

Patrones de Exposición a PM10 y Ozono en una cohorte de niños escolares de la ciudad de México.

Torres-Meza V.M., Gómez-Perales J., Rojas-Martínez R, Borja-Aburto V.H., Pérez-Padilla R., Ángeles F., Fernández-Bremauntz A., Olaiz-Fernández G.¹

Introducción

En la mayoría de los estudios epidemiológicos enfocados a buscar asociación entre PM10, ozono y efectos a la salud, se miden las concentraciones de estos contaminantes a través de monitores ambientales fijos, asumiendo que estas mediciones pueden representar la exposición real extramuros e intramuros de la población que estudian. Esto ha sido considerado por varios investigadores como una limitante ya que los monitores fijos no toman en cuenta la variación espacial de las concentraciones de ozono y partículas en diferentes microambientes lo cual determina la exposición personal. (Liu, LJS. et al. 1993).

Estas medidas de exposición se utilizan en las relaciones exposición-respuesta para estimar la probabilidad de ocurrencia de un efecto adverso en la salud. La exposición humana total a contaminantes aéreos está en función de múltiples factores, tales como fuentes específicas de los microambientes interiores y exteriores, actividades de los sujetos, movilidad de la población, características de las construcciones y las tasas de pérdida del contaminante. Por ello la exposición personal a contaminantes atmosféricos generados en ambientes de extramuros es sensible a las diferencias de concentraciones intramuros-extramuros y está afectada por los patrones de tiempo-actividad de la población.

El objetivo del trabajo fue evaluar la exposición a PM10 y Ozono dentro de una cohorte de niños escolares que estudia los efectos a largo plazo de la contaminación en escolares dentro de su entorno.

Con estos métodos y con el reconocimiento de la importancia de los patrones de actividad se ha desarrollado un marco conceptual microambiental, en el que el microambiente es una locación en la cual en un tiempo y espacio dados se asume una homogeneidad en la concentración de un contaminante (Duan N, 1992; Schwab M et al. 1990).

Materiales y método

Población de estudio

Entre octubre de 1998 y febrero de 1999 evaluamos la exposición personal y en diferentes microambientes de un grupo. Se realizó un estudio transversal con 150 escolares de la ciudad de México, pertenecientes a la cohorte de niños escolares del proyecto EMPECE ("Estudio Metropolitano a largo plazo de los Efectos de la Contaminación en Escolares" (EMPECE). Los escolares participantes en EMPECE asisten a escuelas públicas y privadas situadas a no más de 2.5 Km de monitores ambientales de la Red Automática de Monitoreo Ambiental (RAMA) de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM). Estas escuelas fueron seleccionadas a partir de cinco diferentes regiones de la ZMCM. En la evaluación de exposición se seleccionaron 10 escuelas, 2 privadas y 8 públicas; 4 escuelas se localizan en el Estado de México y 6 en el Distrito Federal. Todos los escolares participantes asistían al turno matutino de los cuales 142 aceptaron participar (94.6%), y de éstos 134 (89.3%) completaron todas las fases del estudio. Las escuelas donde se llevó a cabo la investigación, se ubicaron en las cinco diferentes regiones de la Zona metropolitana de la ciudad de México (ZMCM), de acuerdo a la estación de monitoreo elegida para cada una de ellas. En las 10 escuelas se realizó el monitoreo de partículas PM10 y en 5 de ellas se realizó monitoreo de ozono.

En niños que cursaban el sexto año de primaria, de los cuales se obtuvo carta de consentimiento firmada por los padres.

El estudio consistió en el monitoreo personal y ambiental de Partículas Respirables menores a 10 micras de diámetro aerodinámico (PM10) y Ozono, en los diferentes ambientes en que los niños pasan más tiempo: en el interior de la casa, en el interior del salón de clases, en el patio de la escuela, así como el monitoreo ambiental de la zona. El monitoreo personal y microambiental de partículas se realizó en dos días alternos para disminuir las molestias y mejorar la participación de niños y maestros. El monitoreo personal y microambiental se realizó por tres días consecutivos debido a que esto representa menos molestias en su medición. Y el monitoreo personal y ambiental de Ozono para cada uno de los participantes, durante tres días. Para medir los patrones de actividad y tiempos de permanencia en microambientes se solicitó llenar un diario por tres días consecutivos, así como un cuestionario de tiempo-actividad.

Se eligieron a 10 escolares del sexto año de primaria en cada una de las escuelas seleccionadas que hubieran tenido participación en el proyecto EMPECE y firmado la carta de consentimiento informado del monitoreo,

Mediciones de monitoreo ambiental

Mediciones de PM10 en el aire:

Para la medición de exposición personal se emplearon monitores personales SKC Modelo PCXR8 en dos muestreos de 12 horas, matutino entre las 8:00 AM y las 20:00 PM y nocturno entre las 20:00 PM y las 8:00 AM del día siguiente, durante dos días alternos. Se midieron las concentraciones ponderadas en el tiempo (CPT) de las Partículas Respirables menores a 10 micras (PM10) en el aire, en la zona de respiración de los escolares (muestras personales), utilizando monitores SKC Modelo PCXR8 en dos muestreos de 12 horas, matutino entre las 8:00 AM y las 20:00 PM y nocturno entre las 20:00 PM y las 8:00 AM del día siguiente por 2 días, con un día intermedio de descanso con el propósito de mejorar la participación de los niños y profesores. El rotámetro se calibró al inicio del estudio de acuerdo a la altitud de la ciudad de México (3000 m). Para ello se utilizó un calibrador primario portátil marca Bios International Modelo Dry Cal DC-1.

Las bombas se calibraron diariamente con el rotámetro antes de colocarlas en cada escolar y al final del monitoreo. Los filtros de captura fueron de teflón (PTFE) de 37 mm de diámetro, con poro de 2 micras y montados en un impactador PM10 marca SKC; posteriormente fueron sellados y etiquetados en el muestreador PM10.

Además se realizaron monitoreos ambientales de partículas respirables de (PM10) en el interior del domicilio del escolar, el salón de clases de los participantes, el patio de la escuela, así como un monitoreo paralelo a la estación correspondiente de la RAMA, se emplearon monitores de saturación PM10 portátiles Marca Airmetrics Modelo MiniVol en muestreo de 24 horas (8:00 AM a 8:00 AM del día siguiente), en 2 días no consecutivos (martes-jueves o miercoles-viernes); el rotámetro se calibró al inicio del muestreo de acuerdo con la altitud de la ciudad de México. Los equipos se calibraron diariamente con el equipo Bios antes de su colocación en el interior de las casas de los escolares. Los filtros de captura fueron



de teflón de 47 mm de diámetro con poro de 2 micras y montadas en un impactador para PM10; son sellados y etiquetados. Todas las muestras y los filtros blancos fueron enviados para su análisis al Laboratorio de Aire del CENICA (Centro Nacional de Investigación y Capacitación Ambiental) y los resultados notificados en $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Misma conducta se tomó con los muestreos ambientales en los interiores de la escuela (salón de clases de los participantes), en el exterior de la escuela (patio de juegos) y en la estación de monitoreo de la Red Automática de Monitoreo Ambiental (RAMA), con la especificación que en estos tres microambientes el muestreo fue por cuatro días consecutivos (martes a viernes).

