

*EMISIONES VEHICULARES EN EL AREA
METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE
MEXICO*

H. BRAVO *+ M. ESPINOSA *+ +
y S. SALAZAR*.

RESUMEN

En el presente estudio se evalúan las emisiones producidas por vehículos, basándose en volúmenes de tránsito y valores de emisiones de los principales contaminantes, obtenidos en función de las distancias recorridas, así como de las velocidades promedio desarrolladas en las diferentes vías.

Las arterias principales, consideradas como fuentes lineales de emisión, contribuyen con un 78% de la emisión total producida por vehículos de combustión interna. Las vías lentas son responsables del 44%, las consideradas semirrápidas del 6%, pues son poco numerosas. En lo referente a las vías rápidas, a pesar de su longitud y del gran volumen de vehículos que manejan, únicamente contribuyen con el 28% del total.

Las densidades de emisión ($\frac{\text{ton}}{\text{km}^2 \text{ días}}$) son comparadas con las de la ciudad de Washington, D. C., EUA.

Se demuestra que la velocidad es un factor importante que debe tomarse en cuenta en el diseño de vías de comunicación, a fin de reducir el impacto que el tránsito tiene en la contaminación atmosférica.

Se observa que las actividades humanas se hallan demasiado centralizadas en la Ciudad de México y como consecuencia, el transporte de y hacia los puntos de mayor actividad, tiene un marcado efecto sobre la calidad del aire.

ABSTRACT

A vehicular emissions evaluation is made for main pollutants, based on traffic volumes and emission values.

This latter obtained as a function of traveled distances as well as average speeds developed on the different streets. The main streets considered as line sources, contribute

* *Instituto de Geofísica, UNAM.*

+ *Secretaría de Comunicaciones y Transportes.*

++ *E.S.I.Q.I.E. - IPN.*

with 78% of the total emission produced by internal combustion engines. Slow traffic streets are responsible for the 44% and the ones considered as half-speed streets, for the 6%, since they are only a few. Express-ways, in spite of their length and large traffic-volume, contribute only with 28% of the total.

Emission densities ($\frac{\text{ton}}{\text{km}^2 \text{ day}}$) are compared with Washington, D. C. emission densities.

It is shown that speed is an important factor which must be taken into account when designing streets in order to reduce traffic impact on air pollution.

It can be seen that human activities are too centralized in Mexico City, this leading to transportation to and from major activity points has a marked effect on air quality.

INTRODUCCION

Los contaminantes emitidos por fuentes móviles, pueden ser de una magnitud considerable respecto a las emisiones totales dentro de las zonas urbanas.

En el área metropolitana de la Ciudad de México, cabe esperar que los vehículos de combustión interna, contribuyan notablemente a incrementar el problema de la contaminación del aire.

Con el fin de proceder en forma sistemática al cálculo de las emisiones vehiculares, se efectuó en primer lugar la división del área total de la zona metropolitana, en otras más pequeñas: se construyeron seis círculos concéntricos con radios de 2.5, 5.0, 7.5, 10.0, 12.5 y 15.0 km respectivamente, tomando como punto central la Plaza de la Constitución. Después se trazaron tres ejes que se cortan en este mismo punto; uno horizontal (este-oeste) y los otros con un ángulo de 60° respecto al primero. Se generan así, un área circular (área 1) y cinco anillos concéntricos (2, 3, 4, 5 y 6). Tanto el círculo como los anillos quedan divididos en seis segmentos (subáreas) que se designaron por las letras A, B, C, D, E y F, ordenadas en sentido inverso al giro de las manecillas del reloj y que llevan los subíndices 1, 2, 3, 4, 5 y 6, según correspondan al área circular o a cualquiera de los anillos. (Fig. 1). La superficie de estas áreas se observa en la Tabla No. 1.

Se efectuó además la medición de las longitudes de las calles comprendidas dentro de cada subárea y la determinación de la velocidad promedio de los vehículos en cada una de ellas.

El número de vehículos existentes en una hora crítica, dentro de

cada una de las diferentes arterias, se obtuvo de datos reportados por el Departamento del Distrito Federal (CAL y MAYOR, R., 1972), así como de la SCT. (DE GARAY, F., 1974.)

