



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO

EVALUACION DEL GRADO DE EXPOSICION A
AEROPARTICULAS EN LOS HABITANTES DE LA ZONA
CENTRO DE LA CIUDAD DE MEXICO

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADEMICO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS (BIOLOGIA)

P R E S E N T A:

LEONORA ROJAS BRACHO

DIRECTORA DE TESIS: DRA. IRMA AURORA ROSAS PEREZ

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1994



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE

	<u>Página</u>
I. INTRODUCCION	1
II. ANTECEDENTES	11
III. METODO	21
Primera etapa	
1. Instrumentos de observación	21
2. Determinación de la muestra poblacional	23
3. Selección de participantes	26
4. Condiciones de la vivienda	30
Segunda etapa	
5. Monitoreo personal e intramuros	33
6. Monitoreo extramuros	40
7. Llenado del diario microambiental	40
Tercera etapa	
8. Manejo de la información	41
IV. RESULTADOS	47
1. Análisis descriptivo	47
2. Análisis bivariado	61
3. Análisis multivariado	66
V. DISCUSION Y CONCLUSIONES	79
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	85
ANEXOS	92
Anexo I Cuestionario de condición-actividad	
Anexo II Diario microambiental	
Anexo III Matrices de datos de las variables dependiente e independientes de los registros utilizados en el análisis multivariado	

AGRADECIMIENTOS

- * Juan Carlos...Te agradezco todo: mi incondicional apoyo permanente, feminista de *deveras* (según nos han dicho en los últimos meses) compañero y amigo. (Parece dedicatoria de jipi-izquierdista de los sesentas).
- * Irma, mil gracias. Fue más que el apoyo y dirección de este trabajo, también la solidaridad y cariño de pensar conmigo, cada año, desde hace seis años, que este momento llegaría.
- * Carlos, gracias por la amistad y confianza profesional que me brindaste; con tu fortaleza para el trabajo, conocimiento y guía, ¡lo logramos!
- * Víctor Borja, Mari Carmen Calderón, Jaime Curts, Dr. Jáuregui, Alvaro Osornio, gracias por aceptar ser miembros de mi jurado y por dedicar parte de su tiempo a leer, comentar y hacer posible que esta tesis se enriqueciera.
- * Adrián...gracias por tu asesoría extraoficial y por los comentarios y consejos para aprovechar al máximo el equipo y la información recabada.
- * Mucha gente participó en este proyecto, las actividades de todos permitieron que se hicieran cada una de las etapas. Muchas gracias: Adriana, Arturo, Dr. Calvo, Chava, Edna, Inge Galván, Gisela, Jackeline Martínez, Judith, Leti, la otra Leti, Miriam, Nora, Paty y Santa. Igualmente, muchas gracias a los ingenieros Jorge Escalante, Wilfrido Gutiérrez y Víctor Zarraluqui.
- * George Allen, Joan Arnold, Michelle Clapp, Mark Davis, su asesoría y apoyo me ayudaron a entender a los monitores personales y a las bombas.
- * Mi familia, toda, toda, y mi sobrina. ¡Qué bueno que me aguantaron!
- * Suegra, ya somos familia. Mil gracias.
- * Abu, ¡Cúrate!

Si alguien se me quedó en el subconsciente...¡Por algo será!

I. INTRODUCCION

El interés por estudiar a las partículas suspendidas se debe al riesgo que representan para la salud. Dos características intrínsecas de las partículas que determinan este riesgo: la composición química y biológica, y el tamaño.

Dada la gran variedad de materiales y compuestos que pueden formar a las partículas suspendidas es difícil encontrar una clasificación completa y adecuada. Sin embargo, una posible clasificación las divide en fracción orgánica e inorgánica. Las partículas orgánicas pueden ser fragmentos hifales, polenes, esporas, bacterias, o diversos compuestos biogénicos, hidrocarburos, polvos de origen casero o industrial. Dentro de las inorgánicas cabe mencionar a los minerales como los sulfatos, nitratos, óxidos ferrosos y de calcio, y el asbesto. Por último, también a metales tóxicos como, por ejemplo, plomo, cromo, mercurio, cadmio y arsénico.

Se puede considerar que hay por lo menos dos tipos de tóxicos en las partículas suspendidas. El primero corresponde a los materiales altamente solubles que entran rápidamente al torrente sanguíneo manifestando su toxicidad, como son la nicotina y las sales solubles. En el segundo se encuentran los materiales no solubles que presentan su toxicidad en el sitio de depósito, como reacción inmunológica, por ejemplo los alérgenos, o interfiriendo con la reproducción celular teniendo como última consecuencia la formación de tumores, en el caso de los carcinógenos tales como el asbesto (Brody, 1993; Soderholm, 1984).

En lo referente al tamaño, éste determina los patrones de depósito en el tracto respiratorio y, por lo tanto, la ruta metabólica y la tasa de disolución y translocación en los tejidos blanco (Lioy *et al*, 1984). En forma secundaria al tamaño, la dinámica del comportamiento de las partículas en el tracto respiratorio depende de su carga electrostática, higroscopicidad y composición química, así como de la geometría, humedad relativa, temperatura y parámetros morfométricos de las vías aéreas --tales como diámetro, longitud y ángulos de ramificación (Raabe, 1984).

Hasta la mitad de este siglo se desconocían las características del tracto respiratorio, por las que se seleccionan y depositan las partículas en función de su tamaño. Ahora se conocen los mecanismos por los que se depositan las partículas inhaladas a lo largo del tracto respiratorio. Las partículas se depositan en la nariz y boca por impactación, siendo los pasajes de la nariz mucho más eficientes en este tipo de retención. En la región traqueobronquial, el principal mecanismo de remoción de las partículas con un

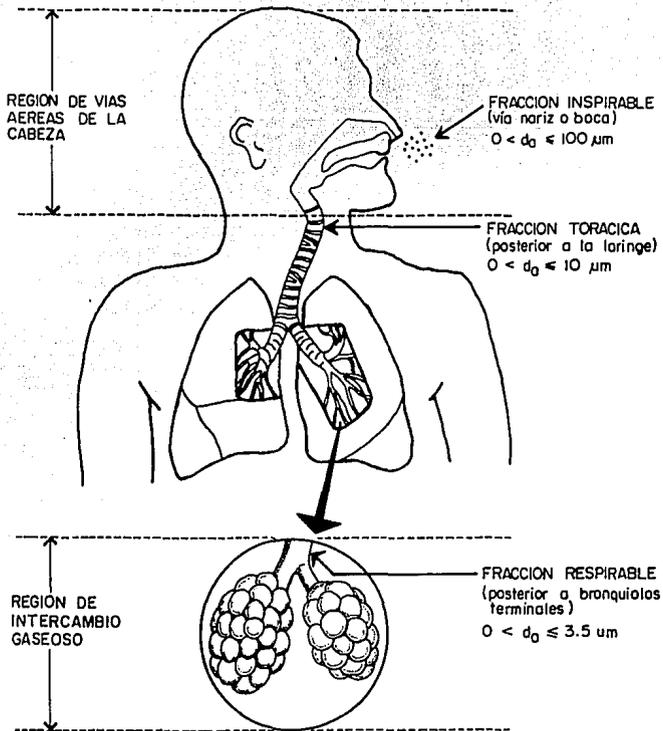
diámetro aerodinámico^{1/} mayor de 2 micras (μm) es la impactación; en cambio las partículas menores --entre 0.5 y $2\mu\text{m}$ -- se retienen por sedimentación. Las partículas de más de $3\mu\text{m}$ se van depositando menos en las regiones inferiores de las vías respiratorias, ya que con el incremento de tamaño de las partículas la penetración a través de los pasajes decrece. En la región pulmonar las partículas de más de $0.5\mu\text{m}$ se depositan por sedimentación, pero la fracción menor se deposita por difusión (Hinds, 1982; Lippmann, 1989). Cabe resaltar que adicionalmente a los mecanismos de depósito y limpieza de las partículas que se inhalan, la salida de las mismas con el aire que se exhala constituye un mecanismo adicional protector: del total de partículas de entre 0.1 y $1.0\mu\text{m}$ que se inhalan, se puede llegar a exhalar entre el 90% (Lippmann, 1989).

El conocimiento de los mecanismos descritos sirvió como base para definir las fracciones de las partículas en relación con su potencial depósito en regiones específicas de las vías respiratorias. Así, en 1982, en la Conferencia Americana de Higienistas Industriales del Gobierno (ACGIH) se definieron las siguientes fracciones (véase figura 1). La *fracción inspirable* es aquella que entra a través de las vías respiratorias de la cabeza, por lo que representa un riesgo al depositarse en cualquiera de las regiones del tracto respiratorio. La *fracción torácica* penetra las vías respiratorias de la cabeza y entra a la región traqueobronquial, de tal forma que es un riesgo en tanto se deposita en los conductos de la región pulmonar y en la región de intercambio gaseoso. Por último, la *fracción respirable* constituye las partículas que pueden llegar a la región de intercambio gaseoso. Las partículas inspirables tienen un diámetro aerodinámico menor a las $100\mu\text{m}$; las torácicas, son aquellas con diámetro menor o igual a $10\mu\text{m}$; y, las respirables, son las menores o iguales a $3.5\mu\text{m}$ (Lippmann, 1989; Raabe, 1984).

Tradicionalmente, en todas las ciudades en las que se realizan monitoreos atmosféricos, con propósitos regulatorios para la protección del ambiente y de la salud pública, las partículas suspendidas totales [diámetro aerodinámico menor o igual a $100\mu\text{m}$ (Diario Oficial, 1991; Lippmann, 1989; Manahan, 1991)] se habían considerado como uno de los contaminantes criterio, éstos entendidos como los contaminantes indicadores de la calidad del aire. No obstante, la Agencia para la

^{1/} El tamaño de las partículas comúnmente se refiere a su diámetro, ya que juega un papel fundamental en su tasa de sedimentación. El *diámetro aerodinámico* de una partícula es aquel que tendría una esfera con una densidad igual a uno y con la misma velocidad de sedimentación que la partícula en cuestión (Hinds, 1982; Manahan, 1991). Por lo tanto, con el diámetro aerodinámico se estandarizan dos propiedades físicas de las partículas: las formas irregulares se estandarizan a esferas, y la densidad se estandariza a 1 g/cm^3 .

El diámetro aerodinámico es la propiedad más importante para caracterizar el depósito y filtración de las partículas, por lo que muchos instrumentos de muestreo utilizan la separación aerodinámica para medir el tamaño aerodinámico de las partículas (Hinds, 1982).



FUENTE: Modificado de Lippmann, 1989.

Figura 1- Principales regiones del tracto respiratorio y su relación con el depósito de partículas suspendidas.

Protección del Ambiente de los E.U.A. (US-EPA) determinó que las enfermedades que se pueden relacionar con la inhalación de aerosoles ambientales se asocian con las partículas que penetran a través de vías respiratorias superiores y que están disponibles para depositarse en las regiones traqueobronquiales y alveolares (Lioy *et al*, 1984; Lippmann, 1989). Esta descripción corresponde a la fracción torácica, definida previamente, que tiene un diámetro aerodinámico $\leq 10\mu\text{m}$ (PM₁₀).

Con base en lo anterior, en 1987 la US-EPA promulgó el estándar nacional de calidad del aire (NAAQS) para PM₁₀, que reemplazó al estándar hasta entonces vigente para partículas suspendidas totales (PST) (Lippmann, 1989). El nuevo NAAQS se compone por un estándar de 24 horas y un estándar anual. El de 24 horas establece que una concentración promedio de $150\mu\text{g}/\text{m}^3$ no se debe exceder más de una vez al año para poder proteger la salud de la población (estándar primario) y al ambiente (estándar secundario). El estándar anual es primario y establece una concentración de $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ de media geométrica anual (Solomon *et al*, 1989). Guiadas por las mismas razones, en enero del presente año, las autoridades mexicanas del Sector Salud publicaron en el Diario Oficial de la Nación el proyecto de normas para contaminantes atmosféricos. El proyecto considera un nuevo estándar de calidad del aire, estableciendo como contaminante criterio a la fracción torácica, siendo los límites permisibles propuestos idénticos a los de los Estados Unidos.²¹ (Diario Oficial, 1994). Cabe hacer notar que en ningún país, los estándares de calidad del aire para partículas suspendidas consideran su composición, ya que sólo se establecen como masa por unidad de volumen.

Las partículas suspendidas que penetran al tracto respiratorio pueden causar efectos agudos o crónicos, dependiendo de su naturaleza, del sitio de depósito y de las características de retención (Swift, 1981). Las partículas que se depositan en los pasajes orales, nasales o en la región traqueobronquial pueden contribuir al desarrollo de enfermedades tales como bronquitis y cáncer de los conductos nasales y bronquiales. Asimismo, la exposición crónica a partículas contenidas en el humo de tabaco así como a aerosoles ácidos puede resultar en una disminución en la tasa de limpieza mucociliar, lo que a su vez puede predisponer o iniciar la secuencia de cambios que conllevan al desarrollo de bronquitis crónica. Además, resulta obvio que los defectos en la limpieza de partículas tóxicas y/o carcinogénicas en el tracto respiratorio permiten que se incremente su tiempo de residencia y, por lo tanto, la concentración que llega a los tejidos subyacentes (Lippmann, 1989).

²¹ Las normas de calidad del aire actualmente vigentes en México se publicaron en el Diario Oficial de la Federación el 29 de noviembre de 1982. Los estándares se establecieron para los contaminantes criterio O₃, NO₂, CO, SO₂ y PST. La norma actualmente vigente en México para PST es de $275\mu\text{g}/\text{m}^3$, concentración que no se debe exceder como promedio de 24 horas más de una vez al año.

La asociación entre mortalidad y contaminación atmosférica por partículas suspendidas ha recibido atención creciente, a partir del análisis estadístico que se volvió a realizar con los datos del episodio de contaminación atmosférica ocurrido en Londres en 1952. La permanencia de un sistema migratorio anticiclónico de aire frío sobre las Islas Británicas durante cerca de una semana restringieron la mezcla de las capas inferiores de la atmósfera --inversión térmica--, con lo que se incrementó la concentración de partículas de humo^{3/} a $2,000\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Schwartz, 1994a), con $1,000\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PST como promedio de cinco días en el área (OMS, 1979). Varios indicadores de efectos en salud se incrementaron después del episodio: se triplicaron las solicitudes para admisiones hospitalarias por enfermedades respiratorias, se duplicaron para enfermedades cardiovasculares; la mortalidad afectó principalmente a los mayores de 65 años, presentando un incremento en 2.6, y siendo el incremento relativo de bronquitis y enfisema el más dramático (9.5 veces) (Schwartz, 1994b).

A la fecha se han hecho análisis de series de tiempo de las fluctuaciones de la concentración de contaminantes y la mortalidad diaria en más de diez ciudades en las que las concentraciones de partículas se encuentran incluso por debajo de los límites permisibles. En estos estudios se ha controlado por factores confusores tales como temperatura, humedad, estacionalidad, variaciones anuales, por los demás contaminantes, por epidemias de origen infeccioso, entre otros y siempre se ha encontrado una asociación significativa, con riesgos relativos similares de entre 1.04 y 1.11 para un incremento de $100\mu\text{g}/\text{m}^3$ de partículas suspendidas totales (Kinney *et al*, 1991; Schwartz *et al*, 1992; Schwartz, 1993b, 1994a,b,c). El incremento en la mortalidad involucró la exacerbación de condiciones preexistentes, tanto agudas como crónicas, y a los ancianos, por lo que se considera *muerte temprana* (Schwartz, 1994a). Por otra parte, el que la asociación entre la concentración de partículas suspendidas y mortalidad se mantenga en todos los estudios parece indicar que la composición precisa de las mismas no es trascendente, siendo las emisiones por la combustión de energéticos fósiles un factor común de las localidades, y siendo las diferencias entre ellas el tipo de industria asentada. Para los autores quedan como preguntas a resolver la forma de la relación concentración-respuesta y determinar si existe un umbral, ya que hasta el momento no se ha encontrado por encima de $20\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Schwartz, 1993b).

^{3/} El método tradicional para la medición de contaminantes particulados en el Reino Unido es el *British Standard Smoke Method*, que se basa en la reflectividad de partículas con un diámetro aerodinámico menor o igual a 4.5 micras (Sunyer *et al*, 1991) colectadas en un filtro. Este método se desarrolló cuando en esta región se utilizaba primordialmente el carbón o hulla como combustible (American Thoracic Society, 1978; Ferris, 1978). La relación que presentan estas mediciones con la concentración de partículas que se obtiene utilizando el método gravimétrico de Estados Unidos y México (muestreador de altos volúmenes) no es lineal y es específica para cada localidad.

En los últimos años se ha dado importancia a estimar con mayor confiabilidad y validez la exposición de la población a sustancias potencialmente nocivas. Tal necesidad surge a fines de los años sesenta cuando se descubre que las mediciones de contaminantes ambientales realizadas en el medio geofísico no reflejan la concentración a la que se expone realmente la población (Ott, 1990).

Este descubrimiento tiene repercusiones en dos ámbitos: en la investigación epidemiológica y en el método de evaluación y manejo de riesgos (Ryan, 1991). Antes de discutir estos ámbitos, cabe definir *exposición*, como será entendido a lo largo del presente trabajo. Exposición es el contacto de una sustancia con una superficie susceptible del cuerpo humano a una concentración determinada del contaminante por un intervalo de tiempo específico (NRC, 1991; Ryan, 1991). La superficie del cuerpo humano será la vía de exposición --inhalación, ingestión y absorción dérmica--, que dependerá de la ruta de exposición, definida como el medio en el que se encuentra el contaminante --aire, agua, suelo, alimentos (ATSDR, 1992). Así, la exposición a través de varios medios se conoce como *exposición total* (NRC, 1991); por último, la *exposición integrada* es la suma de las exposiciones en diferentes locaciones (microambientes) del mismo medio ponderadas por el tiempo de permanencia (Moschandreas, 1981).

Las unidades de medición de la exposición son la masa por unidad de volumen multiplicada por el tiempo de duración del contacto (Moschandreas, 1981; Ott, 1985; ISEA, 1993). Por lo tanto, la exposición es diferente de la concentración de un agente en un medio (las unidades serían masa por unidad de volumen). La exposición también es diferente del concepto *dosis*, ya que la dosis se refiere a la cantidad del agente o contaminante que se absorbe o deposita en el cuerpo de un individuo expuesto (Ott, 1985; Ryan, 1991; NRC, 1991).

El primero de los ámbitos en los que la estimación válida y confiable de la exposición es necesaria es el de los estudios epidemiológicos. Una de las dificultades más frecuentes en los estudios que tratan de evaluar la asociación entre factores de riesgo y efectos en salud es la estimación de la exposición (Biersteker *et al*, 1965; Burrows *et al*, 1968; Carnow *et al*, 1969; Sexton *et al*, 1988; Quackenboss, 1991). Para una adecuada estimación de la exposición es necesario definir las condiciones en las que ésta se presenta, ello involucra tanto a las propiedades tóxicas de la sustancia, el medio físico en el que se encuentra, y las posibles vías de entrada al organismo, como al riesgo potencial. Por ejemplo, en el caso de sustancias carcinogénicas conviene evaluar el umbral de la exposición; en iniciadores o promotores de cáncer, teratógenos, o sustancias que puedan estar asociadas con malformaciones congénitas, será de interés la relación entre el tiempo y duración de la exposición y la aparición o manifestación de la enfermedad; en estudios ocupacionales pueden ser necesarias las comparaciones de exposición en la población general con exposiciones de baja prevalencia (Correa *et al*, 1994).

Por tanto, una adecuada caracterización de la exposición es indispensable. Las consecuencias de errores en la clasificación de exposición de los sujetos conlleva a encontrar asociaciones espurias con el efecto en salud. En cambio, la reducción de la mala clasificación con el uso de métodos cuantitativos y el control de variables confusoras incrementa el poder estadístico de los estudios epidemiológicos para detectar relaciones de exposición-daño, permitiendo mejores estimaciones del riesgo (NRC, 1991; Smith, 1990). En el caso, por ejemplo, de los estudios que han evaluado la asociación entre partículas y el incremento en la mortalidad diaria, a pesar de haber clasificado la exposición en forma cuantitativa y haber controlado por factores confusores, el utilizar los datos de los monitores ambientales extramuros fijos como substitutos de la exposición personal implica una mala clasificación de exposición de los sujetos. En opinión de Utell *et al* (1983), la consecuencia podría ser que las relaciones exposición-respuesta estén atenuadas, y que los efectos de la contaminación pudieran ser mayores que los estimados por dichos estudios epidemiológicos.

El segundo ámbito al que nos referimos tiene un alcance más general: la evaluación y manejo de riesgos. Se trata de un conjunto de métodos para el control ambiental y la protección de la salud pública. En este contexto, el elemento esencial para la evaluación de riesgos es la **evaluación de exposición**, ya que a través de este proceso se mide y/o estima la magnitud y duración del contacto entre una sustancia y un individuo, de tal forma que el objetivo último sea conocer la variación de la exposición en la población (Ris *et al*, 1988).

La evaluación de la exposición contribuye a identificar los factores que influyen en ella, tales como hábitos personales, patrones de actividad, características y fuentes de emisión dentro de la vivienda, entre otros. Con este conocimiento se pueden definir alternativas para la priorización y gestión, así como para predecir el efecto de tecnologías de control y mitigación sobre cada uno de estos factores (Ris *et al*, 1988; Suh, 1992).

Para la caracterización de riesgos se utiliza la información que se genera a nivel mundial y, en forma complementaria --pero igualmente importante--, la generada a nivel regional. Así, en el análisis del conocimiento internacional disponible sobre los efectos adversos para la salud de un agente y sus relaciones dosis-respuesta se integra con la determinación de la exposición real a la que puede estar o está sometida la población local (WHO, 1987). El siguiente paso es la toma de decisiones (véase figura 2).

Dentro de este complejo proceso, la evaluación de exposición precisará el resultado de la caracterización de riesgos, ya que una exposición de determinada magnitud, frecuencia y duración, implicará o no un riesgo. En caso de que se presente un riesgo, el conocer las fuentes de emisión en los diferentes microambientes en los que vive la

población, las vías de exposición, la importancia de cada microambiente para la exposición total, así como el número de población en riesgo y la caracterización de la población sensible, permitirá formular estrategias para prevenir y controlar "el daño".

Figura 2. Diagrama sobre elementos para evaluación y manejo de riesgos



Fuente: Modificado por el autor a partir de Ris *et al*, 1988

El llevar a cabo el proceso de *evaluación de exposición* en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM), una de las ciudades más contaminadas del mundo, se convierte en una actividad necesaria si consideramos que tiene cerca de 16 millones de habitantes.

En la ZMCM los contaminantes atmosféricos presentan gradientes temporales y espaciales. En el caso de las partículas suspendidas, la estacionalidad es marcada, encontrando mayores concentraciones durante la época seca del año, y, existe un gradiente decreciente noreste-suroeste (Jáuregui 1989a, Jáuregui 1989b).

La ZMCM tiene un clima subtropical de altura, con una estación de lluvias de mayo a octubre y una de secas, durante el resto del año. Los vientos húmedos del Golfo de México y del Pacífico son determinantes para la primera; con la segunda, llegan los vientos continentales del oeste, asociados en ocasiones con vientos polares, por lo que se registran las temperaturas más bajas del año (Jáuregui, 1986; Rosas *et al*, en prensa). Con muestreos sistemáticos de partículas y registro de variables meteorológicas realizados durante 1991, se encontró que la concentración de PM_{10} está inversamente relacionada con las lluvias (mm/día), así como con la humedad

específica (g/kg), y con las temperaturas mínimas. El que la concentración de PM_{10} sea inferior durante lluvias se explica tanto por el lavado de partículas de la atmósfera con la lluvia, como por la mayor estabilidad de las capas bajas de la atmósfera que se presenta con las inversiones térmicas durante la época seca que coincide con el período frío (Jáuregui 1989a, Rosas *et al*, en prensa).

En lo que respecta al gradiente espacial en el noreste, zona en la que se asienta la industria y en donde hay un alto tránsito vehicular (estación Xalostoc), en 1988 se encontró una media aritmética anual de PM_{10} de $234.9\mu g/m^3$, mientras que en el noroeste, centro y suroeste las concentraciones fueron significativamente menores (138.5 , 137.6 y $78.2\mu g/m^3$, respectivamente) (Cicero-Fernández *et al*, 1993). Para 1991 el noreste registró una media aritmética anual de $125.8\mu g/m^3$, el centro, $104.6\mu g/m^3$ y el sur $75.7\mu g/m^3$. Este gradiente noreste-suroeste también se presenta en cuanto a los días en los que se supera el límite permisible de 24 horas: en el oeste se rebasó 36 veces, en el centro 16 y en el suroeste, únicamente en dos ocasiones (Rosas *et al*, 1994).

Las concentraciones de contaminantes en la ZMCM habían mostrado una tendencia ascendente. No obstante, a partir de 1990, probablemente debido a la implementación del Programa Integral contra la Contaminación Atmosférica de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, se han establecido acciones con metas a alcanzar, entre las que se incluye la reducción de los contaminantes en un 37% para 1994 (PICA, 1990). Entre las medidas que se han implementado se encuentran la reducción de plomo en la gasolina, un día sin auto, la verificación vehicular bianual obligatoria, el uso de convertidores catalíticos a partir de los modelos 1992, la ampliación del sistema de transporte colectivo, entre otras. La reducción de los niveles de algunos contaminantes -ozono, plomo, partículas-, se puede atribuir a este conjunto de acciones (Rosas *et al*, en prensa). Por ejemplo, resultados preliminares de 1992 indican que la media aritmética anual de PM_{10} en la zona centro fue de $75.5\mu g/m^3$, $N = 160$ (Rosas, comunicación personal), concentración evidentemente inferior a la reportada por Cicero y colaboradores para 1988 ($137.6\mu g/m^3$, $N = 52$).

A pesar de que las concentraciones extramuros de PM_{10} en la ZMCM son elevadas, hay una laguna en el conocimiento en cuanto a la evaluación de la exposición. Por ejemplo, se desconoce la relación entre las concentraciones de partículas en ambientes extramuros con respecto a los ambientes intramuros, así como también se desconoce la relación entre las concentraciones intramuros, extramuros con la exposición personal. Estudios realizados en otros países han encontrado diferencias en cuanto a la magnitud de la contribución de los ambientes intramuros con respecto a los extramuros para la exposición personal (Sexton *et al*, 1984; Liroy *et al*, 1990). Sin embargo, estos resultados no se pueden extrapolar a la ciudad de México, ya que hay múltiples factores específicos para cada ciudad. El tipo de industria, los combustibles utilizados, la edad promedio de la flota vehicular, por ejemplo, son determinantes para

la cantidad y tipo de contaminantes que se emiten; las características climatológicas de la zona, influyen en la dispersión y lavado de los contaminantes en la atmósfera; el clima, que influye por un lado en el comportamiento de los contaminantes y, por otro, en el tipo de construcciones, la tasa de recambio de aire en los ambientes intramuros, las costumbres y actividades de la población, etcétera.

