

# Influencia de la contaminación atmosférica sobre el asma bronquial en el municipio de Regla. Costos ambientales asociados

*Influence of atmospheric contamination on bronchial asthma in Regla municipality. Environmental costs associated*

**Lic. Gleidys C. Marcelo García** | [gleidys.marcelo@insmet.cu](mailto:gleidys.marcelo@insmet.cu) | Centro de Pronósticos, Instituto de Meteorología

**Dr. Carlos Gómez Gutiérrez** | [cgomez@instec.cu](mailto:cgomez@instec.cu) | Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas

**Dr. Antonio Wallo Vázquez** | [wallo@patrimonio.ohc.cu](mailto:wallo@patrimonio.ohc.cu) | Planetario, Oficina del Historiador de la Ciudad

Recibido: enero 23, 2014; aceptado: abril 2, 2014.

## Resumen

La influencia de la contaminación atmosférica y las condiciones meteorológicas sobre la salud humana ha adquirido una gran importancia en los últimos años; por tanto, resulta interesante evaluar cuánto podría ahorrarse al minimizar la acción de estos dos factores sobre la calidad de vida de las personas. En este contexto, se realiza el análisis de cómo han incidido las variables meteorológicas y los contaminantes atmosféricos sobre el asma bronquial, con el objetivo de establecer sus vínculos y los costos ambientales asociados. Se tomó como polígono experimental el municipio capitalino de Regla y se calculó el peso relativo de la contaminación del aire en la enfermedad (33.87 %), así como sus costos ambientales dada la influencia que tienen sobre esta el clima y los contaminantes atmosféricos. De esta manera, se logró un modelo general de costos directos e indirectos para el tratamiento de asma bronquial en el municipio de Regla. El cálculo de los costos ambientales permitirá al gobierno, los organismos y dirigentes de empresas, que son quienes toman las decisiones, tener una herramienta importante en sus manos con vistas a la gestión de la calidad del aire.

**PALABRAS CLAVE:** Contaminación atmosférica, variables meteorológicas, asma bronquial, costos ambientales, Regla.

## Abstract

The influence of air pollution and weather on human health has gotten enormous importance in recent years. Therefore, it is interesting to evaluate how much product money could be saved, due to minimize the action of these two factors on people's life quality. Within this context, it proposes an analysis of how the weather variables and atmospheric pollutants have affected on bronchial asthma, with the aim of establishing links and related environmental costs. Regla was taken as experimental polygon. It was calculated the relative weight of air pollution in the disease, which is a 33.87 % and the environmental costs of asthma, due to the climate and air pollutants' influence on it. In this way, we achieved a general model of direct and indirect costs of bronchial asthma' treatment for Regla. The calculation of environmental costs will enable decision makers to have an important tool in their hands to manage air quality.

KEYWORDS: Atmospheric contamination, meteorological variables, bronchial asthma, environmental costs, Regla.

## Introducción

Las grandes aglomeraciones urbanas, en crecimiento progresivo, y el desarrollo económico manifiestan un incremento significativo del número de fuentes de contaminación; por ende, estas contribuyen de modo cada vez más acelerado a generar daños a la calidad del medio ambiente atmosférico, interpretado este como el conjunto de características físicas (relacionadas con el clima) y químicas (relativas a la contaminación del aire) de la atmósfera. Estas modificaciones o daños se reflejan en el deterioro de ciertos materiales, así como en las afectaciones de diverso grado a los ecosistemas y la salud humana, con el consiguiente impacto en la calidad de vida de los seres vivos.

Los trastornos respiratorios constituyen uno de los problemas mejor identificados en relación con la contaminación atmosférica. El asma bronquial es una enfermedad de causas multifactoriales, en cuyo origen están presentes aspectos genéticos, biológicos, sociales, climatológicos y de contaminación. De modo que resulta necesario desentrañar el peso y el papel de cada uno de estos diferentes elementos. Se trata también de un problema de salud de riesgo elevado para la vida, que afecta sensiblemente no solo a quienes lo padecen, sino también a sus familiares y, en consecuencia, se incurre en costosos gastos del sistema de salud y pérdidas laborales. Al respecto puede citarse un estudio realizado en los Estados Unidos de América, en 1990, según el cual los costos estimados del asma bronquial en ese año ascendieron a 6,206 millones de dólares (Weiss *et al.*, 1992).

