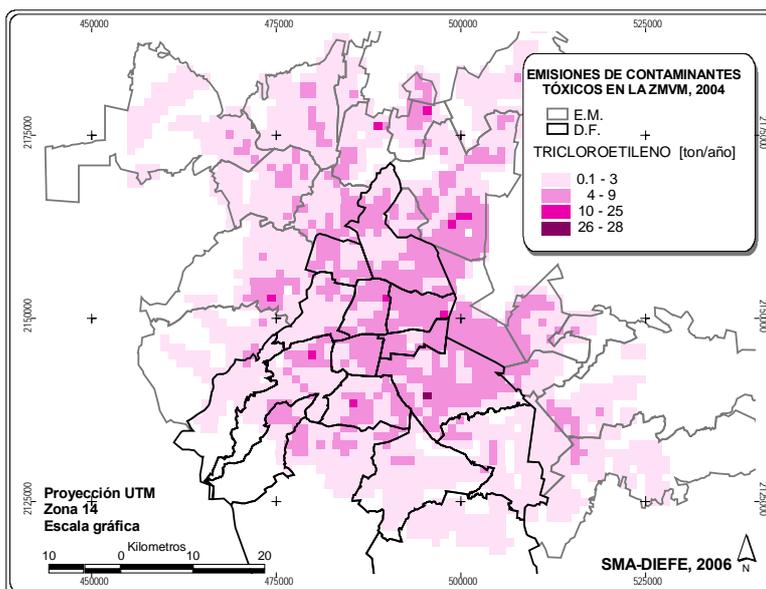
Como se puede apreciar en el mapa siguiente, para este contaminante, la zona centro es la de mas alta emisión, lo cual es causado por el intenso trafico vehicular en las vialidades de esta zona. Las fuentes de área aportan un 11% de las emisiones del 2,2,4-Trimetil pentano, teniendo como principal aportador las actividades de recubrimiento.



Mapa 10. Distribución espacial de 2,2,4-Trimetil pentano

Distribución Espacial de emisiones de Tricloroetileno

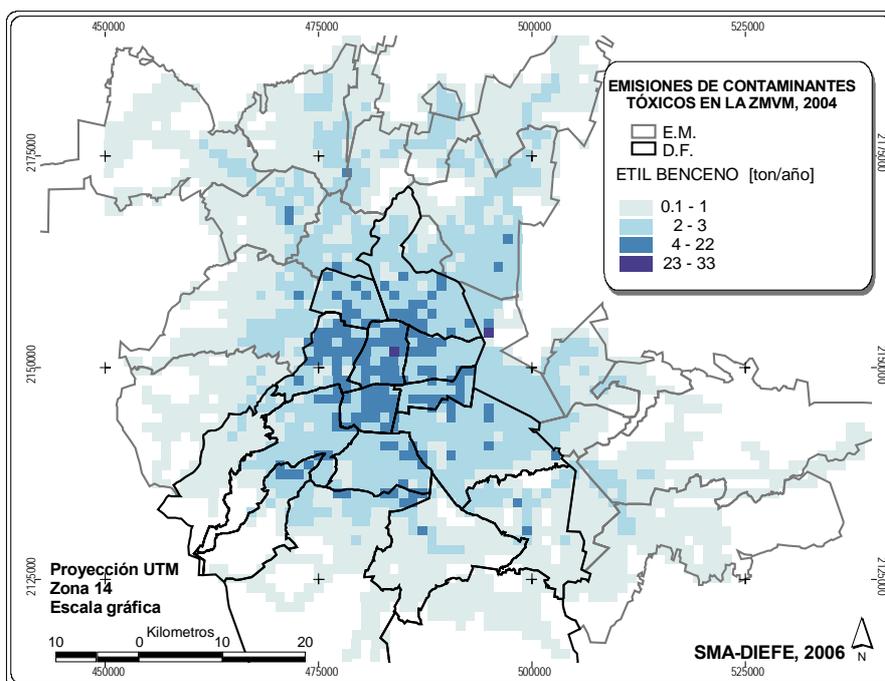
Las emisiones de Tricloroetileno, como se aprecia en el mapa 11, se encuentran distribuidas prácticamente en toda la ZMVM, debido a que están dadas por actividades relacionadas con el uso de solventes, entre las cuales encontramos la limpieza en superficies y el lavado en seco con percloroetileno.



Mapa 11. Distribución espacial de Tricloroetileno

Distribución Espacial de emisiones de Etilbenceno

Las emisiones de etilbenceno son generadas principalmente por las fuentes de área entre las cuales destacan los rellenos sanitarios y las actividades de recubrimiento superficial. En segundo lugar se encuentran las fuentes móviles específicamente los autos particulares, ya que como se aprecia, la zona de mas alta concentración para este contaminante, es la zona centro de la ZMVM, lo cual se debe al trafico vehicular.



Mapa 12. Distribución espacial de Etilbenceno

7. CONCLUSIONES

Toda la información recopilada nos proporciona la magnitud de las emisiones de contaminantes tóxicos del aire en la ZMVM, por tipo de contaminante y fuente generadora, la cual puede ser utilizada para la evaluación del impacto de estos contaminantes y su posible regulación en un futuro.

El presente inventario de contaminantes tóxicos, al igual que otros inventarios que se elaboran tiene un cierto grado de incertidumbre, el cual depende de la calidad y de la disponibilidad de la información con que se cuenta, del tratamiento de ésta y del proceso metodológico del cálculo de las emisiones, por lo tanto, basados en el aprendizaje del desarrollo de los inventarios de contaminantes criterio, se hizo un esfuerzo para aplicar adecuadamente las metodologías de cálculo disponible.

Es importante mencionar, que para calcular las emisiones del presente inventario, se tomó como base la Guía para Elaboración de Contaminantes Tóxicos del Aire de la USEPA.

Consideramos que el principal aporte de este inventario, es la cuantificación de los contaminantes tóxicos del aire que conforman los Compuestos Orgánicos y las Partículas con diámetro aerodinámico menor a 10 micrómetros, así como las principales actividades que generan dichos contaminantes, esto con la finalidad de que en un futuro se puedan realizar acciones para controlar o reducir las emisiones de los contaminantes tóxicos de mayor importancia.

