

Modelaje de exposición a partículas en población general y riesgo de enfermedad respiratoria*

Carlos Santos-Burgoa,** Leonora Rojas-Bracho,** Irma Rosas-Pérez,*** Adriana Ramírez-Sánchez,** Griselda Sánchez-Rico**** y Salvador Mejía-Hernández****

Resumen

La evaluación de exposición total permite conocer las distintas fuentes de exposición de cada individuo y es útil para el manejo clínico y ambiental. Con el propósito de elaborar un modelo de exposición integral a partículas inhalables, se efectuó un estudio transversal, en una muestra de 544 individuos, en la zona incluida en un diámetro de 3 Km de la estación Merced de la red de monitoreo ambiental de la ciudad de México. Se elaboró una encuesta de vivienda, un cuestionario de síntomas respiratorios y un diario de tiempo-actividad. Se estableció una estación de monitoreo atmosférico extramuros y, para el monitoreo personal e intramuros, se adecuó nueva tecnología.

Se identificó hasta un .38 de correlación entre las concentraciones de exposición. Las exposiciones en casa y de otras actividades extramuros son las más predictivas de exposición personal. De los individuos, 8.8% tiene bronquitis crónica y esta cifra se incrementa con la mayor exposición y con el deporte extramuros.

Se concluye que estos modelos son pertinentes para la evaluación y el manejo de riesgos de enfermedades respiratorias en México.

Summary

Total exposure assessment identifies the various sources of exposure to air pollution which affect each individual, thus functioning as a useful tool in clinical and environmental exposure management. A cross sectional survey was performed in order to create a total exposure model of inhaled particulates. This survey involved 544 subjects located within the Mexico City Merced monitoring station, an area covering three kilometers in diameter.

Two questionnaires were developed one on housing and the other on respiratory symptoms. A diary on daily activity was kept, and an outdoor monitoring station was also installed. A new technology was adapted and incorporated for personal and indoor monitoring.

A correlation of upto 0.38 was identified between the environmental concentrations. Exposures at home and at other extramural activities are most predictive of personal exposure. It was determined that 8.8% of the subjects studied had chronic bronchitis, and that this percentage increases with greater levels of exposure and outdoor sports.

These findings conclude that the models are useful for risk assessment and management in Mexico.

Palabras clave: Modelo de exposición, partículas, bronquitis, contaminación atmosférica, métodos

Key words: Exposure model, particulates, bronchitis, methods, air pollution

* Este proyecto ha recibido el apoyo y patrocinio de las siguientes organizaciones y agencias financiadoras: Fundación Rockefeller a través del Consejo Asesor de Epidemiología, Centro de Ciencias de la Atmósfera de la Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto Nacional de Ecología, Instituto Nacional de Salud Pública, Secretaría de Salud.

** Escuela de Salud Pública de México, Instituto Nacional de Salud Pública.
*** Centro de Ciencias de la Atmósfera, Universidad Nacional Autónoma de México.

Centro de investigaciones en Salud Pública, Instituto Nacional de Salud Pública.

Correspondencia y solicitud de sobretiros: Dr. Carlos Santos-Burgoa, Instituto de Salud Ambiente y Trabajo, S.C. (ISAT), Cerrada del Convento 48-A, Oficina H.D. Col. Santa Ursula Xitla, Tlalpan, 14420 México, D. F. Tel. 573 6929, Fax. 513 3151
e-mail: rtt0523@rtt.net.mx

Introducción

En epidemiología se ha hecho énfasis en la necesidad de hacer una definición estricta de caso, evitando así diluir riesgos debido a la inclusión, en sus definiciones, de sujetos que no conforman la patología de interés. Sin embargo, se le ha dado menos importancia a la necesidad de definir rigurosamente los factores a los que los sujetos se exponen, situación crítica en materia de salud ambiental. El análisis de exposición permite conocer cómo y en qué concentración, un contaminante se pone en contacto con el cuerpo, así como identificar los factores que afectan su distribución incrementándola o reduciéndola, y lo plausible de la aplicabilidad de una dosis, todo ello a nivel individual y poblacional.¹

La atención que ha originado la preocupación por la contaminación atmosférica se ha trasladado del monitoreo general y su regulación, a la distribución de las fuentes y concentraciones en distintos microambientes intramuros y extramuros.²

La evaluación de los componentes de la exposición total permite estimar el beneficio proporcional de las acciones de control del ambiente general. Este es un campo nuevo en la evaluación y manejo de riesgos ambientales y el manejo clínico del sujeto;³ es complejo por la multiplicidad de rutas, fuentes y variaciones temporales⁴ y espaciales de exposición. Requiere del abordaje sistemático que integre la exposición con los efectos tóxicos, caracterizando el riesgo a poblaciones específicas para elegir alternativas de manejo económicas.⁵

La exposición requiere de la ocurrencia simultánea de dos eventos: la presencia de un sujeto y la concentración de un contaminante en un lugar y tiempo. Las fuentes puntuales y cercanas a los sujetos, como el tabaco,⁶ y otras interiores⁷ como los productos de la combustión al cocinar, pueden tener un peso hasta cinco veces mayor en la exposición personal, especialmente con respecto a las partículas. En algunos casos estas fuentes superan el impacto de una reducción en los contaminantes atmosféricos generales.⁸

En las revisiones sobre los efectos en salud de la exposición a partículas^{9,10} se concluye que sus concentraciones elevadas en aire inducen efectos en la salud, tales como enfermedad respiratoria en poblaciones susceptibles, llegando al incremento

de la mortalidad. Lo anterior se ha corroborado con respecto a las partículas suspendidas totales¹¹ y a MP_{10} en cohortes seguidas hasta por 16 años.¹² Existe evidencia de que incrementan las enfermedades respiratorias agudas y su duración, y reducen la función respiratoria en concentraciones por debajo de las normas¹³ de protección a la salud. En consecuencia, la discusión acerca del nivel aceptable y, sobre todo, de la forma como ocurre la exposición, son de gran importancia.

