

Relación Fuente – Receptor y su vinculo con los riesgos de salud por exposición a la contaminación atmosférica en La Habana Vieja

Sánchez, P., A. Wallo, A. Roque, I. Rivero, A. Collazo, O. Cuesta, D. Pérez, E. Echevarria

Inst. de Meteorología, Carr. Del asilo s/n, Regla, C. Habana.
Tel: 8 813411; Fax: (537) 803310; e mail: snpedro07@yahoo.es

Introducción

Diferentes estudios epidemiológicos han demostrado que la exposición a concentraciones atmosféricas de SO₂ en esas áreas puede provocar aumentos en las hospitalizaciones y defunciones por causas respiratorias y cardio-basculares, sobre todo de personas asmáticas y otras con problemas respiratorios previos a la exposición (Peters et al., 1996; Sunyer et al, 1996; Vigotti et al; 1996; Touloumi et al, 1996). Se ha señalado también que la severidad de tales efectos se incrementa con el aumento de las concentraciones de SO₂, especialmente en las personas que realizan ejercicios durante la exposición, para quienes aumenta el volumen inhalado y la profundidad de penetración en el tracto respiratorio (WHO, 1994). Por su parte, el NO₂ es un gas poco soluble en agua, lo que le permite penetrar profundamente en el sistema respiratorio, siendo muy irritante para las mucosas. Sectores de alto riesgo en este caso son los niños y los asmáticos, pudiendo aparecer sus efectos aún con valores bajos. En el caso de las partículas, los efectos mas serios son provocados por las de menor tamaño, debido a que pueden ser inhaladas hacia las partes mas profundas de los pulmones, acumulándose en zonas donde la capacidad natural de eliminación del organismo es incapaz de removerlas (WHO, 1994).

El presente trabajo tiene como objetivo lograr una aproximación a la identificación de riesgos para la salud por exposición a la contaminación atmosférica en áreas del Municipio Habana Vieja, a partir de datos combinados de calidad del aire, epidemiológicos y meteorológicos.

Materiales y métodos

La base fundamental para la obtención del objetivo planteado estuvo constituida por elementos básicos de la guía elaborada por la EPA (1991), ajustados a las posibilidades reales existentes para su ejecución. Esa metodología considera cuatro pasos o etapas que son:

- 1) Identificación de Riesgo
- 2) Relaciones Dosis-Respuesta
- 3) Evaluación de la exposición
- 4) Caracterización de Riesgo

Para caracterizar la posibilidad de que diferentes concentraciones de contaminantes provocaran cambios en la manifestación de efectos (nivel de riesgo), se obtuvo una representación numérica, aplicando la expresión llamada Cociente de Riesgo no cancerígeno (CR), expresada en este caso por la ecuación:

$$CR = \frac{DCI}{DRf} \quad (1)$$

donde:

CR es el cociente de riesgo;

DCI, la dosis diaria promedio inhalada en el lugar de exposición, y DRf es la dosis de referencia seleccionada para cada contaminante en estudio (mg/kg/día).

La exposición de la población en las diferentes áreas del municipio fue evaluada mediante la determinación de la dosis crónica de inhalación (DCI) según la ecuación:

$$DCI_{(mg/kg/dia)} = \frac{[C][FAP][TI][TE][FE][DE]}{[PCP][TME]}$$

(2)

donde:

DCI= Cantidad del contaminante inhalado por una persona expuesta a su concentración.

C= Concentración del contaminante en la atmósfera (mgm^{-3})

FAP= Factor de absorción pulmonar (adimensional)

TI= Tasa de inhalación ($m^3/día$)

TE= Tiempo de exposición (h/día)

FE= Frecuencia de la exposición (días/año)

DE= Duración de la exposición (años)
 PCP= Peso corporal promedio (Kg)
 TME= Tiempo promedio de exposición

En la Tabla 1 aparecen los valores de los factores utilizados para calcular la exposición.

Tabla 1. Factores de exposición

Parámetro	Unidad	Adultos	Niños
IP, Inhalación promedio ¹	m ³ /h	2,6	2,5
TI, Tasa de inhalación diaria ² =IP x TE	m ³ /día	20,8	20
TE, Tiempo de exposición ³	h/día	8	8
FE, Frecuencia de exposición ⁴	días/año	365	365
DE, Duración de la exposición ⁵	años	75	14
PCP, Peso corporal promedio ⁶	Kg.	70	36
TEP, Tiempo de exposición promedio FE x DE	días	2375	4380

Adams, W. C, 1993

Layton, D.W, 1993

Adultos: corresponde a un adulto con actividad moderada durante 8 horas por días, que es el tiempo estimado de exposición directa para un individuo promedio en el lugar con la más alta concentración. Este periodo de exposición sugiere una realización de actividades al aire libre en la dirección del viento.

Niños: corresponde a un niño en una actividad más alta que la normal durante 8 horas diarias, que es el tiempo que un niño promedio permanece en ese lugar.

Días promedio de trabajo o de vida

Tiempo promedio de trabajo o de vida.

Peso corporal promedio (OMS,2003)

Una vez realizada esta operación, aparecen nuevas ecuaciones específicas para cada grupo poblacional, las cuales dependen solamente de la concentración del contaminante en cuestión:

Adultos (Mayores de 15 años): $DCI = 0.285 [\text{Concentración}] \text{ mg/kg/día}$ (3)

Niños (de 0 a 14 años): $DCI = 0.553 [\text{Concentración}] \text{ mg/kg/día}$ (4)

El uso de los valores de la Tabla 1 en la ecuación con el menor valor de DCI, aportó una estimación de las DR_f correspondientes a cada contaminante.