El objetivo de este proyecto fue el desarrollar los métodos para evaluar la exposición a partículas con un diámetro aerodinámico menor o igual a $10\mu\text{m}$ en los habitantes del centro de la ciudad de México, y, así, estimar la contribución de los microambientes en los que los individuos desarrollan sus actividades cotidianas para la exposición personal integrada.

II. ANTECEDENTES

Para estimar con precisión el riesgo de la contaminación atmosférica sobre la salud, es indispensable conocer el grado de exposición de los individuos a dichos contaminantes, dada la imposibilidad técnica y tecnológica hasta el momento para conocer la dosis (Ott, 1985; Ott, 1990).

El uso más reciente de métodos cuantitativos para la estimación de exposición puede reducir errores e incertidumbre en la estimación de los riesgos potenciales. Esto es posible porque el uso de variables continuas para la cuantificación de la exposición permite estimar la magnitud del efecto (Freeman *et al*, 1991), evaluar la dosis-respuesta --potencia del contaminante-- y la asociación o causalidad epidemiológicas (Hawkins *et al*, 1992).

Por otra parte, tradicionalmente, la estimación de la exposición a contaminantes atmosféricos se basaba en la información de los monitores ambientales de área, localizados en ambientes extramuros; sin embargo, cada vez ha sido más claro que éstos no reflejan adecuadamente los niveles con los que la población entra en contacto en la vida diaria (Wallace *et al*, 1982). Lo anterior se debe a que la gente vive en diferentes sitios, interiores y exteriores, en los que hay variación en las concentraciones y composición de los contaminantes. Por lo tanto, se expone a diferentes niveles y tipos de contaminación durante el tiempo que permanece en cada sitio.

Estas variaciones en las concentraciones de los contaminantes en diferentes localidades se hicieron evidentes a principios de los años setenta, con la utilización de monitores personales para compuestos orgánicos volátiles (COVs) y para monóxido de carbono (CO). Se encontró que las múltiples fuentes de emisión no tradicionales --por ejemplo, la emisión de compuestos durante la utilización de productos domésticos-- elevan la concentración de COVs en el hogar, siendo la exposición superior a la que se presenta en el ambiente extramuros, en donde se encuentran las fuentes de emisión tradicionales --chimeneas industriales, emisiones de sitios con desechos peligrosos--, tanto porque se pasan muchas horas en casa, como por las bajas tasas de dilución dentro del hogar, la cercanía física al emisor y la variedad de compuestos (Ott, 1992). En cuanto al CO, se encontró que las concentraciones registradas durante el transporte, ya fuera caminando, en coche o autobús, excedían y se asociaban pobremente con las mediciones de los monitores extramuros de área (Ott, 1982 y 1990).

Los monitores personales son instrumentos o sistemas portátiles, pequeños y ligeros (en principio) diseñados para que puedan llevarse consigo en el curso de las actividades cotidianas, para medir la exposición personal, valga la redundancia, en

forma directa. Los monitores personales se pueden clasificar en *analíticos*, que miden el contaminante en el sitio de muestreo, y, en *integrados*, que requieren de análisis posterior de laboratorio por ser únicamente "recolectores" del contaminante. Adicionalmente, si el monitor requiere de una fuente de poder para aspirar el aire a través de un colector o sensor se clasifica como *activo*, y, en cambio, es *pasivo* si el aire llega al colector o sensor por difusión (Sexton *et al*, 1988; Wallace *et al*, 1982).

Las desventajas de los monitores personales integrados es que la concentración del contaminante se acumula durante el tiempo de muestreo, por lo que no se conoce la exposición diferencial por cada microambiente en el que estuvo el individuo; con los monitores analíticos sí es posible obtener el perfil de exposición, lo que permite asociar las exposiciones a las actividades o locaciones del período muestreado. Los monitores activos presentan desventajas de tipo logístico por requerir de calibración rutinaria y de una fuente de energía continuamente. Estas desventajas no se presentan con los monitores pasivos, pero en cambio se puede dar un efecto de agotamiento del contaminante muestreado en el aire que rodea al monitor, en condiciones de estancamiento de aire, con la consecuente subestimación de la exposición personal (Wallace *et al*, 1982).

Se han desarrollado nuevos monitores personales y se han mejorado los de los contaminantes mencionados. Actualmente se cuenta con monitores personales --no todos comercialmente disponibles-- para compuestos volátiles orgánicos (activos y pasivos); monóxido de carbono (activos y pasivos, analíticos e integrados); plaguicidas (activos); partículas suspendidas de diferentes diámetros aerodinámicos, cuyos filtros se pueden analizar posteriormente para la determinación de metales (activos); aerosoles (activos y pasivos); bióxido de nitrógeno (pasivos); y radón (pasivo) (Brauer *et al*, 1989; Wallace *et al*, 1982). Los monitores personales para muestrear varios contaminantes simultáneamente se encuentran en desarrollo, tal es el caso del monitor portátil de 8 horas para bióxido de azufre, bióxido de nitrógeno y PM_{10} , que han ideado Mintz y colaboradores (Hosein *et al*, 1991).

El conocimiento de que la exposición integrada de la población depende de los tiempos de permanencia en los sitios en los que vive cotidianamente ha obligado a los científicos que trabajan en este campo a tomar de los sociólogos los métodos de registro de actividades para el estudio de los patrones de actividad. Con esos métodos y con el reconocimiento de la importancia de los patrones de actividad se ha desarrollado un marco conceptual microambiental, en el que un *microambiente* es una locación en la que en un tiempo y espacio dados se asume una homogeneidad en la concentración de un contaminante (Duan, 1982, en Schwab *et al*, 1990). Sin embargo, en la práctica, al evaluar la exposición con este enfoque microambiental el problema es definir y establecer límites entre un microambiente y otro, y determinar el nivel de agregación necesario. Asimismo, la necesidad de incluir implícitamente en el concepto de microambiente algunas actividades --tales como cocinar, hacer ejercicio

o estar en reposo-- para explicar con mayor precisión el fenómeno de exposición ha llevado a expandir la definición original. Recientemente se han iniciado proyectos de investigación para definir los microambientes con el grado de agregación suficiente en función de la concentración de contaminantes específicos y de los tiempos de permanencia de la población (Schwab *et al*, 1990), para mejorar los métodos para evaluar la exposición.

La consistencia externa de los resultados de múltiples estudios en cuanto a la media y desviación estándar de los tiempos de permanencia en algunos microambientes es de llamar la atención (cuadro 2.1.); desde el trabajo de Szalai (1972) --pionero en el

CUADRO 2.1.

**RESUMEN DE HALLAZGOS EN ESTUDIOS PARA
LA EVALUACION DE LA EXPOSICION PERSONAL**

MICROAMBIENTE	TIEMPO DE PERMANENCIA EN HORAS					
	AUTORES*					
	Szalai 1972	Dockery <i>et al</i> 1981	Sexton <i>et al</i> 1984	Schwab <i>et al</i> 1990	Freeman <i>et al</i> 1991	Clayton <i>et al</i> 1993
INTRAMUROS TOTAL	22.41	21.00	22.64	21.18	22.00	20.68
Casa	16.75	17.50	17.74	16.13	16.80	17.28
Trabajo/escuela	4.03	2.70	3.05	3.36	3.20	s.d.
Otros intramuros	1.63	0.80	1.85**	1.69	2.00	3.40*
TRANSPORTE	1.25	1.00	1.03	1.71***	1.30	1.24
EXTRAMUROS TOTAL	0.35	1.35	0.31	1.16	0.50	0.66
Casa	0.23	0.85	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.
Trabajo/escuela	s.d.	0.10	s.d.	s.d.	s.d.	s.d.
Otros extramuros	0.12	0.40	0.31	1.16	0.50	0.66**
TOTAL	24.01	23.35	23.98	24.05	23.80	22.58

* Los autores no aclaran porque la suma de los tiempos es diferente de 24 horas.

** Incluye el tiempo de permanencia en lugares públicos.

*** Los autores determinaron como dos microambientes el estar cerca de avenidas u otras actividades, ya fuera durante el transporte o simplemente en extramuros.

* Incluye el tiempo de permanencia en ambientes intramuros lejos de casa.

** Incluye el tiempo de permanencia en ambientes extramuros cerca de la vivienda

tema-- que se realizó en doce países, se ha encontrado que la población urbana y suburbana pasa aproximadamente el 80% de su tiempo en ambientes interiores, como por ejemplo, en su casa, en la escuela y en el trabajo, y que permanece entre dos y cuatro horas por día en ambientes exteriores, ya sea durante el transporte, para hacer ejercicio o en actividades recreativas (Clayton *et al*, 1993; Dockery *et al*, 1981; Hosenin *et al*, 1991; Liu *et al*, 1994; Ott, 1990; Schwab *et al*, 1990; Sexton *et al*, 1984).

Los patrones de distribución del tiempo en diferentes microambientes están determinados por la edad y tipo de actividad del sujeto; así, algunos estudios han reportado que niños menores de dos años --que no asisten a guarderías-- están fuera de su casa un máximo de cuatro horas al día, y que el 50% de su tiempo, aproximadamente, lo pasan en la recámara (Lambert *et al* 1993). En cambio, la población económicamente activa está fuera de casa durante cuando menos las ocho horas de su jornada laboral más entre una y tres horas del día que invierte en transportarse en una ciudad, como se ha registrado en los habitantes de la ciudad de México (Fernández-Bremauntz, 1992).

En países en los que existe una estacionalidad marcada, los patrones de permanencia se modifican de acuerdo con la estación, tanto en niños como en adultos. Durante el verano la permanencia en ambientes extramuros por día se incrementa en promedio de tres horas a cerca de ocho horas (Dockery *et al*, 1981), y en algunos casos, llega a constituir incluso el 50% de su tiempo (Liu *et al*, 1993; Liu *et al*, 1994).

Los diarios de tiempo-actividad, monitores ambientales fijos, bitácoras y cuestionarios constituyen una forma indirecta para la evaluación de exposición, pero que se ha utilizado constantemente por las limitaciones de los monitores personales: en primera instancia que están disponibles para unos cuantos contaminantes y que sólo son prácticos para un número restringido de sujetos y de tiempo por requerir de mucho trabajo y por ser sumamente costosos (Quackenboss *et al*, 1991). En el marco conceptual microambiental la exposición humana integrada se expresa matemáticamente como la suma de los productos de la concentración del contaminante en cada microambiente --que se mide con monitores ambientales fijos-- por el tiempo en que se está presente en cada microambiente --que se registra a través de los diarios--, dividida por el tiempo total. La fórmula es la siguiente (Ott, 1985; Quackenboss *et al*, 1989; Sexton *et al*, 1984; Sexton *et al*, 1988):

$$E_i = \sum_{j=1}^i C_j t_{ij}$$

en donde:

- E_i = exposición integrada de la persona i en un período de tiempo determinado
- C_j = concentración del contaminante en un microambiente j
- t_{ij} = fracción de tiempo que la persona i permanece en el microambiente j
- j = número total de microambientes en los que la persona i permanece durante un tiempo t

Con el enfoque microambiental es posible descomponer la exposición en partes, asegurando que se relacionen con la exposición real. Por esta razón, el complemento para calcular la varianza explicada por los parámetros incluidos en el modelo, para determinar el error y para incrementar la precisión del modelo, es conveniente realizar la medición directa de la exposición a través de los monitores personales.

Con base en las premisas anteriores se han desarrollado modelos microambientales para ozono, bióxido de nitrógeno, plomo, partículas suspendidas, entre otros contaminantes, con los cuales se ha evaluado la importancia de las diferentes fuentes, rutas y vías de exposición, así como la contribución de los tiempos y actividades de los sujetos para la exposición personal integrada.

En el caso del ozono (O_3), Liu y colaboradores encontraron que las mediciones ambientales extramuros o intramuros en casa no son buenos predictores de la exposición personal integrada medida a través de monitores personales, ya que sobreestiman la exposición personal en un 127 o 41%, respectivamente. Por lo tanto desarrollaron modelos microambientales en los que al integrar la información diurna de los monitores ambientales extramuros de área (estaciones de monitoreo) y de otros colocados afuera de la casa, de los monitores colocados adentro de la casa y de información de los tiempos de permanencia de los participantes, se logró explicar el 35% de la varianza de la exposición personal medida. Como las concentraciones de O_3 presentan una marcada variación diurna por ser un contaminante fotoquímico, se afinó el modelo haciéndolo horario; sólo se incrementó la explicación de la varianza a 40% (Liu *et al*, 1993). Para mejorar la capacidad predictiva del modelo, un segundo estudio incluyó mediciones en el trabajo de los participantes y un mayor número de monitoreos extramuros de área; efectivamente se logró explicar un mayor porcentaje (72%) de la variabilidad de la exposición personal muestreada. No obstante, realizar un estudio similar a nivel poblacional no es factible por la gran cantidad de información y mediciones ambientales, por lo que es conveniente definir cuáles son los ambientes que son suficientes para poder predecir la exposición personal a O_3 a mayor escala (Liu *et al*, 1994).

Los investigadores que han trabajado con bióxido de azufre (SO₂) han encontrado que una fuente importante de exposición adentro de la casa es la combustión del gas utilizado para cocinar o el de los pilotos de la estufa que se mantienen prendidos. Por esto, la definición de microambiente en la caracterización de exposición a SO₂ ha incorporado la dimensión de actividad: estar en la cocina utilizando la estufa/horno y tener prendidos los pilotos. Un estudio que se realizó en una cohorte de niños de 0 a 18 meses de edad, además del microambiente-actividad mencionado, incluyó el estar lejos de casa, estar adentro de la casa en la estancia, estar en otros cuartos y estar en la recámara. Se encontró variación espacial en las concentraciones del contaminante entre cuarto y cuarto, decreciendo en relación directa con la distancia a la cocina; sin embargo, éste y otros estudios han mostrado que en bebés, niños y adultos, la exposición personal medida directamente se correlaciona fuertemente con la media de la concentración de adentro de la casa, así como con la exposición personal estimada a través de modelos microambientales (Lambert *et al*, 1993).

Otro hallazgo interesante a partir de estos trabajos fue que el caracterizar cualitativamente a los sujetos en expuestos o no expuestos por el hecho de tener o no tener estufa de gas --método que se había utilizado en algunos estudios epidemiológicos-- sí ocasiona errores de clasificación. La cola inferior de la distribución de la concentración de NO₂ de casas con estufa de gas se sobrelapa con la cola superior de la distribución de concentraciones de casas con estufas eléctricas; por lo tanto, se habían desdeñado otras fuentes de emisión intramuros, tales como los tiempos de utilización de la estufa, la tasa de ventilación y el volumen de aire en cada casa (Lambert *et al*, 1993; Spengler *et al*, 1983). En los estudios mencionados se reporta que en casas con estufas de gas, estas fuentes de emisión contribuyen a que la concentración intramuros en casa sea mayor que la extramuros con una razón intramuros/extramuros de 1.4 (Lambert *et al*, 1993).

En lo referente a los estudios de plomo (Pb), la evaluación de exposición a este metal es diferente a los contaminantes mencionados por tener no sólo a la inhalación como vía de ingreso al organismo, sino también a la ingesta; adicionalmente, el Pb que entra al organismo por todas las vías se acumula en la sangre, cerebro y hueso. Se ha encontrado que es susceptible de medirse por ejemplo en sangre, como marcador biológico que indica exposición reciente (de los cuatro meses precedentes). Lo anterior implica que en el enfoque de exposición microambiental, serían necesarias las mediciones o estimaciones de la concentración en aire y en alimentos, utilizando el marcador biológico como medición directa de la exposición personal integrada. Vahter y colaboradores realizaron mediciones en cuatro países: China, Suecia, Estados Unidos y Yugoslavia. Se midió la concentración de Pb en aire en ambientes intramuros, en monitores personales de aire, en alimentos y bebidas, y en sangre. En las cuatro ciudades se encontró que la fuente principal de exposición es la dieta, con una contribución del 80% en Beijing, Estocolmo y Yokohama, pero únicamente del 30% en Zagreb (Vahter *et al*, 1991). En México los estudios que han evaluado la exposición

a Pb han encontrado que el determinante principal para la carga corporal de plomo es la vajilla vidriada con plomo utilizada para cocinar y guardar alimentos, tanto en población rural como urbana (Hernández-Avila *et al*, 1991; Rojas-López *et al*, 1994). A pesar de la mayor contribución de la ingesta a la concentración de Pb en sangre, se ha encontrado una relación directa entre la concentración de Pb en gasolina, en aire y la concentración en sangre (NRC, 1991).

Múltiples estudios han encontrado que las concentraciones de partículas adentro de la casa y en extramuros no son necesariamente iguales; por ejemplo, la relación intramuros/extramuros de las partículas respirables puede llegar a ser tres veces superior en casas con fumadores, si se considera que el impacto de cada fumador incrementa la concentración en aproximadamente 20 ug/m³ (Dockery *et al*, 1981). No obstante, en casas sin fumadores, a menos de que haya una fuente de emisión importante -- como calentadores o estufas que utilicen combustibles contaminantes en cuartos con mala ventilación--, la concentración intramuros puede ser inferior a la extramuros (Samet *et al*, 1987). Por esto, se han desarrollado proyectos para investigar la capacidad predictiva de las concentraciones extramuros e intramuros para fumadores y para no fumadores a través de la construcción de modelos microambientales (Sexton *et al*, 1984).

En un estudio con fumadores y no fumadores se construyó un modelo microambiental con dos variables: la primera fue la concentración intramuros (se asumieron concentraciones iguales en todos los microambientes intramuros, a partir de la concentración medida adentro de la casa) ponderada tanto por el tiempo de permanencia en todos los ambientes intramuros, como por el número de fumadores, y la segunda, fue la concentración extramuros ponderada por el tiempo de permanencia. La utilización de estas dos variables no logró que el modelo fuera significativamente mejor que el modelo en el que solo se utilizó la concentración intramuros, ya que cada uno explicaba, respectivamente, el 57 y 51% de la varianza de la exposición personal (Dockery *et al*, 1981). Sin embargo, la capacidad predictiva del modelo se ha incrementado en estudios en los que se desagregan los diferentes microambientes intramuros y extramuros, y en los que se cuantifica con mayor precisión la influencia del humo de tabaco.

Así, en otro esfuerzo por evaluar los determinantes principales de la exposición personal a PM₁₀ se llevó a cabo un estudio durante el invierno en la zona norte de los Estados Unidos, con la participación de no fumadores que vivieran en casas en las que se utilizara leña como combustible para la calefacción. Se encontró que la concentración extramuros no explicaba en absoluto la varianza de la exposición personal, que la concentración en casa era por sí sola el mejor predictor por explicar el 29%, y, por último, que el modelo microambiental mejoraba la predicción, por explicar el 53%. Para construir el modelo microambiental se estimaron las concentraciones de partículas en los microambientes en los que no se habían hecho

monitoreos, tales como trabajo, exposición pasiva a tabaco y transporte. La exposición pasiva a tabaco fue el mayor contribuyente para la exposición personal, sin considerar la concentración en casa ponderada por el tiempo de permanencia. El modelo final incluyó cinco variables: la concentración en casa ponderada por el tiempo en casa, la concentración extramuros ponderada por el tiempo de permanencia, la concentración estimada de la exposición pasiva a tabaco ponderada por el tiempo de exposición reportado, la concentración estimada en el trabajo ponderada por el tiempo en el trabajo, y la concentración estimada durante el transporte ponderada por el tiempo dedicado a transportarse. Las variables que no mejoraron la capacidad predictiva del modelo fueron el tiempo en lugares públicos y otros microambientes (Sexton *et al*, 1984).

En Canadá, en la ciudad de Toronto, se construyó un modelo microambiental. Se comparó la capacidad predictiva de un modelo multivariado para la exposición personal (medida en forma directa), que incluyera las concentraciones intramuros (medidas en casa) y las extramuros (medidas con un muestreador ambiental fijo) *versus* un modelo cuya variable independiente fuera un índice formado por la suma de las concentraciones intramuros y extramuros, ponderadas por el tiempo de permanencia en cada uno de estos microambientes. No se realizaron mediciones de partículas en otros microambientes intramuros --es decir, intramuros no en casa--, por lo que los autores utilizaron para el modelo únicamente a los sujetos que hubieran reportado no haber permanecido en otros microambientes intramuros. Con el primer modelo se explicó el 49% de la variación de la exposición personal; el segundo disminuye su capacidad predictiva a 19%. Es posible que lo anterior se relacione con el haber compactado tanto los microambientes intra y extramuros, y que se requiriera una mayor desagregación para lograr una mejor predicción con el modelo microambiental (Hosein *et al*, 1991).

En la zona de Riverside en California se llevó a cabo un estudio para estimar la distribución de frecuencias de PM_{10} en una población urbana. Se trata de uno de los mayores esfuerzos en este campo por tratarse de una muestra de individuos y viviendas seleccionadas probabilísticamente, por lo tanto, con la posibilidad de estimar la distribución de la exposición en la población. A la fecha se han publicado los resultados de los muestreos personal, intramuros y extramuros, así como de los tiempos de permanencia, pero aún no se cuenta con el análisis multivariado en el que se integrarían las variables bajo la forma de modelo microambiental. Por lo pronto, los reportes indican que para esta población de no fumadores, la concentración extramuros y la intramuros no constituyen buenos predictores para la exposición personal. Los coeficientes de correlación para las concentraciones intra y extramuros fueron menores durante el día ($r=0.63$ y $r=0.37$) que durante la noche ($r=0.80$ y $r=0.54$); y, como se puede observar, siempre se encontró una mejor correlación con la concentración intramuros que con la extramuros (Clayton *et al*, 1993; Thomas *et al*, 1993).

Se han realizado escasos estudios para evaluar la exposición personal a partículas suspendidas; se ha contado con pocos participantes, con pocos días de muestreo, y con unas cuantas localidades. Por todo esto, no hay consistencia en la fuerza de la asociación entre diferentes microambientes y la exposición personal (véase cuadro 2.2.). Por ejemplo, hay diferencia entre la magnitud de la correlación entre la concentración extramuros y la exposición personal, aparentemente debido al diferente grado de contaminación entre una ciudad y otra. Lo mismo ocurre con la concentración intramuros, ya que es necesario controlar por fuentes de emisión al

CUADRO 2.2.

RESUMEN DE HALLAZGOS EN ESTUDIOS PARA LA EVALUACION DE LA EXPOSICION PERSONAL

AUTOR Y LOCALIDAD	NÚMERO Y CARACTERÍSTICAS DE LOS PARTICIPANTES	RELACIÓN ENTRE MOP, MIM Y MEX [*]			
		COEFICIENTES DE CORRELACIÓN (r)			RELACIÓN GENERAL
		MOPvsMIM	MOPvsMEX	MIMvsMEX	
Dockery <i>et al.</i> , 1981 Steubenville, Ohio y Watertown, Massachusetts, EUA	37 participantes Adultos Fumadores y no fumadores Voluntarios	0.72	0.69	s.d.**	s.d.**
Sexton <i>et al.</i> , 1984 Waterbury, Vermont, EUA	48 participantes Adultos No fumadores Voluntarios	0.50	0.06	0.11	MOP > MIM > MEX
Lioy <i>et al.</i> , 1990 Phillipsburg, Nueva Jersey, EUA	14 participantes Adultos No fumadores Voluntarios	s.d.**	0.79-0.91***	0.87	MOP > MEX > MIM
Hosein <i>et al.</i> , 1991 Toronto, Ontario, Canada	19 participantes Adultos No fumadores Voluntarios	0.50	0.16	0.19	MOP > MIM > MEX
Clayton <i>et al.</i> , 1993 Riverside, California, EUA	178 participantes Mayores de 10 años No fumadores Muestreo probabilístico	s.d.**	día: 0.37 noche: 0.54	día: 0.51 noche: 0.59	día: MOP > MIM > MEX noche: MOP > MEX > MIM

* MOP: exposición personal (ug/m3). MIM: concentración intramuros (ug/m³). MEX: concentración extramuros (ug/m³). Se trata de muestreos de 24 horas, salvo cuando se aclara "día" o "noche", casos en los que los muestreos fueron de 12 horas.

** s.d. No se presenta el dato en el artículo.

*** Este intervalo se refiere a los coeficientes de las regresiones que se calcularon para cada participante; sólo se presentaron en el artículo los coeficientes de los participantes en los que hubo una asociación estadísticamente significativa entre MOP y MEX.

interior de la casa, como serían los combustibles para los calentadores de área, de agua, las actividades de los sujetos, la ventilación y tasa de recambio de aire con el exterior. Sin embargo, el rasgo que se mantiene a lo largo de todos los estudios es la importancia de la exposición intramuros, es decir, la variable que pondera el tiempo de permanencia por la concentración.

Un modelo de exposición integrada es *una herramienta para el manejo ambiental*. A través del modelo es posible estimar la concentración de un contaminante en cada microambiente, y también, la importancia que la concentración y el tiempo de permanencia tienen para la exposición personal.

Por lo tanto, la aplicación se presenta a dos niveles. El primer nivel es individual; con el modelo es posible interpretar la influencia de los cambios que se registren en los monitores de área con respecto a la exposición personal integrada. El segundo nivel de aplicación es más general, ya que el modelo permite identificar los microambientes en los que es conveniente el control para la reducción de la exposición a nivel poblacional.

La población desarrolla sus actividades cotidianas en un sinnúmero de microambientes, cada uno de los cuales con concentraciones diferentes de contaminantes atmosféricos. Así, a pesar de que en algunas estaciones de monitoreo extramuros de la ciudad de México se han registrado concentraciones elevadas de partículas suspendidas, el impacto en la exposición personal será significativo sólo si son suficientemente elevadas como para que el producto de tiempo por concentración se aproxime al de la exposición en ambientes intramuros. Por esto, se hace necesario determinar cuál es la contribución de cada microambiente para la exposición integrada, para que se utilice esta información como base para el manejo y control de la contaminación.

III. METODO

Se realizó un estudio piloto, transversal, en la zona del centro de la ciudad de México. Se utilizó el enfoque microambiental con el objetivo de explicar el fenómeno de la exposición personal. Para cumplir con este objetivo se solicitó la participación activa de individuos seleccionados en la zona. En primer lugar, se aplicó un cuestionario para recabar información sobre las fuentes potenciales de emisión adentro de las viviendas y cercanas a las mismas. Posteriormente, se seleccionó al azar una submuestra de individuos para que participara en el monitoreo personal e intramuros a PM₁₀. Cada uno de los sujetos seleccionados utilizó un monitor personal para medir en forma directa la exposición personal integrada; asimismo, se midió la concentración de este contaminante al interior de sus casas. En forma complementaria, se realizaron muestreos en la estación de monitoreo de la Merced con lo que se obtuvieron las concentraciones en ambientes extramuros. Por último, todos los participantes llenaron un diario microambiental. Los datos de la exposición personal integrada, de la concentración intramuros y extramuros, así como los tiempos de permanencia se integraron en un modelo microambiental.