De acuerdo con los resultados obtenidos podemos concluir que los esfuerzos para reducir la emisión de contaminantes tóxicos del aire deben enfocarse principalmente hacia las fuentes de área ya que estas representan cerca de un 54% de las emisiones de contaminantes tóxicos del aire en la ZMVM, derivadas principalmente de las actividades al aire libre como el recubrimiento de superficies industriales, recubrimiento de superficies arquitectónicas, limpieza en superficie industrial, uso comercial y doméstico de adhesivos y selladores, uso doméstico y comercial de pesticidas entre otras. En segundo lugar se tienen las emisiones de las fuentes móviles con el 35% del total, las cuales son generadas principalmente por el uso de automóviles particulares, lo que demuestra que es necesario usar razonablemente los vehículos que transitan en las vialidades de la ciudad de México y la zona conurbada en el Estado de México.

En cuanto a las fuentes fijas, es importante mencionar que falta incrementar la calidad de la información recabada para las diversas actividades industriales que se evalúan en el presente inventario, ya que en algunos casos no fue posible determinar la emisión de algún contaminante tóxico por la falta de información, y su aporte apenas rebasa el 7% de las emisiones de contaminantes tóxicos, teniendo como principales generadores las actividades relacionadas con el recubrimiento superficial como son: la fabricación de muebles de madera, artes gráficas, fabricación de muebles metálicos y productos químicos.

El restante 4% de los contaminantes tóxicos generados en la ZMVM se da de manera natural, originada por la vegetación y la erosión del suelo, teniendo como principal contaminante el metanol.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- SPECIATE Versión 3.1. U.S. Environmental Protection Agency, 2002.
- CEIDARS. California Emission Inventory Development and Reporting System, U.S. Environmental Protection Agency, 2002.
- PECOR, Determinación de los Perfiles de Emisión de Compuestos Orgánicos Volátiles en la ZMCM y su Aplicación en el Modelo CMB, Violeta Múgica Álvarez, México D.F., 1999.
- A Comparison of Local and National Air Toxics Emissions Estimates: Regional Importance of Selected Source Categories U.S. Environmental Protection Agency, 2004.
- CUYAHOGA County Air Toxics Emissions Inventory, U.S. Environmental Protection Agency, 2004.
- Documentation for the 1996 Base year National Toxics Inventory for Area Sources, U.S. Environmental Protection Agency, 2001.
- Pinellas County 2000 Air Toxics Emissions Inventory, U.S. Environmental Protection Agency, 2003.
- 1999 Inventory of Toxic Air Emissions Point and Area Sources, U.S. Environmental Protection Agency, 2002.
- Investigation of the Atmospheric Ozone Formation Potentials of Selected Mineral Spirits Samples, College of Engineering Center for Environmental Research and Technology University of California, 1997.
- Alaska Air Toxics Inventory, Hoefler Consulting Group, 2001.
- EIS 95 Emissions Inventory System Coding Manual, Louisiana Department of Environmental Quality v Office of Air Quality and Radiation Protection, 1997.
- Area Source Hazardous Air Pollutant Emissions in Huntsville, Alabama, Division of Natural Resources & Environmental Management, 2003.
- Airports & Aviation Hazardous Air Pollutants (HAPs), University of California Institute of Transportation Studies, 2004.
- Manuales del Programa de Inventarios de Emisiones de México, Volumen VIII – Desarrollo de Modelos para Inventarios, Asociación de Gobernadores del Oeste Denver, Colorado, Radian International, 2000.
- Hazardous Air Pollutant Emissions From On-Road Mobile Sources In Huntsville, Alabama, U.S. Environmental Protection Agency ,2004.
- Analysis of Emission Sources for Air Toxic Pollutants, Minnesota Pollution Control Agency, 1996.
- Development and Evaluation of an Air Toxics Emission Inventory in Jacksonville, Florida, Lori Tilley, Environmental Engineer, Air & Water Quality Division Regulatory and Environmental Services Department, 2000.
- Documentation for the 1996 Base Year National Toxics Inventory for Area Sources, Eastern Research Group, Inc. U.S. Environmental Protection Agency, 2001.
- Velasco y Bernabé, 2004. Emisiones biogénicas. SEMARNAT-INE. México, D.F. 93 p.
- Sanhueza, Eugenio, Holzinger, Rupert, Donoso, Loreto et al. Compuestos orgánicos volátiles en la atmósfera de la Gran Sabana. I: Concentraciones y química atmosférica. INCI en línea dic. 2001, vol. 26, no.12 [citado el 01 Agosto 2005], p.597-605. http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442001001200004&lng=es&nrm=iso. ISSN 0378-1844.
- ENVIRON, 2003. User's guide to the Global Biosphere Emissions and Interactions System (GLOBEIS) Version 3.1 ENVIRON International Corporation, Novato, California y National Center for Atmospheric Research, Boulder, Colorado

Anexo 1. Acrónimos

ZMVM	Zona Metropolitana del Valle de México
DF	Distrito Federal
EDOMEX	Estado de México
RETC	Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes
TRI	Inventario de Contaminantes tóxicos de los Estados Unidos (Toxic Release Inventori)
HAP	Contaminante Peligroso del Aire (Hazardous Airs Pollulant)
PBT	Tóxico Persistente Bioacumulable
USEPA	Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de America
COT	Compuestos Orgánicos Totales
COV	Compuestos Orgánicos Totales
PM₁₀	Partículas con diámetro aerodinámico menor a 10 micrómetros
PM_{2.5}	Partículas con diámetro aerodinámico menor a 2.5 micrómetros
DDD	Dicloro Difenil Dicloroetileno
DDE	Dicloro Difenil Dicloroetileno
DDT	Dicloro Difenil Tricloroetano
PCB	Bifenilos Policlorados
FIRE	Factor Information Retrieval
SMA	Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal
PECOR	Perfiles de Emisión de Compuestos Orgánicos Reactivos
Ton	Toneladas
Kg	Kilogramos
POM	Materia Orgánica Policíclica

