

**Impactos de la contaminación atmosférica  
en la morbilidad y mortalidad de la  
población infantil de Ciudad Juárez,  
Chihuahua, México**

Estudio encargado como  
parte del trabajo de la CCA  
sobre corredores de comercio  
y transporte, parte del  
proyecto Cooperación  
temas de calidad del aire  
en América del Norte

10 de noviembre de 2003



Esta publicación fue preparada para el Secretariado de la Comisión para la Cooperación Ambiental por los siguientes autores:

**Investigadora principal**

Isabelle Romieu,  
Centro Colaborador de Salud Ambiental (CENSA),  
Centro de Investigación en Salud Poblacional,  
Instituto Nacional de Salud Pública, México

**Coinvestigadores**

Matiana Ramírez Aguilar, Hortensia Moreno Macías, Albino Barraza  
Villarreal, Leticia Hernández Cadena, Luz Carbajal Arroyo

Los autores son responsables únicos del contenido del presente documento de trabajo, mismo que fue encargado como parte del proyecto de 2002 de la CCA "Iniciativa trinacional para el mejoramiento de la calidad del aire: corredores de comercio y transporte de América del Norte", cuyo jefe de programa es Paul Miller. El presente documento de trabajo no refleja necesariamente las opiniones de la CCA o de los gobiernos de Canadá, Estados Unidos y México.

Se permite la reproducción de este documento en cualquier formato, todo o en partes, para fines educativos o no lucrativos sin permiso expreso del Secretariado de la CCA siempre y cuando se cite la fuente. La CCA agradecería recibir una copia de cualquier publicación o material que use como fuente este documento.

**Comisión para la Cooperación Ambiental**

393, rue Saint-Jacques Ouest, Bureau 200  
Montreal (Quebec) Canadá H2Y 1N9  
Correo-e: [info@ccemtl.org](mailto:info@ccemtl.org)  
<http://www.cec.org>

© Comisión para la Cooperación Ambiental, 2003

Documento disponible en línea en español; puede consultarse también un resumen en francés.

Para citar:

Romieu, Isabelle, et al. Impactos de la contaminación atmosférica en la morbilidad y mortalidad de la población infantil de Ciudad Juárez, Chihuahua, México. Comisión para la Cooperación Ambiental, Montreal, noviembre de 2003.

## Resumen

Los resultados de varios estudios llevados a cabo en América Latina demuestran los efectos adversos de la contaminación atmosférica en la salud de varios grupos de población. Sin embargo, unos cuantos estudios se han ocupado de los niños pequeños y en ninguno se ha evaluado el impacto de la contaminación atmosférica en grupos de niños que pueden ser más vulnerables debido a la pobreza en la que viven. Hicimos un estudio en Ciudad Juárez, México, ciudad ubicada en la frontera entre México y Estados Unidos en el estado de Chihuahua, con objeto de determinar el impacto de los contaminantes atmosféricos  $PM_{10}$  y ozono en la salud respiratoria infantil. Una de las principales características de Ciudad Juárez es el flujo migratorio a través de la frontera, que obedece sobre todo a la industria de las maquiladoras y al rápido crecimiento demográfico con asentamientos no planeados.

En este estudio observamos relaciones importantes entre los niveles ambientales de ozono y las consultas infantiles de urgencia por afecciones respiratorias. Estas relaciones estaban presentes tanto en infecciones de las vías respiratorias superiores como en asma en todos los grupos etarios. No obstante, en niños de hasta cinco años, la exposición al ozono también se relacionaba con infecciones de las vías respiratorias inferiores con un desfase de cuatro días. Un aumento de 20 ppmm en el promedio móvil máximo de ocho horas antes de la consulta se relacionaba con un aumento de 12.7% en el riesgo de infecciones de las vías respiratorias inferiores (IC 95%, 4.2% a 21.9%). Considerando un aumento de 20 ppmm en un máximo diario de una hora durante cinco días antes de la consulta, el riesgo era de 15% (IC 95%, 2.3% a 29.4%). No se observó ninguna relación con los niveles ambientales de  $PM_{10}$ . Estos resultados fueron similares en los modelos de contaminantes múltiples que incluían tanto ozono como  $PM_{10}$ .

En general, los contaminantes del aire no tuvieron relación con las defunciones por causas respiratorias de nuestra población infantil. Hubo sin embargo ciertos indicios de que los niveles ambientales de  $PM_{10}$  podrían elevar el riesgo de mortalidad por causas respiratorias en lactantes (>1 mes a 1 año). Cuando los datos se estratificaron por nivel socioeconómico, se observó un aumento entre los lactantes del grupo correspondiente al nivel socioeconómico más bajo (cuadros 20-21). Entre los lactantes de 1 mes a 1 año de edad, un aumento de 20  $\mu g/m^3$  en el promedio de 24 horas de  $PM_{10}$  el día anterior se relacionó con un aumento del 62% en la mortalidad por causas respiratorias (IC 95%, 10% a 140%). Cuando se registró un aumento de 20  $\mu g/m^3$  en los dos días anteriores, el riesgo de muerte aumentó 82% (IC 95%, 1% a 228%). Ahora bien, estos cálculos se basan sólo en 41 defunciones. No se observó un aumento de la mortalidad en los niveles socioeconómicos más altos. Estos resultados fueron similares en los modelos de contaminantes múltiples que incluían tanto ozono como  $PM_{10}$ .

México, al igual que otros países en desarrollo, tienen una importante población infantil urbana que vive en condiciones de pobreza. Los niños, en particular los más pequeños, constituyen un sector de la población susceptible a las amenazas ambientales en virtud de su comportamiento y su reducida capacidad para metabolizar las sustancias tóxicas (21). Además de su vulnerabilidad fisiológica, muchos niños de América Latina sufren una grave vulnerabilidad social relacionada con la pobreza, la desnutrición y el medio ambiente desfavorable, que aumentan tanto su exposición a los contaminantes como su susceptibilidad a los efectos de éstos (22). Por otro lado, se observó un mayor índice de morbilidad y mortalidad por causas respiratorias en los niveles de contaminación atmosférica que prevalecen en las zonas urbanas de la región. Por lo tanto, nuestros resultados subrayan la necesidad de instrumentar acciones rentables para controlar los problemas de contaminación atmosférica y evitar que empeore la situación actual.

## **Agradecimientos**

Los autores agradecen la información sobre contaminantes atmosféricos a la Red de Monitoreo de Ciudad Juárez, así como al Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), el gobierno del estado de Chihuahua, el Dr. Fernando Meneses, Martha María Téllez-Rojo e Irma Soyachi por su colaboración para elaborar este documento.

# Índice

<b>Resumen.....</b>	<b>iii</b>
<b>Agradecimientos.....</b>	<b>iv</b>
<b>Cuadros.....</b>	<b>vi</b>
<b>Gráficas.....</b>	<b>viii</b>
<b>1 Antecedentes.....</b>	<b>1</b>
<b>2 Metas y objetivos del proyecto.....</b>	<b>1</b>
2.1 Meta del proyecto.....	1
2.2 Objetivo general.....	2
2.3 Objetivos específicos.....	2
<b>3 Metodología.....</b>	<b>2</b>
3.1 Población del estudio.....	3
3.2 Evaluación del impacto en la salud.....	3
3.2.1 Elaboración de la base de datos sobre salud.....	3
3.2.1.1 Información sobre mortalidad: certificados de defunción.....	3
3.2.1.2 Información sobre morbilidad: datos sobre consultas de urgencia.....	4
3.2.2 Elaboración de la base de datos sobre exposiciones.....	5
3.2.2.1 Fuentes de información sobre contaminación atmosférica.....	5
3.2.2.2 Preparación de las bases de datos.....	6
3.2.3 Análisis estadísticos.....	6
3.2.3.1 Mortalidad.....	6
3.2.3.1 Morbilidad.....	7
<b>4 Resultados.....</b>	<b>8</b>
4.1 Resultados descriptivos.....	8
4.1.1 Información sobre mortalidad.....	8
4.1.2 Información sobre morbilidad.....	8
4.1.3 Contaminantes atmosféricos y variables climatológicas.....	8
4.2 Relaciones entre los contaminantes atmosféricos y la salud.....	9
4.2.1 Mortalidad.....	9
4.2.1.1 Efectos del ozono en la salud.....	9
4.2.1.2 Efecto de las PM <sub>10</sub> en la salud.....	10
4.2.2 Morbilidad.....	10
4.2.2.1 Efectos del ozono en la salud.....	10
4.2.2.2 Efecto de las PM <sub>10</sub> en la salud.....	11
<b>5 Análisis.....</b>	<b>11</b>
<b>6 Conclusión.....</b>	<b>14</b>
<b>Referencias.....</b>	<b>15</b>
<b>Cuadros.....</b>	<b>17</b>

## Cuadros

Cuadro 1. Mortalidad en niños residentes en Ciudad Juárez de 1997 a 2001, por año de defunción.....	17
Cuadro 2. Mortalidad en niños residentes en Ciudad Juárez de 1997 a 2001, por sexo.....	17
Cuadro 3. Mortalidad en niños residentes en Ciudad Juárez de 1997 a 2001, por causa de defunción.....	17
Cuadro 4. Mortalidad en niños residentes en Ciudad Juárez de 1997 a 2000, por índice de marginalidad .....	18
Cuadro 5. Consultas de urgencia por enfermedades respiratorias y otras causas en los hospitales # 6 y # 35 del IMSS, 1997–2001, Ciudad Juárez.....	18
Cuadro 6. Consultas de urgencia por enfermedades respiratorias, por tipo de diagnóstico en los hospitales #6 y #35 del IMSS, 1997–2001, Ciudad Juárez.....	19
Cuadro 7. Consultas de urgencia por enfermedades respiratorias, por grupo etario y diagnóstico en los hospitales # 6 y # 35 del IMSS, 1997–2001 Ciudad Juárez .....	19
Cuadro 8. Promedio anual de los niveles de PM <sub>10</sub> , por estación de monitoreo y año del estudio (1997–2001), Ciudad Juárez .....	20
Cuadro 9. Promedio anual de los niveles de PM <sub>10</sub> , por año del estudio (1997–2001) en El Paso, Texas .....	21
Cuadro 10. Promedio anual de los niveles de PM <sub>10</sub> , por año del estudio (1997–2001), de todas las estaciones de monitoreo (Ciudad Juárez y El Paso).....	21
Cuadro 11. Promedio anual de ozono, por estación de monitoreo y año del estudio (1997–2001), Ciudad Juárez.....	22
Cuadro 12. Promedio anual de temperatura mínima, por año del estudio (1997–2001), Ciudad Juárez .....	22
Cuadro 13. Promedio anual de humedad relativa, por año del estudio (1997–2001), Ciudad Juárez .....	23
Cuadro 14. Relación entre la mortalidad por causas respiratorias y los niveles ambientales de O <sub>3</sub> (1 hr. máximo y promedio móvil máximo de 8 hrs.) en todos los niños .....	23
Cuadro 15. Relación entre la mortalidad por causas respiratorias y los niveles ambientales de PM <sub>10</sub> (promedio de 24 hrs.) en todos los niños .....	24
Cuadro 16. Relación entre la mortalidad total y por causas respiratorias y los niveles ambientales de PM <sub>10</sub> (promedio de 24 hrs.) y ozono en lactantes (0 a 1 año de edad), 1997–2001, Ciudad Juárez.....	24
Cuadro 17. Relación entre la mortalidad total y por causas respiratorias y los niveles ambientales de PM <sub>10</sub> (promedio de 24 hrs.) y ozono en lactantes (1 mes a 1 año de edad), 1997–2001, Ciudad Juárez.....	25
Cuadro 18. Relación entre mortalidad por causas respiratorias y los niveles ambientales de ozono en lactantes (0 a 1 año de edad), de acuerdo con el índice de niveles socioeconómicos.....	26
Cuadro 19. Relación entre la mortalidad por causas respiratorias y los niveles ambientales de ozono en lactantes (1 mes a 1 año de edad), de acuerdo con el índice de niveles socioeconómicos .....	26
Cuadro 20. Relación entre la mortalidad por causas respiratorias y los niveles ambientales de PM <sub>10</sub> entre lactantes (0 a 1 año de edad), de acuerdo con el índice de niveles socioeconómicos.....	27

Cuadro 21. Relación entre la mortalidad por causas respiratorias y los niveles ambientales de PM <sub>10</sub> entre lactantes (1 mes a 1 año de edad), de acuerdo con el índice de niveles socioeconómicos .....	27
Cuadro 22. Relación entre las consultas de urgencia por causas respiratorias y los niveles ambientales de ozono (máximo diario de 1 hr. y promedio máximo diario de 8 hrs.) para el total de consultas por causas respiratorias y por infecciones de las vías respiratorias superiores, infecciones de las vías respiratorias inferiores y asma en niños de 0 a 16 años. ....	28
Cuadro 23. Relación entre las consultas de urgencia por causas respiratorias y los niveles ambientales de ozono (máximo diario de 1 hr. y promedio máximo diario de 8 hrs.) para el total de consultas por causas respiratorias y por infecciones de las vías respiratorias superiores, infecciones de las vías respiratorias inferiores y asma en niños de cinco años o menores .....	29
Cuadro 24. Relación entre las consultas de urgencia por causas respiratorias y los niveles ambientales de ozono (máximo diario de 1 hr. y promedio máximo diario de 8 hrs.) para el total de consultas por causas respiratorias y por infecciones de las vías respiratorias superiores, infecciones de las vías respiratorias inferiores y asma en niños mayores de cinco años.....	30
Cuadro 25. Relación entre las consultas de urgencia por causas respiratorias y los niveles ambientales de PM <sub>10</sub> (promedio de 24 hrs.) para el total de consultas por causas respiratorias y por infecciones de las vías respiratorias superiores, infecciones de las vías respiratorias inferiores y asma en todos los niños.....	31
Cuadro 26. Relación entre las consultas de urgencia por causas respiratorias y los niveles ambientales de PM <sub>10</sub> (promedio de 24 hrs.) para el total de consultas por causas respiratorias y por infecciones de las vías respiratorias superiores, infecciones de las vías respiratorias inferiores y asma en los niños de cinco años o menores .....	32
Cuadro 27. Relación entre las consultas de urgencia por causas respiratorias y los niveles ambientales de PM <sub>10</sub> (promedio de 24 hrs.) para el total de consultas por causas respiratorias y por infecciones de las vías respiratorias superiores, infecciones de las vías respiratorias inferiores y asma en los niños mayores de cinco años .....	33

## Gráficas

Gráfica 1. Unidades del IMSS y sitios de monitoreo fijo en el área de estudio, Ciudad Juárez, Chihuahua, México .....	34
Gráfica 2. Ejemplo de la variancia residual de los modelos MAG .....	35
Gráfica 3. Datos sobre morbilidad, niveles de PM <sub>10</sub> y temperatura durante el estudio, 1997-2001, Ciudad Juárez, México.....	36
Gráfica 4. Ozono y temperatura durante el periodo del estudio, 1997-2001, Ciudad Juárez, México .....	37
Gráfica 5. Morbilidad y ozono durante el periodo del estudio, 1997-2001, Ciudad Juárez, México .....	38

## **1 Antecedentes**

México, al igual que toda la región de América Latina, tiene una importante población infantil. En esta región, los niños menores de 15 años representan aproximadamente 12% de la población y los menores de cinco años cerca de 9%. Si consideramos que 75% de estos niños residen en zonas urbanas, el impacto potencial en la salud ocasionado por la contaminación atmosférica es grande. Además, la pobreza, la desnutrición y las condiciones ambientales malsanas tienen una alta prevalencia, lo que puede aumentar tanto la exposición a los contaminantes como la susceptibilidad de los niños a sus efectos.

