

4.4 FUENTES NATURALES

Las fuentes naturales emiten contaminantes a la atmósfera generados por procesos bióticos y abióticos, dentro de ellos se puede mencionar a las biogénicas, las geogénicas y la iluminación. Se debe incluir a las fuentes biogénicas en un inventario de emisiones, debido a que generan emisiones de COV y NOx y estos contaminantes son precursores de ozono.

4.4.1 Vegetación y suelos

La vegetación tiene una influencia positiva en el medio en el que vivimos, ya que además de crear un ambiente estético favorable, por medio de sus procesos metabólicos normales también genera oxígeno¹ y contribuye a mejorar la calidad del aire, sin embargo, a pesar de éstos beneficios, también libera hidrocarburos (principalmente compuestos orgánicos volátiles tales como el isopreno y los terpenos), que junto con los óxidos de nitrógeno que se generan en el suelo por el proceso de nitrificación-desnitrificación de la materia orgánica, son precursores de ozono.

La importancia de cuantificar estas emisiones, radica en determinar el grado de participación en la formación del ozono y enfocar las campañas de reforestación mediante la selección de las especies aptas para la región y que generen compuestos orgánicos volátiles menos reactivos.

De los 3,565 km² de superficie que comprende la Zona Metropolitana del Valle de México, los principales usos de suelo se distribuyen de la siguiente manera: 41% es de uso agrícola, 34% es urbano y el 24% son suelos de uso forestal (ver tabla 4.4.1 y mapa 4.4.1).

¹ En una hectárea arbolada se produce al día, el oxígeno suficiente para 52 personas (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, 1993).

Tabla 4.4.1 Uso de suelo en la Zona Metropolitana del Valle de México

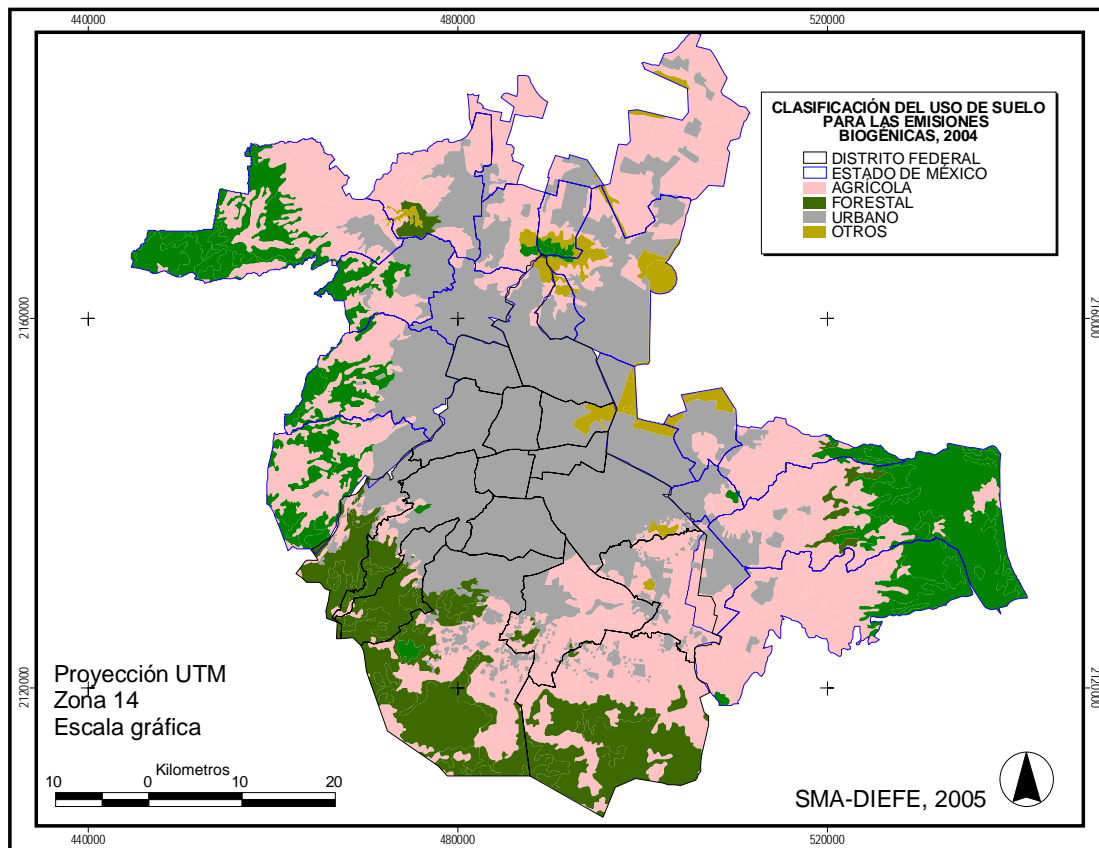
Uso de suelo	Distrito Federal		Estado de México*		ZMVM	
	[Km ²]	%	[Km ²]	%	[Km ²]	%
Agrícola	446	13	1,008	28	1454	41
Forestal	392	11	459	13	851	24
Urbano	638	18	565	16	1203	34
Otros	7	N/S	50	1	57	1
Total	1,483	42	2,082	58	3,565	100