Se decidió evaluar las emisiones de los siguientes contaminantes primarios: monóxido de carbono, hidrocarburos, bióxido de azufre y partículas, provenientes tanto del escape e los vehículos, como del desgaste de llantas

Para el cálculo de las emisiones de monóxido de carbono, así como las de hidrocarburos, se emplearon factores de emisión expresados en kilogramos por kilómetro recorrido por cada vehículo, dadas en función de la velocidad promedio propia de cada arteria. Estos factores dependen además de la altitud del lugar bajo estudio, por lo que, al no contar con datos adecuados para la Ciudad de México, se emplearon los elaborados para Denver, Colorado, por ser la altitud de esta ciudad la que más se asemeja a la nuestra. (McMICHAEL, W. F. and A. H. ROSE Jr., 1965.)

Se tomó un factor de $0.21 \frac{\text{g}}{\text{km-vehículo}}$ para las emisiones de partículas provenientes del escape y uno de $0.12 \frac{\text{g}}{\text{km-vehículo}}$ para las de desgaste de llantas. (USA, EPA, Pub. No. AP-42, 2nd. ed.)

Al calcular el factor necesario para evaluar las emisiones de bióxido de azufre, se consideró que los vehículos tienen un rendimiento promedio de gasolina de $5.8 \frac{\text{Km}}{\text{lt}}$ y, siendo el contenido de azufre de 0.2% (PEMEX, 1974), se obtuvo un factor de $0.5 \frac{\text{g}}{\text{km-vehículo}}$ de SO_2 .

Las emisiones de los contaminantes consideradas, dadas por hora crítica, para cada una de las áreas, se muestran en la Tabla No. 2.

Se determinó el valor de las emisiones de las principales vías consideradas como fuentes lineales de emisión, clasificadas según su fluidez, en rápidas, semirrápidas y lentas. Las emisiones calculadas en el tramo del anillo periférico comprendido entre el Viaducto Miguel Alemán y el Puente Viveros - Atizapán puede observarse en la Tabla No. 3.

Los valores representativos de emisiones son expresados como porcentaje de la emisión total de cada contaminante, y se muestran en la Tabla No. 4.

La contribución del total de vías principales, respecto a la masa de contaminantes emitidos, es de 78% como promedio. Las vías secundarias contribuyen con el 22% restante. Entre las vías principales, las lentas son responsables del 44% y sólo la avenida Insurgentes contribuye con más del 6% del total.

Todas las vías rápidas, a pesar de su longitud y del gran volumen de tránsito que manejan, contribuyen solamente con el 28% del total. Entre éstas, la más importante es sin duda el Anillo Periférico, cuyas emisiones representan más del 12%.

Las densidades de emisión $\frac{\text{kg}}{\text{km}^2 \text{ hora}}$ en las diferentes áreas se muestran en la Tabla No. 5. Las figuras 2 y 3 muestran la variación de las densidades de emisión en las diversas áreas, respecto a su distancia al centro de la ciudad.

Finalmente, se compararon las densidades de emisión $\frac{\text{ton}}{\text{km}^2 \text{ día}}$ de la ciudad de México con las de Washington, D. C. (HALPERN, P., L. V. SHIEH *et al.*, 1970.) La distribución de áreas en ambas ciudades están presentadas en la misma forma, aunque no son comparables en su magnitud, ya que la ciudad de Washington está menos extendida que la de México. Sin embargo las actividades que se desarrollan en los distintos anillos sí son comparables en las dos ciudades, por lo menos en las áreas más centrales. (Figura 4).

Puesto que las vías rápidas permiten una mayor fluidez de tránsito, debido a que los vehículos circulan a velocidades más altas y en todo caso, más uniformes, la construcción de más vías de este tipo permitiría una disminución notable en las emisiones de contaminantes atmosféricos. Sin embargo, para que la reducción de las emisiones sea efectiva, tomando en cuenta el incremento anual en el número total de vehículos dentro del área metropolitana (en la actualidad existen 1 300 000, con un incremento promedio del 12% anual (*Biósfera*, 1974, AMCCAA, México) deben mejorarse los sistemas de transporte colectivo para reducir el número total de vehículos circulantes.

Por otra parte, la comparación entre las densidades de emisión de Washington, D. C. y México, muestra en forma objetiva la necesidad de descentralizar las actividades en esta última.