Los resultados de varios estudios llevados a cabo en América Latina demuestran los efectos adversos de la contaminación atmosférica en la salud pública de diferentes grupos etarios [1] (los números entre corchetes corresponden a las obras citadas en la lista de referencias). Sin embargo, unos cuantos estudios se han ocupado de los niños pequeños y en ninguno se ha evaluado el impacto de la contaminación atmosférica en grupos de niños que pueden ser más vulnerables debido a la pobreza en la que viven. Esto es importante porque existe la necesidad de evaluar satisfactoriamente el impacto de la contaminación atmosférica en la salud infantil, dando cuenta de los factores que aumentan la vulnerabilidad, como la desigualdad social, a fin de apoyar políticas públicas de prevención y control entre las poblaciones más desfavorecidas.

En este proyecto evaluamos el impacto de los contaminantes atmosféricos en la salud infantil en Chihuahua, México, concentrándonos en grupos con diferentes condiciones de vida definidas según su nivel socioeconómico. Estudiamos dos importantes consecuencias en la salud, la mortalidad y la morbilidad, y su relación con los niveles de contaminantes atmosféricos de partículas menores a 10  $\mu\text{m}$  y ozono. Los resultados aportan información sobre los efectos adversos de la contaminación atmosférica en la salud infantil. De este modo podemos calcular el número de casos atribuibles a la contaminación atmosférica a fin de ofrecer a los responsables de la toma de decisiones una estimación de la carga de morbilidad relacionada con esta amenaza ambiental entre los niños vulnerables debido a sus condiciones de vida.

## **2 Metas y objetivos del proyecto**

### **2.1 Meta del proyecto**

La principal meta de este proyecto consistió en ofrecer cálculos de los impactos de la contaminación atmosférica en la salud respiratoria infantil y determinar si las condiciones de vida, definidas por el nivel socioeconómico, modificaban su vulnerabilidad a esta amenaza ambiental. Nuestra población de estudio estuvo conformada por niños residentes en Ciudad Juárez, Chihuahua, México, ciudad ubicada en la frontera entre México y Estados Unidos con una gran población infantil y diversos estratos socioeconómicos y condiciones de vida.

## **2.2 Objetivo general**

El objetivo general es determinar los efectos de la contaminación atmosférica en la salud de niños con diferentes condiciones de vida, con particular atención al impacto de la desigualdad social en las consecuencias en la salud. Las variables de consecuencias incluyeron la mortalidad por causas respiratorias, así como la morbilidad total por causas respiratorias y por infecciones de las vías respiratorias superiores, infecciones de las vías respiratorias inferiores y asma. Esta información permite hacer una evaluación satisfactoria del impacto de la contaminación atmosférica en la salud respiratoria de nuestra población infantil y se puede usar para determinar la carga de morbilidad relacionada con la contaminación atmosférica, con objeto de sustentar un proceso basado en el conocimiento para tomar decisiones relativas a la prevención y el control de la contaminación atmosférica.

## **2.3 Objetivos específicos**

- Usar las bases de datos elaboradas por el Instituto Nacional de Salud Pública (INSP) de acuerdo con un contrato anterior con la CCA para calcular los mapas espaciales de las tasas relativas de mortalidad y morbilidad respiratoria en la población infantil relacionadas con la contaminación atmosférica, dando cuenta, si es necesario, de la correlación espacial y temporal en los datos.
- Evaluar la relación entre la contaminación atmosférica y la mortalidad y morbilidad infantil por causas respiratorias entre subgrupos de la población, definidos por edad y diferentes características socioeconómicas y condiciones de vida.
- Calcular el impacto de la contaminación atmosférica en la salud infantil con base en los cálculos de respuesta a las dosis y de exposición obtenidos en las etapas anteriores.
- Divulgar los resultados y entregar estos cálculos a las autoridades en materia de salud y calidad del aire a fin de sustentar medidas de prevención y control, con énfasis en las poblaciones más vulnerables.

## **3 Metodología**

Llevamos a cabo un proyecto piloto para determinar la carga en la salud infantil atribuible a la contaminación atmosférica en exteriores. Valiéndonos de un método estandarizado, evaluamos el impacto de la contaminación atmosférica en la mortalidad y morbilidad total y por causas respiratorias en Ciudad Juárez, Chihuahua, México. Posteriormente, estos resultados se podrán usar a fin de determinar los beneficios para la salud de acciones encaminadas a mantener la pureza del aire mediante metodologías que pueden aplicarse a otras ciudades de México y comparables a estudios de Estado Unidos y Canadá.

Ciudad Juárez, Chihuahua, es una de las ciudades más importantes de la frontera con Estados Unidos de América, con condiciones geográficas únicas. Esta ciudad representa 1.5% del área total de Chihuahua y es vecina de Texas y Nuevo México. Ciudad Juárez, El Paso, Texas, y Sunland Park, Nuevo México, comparten una zona atmosférica común. La contaminación del aire puede pasar de una ciudad a otra según la dirección del viento en la zona.

Ciudad Juárez se asienta en una planicie de 188 km<sup>2</sup> y tiende a crecer de este a sur. Cuenta con un sistema vial que conecta diferentes áreas de la ciudad y dos carreteras principales que la comunican con el sur del país: la carretera Panamericana y la carretera a Casas Grandes. De acuerdo con el Instituto Municipal de Planeación e Investigación, en 1997 había en total 3,069 kilómetros de calles en la ciudad, pavimentadas alrededor de la mitad. Varias de estas calles están deterioradas y algunas, inconclusas. Estas situaciones provocan graves congestionamientos de tránsito y mayor contaminación atmosférica, lo que empeora debido a un deteriorado parque vehicular. En 1996 había alrededor de 600,000 camiones y 15 millones de autos que transitaban por los principales puentes fronterizos entre Ciudad Juárez y Estados Unidos. En 1997 se emitieron a la atmósfera 662,000 toneladas de contaminantes, 72% correspondiente a CO, 10% a HC, 9.6% a PM<sub>10</sub>, 5.2% a NO<sub>2</sub>, 2.25% a SO<sub>2</sub> y 0.02% a plomo (Pb). La mayor parte de las emisiones obedecía a fuente móviles (83.7%), 5% con las industrias y 2.5% con servicios y comercio. El resto provenía de fuentes naturales.

La población total de Ciudad Juárez suma alrededor de un millón de habitantes, cifra representa 36% de la población del estado de Chihuahua. La densidad de población de la ciudad es de 5,600 habitantes por km<sup>2</sup>. Una de las principales características de Ciudad Juárez es el flujo migratorio que cruza la frontera, sobre todo debido a la creciente industria de las maquiladoras. Entre 1950 y 1990, la población se sextuplicó [2].

### **3.1 Población del estudio**

La población que sirvió de base para el estudio correspondía a la población infantil urbana de Ciudad Juárez expuesta a niveles de contaminación que se consideran peligrosos para la salud. En México esta población va en aumento debido a la importante migración de las zonas rurales a las urbanas y a las altas tasas de fecundidad. Para este proyecto centramos el análisis en subgrupos de población infantil que se consideran más susceptibles a los efectos de la contaminación atmosférica, como niños pequeños (<1 a un año y de 1 a 5 años) y niños que viven en condiciones diferentes, según se define en el índice de niveles socioeconómicos. Incluimos información desde 1997 hasta 2001.

### **3.2 Evaluación del impacto en la salud**

Usamos información sobre mortalidad y consultas de urgencia por causas respiratorias como consecuencias en la salud. Después, la información sobre morbilidad se estratificó por afecciones respiratorias específicas, incluidas enfermedades de las vías respiratorias superiores, enfermedades de las vías respiratorias inferiores y asma. Los datos sobre salud se relacionaron con datos sobre contaminación atmosférica y climatológicos obtenidos por medio de las redes de monitoreo de Ciudad Juárez y El Paso.

#### **3.2.1 Elaboración de la base de datos sobre salud**

##### *3.2.1.1 Información sobre mortalidad: certificados de defunción*

Conseguimos los certificados de defunción de niños de 0 a 16 años de 1997 a 2001 en la Secretaría de Salud de Chihuahua. La información de estos documentos se capturó en una base de datos, incluidas las siguientes variables:

- Fecha de nacimiento
- Nacionalidad
- Sexo
- Domicilio
- Edad al morir
- Lugar de la defunción
- Causas primarias, secundarias y terciarias de la defunción
- Duración de la enfermedad antes de la defunción

Los certificados de defunción no contienen información sobre el nivel socioeconómico. Asignamos un índice de marginalidad como una variable Proxy de nivel socioeconómico a cada niño según el código postal de su vivienda, consultando la base de datos elaborada por el municipio de Ciudad Juárez. Para integrar este índice, el municipio usó la prevalencia y los tipos de servicios públicos disponibles (acceso a agua y electricidad, tipos de calles y otros servicios generales ofrecidos por el municipio) y el tipo de vivienda [3] y definió índices de nivel socioeconómico para las diferentes zonas de la ciudad.

Asignamos cinco niveles socioeconómicos distintos para determinar si modificaban el efecto de los contaminantes atmosféricos en la mortalidad. Posteriormente, los datos sobre mortalidad se estratificaron por grupos etarios (<1 mes, 1 mes a 1 año, 1 a 5 años, >5 años).

### *3.2.1.2 Información sobre morbilidad: datos sobre consultas de urgencia*

Nos pusimos en contacto con diferentes unidades de salud pertenecientes al Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), el sistema de atención médica más importante de México para los trabajadores, que representan aproximadamente 70% de la población total del país. Lo decidimos así porque esta institución tiene una población base definida, que corresponde a los trabajadores asignados a este sistema, y da un seguimiento sistemático a sus propios servicios.

En Ciudad Juárez hay 11 clínicas de medicina familiar del IMSS que refieren todas las consultas de urgencia a dos importantes hospitales de segundo nivel (#35 y #6 del IMSS). En estos hospitales obtuvimos información para los siguientes periodos:

Junio de 1997	a	diciembre de 1998 para ambos hospitales;
Marzo de 1999	a	septiembre de 1999 para el #35 del IMSS;
Noviembre de 1999	a	diciembre de 1999 para el #35 del IMSS;
Enero de 1999	a	noviembre de 1999 para el #6 del IMSS (excepto abril y agosto);
Mayo de 2000	a	diciembre de 2000 para el #35 del IMSS;
Enero de 2000	a	diciembre de 2000 para el #6 del IMSS;

Enero de 2001	a	diciembre de 2001 para el #35 del IMSS (excepto junio y julio);
Enero de 2001	a	noviembre de 2001 para el #6 del IMSS (excepto junio y julio).

Se reunió información de los hospitales 35 y 6 del IMSS (para diferentes periodos de junio de 1997 a diciembre de 2001). Sin embargo, como el IMSS no mantiene un respaldo electrónico por un periodo mayor a seis meses, no tuvimos acceso a parte de la información ya borrada del sistema, aunque logramos recuperar información de los registros escritos archivados.

Para elaborar la base de datos fue necesario el siguiente procedimiento:

1. Obtener la base de datos correspondiente a 1997-1998 usada anteriormente para la elaboración de una tesis de maestría en el INSP [3].
2. Revisar los archivos de respaldo del IMSS de 1999-2000.
3. Obtener datos recientes para cada unidad por medio del departamento de archivos clínicos.
4. Validar la información sobre morbilidad (consultas en las salas de urgencia).

Además, las consultas de urgencia relacionadas con afecciones respiratorias se estratificaron en consultas de urgencia por enfermedades de las vías respiratorias superiores, enfermedades de las vías respiratorias inferiores y asma, así como por grupos etarios (<1, 1 a 5 años y >5 años).

### **3.2.2 Elaboración de la base de datos sobre exposiciones**

#### *3.2.2.1 Fuentes de información sobre contaminación atmosférica*

La información sobre contaminación atmosférica se obtuvo por medio del sistema de redes de monitoreo de Ciudad Juárez. Este sistema cuenta con cinco estaciones de monitoreo fijas distribuidas en toda la ciudad. La calidad de esta información se audita de acuerdo con el programa nacional instrumentado por el Instituto Nacional de Ecología (INE). Todas las estaciones miden el nivel diario de  $PM_{10}$  cada seis días y tres estaciones se encargan de medir el ozono. También se obtuvieron variables climatológicas y meteorológicas (temperatura, humedad relativa y dirección del viento).

Asimismo se consiguió información sobre contaminación atmosférica en cuatro estaciones de monitoreo ubicadas en El Paso, cerca de la frontera entre México y Estado Unidos. Dos de ellas miden el nivel de  $PM_{10}$  diariamente y una, el ozono, el  $NO_2$ , el  $SO_2$  y la temperatura.

Como los niveles de  $PM_{10}$  sólo se miden cada seis días en Ciudad Juárez, usamos un promedio diario de niveles de  $PM_{10}$  para toda la capa atmosférica de El Paso y Ciudad Juárez. Los análisis de correlación demuestran que hay importantes vínculos entre los datos de un monitor a otro ( $r = 0.72$ ). En la gráfica 1 se presenta un mapa de Ciudad Juárez con la ubicación de las estaciones de monitoreo y los hospitales del IMSS.

### 3.2.2.2 Preparación de las bases de datos

La información sobre contaminación atmosférica proporcionada por el Sistema Gubernamental de Redes de Monitoreo estaba en un formato que no permitía su uso inmediato para fines de análisis. Se obtuvieron conjuntos de datos sobre contaminación atmosférica correspondientes a  $PM_{10}$ , ozono, temperatura y humedad relativa. Se disponía de un total de 720 conjuntos de datos distintos, cuya coherencia y precisión fue verificada antes de proceder al análisis. Cuando se detectaron problemas con los niveles notificados (como números cercanos sin separación), la información se verificaba y corregía si era necesario. Después transformamos las bases de datos originales a fin de generar conjuntos de datos para cada contaminante y variables meteorológicas por año (1997, 1998, 1999, 2000 y 2001).