Todas las bombas se calibraron diariamente con el rotámetro portátil marca *Bios International* Modelo DryCal DC-1 antes de colocarlas en cada escolar y al final del monitoreo. El rotámetro se calibró al inicio del estudio de acuerdo a la altitud de la ciudad de México. Los filtros utilizados en el muestreo, así como filtros blanco de campo, fueron previamente estabilizados en cuarto limpio con 40% de humedad y temperatura controlada de 25°C permanentemente antes y después de obtener la muestra pesados en el Laboratorio de Aire del CENICA y los resultados notificados en $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Mediciones de ozono en el aire:

Para la medición de la exposición personal y el muestreo microambiental en el interior y exterior de las casas de los escolares, en salón de clases, el patio de la escuela y un muestreo paralelo a la estación de monitoreo de la RAMA correspondiente a la zona de estudio, se emplearon muestreadores pasivos desarrollados por Koutrakis y cols (1993) y comercializados por Ogawa and Company (Pompano Beach, Florida), en muestreos de 24 horas en tres días consecutivos. En esta fase del estudio se midieron concentraciones ponderadas en el tiempo (CPT) de Ozono en el aire, en la zona de respiración de los escolares (Muestras Personales) utilizando muestreadores pasivos Ogawa (*Ogawa & Company, Inc. USA*) en muestreos de 24 horas en tres días consecutivos. El monitor que consta de un sujetador con clip el cual soporta un cuerpo cilíndrico de aproximadamente 4 cm se colocó cerca de la zona de respiración del escolar para el monitoreo personal, preferentemente en la orilla del cuello de la camisa y se recomendó al niño no quitárselo durante el muestreo y durante la noche colocarlo en el lugar más cercano a su cama (buró, silla, etc.), así como no introducirlo al cuarto de baño durante su aseo general. Para el monitoreo microambiental el dispositivo se colocó en el interior de las casas de los escolares, en los exteriores de cada una de las casas de los escolares; en el interior de la escuela (salón de clases), exteriores de la escuela (patio de juegos) y en la estación de monitoreo de la RAMA correspondiente a la escuela y zona de estudio.

El sitio se seleccionó en interiores y exteriores cuidando que la cara del muestreador tuviera un flujo de aire sin restricciones. Se tuvo especial cuidado en registrar el tiempo de exposición para los muestreos de exposición personal, se colocó cerca de la zona de respiración del escolar, preferentemente en la orilla del cuello de la camisa. Se recomendó al escolar no quitárselo durante el muestreo y durante la noche colocarlo en el lugar más cercano a su cama (buró, silla, etc.), así como no introducirlo al cuarto de baño durante su aseo general. El técnico en monitoreo antes de sacar el muestreador al sacarlo y regresarlo a su contenedor antes y después del muestreo botella y colocarlo anota el lugar de muestreo, la fecha y hora de inicio. De igual manera al finalizar el muestreo se guardó el muestreador en su bolsa de plástico y después en su botella, anotando fecha y hora de terminación del muestreo, así como comentarios adicionales.

La concentración de ozono se calcula a partir de la conversión de nitritos a nitratos. La cantidad de nitrato se determinó mediante cromatografía de iones en el Laboratorio de Cromatografía de Iones del CENICA.

En cada paquete de filtros existe algo de conversión de nitrato a nitrato sin que se haya expuesto a Ozono, debido a esto las muestras de campo fueron corregidas por medio de blancos de laboratorio. Esta conversión depende del manejo y envejecimiento del filtro, por lo que cada paquete se dividió para ser utilizado en diferentes tiempos y lugares de muestreo con blancos respectivos, los blancos fueron divididos para cada uno de los microambientes muestreados en las diferentes regiones donde se desarrolló el proyecto.

Para las mediciones con monitores pasivos se utilizaron los dispositivos desarrollados por Koutrakis y cols (*Koutrakis, 1993*) y comercializados por *Ogawa and Company (Pompano Beach, Florida)*, que constan de un sujetador con clip el cual soporta un cuerpo cilíndrico de aproximadamente 4 cm. La cantidad de Nitrato se determinó mediante Cromatografía de Iones, el promedio de las concentraciones de Ozono se calcula a partir de la concentración de Nitrato. Todas las determinaciones se realizaron en los laboratorios de Cromatografía de Iones del CENICA.

Mediciones de la RAMA (datos de calidad del aire)

Los métodos que utiliza la RAMA para el monitoreo de partículas (PM10) son el TEOM (*The Rupprecht and Patashnick Tapered Element Oscillating MicroBalance*) con un monitor TEOM-1400⁹ y para la determinación de Ozono, el cual se realiza a través de Fotometría con el monitor API-400.

Los datos fueron integrados inicialmente en promedios de 24 horas en correspondencia con las horas de muestreo por día y por monitor, así como por el contaminante estudiado.

Se contó con los datos horarios diarios para los cinco monitores elegidos en el estudio (Tlanepantla, Xalostoc, Merced, Pedregal y Cerro de la Estrella) para los meses de octubre de 1998 a febrero de 1999.

Resultados

De los 150 escolares elegidos en el proyecto, se eliminaron 16 (10.7%) por diversas causas como son no entrega del cuestionario, no-disponibilidad de entrar a casa a colocar los equipos de monitoreo o salida del estudio, en total se reportan 134 escolares que completan cada una de las fases del estudio (89.3%). De los cuales se presentan los análisis del cuestionario de características sociodemográficas, vivienda, combustibles en casa, actividades al aire libre y sintomatología respiratoria y de forma independiente de los monitoreos personales y ambientales realizados.

Los escolares pertenecen a 10 escuelas de la ZMCM, de las cuales 2 son privadas y 8 son públicas, en las 10 escuelas se estudiaron escolares del turno matutino; 4 escuelas se localizan en el Estado de México y 6 en el Distrito Federal. Todas las escuelas están situadas a no más de 2.5 Km del monitor ambiental de la RAMA.

De los 134 escolares 77 son del sexo femenino (57.5%) y 57 del sexo masculino (42.5%). Sus edades fluctúan entre 11 y 13 años, siendo la media de 12 años y todos se encuentran cursando el sexto año de primaria.

