

# Niveles ambientales de las PM<sub>2.5</sub> y distancia a una vía de alto tránsito en Ciudad Juárez, Chihuahua, México

Marlene Cortez-Lugo, Ing,<sup>(1,2)</sup> Fernando Holguín-Molina, MD,<sup>(3)</sup>  
Silvia Flores-Luévano, MD, M en C,<sup>(4)</sup> Isabelle Romieu, MD, MPH, DSc.<sup>(1)</sup>

Cortez-Lugo M, Holguín-Molina F, Flores-Luévano S, Romieu I.  
Niveles ambientales de las PM<sub>2.5</sub>  
y distancia a una vía de alto tránsito  
en Ciudad Juárez, Chihuahua, México.  
Salud Publica Mex 2004;46:534-537.

El texto completo en inglés de este artículo está  
disponible en: <http://www.insp.mx/salud/46/eng>

## Resumen

**Objetivo.** Evaluar los niveles de las PM<sub>2.5</sub> a diferentes distancias de una vía de alto tránsito. **Material y métodos.** Se realizaron mediciones diarias de PM<sub>2.5</sub>, del 26 al 30 de agosto de 2002, a diferentes distancias de la avenida Tecnológico, en Ciudad Juárez, Chihuahua, México. Se hizo estadística descriptiva para cada distancia considerada y análisis de las pruebas no paramétricas de Kruskal Wallis y de tendencias cruzadas en grupos ordenados. **Resultados.** Se encontró una tendencia de decremento significativa de la mediana de las PM<sub>2.5</sub> conforme se aleja el punto de medición de la avenida Tecnológico ( $p < 0.00$ ). A partir de los 100 metros de distancia se presentó una diferencia de la mediana de 9.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (40.6%), en comparación con la mediana registrada sobre la avenida. Los resultados mostraron una correlación negativa, altamente significativa entre las mediciones de PM<sub>2.5</sub> y la distancia ( $r = -0.70$ ,  $n = 20$  y  $p = 0.0005$ ). **Conclusiones.** Las PM<sub>2.5</sub> decrecen de manera significativa a partir de los 100 m de distancia de las vías con alto tráfico. Estos resultados son de gran relevancia en la determinación de exposición en estudios epidemiológicos. El texto completo en inglés de este artículo está disponible en: <http://www.insp.mx/salud/46/eng>

Palabras clave: PM<sub>2.5</sub>; vías de alto tránsito; México

Cortez-Lugo M, Holguín-Molina F, Flores-Luévano S, Romieu I.  
Environmental PM<sub>2.5</sub> levels  
and distance from a heavy traffic road  
in Ciudad Juarez, Chihuahua, Mexico.  
Salud Publica Mex 2004;46:534-537.

The English version of this paper  
is available at: <http://www.insp.mx/salud/46/eng>

## Abstract

**Objective.** To assess PM<sub>2.5</sub> levels at different distances from a heavy traffic road. **Material and Methods.** Daily measurements of PM<sub>2.5</sub> were taken between August 26 and 30, 2002, at different distances from Tecnológico Avenue in Ciudad Juarez, Chihuahua, Mexico. Data analysis consisted of descriptive statistics for each distance and Kruskal Wallis and cross trend for ranks. **Results.** We found a significantly decreasing trend of PM<sub>2.5</sub> median levels with increasing distance from Tecnológico Avenue ( $p < 0.001$ ). At 100 m distance from the avenue, PM<sub>2.5</sub> levels decreased by 9.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (40.6%) when compared to median levels registered on the avenue. The results showed a highly significant negative correlation between PM<sub>2.5</sub> measurements and the distance from the avenue ( $r = -0.70$ ,  $n = 20$  and  $p = 0.0005$ ). **Conclusions.** PM<sub>2.5</sub> median levels decreased significantly after 100 meters from heavy traffic roads. These results are of great relevance when assessing exposure to PM<sub>2.5</sub> in epidemiological studies. The English version of this paper is available at: <http://www.insp.mx/salud/46/eng>

Key words: PM<sub>2.5</sub>; heavy traffic roads; Mexico

Este estudio fue financiado por the National Center for Environmental Health from the Centers for Disease Control and Prevention (NCEH/CDC).

- (1) Centro de Investigación en Salud Poblacional, Instituto Nacional de Salud Pública. Cuernavaca, Morelos, México.
- (2) American British Cowdray Medical Center IAP, México, DF, México.
- (3) Emory University School of Medicine, Atlanta, Georgia, Estados Unidos de América.
- (4) Instituto Mexicano del Seguro Social, Ciudad Juárez, Chihuahua, México.