La caracterización del riesgo, como parte final del proceso de evaluación fue realizada ajustado a las recomendaciones de la OPS al respecto (2003), en las cuales se basa la caracterización en los siguientes tres aspectos (OPS, 2003):

Severidad del efecto en salud.

Riesgo Individual = Relación Dosis Estimada/ DRf

Población expuesta.

Modelación de la dispersión de contaminantes

Para la simulación de la dispersión de los contaminantes en la atmósfera se aplicó el modelo Berliand-Álvarez, modificado (Álvarez O. 1991), basado en el desarrollado en la antigua URSS a partir de la fórmula básica de Berliand (1975), conocido como modelo de transporte–gradiente o modelo K. Este modelo es aplicado en Cuba a través de la NC 93-02-202 (1987). Atendiendo a las condiciones específicas del régimen de viento Cuba, con lo que se ha logrado su adecuación para pronósticos de contaminación atmosférica a largo plazo en condiciones tropicales. De esta manera, además de evaluar tanto emisiones en veinte minutos como para periodos mayores de tiempo, es posible pronosticar las concentraciones del SO₂ para las condiciones mas desfavorables desde el punto de vista de la dispersión, aumentando por tanto la posibilidades de aplicación del modelo.

Como fuente de emisión de referencia se tomó a la CTE Otto Parellada, a partir de la cual se evaluaron las concentraciones en todos los puntos receptores seleccionados por direcciones del viento desde 500 hasta 4000 metros de distancia de esa fuente.

Para la representación de los resultados a través de mapas se utilizó el Sistema de Información Geográfica (SIG), SPRING (INPE, 1998), el cual reúne los requerimientos para la realización de este trabajo.

Se incluyó también un estudio del comportamiento de las calmas en la región, para evaluar su influencia en los resultados a obtener, dada la reconocida relación de ese tipo de comportamiento del viento en el desarrollo de procesos de contaminación atmosférica urbana. Para ello se procesaron un total de 1323 observaciones de aire superior realizadas en la estación aerológica de Casablanca, en Ciudad de la Habana, Cuba, durante el periodo 1993-2001. Dichas observaciones se realizaron

con la estación aerológica del tipo AVK-1, con radiosondas MRZ-1A, y observaciones realizadas por la técnica de globo piloto.

Resultados

Comportamiento del asma en el municipio.

En la figura 1 se muestra la distribución de los casos de asma en las diferentes áreas de salud del municipio.

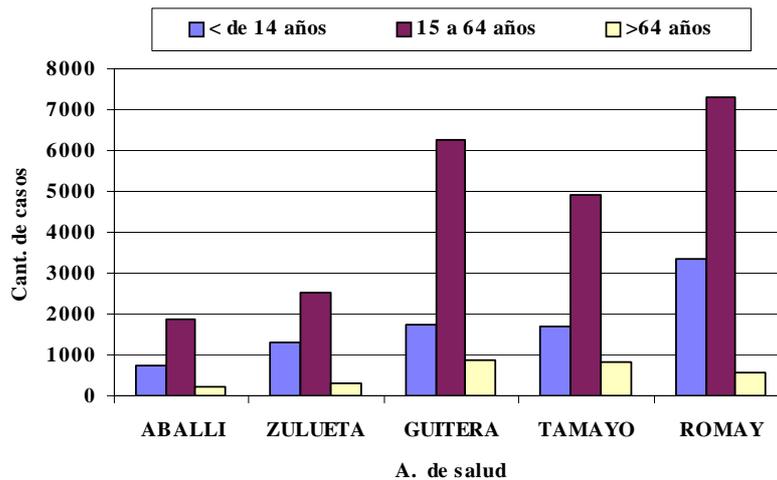


Fig. 1. Casos crónicos de asma por áreas de salud. Hab. Vieja.

Para todas las áreas de salud del municipio se encontró una mayor cantidad de casos crónicos de asma en los adultos de 15 a 64 años, mientras que los mayores de 64 años aparecen como los menos afectados. No obstante, al analizar la prevalencia, se identificó como grupo más crítico a los niños, con un 51.9%, seguidos por los adultos de 15 a 64 años, con 33.9%, en tanto la población de personas mayores de 64 años presentó una prevalencia del 23.5%. En este resultado influyó la mayor permanencia de sujetos de las dos primeras poblaciones en áreas exteriores en el municipio por razones de actividades de trabajo, estudio y otras, en tanto las personas de mayor edad evidentemente pasan un mayor tiempo dentro de las viviendas, elemento que atenúa el impacto de la enfermedad, dado el menor contacto con agentes causales en ese medio.

La orientación de los penachos de la CTE obtenidos de la simulación, identificó al sector desde el SSW hasta el NNW como el más afectado por esa fuente, independientemente del contaminante. Para el SO₂ se obtuvieron en esas

direcciones valores de concentración entre 100 y 2600 μgm^{-3} , superiores a la correspondiente concentración máxima admisible para 24 horas vigente en Cuba y al valor de 80 μgm^{-3} seleccionado como referencia anual.