La emisión natural de partículas suspendidas se origina en el polvo terrestre y el aerosol marino, así como en las emanaciones biogénicas, volcánicas y de fuegos naturales. Las fuentes antropogénicas dominantes son las industriales y, para las partículas más finas (menos de 10 micras), el transporte. Las barreras naturales y los filtros reducen considerablemente la materia particulada (MP) gruesa (mayor de 10 micras); sin embargo, se prevé que una vez impulsada, como en el caso de la Zona Metropolitana de la ciudad de México (ZMCM) su contribución proporcional es mayor.¹⁴ Las partículas finas son las que penetran en el tracto respiratorio medio y bajo, representando un mayor peligro para la salud.

Las estaciones aerométricas permiten estimar la exposición en un área circundante; su grado de precisión al representar las condiciones reales de exposición depende de su ubicación, de la temporada del año y de los vientos.¹⁵ Se ha revisado el modelaje de exposición a partículas,¹⁶ y la metodología de evaluación de exposición total (PTEAM) ha permitido comparar los monitores personales con los monitores de área y las estimaciones indirectas, dando como resultado una mayor confiabilidad en el abordaje.¹⁷ Esta integración permite establecer modelos predictivos inclusive en sujetos no monitoreados por exposición, pero cuyo patrón de tiempo-actividad permite estimarla. Esta metodología se ha aplicado para contaminantes como NO_2 y SO_2 ,^{18,19} y, con excepción de este último, se encuentran los resultados que se obtienen con los métodos indirectos son similares a los del monitoreo personal.

Se puede estimar la dosis de un agente ambiental al conocer tanto sus concentraciones en los distintos microambientes, como el tiempo de estancia y el tipo de actividad que realiza el sujeto, siendo esta última la que determina su tasa de

inhalación¹⁸ para establecer índices de exposición y de respuesta.¹⁹ Los resultados del análisis tiempo-actividad se pueden modelar bajo la siguiente propuesta:²⁰

$$E_i = \sum_{j=1}^N C(j)t_j = C(1)t(1) + C(2)t(2) + \dots$$

en donde

E_i = exposición integrada durante el tiempo de interés

$C(j)$ = concentración del contaminante medido en el lugar j

t_j = tiempo que pasa en el lugar j

Así, es necesario establecer la forma como emplean su tiempo las personas.²⁰ Los "presupuestos" de actividades diarias constituyen un método fundamental para estimar la exposición, al identificar el tiempo pasado intramuros en el hogar, trabajo o escuela, y extramuros en tránsito, trabajo o ejercicio.²¹ Para la ZMCM, el tiempo de tránsito para el personal de oficina llega a ser de más de tres horas diarias,²² cifra que es todavía mayor en el caso de los obreros industriales.

En investigaciones como ésta se ha precisado, directa o indirectamente, la variable exposición en los estudios de NO_2 ,²³ y de MP_{10} .²⁴⁻²⁶ La naciente ciencia de la medición de exposición total²⁷ está proporcionando instrumentos para la integración de exposición individual de CO , NO_x , O_3 compuestos orgánicos volátiles y partículas, para su empleo clínico y epidemiológico, y se confirma la idea de que en los casos de escasez o inexistencia de datos objetivos de exposición, la información subjetiva²⁸ puede modelarse con ambos tipos de datos.

Desde el punto de vista epidemiológico, ofrece la ventaja de incrementar la estimación de riesgos a través de modelos lineales y estocásticos²⁹ de las determinaciones microambientales, inclusive de aquellas originadas intramuros.³⁰⁻³⁴

La red de monitoreo atmosférico manual registró en 1986 niveles anuales de PST de hasta cuatro veces la norma de $75 \mu g/m^3$ en el noreste y sureste de la ZMCM;³⁵ en la actualidad, los niveles anuales son del doble en casi todas las zonas y el MP_{10} , actualmente del doble en el noroeste y suroeste.

La zona centro de la ZMCM³⁶ cuenta con monitoreo manual y automatizado de mayor continuidad y calidad y, dadas sus características, se trata de una zona predominantemente de servicios y habitacional, donde la población citadina desarrolla las actividades más complejas. La estabilidad migratoria que presenta esta área la hace idónea para la realización de estudios a largo plazo o retrospectivos, de tal manera que en este estudio se analiza la relación entre la exposición de sus habitantes a partículas y las enfermedades respiratorias crónicas, a fin de realizar los primeros trabajos para modelar la exposición a partículas en la ZMCM.

Se planteó la primera fase de desarrollo tanto de la instrumentación observacional como de medición, a modo transversal, con el objeto de tener un primer abordaje. Posteriormente se procederá al modelaje longitudinal anual de la zona y, en un futuro, de otras regiones de la ZMCM. La información obtenida apunta hacia zonas o posibles intervenciones de manejo individual de la exposición a partículas, además de que contribuye a conocer el impacto de estas intervenciones y a modificar los estándares para la reducción de la contaminación atmosférica.^{11,37}

Material y métodos

Con el objeto de estimar el grado de exposición a MP_{10} atribuible a cada microambiente, así como de examinar su asociación con la bronquitis crónica, se diseñó un primer estudio transversal en el cual se tomó una muestra probabilística de la población residente dentro de un diámetro de 3 km circundante a la estación de monitoreo Merced.

