

USO DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA PARA DETERMINAR LA RELACIÓN ENTRE LA SEVERIDAD DE LA CRISIS ASMÁTICAS EN NIÑOS Y LA CERCANÍA A FÁBRICAS CON CHIMENEA EN UN DISTRITO DE LIMA - PERÚ

Jesús Peinado¹, Erick Chinga Alayo¹, Daniel Mendoza Requena¹, Angel Rosas Aguirre¹, Enrique Velásquez Hurtado¹, Carmen Nasarre², Fernando Llanos-Zavalaga^{1,3}.

¹ Facultad de Salud Pública y Administración, Universidad Peruana Cayetano Heredia. Lima-Perú.

² Asociación Benéfica PRISMA. Lima-Perú.

³ Instituto Nacional de Salud. Lima-Perú.

RESUMEN

Objetivo: Determinar la relación geográfica entre la severidad de las crisis asmáticas en niños atendidos en el servicio de emergencia del Hospital Nacional Cayetano Heredia (HNCH) entre enero 1997 y diciembre 1998 y la localización de fábricas con chimenea en el distrito de San Martín de Porras (SMP), Lima - Perú. **Materiales y métodos:** Estudio transversal analítico. Utilizando la información de registros e historias clínicas, se consignó edad, sexo, número de crisis severas del último año, hospitalización previa por crisis asmática, domicilio del paciente y puntaje de Bierman y Pierson al ingreso. Mediante el mapa digitalizado de SMP indexado a la base de datos de la ubicación geográfica, se obtuvo la dirección de los pacientes y las de 10 fábricas con chimenea. Se definió como área de impacto aquella que tenía fábricas con chimenea y 2-4 casos de crisis asmática severa. Por modelamiento geoespacial se determinaron zonas de impacto y de no impacto asociadas a más casos y presencia de fábricas. **Resultados:** Se incluyeron 932 niños con edad promedio de 6,5±3,2 años. Aquellos que vivían dentro de las áreas de impacto presentaron mayor porcentaje de hospitalización (75,4% vs 24,6%, p<0,05) y número de crisis asmáticas severas en el último año (4,5±1,2 vs 1,8±0,7, p<0,05) que aquellos residentes de las áreas de no impacto. **Conclusiones:** Existe mayor número de crisis asmáticas severas y hospitalizaciones en pacientes que viven cerca de las fábricas de chimenea del distrito de SMP.

Palabras clave: Crisis asmática; Pediatría; Polución del aire; Geografía (fuente: BIREME).

ABSTRACT

Objectives: To determine the geographic relation between the severity of asthmatic crisis and the place of factories in emergency room San Martin de Porres (SMP) district in children attended in Hospital Nacional Cayetano Heredia from January 1997 to December 1998. **Materials and Methods:** A cross-sectional analytic study. Age, sex, number of severe asthmatic crisis in last year, previous hospitalization for asthmatic crisis, home address and Bierman and Pierson score were obtained from medical records. Through the digitalized map of SMP with the database of geographic location, address of patients and of ten factories in the district were identified. We defined impact area as one with factories and 2-4 severe asthmatic crisis cases. By geospatial modeling we determined impact and no impact areas associated with more cases and factories. **Results:** 932 children were included, aged 6,5±3,2 years old. The children from impact zones had higher percent of hospitalization (75,4% vs 24,6%, p<0,05) and number of severe asthmatic crisis in last year (4,5±1,2 vs 1,8±0,7, p<0,05). **Conclusions:** There are higher number of severe asthmatic crisis in last year and hospitalizations in patients whose home is near factories from SMP.

Key words: Status astmaticus; Pediatrics; Air pollution; Geography (source: BIREME).

INTRODUCCIÓN

La polución ambiental está asociada a cambios en la morbilidad y mortalidad por enfermedades principalmente

respiratorias en la población, tales como asma o bronquitis crónica, generalmente en zonas urbanizadas y altamente industrializadas¹⁻⁴. Se ha visto que la polución se relaciona con el asma de tal forma que aumenta la prevalencia, el número de admisiones a emergencia, consultas externas, el número de hospitalizaciones y la mortalidad debida a esta enfermedad⁵⁻¹¹. En adición, de-

Correspondencia: Daniel Mendoza Requena.

Dirección: Justo Vigil 195 Dpto F-5 Magdalena, Lima - Perú.