Anexo 2. Listados de USEPA, RETC, HAP prioritarios, HAP urbanos y PBT

NOMBRE	EPA	HAPS PRIORITARIOS POR LA EPA	RETC	HAPS URBANOS	PERSISTENT BIOACCUMULATIVE TOXICS (PBTs)
1,1-Dicloroetileno	*				
1,1,1-Tricloroetano	*		*		
1,1,2,2-Tetracloroetano	*		*	*	
1,1,2,2-Tetracloroetileno	*	*		*	
1,1,2-Tricloro-1,2,2-Trifluoretano (CFC-113)			*		
1,1,2-Tricloroetano	*		*		
1,1-Dicloro-1-Fluoretano (HCFC-141b)			*		
1,2-Dibromo, 3-Cloropropano	*				
1,2-Dicloropropano	*	*		*	
1,2-Difenilhidracina	*				
1,2-Diclorobenceno	*		*		
1,2-Dicloroetano	*	*	*	*	
1,2-Epoxibutano	*				
1,3-Dicloropropeno	*	*		*	
1,3-Dicloro-1,1,2,2,3-Pentafluoropropano (HCFC-225cb)			*		
1,4-Diclorobenceno	*	*	*		
1,6-Diisocianato de hexametileno	*				
1-Cloro-1,1-Difluoretano (HCFC-142b)			*		
2,2,4-Trimetilpentano	*				
2,2-Dicloro-1,1,1-Trifluoroetano (HCFC-123)			*		
2,3,4,6-Tetraclorofenol			*		
2,3,7,8-Tetracloro dibenzo-p-dioxina	*	*			
2,4-Dinitrofenol	*				
2,4,5-Triclorofenol	*		*		
2,4,6-Triclorofenol	*		*		
2,4-Dinitrotolueno	*		*		
2,4-Toluendiisocianato	*				
2-Acetilaminofluoreno	*				
2-Cloro-1,1,2,2-Tetrafluoroetano (HCFC-124)			*		
2-Cloroacetofenona	*				
2-Etoxietanol (Ter Monoetilico del Etilenglicol)			*		
2-Metilaziridina	*				
2-Nitropropano	*	*	*		
3,3'-Diclorobencidina	*				
3,3-Dicloro-1,1,1,2,2-Pentafluoropropano (HCFC-225ca)			*		
3,3'-Dimetilbencidina	*				
3,3-Dimetoxibencidina	*				
3-Cloruro de alilo	*				
4-Nitrofenol	*				
4,4'-Metilen bis (2 cloroanilina)	*				
4,4'-Diclorobencilato de etilo	*				
4,4-Metilendianilina	*				
4,6-Dinitro-o-cresol	*		*		
4-Amino Difenilo	*		*		
4-Metil-1,3-Fenilendiamina	*				
4-Nitrodifenilo	*		*		
4-Nitrosomorfolina	*				
9-Clorotrifluorometano (CFC-13)			*		
Acetaldehido	*	*	*	*	
Acetamida	*				
Acetato de vinilo	*				
Acetofenona	*				
Acetonitrilo	*				
Acido 2,4-Diclorofenoxiacético	*		*		
Acido acrílico	*				
Acido acrílico etil éster	*	*			
Acido clorhídrico, anhidro	*	*			
Acido cloroetanoico	*				
Acido fluorhídrico	*				

NOMBRE	EPA	HAPS PRIORITARIOS POR LA EPA	RETC	HAPS URBANOS	PERSISTENT BIOACCUMULATIVE TOXICS (PBTs)
Acrilamida	*	*	*		
Acilonitrilo	*	*	*	*	
Acroleína	*	*	*	*	
Aldehído propiónico	*				
Aldrin ¹			*		*
Anhídrido del ácido 1,2-Bencenodicarboxílico	*				
Anhídrido maleico	*	*			
Anilina	*		*		
Antimonio (compuestos)	*				
Arsénico (compuestos)	*	*	*	*	
Arsénico inorgánicos			*		
Asbesto	*		*		
Benceno	*	*	*	*	
Bencidina	*		*		
Benzo(a)pireno					*
Benzotricloruro	*				
Berilio (compuestos)	*	*		*	
Beta-naftalina			*		
Bifenil	*		*		
Bifenilos policlorados	*		*	*	*
Bióxido de carbono			*		
Bióxido de nitrógeno			*		
Bis(2 cloroetil) éter	*				
Bis(2 etilhexil) ftalato	*	*			
Bromoclorodifluorometano (Halón 1211)			*		
Bromoformo	*		*		
Bromotrifluorometano (Halón 1301)			*		
Bromuro de metilo	*	*	*		
Bromuro de vinilo	*				
Butadieno (1,3 Butadieno)	*	*	*	*	
Cadmio			*		
Cadmio (compuestos)	*	*	*	*	
Captán	*				
Carbamato de etilo	*				
Carbarilo	*				
Catecol	*				
Cianamida cálcica	*				
Cianuro (compuestos)	*				
Cianuro inorgánicos/orgánicos			*		
Cloramben	*				
Clordano	*		*		*
Cloro	*	*			
Clorobenceno (monoclorobenceno)	*		*		
Clorodifluorometano (HCFC-22)			*		
Cloroformo	*	*	*	*	
Clorometano	*	*	*		
Clorometil metil éter	*				
Cloropentafluoroetano (CFC-115)			*		
Cloropreno	*				
Cloruro de bencilo	*	*			
Cloruro de etilo	*				
Cloruro de metileno	*	*	*	*	
Cloruro de vinilo	*	*	*	*	
Cobalto (compuestos)	*				
Cresol puro, (mezcla de isómeros)	*				
Cromo (compuestos)	*	*	*	*	
Cumeno	*				
DDD ²					*
DDE ²	*				**
DDT ²	*		*		**