**Fecha de recibido:** 6 de abril de 2004 • **Fecha de aprobado:** 22 de septiembre de 2004  
Solicitud de sobretiros: Dra. Isabelle Romieu. Instituto Nacional de Salud Pública, Avenida Universidad 655,  
colonia Santa María Ahuacatlán 62508 Cuernavaca, Morelos, México.  
Correo electrónico: [iromieu@correo.insp.mx](mailto:iromieu@correo.insp.mx)

Debido a su gran crecimiento urbano y a su localización respecto de Estados Unidos de América, Ciudad Juárez juega un papel relevante en la economía nacional y es una de las ciudades fronterizas más importantes de México. Sin embargo, el crecimiento poblacional observado en las últimas cuatro décadas, así como la proliferación de actividades industriales y comerciales han provocado una degradación de la calidad del aire en Ciudad Juárez, especialmente por el mal estado de los vehículos de transporte público y por el crecimiento del parque vehicular.

En Ciudad Juárez los cruceros de mayor densidad vehicular son las avenidas Tecnológico y Ramón Rivera Lara, con un aforo de 5 216 unidades/hora; la avenida Tecnológico con avenida Teófilo Borunda, con 4 500 unidades/hora; y la avenida Rafael Pérez Serna con la avenida Hermanos Escobar, con un aforo de 4 518 unidades/hora.<sup>1\*</sup> Las emisiones generadas por los vehículos automotores producen aproximadamente 88% del total de contaminantes emitidos a la atmósfera,<sup>1</sup> lo cual ha generado una contaminación importante por partículas y ozono que se ha asociado a efectos nocivos para la salud, incluyendo un incremento en el número de emergencias hospitalarias por exacerbación del asma en niños.<sup>2</sup>

## Material y métodos

Este estudio fue realizado del 26 al 30 de agosto de 2002 en una avenida de alto tránsito de Ciudad Juárez, Chihuahua, en donde se llevaron a cabo mediciones de partículas menores e iguales a  $2.5 \mu\text{m}$  ( $PM_{2.5}$ ) durante cinco días. En el primer día de muestreo se seleccionaron cuatro puntos de medición en el cruce de las avenidas Tecnológico, La Raza y Gómez Morín, tres de ellos considerados a 0 metros, por estar ubicados sobre las avenidas y uno más a 50 metros de distancia. En el segundo día de muestreo se ubicó un monitor hacia el norte sobre la avenida Tecnológico (considerado éste a 0 metros) y tres puntos más a 100, 200 y 300 metros alejándose de la avenida. El tercer día se seleccionó otro punto hacia el norte sobre la misma avenida Tecnológico con sus respectivos tres puntos a 100, 200 y 300 m; el cuarto y quinto día se seleccionó de la misma manera pero hacia el sur sobre la misma avenida Tecnológico y con puntos de

muestreo a 50, 100 y 200 m. Todos los puntos que fueron ubicados sobre la avenida se consideraron a 0 metros en el análisis de las concentraciones de partículas.

En cada punto de muestreo se realizaron mediciones de  $PM_{2.5}$  en filtros de cuarzo y teflón en sus diferentes distancias (0, 50, 100, 200 y 300 m), tomando siempre como referencia la avenida Tecnológico. Se destinaron cuatro Mini vols con filtros de teflón y dos Mini vols con filtros de cuarzo (para el análisis de carbón elemental). En este artículo sólo se presenta el análisis para la determinación gravimétrica en los filtros de teflón.

Las mediciones se realizaron en periodos de 24 h con equipos Mini vols, los cuales son una modificación del método estándar de referencia  $PM_{10}$  (40 CFR 50, Appendix J). Las muestras fueron colectadas utilizando impactores de separación, operados a cinco litros por minuto en filtros de teflón de 47 mm (Gelman R2PJ047). Los Mini vols fueron colocados sobre postes de luz pública o postes de Teléfonos de México (Telmex), aproximadamente a tres m de distancia del suelo.

Se hizo un análisis descriptivo para cada distancia considerada en el muestreo, para determinar el comportamiento de las concentraciones de partículas. Asimismo, se llevó a cabo un análisis de la prueba de Kruskal Wallis (Kwallis), la cual hace una comparación simultánea de las medianas de las  $PM_{2.5}$  registradas en las diferentes distancias (0, 50, 100 y >100 mts.), adicionalmente se utilizó la prueba de tendencias cruzadas para grupos ordenados con la cual se exploró si las concentraciones de  $PM_{2.5}$  siguen una tendencia conforme se incrementa la distancia a la fuente. Para el análisis estadístico se utilizó Stata 7.0 (College, Texas).