Fuente: Elaborada con información del Inventario Nacional Forestal, 2000.

Nota: El uso de suelo "Otros" incluye a los cuerpos de agua, matorral y áreas sin vegetación aparente.

Solo incluye los 18 municipios conurbados

N/S = No significativo



Fuente: Elaborado con información del Inventario Nacional Forestal, 2000

Mapa 4.4.1 Uso de Suelo y vegetación de la ZMVM

El cálculo de las emisiones biogénicas se desarrolló con base en la metodología descrita en el Programa de Inventario de Emisiones para México, Manual VII "Desarrollo del Inventario de Fuentes Naturales" (ERG, 2002²), utilizando el modelo GloBEIS³, por sus siglas en inglés (Global Biosphere Emissions and Interaction System).

² Eastern Research Group, Inc.

³ Recomendado por Eastern Research Group, Inc. (2002), en el documento de "Evaluación del Inventario de emisiones de la ZMVM, 1998".

Para la estimación de emisiones se requirió recabar tres tipos de información:

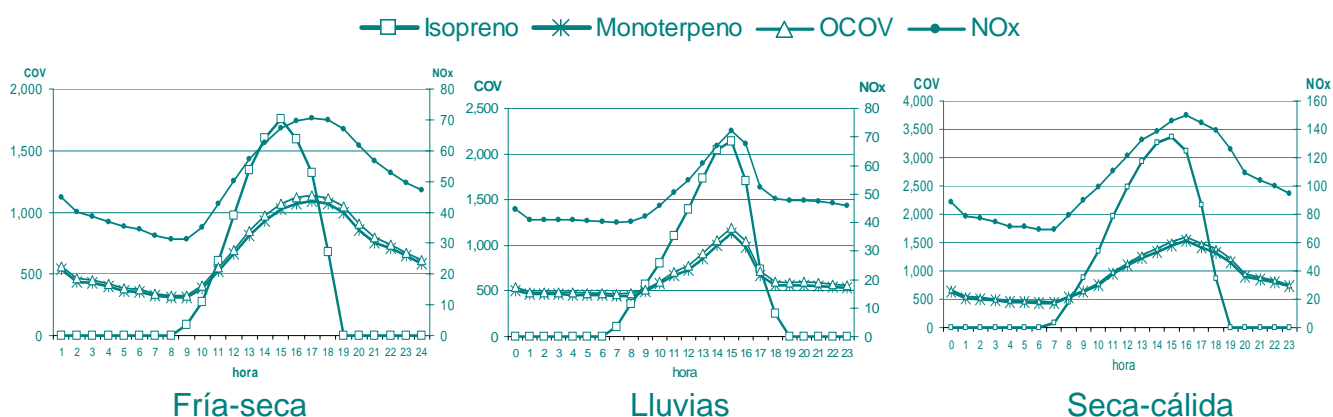
1.- Uso de suelo. Se definió el área de estudio o dominio en Km² y se clasificó el uso del suelo en: *forestal, urbano, agrícola y otros*. Así mismo, se distribuyeron las superficies de cada uso de suelo por especie vegetal dominante, de acuerdo a la clasificación que incluye el GloBEIS.

2.- Meteorología. Se utilizaron datos horarios de temperatura y radiación para la actividad fotosintética, “PAR”⁴ del día representativo de cada temporada climatológica de la ZMVM: seca fría (febrero 10), seca cálida (mayo 21) y lluvias (junio 25).

3.- Factores de emisión. Se utilizaron los factores por especie vegetal o categoría provenientes del GloBEIS.