El trabajo se organizó en tres etapas. La primera, incluyó el diseño de instrumentos de observación, la determinación de la muestra y la aplicación del cuestionario de condición-actividad, que permitió la selección de los participantes potenciales y la caracterización de la vivienda. Durante la segunda, se realizaron los monitoreos ambientales y el llenado del diario de registro de permanencia en diferentes microambientes. Por último, la tercera consistió en el manejo de las bases de datos, incluyendo su depuración y el análisis estadístico.

Primera etapa

1. Instrumentos de observación

Los objetivos del cuestionario de condición-actividad fueron el caracterizar las condiciones de la vivienda y seleccionar a los individuos para el estudio. Para cumplir con el primer objetivo se tomaron algunos reactivos del cuestionario que se aplicó en el proyecto de *Atención Primaria a la Salud*, realizado por investigadores del Instituto Nacional de Salud Pública; los reactivos que se relacionan con las fuentes de emisión de partículas suspendidas y con la selección de los participantes se diseñaron expresamente para este proyecto. En el caso del diario microambiental, se analizaron instrumentos similares utilizados en otros proyectos, modificándolos y adaptándolos para cumplir con los objetivos del presente estudio.

1.1. Cuestionario de condición-actividad

Con el propósito de estandarizar al personal que aplicó el cuestionario se hicieron dos ejercicios. Durante la primera estandarización se aplicó el cuestionario en cuatro viviendas; la supervisora realizó la primera visita y su cuestionario se utilizó como *estándar de oro*. Después, cada encuestadora volvió a cada una de las cuatro viviendas para aplicar nuevamente el cuestionario.

Se analizaron las preguntas en las que las respuestas de dos o más encuestadoras fueran diferentes a las del *estándar de oro*. Con esta información se corrigió la redacción de las preguntas o de las opciones de respuesta, y en las sesiones de capacitación subsecuentes se discutieron y analizaron las preguntas con problemas.

En la segunda estandarización se utilizó un caso hipotético, con la caracterización de los miembros de la familia y de la vivienda. La supervisora respondió el cuestionario, que se utilizó nuevamente como *estándar de oro*. Se compararon las respuestas de las encuestadoras, y se repitió el procedimiento de la primera estandarización.

Después de las dos estandarizaciones se tuvo la versión final del cuestionario, que incluyó 55 reactivos (Anexo I).

1.2. Diario microambiental

Las encuestadoras, la supervisora y dos investigadores llenaron en tres ocasiones, durante cinco días consecutivos, diferentes versiones del diario. Los problemas que se encontraron en cada versión se analizaron en las reuniones de capacitación. Se decidió incluir en el formato las instrucciones de llenado, la definición de cada microambiente, y reducir el número de microambientes. Originalmente se pensó en incluir cercanía/lejanía a calles, avenidas y ejes viales, pero los sujetos que colaboraron en el piloteo del instrumento no logaban un registro preciso por la confusión en las definiciones y diferencias --consideradas demasiado sutiles por los sujetos que colaboraron-- entre los microambientes.

Así, se llegó a la versión final del diario, en la que se presentan las instrucciones con un ejemplo gráfico de la forma de registro del tiempo de permanencia en un microambiente, y las descripciones y ejemplos de los siete microambientes seleccionados (Anexo II).

Se decidió dividir los microambientes en dos grandes grupos: *Dentro de la casa* y *Fuera de la casa*. Adentro de la casa implicó estar en cualquier cuarto, pero siempre, en intramuros. Fuera de la casa se dividió a su vez en cinco microambientes, que fueron: *transporte, trabajo o escuela en intramuros, trabajo o escuela en extramuros,*

otras actividades en intramuros, otras actividades en extramuros. Además se pidió registrar el tiempo que permanecieran *cerca de personas fumando*. Gracias al formato que se diseñó fue posible detectar el tiempo de exposición pasiva a tabaco y los microambientes en los que ocurría esta exposición.

2. Determinación de la muestra poblacional

Se utilizó un diseño de muestreo aleatorio en tres etapas. La unidad primaria de muestreo fue la manzana; la unidad secundaria, el conglomerado de cinco viviendas, y, por último, la vivienda fue el marco de selección de individuos, que constituyeron la unidad terciaria de muestreo.

Por tratarse de un estudio piloto, así como por limitaciones logísticas y de equipo para los monitoreos personal e intramuros, se decidió realizar este proyecto en una muestra de 600 individuos. A continuación se detalla el procedimiento que se siguió para estimar el número de viviendas a visitar para identificar a 600 sujetos que cumplieran con los criterios de inclusión --éstos se definen más adelante.

El cálculo para estimar el número necesario de viviendas a visitar para seleccionar a 600 individuos fue el siguiente:

$$N_v = n/x$$

en donde:

N_v = número de viviendas

n = tamaño muestral

x = promedio de habitantes por vivienda

Así:
$$N_v = \frac{600}{5} = 120$$

A este cálculo se incorporan las variables de los criterios de inclusión, con la fórmula:

$$N_i = \frac{600}{p_1 \times p_2 \times p_3 \times p_4 \times p_5 \times p_6 \times p_7}$$

en donde:

- N_i = número de individuos a entrevistar
- p_1 = proporción de respuesta esperada = 0.95
(Valor promedio de varias encuestas realizadas en la ciudad de México: SSA, Encuesta Nacional de Adicciones, Tabaco, 1990; INEGI, Censos Económicos 1989, Resultados Oportunos del Distrito Federal, 1991; SSA, Encuesta Nacional de Invalidez, 1982)
- p_2 = proporción de la población que haya vivido en la zona por al menos seis meses = 0.97
(INEGI, Censos Económicos 1989, Resultados Oportunos del Distrito Federal, 1991)
- p_3 = proporción de la población entre 9 y 79 años = 0.76
(X Censo General de Poblacion y Vivienda, 1980, INEGI, 1984)
- p_4 = proporción de individuos sin invalidez permanente = 0.99
(SSA, Encuesta Nacional de Invalidez, 1982)
- p_5 = proporción de no fumadores = 0.68
(SSA, Encuesta Nacional de Adicciones, Tabaco, 1990)
- p_6 = proporción de individuos no expuestos ocupacionalmente a partículas = 0.90
(INEGI, Censos Económicos 1989, Resultados Oportunos del Distrito Federal, 1991)
- p_7 = proporción de estudiantes que acuden a una escuela dentro del área = 0.90
(estimación de los participantes en el proyecto)

Con estos valores se estimó necesario entrevistar a 1571 individuos. Asumiendo que en cada vivienda hay en promedio cinco individuos, sería necesario visitar 314 viviendas. Se decidió aproximar el número de 314 viviendas a 320, para facilitar los cálculos subsecuentes.

El área bajo estudio tiene un radio de 3Km, cuyo centro se ubicó en la estación de monitoreo ambiental Merced, de la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), sitio en el que se colocó el muestreador extramuros de este proyecto. El marco muestral quedó formado por todas las manzanas circunscritas dentro de este perímetro (véase figura 3). Para iniciar la selección de las viviendas a visitar, se numeraron las manzanas en un plano (escala 1:11,250), obteniendo un total de 2120 manzanas.

En un inicio se pensó que se harían conglomerados de 10 viviendas, pero al encontrar una gran variabilidad en el total de viviendas por manzana --el mínimo fue tres y el máximo 256-- se decidió hacer los conglomerados de cinco viviendas. Partiendo de

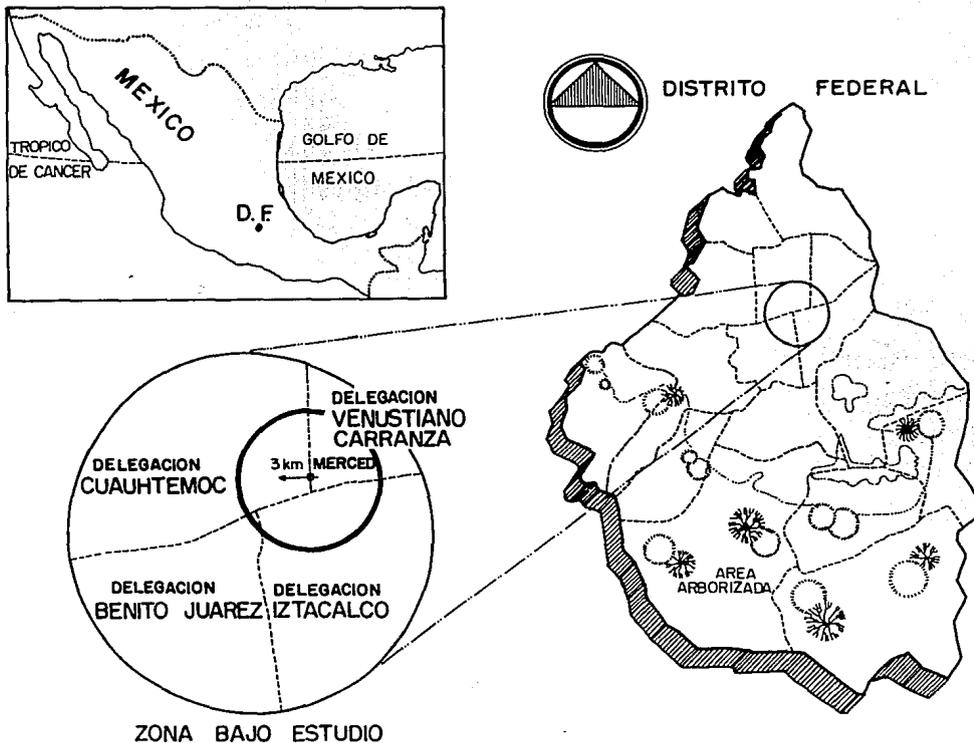


Figura 3- Localización de la zona bajo estudio: Centro de la ciudad de México.

que los conglomerados serían de 10 viviendas, se calculó el número de manzanas necesarias: $320/10 = 32$.

Se determinó el intervalo para seleccionar a las manzanas con el siguiente cálculo:

$$I_s = \frac{2120}{32} = 66.25$$

Se buscó un número aleatorio entre 01 y 66 en las tablas de Tippett; se encontró el número 47. Por lo tanto, la primera manzana que se seleccionó para formar los conglomerados fue la #47. El proceso de selección se hizo sumando el intervalo de selección (66) reiteradamente (figura 4).

Las encuestadoras visitaron el área del estudio y esquematizaron cada una de las manzanas seleccionadas. Estos dibujos incluyeron los nombres de las calles, la localización de cada vivienda con número exterior e interior, ubicación de lotes baldíos, y predios con utilización del suelo comercial o industrial.

Los conglomerados se delimitaron en los croquis agrupando viviendas contiguas de cinco en cinco, en el orden numérico progresivo que se había asignado a las manzanas en el mapa. Cuando una manzana tenía un total de viviendas que no fuera múltiplo de cinco el último conglomerado de esa manzana se completaba con viviendas de la siguiente manzana (por esta razón hay conglomerados que ocupan dos manzanas). Así, se formaron 373 conglomerados.

Se estimó que se tendrían que visitar 64 conglomerados --número que se calculó dividiendo el número requerido de viviendas entre el número de viviendas por conglomerado ($320/5 = 64$). Posteriormente, se seleccionaron los conglomerados; el intervalo de selección fue 5.84 (resultado de dividir $373/64$). Para hacer una selección sistemática se buscó un número aleatorio en la tabla de Tippett, 4.72, que sirvió para que el primer conglomerado seleccionado fuera el #5. Los conglomerados que se visitaron se presentan en el cuadro 3.1.

3. Selección de participantes

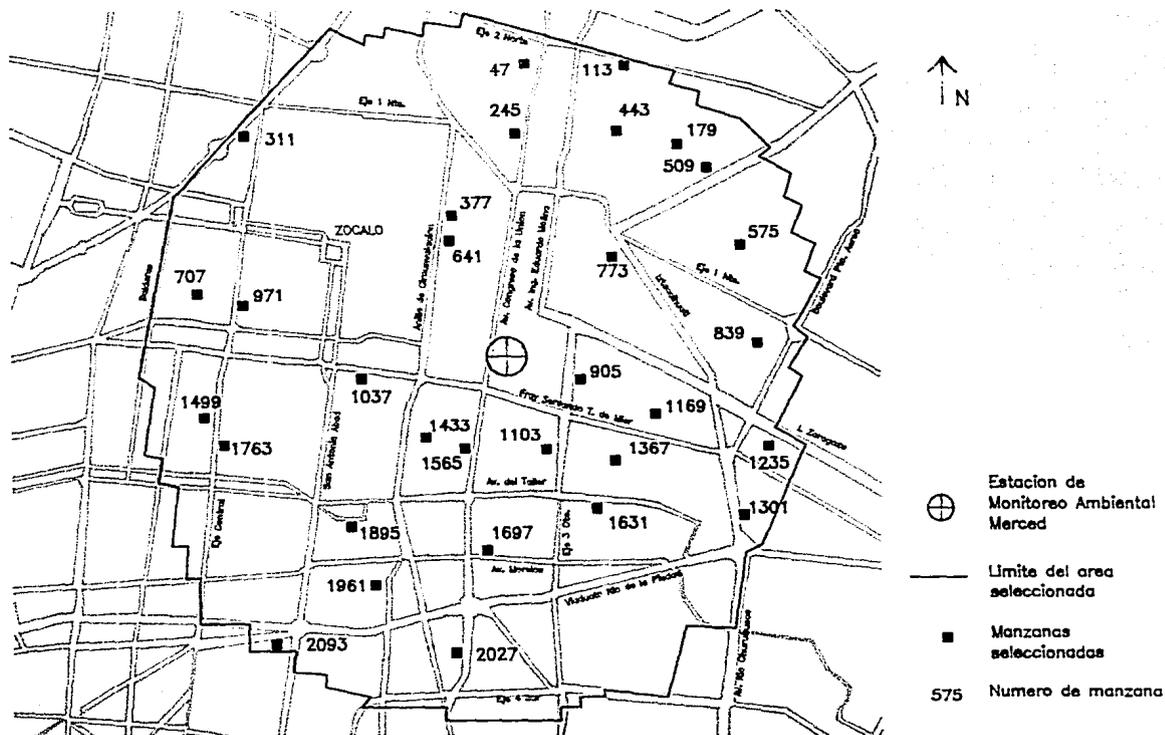
Las cinco viviendas de cada conglomerado seleccionado se visitaron para aplicar el cuestionario de condición-actividad.

Con el cuestionario se logró identificar a los individuos que cumplían con los criterios de inclusión establecidos para el estudio. Todos estos criterios se relacionan con la

Figura 4. Manzanas seleccionadas para la determinación de la muestra poblacional

ZONA CENTRO DE LA CIUDAD DE MEXICO

MARCO DE MUESTREO



CUADRO 3.1.**CONGLOMERADOS SELECCIONADOS PARA
EL MARCO MUESTRAL DE VIVIENDAS**

MANZANA	Nº DE VIVIENDAS EN LA MANZANA	CONGLOMERADOS SELECCIONADOS EN LA MANZANA
47	51	5
113	28	11
179	42	16, 22
245	91	28, 34, 40
311	109	46, 51, 57, 63
377	75	69, 75
443	33	81, 86
509	48	86, 92
575	36	98
641	125	104, 110, 116, 122, 127
707	112	133, 139, 145, 151
773	24	157
839	50	161, 168
905	22	---
971	26	174
1037	3	---
1103	30	180
1169	31	186, 192
1235	18	192
1301	20	197
1367	28	203
1433	51	209, 215
1499	256	215, 221, 227, 232, 238, 244, 255, 262
1565	45	268, 273
1631	22	279
1697	30	279, 285
1763	152	285, 291, 297, 303, 308, 314
1829	98	320, 326, 332, 337
1895	60	337, 343
1961	53	349
2027	60	361, 367
2093	18	373

obtención de una muestra representativa de las condiciones de exposición a PM_{10} como contaminante ambiental de la población general, por lo que se excluyen exposiciones que sean confusoras (cuadro 3.2.). Asimismo, se seleccionaron sujetos que por su edad y por saber leer y escribir fueran capaces de cumplir con las actividades en que se solicitaría su participación.

CUADRO 3.2.

CRITERIOS DE INCLUSION Y SU JUSTIFICACION PARA LA SELECCION DE LOS PARTICIPANTES

CRITERIOS DE INCLUSION	JUSTIFICACION
Vivir en un radio de 3 Km a la redonda de la estación de monitoreo extramuros	Permite estimar la exposición extramuros con las mediciones del muestreador fijo
Tener entre 7 y 79 años	Hace posible su participación en el monitoreo personal e intramuros, así como en el llenado del diario
No fumar	Se evitan exposiciones confusoras
No presentar incapacidad permanente	Se evita la participación de sujetos no representativo de la población general
En caso de ser estudiante, acudir a una escuela dentro del área	Permite utilizar las mediciones ambientales extramuro cuando reportan estar en escuela extramuros
Haber vivido en el área por lo menos durante los seis meses previos al estudio	Implica estabilidad de residencia, necesaria dados los tiempos del estudio
Saber leer y escribir	Permite el llenado del diario microambiental
No estar ocupacionalmente expuesto a partículas ⁴¹	Se evitan exposiciones confusoras

⁴¹ Se excluyeron los individuos que tuvieran cualquiera de las siguientes ocupaciones: alfarero, carpintero, agente de tránsito, barrendero, minero, trabajador de la industria del cemento, de la industria metal-mecánica, de fundidoras, de fábricas de papel, de talleres de hojalatería y pintura de coches, y de almacenes de granos y cereales.

Dado que la actividad y la edad de los sujetos determinan los patrones de permanencia en diferentes microambientes, se decidió clasificar a los participantes en seis grupos de interés, que se listan a continuación:

- 1) Niños (9 a 12 años)
- 2) Estudiantes (13 a 24 años)
- 3) Trabajadores de industria (9 a 64 años)
- 4) Empleados de oficina (9 a 64 años)
- 5) Amas de casa (9 a 64 años)
- 6) Ancianos (65 a 79 años)

4. Condiciones de la vivienda

Para evaluar las características y las fuentes de emisión dentro y cerca de la vivienda se construyeron las variables *indicador de ventilación (IV)*, *índice socioeconómico (ISO)* (Bronfman *et al*, 1988), *fuentes de emisión interna total (FEIT)*, y, por último, *fuentes de emisión externa total (FEET)*. Los cuadros 3.3. a 3.6. son por sí mismos explicativos, ya que muestran las variables, categorías y valores asignados a cada característica. Para el ISO los valores para las peores condiciones de vivienda serán los más cercanos a cero; en cambio, para los demás índices las condiciones peores se identifican con los valores más grandes.

CUADRO 3.3.		
VARIABLES INCLUIDAS Y VALORES ASIGNADOS EN LA CONSTRUCCION DE LA TASA DE LA FORMA DE VENTILACION		
INDICADOR	VARIABLES INCLUIDAS	VALOR
Indicador de ventilación $IV = a/b$	a) número total de ventanas en la vivienda b) número de cuartos que se usan para dormir	0 - 9 1 - 9

CUADRO 3.4.**VARIABLES INCLUIDAS, CATEGORÍAS Y VALORES ASIGNADOS
EN LA CONSTRUCCION DEL
INDICE SOCIOECONOMICO**

ÍNDICE	VARIABLES INCLUIDAS	CATEGORÍAS	VALOR
Indice socioeconómico ISO = a+b+c+d+e	a) material del piso	recubrimiento	2
		cemento	1
		tierra	0
	b) agua potable	adentro de la vivienda	2
		en el terreno	1
		hidrante público/sin agua potable	0
	c) eliminación de excretas	drenaje	2
		letrina, pozo negro	0
	d) hacinamiento	menos de 1.6 personas/cuarto	2
		1.6 - 3.5 personas/cuarto	1
		más de 3.5 personas/cuarto	0
	e) escolaridad del jefe de familia	7 años o más	2
		entre 4 y 6 años	1
		3 años o menos	0

CUADRO 3.5.**VARIABLES INCLUIDAS, CATEGORIAS Y VALORES ASIGNADOS EN LA CONSTRUCCION DE LA VARIABLE FUENTE DE EMISION INTERNA TOTAL**

VARIABLE	VARIABLES INCLUIDAS	CATEGORÍAS	VALOR
Fuente de emisión interna total	a) material del piso	recubrimiento/cemento tierra	0 1
FEIT = a+b+c+d+e+f+g	b) ventilador de aspas en casa	no sí	0 1
	c) combustible para cocinar	electricidad/gas petróleo, leña, carbón o papel	0 1
	d) combustible para calefacción	electricidad/gas petróleo, leña, carbón o papel	0 1
	e) combustible para calentador de agua	gas petróleo, leña, carbón o papel	0 1
	f) mascotas adentro de la vivienda	ninguna perro, gato, aves, otras	0 1
	g) cochera comunicada con la vivienda	no puerta, ventana, otros	0 1

CUADRO 3.6.

VARIABLES INCLUIDAS, CATEGORIAS Y VALORES ASIGNADOS EN LA CONSTRUCCION DE LA VARIABLE FUENTE DE EMISION EXTERNA TOTAL

VARIABLE	VARIABLES INCLUIDAS	CATEGORÍAS	VALOR
<p>Fuente de emisión externa total</p> <p>FEET = a+b+c+d+e+f+g+h+i+j+k+l+m+n</p>	<p>Cercanía de la vivienda a:</p> <p>a) avenida y/o eje vial</p> <p>b) parada de pesera y/o autobús</p> <p>c) vulcanizadora</p> <p>d) carpintería</p> <p>e) talleres de pulido de piedra</p> <p>f) fundidora</p> <p>g) imprenta</p> <p>h) taller de acumuladores</p> <p>i) fábrica de pintura o barnices</p> <p>j) fábrica/taller de cerámica</p> <p>k) cementera</p> <p>l) taller hojalatería y pintura</p> <p>m) taller mecánico automotriz</p> <p>n) fábrica hilos y telas</p>	<p>sí</p> <p>no</p>	<p>1</p> <p>0</p>

Segunda etapa

5. Monitoreo personal e intramuros

Para lograr que por lo menos una submuestra del 10% de los individuos seleccionados a través del cuestionario de condición-actividad participara en el monitoreo personal y en el monitoreo intramuros (MOP y MIM) se escogió un 15%, pensando en que la tasa de rechazo sería elevada. La selección se hizo en forma aleatoria y con distribución proporcional con los grupos de interés.

El procedimiento para la selección se hizo con el listado de los individuos de cada grupo de interés. En el cuestionario de condición-actividad se numeraron consecutivamente los individuos de cada grupo de interés en el orden en que se fueron visitando las viviendas y se definía el grupo al que pertenecían (cuadro V del cuestionario). Estos individuos se consideraron como la *primera selección*; los tres individuos que seguían en la lista al *primer* seleccionado de cada grupo se tomaron como *reemplazos*, los cuales se visitaron cuando el primer seleccionado no se encontraba después de al menos tres visitas o se negaba a participar.

Durante la primera visita a la casa del participante el técnico explicaba cómo se pone y ajusta la correa y cinturón de la mochila en la que se carga el equipo, pero no se involucró a los participantes en el funcionamiento del monitor ni de la bomba. Se dejó en cada mochila una tarjeta roja con los teléfonos a los que podían llamar en caso de mal funcionamiento de los muestreadores. Para el MIM se utilizó exactamente el mismo equipo. Se preguntó al participante cuál era el lugar dentro de la casa en el que pasa la mayor parte de su tiempo, salvo la cocina y el baño, para colocar ahí el muestreador. El MIM se realizó simultáneamente con el MOP.

5.1. Descripción del equipo para el monitoreo personal e intramuros

El equipo que se usó en el monitoreo personal e intramuros se ha utilizado desde 1991 en otros estudios realizados en otros países para el monitoreo de PM_{10} (Thomas *et al*, 1993). Se utilizó el mismo tipo de monitor para los monitoreos personal e intramuros; consiste en una bomba de vacío, portátil --que se guarda en una mochila para que sea más fácil cargarla-- y en un monitor de exposición personal (PEM) con un filtro en el que se impactan las partículas. El PEM se fija en la correa de la mochila y se le protege con una pieza de plástico (capucha) para limitar la penetración de las fibras de la ropa y pelo (véase figura 5).

Los cuatro componentes del muestreador para MOP y para MIM son el PEM, la bomba de vacío, una caja electrónica, y las baterías o fuentes de poder.

El monitor de exposición personal (PEM) es un impactador inercial que se debe colocar justo debajo del hueso de "collar" del participante, para que se capturen las partículas de la zona de respiración. Se fija a la banda de la mochila que cruza el torso del participante.