Tel.: (51-1)264-0702.

E-mail: danmendozar@yahoo.com

terminados grupos poblacionales son más susceptibles a los efectos de la contaminación ambiental, tales como ancianos y niños¹².

En niños, la severidad y sintomatología de la enfermedad y de las crisis asmáticas se relacionan con las concentraciones de los polutos aéreos, aumentando la frecuencia de tos, expectoración, sibilancias y disnea¹³⁻¹⁵.

La contaminación ambiental proviene principalmente de dos fuentes: Combustión vehicular y expulsión al aire libre de diversas sustancias, tales como dióxido de sulfuro, dióxido de nitrógeno y materia particulada de los centros industriales. Las zonas con alta concentración de fábricas que expiden polutos aéreos y con mínimas reglas de protección para sus residentes, son lamentablemente un adecuado escenario para determinar el impacto. El distrito San Martín de Porres (SMP), ubicado en la parte norte de la ciudad de Lima, es un escenario propicio para el estudio de los efectos respiratorios de la contaminación ambiental, porque presenta dos vías con gran carga de tránsito pesado, numerosas fábricas con chimenea que expulsan sus productos al aire libre y mínimas ordenanzas de manejo de la contaminación ambiental.

En nuestro país aún no se han realizado estudios que evalúen la relación de la presencia de crisis asmáticas severas en niños con la localización de centros industriales, como las fábricas con chimenea. Una de las herramientas más útiles para evaluar este tipo de problemas es el Sistema de Información Geográfica (SIG). El estudio de este problema es de gran importancia, dado que permitirá determinar los efectos adversos en la salud infantil de la actividad en estas fábricas e identificar factores contribuyentes a la severidad de las crisis asmáticas en niños, abriendo la posibilidad para implementar programas de intervención y prevención de crisis asmáticas severas en Lima y otros centros urbanizados del país.

El objetivo de este estudio fue determinar la relación entre la ocurrencia de crisis asmática severa en niños atendidos en emergencias del Hospital Nacional Cayetano Heredia (HNCH) entre enero 1997 - diciembre 1998 y la proximidad de sus viviendas a las fábricas con chimenea del distrito SMP.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente es un estudio transversal analítico de tipo retrospectivo. La fuente de información fue el libro de registro del Servicio de Emergencia Pediátrica del Hospital Nacional Cayetano Heredia (SEP-HNCH), así como las historias clínicas de la población estudiada, conformada por aquellos niños que acudieron a este servicio durante enero de 1997 y diciembre de 1998. En este servicio se atienden niños menores de 14 años de edad de acuerdo a lo establecido por el departamento de pediatría del hospital. Se incluyeron en el presente estudio a aquellos niños con diagnóstico clínico de asma y que residían en el distrito San Martín de Porres (Lima - Perú).

Se utilizó como material cartográfico el mapa digitalizado

del distrito San Martín de Porres y la base de datos de su ubicación geográfica (UBIGEO), así como la dirección exacta de 10 fábricas con chimenea por las cuales se libera al medio ambiente distintos tipos de sustancias.

Se recolectó información de los registros de las historias clínicas de 1 500 pacientes que acudieron al SEP-HNCH. Se empleó una ficha para cada paciente en la cual se consignaron la edad, sexo, antecedentes familiares de enfermedades alérgicas, número de crisis asmáticas severas en el último año, hospitalización previa debido a crisis asmática, domicilio exacto y puntaje de Bierman y Pierson al ingreso al SEP-HNCH. No ingresaron al estudio los pacientes cuyas historias clínicas presentaron datos inconsistentes, ilegibles, inexactos o faltantes sobre cualquiera de los datos a analizar.

Se confeccionó una base de datos con las variables recolectadas de los pacientes que fueron incluidos en el estudio. Luego se analizó la información obtenida en el Software del Sistema de Información Geográfica empleándose Arc View versión 3,1 y como paquete estadístico SPSS versión 9,0 para Windows. La dirección de cada paciente debió ser adecuada al código de manzana denominada UBIGEO para poder hacer el apareamiento con la base de datos que soportaba la cartografía por medio del lenguaje SQL.

El plan de trabajo incluyó primero el análisis univariado de cluster y luego el análisis bivariado, buscando las asociaciones de acuerdo a los objetivos del estudio, por medio de pruebas de correlación de Spearman, chi cuadrado y análisis de varianza (ANOVA). Se consideró como estadísticamente significativo un valor de p menor a 0,05.