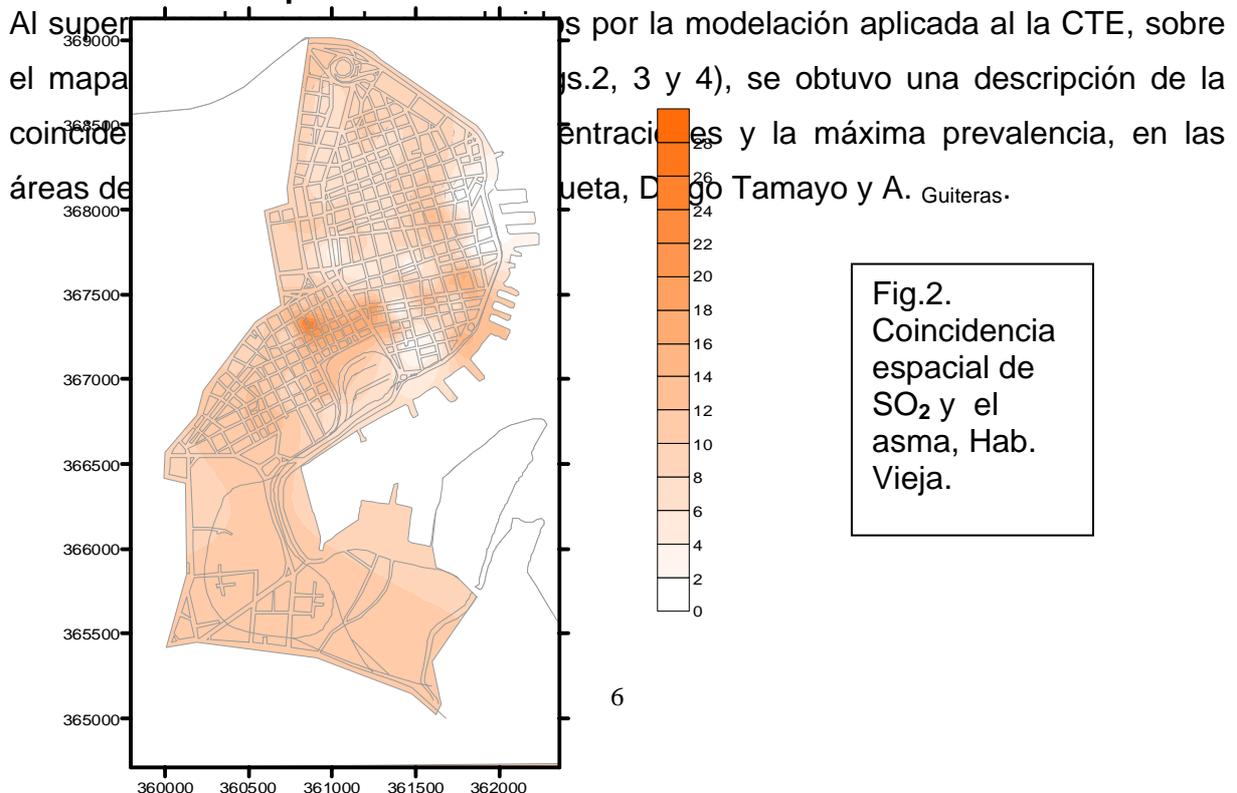
Para el NO_2 , las concentraciones obtenidas del modelo mostraron el mismo patrón de dispersión y oscilaron entre 100 y 1600 μgm^{-3} , algo inferiores a las del SO_2 , pero también por encima de su propia cma.

Las partículas no fueron una excepción en cuanto a su dispersión sobre el territorio, resaltando en este caso la obtención de un rango de concentraciones muy inferior a los de los gases, con máximo y mínimo de 10 y 200 μgm^{-3} respectivamente. Cabe hacer notar, no obstante, que también ese contaminante supera a la correspondiente cma.

Adicionales a las configuraciones principales mostradas por los penachos, sobre áreas hacia la mitad norte del municipio puede apreciarse la presencia de núcleos de concentraciones más bajas orientados en dirección norte a partir de la termoeléctrica. La aparición de esos penachos responde a la ocurrencia de vientos de región sur, generalmente de baja velocidad, que son una típica manifestación del terral en la zona durante las primeras horas de mañana, a la salida de las calmas nocturnas habituales.

Análisis dosis-respuesta

Al super... el mapa... coincide... áreas de... por la modelación aplicada al la CTE, sobre (s.2, 3 y 4), se obtuvo una descripción de la... y la máxima prevalencia, en las... ueta, Diego Tamayo y A. Guiteras.



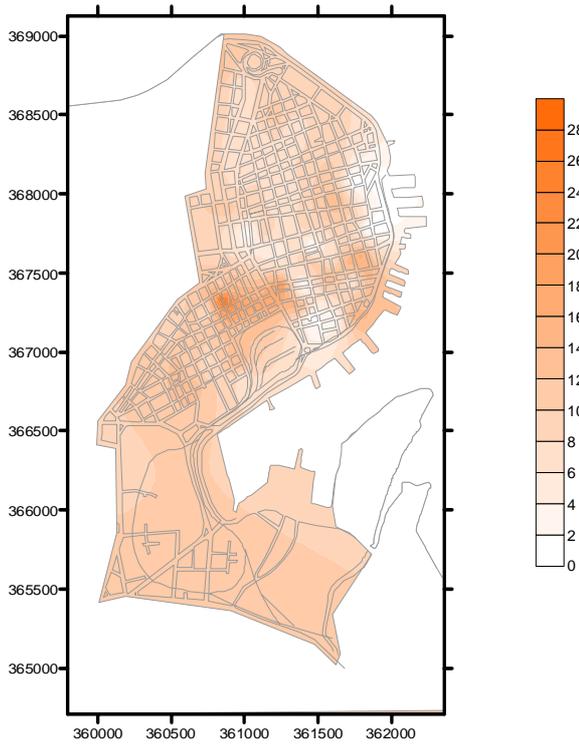


Fig.3.
Coincidencia espacial de NO₂ y el asma, Hab. Vieja.