NOMBRE	EPA	HAPS PRIORITARIOS POR LA EPA	RETC	HAPS URBANOS	PERSISTENT BIOACCUMULATIVE TOXICS (PBTs)
Diazometano	*				
Dibenzofuranos	*				
Dibromuro de etileno	*	*		*	
Dibutilftalato	*		*		
Diclorodifluorometano (CFC-12)			*		
Diclorotetrafluoroetano (CFC-114)			*		
Dicloruro de etilideno	*	*			
Diclorvos	*				
Dieldrin ¹			*		**
Dietanolamina	*				
Dimetil aminoazobenceno	*				
Dimetil carbamoil cloruro	*				
Dioxano (1,4-Dioxano)	*	*	*		
Dióxido de cloro			*		
Dioxinas ³			*	*	*
Di-p-fenilenisocianato de metileno	*	*			
Disulfuro de carbono	*				
Emisiones de hornos de coque	*	*		*	
Endosulfan			*		
Endrin			*		
Epiclorohidrina	*		*		
Estireno (Fenil etileno)	*		*		
Eter bis-cloro metílico	*		*		
Etil benceno	*				
Etilen glicol	*				
Etilen tiourea	*				
Etilenimina	*				
Fenol	*		*		
Fibras minerales pequeñas	*				
Formaldehído	*	*	*	*	
Fosfina	*				
Fosforo	*				
Fosgeno (licuado)	*	*			
Ftalato de dimetilo	*				
Furanos ³			*		**
Glicol eteres	*	*			
Heptacloro	*		*		
Hexacloro-1,3-Butadieno	*		*		
Hexaclorobenceno	*	*	*	*	*
Hexaclorociclopentadieno	*	*	*		
Hexacloroetano	*		*		
Hexafluoruro de azufre			*		
Hexametiltriámina fosforica	*				
Hexano	*				
Hidracina	*	*	*	*	
Hidrobromofluorocarbonos (HBFC)			*		
Hidrofluorocarbonos			*		
Hidroquinona	*				
Isoforona	*				
Lindano (HCH)	*		*		
Manganesio (compuestos)	*	*		*	
Material orgánico policíclicos (compuestos)	*	*		*	
m-Cresol	*				
Mercurio (compuestos)	*	*	*	*	*
Mercurio elemental			*		
Metano			*		
Metanol	*				
Metil etil cetona (2-Butanona)	*				
Metil isobutil cetona (Hexona)	*				

NOMBRE	EPA	HAPS PRIORITARIOS POR LA EPA	RETC	HAPS URBANOS	PERSISTENT BIOACCUMULATIVE TOXICS (PBTs)
Metil metacrilato	*				
Metil paration			*		
Metilhidrazina	*				
Metilsocianato	*				
Metoxicloro	*		*		
Mirex			*		*
m-Xileno	*				
N,N-Dimetilaminobenceno	*				
N,N-dimetilformamida	*				
N,N-dimetilhidrazina	*				
Naftaleno	*				
Níquel (Compuestos)	*	*	*	*	
Nitrobenceno	*				
Nitrosodimetilamina	*		*		
N-Nitro-N-metilurea	*				
o-Anisidin	*				
o-Cresol	*				
Octacloroestireno					*
o-Toluidina	*				
Oxido de estireno	*				
Oxido de etileno	*	*		*	
Oxido de propileno	*				
Oxido nitroso			*		
o-Xileno	*				
Paration	*				
p-Cresol	*				
Pentaclorofenol	*		*		
Pentacloronitrobenceno	*				
Perfluorocarbonos			*		
p-Fenilendiamina	*				
Piridina			*		
Plomo (compuestos)	*	*	*	*	*
Propiolactona	*				
Propoxur	*				
p-Xileno	*				
Quinoleína	*	*		*	
Quinona	*				
Radiación (incluyendo radón)	*				
Selenio (compuestos)	*				
Sulfato de dietilo	*				
Sulfato de dimetilo	*				
Sulfuro de carbonilo	*				
Sulfuro de hidrogeno			*		
Sultone 1,3-Propane	*				
Terc-butil metil eter	*				
Tetracloruro de carbono	*	*	*	*	
Tetracloruro de titanio	*				
Toluen diisocianato			*		
Tolueno	*	*			
Toxafeno	*		*		*
Tricloro benceno	*		*		
Tricloroetileno	*	*	*	*	
Triclorofluoroetano (CFC-11)			*		
Trietilamina	*				
Trifluralin	*				
Warfarina			*		
Xilenos (isomeros y mezclas)	*				
Yodometano	*				

1 Se consideran como un solo compuesto

2 Se consideran como un solo compuesto

3 Se consideran como un solo compuesto

Anexo 3. Características generales y efectos a la salud de los principales contaminantes tóxicos en la ZMVM

Tolueno

El tolueno es un líquido incoloro con olor característico, existe en forma natural en el petróleo crudo y en el árbol tolú. También se produce durante la manufactura de gasolina y de otros combustibles a partir de petróleo crudo y en la manufactura de coque a partir de carbón.

El tolueno se usa en la fabricación de pinturas, diluyentes de pinturas, barniz para las uñas, lacas, adhesivos y gomas, y en ciertos procesos de imprenta y curtido de cuero.

Exposición al tolueno

La exposición al tolueno se da al respirar aire contaminado en el área de trabajo o al inhalar los gases provenientes del escape de automóviles, al trabajar con gasolina, keroséno, aceite para calefacción, pinturas y lacas. Así mismo también se está expuesto cuando se vive cerca de sitios no controlados para residuos peligrosos que contienen productos de tolueno.

Efectos a la salud

El tolueno puede afectar al sistema nervioso. Niveles bajos o moderados pueden producir cansancio, confusión, debilidad, pérdida de la memoria, náusea, pérdida del apetito y pérdida de la audición y la vista. Estos síntomas generalmente desaparecen cuando la exposición termina.

Inhalar niveles altos de tolueno por un período breve puede hacerlo sentirse mareado o soñoliento. También puede causar pérdida del conocimiento, y hasta la muerte.

Los estudios en seres humanos y en animales generalmente indican que no produce cáncer.

La EPA ha determinado que el tolueno no puede clasificarse en base a carcinogenicidad.

Es probable que los efectos sobre la salud de niños expuestos al tolueno sean los mismos que los observados en adultos. Algunos estudios en animales sugieren que bebés o niños de corta edad pueden ser más susceptibles que los adultos.

Respirar niveles muy altos de concentración durante el embarazo puede provocar que los niños nazcan con defectos de nacimiento y retardo en la capacidad mental y el desarrollo. No se sabe si el tolueno daña al feto de una madre que está expuesta a niveles bajos de tolueno durante el embarazo.

Limites de exposición

La Administración de Salud y Seguridad Ocupacional (OSHA) ha establecido un límite de 200 partes de tolueno por millón de partes de aire en el área de trabajo (200 ppm), aceptado para 8 hs. de trabajo diario y 40 hs. Semanales

Referencias

Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. (ATSDR). 2000. Reseña Toxicológica del Tolueno (en inglés). Atlanta, GA: Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE.UU., Servicio de Salud Pública.

Benceno

El benceno es un líquido incoloro con olor dulce. Se evapora al aire rápidamente y es poco soluble en agua. Es altamente inflamable y se forma tanto de procesos naturales como de actividades humanas.

Algunas industrias usan benceno para manufacturar otras sustancias químicas que se utilizan para fabricar ciertos tipos de caucho, lubricantes, tinturas, detergentes, medicamentos y plaguicidas. Los volcanes y los incendios forestales son fuentes naturales de benceno, el cual también es un componente natural del petróleo, la gasolina y el humo de cigarrillo.