Los escolares pasan en promedio 210 horas en ambientes intramuros, de los cuales el interior de casa tiene el mayor peso con 16 horas. El tiempo que los niños están en ambientes extramuro-incluyendo el tiempo de transporte- es inferior al promedio del tiempo de permanencia en todos los ambientes es de tres horas en promedio, con mayor tiempo en el exterior de la escuela. La exposición ambiental a tabaco es cercana a una hora intramuros. Y para el ambiente con tabaquismo pasivo que puede estar presente en cualquiera de los demás ambientes es de menos de una hora.



No encontramos diferencias significativas por regiones de la ciudad (datos no mostrados).

Exposición a PM10

Los escolares agrupados por regiones pasan en promedio 16.73 horas en ambientes intramuros dentro de casa esto es el 69.0% de su tiempo, en los interiores de la escuela pasan en promedio 3.26 horas del tiempo (13.5%). Realizando algunas otras actividades también en ambientes intramuros en promedio los escolares están 1.27 horas (5.3%); el transporte como ambiente independiente tiene el 3.5% del tiempo diario de los escolares con 51 minutos en promedio para todos los escolares. El tabaquismo pasivo, referido como los ambientes donde los escolares se encuentran con presencia de gente fumando encontramos en promedio para todas las regiones un tiempo de 28 minutos diarios de exposición a humo de tabaco, teniendo a la región Sureste la de mayor exposición con 48 minutos en promedio diario.

Se observó que los monitoreos personales tuvieron una exposición personal a PM10, de 161.07 Mg/m³ en promedio, con un rango que va de los 11.36 Mg/m³ a los 513.0 Mg/m³. Este último valor corresponde a una niña hija de padres fumadores que nos parece un valor extremo pero válido. La concentración promedio de partículas en intramuros en los hogares fue de 101.4 mg/m³, con rangos de 8.4 a 363.3. La concentración de partículas en el concentraciones altas en relación con los otros ambientes intramuros y extramuros, lo que representa fuentes de contaminación al interior del hogar del escolar como puede ser la convivencia con fumadores.

El ambiente intramuros de la escuela presentó un promedio de 98.6 Mg/m³ con rangos de 8.8 a 292.9 9. En el ambiente extramuros en la propia escuela la media fue de 110.3 Mg/m³ con rangos de 16.1 a 243.8 Mg/m³.

Por otro lado la concentración menor fue la medida por lo monitores de área, con promedio de 94 Mg/m³. De esta manera, teniendo para estos dos ambientes en la escuela una relación interior/externo que va desde 0.91 a 1.06 que refleja variabilidad de las concentraciones en estos dos grandes ambientes para las partículas. Y cuando se analiza por regiones encontramos igualmente variaciones que van de 0.91 en la zona Suroeste (Pedregal) hasta de 1.06 en el Sureste (Iztapalapa), esto es una mínima diferencia entre la concentración de PM10 en exteriores de la escuela con relación a los interiores en la misma escuela y finalmente la concentración obtenida con el muestreador colocado en la estación de monitoreo de la RAMA encontramos un promedio de 94.0 g/m³ con rangos de 16.9 a 268.9.

Encontramos que para los muestreos personales en las cinco regiones seleccionadas, siempre tuvieron mayores concentraciones en relación con los otros ambientes estudiados. Con respecto al ambiente Intramuros en la casa de los escolares, encontramos en tres zonas (Xalostoc, Merced e Iztapalapa) una mayor concentración de partículas con respecto a los ambientes intramuros en la escuela, extramuros en la escuela y ambiental en la zona. También observamos un comportamiento diferente para Tlanepantla y Pedregal donde las concentraciones en interiores de los hogares son menores a los otros ambientes monitoreados. Con respecto a los ambientes estudiados en la escuela, encontramos una marcada diferencia en la Razón Interior/Exterior sólo para la región Sureste (Iztapalapa) donde la relación es de 0.69. Esto es una marcada diferencia a favor de la concentración en exteriores de la escuela con respecto a la concentración en los interiores.

Para las otras regiones esta razón va desde el 0.94 en Xalostoc hasta el 1.08 en las escuelas de Tlanepantla, por lo que debemos considerar el tipo de instalaciones escolares así como sus características de conservación, mantenimiento y en forma importante su ventilación. En el análisis de correlación se compararon los muestreos

personales con los muestreos intramuros en escuela y en casa, así como los extramuros en escuela y ambiental (muestreo en estación RAMA), lo cual mostró que el muestreo personal (MOP) está correlacionado significativamente con el monitoreo intramuros de la casa ($r=0.2077$, $p=.001$), con el intramuros de la escuela ($r=0.2640$, $p=0.000$), con el monitoreo extramuros en escuela ($r=0.1783$, $p=0.03$) y el ambiental ($r=0.1513$, $p=0.013$)

Cuando analizamos la correlación entre el muestreo ambiental en la estación de monitoreo de la RAMA con el equipo de saturación (Minivol) colocados lado a lado encontramos una concentración mayor de partículas sobre la que es captada por el equipo de la RAMA (TEOM), teniendo un coeficiente de correlación $r= 0.599$, donde observamos una mejor asociación con concentraciones menores a 100 g/m³.

Exposición a Ozono

En los muestreos de Ozono ($n=197$), se encontró que los monitoreos personales tenían en promedio una concentración de 0.025.2 ppbm, con un rango que va de 0.004.1 a 0.149.0 ppbm, para los monitoreos intramuros en casa se observó que la media fue de 0.009.1 ppbm con un rango entre 0.000.06 a 0.042.0 ppbm que son las concentraciones menores encontradas en relación con los otros microambientes monitoreados, para los monitoreos extramuros en casa se encuentra que la media de Ozono es de 0.020.7 ppbm con un valor mínimo de 0.001.1 y un máximo de 0.056.0, con respecto a los muestreos en el ambiente Intramuros de la escuela encontramos una media de 0.014.5 ppbm con rangos de 0.002.0 a 0.029.8, en el ambiente Extramuros de la escuela encontramos una media de 0.027.1 ppbm con valores mínimos de 0.007.0 y valores máximos de 0.042.0 ppb. siendo este ambiente el de mayor concentración de Ozono después del monitoreo ambiental de zona que tuvo una media de 0.059.1 y con valores mínimos de 5.00.005 y valores máximos de 0.109.0 ppb.

Para los ambientes estudiados en la escuela encontramos una relación Interior/Exterior de 0.33. Esto es tres veces más concentración de ozono en el ambiente exterior de la escuela con respecto a la concentración de los interiores. Y la relación Interior/Exterior en el hogar de los escolares es de 0.43, que representa dos veces mayor concentración de Ozono en el exterior de la casa en relación con los interiores del hogar, lo que significa un factor de protección a la exposición al Ozono el permanecer en ambientes Intramuros.