Calculamos los índices de exposición por cada contaminante, entre otros, el promedio de 24 horas para  $PM_{10}$ , el promedio móvil máximo de ocho horas y el nivel máximo de una hora de ozono, promedios anuales tanto de  $PM_{10}$  como de ozono y temperatura mínima y máxima y humedad relativa diarias y anuales. Finalmente los conjuntos de datos se usaron en el formato de Stata [4].

### 3.2.3 Análisis estadísticos

Se llevó a cabo un análisis descriptivo para los datos sobre contaminación atmosférica, variables climatológicas y salud mediante gráficas de series cronológicas y distribución de frecuencia de los datos primarios para fines de control de calidad. Esto también permitía verificar la presencia de valores distantes extremos o datos faltantes y cambios repentinos en la variación diaria de las series, todo lo cual es indicio de posibles errores.

#### 3.2.3.1 Mortalidad

Elaboramos un modelo de los efectos agudos de la contaminación atmosférica en la mortalidad diaria como función de los niveles de contaminación en el mismo día y los días anteriores y de acuerdo con niveles promedio de contaminantes atmosféricos 3, 5 y 7 días antes de la fecha de defunción. Aplicamos un método bidireccional de casos cruzados. El diseño de casos cruzados permite controlar muchos factores de confusión variables con el tiempo al crear conjuntos de riesgos separados únicamente por pequeños intervalos de tiempo. Los factores que varían en una escala cronológica mayor, como un año o una estación, o la exposición como fumadores pasivos, son los mismos. Los factores meteorológicos, como la temperatura, pueden covariar en la misma escala cronológica que la contaminación atmosférica, por lo que deben considerarse en el análisis. Sin embargo, como el periodo de referencia es tan cercano a los periodos de los casos, la variación en el clima es menor que en el análisis de series cronológicas y, por consiguiente, más fácil de incluir en un modelo [5].

Los niveles de contaminación atmosférica en las fechas de defunción se compararon con los niveles en otras semanas, pero tomando el mismo día de la semana de la defunción, y se definieron conjuntos de riesgos (un caso y ocho días de control). Por ejemplo, si la defunción ocurrió un lunes, el lunes anterior y los cuatro lunes siguientes se seleccionaron como días de control [6]. La hipótesis básica era que la contaminación atmosférica el día de la defunción sería mayor que en las fechas de control. Escogimos días cercanos a la fecha de defunción para asegurar que la estación y el día de la semana estuvieran bajo control y usamos periodos de control antes y después del evento para asegurar el control de las tendencias temporales [6]. El

método de casos cruzados evita toda confusión relacionada con las características fijas del individuo, pues una persona es su propio control. Las variables relacionadas con el individuo podrían actuar como modificadores de efectos, que evaluamos mediante análisis estratificado y determinamos probando la significación del periodo de interacción en la regresión logística condicional.

Calculamos la relación de la mortalidad por causas respiratorias con los niveles de contaminación atmosférica mediante el uso de modelos de regresión logística condicional con un ajuste posterior para el año del estudio y el tiempo. Consideramos improbable que las muertes ocurridas entre el nacimiento y un mes de edad se relacionaran con la exposición a la contaminación atmosférica y, en consecuencia, incluimos los siguientes grupos etarios en el análisis: un mes a un año, un año a cinco años y mayores de cinco años. Después, estratificamos los datos de acuerdo con el índice de marginalidad a fin de determinar la presencia de modificación de efectos y un periodo de interacción entre las variables de nivel socioeconómico y contaminación atmosférica para probar la significación. Después de su estratificación por grupos etarios, los datos se volvieron a analizar. Los coeficientes de los modelos de regresión logística se sometieron a un manejo exponencial para calcular el aumento porcentual de riesgo de muerte relacionado con un aumento de 20 ppmm en los niveles ambientales de ozono (máximos de una hora y de promedio móvil de ocho horas) y de  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en los niveles ambientales de  $\text{PM}_{10}$  (promedio de 24 horas).

### 3.2.3.1 Morbilidad

Mediante la regresión de Poisson se elaboró un modelo del número diario de consultas de urgencia por causas respiratorias en relación con los niveles de contaminación atmosférica e incluimos como referencia el número total de consultas de urgencia (por cualquier causa), de manera que por cada día hubo un modelo para consultas de urgencia proporcionadas por causas respiratorias respecto del número total de consultas de ese día. Esto permite hacer ajustes ante los posibles cambios en nuestra población base dada la significativa migración a Ciudad Juárez durante el periodo del estudio. Los datos se ajustaron en el Modelo Aditivo Generalizado (MAG), incluidas las funciones de ajuste para temperatura mínima y para humedad relativa y tiempo, usando un desfase igual a 0.01 [7]. También probamos con un desfase y número máximo de iteraciones distintos a los seleccionados por nuestro programa estadístico (S-Plus), pero los cálculos del efecto de la contaminación atmosférica en las consultas de urgencia permanecieron sin cambio. El MAG ofrece mayor flexibilidad para elaborar un modelo de contaminación atmosférica que las opciones totalmente paramétricas y se ha usado ampliamente en los análisis por series cronológicas de la relación entre la contaminación atmosférica y la salud. El MAG amplía los modelos lineales generalizados tradicionales al reemplazar las variables predictivas lineales de la forma  $\eta = \sum_j \beta_j \chi_j$  con  $\eta = \sum_j f_j(\chi_j)$ , donde  $f_j(\chi_j)$  son funciones no paramétricas y no especificadas. A diferencia de los modelos de regresión lineales, que se ajustan usando cuadrados mínimos ponderados y tienen una solución exacta, el procedimiento de cálculo del MAG requiere aproximaciones iterativas para lograr cálculos óptimos [7]. Además de las funciones de ajuste no paramétricas para temperatura, humedad y tiempo, nuestro modelo se ajustaba por día de la semana y días del fin de semana, así como estación y año del estudio (véase la gráfica 2 para un ejemplo de la varianza residual de nuestros MAG).

Primero evaluamos los efectos de cada contaminante, ozono y  $PM_{10}$ , con un desfase de uno a cuatro días y una exposición acumulativa (calculada como el promedio durante varios días) de tres, cinco y siete días antes del evento. Después evaluamos el efecto de dos contaminantes, ozono y  $PM_{10}$ , en el mismo modelo. Para los análisis se usaron como variables de resultados: total de consultas de urgencia relacionadas con causas respiratorias y separadamente para consultas de urgencia por enfermedades de las vías respiratorias superiores, enfermedades de las vías respiratorias inferiores y asma. El análisis también se estratificó por grupo etario (<1 año, 1 a 5 años y >5 a 16 años). Como no teníamos información sobre las clínicas de salud primarias a las que estaban asignados los niños, usamos los estratos de nivel socioeconómico de la zona donde se ubicaban los hospitales del IMSS e hicimos un análisis estratificado por hospital a fin de determinar la presencia de heterogeneidad en los resultados.

## **4 Resultados**

### **4.1 Resultados descriptivos**

#### ***4.1.1 Información sobre mortalidad***

La información sobre mortalidad se muestra en los cuadros 1 a 3 por año de defunción, grupo etario, sexo y causa de la defunción. La mortalidad más alta se observó en niños de un mes o menores. Veinte por ciento del número total de defunciones se registró en niños de un mes a un año de edad. La proporción de defunciones fue similar tanto en hombres como en mujeres. Más de la mitad de la población fallecida (64.4%) era menor de un mes a la fecha de la muerte y 81% de las muertes se relacionaban con una causa respiratoria. En los niños entre un mes y un año de edad, 33.2% de las defunciones se relacionaban con una causa respiratoria. Esta proporción fue de 10% entre los niños mayores (>5 años). Se observó una mayor mortalidad en los niños de nivel socioeconómico bajo y medio-bajo, en comparación con el nivel socioeconómico alto y medio-alto (cuadro 4).

#### ***4.1.2 Información sobre morbilidad***

En los cuadros 5 a 7 se presenta información sobre las consultas en a la sala de urgencias de niños menores de cinco años. Se observó un total de 78,330 consultas de urgencia en el periodo de cinco años, 57% de las cuales se relacionaba con causas respiratorias. En el cuadro 5 se muestran las consultas de urgencia por causa y el diagnóstico específico. La causa más importante de las consultas de urgencia fue la infección de las vías respiratorias superiores, con un porcentaje de 24.2%. Las infecciones de las vías respiratorias inferiores fueron más frecuentes en los grupos de edad más jóvenes (0 a 5 años), presentes entre 37% (de niños <1 año) y 29.5% (de niños entre 1 y 5 años) (cuadro 7).

#### ***4.1.3 Contaminantes atmosféricos y variables climatológicas***

En los cuadros 8 a 10 se presentan los datos descriptivos de los niveles ambientales de  $PM_{10}$  durante el periodo del estudio en Ciudad Juárez y El Paso. Observamos un aumento en el promedio de 24 horas de  $PM_{10}$  entre 1997 y 2001 en todas las estaciones de monitoreo de Ciudad Juárez, excepto en la estación de Pesta. Los mayores aumentos se observaron en las estaciones M63 y M64, con promedios anuales muy superiores a la norma de  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (cuadro 8). Estas

dos estaciones de monitoreo se ubican en el sur de Ciudad Juárez, cerca de vialidades con un tráfico intenso y tal vez no representen la exposición de los niños que acuden a los hospitales del IMSS ubicados en el norte de la ciudad, dado que la dirección dominante del viento en la ciudad es desde el noroeste. Las otras tres estaciones (M61, 62 y 66) tal vez ofrezcan un mejor cálculo. En el cuadro 9 se presentan los niveles ambientales de  $PM_{10}$  en El Paso. No se observó ningún cambio sustancial durante el periodo del estudio. En el cuadro 10 se indican los niveles promedio anuales de  $PM_{10}$  en la capa atmosférica de Ciudad Juárez y El Paso. Los niveles de  $PM_{10}$  rebasaron la norma sólo en unas cuantas ocasiones. Las estadísticas descriptivas muestran que los promedios anuales de niveles de  $PM_{10}$  fueron mayores en Ciudad Juárez que en El Paso.

Los datos sobre ozono se obtuvieron en tres estaciones de monitoreo en Ciudad Juárez y los niveles se distribuyeron uniformemente en toda la ciudad. Los niveles de ozono rebasaron la norma sólo en unas cuantas ocasiones (cuadro 11). En los cuadros 12 y 13 se presenta el promedio anual de temperatura mínima y humedad relativa durante el periodo del estudio. El ozono se relacionó positivamente con la temperatura mínima ( $r = 0.46$ ), mientras que el nivel de  $PM_{10}$  no se relacionó con la temperatura. El nivel de ozono y de  $PM_{10}$  no se relacionaron ( $r = 0.01$ ).

## **4.2 Relaciones entre los contaminantes atmosféricos y la salud**

En las gráficas 3 a 5 se muestran las series cronológicas para morbilidad, niveles de contaminantes atmosféricos y temperatura mínima durante el periodo de estudio (1997-2001). La serie cronológica sobre morbilidad indica la presencia de un componente estacional, mientras que el conteo diario de defunciones tiene muchos puntos de datos iguales a cero. Por otro lado, sólo hubo un día en el que se notificaron seis casos de fallecimiento infantil por una enfermedad respiratoria como causa.

### **4.2.1 Mortalidad**

#### *4.2.1.1 Efectos del ozono en la salud*

Los niveles ambientales de ozono no tuvieron relación con la mortalidad por causas respiratorias de nuestra población. Aunque exploramos diferentes desfases y niveles de ozono durante varios días antes del fallecimiento aplicando el método cruzado, no observamos ninguna relación (cuadro 14). Como en nuestra población el número de fallecimientos por causas respiratorias fue reducido, sólo pudimos calcular el impacto del ozono en todos los niños y en lactantes de 0 a un año (cuadro 16) y en los de un mes a un año (cuadro 17). Los niveles ambientales de ozono no se relacionaron con la mortalidad total. Sin embargo, para algunos cálculos de exposición al ozono, se observó una relación negativa entre el ozono y la mortalidad por causas respiratorias. Es improbable que esto represente un efecto real y tal vez indique que el ozono se podría correlacionar con un factor protector desconocido en lo que respecta a la mortalidad. En los modelos de contaminantes múltiples, que incluyen tanto  $PM_{10}$  como ozono, ninguno de los contaminantes se relacionó con la mortalidad. Cuando los datos se estratificaron de acuerdo con nuestro índice de nivel socioeconómico, los resultados fueron en esencia nulos. No se observó ninguna relación en ningún grupo de edad (cuadros 18 y 19).

#### 4.2.1.2 Efecto de las $PM_{10}$ en la salud

Los niveles ambientales de  $PM_{10}$  no se relacionaron con el riesgo de morir por causas respiratorias en ninguno de los grupos etarios. Aunque exploramos, mediante la aplicación del método cruzado, diferentes desfases y niveles de  $PM_{10}$  durante varios días antes del fallecimiento, no observamos ninguna relación (cuadro 15). Entre los lactantes observamos un aumento en la mortalidad total relacionado con un promedio acumulativo de cinco días de  $PM_{10}$  (cuadro 17). Cuando los datos se estratificaron por índice de marginalidad, también se observó un aumento en la mortalidad por causas respiratorias en el grupo de nivel socioeconómico más bajo [El índice de marginalidad alto corresponde al nivel socioeconómico más bajo (cuadros 20 y 21)]. En lactantes de un mes a un año de edad, un aumento de  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en el promedio de 24 horas de  $PM_{10}$  el día anterior se relacionó con un aumento de 62% en la mortalidad por causas respiratorias (IC 95%, 10% a 140%). Cuando se observó un aumento de  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en los dos días anteriores, el riesgo de muerte se incrementaba 82% (IC 95%, 1% a 228%). Estos resultados fueron similares en los modelos de contaminantes múltiples que incluían ozono y  $PM_{10}$ . Sin embargo, estos resultados sólo se basaron en 41 defunciones.

### 4.2.2 Morbilidad

#### 4.2.2.1 Efectos del ozono en la salud

En el cuadro 22 se presenta la relación entre los niveles ambientales de ozono (máximo diario de una hora y máximo del promedio móvil diario de ocho horas) y las consultas de urgencia por causas respiratorias para todos los niños (0 a 16 años). Se presentan los resultados de tres desfases (1, 2, 3) y niveles promedio de ozono tres, cinco y siete días antes de la consulta. Los coeficientes se multiplicaron por 20 ppmm, correspondientes al intervalo entre cuartiles de los niveles de ozono durante el estudio.