En Cuba se han realizado investigaciones sobre la relación entre el medio ambiente atmosférico y la salud (Cuesta *et al.*, 2000a, 2000b y 2001; Wallo *et*

*al.*, 2004a), las cuales presentan una relevancia mayor puesto que, actualmente, las enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT) son las principales causas de morbi-mortalidad en el país. El asma bronquial ocupa un lugar destacado dentro de este grupo. En particular, en el municipio de Regla, constituye un problema de salud severo vinculado con la contaminación ambiental que afecta esta zona (Romero *et al.*, 2006; Wallo *et al.*, 2004b; Wallo, 2005).

Las estadísticas de salud asociadas directamente a la contaminación atmosférica son, prácticamente, inexistentes en el país; además, resulta poco frecuente encontrar estudios de costos incurridos por este concepto. En la actualidad, las inversiones necesarias para reducir la contaminación son, en general, muy costosas; en cambio, cualquier valor obtenido en términos de costos causados por el padecimiento de una enfermedad (o la muerte) es, seguramente, inferior a lo que se hubiera estado dispuesto a pagar por no haberlo padecido (Gómez, 2009). Entonces, la determinación de los costos ambientales es una herramienta eficaz en la toma de decisiones y constituye el primer paso para lograr un análisis preciso acerca de dónde invertir recursos monetarios en el futuro en pos de reducir las emisiones de contaminantes, y con ello mejorar la calidad del aire y restablecer la salud. Esta primera aproximación permitirá identificar un método de enfoque económico y realizar una valoración estimada de los costos en que incurre la sociedad. En este contexto, se propone caracterizar la calidad del aire y las condiciones meteorológicas en el municipio de Regla, para determinar las afectaciones provocadas a los pacientes de asma bronquial y calcular los costos ambientales asociados al sistema de salud generados por estos factores.

## **Materiales y métodos**

### **Modelo seleccionado. Municipio de Regla**

Para la realización de la investigación se seleccionó como polígono experimental el municipio de Regla y el período que se estudia es de 11 años (1998–2008). Esta elección se basó en el informe del asma bronquial como un problema de salud en la zona, la existencia de mediciones de las variables meteorológicas y de concentración de contaminantes del aire en la zona (hasta 2005).

### **Información meteorológico-climática**

La información meteorológica de las variables *temperatura seca, precipitación, humedad relativa, presión, fuerza del viento, horas sol, nubosidad y tensión de vapor* se obtuvo del Centro del Clima, en consultas de los libros de registro diario de las observaciones para cada una de las estaciones (meteorológica y de monitoreo) en los días, meses y años de interés.

### **Principales contaminantes en estudio.**

#### **Métodos de muestreo y análisis químico**

Los contaminantes y sus concentraciones máximas admisibles (Cma) según NC son los siguientes: 39:1999 son: SO<sub>2</sub>-Cma 50 µg/m<sup>3</sup>; NO<sub>2</sub> Cma-40 µg/m<sup>3</sup>; NO-Cma 600 µg/m<sup>3</sup>; PST-Cma 100 µg/m<sup>3</sup>. Estos fueron medidos mediante una estación de monitoreo ubicada en el centro del poblado de Regla. Los valores obtenidos de las mediciones y el análisis químicos de los contaminantes estudiados se realizaron según las metodologías recomendadas por la Red de Vigilancia de la Atmósfera Global (VAG) de la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y la Organización Mundial de la Salud (WHO, 1997), y son las empleadas oficialmente por el Centro de Contaminación y Química Atmosférica (CECONT), del Instituto de Meteorología del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente.

### **Obtención y procesamiento de los datos referidos al asma bronquial**

Los datos concernientes a los asmáticos se tomaron de los consultorios del médico de familia, a partir de los registros de pacientes dispensarizados, mientras que los referentes a las crisis agudas de la enfermedad se obtuvieron del cuerpo de guardia del policlínico Lidia y Clodomira, en el municipio de Regla. La media anual de hospitalizaciones por asma bronquial se tomó de las remisiones hospitalarias realizadas en el policlínico. De conjunto, se obtuvieron datos estadísticos referidos al comportamiento de esta enfermedad en el municipio, a partir de los anuarios de la Oficina Nacional de Estadísticas de la República de Cuba (ONE) y el Ministerio de Salud Pública, ambos en su versión actualizada de 2009.