Exposición al benceno

Existen bajos niveles de benceno en el aire libre, producidos por el humo de tabaco, estaciones de servicio, el tubo de escape de vehículos motorizados y emisiones industriales. Los vapores (o gases) de productos que contienen benceno, por ejemplo pegamentos, pinturas, cera para muebles y detergentes, también pueden ser fuentes de benceno. El aire alrededor de sitios de desechos peligrosos o de estaciones de servicio puede tener niveles de benceno más altos. Así mismo se puede exponer a este compuesto trabajando en industrias que usan o manufacturan benceno.

Efectos a la salud

La Inhalación de niveles muy altos de benceno puede ser fatal ya que pueden producir somnolencia, mareo, aceleración del ritmo del corazón, dolor de cabeza, temblores, confusión y pérdida del conocimiento.

El efecto principal de la exposición prolongada al benceno es sobre la sangre. Ya que produce alteraciones en la médula de los huesos y puede producir una disminución del número de glóbulos rojos, lo que a su vez puede producir anemia. También puede producir hemorragias y puede afectar al sistema inmunitario, aumentando la probabilidad de contraer infecciones.

La exposición prolongada a niveles altos de benceno en el aire puede producir leucemia, especialmente leucemia mieloide aguda, conocida a menudo como LMA. Este es un cáncer de los órganos que producen las células de la sangre. El Departamento de Salud y Servicios Humanos (DHHS) ha determinado que el benceno es una sustancia carcinogénica reconocida. La Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) y la EPA han determinado que el benceno es carcinogénico en seres humanos.

El benceno puede afectar a los niños de la misma manera que a los adultos. No se sabe si los niños son más susceptibles que los adultos a la toxicidad del benceno.

El benceno puede pasar de la sangre de la madre al feto. En las crías de animales expuestos al benceno durante la preñez se han descrito bajo peso de nacimiento, retardo en la formación de huesos y daño de la médula de los huesos.

Limites de exposición

La Administración de Salud y Seguridad Ocupacional (OSHA) ha establecido un límite de una parte de benceno por millón de partes de aire del trabajo (1 ppm) durante una jornada diaria de 8 horas, 40 horas semanales.

Referencias

Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. (ATSDR). 2005. Reseña Toxicológica del Benceno (versión para comentario público) (en inglés). Atlanta, GA: Departamento de Salud y Servicios Humanos de los EE.UU., Servicio de Salud Pública.

Xilenos (isómeros y mezclas)

Hay tres formas de xileno en las que la posición de los grupos metilos en el anillo de benceno varía: meta-xileno, orto-xileno y para-xileno (m-, o- y p-xileno). Estas formas se conocen como isómeros. La mezcla de xileno generalmente contiene los tres isómeros y además contiene 6 a 15% de etilbenceno. También se le conoce como xilol o dimetilbenceno y es principalmente un material sintético.

El xileno es un líquido incoloro de olor dulce que se inflama fácilmente. Se encuentra naturalmente en el petróleo y en alquitrán. Las industrias químicas producen xileno a partir del petróleo. Es usado como disolvente en la imprenta y en las industrias de caucho y cuero. También se usa como agente de limpieza, diluyente de pintura y en pinturas y barnices. Pequeñas cantidades se encuentran en el combustible de aviones y en la gasolina.

Exposición al xileno

La exposición a este compuesto se da cuando se usan productos de consumo que lo contienen, por ejemplo gasolina, pintura, barniz, lacas, sustancias para prevenir corrosión y humo de cigarrillo. El xileno puede ser absorbido a través del sistema respiratorio y a través de la piel. Ingeriendo alimentos o agua contaminados con xileno, aunque los niveles en éstos son probablemente muy bajos debido a que se volatiliza fácilmente y la mayor parte se evaporará al aire en donde es degradado por la luz solar a otros compuestos menos perjudiciales en un par de días.

Así mismo se esta expuesto al trabajar en una ocupación en la que se usa xileno, por ejemplo pintor, en la industria de pinturas, tecnólogo médico, mecánico de automóviles, entre otras.

Efectos a la salud

No se han descrito efectos nocivos causados por los niveles de xileno que existen normalmente en el ambiente.

La exposición a niveles altos de xileno durante períodos prolongados puede producir dolores de cabeza, falta de coordinación muscular, mareo, confusión y alteraciones del equilibrio. La exposición breve a niveles altos también puede causar irritación de la piel, los ojos, la nariz y la garganta; dificultad para respirar; problemas pulmonares; retardo del tiempo de reacción a estímulos; dificultades de la memoria; malestar estomacal; y posiblemente alteraciones del hígado y los riñones. Niveles de xileno muy altos pueden causar pérdida del conocimiento y aun la muerte.

Tanto la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) como la EPA han declarado que la información disponible es insuficiente para determinar si el xileno es carcinogénico.

Aun no se han estudiado los efectos del xileno en niños, pero probablemente son similares a los observados en adultos. Por otro lado, aunque no hay evidencia directa, los niños pueden ser más sensibles que los adultos a la exposición por inhalación aguda porque sus vías respiratorias son más estrechas y, por lo tanto, más sensibles a sustancias que reducen el diámetro interno de estas vías. No se sabe si afecta al feto en seres humanos cuando la madre se expone a concentraciones bajas durante el embarazo.

Limites de exposición

La Administración de Salud y Seguridad Ocupacional (OSHA) ha establecido un límite de 100 partes de xileno por millón de partes de aire del trabajo (100 ppm) durante una jornada diaria de 8 horas, 40 horas semanales.

Referencias

Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. (ATSDR). 2005. Reseña Toxicológica del Xileno (versión para comentario público) (en inglés). Atlanta, GA: Departamento de Salud y Servicios Humanos de los EE.UU., Servicio de Salud Pública.

1,1,1-Tricloroetano

El 1,1,1-tricloroetano es un compuesto sintético que no ocurre naturalmente en el ambiente. También se le conoce como metilcloroformo, metiltriclorometano, triclorometilmetano y alfa-triclorometano. Esta sustancia se ha inscrito bajo los nombres registrados cloroetano y Aeroteno.