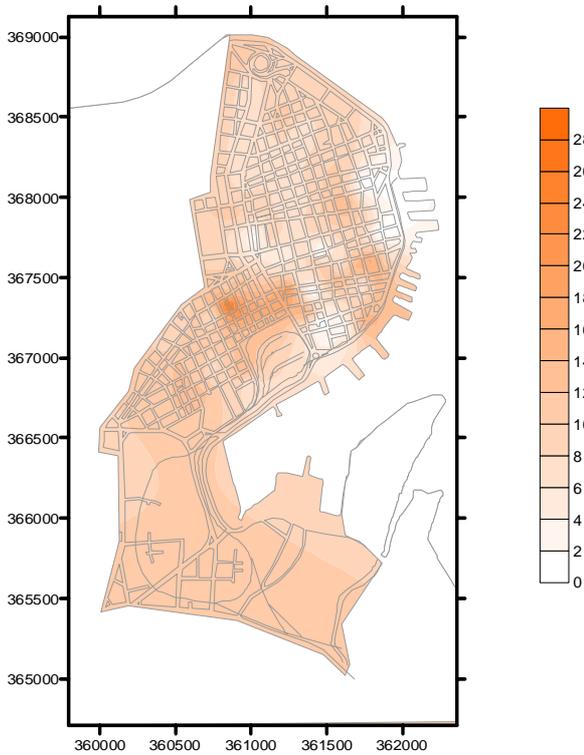


Fig.4.
Coincidencia espacial de PM10 y el asma, Hab. Vieja.

Evaluación de la exposición (efectos crónicos).

En las figuras 5 y 6 se muestran Cocientes de Riesgo asociados al SO₂, estimados para las poblaciones de adultos y niños residentes en áreas de influencia de la CTE, a partir de las DCI determinadas para cada población.

	Adultos											
	n	nne	ne	sse	s	ssw	sw	wsw	w	wnw	nw	nnw
0	4.0	0.0	0.0	0.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	3.6	3.6	4.0
500	8.0	4.0	4.0	4.0	8.0	8.0	8.0	32.1	40.1	16.1	6.0	4.0
1000	12.0	4.0	4.0	4.0	8.0	20.1	4.0	12.0	52.2	16.1	8.0	6.0
1500	8.0	6.0	0.0	4.0	8.0	20.1	28.1	24.1	36.1			
2000	8.0	4.0	0.0	4.0	8.0	20.1	28.1	0.0	40.1			
2500	8.0	4.0	0.0	4.0	8.0	20.1		0.0	32.1			
3000	8.0	4.0	0.0	4.0				0.0	28.1			
3500	6.0	0.0	0.0	4.0								
4000	6.0	0.0	0.0	4.0								

Fig. 5 Cociente de Riesgo para adultos residentes en Habana Vieja, SO₂, efectos crónicos.

En particular las personas situadas en el sector desde el SSW hasta el WNW del municipio aparecieron expuestas a los más altos cocientes de riesgo del SO₂ originados en la CTE, los cuales superaron a la unidad en el 64.1% del total de casos para la población de adultos y en el 56.4% en el caso de los niños, con valores máximos de 52.2 y 97.6 a mil metros de distancia al oeste de la fuente en ambos casos.

	niños											
	n	nne	ne	sse	s	ssw	sw	wsw	w	wnw	nw	nnw
0	7.5	0.0	0.0	0.0	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	6.8	6.8	7.5
500	15.0	7.5	7.5	7.5	15.0	15.0	15.0	60.1	75.1	30.0	11.3	7.5
1000	22.5	7.5	7.5	7.5	15.0	37.5	7.5	22.5	97.6	30.0	15.0	11.3
1500	15.0	11.3	0.0	7.5	15.0	37.5	52.5	45.0	67.6			
2000	15.0	7.5	0.0	7.5	15.0	37.5	52.5		75.1			
2500	15.0	7.5	0.0	7.5	15.0	37.5			60.1			
3000	15.0	7.5	0.0	7.5					52.5			
3500	11.3	0.0	0.0	7.5								
4000	11.3	0.0	0.0	7.5								

Fig. 6. Cociente de riesgo para niños residentes en Habana Vieja, SO₂, efectos crónicos.

Los CR del NO₂ calculados para los adultos (Fig. 7), fueron inferiores a los del SO₂ en todos los puntos de exposición, con un máximo de 40 a 500 y 1000 metros al oeste, aunque para esa población la dirección más comprometida fue la SW por la reiteración de valores de CR superiores a 20.

Para los niños (Fig.8), el CR en el caso del NO₂ alcanzó valores superiores a 10 en el 53.0% de los casos, fundamentalmente en el sector desde el S hasta el NNW, con un máximo de 140,0 a 500 y 1000m al oeste de la fuente.

	n	nne	ne	ene	sse	s	ssw	sw	wsww	w	wnw	nw	nnw
0	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	7.5	7.5	7.5	2.5	2.5
500	7.5	2.5	2.5		2.5	7.5	15	25	15	40	15	2.5	5
1000	10	2.5	2.5		5	7.5	20	25	15	40	12.5	7.5	5
1500	7.5	2.5	2.5		5		17.5	25					
2000	7.5	2.5	2.5		2.5		17.5	22.5					
2500	5	5	0		2.5		12.5						
3000	5	2.5	0		2.5		10						
3500	5												
4000	0												

Fig. 7. Cociente de Riesgo para adultos residentes en Habana Vieja, NO₂ efectos crónicos.

	n	nne	ne	ene	sse	s	ssw	sw	wsww	wnw	nw	nnw	
0	8	8	8	8	8	8	8	8	26	26	26	8	8
500	26	8	8		8	26	52	87	52	140	52	8	17
1000	35	8	8		17	26	70	87	52	140	43	26	17
1500	26	8	8		17	26	61	87					
2000	26	8	8		8	17	61	78					
2500	17	17			8	17	43	70					
3000	17	8			8	17	35	70					
3500	17						35						
4000	0						26						

Fig. 8. Cociente de riesgo para niños residentes en Habana Vieja, NO₂ efectos crónicos.