La técnica de la entrevista resultó fundamental con miras a la identificación de los medicamentos utilizados en el tratamiento, y en la obtención de sus costos a niveles farmacéuticos y hospitalarios.

### **Análisis estadístico y tratamiento de los datos**

El procesamiento estadístico, en general, se efectuó por métodos de uso común para estos fines, los cuales se encuentran integrados en paquetes de programas estadísticos, tales como Statistic y Excel. Para el análisis estadístico de los datos y la determinación de las relaciones entre contaminación, variables meteorológicas y casos de asma bronquial se utilizó el método de correlación.

### **Estimación de los costos ambientales de tratamiento de asma bronquial**

Los costos de tratamiento de la patología se obtuvieron a partir de la estimación de los costos directos e indirectos. Una vez obtenido los valores directos e indirectos del costo de tratamiento de esta enfermedad, para cada año que se estudia, estos se promedian y, de este modo, se obtiene el costo ambiental anual de tratamiento de asma bronquial.

Dentro de los *costos directos* se consideran los costos propios del sistema de salud, tales como los referidos a:

1. **ATENCIÓN PRIMARIA.** Incluyen los costos asociados a la consulta del médico de la familia y la atención en el policlínico. El *costo de atención en el policlínico* (CAP) se obtiene mediante el número de pacientes atendidos (PA) por el *costo de consulta en policlínico* (CCP). De forma similar, se obtiene el *costo de atención a pacientes asmáticos de otros servicios primarios* (COSPr), en el cual se incluye, además, el del médico de la familia.

$$\begin{aligned} \text{CAP} &= \text{PA} * \text{CCP} \\ \text{COSPr} &= \text{PA} * \text{CCOSPr} \\ \text{CAPr} &= \text{CAP} + \text{COSPr} \end{aligned}$$

Donde el costo de consulta del médico de la familia es 12.83 MN; el costo de consulta en el policlínico es 4.03 MN en cuerpo de guardia y 5.07 MN en la interconsulta (Varona et al., 2005). Como costo de consulta en el policlínico se utilizará, solamente, 5.00 MN.

2. **INGRESOS HOSPITALARIOS.** Son el promedio del costo diario de ingreso (CDI) (60.00 MN) por la estancia media (EM) de un asmático en el hospital (5 días promedio, doctor Cívico, Hospital Calixto García, referencia oral) por la cantidad de pacientes asmáticos remitidos a ingreso hospitalario cada año (CPABRIHCA). Por tanto, el ingreso hospitalario costará:

$$\text{CAIH} = (\Sigma(\text{CDI} * \text{EM} * \text{CPABRIHCA})/11$$

3. **CONSUMO DE FÁRMACOS (CMSGS).** Este, según el grado de severidad del padecimiento, será el siguiente:

$$\text{CMSGS} = \Sigma(\text{CPSGS} * \text{GMA})$$

Donde: CMSGS es el *costo de medicamentos según el grado de severidad*, CPSGS es la *cantidad de pacientes*

*clasificados según los distintos grados de severidad* y GMA es el *gasto medio anual* de los pacientes en cada nivel de severidad de la enfermedad.

El valor de costo de medicamentos está subsidiado. Para obtener un valor comparable internacionalmente (CMCI), se multiplica el costo de medicamentos (CMSGS) por un coeficiente de precios (CP) respecto a los precios internacionales (18), obtenido por la comparación con los costos internacionales de los principales medicamentos utilizados por los asmáticos.

$$\text{CMCI} = \text{CMSGS} * \text{CP}$$

Los costos indirectos son aquellos incurridos por la sociedad como consecuencia del padecimiento del asma, que no pueden identificarse directamente, pero son susceptibles de una estimación. Se propone considerar los siguientes:

4. **PÉRDIDA DE SALARIOS** por ausencias al trabajo. Es causada por la enfermedad y se obtiene del producto del *total de días estimados de ausencia laboral* (TDEAL) por el *salario medio diario* (SMD) de cada año.

$$\begin{aligned} \text{PSAL} &= \text{TDEAL} * \text{SMD} \text{ (cada año)} \\ \text{TDEAL} &= (\text{CABAPH} * 5) + (\text{IH} * 10) + (\text{CABACMF} * 2) \\ \text{PSAL} &= \text{Prom}(\text{TDEAL} * \text{SMD}) \end{aligned}$$