Se consideró a todos los residentes del área como población objetivo y se estableció un esquema de muestreo multietápico por conglomerados; la unidad primaria fue la manzana, la secundaria la vivienda y la terciaria el individuo. Se eligieron 314 viviendas de las cuales, por no encontrarse nadie en ellas (11%), por no ser una vivienda familiar (5%), o por rechazo a la entrevista (5%), sólo se pudo acceder a 226 (72%), identificándose un total de 544 individuos como población objetivo. Se excluyeron aquellos sujetos menores de 9 años y mayores de 79, los analfabetas, los discapacitados

permanentemente, los que estudiaban fuera de la zona, los que trabajaban en ambientes polvosos y los fumadores. Se generó una submuestra de 10% para efectuar las mediciones intramuros y personales.

Los instrumentos de medición fueron:

- Cuestionario de condición de la vivienda: su ubicación, características de construcción y servicios, ventilación, fuentes de emisión puntual internas y cercanas a los hogares; además, incluyó composición y actividad de sus residentes.
- Cuestionario de síntomas respiratorios, que identifica su frecuencia, duración, ciclos escalonados y cronicidad, la historia de tabaquismo, los hábitos deportivos y la existencia de diagnósticos médicos de enfermedades respiratorias.
- Diario de tiempo-actividad desarrollado a manera de un cuadernillo gráfico autoexplicativo, para hacerlos transportables, que llenó diariamente cada individuo al finalizar las labores. Los reactivos se marcaban con cruces o rayas* e incluían preguntas acerca del tiempo dedicado a las actividades en el hogar, al transporte y a las actividades intra y extramuros. Incluye el tiempo de exposición a tabaquismo pasivo y la sintomatología aguda.³⁸
- Monitoreo para MP₁₀, extramuros, intramuros y personal.

Las tres cédulas de observación se elaboraron específicamente para el estudio. El cuestionario de condición-actividades un producto del modificado de los proyectos de cobertura de atención primaria del Instituto Nacional de Salud Pública; el de síntomas respiratorios fue una adaptación y primera prueba de los cuestionarios estandarizados del Consejo de Investigación Médico del Reino Unido³⁹ y de la Asociación Torácica Americana;⁴⁰ el de tiempo-actividad se desarrolló con base en las experiencias de otros autores. Todas estas cédulas fueron elaboradas, pre-piloteadas internamente y con población clínica, reestructuradas y piloteadas en una segunda ocasión, para obtener BU versión final.

"Los instrumentos con registro de autor se encuentran a disposición del lector para su conocimiento en detalle."

A los residentes se les mencionó el propósito del proyecto; a los individuos seleccionados se les pidió su consentimiento informado, aplicándoles los riesgos y los beneficios de su participación en el proyecto.

El monitoreo extramuros se efectuó con un muestreador de altos volúmenes (*High Vol*), con separación de fracción menor de 10 micras, ubicado donde se encuentra la estación de monitoreo Merced. Se obtuvieron 461 mediciones a lo largo de tres años.

El monitoreo personal⁴¹ se realizó con bombas portátiles de flujo de 4 l/min.¹² que cuentan con un cabezal para MP₁₀, integrado, bomba de succión y rotámetro para estimar el flujo. Cuentan además con una fuente de energía que, con un flujo constante, permite realizar muestreos de 24 horas. Se emplearon filtros de teflón, mismos que una vez extraídos se guardaron en una caja de Petri para transportarlos al laboratorio de pesado. El monitoreo intramuros se efectuó con el mismo equipo, llevando a cabo dos días de muestreo por individuo y vivienda.

Los filtros se pesaron antes y después del muestreo en una balanza analítica con sensibilidad de 0.1 mg para los filtros extramuros, y de 0.001 mg para los filtros de muestreo personal e intramuros. Los resultados de la diferencia en peso (en mg) se dividieron entre el flujo promedio (en l/min) marcado por el rotámetro, obteniéndose la concentración (en mg/m³) en 24 horas.

Para el control de calidad se utilizó 5% de los filtros como blanco de campo para medir el valor basal. Asimismo, sólo se consideraron válidos los muestreos personales con un flujo de bomba de 41/min $\pm$ 20% o un tiempo de muestreo no inferior a 1 440 min -20%.

Se elaboraron cuatro programas de capacitación para las encuestados/as y la supervisora, incorporando los conceptos del propósito del proyecto, y entrenándolas en cada una de sus distintas actividades. Todos los instrumentos se estandarizaron con ellas para obtener concordancia en los resultados.

Para garantizar el control de calidad⁴² en cada paso del proyecto y en su supervisión de campo, se estableció un programa de revisión de las entrevistas, codificación y re-muestreo.

La información se incorporó en seis bases de datos que, si bien eran de estructura lineal, podían relacionarse entre sí a través del número de folio, identificador y conglomerado. Toda la información se recapturó y examinó para detectar discordancias.

Para el análisis de los datos se procedió a examinar sus distribuciones a través de histogramas, gráficas de caja, de tallo y hoja. Se construyeron varios índices, a saber:

- hacinamiento (habitantes por habitaciones),
- fuentes de emisión intrahogar (piso de tierra, ventiladores, fuentes de combustión, mascotas, garages de vehículos cerrados),
- ventilación (número de ventanas/habitación),
- fuentes de emisión cercana al hogar (avenidas, estaciones de transporte público, fábricas y talleres contaminantes),
- estrato social (escolaridad, vivienda, hacinamiento),
- bronquitis crónica (tos con flema por más de tres meses, por más de dos años).

Se examinaron las observaciones extremas. Se definió de antemano la exclusión de la observación perdida, y la categorización alrededor del promedio cuando se generaran variables dicotómicas; se transformaron algunas variables para aproximarlas a la distribución gaussiana. Otras categorizaciones se efectuaron por deciles. Se examinó por gráfica de nubes la relación entre variables continuas y se estimó su correlación de Pearson y su tendencia lineal.