Y cuando se integraron los microambientes estudiados (Intramuros escuela, Intramuros casa, Extramuros casa, Extramuros escuela y Ambiental de la zona) a sólo dos grandes ambientes Interiores (donde se compactan los intramuros de casa y los intramuros de escuela) y Exteriores (donde se compactan los extramuros de casa, los extramuros de escuela y los extramuros de la estación de la RAMA) agregación similar a la documentada por Dockery y Cols 1991, la relación Interior/Exterior es de 0.22, esto es cuatro veces más concentraciones de Ozono en los exteriores con relación a los interiores.

El ambiente monitoreado donde la concentración de Ozono fue mayor es el Ambiental de la zona (colocado en la estación de la RAMA correspondiente) con una media de 0.059.1 ppbm, seguido por el monitoreo personal con 0.025.2 ppm, el monitoreo en Extramuros de la escuela con 0.027.1, el Extramuros de casa con 0.020.7, el Intramuros de la escuela con 0.014.5 ppbm y finalmente el ambiente con menor concentración de ozono fue Intramuros de casa con 0.009.0 ppbm, teniendo por lo tanto para esta investigación una relación para Ozono de Monitoreo Personal>Monitoreo Extramuros>Monitoreo Intramuros (PEM>MEM>MIM), y cuando agregamos el muestreo ambiental de zona a los muestreos en Extramuros la relación muestra el comportamiento siguiente: Monitoreo Extramuros > Monitoreo Personal>Monitoreo Intramuros



Inteligencia Epidemiológica 2013;1:17-23.
(MEX>MOP>MIN).

Las correlaciones encontradas entre las mediciones de ozono por monitores pasivos colocados en la estación de monitoreo de la RAMA y los monitores continuos, fueron significativas ($r=0.73$, $p<0.001$), indicando que el monitor pasivo colocado en la estación da una buena aproximación de la concentración de ozono durante el tiempo de exposición, por lo que puede considerarse un instrumento valioso, aunque la correlación con los otros monitores pasivos colocados en otros ambientes, la correlación es menor.

Así tenemos que la correlación con los colocados en los interiores de las casas es de 0.070, con los colocados en los exteriores de casas es de 0.2981, en los interiores de escuelas de 0.467 y los exteriores de escuelas de 0.476, indicando una aproximación a la exposición en los extramuros de los ambientes estudiados (hogares y escuelas), pero no para las exposiciones intramuros en estos mismos ambientes.

La relación entre las mediciones de ozono por el monitor continuo de la RAMA y los monitores pasivos, se observa que, en general, las mediciones con el monitor pasivo tienden a sobrestimar ligeramente la exposición "real" a ozono, asumiendo que el monitor continuo (RAMA) sirve de estándar de referencia.

Discusión y Conclusiones

Los resultados de la presente investigación proporcionan elementos para afinar el método y procedimientos para los análisis finales y para estudios subsecuentes para estimar la exposición personal integrada de partículas suspendidas PM10 y Ozono. Asimismo, los datos permiten inicialmente identificar las variables de importancia para explicar la exposición personal.

La consistencia externa de los resultados de múltiples estudios en cuanto a la media y la desviación estándar de los tiempos de permanencia en algunos microambientes es de llamar la atención (Szalai 1972, Dockery D. et al 1981, Sexton K, et al. 1984, Schwab M et al 1990, Freeman NCG et al. 1991, Clayton CA et al. 1993, Rojas Bracho L. 1994 Santos-Burgoa C, 1994).

Existen dos métodos para la estimación de la exposición humana. El primero de ellos es el método directo, en el cual los sujetos llevan consigo monitores de exposición personales (PEMs) que miden la exposición personal cerca de su zona de respiración. Y el segundo método consiste en la estimación indirecta de la exposición y utiliza la información de cuestionarios, diarios de tiempo-actividad y las mediciones microambientales de contaminantes.

Tamaños de muestra pequeñas son característicos en la mayoría de los estudios de evaluaciones a exposiciones personales con más de 150 sujetos participantes que han sido realizados como parte de una Metodología de Evaluación de la Exposición Total (TEAM) (Wallace LA 1997) que fueron desarrollados para material particulado PM10, VOCs, plaguicidas y monóxido de carbono. El estudio TEAM fue llevado a cabo en Riverside, California y es probablemente el estudio más extenso de exposición personal a material particulado con una probabilidad basada en una muestra de 178 sujetos quienes llevaron consigo un PEM para material particulado (PM10) por dos días consecutivos por periodos de 12 horas (EPA-PTEAMS. 1996).

Otros estudios han medido exposición personal en subgrupos de población seleccionados por diferentes razones específicas de interés para el investigador. Por ejemplo los niños y poblaciones sensibles han sido el foco de investigación en varios estudios realizados para evaluar la exposición a aerosoles ácidos, ozono y material particulado (Liu LJS et al. 1995; Rojas-Bracho L et al 1997). Ya que este tipo de estudios requiere el compromiso de

los participantes de llevar consigo el PEM a todos los sitios a donde ellos vayan durante el periodo de tiempo específico, un componente en el proceso de selección es la buena disposición para participar. Esta es una desventaja ya que los incentivos son comúnmente necesarios, incrementando el costo del estudio. También los sujetos con horarios diarios erráticos o estrictos son difíciles de incluir en el esquema de muestreo del estudio o es más probable de que se nieguen a participar. Todo lo anterior afecta la factibilidad e incrementa el costo.

En el contexto de la exposición personal, que está en función no solo de las concentraciones microambientales de los contaminantes sino también de la cantidad de tiempo invertido en cada uno de los microambientes, es claro que se debe considerar la resolución temporal del PEM. Hay preferencia de los muestreadores continuos sobre los muestreadores integrados, ya que proporcionan información sobre periodos más cortos de tiempo (fracciones de horas o minutos), mientras que los monitores integrados usualmente dan información de la exposición acumulada sobre el periodo completo del tiempo de muestreo (comúnmente de 8, 12 y 24 horas).

Los instrumentos que pueden medir el contaminante en periodos cortos de tiempo proporcionan información para evaluar con mayor certidumbre la contribución de los diferentes microambientes y las actividades para la exposición personal así como de fuentes específicas. De manera adicional su uso permite estimar la variabilidad y frecuencia de la distribución de frecuencias de la exposición en cada microambiente.

Los lugares en donde la gente pasa la mayor parte del tiempo y las fuentes de los contaminantes son la guía para la decisión de los microambientes relevantes y las actividades para las cuales se requiere la información. En general, los lugares interiores y exteriores se separan y entonces aquellos microambientes en donde existen fuentes o depósitos de contaminantes específicos se consideran de manera independiente.

Los estudios para la evaluación de la exposición a material particulado han incluido entre cinco y siete microambientes. Estos típicamente han sido interiores de la casa, en interiores lejos de la casa, en exteriores cerca de la casa, en exteriores cerca de fumadores y en tránsito (Bahadori T, 1996; Rojas-Bracho L, 1994; Sexton K, et al. 1984, Klepeis EN et al 1994). Sin embargo, el uso de ciertos aparatos domésticos, estufas de leña, calentadores de petróleo o leña modifican la exposición personal y deberán ser registradas en el diario e incluidos en el desarrollo del modelo.

