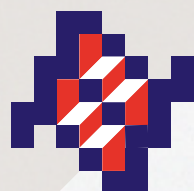


**Evaluación de la exposición a PM_{2.5}
y su asociación con salud y nivel
socioeconómico** en una muestra
representativa de la Zona Metropolitana
del Valle de México a partir de resultados
de la ENSANUT 2006 y 2012

INFORME TÉCNICO FINAL



Instituto Nacional
de Salud Pública

RESUMEN

ANTECEDENTES: La contaminación atmosférica es una de las principales amenazas a la salud humana y un reto prioritario para la salud pública de acuerdo a la Organización Mundial de la Salud. El estudio sobre la Carga Global de Enfermedades, Lesiones y Factores de Riesgo identificó la contaminación del aire como una de las principales causas de la carga mundial de enfermedades, especialmente en países de bajos y medianos ingresos; con 5.5 millones de muertes y 141.5 millones de años de vida ajustados por discapacidad atribuidos a este problema en 2013. La Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM) es una megaciudad conformada por una población estimada de 21 millones de habitantes. En 2014, la ZMCM presentó un promedio anual de concentración de PM_{2.5} de 27 µg que excedió el nivel objetivo de la OMS, fijado en 10 µg.

OBJETIVO: El objetivo general del proyecto es estimar los cambios en eventos en salud, agudos y crónicos, asociados a la exposición a partículas suspendidas menores a 2.5 micras (PM_{2.5}) en una muestra representativa de niños, adolescentes y adultos residentes de la ZMVM en dos puntos temporales, 2006 y 2012, y evaluar posibles efectos diferenciados por nivel socioeconómico (NSE) de los hogares.

MÉTODOS: La población objetivo es una muestra de residentes de la ZMVM entrevistada para las Encuestas Nacionales de Salud (ENSANUT) 2006 y 2012. Las ENSANUT son encuestas probabilísticas, estratificadas y con selección de conglomerados en varias etapas.

La estimación de la exposición a PM_{2.5} para los individuos ENSANUT de la ZMVM se realizó mediante dos métodos de análisis, el primero basado en un modelo híbrido a partir del uso de imágenes de satélite (modelo de regresión LUR a partir de mediciones basadas en teledetección satelital de *aerosol optical depth* (AOD), una medida cuantitativa que mide la cantidad de partículas en la columna atmosférica en una cuadrícula de 1x1 km) y el segundo en datos provenientes de la red de monitoreo atmosférico (serie

de geoprocesos de análisis espacial e interpolación que estima la concentración de PM_{2.5} en las manzanas seleccionadas utilizando el inverso de la distancia ponderada al cuadrado (*IDW*) como método de cálculo).

Los desenlaces de salud que se utilizarán en cada grupo de edad se han seleccionado por su relevancia a nivel nacional y los antecedentes de su asociación con la exposición a PM_{2.5}: signos clínicos de infección respiratoria aguda y sibilancias y/o disnea (niños 0 a 9 años); diabetes, hipertensión y enfermedad cardíaca (adultos mayores de 20 años); y obesidad para los grupos de edad previos y adolescentes de 10 a 19 años.

Todos los análisis estadísticos fueron ajustados por el diseño de las encuestas de ENSANUT. Se analizaron diversas estadísticas descriptivas para caracterizar la prevalencia y la incertidumbre de la estimación de los padecimientos seleccionados en la ZMVM. Se exploró el comportamiento distribucional de las variables disponibles para explicar la asociación de las enfermedades de interés con la exposición estimada a PM_{2.5} y otros factores. Para estimar la asociación a PM_{2.5} con la prevalencia de los padecimientos de interés, generamos modelos de regresión logística ajustados por el diseño muestral de las encuestas. Para cada desenlace en salud se realizaron dos modelos diferentes según el método de asignación de la exposición a PM_{2.5} utilizando el modelo satelital y el correspondiente para la red de monitoreo. La razón de momios (RM) resultante se presenta ajustada de acuerdo con las covariables específicas para el desenlace correspondiente y estimada para un incremento de 10 µg/m³ de PM_{2.5}. Para la construcción de los diferentes modelos se utilizó el paquete estadístico Stata 14 o 15.

RESULTADOS: La población del estudio está integrada por los individuos encuestados en las ENSANUT 2006 y 2012 residentes de los municipios de la ZMVM y que tuvieron valores de concentraciones de PM_{2.5} por ambas metodologías de estimación. En 2006 se incluyeron 1,005 niños de 0 a 9 años, 1,082 adolescentes de entre 10 y 19 años, y 2,281 adultos mayores de 20 años. Por el diseño de la muestra, estos sujetos representan a una población total de 3,100,923; 3,565,877; y 12,695,627 de individuos de la ZMVM respectivamente. Por su parte, en 2012 se incluyeron 1,233 niños, 986 adolescentes, y 2,302 adultos, que representan a

3,552,214; 3,636,732; 13,760,947 individuos de la ZMVM respectivamente.