Para ambos índices de exposición al ozono, este elemento se relacionó con el riesgo de consultas de urgencia por causas respiratorias, observándose un mayor efecto en el desfase de tres días (5.1% IC 95%, 2.1% a 8.5% para un aumento de 20 ppmm en un máximo de una hora). Considerando la exposición durante varios días, el mayor efecto se observó con un aumento de 20 ppmm en niveles máximos de ozono de una hora durante siete días (15% IC 95%, 6.4% a 24%). Se observaron resultados similares cuando se consideraron diagnósticos específicos para infecciones de las vías respiratorias superiores. No observamos un efecto significativo de los niveles ambientales de ozono en el riesgo de contraer enfermedades de las vías respiratorias inferiores. En cambio, los niveles ambientales de ozono se relacionaron con las consultas de urgencia por asma. El mayor efecto se observó para un día de desfase (aumento de riesgo de 8.3% IC 95%, 3.8% a 13.1%) y con un aumento de los niveles de ozono durante varios días (aumento de 27.1% IC 95%, 15.3% a 40.2% para un aumento de 20 ppmm en un máximo de una hora durante siete días antes de la consulta).

Estos resultados se obtuvieron con modelos MAG en los que se incluyó el nivel de ozono sin ajuste. Cuando elaboramos un modelo con la inclusión de una función de ajuste para el ozono (así como para temperatura y humedad relativa), observamos que la relación entre los niveles ambientales de ozono y las consultas de urgencia era casi lineal entre “x” y “y” y que la pendiente tendía a nivelarse en un límite de aproximadamente 130 ppmm, lo cual indica que para

extrapolar el efecto deben considerarse cuando menos dos coeficientes distintos dependiendo de los niveles de ozono ambiental.

En el cuadro 23 se presentan los resultados de la relación entre los niveles ambientales de ozono y las consultas de urgencia por causas respiratorias en niños de cinco años o menores. En lo que respecta a la muestra total de niños, los niveles de ozono se relacionaron con el total de consultas de urgencia por causas respiratorias, por infección de las vías respiratorias superiores y asma. Sin embargo, el aumento de riesgo para niños de cinco años o menores fue mayor que en la muestra total, de lo cual se deduce que este grupo de niños podría ser más susceptible al impacto del ozono. Además, hubo ciertos indicios de que los niveles ambientales de ozono se relacionaban positivamente con las infecciones de las vías respiratorias inferiores. Observamos que un incremento de 20 ppmm en el promedio móvil máximo de ocho horas cuatro días antes de la consulta estaba relacionado con un aumento de 12.7% en el riesgo de infecciones de las vías respiratorias inferiores (IC 95%, 4.2% a 21.9%). Si consideramos un incremento de 20 ppmm en un máximo de una hora diaria durante cinco días antes de la visita, el riesgo era de 15% (IC 95%, 2.3% a 29.4%).

En el cuadro 24 se presentan los resultados de la relación entre los niveles ambientales de ozono y las consultas de urgencia por causas respiratorias en niños entre seis y 16 años de edad. En este grupo de edad, los resultados fueron muy similares a los observados en la muestra total. Los niveles ambientales de ozono se relacionaron significativamente con las consultas de urgencia por infecciones de las vías respiratorias superiores y asma. Asimismo, el mayor efecto observado en este grupo de edad fue con un día de desfase. Un aumento de 20 ppmm en el nivel máximo de ozono diario en una hora se relacionó con un aumento de 17.4% (IC 95%, 8.5% a 26.9%) en el riesgo de consulta de urgencia por asma y un aumento de 20 ppmm en el promedio móvil máximo de ocho horas se relacionó con un incremento de 34.4% (IC 95%, 14.9% a 57.3%). Un aumento en los niveles de ozono durante varios días también se relacionó con un aumento en las consultas de urgencia por asma (aumento de 37.7%, IC 95%, 13.2% a 67.5% para un aumento de 20 ppmm del nivel de ozono diario máximo en una hora durante siete días antes de la visita).

#### *4.2.2.2 Efecto de las $PM_{10}$ en la salud*

En los cuadros 25 a 27 se presentan los resultados de la asociación entre los niveles ambientales de  $PM_{10}$  y las consultas de urgencia por causas respiratorias en todos los niños. Los riesgos relativos se presentan para un aumento de  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en el promedio de 24 horas de  $PM_{10}$ , que corresponde al intervalo entre cuartiles durante el periodo del estudio. No observamos una relación significativa entre los niveles ambientales de  $PM_{10}$  y las consultas de urgencia por causas respiratorias, globalmente o después de estratificar por tipo de afección respiratoria. Se observaron resultados similares entre niños de cinco años y menores y niños de seis a 16 años de edad. Inesperadamente, entre los niños más pequeños, los niveles promedio de  $PM_{10}$  durante varios días se relacionaron negativamente con el riesgo de infecciones de las vías respiratorias inferiores.

## **5 Análisis**

En este estudio, que abarca un periodo de cinco años (1997-2001), observamos relaciones significativas entre los niveles ambientales de ozono y las consultas de urgencia por causas respiratorias. Estas relaciones existían en el caso de infecciones de vías respiratorias superiores y

asma en todos los grupos de edad. Sin embargo, en niños de cinco años o menores, la exposición al ozono también se relacionó con las infecciones de vías respiratorias inferiores con un desfase de cuatro días. No se observó ninguna relación con los niveles ambientales de PM<sub>10</sub>.

Los contaminantes del aire no se relacionaron con las defunciones por causas respiratorias en nuestra población. Sin embargo, hubo algunos indicios de que los niveles ambientales de PM<sub>10</sub> podrían aumentar el riesgo de mortalidad por causas respiratorias en lactantes (>1 mes a 1 año) de niveles socioeconómicos más bajos.

Nuestros resultados son congruentes con los de un estudio anterior realizado en Ciudad Juárez en 1997-1998 [3]. No obstante, nuestro estudio incluyó un periodo de cinco años y, por consiguiente, ofrece mayores posibilidades de detectar una relación. Además logramos estratificar los análisis por grupos etarios e identificar un efecto de la exposición al ozono en las infecciones de las vías respiratorias inferiores en los niños más pequeños ( $\leq 5$  años). Pocos estudios, examinados recientemente [8], se han centrado en el impacto de la contaminación atmosférica y las consultas de urgencia por causas respiratorias en niños. En un estudio realizado en la Ciudad de México, Téllez-Rojo *et al.* señalaron un aumento de 9.9% (IC 95%, 7.0-12.9) en las consultas de urgencia por infecciones de las vías respiratorias superiores en los meses de invierno, para un aumento de 50 ppmm en el nivel máximo de ozono en una hora [9]. En un estudio llevado a cabo en Santiago, Chile, Ilabaca *et al.* señalaron un aumento en el riesgo de contraer infecciones de las vías respiratorias inferiores en la población infantil de 0 a 14 años relacionado con PM<sub>10</sub> y PM<sub>2.5</sub> [10]. También se observó una relación en otros contaminantes, en particular el ozono en el verano. Sin embargo, en ese estudio los niveles de PM<sub>10</sub> fueron varias veces superiores a los observados en el nuestro, mientras que el nivel de ozono en los meses de verano fue muy similar en ambos. En un estudio efectuado en São Paulo, Brasil, Gouveia *et al.* indicaron un aumento de 7.6% en el riesgo de hospitalización por enfermedades respiratorias relacionado con un aumento de 60 ppmm en los niveles ambientales de ozono (promedio de 24 horas), mientras que se observó un efecto significativo del nivel de PM<sub>10</sub> en el riesgo de hospitalización por neumonía entre niños menores de un año [11]. Los niveles de ozono fueron similares a los observados en nuestro estudio, mientras que los niveles de PM<sub>10</sub> fueron considerablemente mayores. En un estudio llevado a cabo en Ontario, Canadá, Burnett *et al.* señalaron un aumento de 19.1% en las hospitalizaciones por infecciones de las vías respiratorias en niños de 0 a un año y de 4.4% en sujetos de dos a 34 años de edad con un aumento de 50 ppmm de ozono (máximo de una hora) y 5.3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de sulfato (promedio diario) [12]. Más recientemente, en una serie cronológica de 14 años (1980-1994), estos autores observaron un aumento de 35% en las hospitalizaciones por problemas respiratorios en niños menores de dos años relacionado con un aumento de 45 ppmm en el promedio móvil de cinco días de las concentraciones máximas de ozono en una hora [13]. En un estudio realizado en 25 hospitales de Montreal, Canadá, Delfino *et al.* indicaron un aumento de 21% (CI 95%, 8 a 34%) en las consultas de urgencias por causas respiratorias en pacientes mayores de 64 años relacionado con un aumento en el nivel medio de concentración máxima de ozono en una hora (36 ppmm). Entre los niños menores de dos años se observó un aumento de 5% para un aumento de 4.0 nml H<sup>+</sup> [14]. Con base en estos resultados y resultados obtenidos en nuestro estudio, queda claro que los niveles ambientales de ozono representan una amenaza para la salud respiratoria de los niños. La norma de ozono vigente en México es un máximo de 110 ppmm en una hora; sin embargo, esta norma sólo se rebasó en 14 días durante el periodo de estudio. Esto indica que niveles de

ozono más bajos afectan la salud respiratoria de los niños, por lo que deben tomarse medidas para reducirlos.

No observamos un impacto importante de los niveles de PM<sub>10</sub> en las consultas de urgencia por causas respiratorias en nuestra población. No obstante, los niveles de PM<sub>10</sub> se han relacionado con un aumento en las consultas de urgencia y hospitalizaciones, sobre todo en la población de edad avanzada con antecedentes de problemas cardiovasculares (15) y en algunos estudios se ha observado un efecto en la población infantil (8), ninguno en los niveles de PM<sub>10</sub> observados en nuestro estudio.

En general, ninguno de los contaminantes se relacionó con un aumento en el riesgo de mortalidad. Sin embargo, al considerar grupos específicos, observamos un efecto adverso de las PM<sub>10</sub> en lactantes de niveles socioeconómicos bajos, lo que corresponde aproximadamente a un aumento en la mortalidad de 2.5% con un aumento de 10 µg/m<sup>3</sup> en los dos días anteriores al fallecimiento. En muchos estudios se ha señalado una relación entre las partículas sólidas y la mortalidad [15-17]. En metanálisis recientes, Stieb *et al.* ofrecen una síntesis sistemática general de los estudios por series cronológicas diarias de la contaminación atmosférica y la mortalidad en todo el mundo, que indican un aumento de 2.0% por 31.3 µg/m<sup>3</sup> en PM<sub>10</sub>. Aunque también se observó un efecto importante para los niveles ambientales de ozono, no persistió en los modelos de contaminantes múltiples [18]. Sin embargo, la mayoría de los estudios se centraron en la población adulta y de edad avanzada. En muy pocos estudios se ha observado una relación mayor entre contaminantes atmosféricos y mortalidad infantil y el cálculo general de estos estudios confirma un efecto no significativo [8]. Loomis *et al.* señaló una fuerte relación entre la mortalidad de lactantes y los niveles ambientales de PM<sub>10</sub>. Un aumento de 10 µg/m<sup>3</sup> en los niveles ambientales de PM<sub>10</sub> durante tres días se relacionó con un aumento de 6.9% en la mortalidad de lactantes con un desfase de tres días. La mortalidad de lactantes también se relacionó con el ozono y el NO<sub>2</sub>, pero no de manera tan constante como con las partículas [19]. En el estudio de Loomis *et al.*, los niveles ambientales de PM<sub>10</sub> y de ozono rebasaron con creces los observados en nuestro estudio. Gouveia *et al.* [20] también informaron sobre un mayor riesgo de mortalidad por neumonía en niños menores de cinco años relacionado con los niveles de PM<sub>10</sub> y ozono, pero ninguno de estos cálculos era estadísticamente significativo. En este estudio, el nivel de PM<sub>10</sub> se relacionó con un aumento en la mortalidad de la población de edad avanzada y se observó un mayor efecto entre sujetos de niveles socioeconómicos más altos. Sin embargo, en ninguno de estos estudios se ha abordado el efecto modificador potencial del nivel socioeconómico en la mortalidad de lactantes. Nuestro índice de niveles socioeconómicos, basada en el acceso a servicios urbanos, ofrece una clasificación razonable de las condiciones de vida de los lactantes. Cuando consideramos a lactantes en condiciones de vida más precarias, excepto los menores de un mes, dado que la mayoría de los fallecimientos en el periodo perinatal muy probablemente se relacionen con resultados adversos del embarazo o el parto, observamos un mayor riesgo de mortalidad. Lo anterior indica que estos niños son más susceptibles a los efectos adversos de las partículas sólidas por la exposición a otros factores ambientales que pueden disminuir su respuesta inmunológica, como las carencias de micronutrientes y las enfermedades concurrentes.

Es necesario analizar varios aspectos para interpretar nuestros resultados. Las partículas sólidas (PM<sub>10</sub>) sólo se midieron cada seis días en Ciudad Juárez. Por esta razón también utilizamos información de El Paso, Texas, a fin de obtener los niveles diarios de PM<sub>10</sub>. Si embargo, la

correlación entre los niveles de  $PM_{10}$  de Ciudad Juárez y El Paso era alta ( $r = 0.72$ ). No pudimos obtener un conjunto de datos completo de las consultas de urgencia para todo el periodo de cinco años, como ya mencionamos, pero no es probable que hubiéramos obtenido resultados distintos si los datos de estos meses faltantes se hubieran incluido en el análisis. Además, algunos de los registros no tenían información sobre la fecha de la consulta y no se podían incluir en el análisis. También es improbable que esta información faltante sea más o menos común para las consultas de urgencia por causas respiratorias que para otro tipo de consultas de urgencia. También es importante mencionar que las poblaciones infantiles que abordamos en nuestros estudios de morbilidad y mortalidad no son totalmente comparables. En el estudio sobre morbilidad incluimos niños con acceso al sistema de atención médica del IMSS (seguro social de los trabajadores) debido a la disponibilidad de los archivos clínicos. En el estudio sobre mortalidad se incluyeron todas las defunciones de Ciudad Juárez, por lo que se cubrió un espectro socioeconómico más amplio, en particular se consideraron niños con la cobertura asistencial de la Secretaría de Salud (Ssa) que se ofrece a los más pobres. Esto podría explicar en parte cierta incongruencia entre los resultados sobre morbilidad y mortalidad. Las partículas parecen tener un efecto adverso, en particular en niños que ya son susceptibles y tienen un mayor riesgo de otras exposiciones ambientales, mientras que el ozono parece actuar como un irritante entre todos los niños, en particular entre los niños más pequeños y los que padecen asma.