TABLA No. 1

División del área metropolitana

Radio del círculo (km)	Superficie (km ²)	Superficie (km ²)
2.5 Círculo 1	19.63 Subáreas 1	3.27
5.0 Anillo 2	58.91 Subáreas 2	9.82
7.5 Anillo 3	117.80 Subáreas 3	19.63
10.0 Anillo 4	196.36 Subáreas 4	32.73
12.5 Anillo 5	294.51 Subáreas 5	49.08
15.0 Anillo 6	412.35 Subáreas 6	68.72

TABLA No. 2

Emisiones horarias

	CO(Kgx10 ³)	HC(Kgx10 ³)	Partículas escape (Kg)	llantas (kg)	SO ₂ Kg
Area 1	20.760	1.342	48.900	27.960	116.200
Anillo 2	32.435	2.083	93.106	53.790	224.000
Anillo 3	32.200	2.062	98.063	56.126	230.400
Anillo 4	21.282	1.362	66.049	37.742	157.240
Anillo 5	8.190	0.520	30.372	17.356	72.300
Anillo 6	4.290	0.274	18.186	10.392	43.300
Total	119.157	7.643	354.676	203.366	843.440

TABLA No. 4

Emisiones de las principales vías en % del total

Nombre	CO	HC	Partículas		SO ₂	Tipo de Vía
			escape	llantas		
Anillo Periférico Calzada y Viad. Tlalpan	11.73	11.68	13.05	13.01	12.14	Rápida
Viaducto M. Alemán	9.36	9.25	8.79	8.76	8.80	”
Río Churubusco	4.51	4.49	6.23	6.20	6.23	”
Av. Insurgentes	3.56	3.87	4.42	4.41	4.43	Semirrápida
Paseo de la Reforma	6.24	6.36	6.52	6.50	6.53	Lenta
Vías principales restantes	4.64	4.57	5.08	5.06	5.10	”
Total	36.13	36.89	35.42	34.84	35.43	Varios
	76.17	77.11	79.51	78.78	78.66	

TABLA No. 5

Densidades (Kg/Km² hr.)

	CO	HC	Partículas		SO ₂
			escape	llantas	
Area 1	1,057.000	67.000	2.490	1.420	5.920
Anillo 2	550.000	35.000	1.580	0.910	3.800
Anillo 3	273.000	17.000	0.830	0.476	1.950
Anillo 4	108.000	7.000	0.336	0.192	0.800
Anillo 5	28.000	1.700	0.103	0.059	0.240
Anillo 6	10.400	0.660	0.044	0.025	0.105