Emisiones horarias de la vegetación y suelos

En la Zona Metropolitana del Valle de México, diariamente se emiten más 65 toneladas de COV generados por la vegetación y poco más de 2 toneladas de óxidos de nitrógeno, como resultado de los procesos bioquímicos del suelo. Con el fin de mostrar la distribución horaria de las emisiones, la gráfica 4.4.1 muestra las emisiones correspondientes al día representativo de cada temporada⁵.



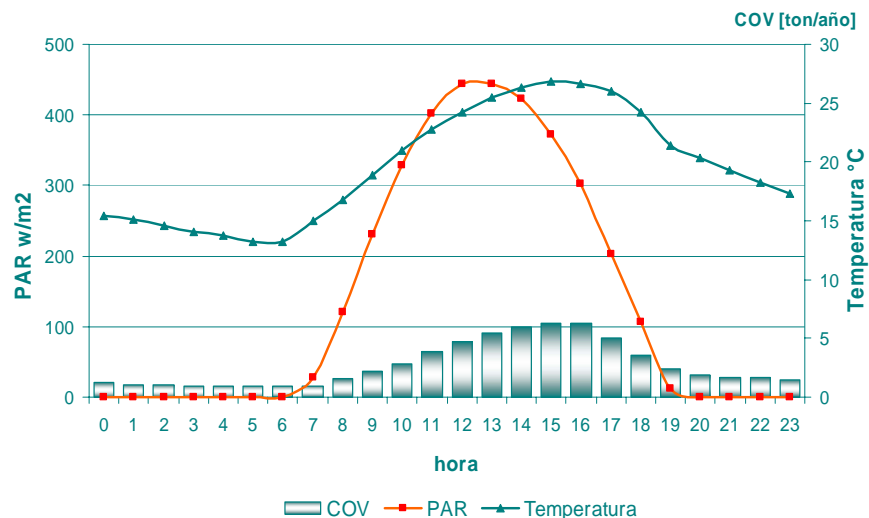
Gráfica 4.4.1 Emisiones biogénicas horarias [kg/hr]

En forma general, las emisiones de COV y NOx siguen un comportamiento similar al de la temperatura a través del día. Las emisiones de isopreno están más relacionadas al incremento de la radiación, sin embargo, los picos de las emisiones no siempre coinciden con los valores más altos de esta variable. Algunos autores sugieren que este comportamiento se debe a que la producción de dicho hidrocarburo, es para aumentar la tolerancia térmica de la planta y que existe cierto límite de radiación que puede soportar la hoja, después del cual, ésta sufre cierto daño y deja de incrementar sus emisiones (Sharkey y Singaas, 1995; en Benjamín, *et al*, 1995).

4 La radiación solar en la parte del espectro visible de 400 a 700 nm es conocida como PAR y la fracción de onda corta (de 200 a 400 nm) es la utilizada para la fotosíntesis de las plantas (Pinker *et al.*, 1992 en Kirk Baker, 2001).

5 Ver selección de días de la memoria de cálculo

Los COV presentan las mayores emisiones en horas de elevada radiación o temperatura, los valores más altos oscilan entre las 13:00 y 16:00 horas del día (Gráfica 4.4.2). Es conveniente aclarar que las temperaturas mayores, no siempre corresponden a las horas de mayor radiación, ya que la temperatura también se ve influenciada por otras variables ambientales como la humedad y el viento de la zona, por mencionar algunas.



Gráfica 4.4.2 Temperatura, PAR y COV de la ZMVM

Emisiones anuales de la vegetación y suelos por entidad

Distrito Federal

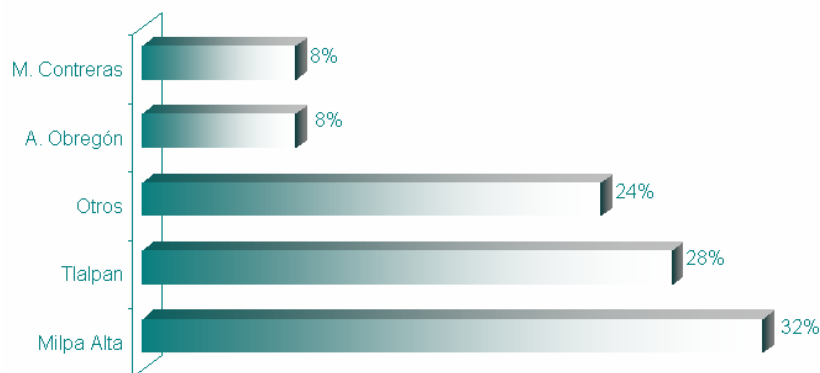
De las 7,158 toneladas anuales de COV biogénicos que se emiten en el Distrito Federal, el principal contaminante es el monoterpeno con 3,126 toneladas anuales, lo cual representa el 44% de las emisiones de hidrocarburos en esta entidad, siguen en orden de importancia, los otros compuestos orgánicos volátiles (OCOV: metanol, etanol, ácido acético, aldehído, formaldehído, entre otros) contribuyendo con 3,002 toneladas anuales, los cuales representan el 42%.