El PEM está formado por la tapa, la placa anular de impactación y la base --piezas de aluminio anodizadas--, el filtro y los empaques (véase figura 6). Las partículas penetran a la placa de impactación a través de seis orificios de 1.8mm de diámetro, que se encuentran en la tapa. Un anillo de acero inoxidable está incrustado permanentemente en la placa de impactación. Este anillo se cubre ligeramente con gres de silicón para

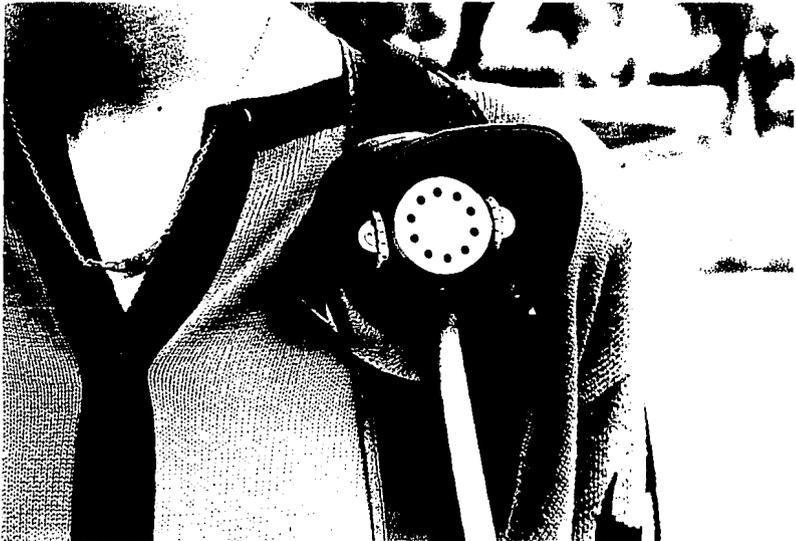
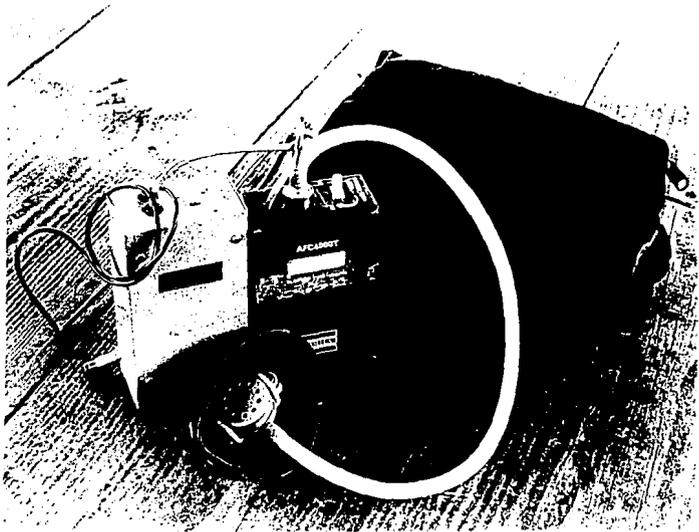


Figura 5. Equipo para el monitoreo personal e intramuros de PM_{10}

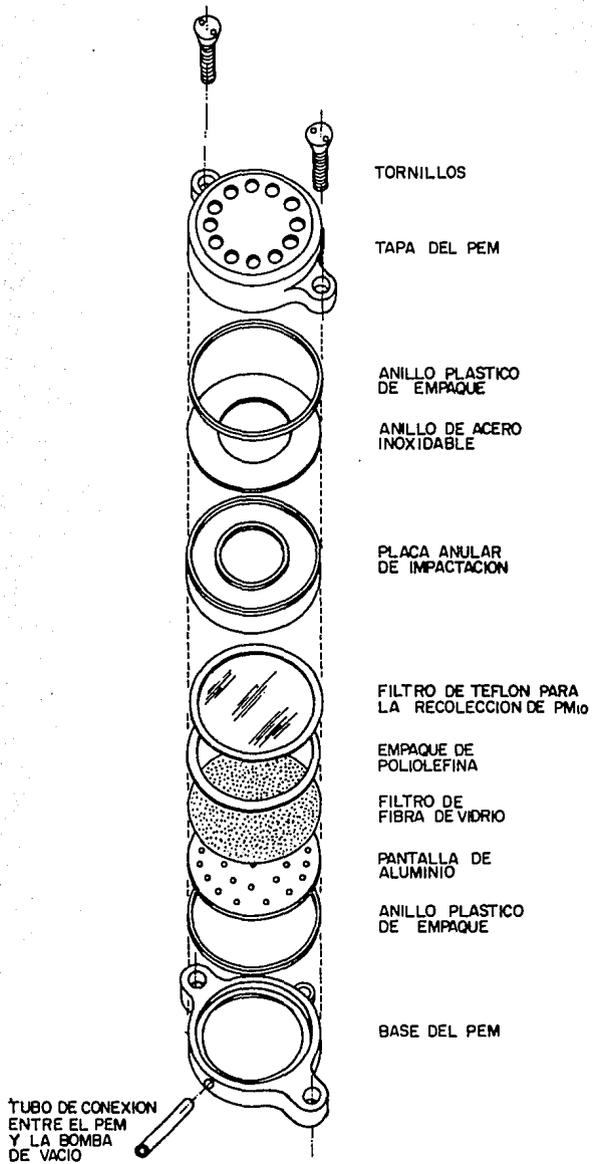


Figura 6- Monitor de exposición personal para el muestreo de PM₁₀

reducir el rebote de las partículas al momento de la impactación. El flujo de aire que penetró por la tapa contiene las partículas de menor diámetro, y pasa posteriormente a través de la perforación del centro de la placa de impactación. La base sostiene al filtro de teflón y, a la vez, en ella se inserta la placa de impactación, evitando las fugas de aire. Un pequeño tubo metálico lateral es la pieza que permite la conexión entre el PEM y el tubo de látex que va a la bomba de vacío (Thomas *et al*, 1993).

El filtro en el que se colectan las partículas es de teflón con un anillo de poliolefina; tiene un diámetro de 37 mm, con un poro nominal de 2 micras (#R2J037 Teflo, Gelman). Se utilizan como empaques un filtro de fibra de vidrio (Millipore AP-40) y un anillo de poliolefina. Por último, una pantalla metálica sirve de base al filtro de fibra de vidrio.

La bomba se ajusta a un flujo de cuatro litros por minuto. Se encuentra protegida por una caja metálica de 145mm X 50mm. La bomba original es marca Casella AFC 400. La Escuela de Salud Pública de Harvard la modificó para que fuera menos ruidosa, para que tuviera doble diafragma y un motor integrado. El flujo se mantiene constante con una tolerancia de 5%, gracias a un circuito electrónico de control que usa una corriente proporcional de retroalimentación. Cuando la caída de presión a través del filtro aumenta o una carga adicional en la caída de presión se presenta temporalmente, el sistema compensa automáticamente la mayor demanda de corriente con un ajuste en el voltaje (la caída de presión total en la bomba no debe exceder 20 pulgadas).

La caja electrónica también tiene un reloj digital que registra el tiempo en minutos en que la bomba ha estado encendida; un switch de encendido y apagado con un foquito verde; un potenciómetro (*pot*, tornillo pequeño) para controlar el flujo; y, un sistema electrónico que apaga la bomba automáticamente cuando se presenta un umbral bajo de voltaje debido a falta de carga de las baterías.

Se utilizaron baterías de níquel-cadmio (NiCd) recargables cuando los participantes se encontraban fuera de casa, y cuando llegaban a casa conectaban la bomba a una fuente de poder de 8-9 volts. Los monitores intramuros se conectaron permanentemente con fuentes de poder.

5.2. Trabajo de campo para el monitoreo personal e intramuros

Se realizaron **dos** muestreos consecutivos de **24** horas. Se recogieron **cuatro** muestras por participante: dos filtros del MOP y dos filtros del MIM. Los muestreos se hicieron únicamente durante los días hábiles, iniciando los lunes y martes por la tarde y terminando los miércoles o jueves -según sea el caso- por la tarde.

El personal de campo realizó las actividades que a continuación se describen en sus visitas:

- Día 1 →
1. Explicar el proyecto a los participantes y solicitar su cooperación (oralmente y con una carta del Instituto Nacional de Salud Pública).
 2. Explicar el funcionamiento general del equipo de monitoreo y definir las actividades a realizar por el participante durante el muestreo.
 3. Explicar el llenado del diario microambiental. Llenar con el participante el día 1.
 4. Seleccionar el cuarto en el que se colocaría el MIM; instalar el equipo para MIM en un sitio seguro.
 5. Poner y ajustar el MOP al participante.
 6. Entregar la tarjeta roja con teléfonos de emergencia para dar aviso a los técnicos en caso de tener algún problema con el funcionamiento del equipo.
 7. Entregar camiseta de regalo con el logotipo del proyecto al participante.
- Día 2 →
1. Cambiar PEMs y baterías del MOP/MIM del día anterior.
 2. Instalar y checar flujo de los muestreadores.
 3. Revisar el llenado del diario microambiental.
- Día 3 →
1. Recoger todo el equipo de monitoreo.
 2. Supervisar el llenado del diario microambiental.
- Día 4 →
1. Supervisar el llenado del diario microambiental en caso de que se haya detectado dificultad en el día 3.
- Día 5 →
1. Recoger el diario microambiental.
 2. Agradecer la participación y dejar tarjeta con datos del proyecto para cualquier duda o comentario que deseen hacer a los investigadores del proyecto.

El personal técnico llenó una bitácora en la que se registraron la fecha, el folio del individuo, el tiempo inicial y final del muestreo, el flujo inicial y final, el número de filtro, las claves de la bomba, del PEM, del juego de baterías y del rotámetro.

Se desarrollaron cuatro instructivos para el personal técnico: para el armado y el lavado de los PEMs, para el pesado de los filtros y, el último, para las recomendaciones generales durante el trabajo de campo.

Se especificó que el monitor intramuros se debería colocar cerca de una pared interior, lejos de ventanas, puertas, pasillos y corrientes de aire. Se colocó el MIM a **50cm** de

distancia de la pared y a 50cm de distancia de puertas interiores. La mochila con el MIM se colgó de algún mueble --librero, repisa, etc. El monitor se colocó entre 75cm y 1.25m del piso, por ser ésta la altura de la zona de respiración de una persona cuando está sentada.

Se construyó una campana de acrílico en la que se colocó la balanza de precisión y dentro de la que se ponían a estabilizar los filtros de teflón, durante 48 horas. La campana permitió mantener estables la temperatura y la humedad relativa; el intervalo de temperatura fue de 20 a 25° C y el de la humedad relativa, 25 y 35%.

Se utilizó una balanza analítica con sensibilidad de 0.001 mg, marca Sartorius, modelo M3P.

5.3. Control de calidad

El cinco por ciento de los filtros se utilizaron como blanco de campo; con ellos se midió el valor basal de contaminación de los filtros en el proceso de armado del PEM, transporte en campo y regreso al cuarto de pesado. Estos filtros se trataron exactamente igual que los filtros que se utilizaron para el monitoreo. El valor de contaminación basal se restaría posteriormente al peso total de los filtros, para posteriormente calcular la concentración.

Los muestreos personales e intramuros se consideraron válidos cuando cumplieran con los criterios que se listan a continuación:

1) Flujo de la bomba:

- * el flujo inicial se debía encontrar dentro del intervalo de 4L/min \pm 20%.
- * el flujo final se debía encontrar dentro del intervalo de 4L/min \pm 20%.

2) Tiempo de muestreo:

- * el tiempo total de muestreo no debe ser inferior a 1440min -20%.

Para calcular la concentración muestreada (como se explicará en la sección 8.2.), se utilizan el flujo promedio y el tiempo total de muestreo. Al presentarse un flujo fuera del intervalo mencionado no se garantiza una recolección eficiente de las partículas. En lo referente al tiempo, dado que el cronómetro de las bombas no tiene memoria, al interrumpir el muestreo y reiniciarlo posteriormente el conteo se reinicia en cero. Si

no se registra esta interrupción, el resultado es un subregistro del tiempo total muestreado, lo cual repercute en una sobreestimación de la concentración de las partículas.

6. Monitoreo extramuros

Se utilizó un muestreador de grandes volúmenes marca Andersen/GMW modelo 1200VFC HVPM10. Este cumple con las especificaciones de funcionamiento del método federal de referencia de E.U.A. para PM_{10} ^{5/}. El método se basa en el fraccionamiento de las partículas por su distribución de tamaños, seguido por filtrado y análisis gravimétrico de PM_{10} que se encuentra en el filtro.

El aparato colecta las partículas con diámetro aerodinámico menor o igual a 10 micras, con un flujo que se mantiene constante a 40 pies cúbicos por minuto gracias al controlador de volumen. Se utilizaron filtros de fibra de vidrio, que se pesaron en una balanza marca Sartorius, modelo A200-S, con una sensibilidad de 0.1mg. Los filtros se dejaban estabilizar en el cuarto de pesado durante 24 horas antes de registrar el peso inicial a $22^{\circ}C \pm 3^{\circ}C$ de temperatura y $50\% \pm 3\%$ de humedad relativa. Después del muestreo, se repetía este procedimiento para proceder al pesado para el registro del peso final.

Se realizaron muestreos de 24 horas, de lunes a sábado. Se iniciaban los lunes a las 12 horas, aproximadamente, y se terminaban los sábados a la misma hora.

7. Llenado del diario microambiental

Se solicitó a los participantes que llenaran el diario durante cinco días hábiles consecutivos. En consecuencia, si se atravesaba el fin de semana no lo llenarían ni sábado ni domingo, para completar el llenado el lunes siguiente.

El primer día de visita a la casa del participante se le explicaban las definiciones de cada microambiente siguiendo las instrucciones escritas en el mismo diario y se registraban, con la ayuda del personal técnico, los tiempos de permanencia de ese día en la hoja de llenado correspondiente al día #1. Se ofrecía a los participantes regresar al día siguiente para resolver cualquier duda y supervisar el llenado. Al recoger el

^{5/} Se utilizó el Método Federal de Referencia de los E.U.A. debido a que México sólo ha promulgado el MFR para partículas suspendidas totales y no se cuenta aún con el de PM_{10} .

diario, el personal técnico revisaba nuevamente el diario y, en caso de encontrar errores en el llenado se corregían consultando al participante.

Tercera etapa

8. Manejo de la información

En esta sección se incluyen todas las fases involucradas con el procesamiento de los datos, desde su captura, hasta el análisis final.

8.1. Captura y depuración de bases de datos

La información que se obtuvo del cuestionario de condición-actividad, del diario microambiental y de los muestreos ambientales se capturó en bases de datos que se crearon con el programa DBASE-III PLUS. El programa FOXPRO2 se utilizó para hacer modificaciones en la estructura de las bases de datos.

Simultáneamente con el trabajo de campo se codificó el cuestionario y el diario, y se inició la captura de los datos, tomando como referencia los manuales de codificación que se hicieron para cada base de datos.

El cuestionario de condición-actividad se levantó por vivienda; a cada vivienda se le asignó un número de tres dígitos. Los miembros de la familia o personas que vivieran en la casa en forma permanente se numeraban, iniciando por el jefe de familia, y, excluyendo a los niños menores de 9 años y a los miembros de más de 79 años. Así, todos los sujetos de los que se obtuvo información se identificaron con cinco dígitos.

Para todas las bases de datos se hicieron captura y recaptura con dos capturistas diferentes y se compararon la base original y la de recaptura utilizando el programa FOXPRO2. Este procedimiento se repitió hasta que no apareciera ninguna diferencia entre las dos bases de datos.

8.2. Preparación de la información

En el caso de los datos del diario microambiental se sumaron los tiempos de permanencia de cada día en todos los microambientes. En los registros en que la suma fuera diferente de 24 horas se revisó el llenado directamente en el diario y se procedía a corregir la base final. Cuando no había congruencia entre la permanencia en un microambiente en una hora determinada y el microambiente de la siguiente hora (vgr. reportar dormir en casa y amanecer fuera de casa) se cancelaba el día completo.

La exposición pasiva a tabaco se puede presentar en cualquier microambiente, por lo que así fue como se registró en el diario. Dado que esta exposición pasiva se consideró como un microambiente independiente, después de que se limpió la base de datos se restó el tiempo de *cerca de personas fumando* al tiempo de permanencia en los demás microambientes.

El último paso en el tratamiento de los tiempos de permanencia fue su conversión a fracciones, de tal forma que la suma de los tiempos en los siete microambientes en un día fuera *uno*.

Con respecto a la información de los monitoreos ambientales, su preparación para el análisis se inició con la eliminación de los muestreos que no cumplieron con los criterios de control de calidad.

Posteriormente se calculó la concentración, mediante los siguientes pasos:

- 1) Se restó el peso inicial del filtro a su peso final para obtener el peso total (microgramos, μg).
- 2) A partir de los flujos inicial y final se obtuvo el flujo promedio (litros por minuto, L/min).
- 3) Se multiplicó el flujo promedio por los minutos totales de muestreo (litros, L).
- 4) Se dividió el peso total entre los litros de aire muestreado, y el resultado se expresa en microgramos por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

8.3. Creación de variables de exposición

Al hacer muestreos ambientales en un determinado microambiente se obtienen las concentraciones a las que se exponen los individuos cuando, y sólo cuando, se encuentran en ese microambiente. Por lo tanto, para convertir la *concentración* de un contaminante presente en un medio en un microambiente específico, a la *exposición* de un individuo en ese microambiente, es necesario multiplicar la concentración por el tiempo de permanencia en dicho microambiente.

Para el análisis de los datos, se asumió que las mediciones ambientales extramuros representaban la concentración a la que se exponían los participantes al permanecer en cualquiera de los dos microambientes extramuros que se registraron en el diario. Así, los tiempos de permanencia en *trabajo/escuela extramuros* y en *otras actividades extramuros* (unidad = minutos) se multiplicaron por la concentración del monitoreo extramuros (unidad = $\mu\text{g}/\text{m}^3$) para obtener la exposición a PM_{10} en estos dos microambientes (unidad = $\mu\text{g}/\text{m}^3$ por minuto).

8.4. Análisis descriptivo

El análisis estadístico se hizo con el programa SPSS-PC+. Se analizaron las distribuciones de todas las variables con esquemas de tallo y hoja, y también sus estadísticas descriptivas. Se aplicó la prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov para los datos de los monitoreos ambientales, con la hipótesis nula de que la distribución de las muestras pudiera ser considerada como normal.

8.5. Análisis bivariado

A través de la prueba de Mantel-Haenszel se evaluó la asociación entre los índices e indicadores de las condiciones de la vivienda *versus* la exposición personal.

Con el propósito de evaluar diferencias en los tiempos de permanencia entre los sujetos que participaron en el monitoreo personal y aquellos que no participaron se aplicó una prueba de t para muestras independientes. Este análisis se complementó con una prueba pareada de t que se aplicó entre los dos diarios que llenaron 26 sujetos en dos semanas diferentes, la primera sin participar en el monitoreo personal, y, la segunda, con el equipo de muestreo.

En cuanto a los monitoreos ambientales se utilizó la prueba de t para determinar si las diferencias entre las medias de MOP-MIM, MOP-MEX y MIM-MEX se debían al azar. Adicionalmente, se estimó el coeficiente de correlación para determinar la fuerza de la asociación entre los tres tipos de monitoreos. Asimismo, se calcularon las razones MOP/MIM, MOP/MEX y MIM/MEX, se obtuvieron sus percentiles, con lo que fue posible un análisis de las diferencias en la concentración intramuros, extramuros y la exposición personal.

Se construyeron tablas de contingencia con la variable dependiente (exposición personal) y los índices creados a partir del cuestionario de condición-actividad, los monitoreos intramuros, extramuros, así como los tiempos de permanencia y las variables de exposición microambiental.

Para la categorización de las variables se analizaron las distribuciones de frecuencias, para tomar como puntos de corte ya fuera la mediana, los terciles o los cuartiles. En el caso de la variable dependiente se tomó como punto de corte la mediana.

Se obtuvieron los coeficientes de Pearson y de Mantel-Haenszel, para cuantificar la fuerza de la asociación. En el caso de la primera prueba se optó por no utilizar la corrección de Yates en las tablas de 2×2 , por ser una prueba demasiado conservadora --no se rechaza la hipótesis nula cuando puede haber asociación, concluyendo que las variables son independientes (Daniel, 1989). La segunda prueba indica la probabilidad

condicional de estar en una de las dos categorías de la variable dependiente dada la pertenencia a alguna de las categorías de una variable independiente.

8.6. Análisis multivariado

Se construyeron varios modelos para explicar la exposición personal integrada. Primero, se intentó a través de modelos de regresión lineal múltiple, y, posteriormente se recurrió a modelación con la regresión logística. Se conservaron para el análisis multivariado las variables que por su significancia estadística (se tomó la probabilidad menor a 0.1) en el análisis de las tablas de contingencia justificaran su permanencia. Se construyeron modelos con todas las posibles combinaciones de las variables seleccionadas.

Partiendo de que se cumplen los supuestos acompañantes para la regresión lineal múltiple (la variable dependiente es continua con una distribución normal), se construyeron modelos microambientales. Sin embargo, todos los modelos explicaban menos del 10% de la varianza del fenómeno y que eran no significativos.

Por lo anterior, se intentó explicar la exposición personal construyendo un modelo con dos variables independientes: la exposición intramuros total y la exposición extramuros total. La exposición intramuros total se construyó con la concentración de PM_{10} medida en casa ponderada por la suma de los tiempos de permanencia en casa, en trabajo/escuela intramuros y otras actividades intramuros; asimismo, la exposición extramuros total, se construyó con la concentración de partículas que se muestreó en extramuros ponderada por el tiempo de permanencia en trabajo/escuela extramuros más el tiempo en otras actividades extramuros. Se obtuvo un modelo no significativo.

Con los resultados obtenidos en las regresiones lineales múltiples se optó por utilizar el modelo de regresión logística.

Las variables independientes son continuas por naturaleza. Sin embargo, para los tiempos de permanencia en algunos microambientes hubo participantes que reportaron no haber estado en absoluto en ellos y otros que reportaron permanencia de varias horas, con lo cual las distribuciones de frecuencias resultaron ser discontinuas. Por lo anterior, las variables se trataron de la siguiente manera para su inclusión en los modelos:

- i) Las variables con una distribución continua se conservaron en forma continua.
- ii) Las variables con distribución discontinua se categorizaron, asignando el valor 0 a la peor condición.

- iii) Las variables con más de dos categorías se factorizaron creando nuevas variables para representar a las categorías (el número de variables a crear es igual al número de categorías menos 1).

El modelo de regresión logística estima la probabilidad de que ocurra un evento. Cuando se tiene más de una variable independiente el modelo es el siguiente:

$$\text{Probabilidad(evento)} = \frac{1}{1 + e^{-Z}}$$

en donde,

e es la base del logaritmo natural
 $-Z = B_0 + B_1X_1 + B_2X_2 + \dots + B_pX_p$

y en donde,

$B_0, B_1, B_2 \dots B_p$ son los coeficientes estimados a partir de los datos
 $X_1, X_2 \dots X_p$ son las variables independientes

Así, la relación entre las variables independientes y la probabilidad es no lineal, y el intervalo para los valores estimados de la probabilidad es de 0 a 1.

Los parámetros del modelo se estiman utilizando el método de máxima verosimilitud, es decir, se seleccionan los coeficientes que hacen que los resultados observados sean más similares. Este cálculo se realiza con la iteración de un algoritmo. La hipótesis nula para los coeficientes es que su valor es 0. La prueba de Wald se utiliza para probar esta hipótesis; cuando la variable tiene un solo grado de libertad la prueba es el resultado del cuadrado de la razón del coeficiente entre su error estándar.

Los coeficientes que se obtienen indican el efecto de una variable en el logaritmo del momio^{8/} del efecto que se evalúa --en este caso la exposición personal. De esta

^{8/} Los *momios* de un evento se definen como la razón de la probabilidad de que ocurra entre la probabilidad de que no ocurra.

forma, por cada unidad de cambio de la variable regresora, manteniendo constantes a las demás variables independientes, el logaritmo del momio de la variable dependiente se incrementa o disminuye según la magnitud del coeficiente (Kelsey *et al*, 1986).

Para determinar qué tan bien se ajustan los datos al modelo de regresión logística se puede analizar qué tanto se asemejan los resultados de la muestra, dados los parámetros estimados, o bien, se puede utilizar el estadístico de bondad de ajuste (Norusis, 1990).

La probabilidad de obtener los resultados observados con los parámetros estimados se conoce como **verosimilitud**. Por lo tanto, un modelo perfecto tendrá una verosimilitud igual a 1. Como la probabilidad siempre tiene valores entre cero y uno, frecuentemente se utiliza el producto de -2 veces el logaritmo de la verosimilitud (-2 LV) como una medida para evaluar qué tan bien se ajustan los datos observados al modelo basal de iteración 0 en el que sólo se incluye la constante (Kelsey *et al*, 1986; Norusis, 1990). En este mismo sentido, la hipótesis nula a probar será que la verosimilitud observada no es diferente de 1. Bajo esta hipótesis nula de ajuste perfecto del modelo, -2 LV presenta una distribución de X^2 con $N-p$ grados de libertad, en donde N es el número de casos y p , el número de parámetros estimados. Esta estadística se conoce como **devianza**. Para calcular qué tanta devianza explica el modelo se divide el valor de la X^2 del modelo estimado entre -2 LV del modelo basal (Norusis, 1990).

En el caso de la prueba de bondad de ajuste, se trata de un estadístico que compara las probabilidades observadas con las probabilidades que se estiman con el modelo. Cuando el modelo se ajusta correctamente presenta una distribución de X^2 , con $N-p$ grados de libertad (Norusis, 1990).

Se construyeron modelos que fueron incluyendo una variable independiente adicional, de tal forma que se evaluara si ésta contribuía significativamente al modelo. Con base en lo anterior, la decisión para seleccionar el mejor modelo de regresión logística se fundamentó en que el coeficiente de verosimilitud no fuera significativamente diferente de 1 con respecto al del modelo inicial basal, que explicara más devianza de la exposición personal, que al aumentar un parámetro éste contribuyera en forma significativa en el modelo, y, que cumpliera con el principio de parsimonia.

Se obtuvieron los coeficientes y la desviación estándar para cada variable del mejor modelo. Se exponenció cada uno de los coeficientes para calcular el momio y se estimaron los intervalos de confianza para el 95%.

IV. RESULTADOS

En este capítulo se examina la distribución de las variables de condiciones de la vivienda, del diario y de los muestreos ambientales. Posteriormente, se reportan los resultados del análisis bivariado entre las mediciones de partículas y las condiciones de la vivienda, así como con los tiempos de permanencia en diferentes microambientes. Por último, se incluye el análisis multivariado a través del que se evaluó la importancia de las variables independientes con respecto a la exposición personal integrada.

1. Análisis descriptivo

En esta sección se describen los datos del cuestionario de condición-actividad, del diario y de los muestreos ambientales.

El cuestionario de condición-actividad permitió seleccionar a los individuos que tuvieran las características necesarias para los fines del estudio y evaluar las condiciones de la vivienda en relación con las fuentes de emisión a partículas suspendidas. A continuación se analizan ambos aspectos.

1.1. Población seleccionada

Se efectuaron 314 visitas, y en 225 de ellas se lograron entrevistas completas. Las entrevistas incompletas se debieron a que la casa estuviera deshabitada (10.8%), a que se negaran a responder (5.4%), a que no se encontrara nadie en casa (4.1%), o a que la familia hubiera vivido en el área por menos de seis meses (2.2%). Además, 16 casos fueron afectados por errores en el marco muestral --la dirección correspondía a un lote baldío o comercio. Por último, en dos ocasiones, todos los miembros de la familia tenían más de 79 años (cuadro 4.1.).

El cuestionario permitió obtener para la población bajo estudio el valor de las proporciones que se utilizaron para estimar el número de viviendas a visitar. Se aplicó la prueba de "z" para proporciones y se encontró una diferencia significativa entre las proporciones estimadas y las esperadas de *no fumadores* (p_6), de *individuos no expuestos ocupacionalmente a partículas* (p_6), y de *estudiantes que acuden a escuela dentro del área* (p_7) (cuadro 4.2.).

Una posible explicación al hecho de haber encontrado menos sujetos expuestos ocupacionalmente es que la zona bajo estudio es fundamentalmente comercial con mucha gente involucrada en economía informal, por lo que muchos de los habitantes

CUADRO 4.1.**ENTREVISTAS EN LAS VIVIENDAS SELECCIONADAS**

RESULTADO	NUMERO	% DEL TOTAL
Entrevistas completas	225	71.7
Entrevistas incompletas:	89	28.3
Viviendas deshabitadas	34	10.8
Se negaron a responder	17	5.4
Errores en marco muestral	16	5.1
No se encontró a nadie	13	4.1
Menos de 6 meses de vivir en la zona	7	2.2
Sin residentes de menos de 80 años	2	0.7
NUMERO TOTAL DE ENTREVISTAS	314	100.0

CUADRO 4.2.**PROPORCIONES ESTIMADAS Y OBSERVADAS PARA LA CONSTRUCCION DEL MARCO MUESTRAL**

DESCRIPCION DE LA PROPORCION	PROPORCION ESPERADA	PROPORCION OBSERVADA
Proporción de respuesta (p_1)	0.95	0.93
Haber vivido en el área durante los seis meses previos al estudio (p_2)	0.97	0.97
Tener entre 9 y 79 años (p_3)	0.76	0.77
No presentar invalidez permanente (p_4)	0.99	0.99
No fumar (p_5)	0.68	0.75*
No estar ocupacionalmente expuesto a partículas (p_6)	0.90	0.96*
Si estudia, acudir a escuela dentro del área (p_7)	0.90	0.70*
Información completa del individuo (p_8)**	----	0.98
Saber leer y escribir (p_9)**	----	0.96

* $p < 0.05$

** Criterios no considerados en la estimación del número de viviendas a visitar para la construcción del marco muestral.

son comerciantes y vendedores, ocupaciones que no se incluyeron en las consideradas con exposición a partículas en el presente estudio.