El análisis espacial de los datos fue por rangos según el procedimiento *natural break*, calculándose los espacios de riesgo, por medio del análisis de los mínimos cuadrados estimados generalizados y del máximo vector del likelihood. El análisis de áreas definió las zonas de impacto y las de no impacto. Las zonas de impacto fueron aquellas áreas geográficas en las cuales se ubicó la presencia de fábricas con chimenea y de 2 a 4 casos de crisis asmática severa.

En el estudio se planeó la mejor manera de abarcar un área geográfica desconocida en función de composición poblacional, para lo cual luego se buscaron los conglomerados más factibles, observándose que el tamaño de la población es un indicador fiable para poder diferenciarlos, de esta manera encontramos cuatro zonas que se conglomeraban por la relación población / hogares.

RESULTADOS

VALIDACIÓN DE LOS DATOS

De 1 500 pacientes atendidos durante el periodo de estudio se excluyeron 390 por presentar datos ilegibles y 178 por no contarse con información completa, ingresando finalmente al estudio 932 pacientes. Luego de este proceso, se cotejó con la ayuda de dos mapas la ubicación de cada una de las direcciones asignadas, finalmente se representó cada uno de los casos en forma gráfica en el mapa.

DATOS DE LOS NIÑOS ASMÁTICOS

Los 932 niños tenían una edad media de $6,5 \pm 3,2$ años; de los cuales 41,5% (387) eran de sexo femenino. No existió diferencia significativa entre la edad promedio y el sexo de los pacientes, 49,5% (461) fueron atendidos en el turno regular y el resto durante el turno de guardia. De los pacientes admitidos a emergencia, 6,9% (64) del total de pacientes estudiados fueron hospitalizados debido a que la crisis asmática no revirtió.

DISTRIBUCIÓN DEL ASMA

El grado de la crisis asmática se clasificó según el puntaje de Bierman y Pierson al ingreso al servicio, realizándose análisis de cluster de tres grupos, según las siguientes categorías: leve (3 - 5), moderada (6 - 8) y severa (mayor a 9). Así, 66,8% (498) de los pacientes presentaron grado leve, 30,1% (224) grado moderado y 3,1% (23) grado

severo. No se encontró ninguna relación o modelo distributivo de la ubicación de los casos de asma en el mapa de forma univariada.

DISTRIBUCIÓN DEL ASMA Y LAS FÁBRICAS - ANÁLISIS DISTRIBUTIVO

Se dividió el mapa del distrito de SMP según la población que tenían, por el método de clusters, encontrándose 4 grupos que los identificamos como áreas (Tabla N° 1). Dentro de cada área se identificaron dos zonas geográficas: de impacto y de no impacto, encontrándose diferencia significativa para la frecuencia de casos de crisis asmática severa en niños ($p < 0,05$) (Tablas N° 2 y N° 3). Las áreas de impacto fueron aquellas en las que el modelo de correlación encontró asociación entre el número de niños con crisis asmática severa atendidos en el HNCH y la proximidad de su vivienda a fábricas con chimenea, como se observa en las Figuras N° 1 y 2.

Tabla N°1. Tabla de las zonas de impacto

Zona de S.M.P	Área Total (km ²)	# Fábricas	# Zonas de impacto	# Casos de score ≥ 9	Nombre de las zonas de impacto
Zona 1	15,81	2	2	7	A1-a y A1-b
Zona 2	11,79	1	0	0	
Zona 3	7,56	4	2	6	A3-a y A3-b
Zona 4	8,54	3	1	5	A4

S.M.P. = Distrito San Martín de Porres, Lima-Perú.

Tabla N°2. Tabla de las áreas de impacto

Áreas de impacto	Zona	Area km ²	Casos score ≥ 9	# Fábricas (promedio)	# Manzanas* (promedio)	# Hogares*
A1-a	1	1,63	4	1	72	18+/-4
A1-b	1	0,72	3	1	37	20+/-1
A3-a	3	1,16	3	1	63	32+/-1
A3-b	3	1,01	3	1	52	32+/-1
A4	4	1,51	5	3	89	35+/-5

Áreas de no impacto	Zona	Área km ²	Casos score ≥ 9	# Fábricas	# Manzanas* (promedio)	# Hogares*
A1-x	1	13,45	2	0	88	28+/-3
A2-x	2	11,79	1	1	94	22+/-1
A3-x	3	5,39	0	2	88	31+/-5
A4-x	4	7,03	0	0	75	30+/-2

* No hubo diferencia significativa por ANOVA.