Estos estudios han demostrado que los niños y las personas mayores/retiradas tienen diferentes patrones de tiempo-actividad pasando más tiempo en exteriores, por lo que presentan una exposición personal mayor (Hayes SR, 1989; Rojas-Bracho L, 1994). Hayes SR, y cols). En 1992 modelaron la exposición personal y encontraron que los niños (de 1 a 17 años), estudiantes universitarios y trabajadores en exteriores, son grupos que muestran la mayor exposición anual per cápita a ozono.

El diario tiempo-actividad aplicado a los escolares en el presente estudio permitió identificar el patrón general de los tiempos de permanencia de los escolares en la ZMCM y que es muy similar al que han encontrado otros autores. Los microambientes en los que hay mayor similitud en los tiempos de permanencia son el ambiente intramuros en casa, intramuros en escuela y el transporte. La media de estos tiempos siempre se ubica entre los valores mínimo y máximos reportados por demás autores. Resalta sin embargo, la diferencia en el tiempo en los ambientes intramuros en conjunto encontrado en el análisis inicial de esta investigación.



También encontramos similitudes con otros estudios realizados en la ciudad de México como el encontrado por Fernández-Bremauntz y cols, que encontraron que los habitantes de esta ciudad dedican entre una y tres horas en el transporte (*Fernández-Bremauntz A, et al, 1997*)

A pesar de encontrar este patrón general que se repite a través de diferentes ciudades y países, se presentan diferencias entre los sujetos de una misma muestra. En Riverside, California, el análisis de tiempos de permanencia en casa entre los diferentes grupos poblacionales coincide en cuanto a la diferencia entre los sujetos que trabajan versus los ancianos y amas de casa (o adultos que no trabajan): el primer grupo está en casa aproximadamente 12 horas al día, mientras que el segundo, supera las 17 horas por día; los individuos que trabajan pasan más de seis horas en su empleo y los que no trabajan distribuyen su tiempo en otras actividades extramuros, y en casa (*Schwab M, et al, 1990*). En nuestro estudio cuando los escolares no tienen actividades en los intramuros de la escuela, son desplazados a los intramuros de casa.

El tiempo dedicado al transporte también se asocia con la actividad escolar, utilizando más tiempo en transportarse por las mañanas al inicio de sus actividades que por las tardes al desplazarse de su escuela a casa, teniendo tiempos entre 30 minutos y 1 hora.

Las mayores diferencias se registraron entre los escolares de la zona suroeste (Pedregal) y el noroeste (Tlanepantla); entre estos grupos son diferentes los tiempos de permanencia en casa, transporte, intramuros en escuela y extramuros en otras actividades. Siendo esto explicado por las grandes distancias entre el domicilio de los escolares y el sitio de la escuela. Schwab y colaboradores encontraron diferencias entre los sujetos que no trabajaban y a los ancianos, en los tiempos en casa, en el trabajo, y cerca de avenidas o ejes viales (*Schwab M, et al, 1990*)

Es necesario más adelante encontrar si existen diferencias en los tiempos de permanencia de aquellos escolares que participaron en el llenado del diario versus los que, además de llenarlo, portaron el equipo de monitoreo de partículas y ozono, sólo el equipo de partículas o sólo el monitor de ozono. Esto permitirá afirmar que participar en el monitoreo personal los escolares conservan sus rutinas y el registro de los tiempos de permanencia en los ambientes es igual al resto de los escolares.

En lo referente a los resultados de los monitoreos ambientales, la relación general entre la concentración de partículas PM10 en extramuros, intramuros y en la exposición personal no ha sido consistente en todos los estudios por la diversidad de las condiciones de las fuentes de emisión, el tipo de participantes y las localidades en las que se ha realizado.

En este estudio encontramos una relación MOP>MIM>MEX que es consistente con algunos de los estudios realizados en otras ciudades, donde se ha reportado una exposición personal mayor que las concentraciones en intra y extramuros. Este hallazgo se puede relacionar con las actividades que se realizan en casa durante el tiempo que los escolares pasan en ella, como puede ser barrer, sacudir. Debiendo en análisis posteriores encontrar la posible explicación de esta relación que debemos investigar más a fondo. Clayton y colaboradores en 1993 en un intento de explicar la relación MOP>MIM, evaluaron actividades tales como sacudir, aspirar la alfombra en casa, usar productos en aerosol, entre otras cosas, también debemos considerar para explicar nuestros hallazgos las condiciones de la vivienda, los combustibles utilizados, existencia de mascotas en casa que serían consideradas en los modelos.

En lo que respecta a la asociación entre las concentraciones personales, ambientales intramuros y ambientales extramuros,

se ha encontrado que las mediciones de partículas en ambientes extramuros presentan una buena correlación con la exposición personal; sin embargo, hay autores que argumentan que esta aparente asociación se puede deber a la variación a altas concentraciones y se restringe a intervalos muy reducidos. En este orden, los estudios en los que se ha contado con múltiples mediciones por individuo, la correlación para cada sujeto no ha resultado ser significativa más que para una tercera parte de los participantes (*Lioy PJ, et al, 1990; Sexton K, et al, 1984*).

Con mayor frecuencia se ha encontrado que las mediciones extramuros no son un buen indicador de la exposición personal y que pueden subestimar la exposición entre personas fumadoras y los no fumadores.

En casas sin fumadores se ha reportado que la exposición personal es mayor que la concentración medida en ambientes extramuros (MOP>MEX) y que la concentración intramuros puede ser mayor o igual a la concentración intramuros (MIM>MEX) (*Hosein R, et al, 1991; Lioy PJ, et al, 1990*). Otros estudios se han hecho en casas que se utilizan leña como combustible primario para la calefacción o preparación de alimentos, por lo que, obviamente, la media de las concentraciones intramuros fue 47% superior a la media de la concentración extramuros (MIM>MEX), y la exposición personal resultó superior en 44%. Es decir, se obtuvo una relación general MOP>MIM>MEX (*Sexton K, et al, 1984*). En este análisis inicial encontramos una relación similar entre los escolares de la ciudad de México, aunque esta relación entre los monitoreos es mínima, lo que explica una razón mínima de 1.02 entre los intramuros/extramuros y su relación con el muestreo personal, donde los escolares se trasladan en diversos momentos en estos microambientes.

Adicionalmente, se pueden resaltar algunas diferencias en los valores extremos de los monitoreos ambientales: teniendo casas con niveles por encima del estándar anual diario de 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ mientras que en los monitoreos personales varios escolares también lo rebasó, y en los monitoreos extramuros un solo registro estuvo por encima del estándar. Este resultado indica que es necesario controlar las fuentes de contaminación al interior del hogar del escolar o construir algunos indicadores que nos permitan identificar las fuentes de emisión en el interior de la vivienda.