5. **GASTOS DE BOLSILLO** de un asmático (GB). Son los referidos al gasto anual por los conceptos de *transportación*, *adquisición* y *consumo* de fármacos directamente por los pacientes, así como en *refuerzos* de la alimentación. El **GASTO DE BOLSILLO ANUAL** (GBA) se obtiene de multiplicar el *salario medio mensual de la población* (SMM) por un *coeficiente de gasto* (CG) promedio sobre el salario medio mensual, por 12, para, de esa forma, obtener el valor anual.

$$\text{GBA} = \text{SMM} * \text{CG} * 12$$

6. PÉRDIDA DE PRODUCTIVIDAD POR MORTALIDAD (PPMt). Contempla los aportes dejados de realizar al producto interno bruto (PIB) del país como consecuencia de los fallecimientos por asma. Esto es mucho menor que el valor atribuible a la pérdida de una vida humana, pero es un modo de medir su repercusión económica. Se calcula según el salario medio anual dejado de percibir (PPMtSMA) o por las ganancias económicas per cápita dejadas de aportar, cada año, a la economía nacional (PIBPCNAENPMt). Se utilizará el PIB de 2008 (87,500 millones de pesos), el cual se obtuvo del *Anuario de la Oficina Nacional de Estadística* (ONE, 2009). Por tanto, los costos asociados a la mortalidad se calculan de la manera siguiente:

$$\begin{aligned} \text{PPMtSMA} &= \text{SMA} * \text{AVPPRe} \\ \text{PIBPCNAENPMt} &= \text{PIBPC} * \text{AVPPRe} \end{aligned}$$

Donde: SMA es el salario medio anual (SMA) y AVPPRe son los años de vida potencialmente perdidos en el municipio de Regla (este dato se recogió de los indicadores básicos del MINSAP para 2009, y luego se extrapoló al polígono experimental).

La técnica de cálculo desarrollada se basa en metodologías aplicadas en experiencias internacionales (Weiss *et al.*, 1992; Toelle B. *et al.*, 1995) y nacionales (Meneses *et al.*, 2005 y Varona *et al.*, 2005), de las cuales se extrapolan datos de interés para aplicarse en las condiciones específicas del municipio de Regla, puesto que en la zona no se había realizado un estudio con este enfoque. Asimismo, se emplearon datos de los anuarios estadísticos, tanto del MINSAP, como de la ONE, ambos en su versión actualizada de 2009. El propósito no es obtener un valor exacto, sino desarrollar un método general que permita demostrar que la contaminación atmosférica incide sobre la frecuencia y la severidad del asma bronquial y, por tanto, sobre el costo de su tratamiento; por ello, en

varios casos se utilizan valores aproximados.

Por supuesto, los datos reflejados no significan que sean los únicos pertenecientes a los costos directos e indirectos asociados al asma bronquial, sino que son los que se calcularán, por presentar una relación mayor con la contaminación.

## Resultados

### Medición de los valores de las variables meteorológicas y los contaminantes atmosféricos de interés en el municipio de Regla

En el período de interés, se realizó a escala local una identificación del comportamiento mensual de las variables meteorológicas temperatura seca, humedad relativa y tensión de vapor, así como de los contaminantes atmosféricos dióxido de azufre, monóxido de nitrógeno, dióxido de nitrógeno y partículas en suspensión total.

### Temperatura seca

La *temperatura seca* (TTS) presenta sus máximos valores en los meses del período lluvioso del año; los mínimos ocurren hacia el período poco lluvioso, con la llegada de los frentes fríos y anticiclones continentales migratorios, los cuales inciden en la disminución de los valores de esta variable (Fig. 1).

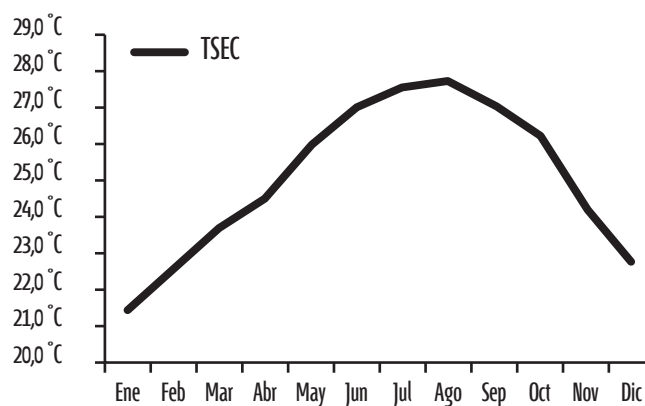


Fig. 1 Comportamiento mensual promedio de la temperatura seca en el período 1998-2008.