Para las partículas, como puede verse en la figura 9, solo un pequeño por ciento del total de Cocientes de Riesgo para adultos, asociado a PM10 superó a la unidad, lo cual ocurrió en la dirección NE, de 3000 a 4000 de la fuente. Para los niños residentes en el municipio (Fig. 10), los peores efectos crónicos por causa de ese tipo de partículas, se producen según los cálculos, en los mismos puntos de exposición identificados para los adultos, con un valor máximo del CR de 1.9, a 2500 metros al NE de la CTE.

	n	nne	ne	ene	e	ese	se	sse	s	ssw	sw	ws w	w	wn w	nw	nnw
0	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
500	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4		0	0.2	0.4	0.4	0.4	0.2	0.4	0.4	0.4	0.4
1000	0.6	0.6	0.6	0.4			0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.4	0.4	0.4	0.4
1500	0.6	0.6	0.6	0.4			0.2	0.2	0.2	0.2	0	0.2	0.4	0.4	0.4	0.6
2000	0.8	0.8	0.8	0.6			0.4	0.2	0.2	0.2	0					

2500	0.8	0.8	1	0.8					0.2		0.2					
3000	0.8	0.8	1.2	0.8					0.4							
3500	0.6	0.8	1.2													
4000	0.6	0.6	1.2													

Fig. 9. Cociente de Riesgo para adultos residentes en Habana Vieja, PM10 efectos crónicos.

	n	nne	ne	ene	e	ese	se	sse	s	ssw	sw	ws w	w	wn w	nw	nnw
0	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
500	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0	0	0.4	0.8	0.8	0.8	0.4	0.8	0.8	0.8	0.8
1000	1.1	1.1	1.1	0.8			0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.8	0.8	0.8	0.8
1500	1.1	1.1	1.1	0.8			0.4	0.4	0.4	0.4		0.4	0.8	0.8	0.8	1.1
2000	1.5	1.5	1.5	1.1			0.8	0.4	0.4	0.4						
2500	1.5	1.5	1.9	1.5				0.4		0.4						
3000	1.5	1.5		1.5				0.8								
3500	1.1	1.5														
4000	1.1	1.1														

Fig. 10 Cociente de Riesgo para niños residentes en Habana Vieja, PM10 efectos crónicos.

Efectos agudos

Como se muestra en las figuras figs. 11 y 12, el riesgo sufrir efectos agudos de salud asociados al SO₂ procedente de la CTE fue de magnitud inferior a la correspondiente a los efectos crónicos. En este caso los valores máximos de CR para los adultos y niños aparecieron en el punto de exposición a 1000 metros de distancia al oeste de esa fuente de emisión.

	n	nne	ne	ene	e	ese	se	sse	s	ssw	sw	ws w	w	wn w	nw	nnw
0	0.4	0.0	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	28	1.4	1.4	1.4	0.7	0.7	1.4
500	0.4	1.4	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	24	24	24	9.7	14.0	5.6	2.1	1.4
1000	4.2	1.4	1.4	0.0		0.0	0.0	1.4	24	6.1	12.2	3.7	18.2	5.6	2.8	2.1
1500	2.8	2.1	0.0	0.0		0.0	0.0	1.4	24	6.1	8.5	7.3	12.6			
2000	2.8	1.4	0.0	0.0		0.0	0.0	1.4	24	0.0	0.0		0.0			
2500	2.8	1.4	0.0	0.0		0.0	0.0	1.4	0.0	0.0			0.0			
3000	2.8	1.4	0.0	0.0		0.0	0.0	0.0					0.0			
3500	2.1	0.0		0.0				0.0								
4000	2.1	0.0		0.0				0.0								

Fig. 11 Cociente de riesgo para adultos residentes. SO₂ efectos agudos.

	n	nre	re	ene	e	ese	se	sse	s	ssw	sw	ws	w	wn	nw	nn
500	16	08	08	00	00	00	00	08	16	16	16	62	78	31	12	08
1000	23	08	08	00	00	00	00	08	16	39	08	23	88	27	14	10
1500	16	12	00	00		00	00	08	16	39	55	47	61			
2000	16	08	00	00		00	00	08	16	39	55		68			
2500	16	08	00	00		00	00	08	16	39			54			
3000	16	08	00	00		00	00	08					47			
3500	12	00		00				08								
4000	12	00		00				08								

Fig. 12 Cociente de riesgo para niños residentes. SO₂ efectos agudos.

Para el NO₂, los máximos cocientes de riesgo fueron de 0.9 en el caso de los adultos y 1.3 para los niños (figs. 13 y 14), a 1000 metros y al oeste de la CTE en ambos casos, reafirmando influencia mayoritaria de las emisiones de la central termoeléctrica sobre esas áreas urbanas. Como se aprecia en las figuras, aparte de los valores mencionados, el CR fue superior a la unidad solo en otro punto, también asociado a la exposición infantil y ubicados 1000 metros al oeste de la fuente de emisión.

	n	nne	ne	ene	e	ese	se	sse	s	ssw	sw	ws	w	wn	nw	nn
0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1
500	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.5	0.3	0.9	0.3	0.1	0.1
1000	0.2	0.1	0.1	0.1		0.1	0.1	0.1	0.2	0.4	0.5	0.3	0.9	0.3	0.2	0.1
1500	0.2	0.1	0.1	0.1		0.1	0.1	0.1	0.2	0.4	0.5	0.3	0.9	0.2	0.2	0.2
2000	0.2	0.1	0.1	0.1		0.1	0.1	0.1	0.1	0.4	0.5		0.9			
2500	0.1	0.1	0	0.1		0.1	0.1	0.1	0.1	0.3			0.9			
3000	0.1	0.1	0	0.1		0.1	0.1	0.1					0.9			
3500	0.1	0	0	0.1												
4000																

Fig. 13 Cociente de riesgo para adultos residentes NO₂ efectos agudos.

	n	nne	ne	ene	e	ese	se	sse	s	ssw	sw	ws	w	wn	nw	nn
500	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.5	0.8	0.5	1.3	0.5	0.1	0.2
1000	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.6	0.8	0.5	1.3	0.4	0.2	0.2
1500	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.6	0.8			0.3		
2000	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.6	0.7			0.2		
2500	0.2	0.2						0.1	0.2	0.4	0.6			0.2		

3000	0.2	0.1							0.1	0.2	0.3	0.6			0.2		
3500	0.2										0.3						
4000	0										0.2						

Fig. 14 Cociente de riesgo para niños residentes en Habana Vieja, NO₂ efectos agudos.