## **6 Conclusión**

En este informe presentamos información sobre el impacto de los contaminantes atmosféricos en la salud respiratoria infantil de una ciudad, ubicada en la frontera entre México y Estados Unidos, representativa de muchas ciudades de esta frontera con una población en crecimiento y condiciones ambientales precarias y también puede serlo de otras poblaciones urbanas de México y otros países latinoamericanos. Además, los niveles de contaminantes atmosféricos observados en este estudio son comunes en muchas zonas urbanas de la región. Observamos un efecto adverso de los niveles ambientales de ozono en las consultas de urgencia por enfermedades respiratorias. La amplitud del riesgo es bastante importante y puede representar un costo sustancial para el sistema de salud y la sociedad en general. Por otro lado, entre la población más pobre, la exposición a partículas se relacionó con un aumento de la mortalidad de lactantes, lo que supone un impacto aún mayor en la sociedad.

México, como otros países en desarrollo, tiene una importante población infantil urbana que vive en la pobreza. Los niños, en particular los más pequeños, son un sector de la población susceptible a las amenazas ambientales por su comportamiento y su reducida capacidad para metabolizar sustancias tóxicas [21]. Además de su vulnerabilidad fisiológica, muchos niños de América Latina sufren una gran vulnerabilidad social relacionada con la pobreza, la desnutrición y el medio ambiente desfavorable, que aumentan tanto su exposición como su susceptibilidad a los efectos de los contaminantes [22]. Por tanto, nuestros resultados destacan la necesidad de instrumentar acciones rentables para controlar los problemas de contaminación atmosférica y evitar que empeore la situación actual. Queda claro que necesitamos la participación y determinación de los gobiernos y la sociedad civil en su conjunto, en los ámbitos regional, nacional y local.

## Referencias

1. Romieu, I. 1999. Epidemiological studies of health effects arising from motor vehicle air pollution. In Urban traffic Pollution. Schwela D y Zali O, comps. E&FN SPON, Londres.
2. Semarnap, SSA, Gobierno del Estado de Chihuahua, Gobierno Municipal de Juárez. 1998. Programa de Gestión de la Calidad del Aire de Ciudad Juárez, 1998-2002. México.
3. Hernández-Cadena, L., Téllez-Rojo, M.M., Sanín-Aguirre, L.H., Lacasaña-Navarro, M., Campos A., Romieu I. 2000. Relación entre consultas a urgencias por enfermedad respiratoria y contaminación atmosférica en Ciudad Juárez. *Salud Pública de México* 42: 288-297.
4. Statacorp. 2001. Stata statistical software: Release 7.0 College Station, Texas.
5. Sunyer, J., Schwartz, J., Tobias, A., Macfarne, D., Garcia, J., Anto, J. 2000. Patients with chronic obstructive pulmonary disease are at increased risk of death associated with urban particle air pollution: A case cross-over analysis. *Am J Epidemiol* 151: 50-6.
6. Levy, D., Lumley, T., Sheppard, L., Kaufman, J., Checkoway, H. 2001. Refrent selection in case-crossover analyses of acute health effects of air pollution. *Epidemiology* 12: 186-192.
7. Dominici, F., McDermott, A., Zeger, S.L., Samet, J.M. 2002. On the use of generalized models in time-series studies of air pollution and health. *Am J Epidemiol* 156: 193-203.
8. Romieu, I., Samet, J.M., Smith, K.R., Bruce, N. 2002. Outdoor air pollution and acute respiratory infections among children in developing countries. *J Occup Environ Med* 44: 640-49.
9. Téllez-Rojo, M.M., Romieu, I., Pena, M.P., Ruiz-Velasco, S., Meneses-González, F., Hernández-Avila, M. 1997. Efecto de la contaminación ambiental sobre las consultas por infecciones respiratorias en niños de la Ciudad de México. *Salud Pública Mex* 39: 513-522.
10. Ilabaca, M., Olaeta, I., Campos, E., Villaire, J., Téllez-Rojo, M.M., Romieu, I. 1999. Association between levels of fine particulate and emergency visits for pneumonia and other respiratory illness among children in Santiago, Chile. *J Air Waste Manage Assoc* 49: 154-163.
11. Gouveia, N., Fletcher, T. 2000. Respiratory diseases in children and outdoor air pollution in Sao Paulo, Brazil: a time series analysis. *Occup Environ Med* 57: 477-483.
12. Burnett, R.T., Dales, R.E., Raizenne, M.E. *et al.* 1994. Effects of low ambient levels of ozone and sulfates on the frequency of respiratory admissions to Ontario hospitals. *Environ Res* 65(2): 172-94.
13. Burnett, R.T., Smith-Doiron, M., Stieb, D., Raizenne, M.E., Brook, J.R., Dales, R.E., Leech, J.A., Cakmak, S., Krewski, D. 2001. Association between ozone and hospitalization for acute respiratory diseases in children less than 2 years of age. *Am J Epidemiol* 153(5): 444-52.
14. Delfino, R.J., Murphy-Moulton, A.M., Burnett, R.T. *et al.* 1997. Effects of air pollution on emergency room visits for respiratory illnesses in Montreal, Quebec. *Am J Resp Crit Care Med* 155: 568-76.
15. Pope III, C.A., Dockery, D. 1999. Epidemiology of particle effects. In: Air pollution and Health, Holgate, S.T., Samet, J.M., Koren, H.S., Maynard, R.L., comps. 671-705.

16. Samet, J.M., Zeger, S.L., Dominici, F., Curriero, F., Coursac, I., Dockery, D.W., Schwartz, J., Zanobetti, A. 2000. The National Morbidity, Mortality, and Air Pollution Study. Part II: Morbidity and mortality from air pollution in the United States. *Res Rep Health Eff Inst.* 94(Pt 2): 5-70; análisis 71-9.
17. Katsouyanni, K., Touloumi, G., Samoli, E., Gryparis, A., Le Tertre, A., Monopoli, Y., Rossi, G., Zmirou, D., Ballester, F., Boumghar, A., Anderson, H.R., Wojtyniak, B., Paldy, A., Braunstein, R., Pekkanen, J., Schindler, C., Schwartz, J. 2001. Confounding and effect modification in the short-term effects of ambient particles on total mortality: results from 29 European cities within the APHEA2 project. *Epidemiology* 12(5): 521-31.
18. Stieb, D.M., Judek, S., Burnett, R.T. 2002. Meta-analysis of time-series studies of air pollution and mortality: effects of gases and particles and the influence of cause of death, age, and season. *J Air Waste Manage Assoc.* 52(4): 470-84.
19. Loomis, D., Castillejos, M., Gold, D.R. *et al.* 1999. Air pollution and infant mortality in Mexico City. *Epidemiology* 1999; 10: 118-23.
20. Gouveia, N., Fletcher, T. 2000. Time series analysis of air pollution and mortality: effects by cause, age and socioeconomic status. *J Epidemiol Community Health* 54: 750-55.
21. Landrigan, P.J., Carlson, J.E., Bearer, C. *et al.* 1998. Children's health and the environment: A new agenda for preventive research. *Environ Health Perspect* 106(3): 787-99.
22. Organización Panamericana de la Salud. La salud en las Américas. 1998. Vol 1. Washington, DC; OPS.

## Cuadros

**Cuadro 1. Mortalidad en niños residentes en Ciudad Juárez de 1997 a 2001, por año de defunción**

<b>Grupo etario</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>Total</b>
<=1 mes	415	397	471	438	435	2156
%	71.31	66.72	68.86	60.08	57.62	64.47
1 mes a 1 año	130	94	123	175	174	696
%	22.38	15.80	17.98	24.01	23.05	20.81
>1 a 5 años	36	41	31	42	44	194
%	6.20	6.89	4.53	5.76	5.83	5.80
>5 años	0	63	59	74	102	298
%	0.00	10.59	8.63	10.15	13.51	8.91
TOTAL	581	595	684	729	755	3344
%	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

**Cuadro 2. Mortalidad en niños residentes en Ciudad Juárez de 1997 a 2001, por sexo**

<b>Grupo etario</b>	<b>Hombres</b>	<b>Mujeres</b>	<b>Total</b>
<=1 mes	64.26	64.56	64.38
1 mes a 1 año	20.45	21.40	20.84
+1 a 5 años	5.41	6.26	5.76
>5 años	9.89	7.79	9.01

**Cuadro 3. Mortalidad en niños residentes en Ciudad Juárez de 1997 a 2001, por causa de defunción**

<b>Grupo etario</b>	<b>Enfermedad respiratoria</b>	<b>Otras</b>	<b>Total</b>
<=1 mes	1195	961	2156
%	81.02	51.42	64.48
1 mes a 1 año	231	465	696
%	15.66	24.88	20.81
>1 a 5 años	26	168	194
%	1.76	8.99	5.80
>5 años	23	275	298
%	1.56	14.71	8.91
TOTAL	1475	1869	3344
%	100.00	100.00	100.00

**Cuadro 4. Mortalidad en niños residentes en Ciudad Juárez de 1997 a 2000, por índice de marginalidad\***

<b>Grupo etario</b>	<b>Bajo</b>	<b>Medio</b>	<b>Alto</b>	<b>Total</b>
<=1 mes %	682 (71.94)	792 (70.95)	140 (66.04)	1614 (70.91)
1 mes a 1 año %	159 (16.77)	210 (18.82)	41 (19.34)	410 (18.01)
>1 a 5 años %	43 (4.54)	45 (4.03)	18 (8.49)	106 (4.66)
>5 años %	64 (6.75)	69 (6.18)	13 (6.13)	146 (6.41)
<b>TOTAL</b> %	<b>948</b> <b>(100.00)</b>	<b>1116</b> <b>(100.00)</b>	<b>212</b> <b>(100.00)</b>	<b>2276</b> <b>(100.00)</b>

\* Algunos certificados de defunción no incluían el distrito donde ocurrió la defunción, de modo que no se pudo definir el índice de marginalidad. El índice de marginalidad alto corresponde al nivel socioeconómico bajo.

**Cuadro 5. Consultas de urgencia por enfermedades respiratorias y otras causas en los hospitales 6 y 35 del IMSS, 1997-2001, Ciudad Juárez**

<b>Causa</b>	<b>n</b>	<b>%</b>
Enfermedades resp.	44699	57.06
Otras	33631	42.94
<b>Total</b>	<b>78330</b>	<b>100.00</b>

**Cuadro 6. Consultas de urgencia por enfermedades respiratorias, por tipo de diagnóstico en los hospitales 6 y 35 del IMSS, 1997-2001, Ciudad Juárez**

Diagnóstico	n	%
Nasofaringitis aguda	7841	17.54
Sinusitis aguda	7	0.02
Faringitis aguda	7184	16.07
Laringitis y traqueitis	2611	5.84
Infección de las vías respiratorias superiores	10818	24.20
Bronquitis y bronquiolitis	9077	20.31
Neumonía	2371	5.30
Asma	4790	10.72
<b>TOTAL</b>	<b>44699</b>	<b>100.00</b>

**Cuadro 7. Consultas de urgencia por enfermedades respiratorias, por grupo etario y diagnóstico en los hospitales 6 y 35 del IMSS, 1997-2001, Ciudad Juárez**

Grupo etario	Infección de las vías respiratorias superiores	Infección de las vías respiratorias inferiores	Asma	Total
< 1 año	8578 (30.14)	5389 (47.07)	659 (13.76)	14626 (32.72)
1-5 años	13858 (48.69)	5219 (45.59)	2384 (49.77)	21461 (48.01)
> 5 años	6025 (21.17)	840 (7.34)	1747 (36.47)	8612 (19.27)
<b>Total</b>	<b>28461 (100.00)</b>	<b>11448 (100.00)</b>	<b>4790 (100.00)</b>	<b>44699 (100.00)</b>

**Cuadro 8. Promedio anual de los niveles de PM<sub>10</sub>, por estación de monitoreo y año del estudio (1997-2001), Ciudad Juárez**

Estaciones de monitoreo	Año				
	1997	1998	1999	2000	2001
<b>Advance (M64)</b>					
Media	89.66	71.25	99.89	106.73	108.37
Desv. est.	54.87	30.66	48.13	60.55	76.87
Mín.	12.70	16.40	23.94	16.02	17.86
Máx.	312.00	154.30	207.60	348.06	324.44
<b>Club 20/30 (M66)</b>					
Media	40.91	46.57	56.53	58.12	48.79
Desv. est.	28.14	27.79	32.49	52.16	28.06
Mín.	11.40	12.80	11.84	11.92	9.58
Máx.	154.00	171.50	184.31	362.51	148.00
<b>Pesta (M62)</b>					
Media	48.41	40.16	55.33	56.67	41.84
Desv. est.	32.70	18.35	31.45	54.77	21.81
Mín.	1.91	7.10	13.12	13.41	10.30
Máx.	188.00	114.30	196.25	382.65	102.23
<b>Tecno_1 (M61)</b>					
Media	30.66	37.73	49.69	41.37	39.88
Desv. est.	11.93	9.82	23.44	24.30	17.82
Mín.	9.46	26.70	16.63	8.63	11.64
Máx.	60.80	53.50	109.20	138.96	79.84
<b>Zenco (M63)</b>					
Media	69.59	59.72	76.74	88.74	97.38
Desv. est.	53.09	64.10	39.56	51.40	59.79
Mín.	13.70	10.10	18.08	22.79	13.97
Máx.	309.00	196.60	156.93	278.62	356.29
Número de días superiores a 150 µg/m <sup>3</sup>	1	0	5	1	6
Número de días superiores a 50 µg/m <sup>3</sup>	45	52	102	84	56

Desv. est. = Desviación estándar  
 Concentración de PM<sub>10</sub> en µg/m<sup>3</sup>

**Cuadro 9. Promedio anual de los niveles de PM<sub>10</sub>, por año del estudio (1997-2001) en El Paso, Texas**

PM <sub>10</sub>	Año				
	1997	1998	1999	2000	2001
Media	30.08	33.00	40.66	40.08	33.327
Desv. est.	17.86	15.51	27.85	19.47	23.08
Mín.	6.49	6.80	5.00	6.00	7.00
Máx.	149.00	120.60	213.00	145.50	182.00

Desv. est. = Desviación estándar  
 Concentración de PM<sub>10</sub> en µg/m<sup>3</sup>

**Cuadro 10. Promedio anual de los niveles de PM<sub>10</sub>, por año del estudio (1997-2001), de todas las estaciones de monitoreo (Ciudad Juárez y El Paso)**

PM <sub>10</sub>	Año				
	1997	1998	1999	2000	2001
Media	33.05	35.25	43.20	42.99	39.10
Desv. est.	20.67	17.32	29.31	22.52	28.71
Mín.	7.00	6.80	5.00	6.00	7.00
Máx.	172.13	132.80	213.00	157.08	197.21
Número de días sobre 150 µg/m <sup>3</sup>	1	0	5	1	6
Número de días sobre 50 µg/m <sup>3</sup>	45	52	102	84	56