En lo que respecta a la subestimación de la proporción de estudiantes que acuden a escuela dentro del área, en este grupo se incluyeron a los individuos de 9 a 24 años de edad. En todas las zonas de la ciudad se asientan escuelas de educación básica y media, pero no de educación media superior o profesional, que serían a las que acudirían algunos de los sujetos de más de 20 años.

En estudios futuros las estimaciones deberán considerar el tipo de población que vive en la zona y las escuelas que se asientan en ella para el cálculo del marco muestral.

Se seleccionaron 544 individuos que cumplieron con los criterios de inclusión. Con base en los grupos de condición-actividad se tuvieron 91 niños, 42 estudiantes, 28 trabajadores de industria, 203 empleados de oficina, 160 amas de casa, y 20 ancianos (cuadro 4.3.).

CUADRO 4.3.

***DISTRIBUCION DE LA POBLACION SELECCIONADA
EN LOS GRUPOS DE CONDICION-ACTIVIDAD***

GRUPOS DE CONDICION-ACTIVIDAD	NUMERO	% DEL TOTAL
Niños	91	16.7
Estudiantes	42	7.7
Trabajadores de industria	28	5.1
Empleados de oficina	203	37.4
Amas de casa	160	29.4
Ancianos	20	3.7
TOTAL	544	100.0

Las edades de los sujetos seleccionados corresponden a la pirámide poblacional de México: la mayor parte de los individuos tiene entre 9 y 24 años y sólo el 10 % tiene más de 55 años (cuadro 4.4.).

CUADRO 4.4.

DISTRIBUCION POR EDAD DE LA POBLACION SELECCIONADA

EDAD	NUMERO	% DEL TOTAL
9 - 12	77	14.2
13 - 24	173	31.8
25 - 34	116	21.3
35 - 44	71	13.1
45 - 54	49	9.0
55 - 64	38	7.0
65 - 79	20	3.7
TOTAL	544	100.0

1.2. Condiciones de la vivienda

Se presenta el análisis de todos los individuos (n=544) que cumplen con los criterios de inclusión para los índices e indicadores de las condiciones de la vivienda y de las fuentes de emisión al interior o cercanas a la misma (cuadro 4.5.).

El índice socioeconómico (ISO) presentó una distribución sesgada hacia los niveles altos, con más del 40% de los sujetos en las tres categorías que representan las mejores condiciones, y ninguno con el valor mínimo posible.

Al descomponer las variables que integraron el ISO, entre aquellos sujetos de las categorías superiores, encontramos que el piso de la vivienda del 45% es de cemento, y sólo el 6% recubierto con material sintético o alfombra; el 78% tiene agua potable dentro de la vivienda y el 98% cuenta con drenaje; el índice de hacinamiento del 75% es menor a dos; y, por último, los años completos de estudio del jefe de familia presentan claramente tres picos sucesivamente menores, a los seis (30.9%), a los nueve (16.9%), y a los 12 años de estudio (10.1%), que corresponden a la terminación de los ciclos de educación básica, media y media superior. Adicionalmente, con respecto a los extremos, sólo el 3.5% no tiene escolaridad alguna y el 1% reportó tener 18 ó 20 años completos de estudio.

CUADRO 4.5.

**FRECUENCIAS DE LOS INDICES SOBRE
CONDICIONES DE LA VIVIENDA**

	INDICE SOCIOECONOMICO		FUENTE DE EMISION INTERNA TOTAL		FUENTE DE EMISION EXTERNA TOTAL		INDICADOR DE VENTILACION	
	Valor	Número	Valor	Número	Valor	Número	Valor	Número
Mejor condición	10	129	0	290	0	57	0	36
	9	103	1	124	1	64	0.10-0.30	14
	8	137	2	91	2	89	0.31-0.50	19
	7	74	3	32	3	78	0.51-0.70	15
	6	38	4	4	4	90	0.71-0.90	25
	5	28	5	2	5	68	0.91-1.10	174
	4	28	6	0	6	52	1.11-1.30	105
	3	5	7	1	7	18	1.31-1.50	144
	2	3			8	23	1.51-1.70	3
	1	0			9	7	1.71-1.90	1
Peor condición	s.d.	3					1.91-2.00	8
TOTAL		544	TOTAL	544	TOTAL	544	TOTAL	544

s.d. Tres informantes no conocieron la escolaridad del jefe de familia, por lo que el índice socioeconómico no se calculó para los habitantes de esas viviendas.

No obstante a esta aparente homogeneidad encontramos un pequeño subgrupo que vive en malas condiciones: el piso de la vivienda de 13 individuos es de tierra, 14 no tienen agua potable adentro de la vivienda, 12 carecen de drenaje, 12 personas tienen un índice de hacinamiento mayor a siete, la escolaridad del jefe de familia en 19 viviendas es cero. Son 8 sujetos con un ISO de dos y tres.

Con respecto a las fuentes de emisión interna y externa totales las distribuciones se encuentran sesgadas, con muy pocos individuos en las categorías con siete o más fuentes de emisión --alrededor de 1% en cada uno de los índices--, y cerca de un 50% de los sujetos con entre cero y tres fuentes de emisión, respectivamente.

Se encontraron muy pocos individuos que tuvieran en su vivienda combustibles que sean fuentes de emisión de partículas: 11 utilizan petróleo para cocinar, cuatro usan leña para la calefacción o chimenea, y, para el calentador del agua 26 utilizan leña, dos papel, y tres carbón. Asimismo, sólo cuatro sujetos tienen en algunos de los cuartos de su casa ventilador de aspas, aparato que puede resuspender las partículas a la atmósfera. Por último, 235 individuos tienen animales domésticos; éstos se

incluyeron en el índice porque desprenden fragmentos de ácaros, pelo, etc. En resumen, menos del 1% se encuentra en las tres categorías asociadas con más fuentes de emisión adentro de la vivienda, y un 53% no tiene dentro de su vivienda ninguna de las fuentes mencionadas.

En el caso de FEET sólo el 9% reportó no tener cerca de su vivienda algún taller o industria de las seleccionadas para el estudio como emisoras potenciales de partículas. En este mismo sentido, más del 90% reportaron no vivir en avenida o eje vial, ni tampoco en una calle en la que hubiera parada de autobús o de peseras. En cambio, de los que reportaron cercanía a alguna de ellas, más del 40% declararon vivir cerca a vulcanizadoras, carpinterías, imprentas, talleres mecánicos y de hojalatería y pintura de coches.

La ventilación de la vivienda se estimó cuantitativamente con el número de ventanas dividido entre el número de cuartos. Se encontró que el 6% de los participantes no tienen en su vivienda una sola ventana y que casi el 10% tiene sólo una. Así, el indicador de ventilación es menor a uno para el 20% de los individuos. En contraparte, el 1.5% de los sujetos, tiene dos ventanas por cuarto.

Se hizo la segunda visita a las casas de los 544 individuos seleccionados para solicitar su participación en el llenado de los diarios. A los sujetos de la submuestra para MOP-MIM se les dejó el diario para que lo llenaran simultáneamente con los muestreos personal e intramuros.

1.3. Tiempos de permanencia en diferentes microambientes

Como se mencionó en la sección de Métodos, los participantes llenaron el diario durante cinco días hábiles consecutivos. Problemas en el llenado tales como incongruencia por registro de permanencia en varios microambientes a la vez, llenado en fin de semana, etc., llevaron a la cancelación de 33 días-persona de 13 participantes. Se logró tener 388 diarios completos de 362 personas (diferencia que se explica en el siguiente párrafo). Su distribución en los seis grupos de interés se muestra en el cuadro 4.6.

Los 26 sujetos que funcionaron como reemplazos para el monitoreo personal e intramuros --dado que los considerados primera selección no participaron-- llenaron el diario en dos ocasiones: una semana previamente al MOP-MIM, y, posteriormente durante una segunda semana, cuando aceptaron participar en el MOP-MIM. Aprovechando esta circunstancia, se utilizaron los dos diarios para evaluar si había diferencia en el llenado o en las actividades de los participantes durante su participación en los monitoreos personal e intramuros. Se aplicó la prueba no paramétrica de Mann-Whitney y se encontró diferencia significativa sólo para el tiempo

dedicado a otras actividades en intramuros ($p=0.0003$). Cabe mencionar que se encontró una diferencia en el tiempo empleado en transportarse, aunque no fue significativa ($p=0.08$).

CUADRO 4.6.

DISTRIBUCION DE LOS PARTICIPANTES EN EL LLENADO DEL DIARIO POR GRUPO DE INTERES

GRUPO DE INTERES	PARTICIPANTES	
	n	%
Niños	46	12.7
Estudiantes	34	9.4
Trabajadores de industria	23	6.3
Empleados de oficina	135	37.4
Amas de casa	112	30.9
Ancianos	12	3.3
TOTAL	362	100.0

El promedio del tiempo que la población pasa en cada microambiente es una forma que se ha utilizado para describir los patrones de actividad (Schwab *et al*, 1990). En el presente estudio se encontró que los participantes pasan en promedio 16 horas en casa. El tiempo que los individuos están en ambientes extramuros --incluyendo el tiempo de transporte-- es inferior al promedio del tiempo de permanencia en todos los ambientes intramuros (cuadro 4.7.).

El cuadro 4.8. muestra la media, desviación estándar, y percentiles de los tiempos de permanencia de los sujetos en función de su grupo de interés. Aquellos que trabajan o van a la escuela están entre tres y cuatro horas en ambientes intramuros; los estudiantes y niños permanecen en ambientes extramuros estando en la escuela cerca de una hora; en cambio, los sujetos que trabajan, permanecen en ambientes extramuros estando en su trabajo más de dos horas. El tiempo dedicado al transporte es poco más de una hora en todos los sujetos, salvo para las amas de casa y los ancianos.

CUADRO 4.7.**TIEMPOS DE PERMANENCIA EN DIFERENTES MICROAMBIENTES
(en horas)**

MICROAMBIENTE	MEDIA (D.E.)	PERCENTILES			C.V.
		10%	50%	90%	
INTRAMUROS	20.01 (2.85)				0.14
Casa	16.36 (4.02)	11.13	16.30	21.70	0.24
Trabajo o escuela	2.87 (3.30)	0.00	1.45	7.80	1.15
Otras actividades	0.78 (1.23)	0.00	0.20	2.30	1.58
EXTRAMUROS	2.78 (2.14)				0.78
Trabajo o escuela	1.43 (2.80)	0.00	0.00	5.81	1.98
Otras actividades	1.33 (1.49)	0.00	0.90	3.47	1.12
TRANSPORTE	1.22 (1.17)	0.00	1.02	2.40	0.96
TABAQUISMO PASIVO	0.86 (2.39)	0.00	0.00	2.17	2.78

D.E. desviación estándar de la media

C.V. coeficiente de variación (D.E./MEDIA).

CUADRO 4.8.

TIEMPOS DE PERMANENCIA POR GRUPOS DE CONDICION-ACTIVIDAD EN DIFERENTES MICROAMBIENTES

MICROAMBIENTES	GRUPO DE CONDICION-ACTIVIDAD					
	Niños n = 46	Estudiantes n = 34	Trabajadores de industria n = 23	Empleados de oficina n = 135	Amas de casa n = 112	Ancianos n = 12
	Media (D.E.)	Media (D.E.)	Media (D.E.)	Media (D.E.)	Media (D.E.)	Media (D.E.)
INTRAMUROS	20.44 (1.80)	20.19 (2.54)	18.61 (2.31)	19.05 (2.84)	21.10 (2.39)	21.3 (2.27)
Casa	15.87 (2.73)	15.99 (3.47)	14.68 (2.80)	14.14 (3.48)	19.24 (3.41)	20.73 (3.26)
Trabajo o escuela	4.14 (1.88)	3.37 (2.76)	3.54 (3.60)	3.97 (3.61)	1.04 (2.61)	---
Otras actividades	0.43 (0.80)	0.83 (1.39)	0.39 (0.52)	0.94 (1.42)	0.82 (1.15)	0.57 (1.28)
EXTRAMUROS	2.46 (1.71)	2.71 (2.12)	3.90 (2.65)	3.35 (2.35)	2.03 (1.48)	2.04 (1.64)
Trabajo o escuela	0.76 (1.33)	1.18 (2.72)	2.56 (3.56)	2.36 (3.47)	0.46 (1.58)	0.99 (2.33)
Otras actividades	1.70 (2.09)	1.53 (1.52)	1.34 (1.75)	0.99 (1.24)	1.57 (1.39)	1.05 (0.96)
TRANSPORTE	1.10 (0.53)	1.10 (0.87)	1.49 (1.08)	1.59 (1.49)	0.87 (0.87)	0.65 (0.98)
TABAQUISMO PASIVO	0.34 (0.69)	0.37 (0.55)	1.28 (2.44)	1.24 (2.61)	0.74 (2.90)	0.16 (0.55)

CUADRO 4.9.

DIFERENCIA EN LOS TIEMPOS DE PERMANENCIA EN LOS MICROAMBIENTES* ENTRE LOS GRUPOS DE INTERES

GRUPO DE INTERES	Niños	Estudiantes	Trabajadores de industria	Empleados de oficina
Trabajadores de industria	Trabajo/escuela extramuros Exposición pasiva a tabaco	Exposición pasiva a tabaco		
Empleados de oficina	Casa Trabajo/escuela extramuros	Casa		
Amas de casa	Casa Trabajo/escuela intramuros	Casa Trabajo/escuela intramuros	Casa Trabajo/escuela intramuros Trabajo/escuela extramuros	Casa Transporte Trabajo/escuela intramuros Trabajo/escuela extramuros Otras actividades extramuros
Ancianos	Casa Trabajo/escuela intramuros	Casa Trabajo/escuela intramuros	Casa Trabajo/escuela intramuros	Casa Transporte Trabajo/escuela intramuros

*Los microambientes en las celdas indican que hubo diferencia significativa entre esos dos grupos de interés (prueba de Scheffé, $p < .05$) en el tiempo *total* de permanencia en ese microambiente.

El coeficiente de variación permite analizar qué tanta variabilidad se presentó en los diferentes microambiente entre los individuos. La mayor homogeneidad se observa en el tiempo de permanencia en casa, seguido por el tiempo de transporte. Dado que en la muestra tenemos grupos que no trabajan y que tampoco asisten a la escuela --amas de casa y ancianos-- se registra gran variabilidad en los tiempos dedicados a estas actividades en ambientes intra y extramuros. El coeficiente es muy alto en la exposición pasiva a tabaco, como se analizará más adelante, los niños y estudiantes están menos expuestos que los trabajadores y empleados de oficina.

En el cuadro 4.8. se observa fácilmente que hay patrones de permanencia en cada uno de los grupos, con diferencias que se reducen a tres grandes grupos: i) niños y estudiantes, ii) trabajadores de industria y empleados de oficina, y, iii) amas de casa y ancianos. La evaluación para detectar las diferencias de permanencia entre los seis grupos de interés se hizo con el análisis de varianza de un factor. Adicionalmente, se empleó la prueba de Scheffé para encontrar qué pares de grupos de interés diferían (cuadro 4.9.).

1.4. Monitoreos ambientales

Los monitoreos ambientales se realizaron en el período de enero a agosto de 1993. Los MOP-MIM se hicieron a partir del 16 de abril y se terminaron el 5 de agosto. Los MEX se iniciaron el 19 de enero y se concluyeron el 9 de agosto del mismo año. No se realizaron monitoreos en días festivos ni durante períodos vacacionales.

En la sección de Métodos se explicó que se seleccionaría el 15% de los 544 individuos que cumplieran con los criterios de inclusión, para lograr la participación en el MOP/MIM de cuando menos el 10%. Así, se seleccionaron aleatoriamente 95 individuos. Se obtuvo una proporción de respuesta de 0.39 entre los sujetos que constituían la *primera selección*, por lo que fue necesario visitar a los *reemplazos* (véase sección de Métodos), con lo que se logró que 66 individuos participaran en esta actividad.

La distribución de los participantes en el monitoreo personal por grupo de interés se muestra en el cuadro 4.10. Se evaluaron las posibles diferencias en la exposición personal integrada a PM_{10} entre los grupos de interés, utilizando el análisis de varianza de un factor y pruebas de t para muestras independientes. Los resultados en ambos tipos de prueba fueron consistentes: no hubo diferencias con un nivel de significancia de 0.05 entre los grupos de interés.

Los MOP y los MIM que no cumplieron con los estándares de control de calidad de flujo de la bomba y tiempo de muestreo (véase sección de Métodos) fueron descartados. En 31 MOPs y en 29 MIMs los tiempos de muestreo estuvieron fuera del

intervalo establecido; en cuatro MIMs el flujo no cumplió con el control de calidad. Adicionalmente, hubo un error de pesado en un filtro de MIM, por lo que se desechó el registro completo de ese monitoreo. Se lograron 82 MOP y 79 MIM válidos. Con respecto a los MEX, se obtuvieron 73 muestreos válidos.

CUADRO 4.10.

DISTRIBUCION DE LOS PARTICIPANTES EN EL MONITOREO PERSONAL E INTRAMUROS POR GRUPO DE INTERES

GRUPO DE INTERES	PARTICIPANTES	
	n	%
Niños	20	30.3
Estudiantes	4	6.1
Trabajadores de industria	2	3.0
Empleados de oficina	23	34.8
Amas de casa	17	25.8
Ancianos	0	0
TOTAL	66	100.0

Es muy importante cuantificar la contaminación en el manejo de los filtros en muestreos en los que un flujo bajo (igual o menor a 4L/min) combinado con períodos cortos de muestreo (menores o iguales a 24 hrs.), resultan en volúmenes de muestreo muy pequeños (5.75m^3) y, en la recolección de cantidades pequeñas de masa (Thomas *et al*, 1993). Esta fue la situación para los monitoreos personales e intramuros, por lo que se utilizaron filtros blanco de campo para estimar la contaminación por el manejo de las muestras. Se tuvieron siete mediciones válidas, con un valor de la mediana de 8 microgramos; este valor se restó a la masa total muestreada de todos los filtros de MOP y MIM, para posteriormente calcular la concentración. En forma complementaria, se estimó el límite de detección (LD), con base en la fórmula que se ha utilizado en estudios de muestreo de partículas finas, que es la siguiente:

$$LD = M \times t$$

en donde,

M = desviación estándar del incremento de masa en los filtros blanco

t = valor de t de una cola al nivel de 0.99 para N-1 grados de libertad, en donde N es el número de filtros blanco

Los valores utilizados para el cálculo y los resultados se muestran en el siguiente cuadro.

CUADRO 4.11.

DATOS DE FILTROS BLANCO DE CAMPO Y DE LIMITE DE DETECCION DEL METODO DEL MONITOREO PERSONAL E INTRAMUROS

Número de filtros blanco	Media del incremento de masa (μg)	Mediana del incremento de masa (μg)	Desviación estándar (μg)	Límite de detección del método (μg)	Volumen muestreo 24 hrs (m^3)	Límite de detección ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
7	16	8	19	59.7	5.76	10.3

La concentración mínima muestreada a través de los monitoreos personales fue de $15.26\mu\text{g}/\text{m}^3$, valor que está por encima del valor del límite de detección. En cuanto a los monitoreos intramuros, se obtuvo un muestreo de $9.99\mu\text{g}/\text{m}^3$, por lo que dicho valor se excluyó del análisis subsecuente. Para estudios posteriores será necesario reducir el nivel de contaminación de manipulación y preparación. Se recomienda que en el cuarto que se destine a la limpieza, secado y armado de los monitores personales no haya circulación de gente, ni equipo que se utilice continuamente, ya que el movimiento permanente facilita la contaminación de los monitores y filtros.

Se estimaron los valores extremos de las concentraciones siguiendo la definición de Tukey (Tukey, 1977 en Lambert *et al*, 1993): valores cuya distancia al primer o tercer cuartiles sea mayor a tres o más veces el intervalo del intercuartil. Para el MOP se detectaron tres valores extremos, 590.69, 479.10 y $295.82\mu\text{g}/\text{m}^3$; para MIM se

econtró sólo un valor extremo, 543.37 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; por último, hubo dos valores extremos en el MEX, 400.92 y 470.07 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Los participantes con los valores extremos para MOP o para MIM no registraron valores tan altos en su correspondiente MIM o MOP. En cuanto a MEX, los valores de los días inmediato anterior y posterior a los valores extremos fueron 101.03 y 103.44, en el primero, y, 125.04 y 78.80, en el segundo. Por considerar que errores en el muestreo tuvieron como resultado estos valores, y que, por lo tanto, no representaban mediciones válidas, se excluyeron del análisis subsecuente.

Se evaluó el tipo de distribución para los tres tipos de muestreos ambientales a través de la prueba de Kolmogorov-Smirnov, con la hipótesis nula que la distribución muestral se podía considerar como normal. Para los tres grupos de datos se obtuvieron valores de p superiores a 0.05, por lo que no se rechazó la hipótesis nula de que las distribuciones podían ser consideradas como normales. En el cuadro 4.12. se muestran los parámetros estadísticos de los tres tipos de monitoreos.

CUADRO 4.12.

**ESTADÍSTICAS DESCRIPTIVAS DE LOS
MONITOREOS PERSONALES, INTRAMUROS Y EXTRAMUROS
PARA PM_{10}**

ESTADÍSTICO	MOP	MIM	MEX	
Tamaño muestral	79	77	71	
Valor mínimo	15.26	14.79	13.59	
Valor máximo	267.91	288.88	239.39	
Media aritmética	96.59	99.10	94.85	
Desviación estándar	44.44	49.92	37.69	
Percentiles	10	42.96	40.61	48.65
	25	71.98	67.62	74.54
	50	88.41	89.94	94.04
	75	120.65	123.69	115.17
	90	148.46	157.36	127.73

2. Análisis bivariado

Se cuenta con 62 pares de MOP-MIM realizados el mismo día por el mismo individuo. Como sólo hubo 34 registros en los que MOP, MIM y MEX coincidieron en el día de monitoreo --y ésta es condición para el análisis multivariado--, con el fin de incrementar el número de registros se evaluó la pertinencia de utilizar los datos de los muestreos extramuros para PM_{10} que efectúa la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL) en esta misma estación de monitoreo,.

Se hizo una prueba de t para muestras independientes con 71 muestreos del proyecto de la Escuela de Salud Pública de México (ESPM) y los 36 muestreos de SEDESOL (enero a agosto). La media de las concentraciones de las mediciones de la ESPM ($94.85 \pm 37.69 \mu\text{g}/\text{m}^3$) no resultó ser significativamente diferente de la media de las concentraciones de SEDESOL ($80.39 \pm 4.51 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ($p=0.057$). También se aplicó la prueba no paramétrica de Wilcoxon para casos pareados, con los diez muestreos de la ESPM y SEDESOL que coincidieron en fecha, obteniendo una $p=0.57$. Con base en los resultados anteriores, se utilizaron cinco datos de Sedesol para los días en los que se tenían muestreos personales e intramuros, y se estimó un sexto dato utilizando la siguiente ecuación (Kinney *et al*, 1991):

$$X_{ijk} = \bar{X}_{jk} (\bar{X}_{i,k} / \bar{X}_{..k})$$

en donde:

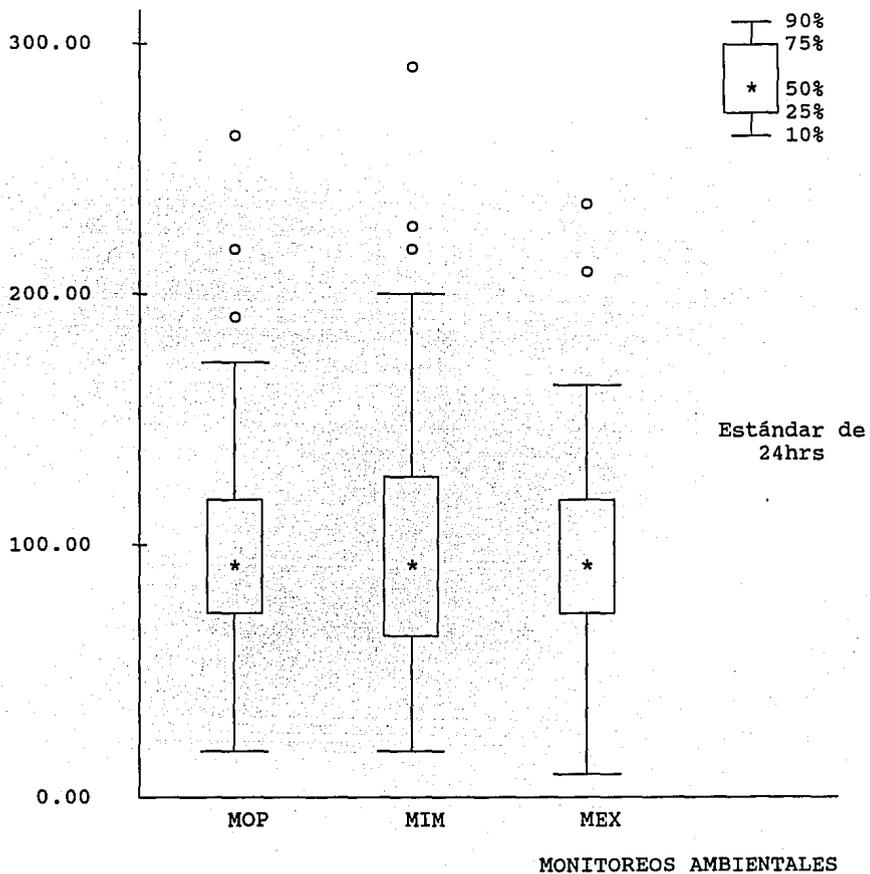
\bar{X}_{jk} = media diaria de las demás estaciones en la ciudad en el día j

$\bar{X}_{i,k}$ = media anual para la estación i en el año k

$\bar{X}_{..k}$ = media anual en todas las estaciones de la ciudad en el día j

Los seis valores adicionales, fueron: 97, 50, 63, 33, 38 y $125.32 \mu\text{g}/\text{m}^3$, incrementando el número de muestreos extramuros a 77. Con estos datos se tuvieron 40 muestreos ambientales que coincidieron en día de muestreo. Los parámetros estadísticos se reportan en el cuadro 4.13.