Los cocientes de Riesgo determinados para efectos agudos provocados por las partículas PM10 procedentes de la CTE (figs. 15 y 16), resultaron inferiores a la unidad en el 100% de los casos, tanto para adultos, como para los residentes infantiles. Ese resultado demostró en primer lugar, que la CTE no representa de momento, como fuente de emisión de ese tipo de contaminante, un peligro serio para la salud de la población en La Habana Vieja.

	n	nne	ne	ene	e	ese	se	sse	s	ssw	sw	ws w	w	wn w	nw	nn w
0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1			0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
500	0.2	0.1	0	0	0			0.2	0.2	0.1	0.5	0.1	0.2	0.3	0.2	0.2
1000	0.3	0.1	0					0.2	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.3		0.2
1500	0.2	0.1	0					0.2	0.2	0.6	0.2					
2000	0.2							0.1	0.2	0.5	0.1					
2500	0.2							0.1	0.2	0.4	0.5					
3000	0.2							0.1		0.3	0.5					
3500	0.1															
4000	0.1															

Fig. 15 Cociente de riesgo para adultos residentes PM10 efectos agudos.

	n	nne	ne	ene	e	ese	se	sse	s	ssw	sw	ws w	w	wn w	nw	nn w
500	0	0	0	0	0			0	0	0	0	0	0	0	0	0
1000	0	0	0					0	0	0	0	0	0	0		0
1500	0	0	0					0	0	0	0					
2000	0							0	0	0	0					
2500	0							0	0	0	0					
3000	0							0		0	0					
3500	0															
4000	0															

Fig. 16. Cociente de riesgo para niños residentes, PM10 efectos agudos.

Caracterización de riesgo

Factores determinantes en el carácter del riesgo

Severidad del efecto

Actualmente no puede aseverarse que el padecimiento de asma bronquial crónica en La Habana Vieja dependa enteramente de la presencia de contaminantes en la atmósfera local; existen lugares donde, aun con una buena calidad del aire, se producen afectaciones en la salud por esta enfermedad. No obstante, la manifestación de altas concentraciones del SO₂ y las partículas en suspensión en ese territorio, puede disparar las crisis entre los pacientes crónicos de esa enfermedad. Los síntomas de tales crisis desaparecen después de un determinado periodo de tiempo, pudiendo decirse que los residentes del municipio son expuestos entonces, a un efecto catalogado como de tipo adverso.

Riesgo Individual

La observación de la Tabla 1, permite distinguir claramente la distribución del riesgo que afecta a niños y adultos en el municipio.

Tabla 1. Porcentaje de CR superiores a la unidad obtenidos para cada grupo de edad.

Contaminantes	CR>1 adultos (Ef. Crónicos)		CR>1 adultos (Ef. agudos)		CR>1 niños (Ef. Crónicos)		CR>1 niños (Ef. agudos)	
	CTE	Refinería	CTE	Refinería	CTE	Refinería	CTE	Refinería
SO ₂	64.1	97.0	10.2	20.5	56.4	84.0	35.8	0.0
NO ₂	6.3	---	0.0	-----	19.2	-----	2.5	----
PM ₁₀	7.7	0.0	0.0	0.0	28.3	4.8	0.0	CTE

En tales situaciones, a pesar de que los efectos relacionados con los contaminantes estudiados en este trabajo no califican entre los más graves, podrían producirse importantes impactos negativos por concepto de picos en la atención médica e imposibilidad de realizar actividades normales de trabajo.

Población expuesta.

La elevada cantidad de residentes en ese municipio, condiciona la existencia de un alto potencial para que ocurran incrementos serios en las crisis agudas del asma, en condiciones desfavorables para la ventilación natural en la zona.

Factores meteorológicos

En el análisis del comportamiento de la marcha anual de las Csup1, Ccsup1 y las Vsup2, Cvsup2 (fig.17), existe un comportamiento similar. Se presentan los máximos de frecuencia de ocurrencia en los meses comprendidos en el periodo lluvioso, con el máximo absoluto en el mes de junio para los casos de Csup1 y en septiembre para Ccsup1 y para las Vsup2 el máximo absoluto se presenta en el mes de junio (78,7%), y en los meses de junio y julio para las Cvsup2 con el 75%.

En los meses que corresponden al periodo poco lluvioso se observan las menores frecuencias de ocurrencias, presentándose el mínimo absoluto en el mes de octubre (29,2%) para las Csup1 y para el mes de febrero el 20,2% en los casos de Ccsup1 disminuyendo hasta alcanzar los valores mínimos en el mes de diciembre (Vsup2, 38,6%; Cvsup2, 36,8%) y mínimos relativos en el mes de abril respectivamente (Vsup2, 39,1%; Cvsup2, 38,2%).

Resultó significativo encontrar en este resultado, que el periodo de máxima ocurrencia de las calmas se produce en el mes de junio, el mismo en que ha sido verificada recientemente la máxima ocurrencia de episodios de contaminación en la región de estudio (Sánchez et. al., 2003).