En la muestra del estudio se observa una prevalencia de casi la mitad de niños que presentaron signos de infección respiratoria en 2006 y casi 40% en 2012. La presencia de síntomas relacionados a asma fue de 13.6% en 2006. Para 2012 no se incluyó la pregunta sobre estos síntomas por lo que no se analizó en el estudio. Las prevalencias de diabetes en 2012 fueron de 8% y 12% para adolescentes y adultos respectivamente. Las mayores prevalencias de obesidad se presentan en adultos en 2012 (hasta 36%) y se observa una tendencia al alza en todos los grupos de edad entre 2006 y 2012. Las prevalencias de signos relacionados a padecimientos cardiovasculares se mantuvieron en general estables entre 2006 y 2012, pero se observan incrementos en 2012 para enfermedad del corazón, insuficiencia cardíaca y angina de pecho.

La cobertura espacial de la información satelital no abarcó a la totalidad de los sujetos de la submuestra del estudio, por este motivo, se procedió a realizar la estimación de la concentración de PM_{2.5} únicamente en aquellas manzanas que pudieran ser estimadas bajo ambos métodos. La exposición a PM_{2.5} fue estimada considerando el promedio diario (24 horas), así como también agregando el promedio de los últimos 3, 7, 14, 30 y 365 días. En la **Tabla 5d** se muestran los valores promedio de 365 días asignados por ambas metodologías para 2006 (Monitor: 29.0 (DE 1.7), Satélite: 25.9 (DE 2.4)) y 2012 (Monitor: 26.7 (DE 1.2), Satélite: 24.8 (DE 1.5)).

Se identificó una asociación positiva entre la presencia de **signos clínicos de infecciones respiratorias agudas** y la exposición a PM_{2.5} en los 14 días previos para la encuesta, utilizando ambas metodologías de asignación de la exposición, sin embargo, sólo fue significativa la asociación en 2006 utilizando el modelo de asignación con la red de monitoreo (RM: 1.46, p=0.054; IC95% 1.00 – 2.15). En **enfermedades vasculares** se observó, para ambas muestras, una asociación positiva no significativa de enfermedad isquémica del corazón asociada a las PM_{2.5} estimada con monitores. Los resultados del modelo satelital son inconclusos. Para **hipertensión**, se observó una asociación positiva significativa utilizando modelos satelitales tanto en 2006, como en 2012, siendo estadísticamente significativa sólo la última (RM: 2.54, p=0.03; IC95% 1.12-5.77). Las estimaciones con monitores son inconclusas en ambas encuestas. En cuanto a

los resultados sobre **obesidad**, los análisis muestran que hay una asociación positiva entre la exposición a PM_{2.5} en aire y la posibilidad de desarrollar obesidad. La asociación fue más consistente en el grupo de adolescentes en 2006 (RM: 3.40, p=0.008; IC95%1.39-8.26) y 2012 (RM: 3.79, p=0.01; IC95%1.40-10.23). Las asociaciones estimadas al utilizar mediciones satelitales fueron estadísticamente significativas, a diferencia de los modelos que utilizaron las mediciones de los monitores. Los resultados del presente análisis sugieren que la exposición a PM_{2.5} puede estar asociada con la prevalencia de **diabetes mellitus** en la ZMVM. No obstante, esta relación resultó significativa sólo mediante la evaluación de la exposición con el modelo satelital en 2012 (RM: 3.18, p=0.02; IC95%1.17-8.66). Los resultados de los análisis entre exposición a PM_{2.5} y nivel socioeconómico muestran una asociación significativa inversa entre el nivel socioeconómico y la media anual de PM_{2.5} por modelo satelital tanto para el año 2006 y 2012.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES: En nuestro conocimiento, este estudio es de los primeros que utiliza estimaciones de PM_{2.5} con base en mediciones satelitales que vincula exposición a contaminantes y efectos en salud en población mexicana. En términos de las concentraciones estimadas para el estudio, se observa una disminución de la concentración promedio a PM_{2.5} en un periodo de 365 días. la exposición crónica, definida como la concentración promedio a PM_{2.5} en un periodo de 365 días, es por lo menos el doble de lo que se establece en la NOM-025-SSA1-2014: 12 µg/m³. Esto se confirma por ambos métodos de exposición, siendo mayor la diferencia estimada al usar la red de monitoreo.

La contaminación atmosférica es un problema importante en la ZMVM, y contribuye a la presencia de diversas condiciones de salud como enfermedades respiratorias, cardiovasculares, hipertensión y diabetes, y puede ser un factor que contribuye a la obesidad en nuestro país. Nuestros resultados resaltan la necesidad de revisar la normatividad y fortalecer los mecanismos para hacer cumplir las normas en la calidad de aire.



Investigadora responsable

Martha María Téllez Rojo (INSP-CINyS)

Co-investigadores

Instituto Nacional de Salud Pública

Stephen Rothenberg (CISP)

José Luis Texcalac (CISP)

Magali Hurtado (CISP)

Olivia Chilian Herrera

Marcela Tamayo y Ortiz (CINyS – Cátedras CONACyT)

Martín Romero (CIEE)

Teresa Verence Muñoz (CINyS)

Luis F. Bautista Arredondo (CINyS)

Horacio Riojas (CISP)

Hospital “El Cruce”, Argentina

Paloma Rojas Saunero

Icahn School of Medicine, Mount Sinai

Robert O. Wright

Allan C. Just

Ben-Gurion University of the Negev

Itai Kloog

Harvard School of Public Health

Joel Schwartz

El presente proyecto de investigación fue financiado por el Fondo Sectorial de Investigación Ambiental SEMARNAT-CONACyT (SEMARNAT-2014-1-249343).

Año de publicación: 2018.