FIGURA 7. DIAGRAMA DE CAJA PARA LOS MONITOREOS PERSONALES, INTRAMUROS Y EXTRAMUROS A PM₁₀.



Número de casos: 79

77

77

Se compararon los muestreos personales con los muestreos intramuros y extramuros utilizando análisis de correlación y pruebas de *t*. Al comparar todos los pares posibles de MOP vs MIM ($n=61$) y de MOP vs MEX ($n=53$), se encontró que MOP está correlacionado significativamente con MIM ($r=0.565$, $p=.001$), y con menor fuerza con MEX ($r=0.296$, $p=0.031$); entre MIM y MEX ($n=52$) se encontró una correlación no significativa ($r=0.240$, $p=0.085$). En forma complementaria, se utilizó una prueba de *t* para muestras independientes con todos los MOP, MIM y MEX válidos (79, 77 y 77, respectivamente), encontrando que no hay diferencia significativa entre MOP-MIM, MOP-MEX, ni entre MIM-MEX.

CUADRO 4.13.

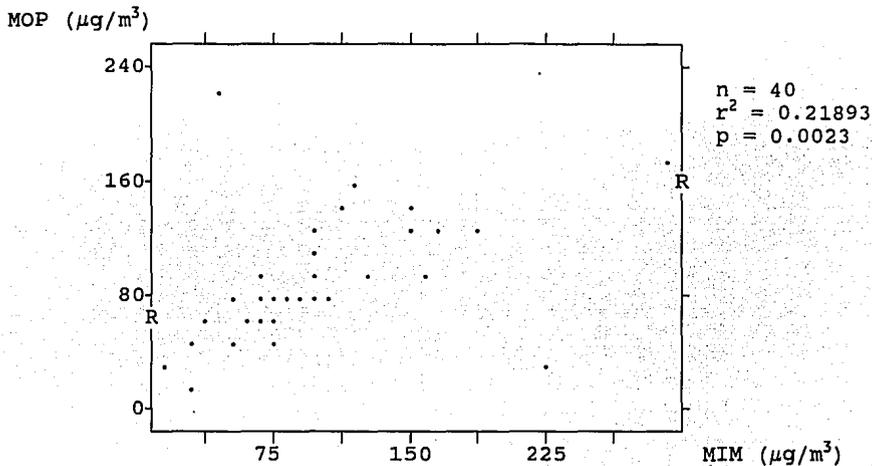
**PARAMETROS ESTADISTICOS DE LOS MONITOREOS
AMBIENTALES**

ESTADISTICO	MOP	MIM	MEX	
Tamaño muestral	40	40	40	
Valor mínimo	18.61	14.79	23.11	
Valor máximo	221.04	288.88	205.66	
Media aritmética	93.48	97.84	93.30	
Desviación estándar	41.50	53.75	48.01	
Percentiles	10	42.25	41.06	30.90
	25	69.52	65.27	43.15
	50	84.74	87.65	97.24
	75	119.75	115.06	122.38
	90	148.31	166.13	136.13

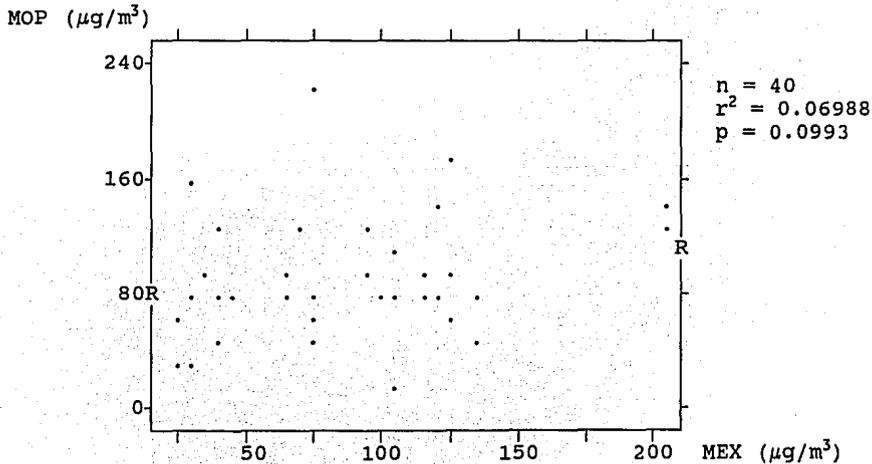
Posteriormente, se aplicaron las mismas pruebas para los 40 registros en los que se tienen los tres tipos de monitoreos ambientales para el mismo día. Los resultados de las pruebas de correlación y de las pruebas pareadas de *t* se reportan en el cuadro 4.14. Los resultados son similares a los obtenidos para todos los pares de muestreos válidos mencionados en el párrafo anterior.

FIGURA 8. DIAGRAMAS DE DISPERSION DE LA RELACION ENTRE LOS TRES TIPOS DE MONITOREOS AMBIENTALES A PM_{10} .

a) RELACION ENTRE EL MONITOREO PERSONAL Y EL MONITOREO INTRAMUROS.

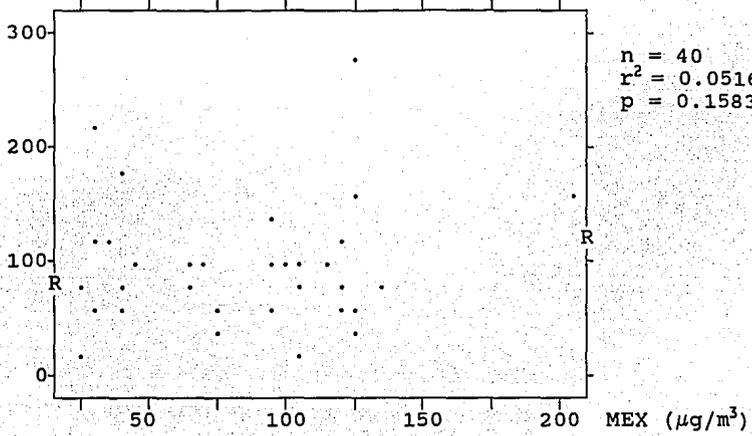


b) RELACION ENTRE EL MONITOREO PERSONAL Y EL MONITOREO EXTRAMUROS.



c) RELACION ENTRE EL MONITOREO INTRAMUROS Y EL MONITOREO EXTRAMUROS.

MIM ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)



CUADRO 4.14.

RESULTADOS DE LAS PRUEBAS BIVARIADAS ENTRE LOS MONITOREOS AMBIENTALES

PRUEBA ESTADISTICA	MOP vs MIM	MOP vs MEX	MIM vs MEX
	(n = 40)	(n = 40)	(n = 40)
Análisis de correlación	r=0.468 p=0.002	r=0.264 p=0.099	r=0.227 p=0.158
Prueba pareada de t	t=-0.55 p=0.586	t=0.020 p=0.984	t=0.450 p=0.653

3. Análisis multivariado

Para el análisis multivariado únicamente se seleccionaron los datos de los monitoreos ambientales y del diario que hubiesen coincidido en fecha.

Como no todos los diarios cumplieron con los requisitos de control de calidad para considerarlos válidos, algunos participantes los perdieron o no fue posible recuperarlos, la consecuencia fue que al hacer coincidir la fecha del llenado del diario con la fecha del monitoreo personal, del monitoreo intramuros y del monitoreo extramuros, el número final de registros se abatiera de 40 a 27. En el anexo III se presenta la matriz de datos con las variables dependiente e independientes de estos 27 registros.

Se compararon los valores de los monitoreos personales y de los tiempos de permanencia en los diferentes microambientes de los 27 registros *versus* los registros incompletos. Se aplicó una prueba de *t* para muestras independientes tanto para los monitoreos personales, como para los tiempos de permanencia.

En lo referente a los monitoreos personales, la media de la concentración de los 27 registros ($96.26 \pm 33.91 \mu\text{g}/\text{m}^3$) no resultó ser significativamente diferente de la media del resto de los registros ($94.32 \pm 46.56 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ($p=0.849$). En cuanto a los tiempos en diferentes microambientes, aunque se encontró diferencia sólo en un microambiente (*exposición pasiva a tabaco*), ésta resultó ser altamente significativa ($p=.000$), con la media de los 27 registros inferior a la de los demás registros.

En consecuencia, dada la diferencia en el tiempo de *exposición pasiva a tabaco*, el análisis microambiental de los 27 registros no representa a los 23 registros restantes. Aunque esta diferencia no se manifestó en la exposición personal --medida a través del MOP--, si se hiciera el análisis multivariado para los 40 registros el resultado pudiera resultar diferente al que se presenta en las secciones subsecuentes.

Se prosiguió con la construcción de tablas de contingencia para analizar la asociación entre las mediciones directas de PM_{10} y las variables evaluadas a través del cuestionario de condición-actividad, utilizando la prueba de Mantel-Haenszel. Con el fin de evaluar si las relaciones generales se mantenían en los 27 registros el análisis se hizo para tres grupos de datos, que se describen a continuación:

Grupo I:

monitoreos ambientales personales ($n = 79$) e intramuros válidos ($n = 77$) y los monitoreos extramuros de días en los que se hubiera hecho monitoreo personal ($n = 53$).

Grupo II:

monitoreos ambientales que coincidieron en día de muestreo ($n = 40$).

Grupo III:

registros con información completa de monitoreos ambientales y de tiempos de permanencia en los diferentes microambientes ($n = 27$).

En el cuadro 4.15. se resumen los resultados del análisis para los índices e indicadores en los tres grupos definidos.

La exposición personal se asoció significativamente con el índice de condiciones de vivienda solamente en el grupo III ($p = 0.047$), por lo que esta relación se debe tomar con cautela, al no presentarse en los grupos con mayor tamaño muestral.

La asociación de la exposición personal con la fuente de emisión interna total fue significativa en los tres grupos, aunque en el grupo I con una significancia menor ($p = 0.058$) que en los grupos II y III ($p = 0.004$, $p = 0.039$, respectivamente). También en el caso del monitoreo intramuros se encontró asociación estadísticamente significativa con la fuente de emisión interna total para los tres grupos ($p = 0.034$, $p = 0.001$, $p = 0.039$). Lo anterior puede indicar que las variables utilizadas para construir este indicador miden adecuadamente la concentración de PM_{10} en ambientes intramuros. Dada la correlación del monitoreo intramuros con la exposición personal, sería conveniente validar este método indirecto para la estimación de la exposición personal integrada por ser mucho más fácil de utilizar a escala poblacional.

Por otra parte, en el grupo I, el monitoreo intramuros estuvo asociado débilmente con el índice socioeconómico ($p=0.096$); en el grupo II la asociación no se presentó en absoluto, y, en el grupo III fue estadísticamente significativa ($p=0.047$).

En cuanto a los monitoreos extramuros, en ninguno de los grupos se reportan asociaciones significativas con los índices. En el caso de la fuente de emisión externa total, lo anterior refleja que las variables utilizadas para su evaluación no fueron adecuadas. Quizás debido a la tendencia de los sujetos a sobreestimar la existencia de fuentes fijas potencialmente emisoras cercanas a su vivienda.

Estos resultados se deben tomar con cautela ya que los muestreos ambientales se hicieron en forma transversal y representan las concentraciones en intramuros o extramuros y la exposición personal únicamente en el día en el que se realizó el muestreo para cada sujeto, en cambio, los índices reflejan condiciones permanentes de la vivienda.

CUADRO 4.15.

ASOCIACIONES ENTRE MONITOREOS AMBIENTALES Y CONDICIONES DE LA VIVIENDA

INDICE O INDICADOR	MONITOREO AMBIENTAL	GRUPO I		GRUPO II		GRUPO III	
		Mantel-Haenszel	p	Mantel-Haenszel	p	Mantel-Haenszel	p
Índice socioeconómico	Monitoreo personal	0.638	.424	2.443	.118	3.940	.047*
	Monitoreo intramuros	2.767	.096**	2.443	.118	3.940	.047*
	Monitoreo extramuros	0.535	.464	-	-	0.193	.661
Fuente de emisión interna total	Monitoreo personal	3.572	.058**	8.058	.004*	4.235	.039*
	Monitoreo intramuros	4.479	.034*	9.750	.001*	4.235	.039*
	Monitoreo extramuros	0.073	.788	0.080	.778	0.080	.806
Fuente de emisión externa total	Monitoreo personal	0.370	.543	0.800	.371	0.595	.440
	Monitoreo intramuros	0.234	.629	1.488	.222	0.332	.564
	Monitoreo extramuros	0.623	.430	1.118	.290	0.035	.851
Indicador de ventilación	Monitoreo personal	1.752	.185	0.082	.775	0.673	.412
	Monitoreo intramuros	0.012	.911	0.064	.800	0.738	.390
	Monitoreo extramuros***						

* $p < 0.05$

** $p < 0.10$

*** No se hizo la prueba ya que la contaminación extramuros y el indicador de ventilación no tienen por qué estar asociados.

Con el objeto de evaluar las asociaciones entre el monitoreo personal y los monitoreos intramuros y extramuros se estimaron las razones entre ellos. La evaluación se hizo para los grupos I, II y III, definidos previamente.

Las distribuciones de frecuencias de las razones entre MOP y MIM, MOP y MEX, y entre MIM y MEX, para los tres grupos, presentaron una distribución sesgada; al aplicar la prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov se encontró que al transformar los datos a logaritmos la distribución se ajustaba a una distribución normal, mientras que los datos con los valores sin transformar no se ajustaban a dicha distribución. Como resultado de lo anterior, las estadísticas descriptivas que se utilizaron fueron la media geométrica y los percentiles de la distribución de las razones como estadísticos descriptivos (cuadro 4.16.).

CUADRO 4.16.

RAZONES DE LAS CONCENTRACIONES DE LOS MONITOREOS PERSONAL, INTRAMUROS Y EXTRAMUROS

PARAMETRO	GRUPO I			GRUPO II			GRUPO III		
	RAZONES ENTRE LOS MONITOREOS AMBIENTALES								
	MOP/MIM	MOP/MEX	MIM/MEX	MOP/MIM	MOP/MEX	MIM/MEX	MOP/MIM	MOP/MEX	MIM/MEX
Número de observaciones	81	53	52	40	40	40	27	27	27
Media geométrica	0.948	1.048	1.054	0.991	1.052	1.081	0.920	1.187	1.290
Percentiles de las razones:									
10	0.576	0.555	0.525	0.834	0.551	0.518	0.590	0.662	0.647
25	0.745	0.687	0.659	0.838	0.684	0.653	0.826	0.751	0.740
50	0.961	0.979	0.893	0.972	1.002	0.864	0.961	1.090	0.954
75	1.153	1.423	1.463	1.206	1.452	1.508	1.170	1.480	2.300
90	1.581	2.921	2.967	1.583	2.925	3.717	1.511	3.102	4.142

La diferencia entre la exposición personal y la concentración extramuros es evidente en los percentiles. Más del 10% de los participantes registraron una exposición personal casi tres veces superior a la concentración medida a través del monitor ambiental extramuros. La diferencia con la concentración intramuros no es tan radical,

sin embargo, también en el caso del percentil del 90%, la exposición personal es mayor a la medición realizada adentro de la vivienda.

Para evaluar la relación entre los monitoreos personales y los tiempos de permanencia en los diferentes microambientes se consideraron dos aspectos. Primero, se analizó si los individuos que participaron en el MOP modificaron los tiempos de permanencia o su registro en el diario, con respecto a los sujetos que no participaron en el MOP. En segundo término, se evaluó si los sujetos que llenaron el diario en dos semanas diferentes --considerados como reemplazos en el MOP, y que por esa razón llenaron el diario antes de que se les solicitara su participación en el MOP y posteriormente durante la semana del MOP--, modificaron sus patrones de permanencia. Para ambos aspectos se utilizó la media de permanencia en cada microambiente de todos los días de llenado válidos para cada participante. El primer análisis se hizo a través de una prueba de t para muestras independientes, y, el segundo, tanto con la prueba pareada de t , como con la prueba no paramétrica de Mann-Whitney.

Los sujetos que participaron en el monitoreo personal resultaron tener la misma distribución de tiempos de permanencia que aquellos individuos que no participaron en éste. Se encontró diferencia, aunque fue no significativa ($p=0.099$), en *otras actividades intramuros*. Es posible suponer que los individuos que participaron en el monitoreo personal tienen una distribución de sus tiempos de permanencia representativa del resto de la muestra poblacional del presente estudio.

En cuanto a la comparación entre la primera y segunda semanas de llenado, se encontraron diferencias significativas en dos microambientes: el *tiempo en transportarse* y el *tiempo en otras actividades intramuros*. En la prueba de t se obtuvo para cada uno de los microambientes una p de 0.050 y 0.008, y, en la Mann-Whitney, de 0.033 y 0.004, respectivamente. Lo anterior puede indicar que el participar en el monitoreo personal modificó las rutinas de los participantes en cuanto a actividades que se pueden considerar voluntarias o recreativas en ambientes intramuros, y quizás en consecuencia en el tiempo que hubieran dedicado a transportarse para realizarlas, y, en cambio, no alteró el tiempo dedicado a las actividades obligatorias, como son el trabajo o la escuela, ni el tiempo en casa.

Con el propósito de evaluar la asociación entre la exposición personal (variable dependiente) integrada, medida a través del monitor personal, y los muestreos intramuros, extramuros y los tiempos de permanencia en diferentes microambientes (variables independientes), se construyeron tablas de contingencia. Se utilizaron el coeficiente de correlación de Pearson y la prueba de Mantel-Haenszel para la evaluación de la asociación lineal (cuadro 4.17). Como se explicó previamente, sólo se contó con 27 registros con valores para todas las variables, por lo que el análisis que sigue se restringe a éstos.

CUADRO 4.17.

MEDIDAS DE ASOCIACION DE LOS TIEMPOS DE PERMANENCIA Y CONCENTRACIONES DE PM₁₀ EN AMBIENTES EXTRAMUROS E INTRAMUROS SOBRE LA EXPOSICION PERSONAL

VARIABLE	CATEGORIAS	COEFICIENTE DE PEARSON	p	COEFICIENTE DE MANTEL-HAENSZEL	p
Concentración monitoreo intramuros	bajo/alto	4.463	.035'	4.298	.038'
	bajo/medio/alto	7.417	.024'	5.357	.021'
Concentración monitoreo extramuros	bajo/alto	0.040	.842	0.038	.844
	bajo/medio/alto	0.074	.963	0.053	.818
Tiempo en casa	bajo/alto	0.897	.343	0.864	.352
	bajo/medio/alto	0.297	.862	0.214	.643
Tiempo en transporte	no/sí	3.082	.080''	2.950	.086''
	nulo/bajo/medio	3.921	.141	3.684	.055''
Tiempo en trabajo/escuela intramuros	no/sí	0.518	.472	0.497	.481
Tiempo en trabajo/escuela extramuros	no/sí	0.894	.344	0.860	.354
Tiempo en otras actividades intramuros	no/sí	0.345	.557	0.332	.564
Tiempo en otras actividades extramuros	no/sí	3.033	.081''	2.921	.087''
	nulo/bajo/medio	3.921	.141	1.390	.238
(Tiempo en casa) *	bajo/medio/alto	5.640	.059''	5.357	.021'
	bajo/medio/alto/muy alto	4.970	.174	3.680	.056''
(Tiempo trabajo/escuela extramuros) *	no/sí	0.894	.344	0.860	.354
(Tiempo otras actividades extramuros) *	no/sí	3.033	.081''	2.921	.087''
	nulo/bajo/medio	3.082	.216	2.649	.103

' p < .05

'' p < .10

El monitoreo personal se categorizó tomando como punto de corte la mediana ($85.33 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Al igual, los monitoreos intramuros y extramuros se convirtieron a variables dicotómicas con base en su mediana, 96.37 y $101.03 \mu\text{g}/\text{m}^3$, respectivamente. Además, se hicieron tres categorías para estas mismas variables tomando como punto de corte los terciles. Para las variables *trabajo/escuela intramuros*, *trabajo/escuela extramuros* y *otras actividades intramuros*, muchos sujetos reportaron no haber permanecido en esos microambientes en absoluto (63, 70 y 81 % de los registros), por lo que la categorización fue dicotómica (sí,no). Algo similar sucedió con *transporte* y *otras actividades extramuros*, pero como un menor porcentaje fue el que reportó no haber permanecido en absoluto en estos microambientes (22 y 52%, respectivamente), el análisis se hizo con dos y tres categorías para cada una. Por último, la variable *exposición pasiva a tabaco* se descartó del análisis porque solamente un individuo reportó haber estado expuesto (durante menos de una hora).

Las variables compuestas, en las que se pondera la concentración en los microambientes por el tiempo de permanencia, se denominarán en lo subsecuente *exposición dentro de la casa*, *exposición en trabajo/escuela extramuros* y, *exposición en otras actividades extramuros*.

Para la construcción del modelo microambiental se consideraron las variables *exposición dentro de la casa*, *tiempo en transporte* y *exposición en otras actividades extramuros*, por haber encontrado asociación significativa en las tablas de contingencia. Primero se intentó utilizar el modelo de regresión lineal múltiple y posteriormente se optó por la regresión logística.

Se construyeron siete modelos de regresión lineal, haciendo todas las combinaciones posibles entre las tres variables independientes mencionadas. En todos ellos se obtuvieron valores de F no significativos, y no lograron explicar más del 8% de la varianza de la exposición personal integrada. Aunque no significativo ($p=0.36$), el mejor modelo fue aquel en el que se incluyeron la *exposición dentro de casa* y la *exposición en otras actividades extramuros*, ya que explicaba el 8% de la varianza; los coeficientes para las variables tampoco fueron significativos.

Se pensó que quizás la distribución de frecuencias tan discontinua de las variables independientes podía estar interfiriendo en los resultados descritos, por lo que se decidió utilizar la regresión logística.

Para incluir a las variables mencionadas en el modelaje se categorizaron tomando como base su distribución de frecuencias. En la figura 9 se muestran sus esquemas de tallo y hoja. Las variables de *exposición personal*, *tiempo en transporte* y *exposición en otras actividades extramuros* se hicieron dicotómicas, codificadas con 0 ó 1. El valor 1 para *exposición personal* indicó exposición elevada (mayor que $85.33\mu\text{g}/\text{m}^3$), el valor 1 para *tiempo en transporte* indicó más de una hora dedicada

FIGURA 9. DIAGRAMAS DE TALLO Y HOJA DE LAS VARIABLES INCLUIDAS EN LA CONSTRUCCION DEL MEJOR MODELO MICROAMBIENTAL. a) EXPOSICION PERSONAL. b) EXPOSICION ADENTRO DE LA CASA. c) EXPOSICION EN OTRAS ACTIVIDADES EXTRAMUROS. d) TIEMPO DEDICADO A TRANSPORTE

a)

Frecuencia	Tallo &	Hoja
1.00	0	t 3
1.00	0	f 4
6.00	0	s 667777
10.00	0	. 8888888899
3.00	1	* 001
2.00	1	t 33
2.00	1	f 44
2.00	Extremos	(167), (172)

Ancho del tallo: 100.00
Cada hoja: 1 caso

b)

Frecuencia	Tallo &	Hoja
2.00	0	* 11
2.00	0	t 33
6.00	0	f 444555
7.00	0	s 6666777
4.00	0	. 8889
1.00	1	* 1
1.00	1	t 2
1.00	1	f 5
3.00	Extremos	(155), (194)

Ancho del tallo: 100.00
Cada hoja: 1 caso

c)

Frecuencia	Tallo &	Hoja
14.00	0 *	00000000000000
1.00	0 t	3
5.00	0 f	44445
1.00	0 s	6
3.00	0 .	889
2.00	1 *	01
1.00	Extremos	(19)

Ancho del tallo: 10.00
Cada hoja: 1 caso

d)

Frecuencia	Tallo &	Hoja
6.00	0 *	000000
4.00	0 .	5555
10.00	1 *	0000000000
3.00	1 .	555
4.00	2 *	0000

Ancho del tallo: 1.00
Cada hoja: 1 caso

a transportarse (4% del tiempo), y el valor 1 para *exposición en otras actividades extramuros* indicó una exposición mayor de 0 en este microambiente. Por otra parte, dado que la variable *exposición en casa* tiene una distribución continua, se analizó de tres formas: como variable continua, como variable tricotómica y como variable factorizada. Con la factorización se convirtió en dos variables distintas: la primera, representando baja exposición en casa (menor o igual a $53.14\mu\text{g}/\text{m}^3$), se codificó con 1 cuando la exposición fue baja y con 0 cuando no fue baja; y, la segunda, representando exposición intermedia en casa (dentro del intervalo $56.52\mu\text{g}/\text{m}^3$ y $88.07\mu\text{g}/\text{m}^3$), se codificó con 1 cuando el valor fue intermedio y con 0 cuando no fue intermedio. El valor de exposición elevada en casa (mayor o igual a $88.36\mu\text{g}/\text{m}^3$) quedó representado por los códigos 0 en las dos variables descritas. La interpretación para este tipo de variables se limita a la comparación de una categoría con alguna de las otras dos.

Se construyeron 15 modelos. Primero se hicieron los modelos con la variable dependiente y cada una de las independientes (*exposición en transporte*, en otras actividades extramuros, en casa como variable continua, categórica y factorizada), después se agregó una segunda variable independiente a la previamente incluida, y finalmente, se hizo un modelo que incluyera a las tres variables independientes. Se comparó cada uno de los modelos con el mejor modelo anterior calculando la diferencia de la X^2 del segundo menos la del primero (esta diferencia tiene una distribución X^2). Cuando ésta era significativamente diferente el segundo modelo se conservaba. En el cuadro 4.18. se muestran los siete modelos que tuvieron una X^2 significativa, es decir, aquellos que se ajustaron mejor a la regresión logística (X^2 con una significancia menor a 0.05), así como los parámetros utilizados para la selección del mejor modelo.

Como se puede observar el mejor modelo incluye la *exposición en casa*, en forma de variable categórica (*casmimc*) y la *exposición en otras actividades extramuros* (*oexmex*). Se excluye, por lo tanto, a la variable *tiempo en transporte*. Los resultados de la prueba de Wald confirman que sólo las dos primeras variables son importantes para explicar la exposición personal; en todos los modelos el coeficiente fue significativamente diferente de cero, mientras que para el tiempo en transporte siempre resultó una diferencia no significativa.

CUADRO 4.18.

**COMPARACION ENTRE LOS MEJORES
MODELOS MICROAMBIENTALES PARA LA EXPLICACION DE
LA EXPOSICION PERSONAL A PM₁₀**

	VARIABLES INCLUIDAS	-2LV**	X ²	p	X ² vs X ² del modelo previo mejor	p	% de devianza explicada
Modelo 1	casa categórica	31.49	5.893	0.015			15.76
Modelo 2	casa categórica transporte	31.26	6.130	0.046	0.24	>0.1	16.39
Modelo 3	casa continua otras extramuros	30.76	6.633	0.036	0.74	>0.1	17.74
Modelo 4	casa categórica otras extramuros	28.52	8.868	0.011	2.97	0.07	23.71
Modelo 5	casa factorizada otras extramuros	28.46	8.924	0.030	0.06	>0.1	23.86
Modelo 6	casa categórica transporte otras extramuros	27.77	9.623	0.022	0.07	>0.1	25.73
Modelo 7	casa factorizada transporte otras extramuros	27.70	9.690	0.046	0.82	>0.1	25.91

* -2LV: -2 veces el logaritmo de la verosimilitud.