Algunas de las explicaciones posibles a las mayores concentraciones de partículas en la exposición personal que en los ambientes intramuros, es la llamada nube personal. Esto es, las partículas de 2.5 y 10 micras de diámetro aerodinámico se generan por procesos mecánicos, en cambio la fracción respirable se genera a partir de procesos de combustión, condensación y conversión de gases a partículas (*Lioy PJ, et al 1990*). Así encontramos que las partículas se generan por procesos mecánicos en el interior de la casa con actividades que llevan a cabo directamente los escolares, como puede ser sacudir, pasar la aspiradora, realizar trabajos manuales, etc. Por ello, se incrementa la concentración de partículas durante el tiempo en el que el escolar se encuentra dentro de casa, lo que conlleva al incremento en la exposición personal. (*Clayton CA, et al. 1993*).

Debemos analizar en forma detallada la concentración intramuros ponderada por el tiempo de permanencia en casa con la posible asociación con la exposición personal, como lo han referido (*Sexton K, et al, 1981; Sexton K, et al 1984; Rojas L, 1994*) donde encuentran que el transporte constituye una variable importante para la explicación de la exposición personal integrada.

Así mismo se debe construir el modelo microambiental a partir de compactar los ambientes a dos grandes espacios: intramuros y extramuros, tal como lo realiza Dockery y cols 1981, donde habiendo recabado información de tres microambientes intramuros y cuatro extramuros, los compactó a estos dos espacios.



En el estudio de campo se encontró una buena correlación entre el monitor pasivo de ozono y el monitor continuo de la estación fija de monitoreo, lo que concuerda con estudios previos en la ciudad de México (Cortez-Lugo y cols, 1995) e indican que estos monitores pueden usarse en diferentes atmósferas y con diferentes condiciones climáticas, y además con diferentes niveles de concentraciones de ozono (intramuros y extramuros). Aunado a esto, los monitores parecen tener buena precisión en el ambiente exterior de la zona, el cual es importante en la exposición personal de los escolares.

Si bien el número de muestras en nuestro estudio es limitado, estos resultados también sugieren que los resultados tenidos pueden ser de gran utilidad en los estudios que relacionen los efectos a la salud causados por Ozono, al tener una aproximación a partir de los muestreos personales de la exposición individual a partir de la diferencia que encontramos entre las concentraciones que presenta el escolar con las concentraciones que determina el monitor fijo en la estación de la RAMA.

Los resultados tenidos para Ozono indican que los muestreos ambientales son válidos, debido a que al realizar la comparación con el monitor de la RAMA y la correlación entre éste y los nuestros resultó altamente significativa.

En lo referente a los resultados de los monitoreos ambientales, la relación general entre la concentración de Ozono en extramuros, intramuros y en la exposición personal no ha sido estudiada anteriormente, siendo este estudio de los primeros en investigar en la Ciudad de México los comportamientos del Ozono en los distintos ambientes intramuros y extramuros. En este avance encontramos una relación MEX>MOP>MIM que muestra el comportamiento exterior del Ozono para la ZMCM consistente para las cinco regiones estudiadas, aunque no significativamente diferentes los ambientes intramuros y extramuros entre sí. Teniendo una Razón interiores/exteriores en forma general de 0.22, esto es, cuatro veces más concentración de Ozono en los ambientes extramuros (patios de escuelas, patios de casas y ambiente de la zona) sobre las concentraciones del contaminante en los Interiores (salones de escuelas e interiores de casas). Cuando la razón interior/exterior la analizamos por escuela y hogar encontramos para el primero una razón I/E de 0.53 y para el segundo de 0.43.

Por lo que también es importante identificar estos distintos factores en los comportamientos del Ozono por ambientes en intramuros: tasas de intercambio de aire, materiales de casas, uso de estufas de gas, tamaño de la casa, tipo de pisos en interiores de casa. Para las concentraciones en extramuros: fuentes de NO y densidad de tránsito de vehículos, y densidad poblacional en la zona (Sally-Liu, 1993), los resultados en este momento señalan una protección a la exposición de Ozono los ambientes intramuros en las cinco zonas de la ciudad de México, en mayor o menor medida.

Dado que el levantamiento de un cuestionario es un procedimiento sencillo y económico que los muestreos ambientales y personales, y que representa una forma para la estimación de la exposición personal con mayor factibilidad para realizarse a otra escala. Es conveniente en los análisis posteriores con los datos de esta investigación probar estas herramientas y evaluar su asociación con los muestreos personales. Y si la asociación monitoreo personal-monitoreo intramuros se mantiene, estas herramientas permitirán una mejor estimación de la exposición que los monitoreos extramuros fijos, utilizados actualmente en el ámbito poblacional.