Tabla N°3. Tabla diferencia entre las áreas de impacto y no impacto

	Casos de score ≥ 9 *	Fábricas*	Hogares / manzana*	Población por hogar*	p
Área de impacto	15	7	33+/-4	178+/-5	significativo
Área de no impacto	3	3	31+/-1	118+/-2	

*p significativo por chi cuadrado.

+ p significativo por ANOVA.

Figura N°1

Mapa de la mitad norte del distrito de San Martín de Porres.

En rosado se señalan las manzanas de los casos de asma no severos, atendidos en el Servicio de Emergencia Pediátrica del Hospital Nacional Cayetano Heredia. (SEP - HNCH)

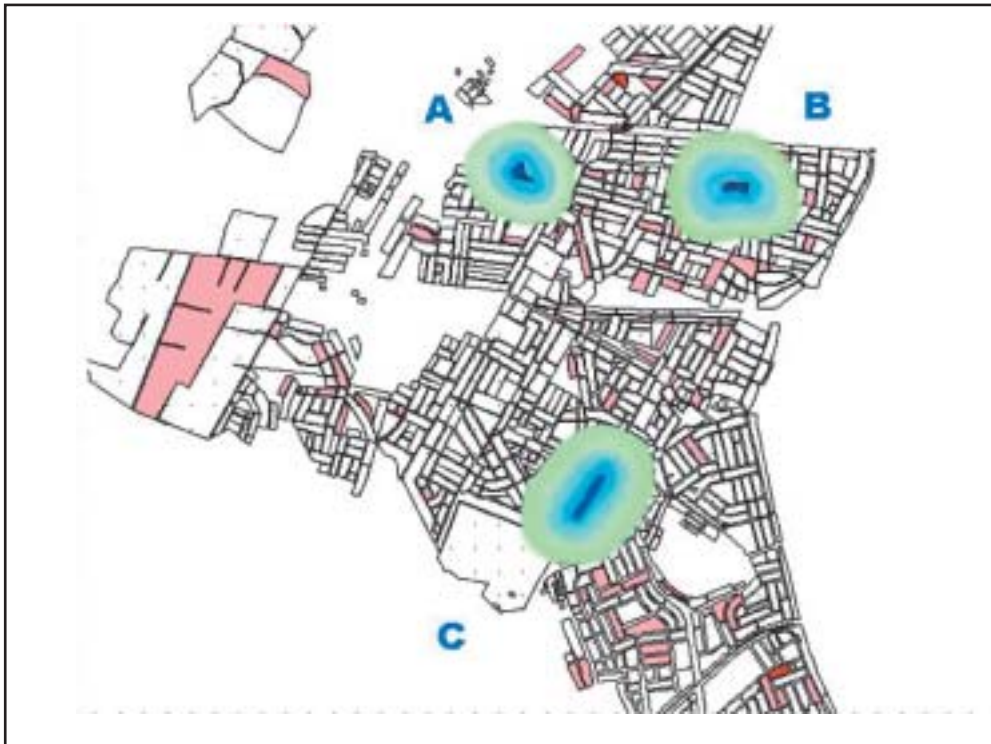
En rojo se señalan las manzanas de los casos de asma severos, atendidos en SEP - HNCH. En azul se señalan las manzanas donde se ubican las fábricas.

Se presenta tres modelos de autoregresión espacial a 6 niveles del alcance de las fábricas. A, B y C (Tabla N°1).

A



B. Alcance de las fábricas sobre los casos severos de asma, selección a 6 niveles.



Mapas tomados de Perú-Digital. Manzanas 1/10000. Modificado por los autores: Software Arc-view Analyst v 3,0

Figura N°2

Mapa de la mitad Sur del distrito de San Martín de Porres.

En rosado se señalan las manzanas de los casos de asma no severos, atendidos en el Servicio de Emergencia Pediátrica del Hospital Nacional Cayetano Heredia. (SEP - HNCH).

En rojo se señalan las manzanas de los casos de asma severos, atendidos en el SEP - HNCH.