** Casa: corresponde a la exposición en casa; como se explicó en el texto esta variable se incluyó bajo tres formas: continua, tricotómica y factorizada. Transporte: corresponde al tiempo dedicado a transportarse. Otras extramuros: corresponde a la exposición durante otras actividades en extramuros.

En el cuadro 4.19. se resumen los parámetros del mejor modelo (modelo #4). Con base en este modelo la probabilidad de presentar exposición personal elevada a PM₁₀ se puede escribir matemáticamente de la siguiente manera:

$$Prob(exposición personal elevada) = \frac{1}{1 + e^{-z}}$$

en donde,

$$-Z = -2.0048 + 1.3247(\text{casmimc}) + 1.5534(\text{oexmex})$$

CUADRO 4.19.

**ASOCIACION ENTRE LA EXPOSICION EN CASA,
LA EXPOSICION EN OTRAS ACTIVIDADES EXTRAMUROS
CON LA EXPOSICION PERSONAL**

VARIABLE	COEFICIENTE	MOMIO	INTERVALO DE CONFIANZA (95%)	p
Intercepto	-2.0048			.040
Exposición en casa	1.3247	3.7611	(1.14-12.40)	.030*
Exposición en otras actividades extramuros	1.5534	4.7274	(0.75-29.80)	.099

* $p < .05$

El valor de la ji-cuadrada del modelo fue 28.524 (valor de -2LV), con un nivel de significancia de 0.2385, lo cual indica que el modelo no difiere estadísticamente del modelo perfecto. A través de la prueba de bondad de ajuste se llega a una conclusión similar, ya que se obtuvo un valor de $p=0.4812$. Adicionalmente, la diferencia entre -2LV del modelo basal (37.39) y -2LV del modelo #4 (28.52) muestra que los coeficientes para todas las variables son estadísticamente diferentes de cero ($p=0.01$).

En este modelo la *exposición dentro de la casa* constituye el determinante principal para la exposición personal. La *exposición en otras actividades extramuros* presenta una asociación con la exposición personal; a pesar de su baja significancia el momio es mayor que para *exposición dentro de la casa*.

Se construyeron los seis escenarios posibles con los posibles valores de las variables independientes para estimar la probabilidad de tener una exposición personal elevada; éstos se describen a continuación:

- i) Al mantener la exposición en casa en el valor más bajo, y una exposición en otras actividades extramuros de cero, se puede predecir que el evento de exposición personal elevada no ocurrirá; la probabilidad este escenario es a 0.12.
- ii) Cuando la exposición en casa es media y la exposición en otras actividades extramuros se mantiene en cero, la probabilidad es 0.33.
- iii) Cuando la exposición en otras actividades extramuros se incrementa en una unidad (en este caso, sí hay exposición en este microambiente), y la exposición en casa es baja, la probabilidad que se obtiene es 0.39.
- iv) Con una exposición elevada en casa y sin exposición en otras actividades extramuros la probabilidad de que ocurra el evento es de 0.65.
- v) Se puede predecir que la exposición personal será elevada cuando ambas variables independientes tienen valor de 1, ya que la probabilidad se incrementa a 0.7.
- vi) Al tener una exposición en casa en la categoría más alta, así como sí estar expuesto en otras actividades extramuros, la probabilidad es de 0.9, por lo que es posible predecir que el evento ocurrirá.

Se puede notar un gradiente creciente en la probabilidad de ocurrencia del evento de exposición personal a PM_{10} con el incremento de exposición en cualquiera de las dos variables independientes, así como una probabilidad muy alta con la concurrencia de las exposiciones en los valores más altos, tanto en casa como en extramuros.

V. DISCUSION Y CONCLUSIONES

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

Los resultados de la presente investigación proporcionan elementos para afinar el método y procedimientos para estudios subsecuentes para estimar la exposición personal integrada de la fracción torácica a las partículas suspendidas. Asimismo, los datos permitieron identificar las variables de importancia para explicar la exposición personal.

El cuestionario de condición-actividad aplicado en el presente estudio incluye las preguntas necesarias para la selección de la población de acuerdo con los objetivos planteados y con los criterios de inclusión. Se omitieron dos proporciones para el cálculo de número de viviendas a visitar (N_i): *información completa del individuo*, ya que el informante de algunas viviendas no siempre pudo contestar sobre todos los miembros de la familia, y, el criterio de inclusión de *saber leer y escribir*. Estas omisiones seguramente contribuyeron a que se obtuvieran 544 individuos seleccionados como potenciales participantes del estudio, en lugar de los 600 establecidos en el protocolo como tamaño muestral.

El patrón general de los tiempos de permanencia de los participantes en el estudio es muy similar al que han encontrado otros autores (véanse los cuadros 2.1. y 4.6.). Los microambientes en los que hay mayor similitud en los tiempos de permanencia son la casa intramuros, el trabajo o escuela intramuros, y el transporte. La media de estos tiempos siempre se ubica entre los valores mínimo y máximo reportados por los demás autores. Resalta, sin embargo, la diferencia en el tiempo en los ambientes extramuros en conjunto. En estudios previos los valores van de 0.31 a 1.35 horas, en cambio, en la presente investigación la media fue de 2.76 horas. Una posible explicación es que el clima de la ciudad de México, permite que realicen más actividades en ambientes exteriores y no se vean obligados a permanecer en ambientes interiores.

También se encontraron similitudes con otros estudios de la ciudad de México. Fernández-Bremauntz y colaboradores encontraron que la gente de esta ciudad dedica entre una y tres horas en transporte (Fernández-Bremauntz *et al*, 1991). Así, el tiempo promedio de los participantes de la zona centro fue de 1.22 horas, con el 10% de los participantes que dedica 2.40 horas del día a su transporte.

El promedio diario de exposición pasiva a tabaco en los participantes de la ciudad de México (3.6%) aparentemente es inferior al reportado en Waterbury, Vermont (5.7%). Sin embargo, los intervalos de confianza son similares: (0,13.5%) y (0,12.1%), respectivamente. Asimismo, en estos intervalos se observa que en ambos estudios se reportaron sujetos que no estuvieron expuestos en absoluto al humo del tabaco (Sexton *et al*, 1984).

A pesar de encontrar este patrón general que se repite a través de estudios en diferentes ciudades y países, se presentan diferencias entre sujetos de una misma muestra. En este sentido, en el presente trabajo se encontraron tres conjuntos de individuos: i) los niños y los estudiantes, ii) los trabajadores de industria y empleados de oficina, y, iii) las amas de casa y los ancianos. Los sujetos que trabajan pasan en su hogar alrededor de 14 horas, y dedican al trabajo aproximadamente seis horas. En contraste, los ancianos y las amas de casa, permanecen más en casa --entre 19 y 20 horas diariamente--, y, como contraparte, el tiempo dedicado a trabajar no supera siquiera dos horas. El grupo de niños y estudiantes reporta tiempos intermedios entre los dos grupos descritos: casi 16 horas en casa, y un máximo de cinco horas en la escuela. Es fácil entender las diferencias significativas entre amas de casa-ancianos y empleados de oficina-trabajadores de industria en los tiempos de permanencia en casa y en el trabajo. En Riverside, California, el análisis de tiempos de permanencia en casa entre 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 *et al*, 1990).

El tiempo dedicado al transporte también se asocia con la actividad principal del individuo. Utilizan más tiempo en transportarse los empleados de oficina (1.59 ± 1.49 hrs) y los trabajadores de industria (1.49 ± 1.08 hrs), mientras que las amas de casa y los ancianos dedican menos de una hora al día (0.87 ± 0.87 hrs y 0.65 ± 0.98 hrs). Los niños y estudiantes, nuevamente, quedan con tiempos intermedios con un poco más de una hora diaria.

Las mayores diferencias se registraron entre amas de casa y empleados de oficina; entre estos dos grupos son diferentes los tiempos de permanencia en *casa*, *transporte*, *trabajo intramuros* y *extramuros*, y *otras actividades extramuros*. Schwab y colaboradores encontraron diferencias significativas entre los sujetos que trabajan con respecto a aquellos que no trabajan y a los ancianos, en el tiempo en casa, en el trabajo, y cerca de avenidas o ejes viales (Schwab *et al*, 1990).

El microambiente en el que el coeficiente de variación presenta el valor más grande es en la *exposición pasiva a tabaco*, lo cual refleja que hubo grandes diferencias entre los individuos. Se observa que los trabajadores de industria y los empleados de oficina están expuestos por más tiempo (1.28 ± 2.44 hrs y 1.24 ± 2.61 hrs, respectivamente) que los dos grupos considerados como población sensible: los niños y los ancianos (0.34 ± 0.69 hrs y 0.16 ± 0.55 hrs, respectivamente).

No se encontraron diferencias en los tiempos de permanencia entre aquellos sujetos que participaron en el llenado del diario *versus* los que, además de llenarlo, portaron

el equipo de monitoreo personal. Esto permite afirmar que al participar en el MOP los sujetos conservaron sus rutinas y el registro de los tiempos de permanencia se hizo igual que en el resto de la población bajo estudio.

Los 27 registros que se incluyeron en el análisis multivariado mostraron un menor tiempo de *exposición pasiva a tabaco* que aquellos que sólo llenaron el diario. Por lo cual, se puede decir que este subgrupo no representa adecuadamente la distribución de frecuencias de tabaquismo pasivo del resto de la muestra seleccionada para el estudio, y en consecuencia, los resultados no se pueden extrapolar.

En los diarios de los sujetos que lo llenaron durante dos distintas semanas, se encontraron diferencias en el tiempo dedicado a *transporte* y a *otras actividades intramuros*. Estas diferencias pueden obedecer a que entre el primer diario y el segundo hubo un período de varios meses, coincidiendo el segundo con las vacaciones de los niños. Por ello, el cambio en los tiempos no se puede asociar necesariamente con el hecho de llevar consigo el equipo para el monitoreo personal.

En lo referente a los monitoreos ambientales, la relación general entre la concentración de partículas de la fracción torácica en extramuros, intramuros y en la exposición personal no ha sido consistente en todos los estudios por la diversidad de condiciones de fuentes de emisión, el tipo de participantes, y las localidades en las que se han realizado. En este trabajo se encontró una relación $MIM > MOP > MEX$, que no es consistente con ninguno de los estudios realizados en otras ciudades, ya que siempre se había 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 la gente está en ella, como pueden ser barrer, sacudir, cocinar. La explicación a esta relación se debe investigar más a fondo complementando el registro de los tiempos de permanencia con las actividades que se hacen en algunos microambientes. Clayton y colaboradores (1993) en un intento por explicar la relación $MOP > MIM$ evaluaron actividades tales como sacudir, pasar la aspiradora, usar productos en aerosol o *spray*, hacer jardinería, entre otras. Estos autores encontraron una diferencia significativa entre las personas que realizaban trabajo doméstico y aquellas que no lo reportaron, con respecto a la exposición personal y también con la concentración al interior de la vivienda.

En lo que respecta a la asociación entre las concentraciones MOP, MIM, MEX, 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 que la variación a altas concentraciones se restringe a intervalos muy reducidos. En este mismo orden de ideas, 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 *et al*, 1990; Sexton *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 en adultos fumadores y 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 superior o igual a la concentración extramuros ($MIM \geq MEX$) (Hosein *et al*, 1991; Lioy *et al*, 1990). Otros estudios se han hecho en casas en las que se utiliza leña como combustible primario o secundario para la calefacción, 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 *et al*, 1984). En contraste, en el presente estudio, se seleccionaron participantes que no fumaran lo cual puede estar contribuyendo a la relación general, mencionada previamente, $MIM > MOP > MEX$.

A pesar de que el resultado de las pruebas de t indica que no hay diferencia significativa entre la media de los monitoreos ambientales, hay diferencias evidentes en los percentiles de las razones MOP/MIM y MOP/MEX . En la relación MOP/MEX más del 10% de los participantes presentan una exposición personal casi tres veces superior a la concentración extramuros. La diferencia entre MOP y MIM no es tan fuerte, aunque también hay un 10% de participantes cuya exposición personal es 1.5 veces superior a la concentración intramuros. El patrón de las diferencias entre MOP/MIM y MOP/MEX se mantiene para los 27 registros, aunque es de notar que la diferencia entre MOP/MEX es ligeramente más elevada.

Adicionalmente, se pueden resaltar algunas diferencias en los valores extremos de los monitoreos ambientales: se tuvieron siete viviendas con niveles por encima del estándar anual de $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mientras que sólo en tres individuos la exposición personal lo rebasó, y sólo un registro de extramuros estuvo por encima del estándar. Este resultado indica que es necesario controlar las fuentes de contaminación al interior de la vivienda, algunas de las cuales son las que se utilizaron para la construcción del indicador *fuentes de emisión interna total*.

Algunas explicaciones posibles a las mayores concentraciones de partículas en la exposición personal que en los microambientes intramuros, es la *nube personal*. Las partículas de 2.5 a 10 micras de diámetro aerodinámico se generan por procesos mecánicos, en cambio la fracción respirable se genera por procesos de combustión, condensación, y conversión de gases a partículas (Hinds, 1982; Lioy *et al*, 1990). Así, las partículas se generan con procesos mecánicos en el interior de la casa con actividades que llevan a cabo directamente los individuos, como puede ser el sacudir, pasar la aspiradora, hacer trabajos manuales, o arreglos de carpintería, etc. Por ello, se incrementa la concentración de partículas durante el tiempo en que el individuo está

adentro de la casa, lo que conlleva al incremento de la exposición personal (Clayton *et al*, 1993).

El análisis bivariado de este trabajo es consistente con lo que otros autores han reportado (Sexton *et al*, 1981; Sexton *et al*, 1984): la concentración intramuros ponderada por el tiempo de permanencia en casa está asociada con la exposición personal. Sexton y colaboradores indican que el transporte constituye una variable importante para explicar la exposición personal integrada; en los habitantes seleccionados en la zona del centro de la ciudad de México el transporte resulta importante en el análisis de las tablas de contingencia, sin embargo, pierde significancia en el análisis multivariado, por lo que será necesario evaluar su contribución en estudios longitudinales o con un mayor tamaño muestral para poder tener resultados concluyentes.

Al construir el modelo microambiental Dockery y colaboradores (1981), a pesar de haber recabado información de tres microambientes intramuros y cuatro extramuros, los compactaron para tener únicamente dos grandes ambientes: intramuros y extramuros. En el presente trabajo se trató de explicar la exposición personal también con estos dos ambientes, encontrando resultados similares: el modelo no resulta ser mejor predictor de la exposición personal integrada que la concentración intramuros por sí sola.

Sexton y colaboradores construyeron un modelo que explica un mayor porcentaje de la varianza de la exposición personal que las mediciones microambientales por sí solas, pero en el modelo se incorporan cinco microambientes. Este queda constituido por variables de exposición (véase la sección de Antecedentes) en los siguientes microambientes: adentro de la casa, en extramuros, en el trabajo, durante el transporte, y, exposición pasiva a tabaco (Sexton *et al*, 1984).

El modelo microambiental que se construyó en esta investigación (regresión logística) explica el 23.7% de la devianza. Sin embargo, a la explicación del fenómeno sólo se encontró una contribución importante de la exposición dentro de la casa (IC 95% = 1.14-12.40) y la exposición en otras actividades extramuros (IC 95% = 0.75-29.80). A pesar de pasar más del 60% del tiempo en casa, la contribución de las actividades extramuros para la exposición personal resultó ser importante también, con un momio de 1.55, en comparación del momio de la exposición en casa (1.32). No obstante, se debe resaltar que el momio en casa se incrementa por este factor con cada cambio de unidad --es decir, de la categoría más baja a la mediana, o de la mediana a la más alta--, mientras que para las otras actividades extramuros sólo se tienen dos categorías, por lo que el incremento en el momio sólo se presenta de *no* tener exposición a *sí* tenerla en este microambiente.

Los resultados de otros autores que han modelado la exposición personal integrada a partículas suspendidas, los determinantes principales son la exposición adentro de la casa y también la exposición pasiva a tabaco. En el análisis que aquí se presenta, se excluye tabaquismo pasivo dado que solamente un sujeto estuvo expuesto, y el resto de los individuos no lo estuvo en absoluto. El menor tiempo de exposición pasiva a tabaco que se encontró entre los sujetos cuyos registros entraron en el modelo ($n = 27$) con respecto a los que sólo participaron con el llenado del diario, puede estar relacionado con la baja devianza que explica el modelo de regresión logística. Lo anterior se puede relacionar con posibles errores de medición --en este caso subregistro en el tabaquismo pasivo--, por lo cual este microambiente aparentemente no contribuyó a la explicación del fenómeno. En estudios posteriores será necesario una explicación más cuidadosa a los participantes sobre el registro de los tiempos de exposición pasiva a tabaco.

La asociación que se encontró entre la fuente de emisión interna total (FEIT) y la concentración medida en forma directa al interior de la vivienda, indica que es un buen indicador de la contaminación de PM_{10} en casa. Asimismo, dada la correlación entre la concentración intramuros y la exposición personal, la asociación se mantuvo también para ésta. Estos resultados resultan ser de suma importancia en términos metodológicos y de salud pública. Dado que el levantamiento del cuestionario es un procedimiento más sencillo y económico que los muestreos ambientales para MOP y MIM, representa una forma para la estimación de la exposición personal con mayor factibilidad para realizarse a gran escala. Es conveniente probar esta herramienta en un mayor tamaño muestral y evaluar la asociación con MOP en poblaciones de otras zonas de la ciudad y/o de otras ciudades. Si la asociación MOP-MIM se mantiene, FEIT permitirá una mejor estimación de la exposición que los monitores extramuros fijos, utilizados actualmente a nivel poblacional.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

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 to 9-32.

Brauer M, Koutrakis P, Spengler JD. Personal Exposures to Acidic Aerosols and Gases. *Environ. Sci. Technol.*, 1989;23(11):1408-1412.

Brody AR. Asbestos-Induced Lung Disease. *Environmental Health Perspectives*, 1993;100:21-30.

Bronfman M, Guiscafre H, Castro V, Castro R, Gutiérrez G. La medición de la desigualdad: una estrategia metodológica, análisis de las características socioeconómicas de la muestra. *Arch. Invest. Méd (Méx.)*, 1988;19:351-360.

Cicero-Fernández P, Thistlewaite WA, Falcon YI, Guzmán IM. TSP, PM₁₀ and PM₁₀/TSP Ratios in the Mexico City Metropolitan Area: A Temporal and Spatial Approach. *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology*, 1993;3(1):1-22.

Clayton CA, Perritt RL, Pellizzari ED, Thomas KW, Whitmore RW, Wallace LA, Ozkaynak H, Spengler JD. Particle Total Exposure Assessment Methodology (PTEAM) Study: Distributions of Aerosol and Elemental Concentrations in Personal, Indoor, and Outdoor Air Samples in a Southern California Community. *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology*. 1993;3(2):227-250.

Correa A, Stewart WF, Yeh HC, Santos-Burgoa C. Exposure Measurement In Case-Control Studies: Reported Methods and Recommendations. *Epidemiologic Review*, 1994;16(1):1-15.

Daniel WW. *Bioestadística. Base para el análisis de las ciencias de la salud*. Ed. Limusa, México, 1989.

Diario Oficial de la Federación (29 de noviembre). Acuerdo para los lineamientos de criterio base de evaluación de calidad del aire. *Sal. Pub. Mex.*, 1983;25(1):107-108.

Diario Oficial de la Federación. Norma Técnica Ecológica NTE-CCAM-002/91. Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología, México, D.F., 1° de octubre, 1991;16-32.

Diario Oficial de la Federación, 1994. Proyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-020-SSA1-1993 a la NOM-026-SSA1-1993. Secretaría de Salud, México, D.F., 18 de enero, 1994;53-69.

Dockery DW, Spengler JD. Personal Exposure to Respirable Particulates and Sulfates. *Journal of the Air Pollution Association*, 1981;31(2):153-159.

Fernández-Bremauntz A, Quentin MJ. A Survey of Commuter Travel Habits in the Metropolitan Area of Mexico City. *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology*, 1992;Suppl.2:1-17.

Freeman NCG, Waldman JM, Liou PJ. 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.

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.

Hernández-Avila M, Romieu I, Ríos C, Rivero A, Palazuelos E. Lead-glazed Ceramics as Major Determinants of Blood Lead Levels in Mexican Women. *Environ Health Perspect.* 1991;94:117-120.

Hinds W. *Aerosol Technology. Properties, Behavior, and Measurement of Airborne Particles.* John Wiley & Sons, E.U.A., 1982;1-424.

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.

International Society for Exposure Analysis (ISEA). Formation of an ISEA Nomenclature Committee. *ISEA Newsletter*, Fall, 1993;3.

Jáuregui E. The Urban Climate of Mexico City. *Proceedings of the Conference on Urban Climate. Technical Note #652*, 1986;63-82.

Jáuregui E. Anthropogenic affects on the urban climate of a large Latin American metropolis: a case of Mexico City. En: *Environmental problems in cities of developing countries.* I.P. Gerasimov (ed) UNEP/USSR Project "Publications and Information Support Programme in the USSR.", 1989a: 77-87.

Jáuregui E. The dust storms of Mexico City. *Int. J. of Climatology*, 1989b;9:169-180.

Kelsey JL, Thompson WD, Evans AS. *Methods in Observational Epidemiology*. Oxford University Press, N.Y., 1986.

Kinney PL, Ozkaynak H. Associations of Daily Mortality and Air Pollution in Los Angeles County. *Environmental Research*, 1991;54:99-120.

Lambert WE, Sameet JM, Hunt WC, Skipper BJ, Schwab M, Spengler JD. Nitrogen Dioxide and Respiratory Illness in Children. Part II: Assessment of Exposure to Nitrogen Dioxide. Investigator's Report, Health Effect's Institute Report #58, 1993;33-50.

Lioy PJ, Lippmann M, Phalen RF. Rationale for Particle Size-Selective Air Sampling. In: *Ann. Am. Ind. Hyg. Vol.II, Chapter 2*, 1984;27-34.

Lippmann M, Lioy PJ. Critical Issues in Air Pollution Epidemiology. *Environmental Health Perspectives*, 1985;18:613-620.

Lippmann M. Size-Selective Health Hazard Sampling. In: *Air Sampling Instruments for Evaluation of Atmospheric Contaminants* (S.V.Hering, tech. ed). American Conference of Governmental Industrial Hygienists, Seventh Edition, Ohio, U.S.A., 1989;163-198.

Liu LJS, Koutrakis P, Suh HH, Mulik JD, Burton RB. Use of Personal Measurements for Ozone Exposure Assessment: A Pilot Study. *Environ Health Persp.* 1993;101(4):318-324.

Liu LJS, Koutrakis P, Leech J, Broder I. Assessment of Ozone Exposures in the Greater Metropolitan Toronto Area. Submitted to the *Journal of Air & Waste Management Association*, June 22, 1994.

Manahan SE. *Environmental Chemistry*. Lewis Publishers, Inc. Fifth Edition, Michigan, U.S.A., 1991;1-583.

McCurdy T, Paul RA. Application of the NAAQS Exposure Model to Ozone. In: *Atmospheric Ozone Research and its Policy Implications* (T. Schneider et al eds.). *Studies in Environmental Science 35*, Proceedings of the 3rd US-Dutch International Symposium, May 9-13, 1988, Elsevier Science Publishers, The Netherlands, 1989;825-835.

Moschandreas DJ. Exposure to Pollutants and Daily Time Budgets of People. *Bull. N.Y. Acad. Med.* 1981;57(10);845-859.

National Research Council (NRC). Human Assessment for Airborne Pollutants. Advances and Opportunities, pp. 1-49. National Academy Press, Washington, D.C., 1991.

Norusis MJ. SPSS/PC + Advanced Statistics 4.0 for the IBM PC/XT/AT and PS/2. SPSS Inc. Chicago, Ill, 1990.

Ott WR. Total Human Exposure. *Enviro. Sci. Technol*, 1985;19:880-886.

Ott WR. Total Human Exposure: Basic Concepts, EPA Field Studies, and Future Research Needs. *J. Air Waste Manage. Assoc.*, 1990;40(7):966-975.

Phalen RF, Stuart BO, Lioy PJ. Rationale for and implications for Particle Size-Selective Sampling. In: *Advances in Air Sampling (American Conference of Governmental Industrial Hygienists), Industrial Hygiene Science Series*, pp 353-367. Lewis Publishers, Michigan, 1990.

Programa integral contra la contaminación atmosférica de la zona metropolitana de la ciudad de México (PICA). México, D.F., octubre, 1990. Documento criterio.

Quackenboss JJ, Lebowitz MD. The Utility of Time/Activity Data for Exposure Assessment: Summary of Procedures and Research Needs. In: *APCA/AWMA publication*, 1989-100.7.

Quackenboss JJ, Krzyzanowski M, Lebowitz MD. Exposure Assessment Approaches to Evaluate Respiratory Health Effects of Particulate Matter and Nitrogen Dioxide. *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology*. 1991;1(1):83-107.

Raabe OG. Size-Selective Sampling Criteria for Thoracic and Respirable Mass Fractions. In: *Ann. Am. Ind. Hyg. Vol.II, Chapter 4.B*, 1984;53-65.

Ris CH, Preuss PW. Risk Assessment and Risk Management: A Process. En: *Risk Assessment and Risk Management of Industrial and Environmental Chemicals (CR Cothorn.CR, MA Mehlman y WL Marcus eds.)*, Princeton Scientific Publishing Co.Inc. New Jersey, USA, 1988.

Rojas-López M, Ríos C, Hernández-Avila M, Romieu I. Use of Lead-glazed Ceramics is the Main Factor Associated to High Lead in Blood Levels in Two Mexican Rural Communities. *Journal of Toxicology and Environmental Health*, 1994;42:45-52.

Rosas I, Yela A, Salinas E, Arreguin R, Rodriguez-Romero A. Preliminary Assessment of Protein Associated to Airborne Particles in Mexico City. *The European Journal of Aerobiology* (1994, in press).

Rosas I, Belmont R, Jáuregui E. Atmospheric Lead and PM₁₀ Levels in Three Sites in Mexico City (in press).

Ryan PB. An Overview of Human Exposure Modeling. *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology*. 1991;1(4):453-474.

Salazar S, Lemoyne L, Rosas I. Preliminary Results of Size Distribution Airborne Particles in Mexico City. *Water, Air, and Soil Pollution*. 1992;64:649-658.

Samet J, Marbury MC, Spengler JD. Health Effects and Sources of Indoor Air Pollution, Part I., *Am Rev of Resp Dis*, 1987;136:1486-1508.

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. *Toxicology and Industrial Health*, 1990;6(6):517-532.