### Humedad relativa (Hr)

La *humedad relativa* (Hr) presenta una conexión fuerte con la precipitación y, en este sentido, concentra sus mayores valores en la época lluviosa (Fig. 2). Posee un máximo absoluto en octubre, dada la influencia de los ciclones tropicales. Los valores de humedad comienzan a aumentar desde abril, cuando ocurre el mínimo absoluto para esta variable, hasta octubre, a partir del cual inicia una disminución.



Fig. 2 Comportamiento mensual promedio de la humedad relativa en el período 1998-2008.

### Tensión de vapor

La *tensión de vapor* (TV) muestra un comportamiento estacional estrechamente ligado al de la temperatura y la precipitación; por tanto, la influencia mayor de esta variable coincide con el período lluvioso del año (Fig. 3). Presenta sus valores máximos de junio a septiembre.

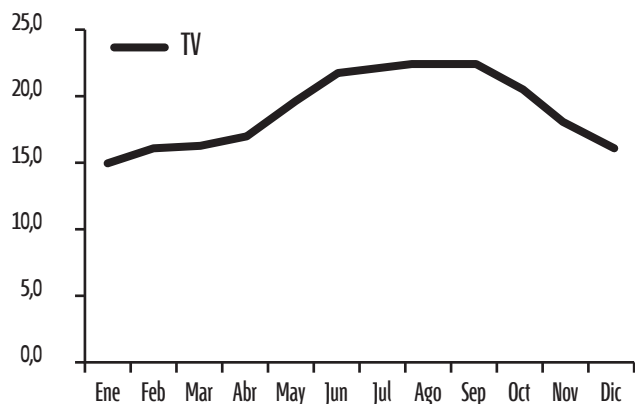


Fig. 3 Comportamiento mensual promedio de la tensión de vapor en el período 1998-2008.

### Dióxido de azufre

La figura 4 muestra el comportamiento mensual de los valores de dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ), los cuales se concentran hacia el período poco lluvioso del año e influyen sobremanera en la estabilidad térmica. Presenta sus valores máximos, fundamentalmente, durante diciembre y enero.

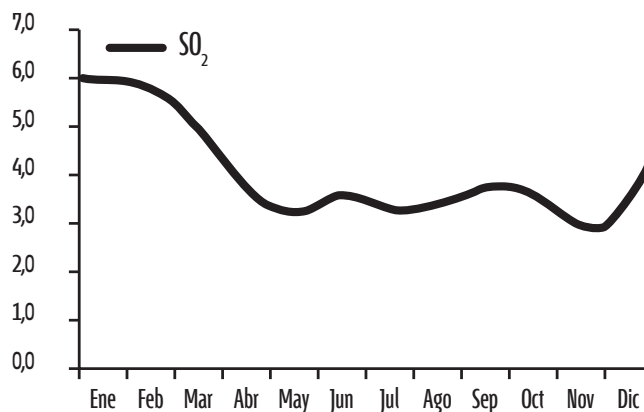


Fig. 4 Comportamiento mensual promedio del dióxido de azufre en el período 1998-2005.

### Monóxido de nitrógeno y dióxido de nitrógeno

Los óxidos de nitrógeno –el monóxido (NO) y el dióxido ( $\text{NO}_2$ )– muestran un comportamiento similar al del  $\text{SO}_2$  (Fig. 5). Los valores máximos de estos compuestos también se concentran entre diciembre y enero; en cambio, los mínimos se presentan al principio y al final de la temporada lluviosa del año. La presencia de la precipitación ayuda a limpiar el aire de estos gases.