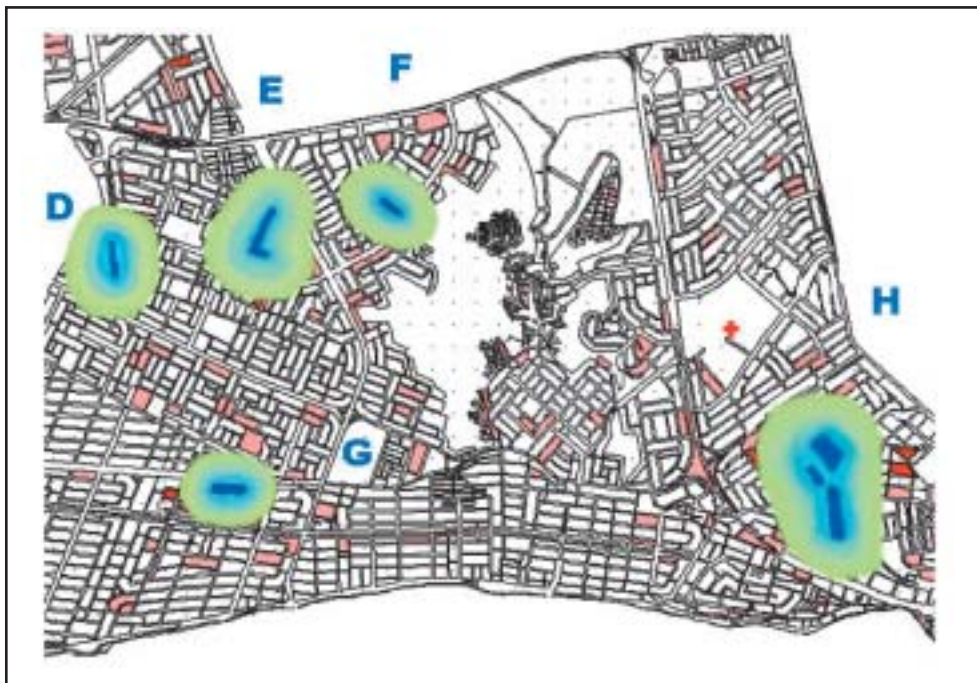
En azul se señala las manzanas donde se ubican las fábricas.

Se presenta cinco modelos de autoregresión espacial a 6 niveles del alcance de las fábricas. D, E, F, G y H (Tabla N°2).

A



B. Alcance de las fábricas sobre los casos severos de asma, selección a 6 niveles.



Mapas tomados de Perú-Digital. SMP- Manzanas: 1/10000. Modificado por los autores: Software Arc-view Analyst v 3.0.

Para obtener con detalle las características de la asociación de las áreas de impacto, dentro de cada una de las zonas establecidas se evaluó el tamaño de cada una de las zonas de impacto. Con respecto a la proximidad de la vivienda de los pacientes con las fábricas con chimenea, no se observó diferencia significativa en relación con el sexo y antecedentes familiares de alergia o asma. Se encontró diferencia significativa ($p < 0,05$) con respecto a la hospitalización del paciente (75,4% vs 24,6%) y con el número de crisis severa asmáticas en el último año ($4,5 \pm 1,2$ vs $1,8 \pm 0,7$), presentando cifras mayores los niños que vivían cercanamente a las fábricas con chimenea (Tabla N°2).

DISTRIBUCIÓN DEL ASMA Y LAS FÁBRICAS - MODELAMIENTO DEL ALCANCE DEL IMPACTO

Con el fin de avanzar en el análisis de los datos, se utilizó las herramientas de modelamiento geoespacial del software Arc View para generar las capas de impacto, con el fin de representar los niveles de impacto. Por autotregresion espacial, se determinó 6 niveles del alcance del impacto de las fábricas A, B y C (Tabla N°4); y de las fábricas D,E,F,G y H (Tabla N°5) estableciéndose la directa relación del impacto en el número de casos severos con la cercanía a la fábrica con el máximo vector del likelihood para la distancia.