En los Estados Unidos no se manufactura 1,1,1-tricloroetano para uso doméstico a partir del primero de Enero del año 2002. Esto se debe al efecto que causa sobre la capa de ozono en las partes altas de la atmósfera. Este compuesto tuvo muchos usos industriales y domésticos tales como solvente para pegamentos y pinturas, removedor de grasa y aceite de piezas de metal y como ingrediente de productos de uso doméstico tales como removedores de manchas, pegamentos y aerosoles.

La mayoría del 1,1,1-tricloroetano liberado al medio ambiente entra al aire, donde puede permanecer por aproximadamente 6 años. Una vez en el aire, este compuesto puede llegar a la capa de ozono. Allí, la luz solar puede degradarlo a sustancias que pueden reducir la capa de ozono.

Exposición al 1,1,1-tricloroetano

Ya que el 1,1,1-tricloroetano se usaba frecuentemente en productos de uso doméstico y de oficina, es probable que la exposición a niveles más altos se dieran en el interior de edificios y casas que en el exterior o cerca de sitios de desperdicios peligrosos. Sin embargo, se espera que desde el año 2002 esta sustancia no se use comúnmente.

Así mismo se puede exponer a este compuesto en el ambiente de trabajo si se usan productos para desengrasar metales, pinturas, pegamentos y productos de limpieza que lo contienen.

Efectos a la salud

Si se respira brevemente aire con niveles altos de concentración de 1,1,1-tricloroetano pueden producirse sensaciones de mareo, y se puede perder la capacidad de controlar los movimientos. Estos efectos desaparecen rápidamente una vez que se deja de respirar el aire contaminado. Niveles aun más altos, pueden provocar la pérdida del conocimiento, y reducir la presión sanguínea provocando que el corazón dejara de latir. No se sabe si respirar niveles bajos de este compuesto por un tiempo prolongado puede causar efectos adversos a la salud. Estudios con animales demuestran que respirar aire contaminado con niveles altos daña las vías respiratorias y causa efectos leves en el hígado y afecta el sistema nervioso. El 1,1,1-tricloroetano puede causar irritación de la piel si se tiene contacto directo con esta sustancia.

La información disponible no indica que el 1,1,1-tricloroetano cause cáncer. La Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) y la EPA han determinado que no es clasificable en cuanto a su carcinogenicidad en seres humanos.

Es probable que los niños que se expongan a grandes cantidades de 1,1,1-tricloroetano sufran efectos similares a los observados en adultos. Estudios en animales han demostrado que puede pasar de la sangre de la madre al feto. Las crías de ratones expuestas a niveles altos durante la preñez se desarrollaron más lentamente que lo normal y tuvieron problemas de comportamiento. Sin embargo, no se ha demostrado que los mismos efectos pueden ocurrir en seres humanos.

Limites de exposición

La Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA) ha establecido un límite de 350 partes de 1,1,1-tricloroetano por 1 millón de partes de aire (350 ppm) en el ambiente de trabajo.

Referencias

Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR). 2004. Reseña Toxicológica del 1,1,1-Tricloroetano (versión para comentario público) (en inglés). Atlanta, GA: Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE.UU., Servicio de Salud Pública.

Metil Terbutil Éter

El Metil Terbutil Éter (MTBE) es un líquido inflamable de olor característico desagradable. Se fabrica combinando sustancias químicas como isobutileno y metanol, y se ha usado desde los 80's como aditivo para lograr una mejor combustión de la gasolina sin plomo. El MTBE se usa también para disolver cálculos biliares. En estos pacientes, el MTBE se hace llegar directamente a los cálculos a través de tubos especiales insertados por medio de cirugía.

El MTBE se evapora rápidamente de recipientes abiertos y de aguas superficiales, por lo que ocurre generalmente como vapor en el aire.

Exposición al MTBE

Se puede estar expuesto al MTBE por contacto de la piel o respirando aire contaminado cuando se llena el tanque con gasolina. Respirando gases del tubo de escape de los automóviles. Respirando aire cerca de carreteras o en centros urbanos. Recibiendo tratamiento para cálculos biliares.

Efectos a la Salud

Respirar pequeñas cantidades de MTBE por períodos cortos puede causar irritación a la nariz y la garganta. Ciertas personas que se han expuesto al MTBE al llenar el tanque de gasolina, o de los gases de automóviles o trabajando en gasolineras han experimentado dolores de cabeza, náusea, mareo y confusión mental. Sin embargo, los niveles de exposición efectivos en estos casos no se conocen. Más aun, estos síntomas pueden haber sido causados por exposición a otros productos químicos.

No hay ninguna evidencia de que el MTBE produzca cáncer en seres humanos.

Limites de Exposición

La Conferencia Americana de Sanitarios Industriales de Gobierno (ACGIH) recomienda un límite de exposición de 40 partes de MTBE por millón de partes de aire (40 ppm) durante jornadas de 8 horas diarias, 40 horas semanales.

Referencias

Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. (ATSDR). 1996. *Reseña Toxicológica del Éter Metil tert-Butílico* (en inglés). Atlanta, GA: Departamento de Salud y Servicios Humanos de los EE.UU., Servicio de Salud Pública

Metanol

El compuesto químico metanol (también conocido como alcohol metílico o alcohol de madera) es el alcohol más sencillo. Es un líquido ligero, incoloro, inflamable y tóxico que se emplea como anticongelante, disolvente y combustible.

El metanol tiene varios usos. Es un disolvente industrial y se emplea como materia prima en la fabricación de formaldehído. El metanol también se emplea como anticongelante en vehículos, disolvente de tintas, tintes, resinas y adhesivos. El metanol puede ser también añadido al etanol para hacer que éste no sea apto para el consumo.

Exposición al Metanol

A elevadas concentraciones, el metanol puede causar dolores de cabeza, mareos, náuseas, vómitos y la muerte. Una exposición aguda puede causar ceguera. Una exposición crónica puede ser causa de daños al hígado.

El metanol hoy en día ha sido desarrollado para apoyar la tecnología como la telefonía, computación y más, se han diseñado bastantes métodos para utilizarlo para que se vaya desarrollando en los seres humanos y su entorno social.