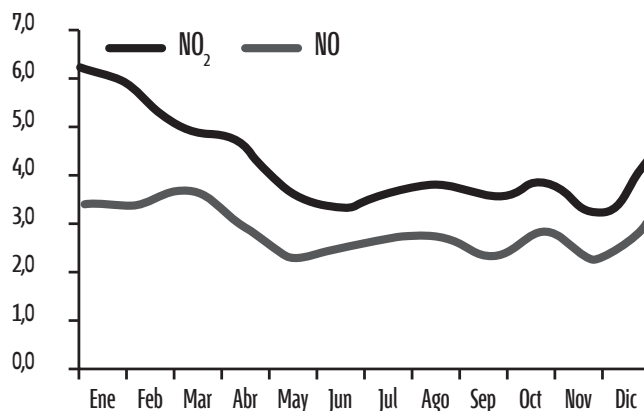


Fig. 5 Comportamiento mensual promedio del dióxido de nitrógeno y el monóxido de nitrógeno en el período 1998-2005.

### Partícula en suspensión total

Las *partículas en suspensión total* (PST) (Fig. 6) presentan sus concentraciones máximas en el período poco lluvioso del año; sus valores mayores se concentran, sobre todo, en noviembre, diciembre y enero. En la época lluviosa, disminuyen considerablemente sus concentraciones por el incremento de la precipitación, variable que, por medio de la remoción húmeda, evita la presencia y la permanencia en la atmósfera de las PTS. A pesar de ello, las partículas en suspensión total son el contaminante que presenta las concentraciones más elevadas en el área de estudio.

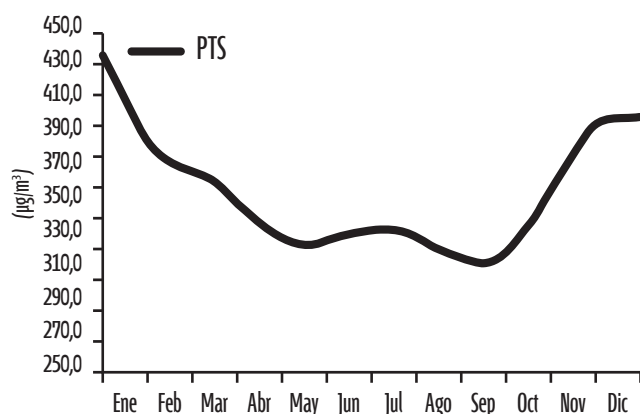


Fig. 6 Comportamiento mensual promedio de las partículas en suspensión total en el período 1998-2005.

### Casos de asma bronquial en el municipio de Regla en el período 1998-2008, y su relación con las condiciones climáticas y de contaminación

La figura 7 muestra el comportamiento estacional del asma bronquial en la zona durante el período de interés. Se aprecia que en todos los años estudiados, los meses del período poco lluvioso son, en general, en los que ocurre la mayor cantidad de crisis agudas de asma bronquial; en este sentido, enero resulta el que, con mayor frecuencia, presenta los valores más elevados.

### Diferencias por temporada

En el período 1998-2008, en el municipio de Regla se atendieron 45 376 casos de asma bronquial en la época poco lluviosa, para un promedio anual de 4 125 casos

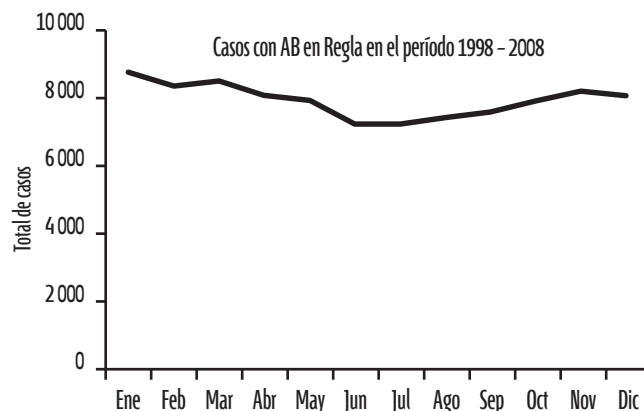


Fig. 7 Comportamiento estacional del asma bronquial en el municipio de Regla. (Fuente: Policlínico Lidia y Clodomira).

reportados en el policlínico de Regla y un promedio mensual de 687.5 casos. En la época lluviosa se reportaron 32 776 casos de asma bronquial, con promedios anual de 2 979 casos y mensual de 496.5 casos. Es probable que se deba a que en el período poco lluvioso se conjugan la entrada de los frentes fríos y los valores más elevados de concentración de contaminantes causados por la disminución de las lluvias. La diferencia promedio mensual entre ambos períodos fue de 191.0 casos menos reportados en la época lluviosa o, lo que es lo mismo, en los meses que hay una influencia mayor de la contaminación se reporta 28 % más de casos de asma bronquial que en los meses en que esta influencia es menor (Tabla 1). Por tanto puede afirmarse, que una cuarta parte de los costos por el tratamiento del asma bronquial puede atribuirse a la contaminación.