Los tiempos dedicados a cada lugar y actividad se integraron para cada individuo, definiendo el tiempo intramuros, extramuros, en transporte y en casa. A cada uno de ellos, en los sujetos monitoreados, se les aplicó la concentración determinada, para finalmente integrar el modelo total de exposición. Una vez determinada la exposición personal, extramuros e intradomiciliaria, la concentración de otras actividades intramuros se estimó despejando algebraicamente y se integró el modelo exposición.²⁰

Con objeto de examinar la asociación de bronquitis crónica con algunos de los factores de riesgo identificados no relacionados con el monitoreo personal, se examinaron las variables categorizadas

obteniéndose razones de momios de prevalencia, junto con su intervalo de confianza. Para examinar la relación de bronquitis con exposición personal, ésta se examinó obteniéndose estimadores de máxima verosimilitud. Se ajustó por variables que habían mostrado una asociación importante. La expansión de la submuestra a toda la población de estudio será motivo de otro informe. Todo el manejo de datos, decisiones de análisis y codificación se documentó tanto en los programas de cómputo como en un log auditable.

Resultados

La zona y la localización de los domicilios muestreados se señalan en la figura 1, destacando su distribución aleatoria dentro del diámetro señalado, la amplia zona incluida, así como que los bordes irregulares señalan las manzanas limítrofes. Debido a las características culturales y sociales de la zona, el levantamiento de la información fue difícil; por otra parte, las irregularidades de voltaje en la energía eléctrica hicieron que varias muestras se perdieran.

En el cuadro I se presentan las características de esta población: se incluyó una proporción mayor de mujeres (59%) que de hombres, resultando 77% elegibles. Finalmente la población de estudio fue de 365 sujetos que llenaron su diario de tiempo-actividad. Una submuestra de 52 individuos se tomó muestra personalmente y una de 45 viviendas se tomó muestra intramuros.

Se confirmó la estabilidad en la residencia de la población de la zona centro. La muestra incluyó una alta proporción de amas de casa y trabajadores no expuestos, así como una baja proporción de adultos mayores. En el mismo cuadro I se muestra la distribución por estratos sociales; sin embargo, es una estratificación que no es generalizable a toda la población al ser una subdivisión solamente de la población en estudio.

Únicamente 5% de las viviendas tienen más de dos fuentes de emisión interna de partículas; sin embargo, 50% tienen más de tres fuentes de emisión externa cercana. En promedio existe una ventana por habitación y el índice de hacinamiento es alto. De la población elegible, 15% practica habitualmente un deporte extramuros.

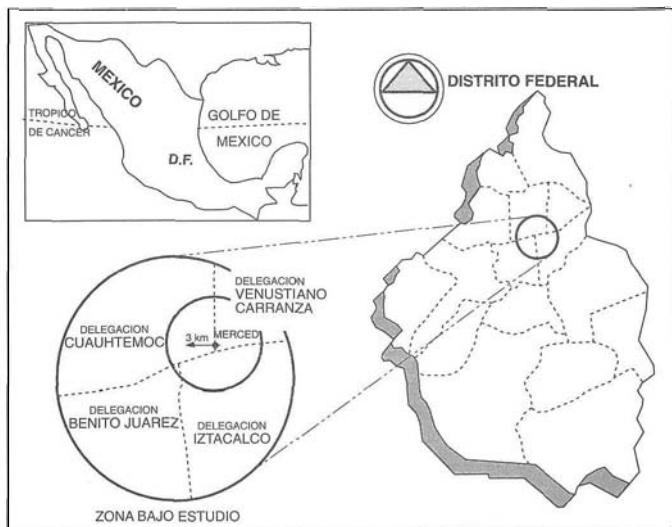


Figura 1. Localización de la zona bajo estudio: Centro de la ciudad de México.

Cuadro I. Características de la población estudiada

Porcentaje población >6 meses de residencia	97
Porcentaje población que no fuma	75
Porcentaje población que responde encuesta	93
Población estudio seleccionada/monitoreo/total	544/166
Niños	91/20
Estudiantes	42/14
Obreros	28/12
Oficinistas	203/123
Amas de casa	160/17
Ancianos	20
Edad de la población de estudio	
9-12	77
13-24	173
25-64	274
65-79	20
Estrato socioeconómico	
Por ciento en III	27.7
Por ciento en II	35.6
Por ciento en 127.7	
Deporte extramuros	15%
Prevalencia de bronquitis crónica	8.6%

En la figura 2 se muestra la distribución promedio, para cada grupo de interés, de su propio tiempo-actividad. Cabe destacar que, salvo las amas de casa y los ancianos que pasan la mayor parte del tiempo en el hogar, en los otros grupos es más o menos similar. Los trabajadores y los estudiantes pasan una porción importante de horas en trabajo/escuela intramuros y en exteriores, y tienen mayor tiempo de transportación que los ancianos y amas de casa. Finalmente todos los grupos tienen un promedio de entre 0.16 y 1.3 horas de tabaquismo pasivo, siendo menor para los ancianos y aumentando para los estudiantes y los niños.

En la figura 3 se muestra la distribución, a manera de gráficas de caja, de las concentraciones ambientales: 79 mediciones diarias fueron personales, 77 intramuros y de las 461 extramuros con mediciones válidas, 77 coincidieron con las otras muestras. Nótese que la distribución compacta de intramuros resulta mayor a otras concentraciones. Durante los tres años de muestreo, la concentración en extramuros fue superior a la media anual de 50 mcg/m₃; sin embargo, por alguna razón en 1992