Referencias bibliográficas

- Abbey D, Patersen F, Mills P, Beeson W, 1993. Long-term ambient concentrations of air pollutants: Description and precision of methods used for an epidemiologic study. *Arch Environ Health* 46:281-287.
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). Public Health Assessment Guidance Manual, U.S. Department of Health and Human Services, Atlanta, Georgia, U.S.A. 1992; 1-1 a 9-32
- Bahadori T (1996) Personal, Indoor and Outdoor Concentrations of PM10 and PM 2.5 for Ten Nashville COPD Subjects Living at Home, draft of paper for publication, Harvard School of Public Health, Environmental Science and Engineering Program, Boston, USA.
- Bascom R, Bromberg A, Devlin R. et. al (1996). Health Effects of outdoor Air Pollution *Am Respir Crit Care Med.* 153: 3-50
- Berry M, Lioy PJ, Gelperin K, et al (1991). Accumulated Exposure to Ozone and Measurement of Health Effects in Children and Counselors at two Summer Camps *Environ Res* 54, 135-50.
- Borja-Aburto V.H . . , Loomis D.P., Bandiwala S.I., Shy C.M. Ozone, Suspended Particles and Daily Mortality in Mexico City. *American Journal of Epidemiology* Vol. 145N:258-268
- Brunekreef B, Dockery D, Krzyzanowki M (1995). Epidemiologic Studies on Short-Term Effects of Low Levels of Major Ambient Air Pollution Components. *Environ Health Perspect.* 103 (Supple 2) 3-13 (1995).
- Calderón-Garcíadueñas L, Roy-Ocotla G. Nasal cytology in Southwest Metropolitan Mexico City inhabitants: A pilot intervention. *Environmental Health Perspectives.* 1993;101(2): 138-144
- Castillejos M. Gold D, Dockery D, Tosteson T, Baum T, Speizer FE. (1992). Effects of Ambient Ozone on Respiratory Function and Symptoms in Mexico City School Children. *Am Rev Dis* 145: 276-282.
- Clayton CA, Perritt RL, Pellizzari DE, Thomas KW, Whitmore RW, Wallace LA, Ozkaynak H, Spengler JD (1993). Particle Total Exposure Assessment Methodology (PTEAM) Study: Distributions of aerosol and Elemental Concentrations in Personal, Indoor, and Outdoor, and Outdoor Air Samples in a Southern California Community. *J. Expos. Anal. Environ. Epidemiol.*, 3(2) 227-250.
- Cohen J. *Systatistical Power Analysis for the Behavioral Sciences.* Second Edition, LEA. 1988
- Cortez-Lugo M, Romieu I, Palazuelos-Rendón E, et. al. (1995). Estudio de Validación y Reproducción de Monitores Pasivos a Ozono *Salud Pública Me.* 37 (3): 229-223.
- Charpin D, Kleisbaver JP, Fondarai J et al. (1998) Respiratory Symptoms and Air Pollution Changes in Children: The Gardanne Coal-Basin Study. *Arch Environ Health* 43:1, 22-27
- Departamento del Distrito Federal, Gobierno del Estado de México, Secretaría del Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca, Secretaría de Salud. Programa para Mejorar la Calidad del Aire en el Valle de México. 1995-200. 1996.
- Departamento del Distrito Federal, Secretaría del Medio Ambiente, Red Automática de Monitoreo Atmosférico. Tendencias del Ozono en las estaciones de la Red Automática de Monitoreo Atmosférico de la Ciudad de México, Enero 1986-Septiembre 1996.
- Departamento del Distrito Federal, Secretaría del Medio Ambiente, Comisión Ambiental Metropolitana. Informe Anual de la Calidad del Aire 1996 Ciudad de México, junio 1997.
- Devalia J L, Rusznak C, Herdman MJ, Trigg CJ, Tarraf H, Davies RJ. Effect of Nitrogen Dioxide and Sulfurdioxide on Airway Response of Mild Asthmatic Patients to Allergen Inhalation. *Lancet* 344: 1668-71.
- Dockery DW, Berkey CS, Ware JH et al. (1993). Distribution of Forced Vital Capacity and Forced Expiratory Volume in One Second in Children 6 to 11 years of Age *Am Rev Resp Dis* 128: 405-412.
- Dockery DW, Pope A, Xiping et al. (1993). An Association Between Air Pollution and Mortality in Six U.S. Cities. *N Eng J Med* 329: 1753-9.
- Dockery DW, Spengler JD (1981) Personal exposure to Respirable Particulates and Sulfates. *J. Air Pollut. Control Assoc.* 31(2) 153-159
- Dockey DW, Ware J, Ferris B, et al. (1982). Change in Pulmonary Fuction in Children Associated with Air Pollution Episodes. *32 (91): 937-942.*
- Duan N (1982). Models for Human Exposure to Air Pollution. *Envir. Int.* 8:305-309
- EPA-PTEAMs (1996) The Particle Total Exposure Assessment Methodology Study: Analysis of the data. Final Report. United States Environmental Protection Agency, Vol. III EPA/600/R-95/O98
- Fairley D. (1990) The Relation Ship of Daily Mortality to Suspend Particulates in Santa Clara County, 1980-1986. *Environ Health Persp.* 89:159-168
- Federal register (1996) National Ambient Air Quality Standars for Particulate Matter; Proposed Rule, December 13, 40 CFR Part 50, (61) 241:65638-65872
- Fernández-Bremaunz A.A. Ashmore M.R. (1995). Exposure of Commuters to Carbon Monoxide in Mexico City. Comparison of in-Vehicle and Fixed Site Concentrations. *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology.* Vol 5 N4:497-510
- Ferris BG, Ware JH, Spengler JD (1988) Exposure Measurements for Air Pollution Epidemiology, In Gordis L. (De.). *Epidemiology and Risk Assessment.* Oxford University Press.