Desv. est. = Desviación estándar  
 Concentración de PM<sub>10</sub> en µg/m<sup>3</sup>

**Cuadro 11. Promedio anual de ozono, por estación de monitoreo y año del estudio (1997-2001), Ciudad Juárez**

Estaciones de monitoreo	Año				
	1997	1998	1999	2000	2001
<b><i>Tecno_1 (M 61)</i></b>					
Media	27.05	31.76	30.40	30.12	32.60
Desv. est.	20.84	20.62	19.06	19.20	19.79
Mín.	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Máx.	138.00	186.00	288.00	131.00	126.00
<b><i>Advance (M 64)</i></b>					
Media	29.64	32.70	24.43	23.63	29.84
Desv. est.	16.70	18.80	19.11	16.99	15.40
Mín.	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Máx.	92.00	114.00	338.00	88.00	102.00
<b><i>Club 20/30 (M 66)</i></b>					
Media	23.44	25.73	30.61	30.40	31.11
Desv. est.	18.80	18.10	19.29	20.03	20.01
Mín.	1.00	1.00	4.00	1.00	1.00
Máx.	148.00	262.00	104.00	131.00	141.00
Número de días superiores a la norma (110 ppmm)	1	1	5	6	1

Desv. est. = Desviación estándar  
 Concentración de ozono en ppmm

**Cuadro 12. Promedio anual de temperatura mínima, por año del estudio (1997-2001), Ciudad Juárez**

Temperatura mínima	Año				
	1997	1998	1999	2000	2001
Media	18.77	14.43	15.08	15.97	15.82
Desv. est.	8.64	6.48	6.18	6.27	6.74
Mín.	-4.83	0	0	3.6	0.9
Máx.	31.99	26.4	28.1	29.1	26.4

**Cuadro 13. Promedio anual de humedad relativa, por año del estudio (1997-2001), Ciudad Juárez**

Humedad relativa	Año				
	1997	1998	1999	2000	2001
Media	50.68	65.62	59.96	57.66	70.83
Desv. est.	17.48	21.59	24.94	23.05	22.02
Mín.	17.41	15.74	0.49	3.27	14.25
Máx.	98	99.56	99.27	99.27	99.56

**Cuadro 14. Relación entre la mortalidad por causas respiratorias y los niveles ambientales de O<sub>3</sub> (una hora máximo y promedio móvil máximo de ocho horas) en todos los niños**

Variables	OR*	IC 95%	
O <sub>3</sub> 1hr máx desfase1	1.020	0.950	1.094
O <sub>3</sub> 8pm desfase1	0.987	0.888	1.098
O <sub>3</sub> 1hr máx desfase2	1.020	0.951	1.095
O <sub>3</sub> 8pm desfase2	1.021	0.917	1.138
O <sub>3</sub> 1hr máx desfase3	0.948	0.883	1.018
O <sub>3</sub> 8pm desfase3	0.930	0.835	1.036
O <sub>3</sub> 1hr máx acd3	1.046	0.956	1.145
O <sub>3</sub> 8pm acd3	1.034	0.910	1.176
O <sub>3</sub> 1hr máx acd5	0.996	0.898	1.105
O <sub>3</sub> 8pm acd5	0.973	0.843	1.123
O <sub>3</sub> 1hr máx acd7	1.028	0.908	1.165
O <sub>3</sub> 8pm acd7	0.988	0.836	1.168

\*El OR se calcula para un aumento de 20 ppmm de ozono.

**Cuadro 15. Relación entre la mortalidad por causas respiratorias y los niveles ambientales de PM<sub>10</sub> (promedio de 24 horas) en todos los niños**

<b>Variab</b> les	<b>OR*</b>	<b>IC 95%</b>	
PM <sub>10</sub> desfase 1	1.020	0.970	1.074
PM <sub>10</sub> desfase 2	1.002	0.948	1.059
PM <sub>10</sub> desfase 3	1.012	0.958	1.069
PM <sub>10</sub> ac2	1.041	0.966	1.121
PM <sub>10</sub> ac3	1.035	0.920	1.164
PM <sub>10</sub> ac5	1.028	0.879	1.203

\*\*El OR se calcula para un aumento de 20 µg/m<sup>3</sup> en el promedio diario de PM<sub>10</sub>.

**Cuadro 16. Relación entre la mortalidad total y por causas respiratorias y los niveles ambientales de PM<sub>10</sub> (promedio de 24 horas) y ozono en lactantes (0 a 1 año de edad), 1997-2001, Ciudad Juárez**

<b>Variab</b> les	<b>Mortalidad total</b>			<b>Mortalidad por causas respiratorias</b>		
	<b>OR*</b>	<b>IC 95%</b>		<b>OR*</b>	<b>IC 95%</b>	
PM <sub>10</sub> desfase1	1.018	0.980	1.058	1.022	0.969	1.078
PM <sub>10</sub> desfase2	1.012	0.959	1.069	1.037	0.962	1.117
PM <sub>10</sub> desfase3	1.009	0.970	1.049	1.010	0.957	1.067
PM <sub>10</sub> ac2	1.012	0.959	1.069	1.037	0.962	1.117
PM <sub>10</sub> ac3	1.008	0.939	1.081	1.022	0.924	1.131
PM <sub>10</sub> ac5	1.051	0.942	1.172	1.009	0.866	1.176
O <sub>3</sub> 1hr máx desfase1	1.015	0.968	1.064	1.033	0.962	1.108
O <sub>3</sub> 8pm desfase1	1.004	0.930	1.084	1.013	0.911	1.126
O <sub>3</sub> 1hr máx desfase2	1.000	0.949	1.053	1.013	0.944	1.087
O <sub>3</sub> 8pm desfase2	1.004	0.930	1.084	1.013	0.911	1.126
O <sub>3</sub> 1hr máx desfase3	0.961	0.913	1.011	0.951	0.886	1.021
O <sub>3</sub> 8pm desfase3	0.933	0.864	1.007	0.931	0.837	1.035
O <sub>3</sub> 1hr máx acd2	1.018	0.956	1.084	1.041	0.962	1.126
O <sub>3</sub> 8pm acd2	0.954	0.863	1.055	0.978	0.849	1.127
O <sub>3</sub> 1hr máx acd3	0.987	0.918	1.063	1.001	0.904	1.108
O <sub>3</sub> 8pm acd3	0.954	0.863	1.055	0.978	0.849	1.127
O <sub>3</sub> 1hr máx acd5	0.976	0.892	1.066	1.026	0.909	1.159
O <sub>3</sub> 8pm acd5	0.948	0.844	1.066	0.988	0.839	1.164

\*El OR se calcula para un aumento de 20 µg/m<sup>3</sup> en el promedio diario de PM<sub>10</sub> y 20 ppmm en los índices de ozono.

**Cuadro 17. Relación entre la mortalidad total y por causas respiratorias y los niveles ambientales de PM<sub>10</sub> (promedio de 24 horas) y ozono en lactantes (1 mes a 1 año de edad), 1997-2001, Ciudad Juárez**

Variables	Mortalidad total			Mortalidad por causas respiratorias		
	OR	IC 95%		OR	IC 95%	
PM <sub>10</sub> desfase1	1.063	0.988	1.143	0.980	0.863	1.114
PM <sub>10</sub> desfase2	1.100	0.991	1.221	0.983	0.817	1.181
PM <sub>10</sub> desfase3	1.039	0.964	1.119	0.989	0.873	1.121
PM <sub>10</sub> ac2	1.100	0.991	1.221	0.983	0.817	1.181
PM <sub>10</sub> ac3	1.130	0.986	1.295	0.949	0.750	1.201
PM <sub>10</sub> ac5	<b>1.283</b>	<b>1.030</b>	<b>1.598</b>	0.869	0.587	1.287
O <sub>3</sub> 1hr máx desfase1	0.942	0.844	1.051	0.908	0.747	1.105
O <sub>3</sub> 8pm desfase1	0.916	0.777	1.080	0.791	0.587	1.066
O <sub>3</sub> 1hr máx desfase2	0.984	0.880	1.100	0.809	0.647	1.011
O <sub>3</sub> 8pm desfase2	0.916	0.777	1.080	0.791	0.587	1.066
O <sub>3</sub> 1hr máx desfase3	0.929	0.827	1.043	<b>0.787</b>	<b>0.629</b>	<b>0.984</b>
O <sub>3</sub> 8pm desfase3	0.912	0.771	1.080	0.779	0.576	1.053
O <sub>3</sub> 1hr máx acd2	0.936	0.816	1.074	0.791	0.604	1.036
O <sub>3</sub> 8pm acd2	0.839	0.679	1.037	0.726	0.495	1.066
O <sub>3</sub> 1hr máx acd3	0.905	0.772	1.061	<b>0.702</b>	<b>0.519</b>	<b>0.949</b>
O <sub>3</sub> 8pm acd3	0.839	0.679	1.037	0.726	0.495	1.066
O <sub>3</sub> 1hr máx acd5	0.866	0.715	1.048	<b>0.684</b>	<b>0.481</b>	<b>0.973</b>
O <sub>3</sub> 8pm acd5	0.825	0.650	1.048	0.684	0.441	1.060

\*El OR se calcula para un aumento de 20 µg/m<sup>3</sup> en el promedio diario de PM<sub>10</sub> y 20 ppmm en los índices de ozono.

**Cuadro 18. Relación entre mortalidad por causas respiratorias y los niveles ambientales de ozono en lactantes (0 a 1 año de edad), de acuerdo con el índice de niveles socioeconómicos**

Variables	Nivel 1*			Nivel 2*			Nivel 3*		
	OR+	IC 95%	OR+	IC 95%	OR+	IC 95%	OR+	IC 95%	
O <sub>3</sub> 1hr máx desfase1	1.020	0.907	1.148	0.978	0.863	1.109	1.033	0.820	1.301
O <sub>3</sub> 8pm desfase1	0.934	0.774	1.128	1.027	0.861	1.225	1.058	0.698	1.602
O <sub>3</sub> 1hr máx desfase2	0.930	0.820	1.054	1.066	0.952	1.194	1.176	0.869	1.590
O <sub>3</sub> 8pm desfase2	0.912	0.759	1.096	1.072	0.893	1.287	1.271	0.826	1.957
O <sub>3</sub> 1hr máx desfase3	1.033	0.918	1.161	0.961	0.854	1.081	0.888	0.660	1.194
O <sub>3</sub> 8pm desfase3	1.026	0.854	1.233	0.938	0.785	1.121	0.803	0.521	1.235
O <sub>3</sub> 1hr máx acd2	0.984	0.842	1.152	1.057	0.906	1.233	1.145	0.837	1.567
O <sub>3</sub> 8pm acd2	0.942	0.756	1.173	1.055	0.852	1.307	1.259	0.768	2.063
O <sub>3</sub> 1hr máx acd3	1.001	0.835	1.202	1.008	0.846	1.201	1.078	0.735	1.581
O <sub>3</sub> 8pm acd3	0.940	0.653	1.353	0.992	0.782	1.258	1.150	0.656	2.014
O <sub>3</sub> 1hr máx acd5	1.059	0.854	1.314	1.081	0.878	1.331	0.956	0.583	1.567
O <sub>3</sub> 8pm acd5	0.989	0.743	1.317	1.075	0.817	1.414	0.980	0.499	1.924

\*Nivel 1 = alto, nivel 2 = medio, nivel 3 = bajo

El OR+ se calcula para un aumento de 20 ppmm en los índices de ozono

**Cuadro 19. Relación entre la mortalidad por causas respiratorias y los niveles ambientales de ozono en lactantes (1 mes a 1 año de edad), de acuerdo con el índice de niveles socioeconómicos**

Variables	Nivel 1*			Nivel 2*			Nivel 3*		
	OR+	IC 95%	OR+	IC 95%	OR+	IC 95%	OR+	IC 95%	
O <sub>3</sub> 1hr máx desfase1	1.178	0.751	1.849	0.713	0.463	1.098	1.210	0.717	2.042
O <sub>3</sub> 8pm desfase1	1.041	0.535	2.027	0.717	0.414	1.242	0.670	0.215	2.089
O <sub>3</sub> 1hr máx desfase2	0.670	0.424	1.060	0.839	0.569	1.235	0.839	0.332	2.115
O <sub>3</sub> 8pm desfase2	0.699	0.378	1.294	0.892	0.524	1.521	0.585	0.190	1.802
O <sub>3</sub> 1hr máx desfase3	0.869	0.554	1.365	0.712	0.481	1.053	0.449	0.190	1.064
O <sub>3</sub> 8pm desfase3	0.792	0.423	1.483	0.631	0.372	1.072	0.334	0.106	1.048
O <sub>3</sub> 1hr máx acd2	0.836	0.483	1.447	0.698	0.427	1.139	1.150	0.507	2.610
O <sub>3</sub> 8pm acd2	0.842	0.400	1.773	0.747	0.399	1.398	0.530	0.145	1.934
O <sub>3</sub> 1hr máx acd3	0.774	0.404	1.484	0.595	0.349	1.013	0.741	0.257	2.135
O <sub>3</sub> 8pm acd3	0.771	0.339	1.756	0.624	0.320	1.215	0.340	0.083	1.382
O <sub>3</sub> 1hr máx acd5	0.742	0.339	1.626	0.575	0.313	1.055	0.458	0.132	1.594
O <sub>3</sub> 8pm acd5	0.672	0.252	1.790	0.675	0.315	1.444	0.223	0.047	1.066

\*Nivel 1 = alto, nivel 2 = medio, nivel 3 = bajo

El OR+ se calcula para un aumento de 20 ppmm en los índices de ozono.

**Cuadro 20. Relación entre la mortalidad por causas respiratorias y los niveles ambientales de PM<sub>10</sub> entre lactantes (0 a 1 año de edad), de acuerdo con el índice de niveles socioeconómicos**

Variables	Nivel 1*		Nivel 2*		Nivel 3*	
	OR+	IC 95%	OR+	IC 95%	OR+	IC 95%
PM <sub>10</sub> desfase1	0.993	0.897 1.099	1.026	0.942 1.118	1.192	1.000 1.422
PM <sub>10</sub> desfase2	0.984	0.893 1.084	0.993	0.904 1.091	1.123	0.923 1.366
PM <sub>10</sub> desfase3	1.018	0.925 1.121	1.088	0.998 1.186	0.918	0.741 1.136
PM <sub>10</sub> ac2	1.014	0.872 1.180	1.041	0.919 1.178	<b>1.377</b>	<b>1.047 1.812</b>
PM <sub>10</sub> ac3	1.035	0.862 1.242	1.150	0.981 1.349	1.150	0.781 1.694
PM <sub>10</sub> ac5	0.818	0.614 1.089	1.174	0.917 1.502	1.297	0.709 2.372

\*Nivel 1 = alto, Nivel 2 = medio, nivel 3 = bajo

El OR+ se calcula para un aumento de 20 µg/m<sup>3</sup> en el promedio diario de PM<sub>10</sub>.