Tabla 4.4.2 Emisiones biogénicas del Distrito Federal

Temporada	Emisiones [ton/año]				
	Isopreno	Monoterpeno	OCOV	Total COV	NOx
Seca-Fría	235	949	914	2,098	53
Lluvias	403	1,223	1,173	2,799	147
Seca-cálida	392	954	915	2,261	150
Total	1,030	3,126	3,002	7,158	350

Total de COV = COT

Del total de COV que se generan en el Distrito Federal, aproximadamente el 60% se generan en las delegaciones de Tlalpan y Milpa Alta, el compuesto más abundante que se emite es el monoterpeno (Gráfica 4.4.3), generado principalmente por especies forestales como el pino; otras delegaciones que siguen en importancia de emisión son, La Magdalena Contreras y Álvaro Obregón, que en conjunto, contribuyen con un 16% a las emisiones de COV.



Gráfica 4.4.3 Principales delegaciones generadoras de COV biogénicos

Estado de México

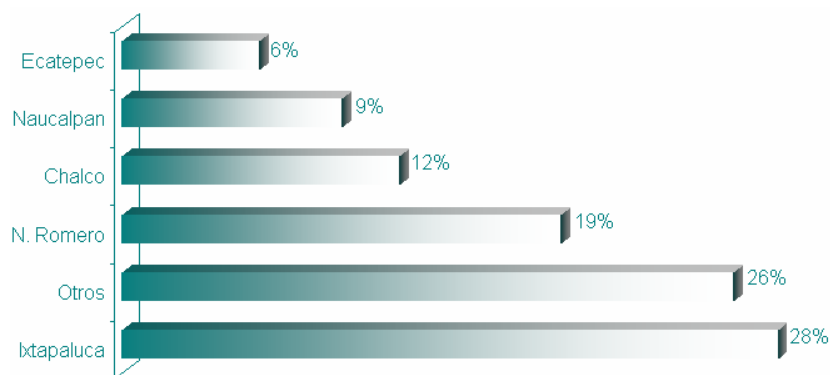
Las emisiones de COV generadas en el Estado de México se estima en 10,448 toneladas anuales, las principales emisiones corresponden al isopreno con 4,281 ton/año y otros compuestos orgánicos volátiles (OCOV) con 3,299 ton/año, éstos representan el 41% y el 32% del total de COV respectivamente.

Tabla 4.4.3 Emisiones biogénicas del Estado de México

Temporada	Emisiones [ton/año]				
	Isopreno	Monoterpeno	OCOV	Total COV	NOx
Seca-Fría	989	918	1,047	2,954	88
Lluvias	1,575	1,008	1,187	3,770	108
Seca-cálida	1,717	942	1,065	3,724	80
Total	4,281	2,868	3,299	10,448	276

Total de COV = COT

Las mayores emisiones se tienen en el municipio de Ixtapaluca (28%) y se generan principalmente en las áreas forestales. Otros municipios que son importantes por sus emisiones son: Nicolás Romero y Chalco, los cuales en conjunto contribuyen con el 31% del las emisiones, que son generadas principalmente en sus áreas de pino y encino (Gráfica 4.1.4)