28. Forastiere F, Corbo G, Michelozzi P, et al. (1994). Bronchial Responsiveness in Children Living in Areas with Different Air Pollution Levels. *Arch Environ Health* 49 (2): 111-118.
29. Freeman NCG, Waldman JM, Lioy PJ, (1991) Design and evaluation of a location and activity log used for assessing personal exposure to air pollutants. *Journal of exposure, analysis and Environmental Epidemiology*, 1991; 1 (3): 327-338
30. Frey HC (1992) Quantitative Analysis of Uncertainty and Variability in Environmental Policy Making. American Association for the Advancement of Science and US Environmental Protection Agency Environmental Science and Engineering Fellowship Program, Washington, DC
31. García A., (1997) Proyecto piloto para la evaluación de la exposición personal a partículas inhalables, CENICA. Presentado en las Conferencias binacionales México-Japón INE-JICA, México, D.F.
32. Gold D.R., Allen G, Damokosh A, Serrano P, Hayes C, Castillejos M. Comparison of Outdoor and Classroom Ozone Exposures for School Children in Mexico City. *J. of the Air & Waste Manage. Assoc.* Vol. 46:335-342
33. Gore AI, Helena S (1995). Respiratory conditions among Schoolchildren and their relationship to Environmental Tabasco Smoke and other Combustion products. *Arch Environ Health* 50(2):112-118
34. Harvard School of Public Health. Protocols for Ozone Measurement Using the Ogawa Passive Sampler. Boston MA: Exposure Assessment and Engineering, Department of Environmental Health; 1992.
35. Hayes SR (1989). Estimating the Effect of Being Indoor on Total Personal exposure to Outdoor Air Pollution. *J. Air Pollut. Control Assoc.*, 39:1453-1461
36. Higgins I, D'arcy J, Gibbons D, et al. (1990). Effect of Exposures to Ambient Ozone on Ventilatory Lung Function in Children. *Am Rev Respir Dis* 141: 1136-1146.
37. Hinds W. (1984) Aerosol technology. Properties, behavior, and measurement of airborne particles. John Wiley & sons. EUA. 1982, 1-424
38. Hoek G, Bronkhorst B (1994). Effects of Low-Level Winter Air Pollution Concentrations on Respiratory Health of Dutch Children *Environ Res* 64: 136-150.
39. Hosein R, Corey P, Silverman F, Ayiomamitis A, Urch RB, Alexis N (1991). Predictive Models based on Personal, Indoor and Outdoor Air Pollution Exposure. *Indoor Air*, 4:457-464
40. Instituto Nacional de Ecología, SEMARNAP, CENICA. Primer Informe sobre la Calidad del Aire en Ciudades Mexicanas. 1996.
41. Kinney PL, Ozkaynak H. Associations of Daily Mortality and Air Pollution in Los Angeles County. *Environmental Research*, 1991;54:99-120
42. Klepeis EN, Ott WR, Switzer P. A total Human Exposure Model /THEM) for Respirable Suspended Particles (SP). Presented at the 87th Annual Meeting & Exhibition of the Air & Waste Management Association, Cincinnati, OH
43. Koutrakis P, Wolfson JM, Bunyaviroch A, Froehlich SE, Hirano K, Mulik JD. (1993) Measurement of Ambient Ozone using a Nitrite-Coated Filter. *Analytical Chemistry*, Vol 65, 3, February 1, 1993: 210-213
44. Lambert WE, Samet JC, Hunt WC, Skipper BJ, Schwab M, Spengler JD (1993). Nitrogen Dioxide and Respiratory Illness in Children. Part II: Assessment of Exposure to Nitrogen Dioxide. Investigator's report, Health effects institute, Report #58:33-50
45. Lioy PJ, Lippmann M, Phalen RF, (1984) Rational for particle size-selective air sampling. In: *Ann Am. Ind Hyg.* Vol II Chapter 2, 1984; 27-34.
46. Liu LJS, Koutrakis P, Leech J, Broder I (1995). Assessment of Ozone Exposures in the Greater Metropolitan Toronto Area. Accepted by *J. Air Waste Manage. Assoc.*
47. Liu LJS, Koutrakis P, Suh H. et al (1993). Use of Personal Measurements for Ozone Exposure Assessment. A Pilot Study. *101 (4): 318-324.*
48. Martínez Ana Patricia, Romieu Isabelle. Introducción al Monitoreo Atmosférico. Eco-OPS, DDF, Cooperación Técnica RFA, Metepec, Méx. 1997
49. Neas L, Dockery D, Koutrakis P, Tollerud DJ, Speizer FE (1995). The Association of Ambient Air Pollution with twice Daily Peak Expiratory Flow Rate Measurements in Children. *Am J. Epidemiol* 141: 111-122.
50. Ott W (1990) Total Human Exposure: Basic Concepts, EPA Field Studies, and Future Research Needs. *J. Air Waste Manage. Assoc.* 40(7):966-975.
51. Pope C and Dockery D (1992) Acute Health Effects of PM10 Pollution on Symptomatic and Asymptomatic Children *Am Rev. Respir. Dis* 145: 1123-1126.
52. Pope C, Dockery D, Spengler J, et al. (1991) Respiratory Health and PM10 Pollution *Am Rev Respir Dis* 144 (3): 665-674.
53. Pope C, Thun M, Namboodiri M, Dockery W, Evans JS, Speizer FE, Heath CW (1995). Particulate Air Pollution as a Predictor of Mortality Prospective Study of U.S. Adults. *Am. J Respir Crit Care Med* 151: 669-674.
54. Rojas-Bracho L. (1994) Evaluación del grado de exposición a aeropartículas en los habitantes de la zona centro de la ciudad de México. Tesis de Maestría en Ciencias (Biología). UNAM, México.
55. Rojas-Bracho L. (1997) Personal Exposure to PM10 and PM2.5 in a Group of COPD Subjects Living in the Boston Area. Research Proposal, Harvard School of Public Health Environmental Science and Engineering Program, Boston, USA.
56. Romieu I, Meneses F, Sienna Mougé J. et al. (1995). Effects of Urban Air Pollutants on Emergency Visit for Childhood Asthma in Mexico City. *Am J. Epidemiol* 141: 546-553.
57. Saldiva PHN, Lichtenfels AJ, Paiva PS et al. (1994). Association Between Air Pollution and Mortality Due to Respiratory Diseases in Children São Paulo, Brazil A preliminary Report. *Environmental Research* 65, 218-225
58. Schmitzberger R, Rhomberg K, Büchle H et al. (1993). Effects of Air Pollution on the Respiratory tract of Children. *Pediatr. Pulmonol* 15:68-74
59. Schwab M, Colome SD, Spengler JD, Ryan PB, Billick IH (1990). Activity Patterns Applied to Pollution Exposure Assessment: Data from a Personal Monitoring Study in Los Angeles. *Toxicology and Industrial Health*. 6(6): 517-532
60. Schwartz J (1994). Air Pollution and Hospital Admissions for the Elderly in Detroit. Michigan. *Am J. Respir Crit Care Med* 150 : 648-55.
61. Schwartz J, Slater D, Larsont TV, Pierson WE, Koenig JQ, (1993). Particulate Air Pollution and Hospital Emergency Room Visits for Asthma in Seattle. *Am Rev Respir Dis* 147: 826-831.
62. Schwartz J, Spix C, Wichmann HE and Malin E (1991) Air Pollution and Acute Respiratory Illness in Five German Communities. *Environ Res* 56, 1-14
63. Schwartz J. (1989). Lung Function and Chronic Exposure to Air Pollution: A Cross-Sectional Analysis of NHANES II. *Environ Res* 50: 309-321.
64. Schwartz J. (1994). Air Pollution and Daily Mortality A Review and Metaanalysis. *Environ Res* 64: 36-52.
65. Sexton K, Spengler JD, Treitman RD (1984) Personal Exposure to Respirable Particles: A Case Study in Waterbury, Vermont. *Atmos. Environm.* 18: 1385-1394
66. Shi eh-Ching Y, Sze Piao Y. (1994) Respiratory function changes from inhalation of Polluted Air. *Arch Environ Health* 49(3):182-187
67. Shusterman D (1992). Critical Review. The Health Significance of Environmental Odor Pollution. *Arch Environ Health* 41 (1): 76-87.
68. Spektor D, Morton Lippman, Lioy P et al. (1998) Effects of Ambient Ozone on Respiratory Function in Active, Normal Children. *AM REV Respir Dis* 137: 313-320.
69. Studnicka M, Frischer T, Meinert R et al. (1995). Acid Particles and Lung Function in Children. *Am J Respir Crit Care Med* 151: 423-430.
70. Sunyer J, Antú J, Murillo C, et al. (1991) Effects of Urban Air Pollution on Emergency Room Admissions for Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Am J Epidemiol* 134: 277-86 (1994).
71. Tager Ira B, Künzli Nino, Lurmann Frederick, Ngo Long, Segal Mark, Balmes John. (1998) Methods development for Epidemiologic Investigations of the Health effects of prolonged Ozone exposure. Part II: An approach to retrospective estimation of lifetime Ozone exposure using a questionnaire and ambient monitoring data (California Sites). Health Effects Institute Research Report Number 81
72. Wallace LA Ott W Personal Monitors: A State of the Art Survey. *J. Air Pollut Contr. Assoc.* 32:601-610
73. Ware JH, Ferris JR, Dockery DW et al. (1986). Effects of Ambient Sulfur oxides and Suspended particles on Respiratory Health of Preadolescent Children. *Am Rev Respir Dis* 133:834-842
74. Yang S-C Yang S-P (1994). Respiratory function Changes from Inhalation of Polluted Air. *Arch Environ Health* 1994; 49 (3): 182-187.