Efectos a la salud

Una intoxicación aguda, ya sea por ingestión, inhalación o absorción cutánea, puede presentar los siguientes síntomas, dependiendo de su intensidad: Ligeramente) Fatiga, dolor de cabeza, náuseas y, después de un período de latencia, visión borrosa temporal; Moderadamente) Severo dolor de cabeza, desvanecimiento, náuseas, vómitos y depresión del sistema nervioso central. La visión se puede afectar de manera temporal o permanente después de 2 a 6 días; Severamente) Los síntomas descritos anteriormente progresan hacia la aparición de respiración rápida y superficial por la acidosis, también aparecen cianosis, coma, caída de la presión arterial, dilatación de las pupilas. La muerte por insuficiencia respiratoria ocurre aproximadamente en el 25% de los casos.

En una intoxicación crónica por inhalación, el defecto en la visión puede ser el primer síntoma de intoxicación; éste comienza con la aparición de visión ligeramente borrosa que progresa hasta la disminución de los campos visuales y en ocasiones a la ceguera completa. También puede producirse daño a los riñones y el hígado.

Limites de Exposición

Para los efectos de la estimación del grado de riesgo sanitario del metanol, se establece que la concentración máxima permitida en el aire para un periodo de 8 horas es de 200 partes por millón (ppm) y una concentración de 800 partes por millón (ppm), que no debe excederse en ningún periodo de trabajo de 15 minutos

Referencias

<http://www2.udec.cl/sqrt/fich/METANOL.html#INFORMACIÓN>
<http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/053ssa13.html>

Formaldehído

A temperatura ambiente, el formaldehído es un gas inflamable incoloro de olor penetrante característico. Se le conoce también como metanal, óxido de metileno, metaldehído, y oxometano. Pequeñas cantidades de formaldehído son producidas en forma natural en el cuerpo. Se usa en la producción de abonos, papel, madera contrachapada y resinas de urea-formaldehído. También se usa como preservativo en ciertos alimentos y en una variedad de productos del hogar, tales como antisépticos, medicamentos y cosméticos. La mayor parte del formaldehído en el aire se degrada durante el día.

Exposición al Formaldehído

La ruta de exposición más común es respirándolo, lo que probablemente causará irritación de la nariz y los ojos (quemazón, comezón, lagrimeo y dolor de garganta) en niños al igual que en adultos.

El smog es una de las principales fuentes de exposición a formaldehído. Cigarrillos y otros productos de tabaco, cocinas y hornos a gas y chimeneas abiertas al aire son fuentes de exposición a formaldehído. Se usa en muchas industrias y en hospitales y laboratorios. El formaldehído es liberado como gas en la manufactura de productos de madera. La cantidad de formaldehído en alimentos es muy pequeña.

Efectos a la salud

Niveles bajos de formaldehído pueden producir irritación a la piel, los ojos, la nariz y la garganta. Gente que sufre de asma es probablemente más susceptible a los efectos de inhalación de formaldehído. Beber grandes cantidades de formaldehído puede causar profundo dolor, vómitos, coma, y posiblemente la muerte.

Algunos estudios en seres humanos expuestos a formaldehído en el aire del trabajo observaron más casos de cáncer de la nariz y la garganta que lo esperado, sin embargo otros estudios no han confirmado estos resultados. Sin embargo el Departamento de Salud y Servicios Humanos (DHHS) ha determinado que es razonable predecir que el formaldehído es carcinogénico.

Límites de exposición

La Administración de Salud y Seguridad Ocupacional (OSHA) ha establecido un límite permisible de 0.75 partes de formaldehído por cada millón de partes de aire (0.75 ppm) durante una jornada diaria de 8 horas durante una jornada semanal de 40 horas.

El Instituto Nacional de Seguridad Ocupacional y Salud (NIOSH) recomienda un límite de exposición de 0.016 ppm.

Referencias

Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. (ATSDR). 1999. Reseña Toxicológica del Formaldehído (en inglés). Atlanta, GA: Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE.UU., Servicio de Salud Pública.

m-Xileno

Léase lo descrito para los Xilenos (Isómeros y mezclas)

n-Hexano

El n-hexano es una sustancia química manufacturada del petróleo crudo, en su forma pura es un líquido incoloro de olor levemente desagradable. Es sumamente inflamable y sus vapores pueden explotar. Los laboratorios usan n-hexano puro. La mayor parte de este compuesto que es usado en industria se mezcla con sustancias químicas similares llamadas solventes. El uso principal de los solventes que contienen n-hexano es en la extracción de aceites vegetales de cosechas tales como aceite de soya. Estos solventes también se usan como agentes para limpiar en imprentas, en industrias textiles, de muebles y de calzado. Ciertos tipos de pegamentos especiales usados en industrias de techado y de zapatos y cueros también contienen n-hexano. Varios productos de consumo tales como gasolina, pegamentos de secado rápido usados en varias actividades y cemento para pegar contienen n-hexano.

Exposición al n-hexano

La manera más probable de exponerse es respirando aire contaminado con n-hexano. Se puede estar expuesto si se usan productos que contienen este compuesto en el trabajo. Ya que ocurre en gasolina, casi todo el mundo está expuesto a muy pequeñas cantidades de n-hexano en el aire. Puede haber exposición en el hogar si se usan productos que lo contengan y que no se tenga una ventilación adecuada.

Efectos a la salud

La única gente que se sabe ha sido afectada por el n-hexano lo usó en el trabajo. Respirar grandes cantidades produce adormecimiento de los pies y las manos, seguido de debilidad muscular en las piernas y los pies. La exposición continua causó parálisis de los brazos y piernas, sin embargo, removidos de la exposición, los trabajadores se recuperaron dentro de 6 meses a un año.

En estudios de laboratorio, los animales expuestos a altos niveles de n-hexano en el aire manifestaron señas de lesiones a los nervios. En otros estudios, los animales expuestos a niveles muy altos sufrieron daño en los pulmones y en las células que producen espermatozoides. No hay ninguna evidencia de que el n-hexano produzca cáncer en seres humanos o en animales.

Límites de exposición

La Administración de Salud y Seguridad Ocupacional (OSHA) ha establecido un límite permisible de 500 partes de nhexano por cada millón de partes de aire (500 ppm) en el trabajo.

El Instituto Nacional de Seguridad Ocupacional y Salud (NIOSH) recomienda un límite de exposición máximo de 50 ppm en el aire del trabajo.

Referencias

Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. (ATSDR). 1999. Reseña Toxicológica del n-Hexano (en inglés). Atlanta, GA: Departamento de Salud y Servicios Humanos de los EE.UU., Servicio de Salud Pública.,2,4-Trimetil pentano

El 2,2,4 trimetil pentano es un líquido incoloro, de olor característico, el vapor es más denso que el aire y puede extenderse a ras del suelo; su calentamiento intenso puede originar combustión violenta o explosión ya que reacciona con oxidantes fuertes.