Gráfica 4.4.4 Principales municipios generadores de COV biogénicos

Zona Metropolitana del Valle de México

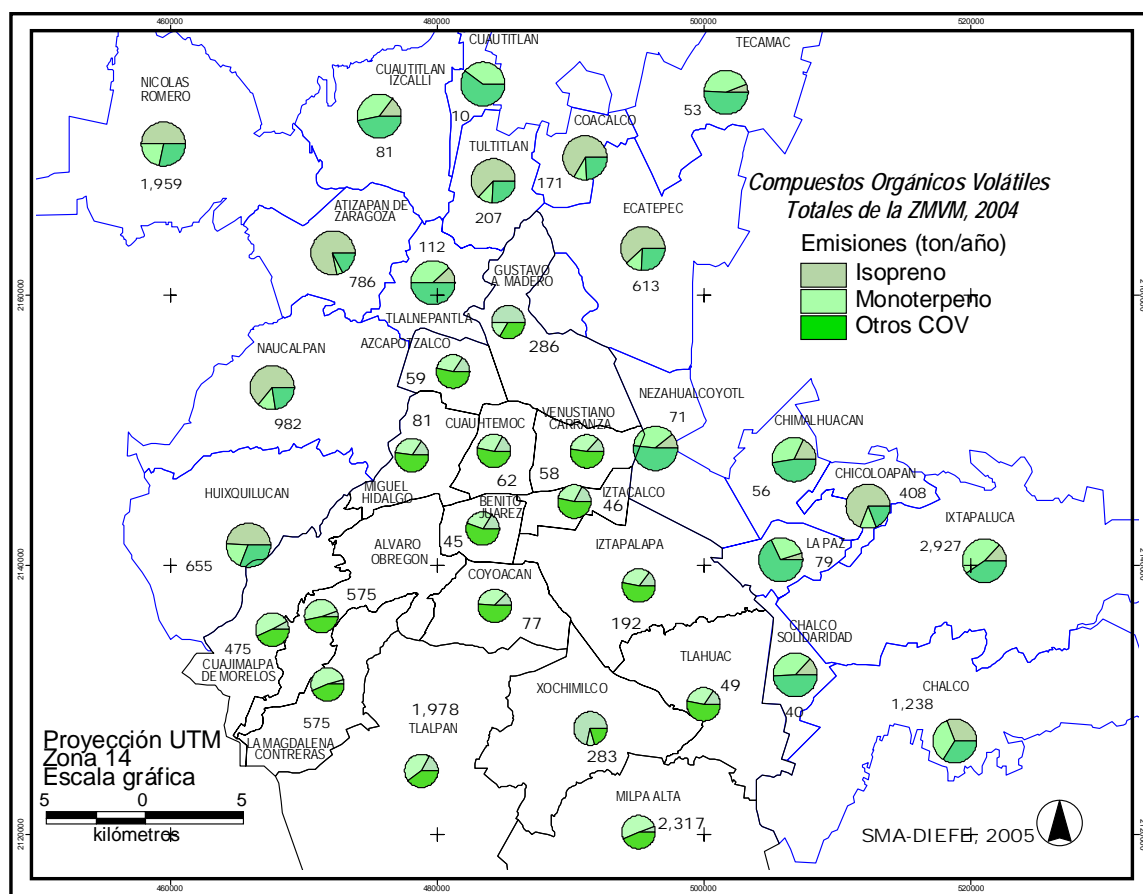
Las emisiones anuales de COV generados por la vegetación en la ZMVM, ascienden a 17,606 toneladas, de los cuales el monoterpeno y los OCOV son los que más se emiten, representando el 34% y 36% respectivamente, el 30% restante es isopreno. Por otra parte, las emisiones de NOx que se liberan por los procesos de los micro-organismos en el suelo, se estimaron en 626 toneladas anuales (ver Tabla siguiente).

Tabla 4.4.4 Emisiones biogénicas en la Zona Metropolitana del Valle de México

Temporada	Emisiones [ton/año]				
	Isopreno	Monoterpeno	OCOV	Total COV	NOx
Seca-Fría	1,224	1,867	1,961	5,052	141
Lluvias	1,978	2,231	2,360	6,569	255
Seca-cálida	2,109	1,896	1,980	5,985	230
Total	5,311	5,994	6,301	17,606	626

Total de COV = COT

Del total de las emisiones biogénicas, el Distrito Federal contribuye con el 41% de los COV y el 59% restante lo generan los municipios conurbados del Estado de México. El siguiente mapa muestra la contribución a las emisiones de COV por delegación y municipio.



Mapa 4.4.2 COV biogénicos en la Zona Metropolitana del Valle de México

En el mapa anterior, se puede observar que las emisiones de COV se generan principalmente en las delegaciones y municipios que cuentan con áreas forestales; para el caso del Estado de México se puede mencionar a Ixtapalapa, Nicolás Romero y Chalco; en el Distrito Federal tenemos a las delegaciones de Milpa Alta, Tlalpan y Álvaro Obregón.