**Cuadro 21. Relación entre la mortalidad por causas respiratorias y los niveles ambientales de PM<sub>10</sub> entre lactantes (1 mes a 1 año de edad), de acuerdo con el índice de niveles socioeconómicos**

Variables	Nivel 1*		Nivel 2*		Nivel 3*	
	OR+	IC 95%	OR+	IC 95%	OR+	IC 95%
PM <sub>10</sub> desfase1	0.788	0.578 1.073	1.021	0.817 1.276	1.626	1.099 2.406
PM <sub>10</sub> desfase2	1.080	0.854 1.367	1.010	0.798 1.277	1.041	0.716 1.514
PM <sub>10</sub> desfase3	1.090	0.862 1.378	0.970	0.752 1.252	0.835	0.543 1.286
PM <sub>10</sub> ac2	0.869	0.576 1.312	1.014	0.741 1.387	1.822	1.012 3.281
PM <sub>10</sub> ac3	0.988	0.572 1.706	1.013	0.651 1.578	1.584	0.753 3.332
PM <sub>10</sub> ac5	0.676	0.284 1.607	0.607	0.277 1.329	1.844	0.508 6.697

\*Nivel 1 = alto, nivel 2 = medio, nivel 3 = bajo

El OR+ se calcula para un aumento de 20 µg/m<sup>3</sup> en el promedio diario de PM<sub>10</sub>.

**Cuadro 22. Relación entre las consultas de urgencia por causas respiratorias y los niveles ambientales de ozono (máximo diario de 1 hr. y promedio máximo diario de 8 horas) para el total de consultas por causas respiratorias y por infecciones de las vías respiratorias superiores, infecciones de las vías respiratorias inferiores y asma en niños de 0 a 16 años.**

Variables	Total		Infecciones de las vías respiratorias superiores		Infecciones de las vías respiratorias inferiores		Asma						
	RR	IC 95%	RR	IC 95%	RR	IC 95%	RR	IC 95%					
O <sub>3</sub> 1hr máx desfase 1	1.04	1.009	1.074	1.074	1.041	1.005	1.078	0.980	0.928	1.035	1.083	1.038	1.131
O <sub>3</sub> 8pm desfase 1	1.062	1.021	1.104	1.104	1.085	1.027	1.147	0.905	0.840	0.975	1.212	0.553	2.654
O <sub>3</sub> 1hr máx desfase 2	1.020	0.989	1.053	1.053	1.024	0.989	1.061	0.972	0.920	1.027	1.066	1.021	1.113
O <sub>3</sub> 8pm desfase 2	1.062	1.021	1.104	1.104	1.014	0.960	1.071	0.921	0.855	0.993	1.127	1.042	1.219
O <sub>3</sub> 1hr máx desfase 3	1.051	1.021	1.085	1.085	1.062	1.025	1.100	1.008	0.954	1.065	1.051	1.003	1.102
O <sub>3</sub> 8pm desfase 3	1.041	1.001	1.082	1.082	1.060	1.003	1.119	0.942	0.871	1.019	1.103	1.020	1.193
O <sub>3</sub> 1hr máx desfase 4	1.012	.981	1.044	1.044	1.010	0.975	1.046	0.998	0.948	1.050	1.030	0.983	1.080
O <sub>3</sub> 8pm desfase 4	1.018	.979	1.059	1.059	1.016	0.962	1.073	0.990	0.919	1.067	1.090	1.008	1.179
O <sub>3</sub> 1hr máx ac3d	1.083	1.042	1.127	1.127	1.116	1.061	1.175	0.963	0.887	1.045	1.174	1.094	1.259
O <sub>3</sub> 8pm ac3d	1.062	.982	1.148	1.148	1.099	1.024	1.179	0.852	0.773	0.940	1.284	1.164	1.416
O <sub>3</sub> 1hr máx ac5d	1.127	1.042	1.219	1.219	1.150	1.080	1.225	1.016	0.925	1.116	1.246	1.143	1.358
O <sub>3</sub> 8pm ac5d	1.105	1.022	1.195	1.195	1.127	1.038	1.224	0.936	0.839	1.045	1.350	1.205	1.512
O <sub>3</sub> 1hr máx ac7d	1.15	1.064	1.244	1.244	1.174	1.094	1.259	0.949	0.854	1.055	1.271	1.153	1.402
O <sub>3</sub> 8pm ac7d	1.127	1.042	1.219	1.219	1.217	1.116	1.326	0.847	0.753	0.953	1.297	1.153	1.459

O<sub>3</sub> 1hr máx: Máximo diario de 1 hora.

O<sub>3</sub> 8pm: Promedio móvil máximo diario de 8 horas.

RR = Riesgo relativo.

95% CI = Intervalos de confianza de 95%.

**Cuadro 23. Relación entre las consultas de urgencia por causas respiratorias y los niveles ambientales de ozono (máximo diario de 1 hr. y promedio máximo diario de 8 horas) para el total de consultas por causas respiratorias y por infecciones de las vías respiratorias superiores, infecciones de las vías respiratorias inferiores y asma en niños de cinco años o menores**

Variables	Total		Infecciones de las vías respiratorias superiores		Infecciones de las vías respiratorias inferiores		Asma			
	RR	IC 95%	RR	IC 95%	RR	IC 95%	RR	IC 95%		
O <sub>3</sub> 1hr máx desfase 1	1.026	0.979	1.041	1.001	1.082	0.914	1.069	1.105	1.022	1.195
O <sub>3</sub> 8pm desfase 1	1.018	0.949	1.083	1.002	1.172	0.820	0.998	1.083	0.926	1.267
O <sub>3</sub> 1hr máx desfase 2	1.030	0.983	1.041	1.001	1.082	0.939	1.082	1.062	0.982	1.148
O <sub>3</sub> 8pm desfase 2	1.014	0.949	1.020	0.943	1.103	0.891	1.127	1.127	0.964	1.319
O <sub>3</sub> 1hr máx desfase 3	1.062	1.021	1.083	1.042	1.127	0.982	1.148	1.083	1.002	1.172
O <sub>3</sub> 8pm desfase 3	1.041	0.970	1.062	0.982	1.148	0.909	1.114	1.127	0.964	1.319
O <sub>3</sub> 1hr máx desfase 4	1.041	1.001	1.041	1.001	1.082	0.970	1.135	1.062	0.982	1.148
O <sub>3</sub> 8pm desfase 4	1.083	1.002	1.062	0.982	1.148	1.042	1.219	1.127	0.964	1.319
O <sub>3</sub> 1hr máx ac3d	1.099	1.024	1.127	1.042	1.219	0.903	1.143	1.221	1.086	1.374
O <sub>3</sub> 8pm ac3d	1.026	0.934	1.083	0.963	1.218	0.758	1.037	1.323	1.088	1.610
O <sub>3</sub> 1hr máx ac5d	1.174	1.085	1.197	1.107	1.295	1.023	1.294	1.433	1.225	1.677
O <sub>3</sub> 8pm ac5d	1.174	1.043	1.197	1.064	1.347	0.964	1.319	1.584	1.252	2.004
O <sub>3</sub> 1hr máx ac7d	1.197	1.107	1.221	1.086	1.374	0.890	1.218	1.462	1.202	1.779
O <sub>3</sub> 8pm ac7d	1.221	1.086	1.323	1.176	1.488	0.817	1.209	1.616	1.277	2.045

O<sub>3</sub> 1hr máx: Máximo diario de 1 hora.

O<sub>3</sub> 8pm: Promedio móvil máximo diario de 8 horas.

RR = Riesgo relativo.

95% CI = Intervalos de confianza de 95%.

**Cuadro 24. Relación entre las consultas de urgencia por causas respiratorias y los niveles ambientales de ozono (máximo diario de 1 hr. y promedio máximo diario de 8 hrs.) para el total de consultas por causas respiratorias y por infecciones de las vías respiratorias superiores, infecciones de las vías respiratorias inferiores y asma en niños mayores de cinco años**

Variables	Total		Infecciones de las vías respiratorias superiores				Infecciones de las vías respiratorias inferiores				Asma			
	RR	IC 95%	RR	IC 95%	RR	IC 95%	RR	IC 95%	RR	IC 95%	RR	IC 95%		
O <sub>3</sub> 1hr máx desfase 1	1.105	1.022	1.195	1.013	1.158	1.083	1.013	1.158	1.008	0.862	1.179	1.174	1.085	1.269
O <sub>3</sub> 8pm desfase 1	1.174	1.085	1.269	1.023	1.294	1.150	1.023	1.294	1.062	0.839	1.343	1.344	1.149	1.573
O <sub>3</sub> 1hr máx desfase 2	1.041	0.962	1.126	0.962	1.126	1.041	0.962	1.126	0.869	0.743	1.017	1.127	1.042	1.219
O <sub>3</sub> 8pm desfase 2	1.010	0.934	1.092	0.909	1.123	1.010	0.909	1.123	0.869	0.715	1.058	1.083	0.926	1.267
O <sub>3</sub> 1hr máx desfase 3	1.024	0.962	1.091	0.962	1.126	1.041	0.962	1.126	1.006	0.860	1.177	0.972	0.865	1.094
O <sub>3</sub> 8pm desfase 3	0.996	0.921	1.077	0.892	1.103	0.992	0.892	1.103	0.967	0.764	1.223	1.010	0.863	1.182
O <sub>3</sub> 1hr máx desfase 4	1.004	0.928	1.086	0.932	1.090	1.008	0.932	1.090	1.083	0.926	1.267	0.961	0.854	1.081
O <sub>3</sub> 8pm desfase 4	1.020	0.943	1.103	0.894	1.132	1.006	0.894	1.132	1.246	0.985	1.576	0.992	0.848	1.160
O <sub>3</sub> 1hr máx ac3d	1.150	1.064	1.244	1.043	1.320	1.174	1.043	1.320	0.869	0.687	1.100	1.246	1.065	1.458
O <sub>3</sub> 8pm ac3d	1.127	1.002	1.268	0.983	1.346	1.150	0.983	1.346	0.856	0.650	1.126	1.271	1.045	1.547
O <sub>3</sub> 1hr máx ac5d	1.221	1.086	1.374	1.108	1.402	1.246	1.108	1.402	0.942	0.716	1.239	1.246	1.065	1.458
O <sub>3</sub> 8pm ac5d	1.274	1.089	1.490	1.087	1.487	1.271	1.087	1.487	0.988	0.722	1.352	1.405	1.110	1.777
O <sub>3</sub> 1hr máx ac7d	1.323	1.176	1.488	1.154	1.579	1.350	1.154	1.579	0.923	0.649	1.314	1.377	1.132	1.675
O <sub>3</sub> 8pm ac7d	1.492	1.275	1.745	1.276	1.889	1.553	1.276	1.889	1.018	0.688	1.507	1.433	1.089	1.886

O<sub>3</sub> 1hr máx: Máximo diario de 1 hora

O<sub>3</sub> 8pm: Promedio móvil máximo diario de 8 horas.

RR = Riesgo relativo.

95% CI = Intervalos de confianza de 95%.

**Cuadro 25. Relación entre las consultas de urgencia por causas respiratorias y los niveles ambientales de PM<sub>10</sub> (promedio de 24 horas) para el total de consultas por causas respiratorias y por infecciones de las vías respiratorias superiores, infecciones de las vías respiratorias inferiores y asma en todos los niños**

Variables	Total		Infecciones de las vías respiratorias superiores		Infecciones de las vías respiratorias inferiores		Asma	
	RR	IC 95%	RR	IC 95%	RR	IC 95%	RR	IC 95%
PM <sub>10</sub> desfase 1	1.00	.977 1.024	1.000	0.973 1.028	1.000	0.731 1.368	1.020	0.981 1.061
PM <sub>10</sub> desfase 2	1.002	.979 1.026	1.006	0.979 1.034	0.990	0.696 1.409	1.014	0.987 1.042
PM <sub>10</sub> desfase 3	1.004	.981 1.028	1.002	0.975 1.030	1.010	0.979 1.042	1.002	0.963 1.042
PM <sub>10</sub> desfase 4	.996	.973 1.02	0.998	0.971 1.026	0.988	0.958 1.020	0.990	0.952 1.030
PM <sub>10</sub> 3 d	1.006	.964 1.05	1.020	0.973 1.069	0.961	0.906 1.019	0.942	0.871 1.019
PM <sub>10</sub> ac 5 d	1.018	.941 1.101	1.035	0.964 1.110	0.961	0.888 1.039	1.014	0.938 1.097
PM <sub>10</sub> ac 7 d	1.020	.979 1.059	1.041	0.962 1.126	1.041	0.925 1.171	0.869	0.773 0.978

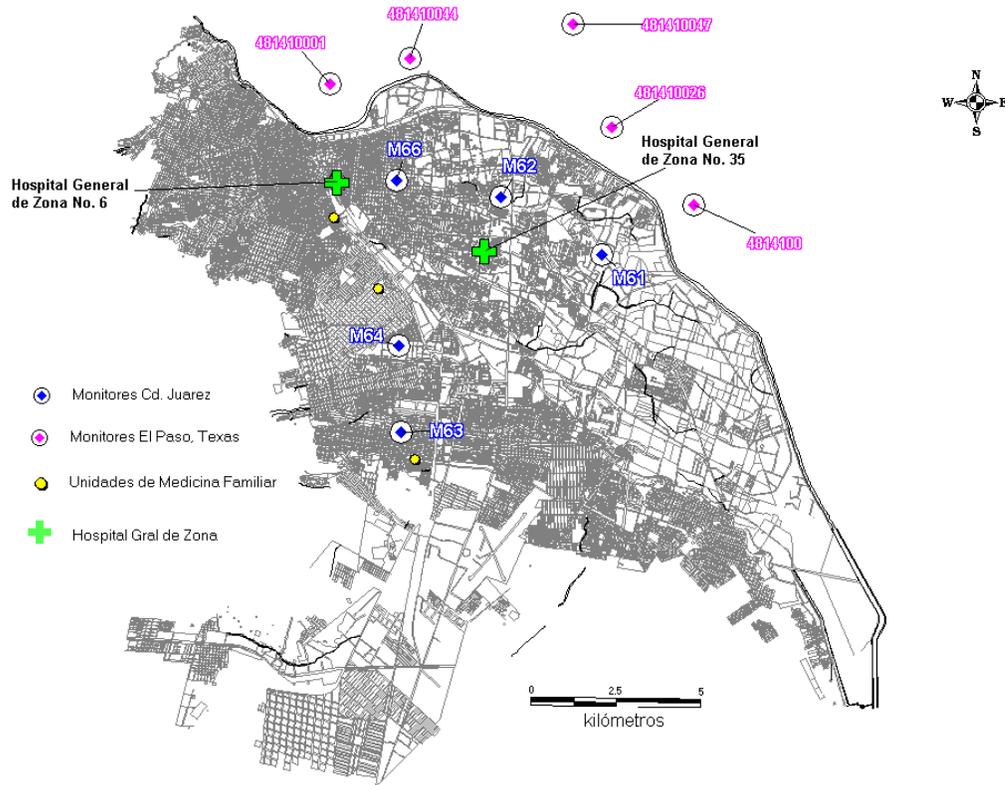
**Cuadro 26. Relación entre las consultas de urgencia por causas respiratorias y los niveles ambientales de PM<sub>10</sub> (promedio de 24 horas) para el total de consultas por causas respiratorias y por infecciones de las vías respiratorias superiores, infecciones de las vías respiratorias inferiores y asma en los niños de cinco años o menores**