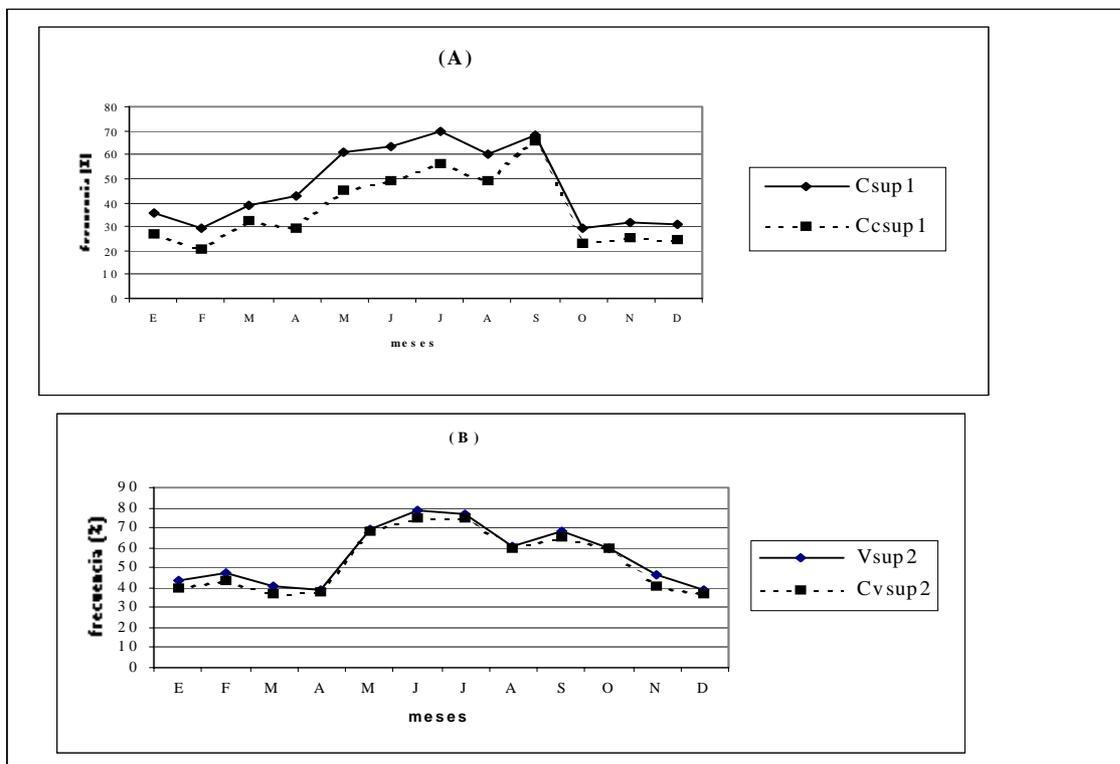


Fig. 17. Marcha anual para la ocurrencia de (A) - Ccsup1 y (B) - Cvsup2, para toda la muestra de datos. Casablanca. Periodo 1993-2001. 1200 UTC
Comportamiento de los máximos de rapidez del viento (MRV)

La tabla 2 muestra la distribución de frecuencia (%) de las alturas a que se producen estos máximos en la estación Casa Blanca a las 0700 hora local.

Tabla 4.3. Distribución de frecuencia (%) de la altura en que se producen los máximos de rapidez del viento en los semestres Noviembre – Abril y Mayo – Octubre en la estación Casa Blanca a las 0700 hora local.

Capas (mts)	Noviembre – Abril	Mayo - Octubre
Sup – 200	12.72	10.83
200 – 400	33.33	37.97
400 – 600	22.89	21.25
600 – 800	9.11	9.89
800 – 1000	14.46	14.44
1000- 1200	7.5	5.61

En la misma puede apreciarse una frecuencia de los MRV superior al 50 % por debajo de los 600 mts de altura, lo cual adquiere una importancia enorme, ya que es en esta capa donde ocurren la mayor parte de los procesos de contaminación a escala local. Tales condiciones, si bien ayudan a disminuir la concentración en los alrededores de las fuentes, como ciertamente ocurre en el área de estudio, también provocan un incremento de la contaminación en regiones alejadas de las mismas, lo cual podría ser un grave peligro por la acción de los contaminantes en esas zonas.

Estos máximos, como se muestra en la Tabla 3, ocurren con rumbo E como predominante en ambos períodos, pero fundamentalmente en el período lluvioso donde su frecuencia supera el 40 %, mientras que en el período poco lluvioso la frecuencia apenas rebasa el 29 %.

Tabla 3. Distribución de frecuencia (%) por rumbos de los valores máximos de la rapidez del viento en los semestres Noviembre – Abril y Mayo – Octubre en la estación Casa Blanca a las 0700 hora local.

Rumbos	Noviembre – Abril	Mayo - Octubre
N	11.53	2.01
NE	17.56	9.65
E	29.04	40.48
SE	19.70	25.87
S	9.92	14.48
SW	4.15	4.69
W	3.08	1.34
NW	4.96	1.47

En una situación como la descrita en este trabajo, se pone de manifiesto la necesidad de aplicar medidas que posibiliten la disminución de los niveles de riesgo identificados. Tales medidas tendrían que ver por un lado con la disminución de las emisiones hasta niveles que aseguren una calidad del aire adecuada, y por otro, con posibles cambios en la duración y frecuencia de las exposiciones de los individuos a la contaminación en áreas del municipio.