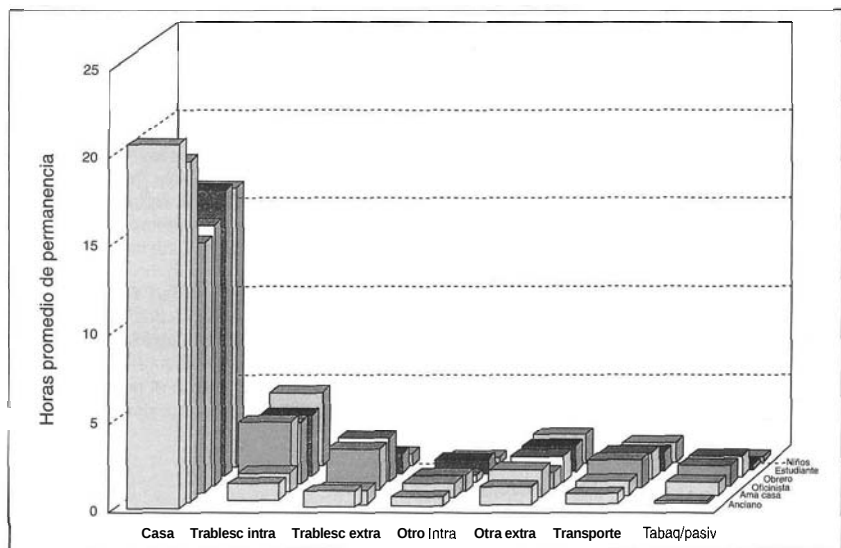


Figura 2. Tiempo de permanencia por grupo microambientes y tabaquismo pasivo.

las concentraciones fueron menores. Las concentraciones promedio intramuros y personales fueron de 99 y 97 mcg/m³, cifras por arriba de la concentración recomendable de 75 mcg/m³ para MP.

No obstante, cabe notar que las concentraciones son relativamente similares entre sí. El cuadro II muestra la correlación entre las mediciones en los individuos con muestreo personal. De todos estos coeficientes, la mayor interrelación es entre la exposición personal y las mediciones intramuros.

De los 421 sujetos que respondieron el cuestionario de síntomas respiratorios, 37—que incluyen a personas de todas las edades—fueron clasificadas como bronquíticos crónicos.

En el cuadro III se muestra la asociación de algunos índices con los datos de monitoreos ambientales, destacando el hecho de que los monitoreos extramuros están poco relacionados con las condiciones socioeconómicas y con el índice de fuentes de emisión interna al hogar. Se utilizó,

asimismo, un índice de fuentes de emisión externa y de ventilación del hogar, elementos que no se asociaron con los datos extramuros. Los análisis estratificados, empleando la Chi cuadrada de Mantel-Haenzel, mostraron que los índices de permanencia en casa y concentración intramuros estaban asociados con la exposición personal, al igual que las labores extramuros y el monitoreo extramuros.

Cuadro II. Correlación entre monitoreo ambientales

	Personal	Intramuros	Extramuros
Personal	1.0	0.47 (.002)	0.264 (.099)
Intramuros		1.0	0.227 (.158)
Extramuros			1.0

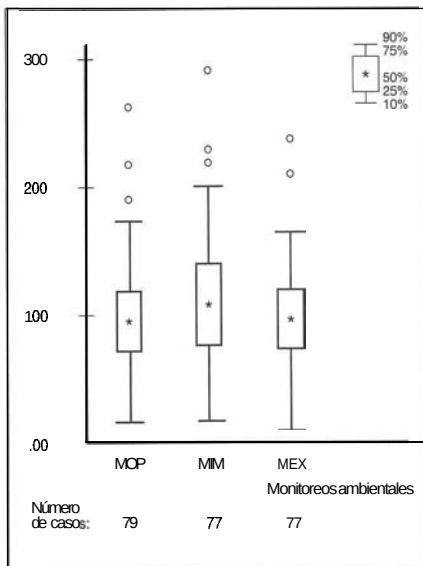


Figura 3. Diagrama de caja para los monitoreos personales intramuros y extramuros a PM.

Asimismo —ya con todas las variables incluidas en un modelo de regresión logística, de 15 modelos construidos y utilizando los criterios de parsimonia y mayor explicación de devianza—, se encontró que las variables más predictivas de la exposición personal fueron la exposición en casa y otras actividades extramuros (Cuadro IV).

En el cuadro V se muestra la distribución de razones de momios según algunos factores de riesgo de interés. Siendo meramente categóricos, todos estos factores tienen una tendencia a incrementar el riesgo, aunque ninguno de los intervalos de confianza excluye la unidad. Para el grupo de interés, se obtuvo una Chi cuadrada de Mantel-Haenzel de 2.8, cuya probabilidad es menor al 0.10; esto se debe principalmente a la influencia del grupo de ancianos. Destaca el riesgo que representa la práctica del deporte extramuros.

Discusión

Los estudios transversales no ofrecen una visión dinámica de la exposición, ni tampoco de la relación causal con los fenómenos de salud. Por lo tanto, todo esto es materia de inferencia epidemiológica en la que se asume que, para la patología

Cuadro III. Algunas medidas de asociación univariadas

Índice	Monitoreo	Chi Mantel-Haenzel	P
Socioeconómicos	Personal	3.940	.047
	Intramuros	3.940	.047
	Extramuros	0.193	.661
Fuentes de emisión interna	Personal	4.235	.039
	Intramuros	4.235	.039
	Extramuros	0.060	.806
Tiempo en casa	Intramuros	5.357	.021
Tiempo trabajo/escuela extramuro	Extramuros	0.860	.354
Tiempo otra actividad extramuro	Extramuros	2.921	.087

Cuadro IV. Modelo predictivo de la exposición personal

Variable	β	Razón de momios	Intervalo de confianza(95%)
intercepto	-2.00		
Exposición en casa	1.32	3.76	1.14-12.40
Exposición otras actividades extramuros	1.55	4.73	0.75-29.80

bajo estudio, la exposición constante y acumulativa, así como el daño. Además, la estabilidad de la población permite reconocer que esta "fotografía" puede ser similar a los años previos.

Los resultados de la presente investigación proporcionan elementos para afinar el método y los procedimientos para llevar a cabo estudios que permitan estimar la exposición personal integrada de la fracción torácica a las partículas suspendidas.