4.4.2 Erosión eólica del suelo

La erosión eólica es un proceso natural, que en la ZMVM se acelera debido principalmente a la deforestación, las quemas y prácticas agrícolas, entre los de mayor importancia (SMA-Universidad de Chapingo, 2000)⁶. Lo anterior ha llevado a la alteración del régimen hidrológico y ha ocasionado la remoción de los suelos, haciendo a la ZMVM cada vez más susceptible a la erosión; aunado esto, los vientos que existen en la cuenca y que se producen durante las horas más calientes del día, provocan remolinos que se levantan a gran altura, llevando a la suspensión grandes cantidades de polvo, principalmente en época de secas.

⁶ Bases para el manejo Ambiental de la Zona Oriente del Valle de México.

Los principales factores actuantes en la erosión eólica son⁷:

- Los factores climáticos: Precipitación, temperatura, humedad atmosférica y vientos. A mayores precipitaciones y contenidos de humedad, el suelo es más resistente.
- Características del suelo: La erosionabilidad del suelo por causa de los vientos está relacionada con la textura y estabilidad estructural. Los suelos de textura gruesa son más susceptibles a erosionarse y menos propensos a formar estructuras estables.
- Rugosidad de la superficie: Al aumentar la rugosidad de la superficie se reduce la velocidad del viento y, por lo tanto, disminuye la posibilidad de traslación de las partículas del suelo.
- Vegetación: Es uno de los factores más importantes de protección contra la acción del viento. La vegetación actúa como una capa protectora o amortiguadora entre la atmósfera y el suelo. Los componentes aéreos, como hojas y tallos, absorben parte de la energía de las gotas de lluvia, del agua en movimiento y del viento, de modo que su efecto es menor que si actuaran directamente sobre el suelo.

Para la estimación de partículas generadas por erosión eólica, la ZMVM se dividió en cuatro regiones, con la finalidad de obtener condiciones meteorológicas específicas de las mismas; ver la siguiente lista y el Mapa 4.4.3, donde se muestran los municipios y delegaciones de cada región⁸.

REGIÓN 1

Acolman
Atenco
Coacalco
Cuautitlán
Cuautitlán Izcalli
Chalco
Chalco Solidaridad
Chicoloapan
Chimalhuacán
Ecatepec
Ixtapaluca
La Paz
Nezahualcóyotl
Tecamac
Texcoco
Tultitlán

REGIÓN 2

Atizapán de Zaragoza
Gustavo A. Madero
Iztapalapa
Nicolás Romero
Tláhuac
Tlalnepantla de Baz
Xochimilco
Venustiano Carranza

REGIÓN 3

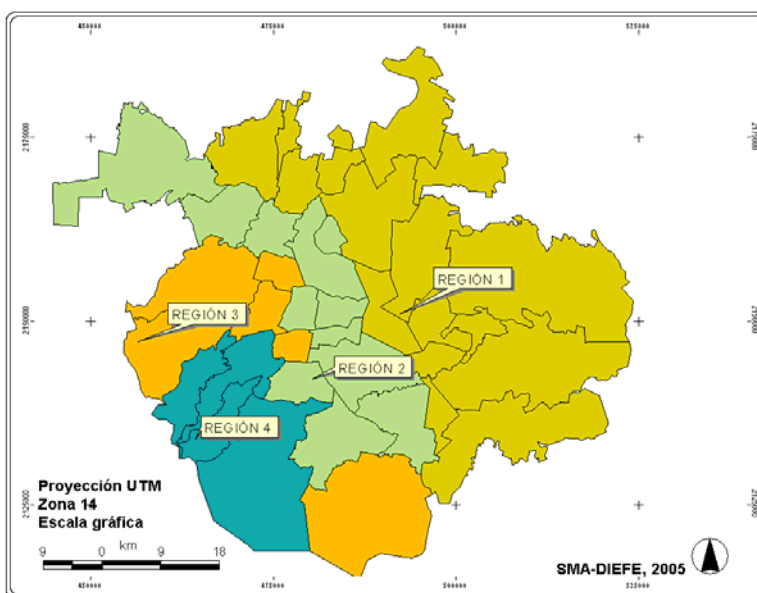
Azcapotzalco
Huixquilucan
Miguel Hidalgo
Milpa Alta
Naucalpan de Juárez

REGIÓN 4

Álvaro Obregón
Cuajimalpa de Morelos
La Magdalena Contreras
Tlalpan

⁷ Conservación de Suelos Consejo Agrario Provincial, 2005. Recursos Naturales, <http://www.scruz.gov.ar/recursos> (septiembre, 2005).