Variables	Total		Infecciones de las vías respiratorias superiores				Infecciones de las vías respiratorias inferiores				Asma	
	RR	IC 95%	RR	IC 95%	RR	IC 95%	RR	IC 95%	RR	IC 95%	RR	IC 95%
PM <sub>10</sub> desfase 1	0.992	0.961	1.024	0.984	0.950	1.019	1.004	0.965	1.044	1.012	0.936	1.095
PM <sub>10</sub> desfase 2	1.000	0.969	1.032	1.002	0.967	1.038	0.992	0.954	1.032	1.012	0.936	1.095
PM <sub>10</sub> desfase 3	1.004	0.973	1.036	1.006	0.971	1.042	1.014	0.975	1.055	0.923	0.854	0.998
PM <sub>10</sub> desfase 4	1.020	0.989	1.053	1.030	0.999	1.063	1.008	0.969	1.048	0.980	0.906	1.060
PM <sub>10</sub> ac 3 d	0.980	0.906	1.060	1.004	0.928	1.086	0.923	0.854	0.998	0.980	0.871	1.103
PM <sub>10</sub> ac 5 d	0.961	0.888	1.039	1.018	0.941	1.101	0.819	0.728	0.921	0.990	0.846	1.158
PM <sub>10</sub> ac 7 d	0.923	0.821	1.038	0.998	0.887	1.123	0.819	0.700	0.958	0.942	0.716	1.239

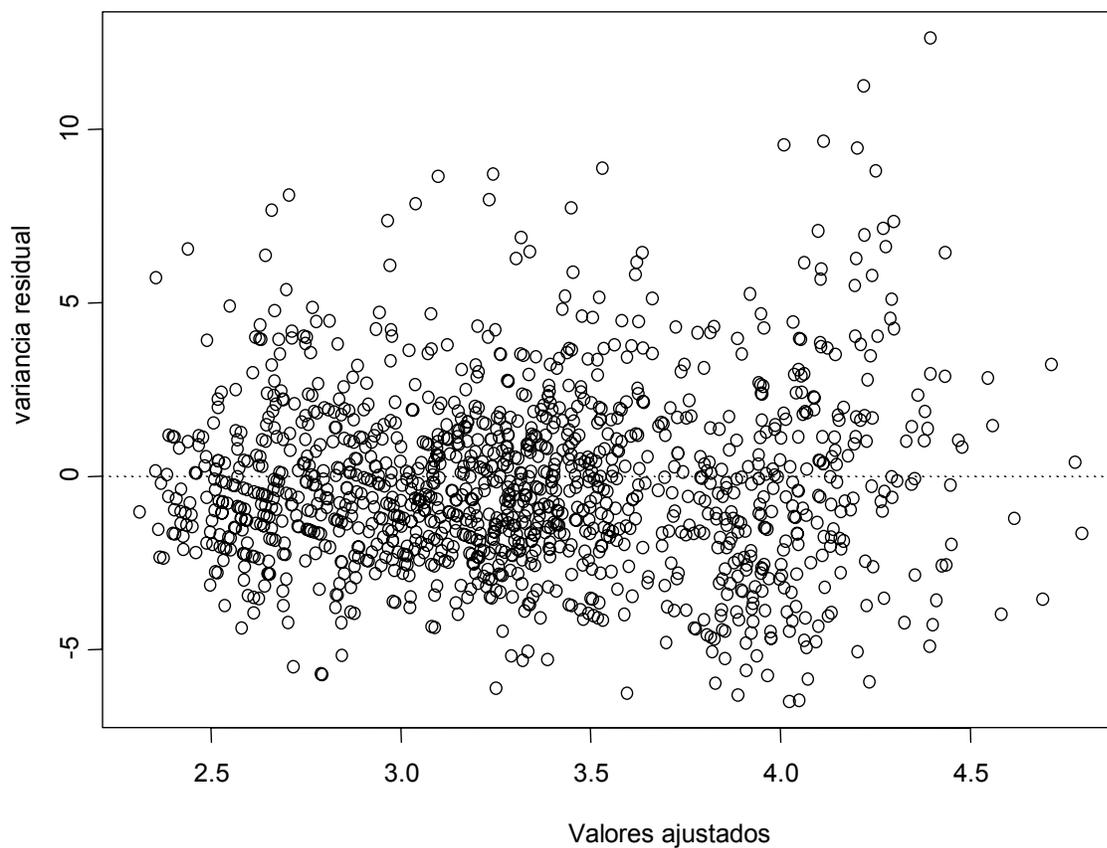
**Cuadro 27. Relación entre las consultas de urgencia por causas respiratorias y los niveles ambientales de PM<sub>10</sub> (promedio de 24 horas) para el total de consultas por causas respiratorias y por infecciones de las vías respiratorias superiores, infecciones de las vías respiratorias inferiores y asma en los niños mayores de cinco años**

Variables	Total		Infecciones de las vías respiratorias superiores		Infecciones de las vías respiratorias inferiores		Asma				
	RR	IC 95%	RR	IC 95%	RR	IC 95%	RR	IC 95%			
PM <sub>10</sub> desfase 1	0.982	0.944	1.021	0.924	0.999	0.984	0.896	1.081	1.020	0.943	1.103
PM <sub>10</sub> desfase 2	0.992	0.954	1.032	0.943	1.019	1.062	0.982	1.148	1.062	0.982	1.148
PM <sub>10</sub> desfase 3	1.016	0.977	1.057	0.954	1.048	1.016	0.940	1.099	1.062	0.982	1.148
PM <sub>10</sub> desfase 4	1.010	0.971	1.050	0.966	1.061	1.083	1.002	1.172	0.942	0.871	1.019
PM <sub>10</sub> ac 3 d	1.004	0.928	1.086	0.772	0.903	1.002	0.857	1.172	1.041	0.925	1.171
PM <sub>10</sub> ac 5 d	1.041	0.925	1.171	0.860	1.177	1.105	0.840	1.454	1.062	0.873	1.292
PM <sub>10</sub> ac 7 d	1.006	0.860	1.177	0.832	1.231	1.174	0.825	1.670	0.980	0.745	1.290

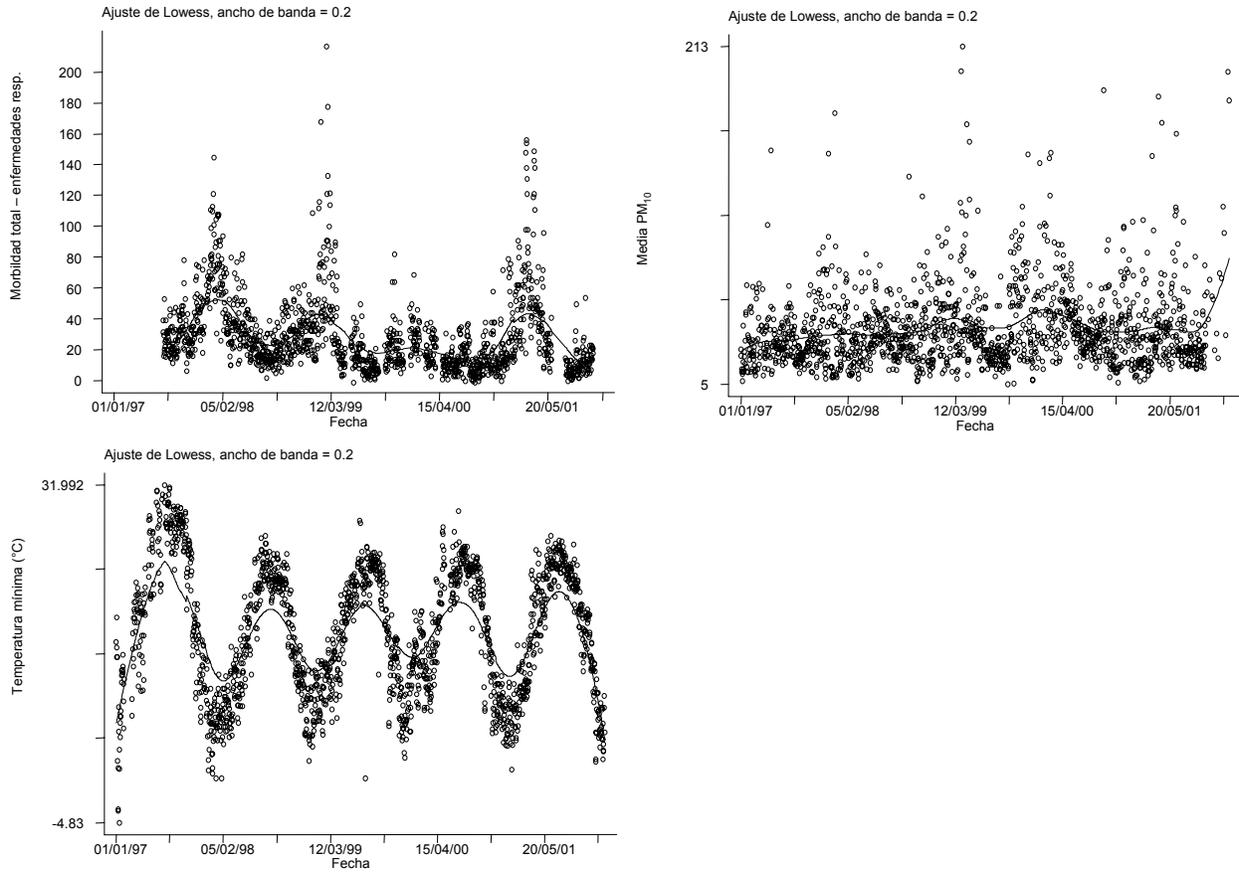
**Gráfica 1. Unidades del IMSS y sitios de monitoreo fijo en el área de estudio, Ciudad Juárez, Chihuahua, México**



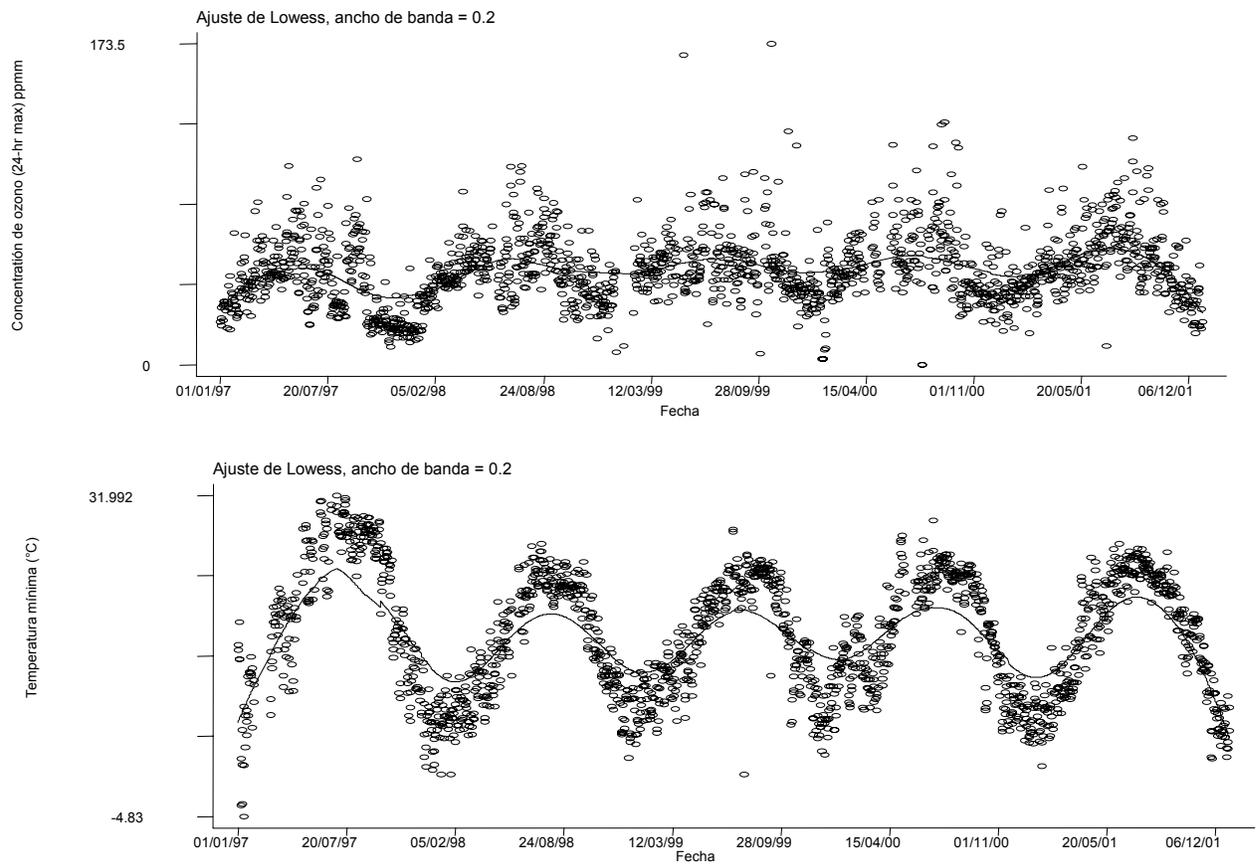
**Gráfica 2. Ejemplo de la variancia residual de los modelos MAG**



**Gráfica 3. Datos sobre morbilidad, niveles de PM<sub>10</sub> y temperatura durante el estudio, 1997-2001, Ciudad Juárez, México**



**Gráfica 4. Ozono y temperatura durante el periodo del estudio, 1997-2001, Ciudad Juárez, México**



**Gráfica 5. Morbilidad y ozono durante el periodo del estudio, 1997-2001, Ciudad Juárez, México**