Este proyecto constituye la primera fase de un estudio longitudinal más amplio y estuvieron presentes las dificultades que representa la incorporación de la nueva tecnología. La transferencia de los monitores personales de Harvard a México requirió de adecuaciones que impidieron la aplicación directa de la tecnología, entre otros factores simplemente porque las variaciones del voltaje no permitían confiar inicialmente en los flujos obtenidos. Probablemente, la mayor contribución fue el riguroso desarrollo de los instrumentos de observación y medición. La cantidad de horas-hombre invertidas en ello se traduce en más de 14 meses dedicados a su estandarización. Empero, esta primera fase ha permitido conocer la factibilidad de un estudio mayor, longitudinal, así como detectar la necesidad de llevar a cabo una supervisión y control de calidad estrechos. Queda todavía por realizar la expansión del modelo de exposición integral al total de la población en estudio, lo que dará mayor luz sobre su uso final.

El proyecto se inició en 1990, con la elaboración de los instrumentos de observación; los diarios de tiempo-actividad se levantaron desde noviembre de 1992, y los monitoreos personales desde marzo de 1993; el levantamiento de la información se terminó en agosto de 1993. Se muestreo 47.5% de los días elegibles en los tres años, siendo la serie

mas detallada al respecto. Cabe destacar que estas tareas requieren de una considerable cantidad de tiempo-persona de investigador, personal de campo y supervisión, así como la propia contribución de la población. Las tasas de exclusión se encontraron dentro de los límites previstos, salvo que se identificó que 68% de los estudiantes estaba en escuelas fuera del área de monitoreo. Las tasas de rechazo estuvieron en el límite inferior al previsto; por lo tanto, no creemos que el resultante se encuentre sesgado con respecto de la realidad.

En este estudio se confirma que la contribución de las exposiciones intramuros es más importante que la de las extramuros, lo cual coincide con lo revisado por otros autores,^{7,12,15,17,25} El modelo muestra que existe una gran relación entre las concentraciones intramuros y extramuros en la zona estudiada, debido a las características de ventilación y al hábito de mantener abiertas las ventanas. Por otra parte, aún no se ha realizado la medición de la exposición en otros ambientes intramuros para conocer la totalidad de fuentes. Sin embargo, es explicable que no se logre una correlación perfecta; como ya se mencionó, la decisión relativa a la ubicación de los monitores ambientales extramuros puede influir en la cobertura de la exposición real de los individuos.¹⁴ Asimismo, no se excluyó del estudio a aquellos individuos cuya movilidad cotidiana los llevaba a salir del perímetro que se monitoreo. Por otro lado, en los distintos grupos de interés hubo diferencias en cuanto al uso de su tiempo, y algunos pasan más de 10% del tiempo en tabaquismo pasivo, lo cual también afecta los datos. Al no observarse continuamente al sujeto, existe la posibilidad de que algunos no hayan mantenido el monitor personal constantemente con ellos.

Cuadro V. Riegos simples de bronquitis crónica a factores específicos

Variable	RMp	(I.C. 95 %)
Edad	1.6	0.8- 3.4
Grupo de Interés	2.0	0.5-7.4
Estudiantes	1.4	0.3- 7.1
Trabajador industrial	1.5	0.5- 4.5
Empleado de oficina	1.4	0.5- 4.5
Ama de casa	3.0	0.8- 12.3
Ancianos		
Hábito deporte exterior	2.0	1.0-4.0
Índice de emisión interior	1.1	0.6-2.0
Índice de fuentes externas	1.2	0.6-2.3
Estrato socioeconómicos	II vs I	0.9 0.4-2.1
	III vs I	1.3 0.6-2.7

Este estudio permite concluir que el modelaje de la exposición personal es factible; muestra que en zonas que no han sido particularmente caracterizadas como industriales poseedoras de fuentes naturales de emisión, existen concentraciones de MP_{10} superiores al promedio diario o anual previsto por la norma. Lo anterior es materia de preocupación desde el punto de vista de la salud pública, tomando en cuenta, además, los resultados de investigaciones recientes que muestran que a tales niveles existen daños severos a la salud y a la vida.

Con respecto al MP_{10} , se encontró interrelación intra y extramuros, lo cual destaca la importancia del diseño de vivienda en el manejo de la exposición. Asimismo, la exposición personal, dado el tiempo que se pasa en casa, está explicada por las concentraciones de exposición intramuros y sus fuentes de emisión interna.

El riesgo de bronquitis crónica es mayor en los ancianos, se duplica en quienes practican regularmente deporte extramuros, y se incrementa con la exposición a partículas.

A partir de estas conclusiones puede aseverarse que el manejo de la exposición intramuros debe orientarse a las acciones de manejo ambiental y que los resultados de la contribución de cada sujeto pueden ser considerables. Para conocer el impacto de estas medidas en México, a través de mediciones de riesgo atribuible, se requiere en un futuro realizar esta investigación de manera longitudinal,

para examinar incidencias y ciclos en los fenómenos de salud a través de las distintas estaciones del año.

Agradecimientos

Agradecemos el apoyo y los comentarios de Rocío Chapela M. Lebowitz, J. Goldsmith, George Allen, Nora Vela Ramirez, Patricia Romano y de los técnicos, quienes contribuyeron en distintas etapas de este complejo proyecto.