⁸ El cálculo de las emisiones incluye a los municipios de Acolman, Atenco y Texcoco que aunque no forman parte de la zona de estudio, están cerca de la ZMVM y poseen amplias superficies susceptibles de erosión.



Mapa 4.4.3 Regiones para el cálculo de emisiones por erosión eólica

Las emisiones de PM_{10} generadas por la erosión de suelos se calcularon con base en el Programa de Inventario de Emisiones para México (EPA, 1997), con la ecuación modificada de erosionabilidad del suelo, desarrollada por el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA por sus siglas en inglés); y las $PM_{2.5}$ se estimaron con base en el perfil de especiación de material particulado propuesto por CEIDARS⁹, donde se considera que las $PM_{2.5}$ representan en promedio, el 11% de las partículas suspendidas totales (PST).

Los datos meteorológicos (temperatura y viento) para el año 2004 provienen de la Red Automática de Monitoreo Atmosférico (RAMA) y los valores de precipitación de la Dirección General Construcción y Operación Hidráulica (DGOH-GDF).

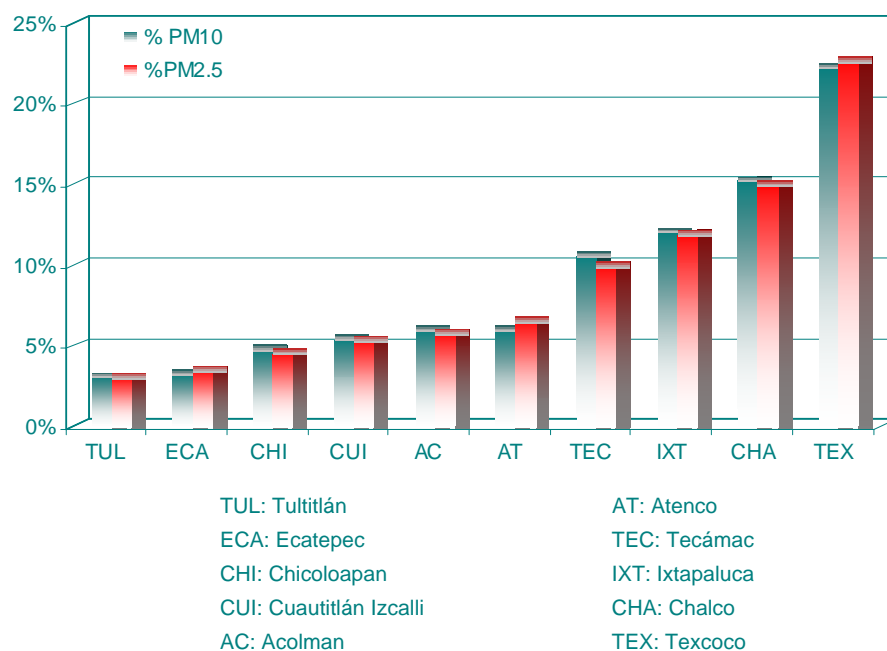
La superficie considerada como susceptible de erosión eólica en la Zona Metropolitana del Valle de México, es de 193,609 hectáreas (ha), 48,938 ha corresponden al Distrito Federal y 144,671 ha al Estado de México.

En total, en la ZMVM se generan 1,201 ton/año de PM_{10} por erosión eólica y 261 toneladas de $PM_{2.5}$, siendo los municipios de Texcoco y Chalco los más emisores, con 267 y 183 toneladas anuales de PM_{10} respectivamente (Gráfica 4.4.5 y Tabla 4.4.5).

Tabla 4.4.5 Partículas generadas por erosión eólica, ZMVM

Entidad	Emisiones [ton/año]		
	Superficie de erosión [ha]	PM_{10}	PM_{25}
Distrito Federal	48,938	20	4
Estado de México	144,671	1,181	257
ZMVM	193,609	1,201	261

⁹ California Emission Inventory And Reporting System, 2002. Particulate Matter (PM) Speciation Profiles. Summary of overall size fractions and reference documentation.



Gráfica 4.4.5 Principales municipios generadores de partículas