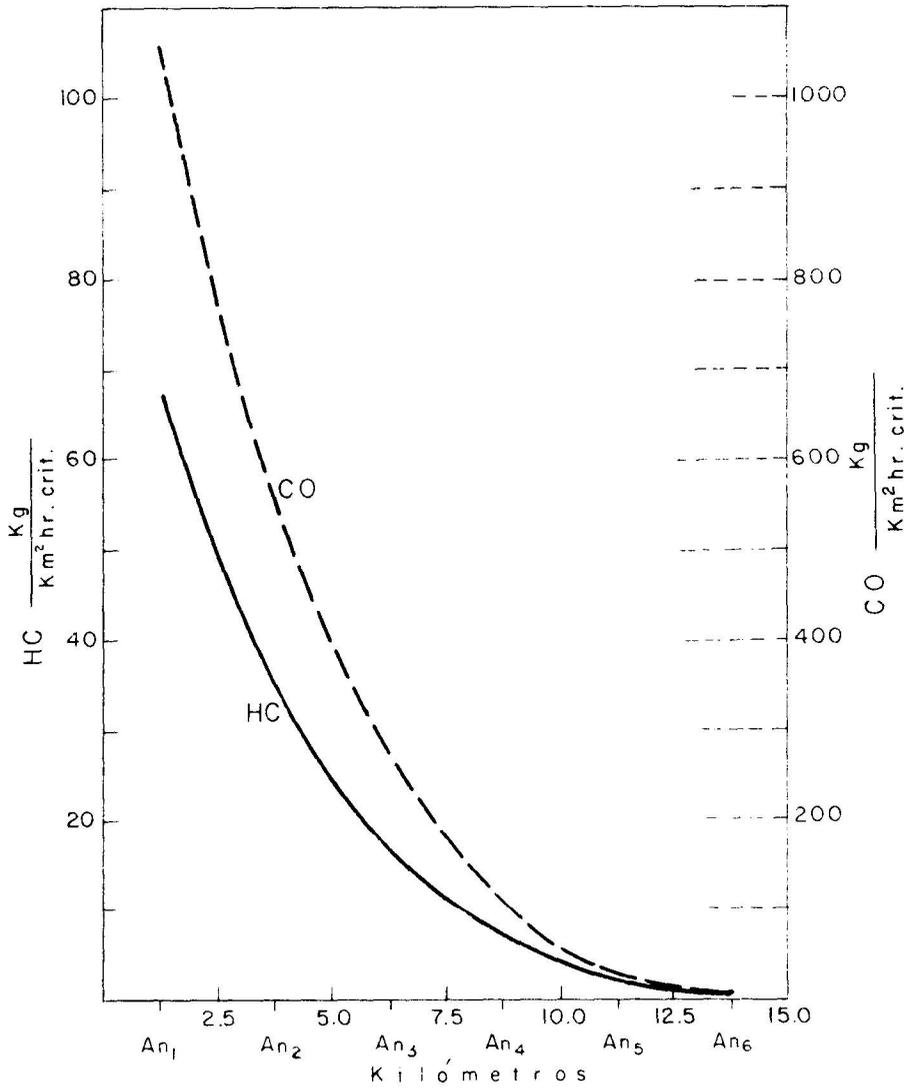


Fig. 2. Densidad de emisión de CO y HC en función de la distancia al centro de la Ciudad de México.