Referencias

1. Liou PJ. Human exposure assessment: a graduate level course. *JEAAE* 1991;1(3):271-281.
2. Smith KR. Assessing total exposure in developing countries. *Environment* 1988;30(10):16-20,28-35.
3. Wesolowski JJ. The relation between policy and research planning. *JEAAE* 1991;1(1):1-10.
4. Akland GG. Organizational components and structural features of EPA's new human exposure research program. *JEAAE* 1991;1(2):129-141.
5. Smith KR, Edgerton SA. Exposure-based air pollution control strategies: proposed three way integration. Presented in the Symposium Total exposure assessment methodology: a new horizon, Nov 27-30, 1989.
6. NRC. Assessing exposures to tobacco smoke, Ch 5-6, in Committee on Passive Smoking, Board on Environmental Studies and Toxicology, National Research Council Environmental tobacco smoke: Measuring exposures and assessing health effects. National Academy Press, Washington D.C. 1986:69-100.
7. Smith KR. Indoor air quality and the population transition. In Kasuga H. editor. Indoor air quality. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, Alemania, 1990.
8. Santos-Burgoa C, Rojas-Bracho L. XI. Los efectos de la contaminación atmosférica en la salud. In Restrepo P. editor. La contaminación atmosférica en México: sus causas y efectos en salud. Comisión Nacional de Derechos Humanos. México D.F., 1992:205-50.
9. USEPA Air quality Criteria for Particulate Matter and Sulfur Oxides, Vol III, Ch. 14. y Second Addendum. Environmental Criteria and Assessment Office, U.S. Environmental Protection Agency. Research Triangle, Research Triangle Park NC. EPA-600/18-82-029c y EPA/600/8-86/020f. 1982.
10. Spix C, Heinrich J, Dockery D, Schwartz J, Volcksch G, Schwinkowski K, y cols. Air pollution and daily mortality in Erfurt, East Germany, 1980-1989. *Environ Health Persp* 1993; 101(6): 518-26.
11. Dockery DW, Pope CA, Xu Xiping, Spengler JD, Ware JH, Fay ME, Ferris BG, Speizer FE. An association between air pollution and mortality in six U.S. cities. *N Engl J Med* 1993;329:1753-9.

12. Hoek G. Acute effects of ambient air pollution episodes on respiratory health of children. Thesis. Departamento de epidemiología y salud pública y contaminación atmosférica. Universidad Agrícola de Wageningen, Holanda. Septiembre 1992:151-207.
13. USEPA Air quality Criteria for Particulate Matter and Sulfur Oxides, Vol III, Ch. 4-5. Environmental Criteria and Assessment Office, U.S. Environmental Protection Agency. Research Triangle Park, NC. EPA-600/8-82-0296b, 1982.
14. Goldstein IF, Landovitz L. Analysis of air pollution patterns in New York City-11. Can one aerometric station represent the area surrounding it?. *Atmosph Environ* 1977;11:53-7.
15. Thomas KW, Pellizari ED, Clayton CA, Whitaker DA, Shores RC, Spengler J, Ozkaynak H, Froehlich SE, Wallace LA. Particle total exposure assessment methodology (PTEAM) 1990 study: method performance and data quality for personal, indoor and outdoor monitoring. *JEAAE* 1993;3(2):203-226.
16. Hosein R, Corey P, Silverman F, Ayiomamitis A, Urch RB, Alexis N. Predictive models based on personal, indoor and outdoor air pollution exposure. *Indoor Air* 1991;4:457-464.
17. JM, Lambert WE, Samet JM, Skipper BJ, Hunt WC, Schwab M, Spengler JD. Assessment of Exposure to Nitrogen Dioxide, En HEI Research Report Number 58: Nitrogen Dioxide and Respiratory Illness in Children. Cambridge, Mass. Junio 1993:33-49.
18. USEPA Exposure factors hand book. Office of Health and Environmental Assessment. United States Environmental Protection Agency. EPA/600/8-89/043. Part I: 3-1 to 3-14, 5-7 to 5-30, Part II: 1-29 to 1-35, 1989.
19. Lippman M, Lioy P.J. Critical issues in air pollution epidemiology. *Env Health Perspec* 1985;62:243-258.
20. Moschandreas DJ. Exposure to pollutants and daily time budgets of people. *Bull N.Y. Acad Sci*; 1981;57(10):845-859.
21. Schwab M, Colome SD, Spengler JD, Ryan PB, Billick IH. Activity patterns applied to pollutant exposure assessment: data from a personal monitoring study in Los Angeles. *Toxicol & Ind Health* 1990;6(6):517-32.
22. Fernández-Bremauntz A, Merritt JQ. Assessing the contribution of commuting to air pollution exposure in Mexico City. Personal communication, 1992.
23. Segal K, Fugas M. Different approaches to the assessment of human exposure to nitrogen dioxide. *JEAAE* 1991;1(2):227-234.
24. Dockery DW, Spengler JD. Personal exposure to respirable particulates and sulfates. *J Air Poll Cont Assn* 1981;31(2):153-9.
25. Quackenbush JS, Krzyzanowski M, Lebowitz MD. Exposure assessment approaches to evaluate respiratory health effects of particulate matter and nitrogen dioxide. *JEAAE* 1991;1(1):83-107.
26. Clayton CA, Pellizzari ED. Use of a pilot study for designing a large scale probability study of personal exposure aerosols. *JEAAE* 1991;1(4):407-421.
27. Ott WR. Total human exposure: an emerging science focuses on humans as receptors of environmental pollution. *Environ Sci Technol* 1985; 19(10):880-6.
28. Taylor AC. Using objective and subjective information to develop distributions for probabilistic exposure assessment. *JEAAE* 1993;3(3):285-298.
29. Duan N. Stochastic microenvironmental models for air pollution exposure. *JEAAE* 1991;1(2):235-257.
30. Leaderer BP, Zagraniski RT, Berwick M, Stolwijk JAJ. Assessment of exposure to indoor air contaminants from common sources. *Microenvironmental applications*. *Am J Epidemiol* 1986;124(2):275-89.
31. Ryan PB. An overview of human exposure modeling. *JEAAE* 1991;1(4):453-474.
32. Ott WR, Mage DT, Thomas J. Comparison of microenvironmental CO concentrations in two cities for human exposure modeling. *JEAAE* 1992;2(2):249-267.
33. Ostro BD, Lipsett MJ, Wiener MB, Selner JC. Asthmatic responses to airborne acid aerosols. *Am J Pub Health* 1991;81(6):694-702.
34. Schwartz J, Wypij D, Dockery D, Ware J, Zeger S, Spengler J, Ferris B. Daily diaries of respiratory symptoms and air pollution: methodological issues and results. *Env Health Persp* 1991;90:181-7.
35. Comisión Metropolitana para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental en el Valle de México. Partículas suspendidas: Situación actual en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México. México, D.F., Agosto 20, 1993:2-1 a 4-14.
36. Nakamura K. Present state of air pollution in Mexico City, Capítulo 3 de Seminarios sobre las medidas contra la contaminación atmosférica en la Ciudad de México. Agencia Japonesa de Cooperación Internacional, México, 1988.
37. USEPA. Review of the National Ambient Air Quality Standards for Particulate Matter: Assessment of scientific and technical information. Office of Air quality Planning and Standards. U.S. Environmental Protection Agency. Research Triangle Park, N.C. EPA-450/5-86-012, 1986.
38. Wegman DH, Elsen EA, Woskie SR, Hu X. Measuring exposure for the epidemiologic study of acute effects. *Am J Ind Med* 1992;21:77-89.
39. Fletcher CM. Standardized questionnaires on respiratory symptoms. *Br Med J* 1960; Dec 3:1665.
40. Helsing KJ, Comstock GW, Speizer FE, Ferris B, Lebowitz MD, Tockman MS, Burrows B. Comparison of three standardized questionnaires on respiratory symptoms. *Am Rev Respir Dis* 1979;120:1221-31.
41. Thomas KW, Pellizzari ED, Clayton CA, et al. Particle Total Exposure Assessment Methodology (PTEAM) 1990 Study: Method, Performance and Data quality for Personal, Indoor, and Outdoor Monitoring. *J Expo Anal & Environ Epidemiol* 1993;3(2):203-226.
42. Hawkins NC, Jaycock MA, Lynch J. A rationale and framework for establishing the quality of human exposure assessments. *Am Ind Hyg Assoc J* 1992;53(1):34-41.