Tabla N°4. Tabla de impacto de las áreas a, b y c - descripción de los 6 niveles de impacto

Área	Área km ²	Casos AS	Fábricas	Nivel 1		Nivel 2		Nivel 3		Nivel 4		Nivel 5		Nivel 6		Pe	
				c	vl	c	vl	c	vl	c	vl	c	vl	c	vl	EGLS	ML
A	0,167	2	1	0	0,12	1	0,21	1	0,34	0	0,41	0	0,51	0	0,62	0,0261	0,86
B	0,234	2	1	1	0,11	1	0,22	0	0,36	0	0,47	0	0,62	0	0,71	0,0421	0,87
C	0,356	0	1	0	0,14	0	0,26	0	0,49	0	0,69	0	0,77	0	0,81	0,0756	0,45

AS = Asma severa; Pe = Prueba estadística; c = casos; vl = vector del likelihood; EGLS = mínimos cuadrados estimados generalizados; ML = máximo likelihood.

Tabla N°5. Tabla de impacto de las áreas d, e, f, y g - descripción de los 6 niveles de impacto

Área	Área km ²	Casos AS	Fábricas	Nivel 1		Nivel 2		Nivel 3		Nivel 4		Nivel 5		Nivel 6		Pe	
				c	vl	c	vl	c	vl	c	vl	c	vl	c	vl	EGLS	ML
D	0,167	0	1	0	0,09	0	0,11	0	0,24	0	0,31	0	0,42	0	0,52	0,0891	0,34
E	0,234	2	1	1	0,14	1	0,24	0	0,33	0	0,48	0	0,52	0	0,61	0,0430	0,77
F	0,356	0	1	0	0,14	0	0,36	0	0,39	0	0,57	0	0,68	0	0,81	0,0912	0,28
G	0,167	3	1	0	0,10	1	0,20	1	0,32	0	0,47	1	0,56	0	0,77	0,0123	0,91
H	0,234	5	1	0	0,18	0	0,29	2	0,56	1	0,77	1	0,92	1	0,99	0,0458	0,52

AS = Asma severa; Pe = Prueba estadística; c = casos; vl = vector likelihood; EGLS = mínimos cuadrados estimados generalizados; ML = máximo likelihood.

DISCUSIÓN

En este estudio se encontró una relación en la distribución de las crisis asmáticas en niños y la cercanía de sus viviendas a las fábricas con chimenea del distrito de SMP; los niños que residían cerca de las fábricas presentaron mayor número de crisis asmáticas severas y porcentaje de hospitalizaciones que el resto de pacientes. Lamentablemente dichas fábricas no permitieron el análisis de los productos que liberaban. Sin embargo, el humo expulsado por las chimeneas de dichas fábricas es una de las fuentes descritas de materia particulada¹⁶, el que en otros estudios se ha relacionado a alteración de la función respiratoria en niños, exacerbación de las crisis asmáticas, aumento del número de atenciones en emergencia y hospitalizaciones por enfermedades respiratorias¹⁷, tal como ha sido encontrado en nuestro estudio.

No pudimos medir las concentraciones de materia particulada ni otras sustancias contaminantes; sin embargo, por

medio de técnicas estadísticas utilizando como herramienta informática el SIG, se logró determinar una relación entre la distribución geográfica de los casos atendidos en emergencia y la localización de las fábricas con chimenea.

En diversos trabajos también se ha encontrado relación entre la morbilidad por asma en niños y otras enfermedades respiratorias y la cercanía a centros industriales. Sánchez y col. en un estudio de cohorte¹⁷ encontraron que los niños que residían en una zona que incluía una fundición/refinería de cobre y una central termoeléctrica en comparación a una zona no industrial, presentaban mayor frecuencia de síntomas respiratorios y disminución del flujo espiratorio máximo, los días con mayores concentraciones de polutos ambientales (materia particulada y dióxido de sulfuro). Tovalin¹⁸ encontró que la población con residencia cercana a una planta industrial de reciclaje, presentó mayor prevalencia de alergias, bronquitis e infecciones del tracto respiratorio alto, que la población control no expuesta.

Debido a los hallazgos de nuestro trabajo y las asociaciones encontradas, consideramos que es importante realizar estudios adicionales que incluyan mediciones de contaminantes aéreos en los distritos de Lima y otras ciudades del país, que justifiquen la creación de un sistema de monitorización y vigilancia de contaminantes aéreos, tal como sucede en otros países altamente urbanizados como el nuestro, y así disminuir los efectos nocivos sobre la salud respiratoria de la población, principalmente infantil, y estar de esta forma acordes con los lineamientos de la Organización Mundial de la Salud para lograr ciudades saludables en el tercer mundo¹⁹.