Schwartz J, Dockery DW. Particulate Air Pollution and Daily Mortality in Steubenville, Ohio. *American Journal of Epidemiology*, 1992;135:12-19.

Schwartz J. Particulate Air Pollution and Chronic Respiratory Disease. *Environmental Research*, 1993a;62:7-13.

Schwartz J. Air Pollution and Daily Mortality in Birmingham, Alabama. *Am J Epidemiol*, 1993b;137(10):1136-47.

Schwartz J. Air Pollution and Daily Mortality: A Review and Meta Analysis. *Environmental Research*, 1994a;64:36-52.

Schwartz J. What Are People Dying of on High Air Pollution Days? *Environmental Research*, 1994b;64:26-35.

Schwartz J. Total Suspended Particulate Matter and Daily Mortality in Cincinnati, Ohio. *Environmental Health Perspectives*, 1994c;102(2)64:186-169.

Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE). Memoria del primer seminario internacional sobre administración de la calidad del aire, del 2 al 6 de Noviembre, México, 1987.

Sexton K, Spengler JD, Treitman RD. Personal Exposure to Respirable Particles: A Case Study in Waterbury, Vermont. *Atm. Environ.*, 1984;18:1385-1398.

Sexton K, Ryan PB. Assessment of Human Exposure to Air Pollution: Methods, Measurements and Models. En: *Air Pollution, the Automobile, and Public Health (AY*

Watson *et al*, eds). Health Effects Institute National Academy, Washington, D.C., 1988.

Smith TJ. Sampling Strategies for Epidemiological Studies. In: *Advances in Air Sampling (American Conference of Governmental Industrial Hygienists)*, Industrial Hygiene Science Series, pp.353-367. Lewis Publishers, Michigan, 1990.

Soderholm SC. Size-Selective Sampling Criteria for Inspirable Mass Fraction. In: *Ann. Am. Ind. Hyg. Vol.II, Chapter 4.A*, 1984;47-52.

Solomon PA, Fall T, Salmon L, Cass G. Chemical Characteristics of PM₁₀ Aerosols Collected in the Los Angeles Area. *JAPCA*, 1989;39:159-163.

Spengler JD, Duffy CP, Letz R, Tibbitts TW, Ferris BG Jr. Nitrogen Dioxide Inside and Outside 137 Homes and Implications for Ambient Air Quality Standards and Health Effects Research. *Environ Sci Technol*, 1983;17:164-168.

Suh HH, Spengler JD, Koutrakis P. Personal Exposures to Acid Aerosols and Ammonia. *Environ. Sci. Technol.*, 1992;26(12);2507-2517.

Sunyer J, Anto JM, Saez M. Effects of Urban Air Pollution on Emergency Room Admissions for Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Am. J. Epidemiol.*, 1991;134:277-286.

Swift D. Aerosol Deposition and Clearance in the Human Upper Airways. *Annals of Biomedical Engineering*, 1981;9:593-604.

Thomas KW, Pellizzari ED, Clayton CA, Whitaker DA, Shores RC, Spengler JD, 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. *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology*. 1993;3(2):203-226.

Utell MJ, Samet JM. Particulate Air Pollution and Health. New Evidence on an Old Problem. Editorial. *Am Rev Respir Dis*, 1993;147:1334-35.

Vahter M, Berglund M, Slorach S, Friberg L, Saric M, Xingquan, Fujita M. Methods for Integrated Exposure Monitoring of Lead and Cadmium. *Environmental Research*, 1991;56:78-89.

Wallace LA, Ott WR. Personal Monitors: A State-of-the-Art Survey. *Journal of the Air Pollution Control Association*, 1982;32(6):601-610.

World Health Organization. Sulfur Oxides and Suspended Particulate Matter. Environmental Health Criteria 8. Geneva, 1979.

World Health Organization. Air Quality Guidelines for Europe. World Health Organization Regional Office for Europe, Copenhagen, WHO Regional Publications, European Series #23, 1987.

ANEXOS

ANEXO I
CUESTIONARIO DE CONDICION-ACTIVIDAD

II.-REGISTRO DE LA ENTREVISTA

2.1 FECHA ENTREVISTA

[][][] [][][]
 día mes

2.2 CLAVE DEL ENTREVISTADOR

- 1.Edna Hernández
 2.Judith Pelayo
 3.Lety Hernández
 4. Santa Hutrón

[][]

2.3 HORA DE INICIO

[][][] [][][]
 Horas Minutos

2.4 HORA DE TERMINO

[][][] [][][]
 Horas Minutos

2.5 RESULTADO DE LA ENTREVISTA:

[][]

- Completa.....1
 Incompleta.....2
 No habla nadie.....3
 Se negaron a informar.....4
 La dirección no es de vivienda.....5

III.-PRESENTACION

Hola, me llamo _____, soy empleada de la Secretaría de Salud del Instituto Nacional de Salud Pública, estoy comisionada para realizar una encuesta sobre Contaminación Ambiental.

Es conveniente que la información general que necesitamos nos la proporcione el Señor o la Señora de la casa.

3.1 ¿ SE ENCUENTRA ALGUNO DE ELLOS
 EN CASA?

[][]

- SI.....1
 NO.....2--PASE a 3.3

3.2 ¿ PODRIA, POR FAVOR, LLAMAR
 A ALGUNO DE ELLOS?

[][]

- SI.....1 **Lee la leyenda al Señor o Señora de la casa**
 NO.....2 **PASE a 3.3 sin leer la leyenda**

Hola, me llamo _____, soy empleada de la Secretaría de Salud del Instituto Nacional de Salud Pública, estoy comisionada para realizar una encuesta sobre Contaminación Ambiental y su relación con la salud, así como con las características familiares y de su vivienda. Para esto necesitamos hacerle unas preguntas generales. Al finalizar la encuesta escogeremos a algunas personas de su familia para hacerles preguntas adicionales.

(Haga las siguientes preguntas al Informante)

3.3 ¿USTED VIVE NORMALMENTE EN ESTA CASA? 1 1

Si.....1
 No.....2-Concertar cita próxima con un informante adecuado.

3.4 ¿QUÉ EDAD TIENE USTED? 1 1
 (Aplique solamente si es mayor de 16 años)

NOMBRE COMPLETO DEL INFORMANTE

 NOMBRE

 APELLIDO PATERNO APELLIDO MATERNO

IV. VIVIENDA

4.1 ¿ CUANTO TIEMPO TIENE DE VIVIR EN ESTA ZONA? 1 1
 (Muestre el mapa) Meses Años

4.2 ¿HACE CUANTO TIEMPO QUE LA FAMILIA VIVE EN ESTA CASA? 1 1
Meses Años

Más de seis meses.....CONTINUE CON EL CUESTIONARIO
 Seis meses o menos.....AGRADEZCA Y TERMINE CON LA ENTREVISTA

4.3 ¿LA CASA SE ENCUENTRA EN:

CIRCULE TODAS LAS OPCIONES QUE MENCIONE

- Una privada o calle cerrada?.....1
- Un condominio horizontal o andador?.....2
- Una calle abierta al tránsito?.....3
- Una avenida o eje vial?.....4
- A un lado de una carretera?.....5
- Sobre una calle donde existe parada de autobús o pesera?.....6
- Otros (especifique)..... 8
- No sabe N. C.....9

4.4 ¿SABE UD. SI EN LAS MANZANAS QUE RODEAN SU CASA EXISTE ALGUNA:

CIRCULE TODAS LAS OPCIONES QUE MENCIONE

- Vulcanizadora?.....01
- Carpintería?.....02
- Taller de pulido de piedra?.....03
- Fundidora?.....04
- Imprentas?.....05
- Fábrica o talleres de acumuladores?.....06
- Fábrica de pintura o barnices?.....07
- Fábrica de cerámica?.....08
- Cementera?.....09
- Taller de hojalatería y pintura de coches?.....10
- Taller automotriz?.....11
- Fábrica de hilos y telas?.....12
- Ninguna de las anteriores.....77
- Otros (especifique).....88
- No sabe N. C.....99

4.5 ¿CUANTOS CUARTOS TIENE ESTA VIVIENDA, SIN CONTAR LOS BAÑOS? (Incluya recámaras, sala, comedor y cocina)

Número de cuartos
99 No sabe N. C.

4.6 ¿CUANTOS CUARTOS USAN PARA DORMIR?

Número de cuartos
99 No sabe N. C.

4.7 ¿DE QUE MATERIAL SON LOS PISOS DE CADA CUARTO?

	1)Tierra	2)Cemento	3)Madera	4)Mosaico	5)Material sintético	6)Alfombra	8)Otro material	9)No sabe, N.C.
1) Cocina								
2) Baño ₁								
3) Baño ₂								
4) Baño ₃								
5) Recámara ₁								
6) Recámara ₂								
7) Recámara ₃								
8) Recámara ₄								
9) Sala								
10) Comedor								
11) Pasillo								

ELIJA MAS DE UNA OPCION SI ES NECESARIO Y PONGA UNA CRUZ DENTRO DE LA CASILLA QUE CORRESPONDE

4.8 ¿DE QUE ESTAN HECHAS LA MAYOR PARTE
DE LAS PAREDES O MUROS DE ESTA CASA?

1 1

Lámina de cartón.....	1
Carrizo, palma o bambú.....	2
Embarro o bajareque.....	3
Madera.....	4
Lámina de asbesto o metálica.....	5
Adobe.....	6
Tabique, tabicón, block, piedra, mampostería o cemento.....	7
Otros materiales (especifique).....	8
No sabe N. C.....	9

4.9 ¿DE QUE MATERIAL ES LA MAYOR PARTE
DEL TECHO DE ESTA CASA?

1 1

Lámina de cartón.....	1
Palma, tejamanil o madera.....	2
Lámina de asbesto o metálica.....	3
Teja.....	4
Losa de concreto, bóveda de ladrillo o terrado, enladrillado sobre vigas.....	5
Otros materiales (especifique).....	8
No sabe N. C.....	9

4.10 ¿LOS OCUPANTES DE ESTA VIVIENDA
DISPONEN DE AGUA ENTUBADA:

1 1

dentro de la vivienda?.....	1
fuera de la vivienda, pero dentro del edificio, vecindad o terreno?.....	2
de la llave pública o hidrante?.....	3
no disponen de agua entubada?.....	4
No sabe N. C.....	9

4.11 ¿ESTA VIVIENDA TIENE DRENAJE?

1 1

SI.....	1
NO.....	2--PASE a 4.13

4.12 ¿A DONDE DESAGUA?

1 1

A red pública.....	1
A fosa séptica.....	2
Al suelo.....	3
Otros (especifique).....	8
No sabe N. C.....	9
No se aplica.....	0

4.13 ¿HAY EN ESTA VIVIENDA:

[][]

- excusado con agua?.....1
- letrina?.....2
- hoyo negro?.....3
- hacen en el suelo?.....4
- No sabe N. C.....9

4.14 ¿HAY LUZ ELECTRICA EN ESTA VIVIENDA?

[][]

- SI.....1--PASE a 4.16
- NO.....2

4.15 ¿QUE UTILIZA PARA ILUMINAR LA VIVIENDA?

[][]

- Lámpara de petróleo.....1
- Lámpara de gas.....2
- Lámpara con baterías.....3
- Velas.....4
- Otros (especifique).....8
- No sabe N. C.....9
- No se aplica.....0

4.16 ¿QUE TIPO DE VENTILACION TIENEN LOS CUARTOS DE SU CASA?

	1)Ventana	2)Extractor	3)Puerta al exterior	4)Ventilador de aspas	8)Otro	9)No sabe, N.C.
1) Cocina						
2) Baño ₁						
3) Baño ₂						
4) Baño ₃						
5) Recámara ₁						
6) Recámara ₂						
7) Recámara ₃						
8) Recámara ₄						
9) Sala						
10) Comedor						
11) Pasillo						

ELIJA MAS DE UNA OPCION SI ES NECESARIO Y PONGA UNA CRUZ DENTRO DE LA CASILLA QUE CORRESPONDE

4.17 ¿HACIA DONDE DAN LA MAYOR PARTE DE LAS VENTANAS DE SU CASA?

- 1 1
- Patio interior o corredor.....1
 - Calle.....2
 - Avenida.....3
 - Patio exterior o jardín.....4
 - No sabe N. C.....9

4.18 ¿EN GENERAL, LAS VENTANAS Y/O PUERTAS DE SU CASA PERMANECEN ABIERTAS:

CIRCULE TODAS LAS OPCIONES QUE MENCIONE

- por la mañana?.....1
- por la tarde?.....2
- por la noche?.....3
- ninguna de las anteriores.....4
- No sabe N. C.....9

4.19 ¿HAY EN ESTA VIVIENDA UN CUARTO PARA COCINAR O UNA COCINA?

- 1 1
- SI.....1
 - NO.....2--PASE a 4.22
 - No sabe N. C.....9

4.20 ¿EL CUARTO QUE SE USA PARA COCINAR SE USA TAMBIEN PARA DORMIR?

- 1 1
- SI.....1
 - NO.....2
 - No sabe N. C.....9
 - No se aplica.....0

4.21 ¿QUE COMBUSTIBLE USA PARA COCINAR?

CIRCULE TODAS LAS OPCIONES QUE MENCIONE

- Gas.....1
- Electricidad.....2
- Petróleo.....3
- Leña.....4
- Carbón.....5
- Papel.....6
- Otro (especifique).....8
- No sabe N. C.....9

4.22 ¿ACOSTUMBRA USAR CALEFACCION, O CHIMENEA?

- 1 1
- SI.....1
 - NO.....2--PASE a 4.24
 - No sabe N. C.....9

4.23 ¿EN QUE CUARTOS LA USA Y QUE COMBUSTIBLE UTILIZA CON MAYOR FRECUENCIA?

	1) Gas	2) Leña	3) Papel	4) Electricidad	5) Carbón	6) Petróleo	7) Combustible para calentador	8) Otro	9) No sabe N.C	0) No se aplica
1) Cocina										
2) Baño ₁										
3) Baño ₂										
4) Baño ₃										
5) Recámara ₁										
6) Recámara ₂										
7) Recámara ₃										
8) Recámara ₄										
9) Sala										
10) Comedor										
11) Pasillo										

ELIJA MAS DE UNA OPCION SI ES NECESARIO Y PONGA UNA CRUZ DENTRO DE LA CASILLA QUE CORRESPONDE

4.24 ¿HAY EN ESTA VIVIENDA CALENTADOR PARA EL AGUA?

1 1

- SI.....1
- NO.....2--PASE a 4.27
- No sabe N.C.....9

4.25 ¿QUE TIPO DE COMBUSTIBLE USA PARA ESTE CALENTADOR?

CIRCULE TODAS LAS OPCIONES QUE MENCIONE

- Gas.....1
- Leña.....2
- Papel.....3
- Electricidad.....4
- Carbón.....5
- Petróleo.....6
- Combustible para calentador.....7
- Otro(especifique).....8
- No sabe N. C.....9
- No se aplica.....0

4.26 ¿EN DONDE SE ENCUENTRA
EL CALENTADOR PARA AGUA?

- |_ |
- Cocina.....1
 - Baño.....2
 - Pasillo.....3
 - Cuarto de servicio.....4
 - Patio interior.....5
 - Patio exterior.....6
 - Otro (especifique).....8
 - No sabe N. C.9

4.27 ¿TIENE USTED MASCOTAS Y/O
ANIMALES DOMESTICOS
EN SU VIVIENDA?

- |_ |
- SI.....1
 - NO.....2- Pase a 5.1
(V. COMPOSICION FAMILIAR)

4.28 ¿QUE MASCOTAS Y/O ANIMALES
DOMESTICOS TIENE USTED?
CIRCULE TODAS LAS OPCIONES
QUE MENCIONE

- Perro.....1
- Gato.....2
- Aves.....3
- Otros (especifique).....8
- No sabe N. C.....9
- No se aplica.....0

4.29 ¿QUE MASCOTAS VIVEN DENTRO
DE SU CASA?
CIRCULE TODAS LAS OPCIONES
QUE MENCIONE

- Perro.....1
- Gato.....2
- Aves.....3
- Otros (especifique).....8
- No sabe N. C.....9
- No se aplica.....0

V. COMPOSICION FAMILIAR

FOLIO [][][][]

¿Me podría proporcionar su número de teléfono?

No. Teléfono [][][][][][][][] No tiene []

5.1 ¿CUANTAS PERSONAS VIVEN NORMALMENTE EN ESTA CASA TOMANDO EN CUENTA A LOS NIÑOS CHIQUITOS Número de personas [][]

5.2 DIGAME POR FAVOR ¿CUANTAS PERSONAS ENTRE 9 Y 79 AÑOS RESIDEN EN ESTA VIVIENDA PERMANENTEMENTE? Número de Personas [][]

¿Me podría proporcionar algunos datos de estas personas?

[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	
NOMBRE Y APELLIDOS	SEXO		FECHA DE NACIMIENTO			EDAD EN AÑOS	Escolaridad: Años completos de estudio	¿Sabe leer y escribir? SI - NO	F u m a SI - NO
	M	F	[DIA]	[MES]	[AÑO]				
01									
02									
03									
04									
05									
06									
07									
08									
09									
10									
11									
12									

V. COMPOSICION FAMILIAR

FOLIO|_|_|_|

[10]	[11]	[12]	[13]	[14]	[15]	[16]	[17]	[18]
¿A QUE SE DEDICA? 1 A TRABAJAR 2 A ESTUDIAR 3 AL HOGAR 4 JUBILADO O PENSIONADO 5 INVALIDEZ PERMANENTE 6 INCAPACIDAD TEMPORAL 7 OTROS (ESPECIFIQUE)	Si trabaja: ¿Qué se produce o qué servicios se prestan en el lugar donde trabaja?	Si trabaja: ¿Qué tareas o actividades desempeña en su trabajo?	¿Está expuesto o cerca de partículas o polvo? SI - NO	Considera que está expuesto de manera: Leve Moderada Severa	Si estudia: Escuela Dentro del área Fuera del área	Grupo de Interés		S E L E C C I O N
						C	S	
01								
02								
03								
04								
05								
06								
07								
08								
09								
10								
11								
12								

Hora de término |_|_| |_|_|
horas minutos

ANEXO II
DIARIO MICROAMBIENTAL



folio

INSTITUTO NACIONAL DE SALUD PÚBLICA
ESCUELA DE SALUD PÚBLICA DE MÉXICO

ENCUESTA SOBRE CONTAMINACIÓN AMBIENTAL
Ciudad de México 1991-1992

DIARIO DE TIEMPO-ACTIVIDAD



Modelo de exposición humana integral

I. Registro de la entrevista

1.1 Fecha de inicio

día mes año

1.2 Clave del entrevistador

II. Datos de identificación

Nombre (s)

Apellido paterno Apellido materno

Toda la información obtenida para este estudio será estrictamente confidencial. Si usted tiene alguna pregunta acerca del estudio o de este diario, por favor llame a la Biol. Leonora Rojas a los teléfonos 91 (73) 11 01 11, ext. 2776 o al 91 (73) 11 23 43 de Cuernavaca, Mor. Puede llamar por cobrar o por medio de operadora (02)

DERECHOS RESERVADOS ¡Gracias por su tiempo y cooperación!

INSTRUCCIONES PARA LLENAR EL DIARIO

Antes de iniciar el llenado del DIARIO, lea las siguientes instrucciones:

SINTOMAS

En la primera hoja del diario, registre las molestias de tipo respiratorio que presente en cada día. Ponga una cruz si tuvo algunas de las molestias en el cuadro correspondiente a ese día; si no presentó ninguna molestia, ponga una cruz en el último renglón.

LUGARES

Dedique unos minutos cada día para apuntar en dónde estuvo: este DIARIO le ayudará a recordar el tiempo que pasó en cada lugar durante las 24 horas del día.

Anote el tiempo que pasó en cada uno de los siete lugares que se encuentran en el encabezado del DIARIO. Dibuje con un lápiz una flecha para mostrar la hora de inicio y la de término en que permaneció en un lugar, tal y como aparece en el ejemplo siguiente:

horario	Dentro de su casa	Fuera de su casa				Cerca de personas fumando	
		transporte	Trabajo o escuela		Otras actividades		
			exterior	interior	exterior		interior
5	
6 ↓	

Las líneas punteadas marcan períodos de media hora.

La flecha indica que usted estuvo de las 5:30 am a las 6:30 am DENTRO DE SU CASA.

No puede haber dos flechas para dos lugares diferentes durante las mismas horas, porque usted no puede estar en dos lugares al mismo tiempo.

DENTRO DE SU CASA:

- (1) El tiempo que usted pasa dentro de su casa.

FUERA DE SU CASA:

Transporte

- (2) El tiempo que ocupa en transportarse en coche, pesero, camión, motocicleta, bicicleta o a pie.

Trabajo o escuela:

- (3) Exteriores: El tiempo que usted pasa en su trabajo o en la escuela fuera de un espacio que tenga techo y paredes.

- (4) Interiores: El tiempo que usted pasa en su trabajo o en la escuela dentro de un espacio que tenga techo y paredes.

Otras actividades:

- (5) Exteriores: El tiempo durante el cual usted camina, trota, corre, trabaja o descansa en exteriores.

- (6) Interiores: El tiempo durante el cual usted visita amigos, va al cine, al teatro, o restaurantes, gimnasios, de compras, etc. dentro de un espacio que tenga techo y paredes.

CERCA DE PERSONAS FUMANDO:

- (7) El tiempo aproximado durante el cual usted está en el mismo cuarto cerca de un fumador.

LUGARES



horario

horario	Dentro de su casa	Fuera de su casa				Cerca de personas fumando	
		transporte	Trabajo o escuela		Otras actividades		
			exterior	interior	exterior		interior
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
1							
2							
3							
4							



ANEXO III

***MATRICES DE DATOS DE LAS VARIABLES DEPENDIENTE E
INDEPENDIENTES DE LOS REGISTROS UTILIZADOS EN EL
ANALISIS MULTIVARIADO***

a) MONITOREOS AMBIENTALES¹¹

<i>FOLIO</i>	<i>GI</i>	<i>Monitoreo personal (µg/m³)</i>	<i>Monitoreo intramuros (µg/m³)</i>	<i>Monitoreo extramuros (µg/m³)</i>
117-01	4	79.11	82.28	106.43
127-01	5	88.41	154.86	125.61
145-01	4	76.57	106.01	43.15
169-06	1	147.16	111.05	120.76
201-01	4	67.32	73.63	23.11
201-01	4	133.87	186.15	39.98
206-03	5	80.48	89.94	104.42
206-05	1	91.95	94.95	113.53
218-02	3	102.42	64.60	97.00
218-02	3	87.21	71.64	104.42
232-02	4	65.75	40.69	125.32
232-02	4	82.85	79.86	122.38
233-01	5	73.01	48.92	74.56
245-01	4	76.89	80.38	66.99
245-01	4	41.41	50.12	38.00
249-03	5	85.33	79.38	38.00
249-03	5	99.15	98.99	66.99
318-04	2	82.07	85.36	136.13
318-04	2	148.44	152.28	205.66
345-02	5	130.24	147.68	97.24
345-03	1	85.23	98.36	113.53
417-01	4	100.33	124.60	33.00
437-03	5	37.88	222.05	30.90
446-04	2	167.26	116.40	29.00
451-03	5	112.76	96.37	103.44
475-05	4	171.65	288.88	125.61
476-04	5	84.25	96.39	101.03

Número de registros = 27

¹¹ El folio es el identificador de los participantes; se compone de cinco dígitos, los tres primeros identifican la vivienda y los dos últimos al miembro o habitante de ésta.

Los códigos de los grupos de interés son los siguientes: 1) niños, 2) estudiantes, 3) trabajadores de industria, 4) empleados de oficina, 5) amas de casa, 6) ancianos.

b) TIEMPOS DE PERMANENCIA EN DIFERENTES MICROAMBIENTES^{2/}

FOLIO	Casa	Transporte	Trabajo o escuela		Otras actividades		Tabaquismo pasivo
			extramuros	intramuros	extramuros	intramuros	
117-01	65	4	0	31	0	0	0
127-01	100	0	0	0	0	0	0
145-01	35	6	33	0	0	25	0
169-06	54	4	2	31	8	0	0
201-01	71	6	0	0	23	0	0
201-01	83	4	0	0	13	0	0
206-03	98	2	0	0	0	0	0
206-05	50	4	2	23	17	4	0
218-02	88	4	0	0	8	0	0
218-02	92	4	0	0	4	0	0
232-02	42	8	50	0	0	0	0
232-02	42	8	50	0	0	0	0
233-01	85	2	0	0	13	0	0
245-01	94	2	0	0	0	4	0
245-01	92	0	8	0	0	0	0
249-03	92	0	0	0	8	0	4
249-03	90	0	0	0	10	0	0
318-04	77	4	2	17	0	0	0
318-04	77	4	2	17	0	0	0
345-02	13	0	35	52	0	0	0
345-03	65	4	2	19	10	0	0
417-01	100	0	0	0	0	0	0
437-03	88	6	0	0	0	6	0
446-04	81	2	0	0	17	0	0
451-03	81	8	0	0	8	2	0
475-05	52	8	0	40	0	0	0
476-04	92	4	0	0	4	0	0

Número de registros = 27

^{2/} En los microambientes casa, transporte, trabajo o escuela intramuros y extramuros, y otras actividades intramuros y extramuros los tiempos indican la permanencia en ellos sin exposición pasiva a tabaco. Asimismo, el tiempo de permanencia en el microambiente de tabaquismo pasivo es la suma de la exposición en cualquiera de los otros seis microambientes.

c) EXPOSICION A PM₁₀ EN CASA, TRABAJO/ESCUELA EXTRAMUROS Y OTRAS ACTIVIDADES EXTRAMUROS^{3/}

<i>FOLIO</i>	<i>Exposición en casa</i>	<i>Exposición en trabajo o escuela extramuros</i>	<i>Exposición durante otras actividades extramuros</i>
117-01	53.14	0	0
127-01	154.86	0	0
145-01	37.55	14.38	0
169-06	60.15	2.52	10.06
201-01	52.15	0	5.30
201-01	155.13	0	5.00
206-03	88.07	0	0
206-05	47.48	2.37	18.92
218-02	56.52	0	8.08
218-02	65.67	0	4.35
232-02	16.95	62.66	0
232-02	33.28	61.19	0
233-01	41.79	0	9.32
245-01	75.36	0	0
245-01	45.94	3.17	0
249-03	72.76	0	3.17
249-03	88.68	0	6.98
318-04	65.80	2.84	0
318-04	117.38	4.28	0
345-02	18.46	34.44	0
345-03	63.52	2.37	11.83
417-01	124.60	0	0
437-03	194.29	0	0
446-04	94.58	0	4.83
451-03	78.30	0	8.62
475-05	150.46	0	0
476-04	88.36	0	4.21

Número de registros = 27

^{3/} La exposición en estos microambientes se estimó multiplicando la concentración de PM₁₀ muestreada ya sea en casa o en extramuros, por el tiempo de permanencia en el microambiente en cuestión.