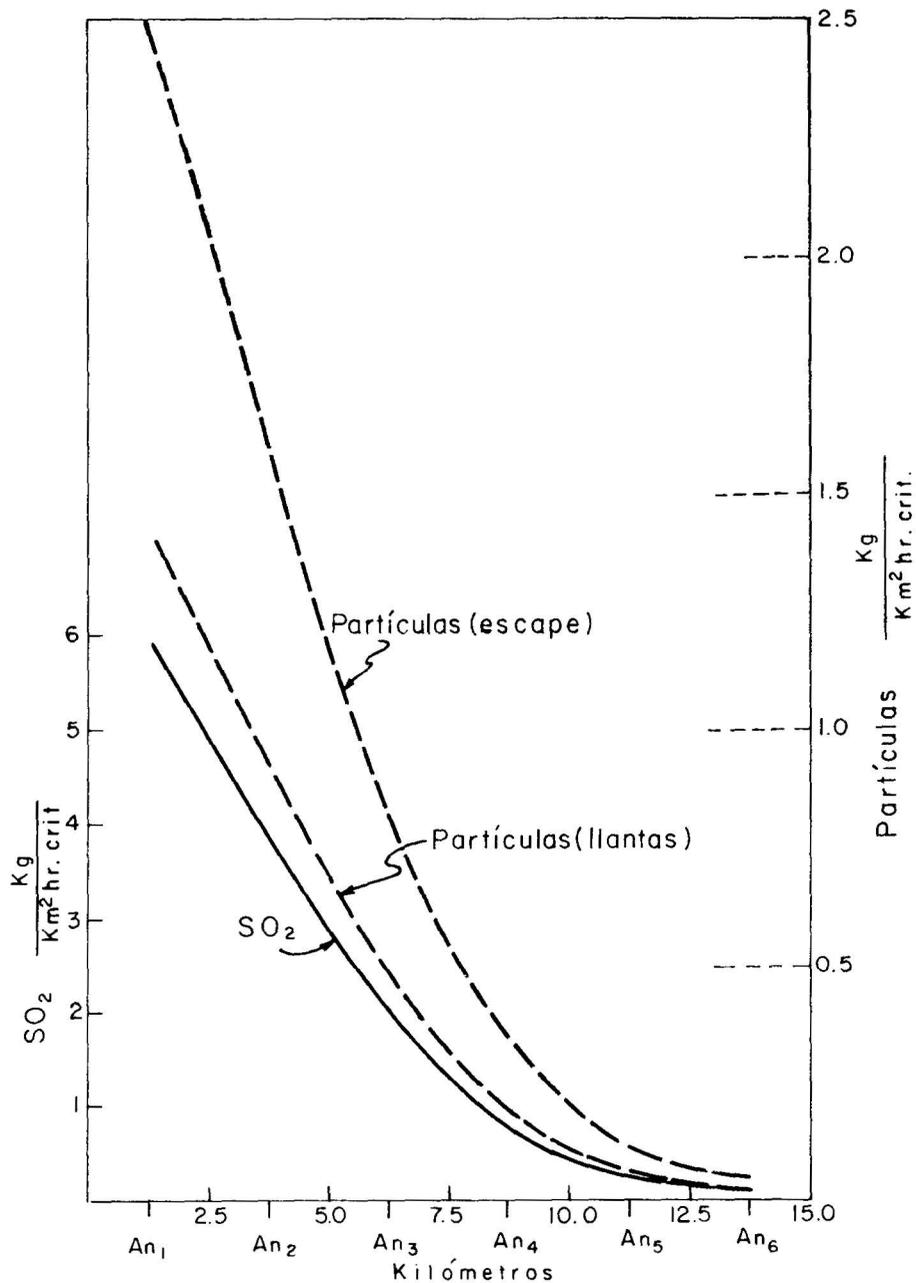


Fig. 3. Densidad de emisión de partículas y SO₂, en función de la distancia al centro de la Ciudad de México.

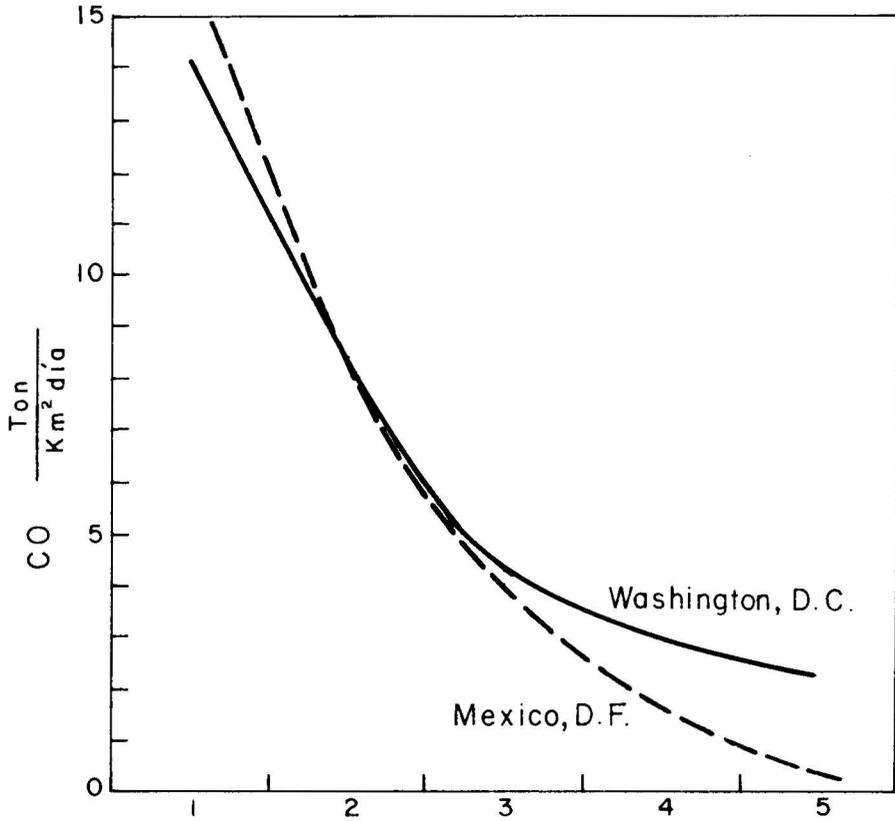


Fig. 4. Densidad de emisión de CO, en México, D. F. y Washington, D. C.

AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen la cooperación del Ing. Fernando de Garay, de la Dirección general del Autotransporte Federal, de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, para el desarrollo de este trabajo.

BIBLIOGRAFIA

- CAL y MAYOR, R., 1972. Mapa de volúmenes de tránsito, DDF, DGITT. *Comunicación personal.*
- DE GARAY. F., 1974. Estudio de aforo del Anillo Periférico, Dirección General del Autotransporte Federal, SCT. *Comunicación personal.*
- HALPERN, P., L. V. SHIEH *et al.*, 1970. Air pollution from automotive sources, *IBM, Data Processing Division.*
- McMICHAEL, W. F. and A. H. ROSE Jr., 1965. A comparison of automotive emissions in cities at low and high altitudes, *Reunión de la APCA*, Toronto, Canadá.
- Artículo editorial en *Biósfera*, 1974, *AMCCAA*, México.
- Compilation of air pollutant emission factors, 1973. *USA, EPA, Pub. No. AP-42*, 2nd. ed.
- PEMEX, 1974.