No obstante los aspectos negativos señalados en diferentes partes de este trabajo, existen otros que deben ser considerados al evaluar los resultados obtenidos, sobre todos por aquellos que tienen que ver con la toma de decisiones relativas a la protección del medio ambiente en el territorio. Por ejemplo, hay que tener en cuenta que los CR han sido calculados asumiendo que las personas en el municipio son expuestas a concentraciones promedio para el periodo de estudio, durante el cual las condiciones meteorológicas son las más desfavorables. Por otro lado, en la evaluación de efectos crónicos se consideran tiempos de exposición de 75 años para los adultos y de 14 años para los niños.

Debe tenerse en cuenta también que en realidad la población en el municipio está expuesta a niveles de contaminación inferiores a los obtenidos en la modelación. Esto último se relaciona con la movilidad que realmente puede llevar a una parte de esa población fuera del municipio por diferentes razones.

Independientemente de las incertidumbres que por estas y otras razones ya señaladas, se asocian a los resultados obtenidos, los mismos tienen el gran valor de indicarnos la dirección en la cual deben buscarse los problemas ambientales potenciales en el territorio, además de representar un importante componente metodológico que seguramente puede servir para profundizar en el estudio de las relaciones salud – medio ambiente.

De tal manera, se ha recomendado a las instancias pertinentes, considerar el apoyo a la extensión del trabajo con vistas a profundizar en el conocimiento de esas relaciones, tanto en el municipio Habana Vieja, como en otros territorios de la ciudad de La Habana.

Conclusiones y Recomendaciones

1. Los casos crónicos de asma se distribuyen en el municipio de acuerdo con el nivel de exposición característico para cada grupo de edad.
2. Los resultados obtenidos de la Modelización, identifican al sector desde el SSW hasta el NNW, como el más afectado por emisiones desde la CTE, en tanto la mayor influencia de la refinería se produce sobre zonas de la mitad norte del municipio.
3. El cociente de riesgo demostró ser una importante herramienta para caracterizar la distribución espacial de riesgos no cancerígenos para la salud por exposición a los contaminantes atmosféricos.
4. Según la clasificación aplicada en la caracterización de riesgo, los residentes del municipio son expuestos a un efecto que puede ser catalogado como de tipo adverso.
5. La elevada cantidad de residentes en ese municipio, condiciona la existencia de un alto potencial para incrementos en las crisis agudas del asma en condiciones desfavorables para la ventilación natural en la zona. En tales situaciones, a pesar de que el efecto identificado en el presente estudio no califica entre los más graves, podrían producirse importantes impactos negativos por concepto de picos en la atención médica e imposibilidad de realizar actividades normales.
6. El comportamiento mostrado por las capas de calmas y los vientos débiles desde 0 hasta 400 metros de altura asociados a condiciones anticiclónicas, favorece notablemente el desarrollo de procesos de estancamiento y, con ello, un elevado nivel de riesgo para la salud de los residentes en el municipio.
7. En ausencia de calmas, la ocurrencia de máximos de rapidez del viento entre 200 y 400 metros de altura, con dirección este – oeste, contribuye a la presencia de altas concentraciones de contaminantes sobre la Habana Vieja y otros municipios al oeste de la bahía.
8. La manifestación del chorro de bajo nivel en Casablanca, aunque a nivel local puede propiciar condiciones de relativa limpieza en la capa atmosférica por debajo de 400 metros, también influye en el traslado de los contaminantes hacia zonas alejadas.

Referencias

- ADAMS, W. C., 1993. Measurement of breathing rate and volume in routinely performed activities. Final Report, California Air Sources Board (CARB). Contract No. A033-205. June 1993, 185 pages.
- Álvarez O. (1991): Diagnostico y pronostico de la contaminación del aire por SO₂ y H₂S en Mo. Modelación con consideraciones de terreno plano. Tesis para el grado de doctor en ciencias físico – geográficas, INSMET, La Habana.
- BERLYAND, M. E., 1975: Sobrienniye problemi atmosfiroi diffuzii y zagriasheniya atmosfiri. Gidrometeoizdat Leningrad.
- CEN (1987): NC 93 - 02 - 102 Atmósfera, Términos y Definiciones. Norma Cubana., La Habana
- Environmental Protection Agency (USEPA), Office of Air Quality Planning and Standards, Review of National Ambient Air Quality Standards for Particulate Matter: Policy Assessment of Scientific and Technical Information, Report No. EPA-452/R-96-013 (USEPA, Washington, D.C., 1996), pp. V-2-V-24, V-27-V-28, V-71.
- LAYTON, D. W., 1993. Metabolically consistent breathing rates for use in dose assessments. Health Phys., 64, 1, 23-36
- Organización Panamericana de la Salud (2003): metodología de identificación y evaluación de riesgos para la salud en sitios contaminados.
- Peters, A. et al., "Acute Effects of Exposure to High Levels of Air Pollution in Eastern Europe," American Journal of Epidemiology, Vol.144, No. 6 (1996), pp. 570, 578-80.
- Sunyer J. et al., "Air Pollution and Mortality in Barcelona," Journal of Epidemiology and Community Health, Vol. 50 (Supplement 1) (April 1996), p. S76.
- Touloumi, G. E. Samoli, and K. Katsouyanni, "Daily Mortality and 'Winter type' Air Pollution In Athens, Greece: A Time Series Analysis Within the APHEA Project," Journal of Epidemiology and Community Health, Vol. 50 (Supplement 1) (April 1996), p. S47.
- Vigotti M. et al., "Short-Term Effects of Urban Air Pollution on Respiratory Health in Milan, Italy, 1980-1989," Journal of Epidemiology and Community Health, Vol. 50 (Supplement 1) (April 1996), p. S71.
- World Health Organization (WHO), Update and Revision of the Air Quality Guidelines for Europe, WHO Regional Office for Europe, Report No. EUR/ICP/EHAZ 94-05/PB01 (WHO, Copenhagen, 1994), p. 14.