REFERENCIAS

- Vigotti MA.** Short term effects of exposure to urban air pollution on human health in Europe. The APHEA Projects (Air Pollution and Health: a European Approach). *Epidemiol Prev* 1999; 23(4):408-15.
- Goren A, Hellmann S, Gabbay Y, Brenner S.** Respiratory problems associated with exposure to airborne particles in the community. *Arch Environ Health* 1999; 54(3): 165-71.
- Goldsmith CA, Kobzik L.** Particulate air pollution and asthma: a review of epidemiological and biological studies. *Rev Environ Health* 1999; 14(3): 121-34.
- Schwartz J.** Air pollution and daily mortality: a review and meta analysis. *Environ Res* 1994; 64: 36-52.
- Baldi J, Tessier JF, Kauffmann F, Jacqmin-Gadda H, Nejari C, Salomon R.** Prevalence of asthma and mean levels of air pollution: results from the French PAARC survey. *Pollution Atmospherique et Affections Respiratoires Chroniques*. *Eur Respir J* 1999; 14(1): 132-8.
- Pantazopoulou A, Katsouyanni K, Kourea-Kremastinou J, Trichopoulos D.** Short-term effects of air pollution on hospital emergency outpatient visits and admissions in the greater Athens, Greece area. *Environ Res* 1995; 69(1): 31-6.
- Morgan G, Corbett S, Wlodarczyk J.** Air pollution and hospital admissions in Sydney, Australia, 1990 to 1994. *Am J Public Health* 1998; 88(12): 1761-6.
- Walters S, Griffiths RK, Ayres JG.** Temporal association between hospital admissions for asthma in Birmingham and ambient levels of sulphur dioxide and smoke. *Thorax* 1994; 49(2): 133-40.
- Hajat S, Haines A, Goubet SA, Atkinson RW, Anderson HR.** Association of air pollution with daily GP consultations for asthma and other lower respiratory conditions on London. *Thorax* 1999; 54(7): 597-605.
- Salinas M, Vega J.** The effect of outdoor air pollution on mortality risk: an ecological study from Santiago, Chile. *World Health Stat Q* 1995; 48(2): 118-25.
- Saldiva PH, Lichtenfels AJ, Paiva PS, Barone IA, Martins MA, Massad E.** Association between air pollution and mortality due to respiratory diseases in children in Sao Paulo, Brazil: a preliminary report. *Environ Res* 1994; 65(2): 218-25.
- Vigliarolo P, Rappaport S, Lieber K, Gorman A, White R.** Population at risk from particulate air pollution-United States, 1992. *MMWR* 1994; 43(16): 290-3.
- Sánchez J, Romieu I, Pino P, Gutiérrez M.** Efectos agudos de las partículas respirables y del dióxido de azufre sobre la salud respiratoria en niños del área industrial de Puchuncaví, Chile. *Rev Panam Salud Publica* 1999; 6(6): 384-91.
- Neas LM, Dockery DW, Koutrakis P, Tollerud DJ, Speizer FE.** The association of ambient air pollution with twice daily peak expiratory flow rate measurements in children. *Am J Epidemiol* 1995; 141: 111-22.
- Roemer W, Hoek G, Brunekreef B, Haluszka J, Kalandini A, Pekkanen J.** Daily variations in air pollution and respiratory health in a multicentre study: the PEACE project. Pollution effects on asthmatic children in Europe. *Eur Respir J* 1998; 12(6): 1354-61.
- Dockery DW, Pope CA.** Acute respiratory effects of particulate air pollution. *Annu Rev Public Health* 1994; 15: 107-32.
- Sánchez J, Romieu I, Ruiz S, Pino P, Gutiérrez M.** Efectos agudos de las partículas respirables y del dióxido de azufre sobre la salud respiratoria en niños del área industrial de Puchuncaví, Chile. *Rev Panam Salud Pública* 1999; 6(6): 384-91.
- Tovalín H.** Condiciones de salud de la población vecina a una planta recicladora de residuos en México. *Rev Panam Salud Pública* 1998; 3(1): 32-3.
- World Health Organization.** Building a Healthy City: A Practitioners Guide. Geneva: WHO;1995. Document: WHO/EOS/95.10.