asimilar a la institución el Hospital General de México, inaugurado en 1905, y los institutos Médico, que será suprimido en 1917 por Carranza, Patológico y Bacteriológico.³ Según Garciadiego, "fue tan exitoso el desempeño de Urrutia, que ayuda a explicar su designación como secretario de gobernación". Tal compromiso manchó evidentemente la reputación de Urrutia, pero puede comprenderse, si no justificarse, por el enjambre de contradicciones característico del ser humano. Tengamos presente que, tras una luminosa trayectoria de soldado, se manchó el almirante Nelson con la injusta condena impuesta a su homólogo napolitano Francesco Caracciolo.

El propio Victoriano Huerta y Nemesio García Naranjo asestaron los primeros golpes radicales al sistema de educación superior porfiriano. La reforma educativa impulsada por García Naranjo logró también que se introdujeran cambios significativos en Medicina, Ingeniería y Jurisprudencia, tendientes a impartir una educación más práctica y moderna.

Por otro lado, debe tomarse en cuenta que, en enero de 1912 -durante la tercera presidencia académica del doctor José Terrés- el Presidente Constitucional de la República, don Francisco I. Madero, convencido de la misión de nuestra Academia, la declaró institución oficial. El reconocimiento sucesivo de 1914 se sitúa en la línea de la brillante trayectoria de la misma. Parece justo que la merecida distinción, transmitida al entonces presidente Joaquín G. Cosío, sea dada a conocer a todos los académicos actuales y, a fines de nuestro siglo, sea refrendada por el gobierno constitucional de la República Mexicana.

Dr. Alfredo de Micheli*

Referencias.

- 1- Garciadiego Dantán J. De Justo Serra a Vasconcelos „a Jnivers daa hacional aurante la Revoluc ón Mex ca. na. Historia Mexicana 1997;46:769-819.
- 2- Informe presidencia de Huerta (abr. 1913). En: Los presidentes. 1985, III pp. 48-49
- 3- AGN, G, PR, C. 116 exp. 2

Comentario del doctor Carlos Viesca Treviño

Señor editor de Gaceta Médica de México. En relación con su pregunta acerca de mi opinión respecto de la viñeta histórica referente al título de "Benemérita otorgado a nuestra Academia el 14 de mayo de 1914", me permito decirle que me parece muy interesante, que yo desconocía todo al respecto y que considero de gran interés hacer accesible a todos los académicos y al mayor número posible de los médicos mexicanos este importante dato.

Es probable que "el dictado de Benemérita", como reza el texto de la comunicación, no haya sido empleado en lo sucesivo por proceder del gobierno de victoriano Huerta. Sin embargo, es claro que no fue otorgado por servicios prestados al ejecutivo, sino en razón del cumplimiento de "cincuenta años de eminentes servicios prestados a la ciencia", de manera que bien puede exhibirse y quizá plantearse la conveniencia de su ratificación por el legítimo gobierno actual.

Sin más por el momento reciba un cordial saludo.

Dr. Carlos Viesca Treviño**

*Académico numerario. Instituto Nacional de Cardiología "Ignacio Chávez".

Correspondencia y solicitud de sobretiros: Departamento de Farmacología del Instituto Nacional de Cardiología "Ignacio Chávez". Juan Badiano No. 1 Col. Sección XVI C.P. 14000 México, D.F. Tel. 573-29-11 ext. 317 y 297.

** Académico numerario.

Correspondencia y solicitud de sobretiros: Departamento de Historia y Filosofía de la Medicina, Facultad de Medicina UNAM. Antiguo Palacio de Medicina, Brasil No. 33 Col. Centro C.P. 06020 México 1, D.F.