## Resultados

Durante el periodo de muestreo se registró un promedio global de  $18.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  de  $PM_{2.5}$  (DE  $5.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) con un mínimo de  $9.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y un máximo de  $29.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

En el cuadro I se presentan los resultados del análisis de las pruebas no paramétricas de Kruskal Wallis y de tendencias cruzadas en grupos ordenados en donde, de acuerdo con la prueba de Kwallis, la mediana de la concentración de las  $PM_{2.5}$  es significativamente diferente entre cada grupo de distancias ( $p=0.01$ ) y se presenta una tendencia de decremento, estadísticamente significativa ( $p=0.00$ ) conforme se aleja el punto de medición de la avenida de referencia. Tomando como base la distancia 0, que corresponde a las mediciones tomadas sobre la avenida Tecnológico, podemos apreciar que a los 100 metros se presenta una

\* Instituto Municipal de Investigación y Planeación. Aforo vehicular en las principales vías de Cd. Juárez. Ciudad Juárez, Chihuahua, México; 2002. Documento no publicado.

Cuadro I  
COMPARACIÓN SIMULTÁNEA DE LAS MEDIANAS  
Y TENDENCIA DE LAS  $PM_{2.5}$   
ENTRE LAS DIFERENTES DISTANCIAS DE MEDICIÓN.  
CIUDAD JUÁREZ, MÉXICO, 2002

<i>n</i>	Distancia (m)	Mediana
6	0	23.4
4	50	21.1
4	100	13.9
6	>100	115.7

$p^* = 0.0101$        $p^\dagger = 0.00$

*n* = número de mediciones

$p^*$  = significancia de la comparación prueba Kwallis

$p^\dagger$  = significancia del análisis de tendencia

diferencia de la mediana, disminuyendo en  $9.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (40.6%), en comparación con la mediana registrada sobre la avenida.

En la figura 1 podemos apreciar el decremento de las partículas conforme se incrementa la distancia, lo cual muestra la diferencia más importante en las concentraciones a partir de los 100 metros. De acuerdo con la prueba de Spearman se encontró una correlación negativa, altamente significativa, entre las mediciones de  $PM_{2.5}$  y la distancia ( $\rho = -0.703$ ,  $n = 20$  y  $p = 0.0005$ ).

## Discusión

Nuestros resultados sugieren que la más alta exposición a partículas menores a  $2.5 \mu\text{m}$  se encuentra antes de los primeros 100 metros de distancia de las avenidas con alto tránsito vehicular y que a partir de esta distancia la exposición a este contaminante va disminuyendo, por lo que los resultados encontrados en el presente estudio piloto serán de utilidad para el desarrollo de estudios epidemiológicos acerca de los efectos a la salud debidos a exposición a emisiones vehiculares en poblaciones que residan a diferentes distancias de vías altamente transitadas.

En estudios previos se ha determinado que la concentración de partículas finas y ultrafinas emitidas por el tráfico vehicular aumenta proporcionalmente al acercarse a las avenidas o fuentes móviles de emisión.<sup>3</sup> Este fenómeno no se ha descrito en Ciudad Juárez en donde existe una flota importante de vehículos emisores

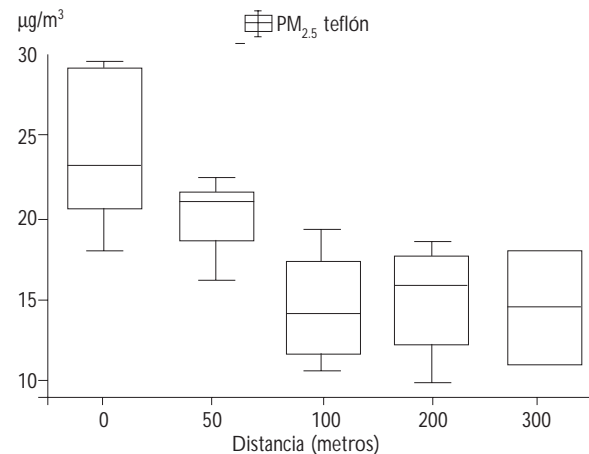


FIGURA 1. CONCENTRACIONES DEL  $PM_{2.5}$  A DIFERENTES DISTANCIAS. CIUDAD JUÁREZ, MÉXICO, 2002

de diesel, los cuales producen una gran cantidad de partículas carbonáceas finas y ultrafinas en vías con alto tránsito vehicular.<sup>4,5</sup> Estos hallazgos son de importancia para la salud pública, ya que se han descrito efectos adversos en la salud respiratoria en personas que habitan cerca de avenidas con mayor tránsito vehicular.<sup>6-10</sup>

A pesar de que existe un consenso general sobre que las emisiones generadas por los vehículos automotores son las principales causantes de la contaminación atmosférica en Ciudad Juárez y que éstas representan un riesgo para la salud de los habitantes de la ciudad, aún se carece de la suficiente información en términos de efectos a la salud por la exposición a la contaminación del aire atribuida al tránsito vehicular y a las emisiones de diesel por automotores. De acuerdo con lo comunicado por Wayne E y Hugh WC las fuentes industriales no son una fuente significativa de partículas en la región Paso del Norte. Los niveles de  $PM_{10}$  en la temporada de invierno son mayores en las áreas centrales de Ciudad Juárez y El Paso y, en general, se aprecia un gradiente de concentración que tiende a aumentar a medida que uno se mueve hacia esta ciudad.<sup>10</sup>