Haciendo reaccionar el isobuteno con el isobutano, nos da el 2, 2, 4 trimetilpentano o isooctano, que es un hidrocarburo altamente ramificado que se usa como referencia en la determinación del octanaje de las gasolinas.

Exposición al 2,2,4-trimetil pentano

La sustancia se puede absorber por inhalación y por ingestión. Por la evaporación de esta sustancia a 20°C se puede alcanzar rápidamente una concentración nociva en el aire, pero no puede indicarse la velocidad a la que se alcanza esta concentración.

Efectos a la salud

El 2,2,4-trimetil pentano irrita los ojos, la piel y el tracto respiratorio, además puede tener efectos sobre los riñones y posiblemente el hígado. La exposición a altas concentraciones puede producir pérdida de conocimiento y puede aun producir la muerte.

El contacto prolongado o repetido con la piel puede producir dermatitis. El líquido desengrasa la piel. La sustancia puede tener efectos sobre los riñones y posiblemente el hígado.

Límites de exposición

No establecida

Referencia

<http://www.mtas.es/insht/ipcsnspn/nspn0496.htm>

Tricloroetileno

El tricloroetileno (TCE) es un líquido incoloro, no inflamable, de aroma más bien dulce y sabor dulce ardiente. Se usa principalmente como solvente para remover grasa de partes metálicas, aunque también es un ingrediente en adhesivos, líquidos para remover pintura y para corregir escritura a máquina y desmanchadores.

El TCE no ocurre en forma natural en el medio ambiente. Sin embargo, se ha encontrado en fuentes de aguas subterráneas y aguas superficiales como consecuencia de su manufactura, uso y disposición.

Se evapora rápidamente de aguas superficiales, de manera que se encuentra corrientemente como vapor en el aire.

Exposición al TCE

Se esta expuesto a este contaminante al respirar aire en o alrededor de viviendas que han sido contaminadas con vapores de TCE provenientes del agua de ducha o de productos caseros como desmanchadores y líquido para corregir escritura a máquina.

Por contacto con tierra contaminada con TCE, como puede ocurrir cerca de sitios donde se desechan sustancias peligrosas. Por contacto de la piel o respirando aire contaminado durante la manufactura de TCE o usándolo en el trabajo para remover pintura o grasa de la piel o de herramientas.

Efectos a la salud

Respirar pequeñas cantidades puede producir dolores de cabeza, irritación al pulmón, mareo, falta de coordinación y dificultad para concentrarse. Respirar grandes cantidades de TCE puede alterar la función del corazón, causar pérdida del conocimiento y la muerte. Su inhalación por períodos largos puede dañar el sistema nervioso, los riñones y el hígado. El contacto de la piel con TCE por corto tiempo puede causar salpullido.

Algunos estudios en seres humanos expuestos por largo tiempo a altos niveles de TCE en el agua potable o en el aire del trabajo han demostrado aumento en tasas de cáncer. No obstante, estos resultados no son conclusivos ya que el cáncer pudo haber sido causado por otros productos químicos.

La Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) ha determinado que el TCE es probablemente carcinogénico en seres humanos.

Límites de exposición

La Administración de Salud y Seguridad Ocupacional (OSHA) ha establecido un límite de exposición de 100 partes de TCE por cada millón de partes de aire (100 ppm) en el trabajo durante una jornada de 8 horas diarias, 40 horas semanales.

Referencias

Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. (ATSDR). 1997. Reseña Toxicológica del Tricloroetileno (edición actualizada)(en inglés). Atlanta, GA: Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE.UU., Servicio de Salud Pública.

Etilbenceno

El etilbenceno es un líquido inflamable, incoloro, de olor similar a la gasolina. Se le encuentra en productos naturales tal como carbón y petróleo, como también en productos de manufactura como tinturas, insecticidas y pinturas. Se utiliza principalmente para fabricar otro producto químico, estireno. Otros usos lo incluyen como solvente, en combustibles, y en la manufactura de otros productos químicos.

En el aire, el etilbenceno se demora aproximadamente 3 días en degradarse a otros productos químicos.

Exposición al etilbenceno

La forma más directa de exponerse a este compuesto se da al respirar aire que lo contenga, especialmente en áreas cerca de fábricas o carreteras.

Así mismo se esta expuesto cuando se trabaja en una industria donde se usa o manufactura etilbenceno y/o al usar productos que lo contienen, tales como gasolina, pegamentos para tapices (o alfombras), barnices y pinturas.

Efectos a la salud

Hay poca información acerca de los efectos del etilbenceno sobre la salud de seres humanos. En gente expuesta a altos niveles en el aire, la información disponible describe mareo, irritación a la garganta y los ojos, opresión en el pecho, y una sensación de ardor en los ojos. Estudios en animales han descrito efectos sobre el sistema nervioso, el hígado, los riñones y los ojos al respirar etilbenceno en el aire.

No hay ningún estudio que haya demostrado que exposición al etilbenceno produzca cáncer en seres humanos.

La EPA ha determinado que el etilbenceno no se puede clasificar en relación a carcinogenicidad en seres humanos.

Límites de exposición

La Administración de Salud y Seguridad Ocupacional (OSHA) ha establecido un límite ocupacional de exposición de 100 partes de etilbenceno por cada millón de partes de aire (100 ppm) en el trabajo durante una jornada de 8 horas diarias, 40 horas semanales.

Referencias

Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. (ATSDR). 1999. Reseña Toxicológica del Etilbenceno (en inglés). Atlanta, GA: Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE.UU., Servicio de Salud Pública.

El inventario de contaminantes tóxicos de la ZMVM, presenta en este primer documento un análisis de las actividades generadoras de contaminantes tóxicos, así como de los principales contaminantes emitidos.

La importancia de este inventario se basa en los efectos a la salud pública que pueden ocasionar algunos contaminantes tóxicos, como pueden ser, una gripa recurrente, problemas de asma y en casos más severos cáncer.

Así mismo, este inventario pretende ser la plataforma para la elaboración de futuros estudios dirigidos hacia estos contaminantes, que sirvan de herramienta para la toma de decisiones en la aplicación de medidas para mejorar la calidad del aire de la ZMVM, protegiendo con esto la salud de sus habitantes.