En la figura 1 podemos apreciar el decremento de las partículas conforme aumenta la distancia, no respetándose este patrón a los 200 metros, lo cual puede ser atribuido a alguna fuente local como el tránsito de trailers, ya que cercano a este punto se encontraba una

maquiladora; otro aspecto influyente y limitante es la medición de la dirección y velocidad del viento, las cuales no fueron registradas durante el muestreo y, sabemos, son importantes para la distribución y comportamiento de las partículas cerca de una avenida de alto tránsito; sin embargo, la velocidad del viento durante los días de muestreo fue relativamente baja (< 10 mph en promedio, de acuerdo con registros de las estaciones de El Paso, Texas), y estas velocidades tienen realmente baja influencia sobre las mediciones de partículas realizadas durante el estudio piloto.

En estudios epidemiológicos es importante contar con mediciones que se puedan relacionar lo más cerca posible con la exposición de la población, ya que esto incrementará la posibilidad de observar una asociación significativa entre la exposición o los contaminantes en estudio y los efectos en la salud que se estén investigando. Es bien sabido que los datos de contaminantes reportados por una red automática de medición ambiental no pueden ser considerados representativos más allá de una pequeña área alrededor del monitor. Otra limitación del estudio piloto estriba en que se realizó sólo en una zona de la ciudad, por lo que los resultados nos reflejan un gradiente local, encontrado en otros estudios similares al nuestro.<sup>3,11</sup> Sin embargo, este estudio proporciona evidencia de la alta exposición a material particulado fino por parte de la población que reside en las cercanías a vías de alto tránsito vehicular.

### Agradecimientos

Agradecemos al Centro Nacional de Investigación y Capacitación Ambiental (Cenica), en cuyas instalaciones se realizó el pesaje de los filtros.

### Referencias

1. Dirección General de Gestión e Información Ambiental. Programa de Gestión de la Calidad del Aire de Ciudad Juárez 1998-2002. México, DF: Instituto Nacional de Ecología; 1998.
2. Hernández-Cadena L, Téllez-Rojo MM, Sanin-Aguirre LH, Lacasaña-Navarro M, Campos A, Romieu I. Relación entre consultas a urgencias por enfermedad respiratoria y contaminación atmosférica en Ciudad Juárez, Chihuahua. *Salud Publica Mex* 2000;42:288-297.
3. Yifang Zhu, William CH. Concentration and size distribution of ultra fine particles near a major highway. *J Air Waste Manage Assoc* 2002;52:1032-1042.
4. Kinney PL, Aggarwal M, Northridge ME, Janssen NA, Shepard P. Airborne concentrations of PM<sub>2.5</sub> and diesel exhaust particles on Harlem sidewalks: A community-based pilot study. *Environ Health Perspect* 2000;108(3):213-218.
5. Ross K, Karg E, Brand P. Short term evaluation of size distribution and concentrations of atmospheric aerosol particles. *Aerosol Sci* 1991;22:S629-S632.
6. Brunekreef B, Janssen NA, de Hartog J, Harssema H, Knape M, Van Vliet P. Air pollution from truck traffic and lung function in children living near motorways. *Epidemiology* 1997;8(3):298-303.
7. De Hartog JJ, Van Vliet PH, Brunekreef B, Knape MC, Janssen NA, Harssema H. Relationship between air pollution due to traffic, decreased lung function and airway symptoms in children. *Ned Tijdsch Geneesk* 1997;141(38):1814-1818.
8. Weiland SK, Mundt KA, Ruckmann A, Keil U. Self-reported wheezing and allergic rhinitis in children and traffic density on street of residence. *Ann Epidemiol* 1994;4(3):243-247.
9. Wyler C, Braun-Fahrlander C, Kunzli N, Schindler C, Ackermann-Liebrich U, Perruchoud AP *et al*. Exposure to motor vehicle traffic and allergic sensitization. *Epidemiology* 2000;11:450-456.
10. Einfeld W, Church HW. Winter season air pollution in El Paso-Cd. Juárez. A review of air pollution studies in an international airshed. Albuquerque (NM): Sandia National Laboratory; 1995. Report No. SAND95-0273.
11. Reponen T, Grinshpun SA, Trakumas S, Martuzevicius D, Wang ZM, LeMasters G *et al*. Concentration gradient patterns of aerosol particles near interstate highways in the Greater Cincinnati airshed. *J Environ Monit* 2003;5:557-562.