Tabla 1. Coeficientes de correlación generales a partir de los promedios mensuales

Asmáticos	Municipio de Regla		Variables meteorológicas		
	NO <sub>2</sub>	PST	TT	Hr	TV
Total general	0.34	0.52	-0.58	-0.46	-0.64

Nota: Todos los coeficientes de correlación mostrados en la tabla son significativos.

El peso relativo de cada contaminante y variable relacionadas en la tabla 1 es el siguiente: NO<sub>2</sub> = 13.40 %; PTS = 20.47 %; TT = 22.83 %; HR = 18.11 %; TV = 25.19 %. Por tanto, para los contaminantes se obtiene 33.87 %

y para las variables meteorológicas, 66.13 %. Entonces, puede concluirse que, considerando solamente las condiciones ambientales, los contaminantes tienen un peso de 33.87 % sobre la ocurrencia de crisis aguda de asma bronquial y las variables meteorológicas, de 66.13 %.

### Costos ambientales y sociales de tratamiento de asma bronquial en el municipio de Regla

#### Costos directos

COSTOS DE ATENCIÓN PRIMARIA (CAPr): Con los datos extrapolados de estudios realizados en Cuba (Meneses *et al.*, 2005; Varona *et al.*, 2005), y las estadísticas y los costos del sistema de salud nacional, así como los datos de la cantidad de casos de asma bronquial atendidos en el policlínico Lidia y Clodomira, del municipio de Regla, se obtuvo lo siguiente:

$$\begin{aligned} \text{CAP} &= \text{PA} * \text{CCP} = 78152 * 5 = 390760 \\ \text{COSPr} &= \text{PA} * \text{CCOSPr} = 172355 * 13 = 2240615 \\ \text{CAP} + \text{COSPr} &= 2631375 \end{aligned}$$

Lo anterior arroja un valor promedio anual de los costos de atención primaria por los servicios de salud atribuibles a los asmáticos de 239 216.00 MN en el período analizado, para un promedio anual de 58.00 por cada asmático.

COSTO ANUAL DE LOS INGRESOS HOSPITALARIOS (CAIH): En 2008 requirieron hospitalización 6.8 asmáticos cada mes, lo que representa 1.78 % del total de casos de pacientes con asma atendidos en el policlínico ese año. Se asumió, por tanto, que las remisiones a hospital equivalen a 1.8 % del total de casos atendidos en el policlínico cada año, al no disponer de estadísticas de las remisiones a hospitales de los años anteriores. Dado que el costo promedio de ingreso en un hospital es 60.00 MN y la estancia media de un asmático es de cinco días de ingreso, entonces, el costo de ingreso hospitalario anual será:  $\text{CAIH} = \text{CDI} \times \text{EM} \times \text{CPABRIH-CA} = 60 * 5 * (\text{valores de la tercera columna de la tabla 2})$ .

Tabla 2. Costo anual de ingreso hospitalario. Período 1998-2008

Años	Casos de asmáticos atendidos en policlínico	1.8 % del total	CAIH (MN)
1998	8 454	152.17	45 600
1999	7 616	137.08	41 100
2000	7 213	129.83	39 000
2001	9 929	178.72	53 700
2002	8 102	145.83	43 800
2003	6 370	114.66	34 500
2004	6 728	121.10	36 300
2005	7 058	127.04	38 100
2006	6 323	113.81	34 200
2007	5 759	103.66	31 200
2008	4 600	82.80	24 600
1998-2008	78 152	1 406.736	422 020.80

El valor promedio anual de ingreso hospitalario en el período analizado es de 38 366.00 MN, para un promedio anual por cada asmático de 9.32 MN.

COSTO MEDIO ANUAL DE MEDICAMENTOS CONSUMIDOS POR LOS ASMÁTICOS SEGÚN EL GRADO DE SEVERIDAD DEL PADECIMIENTO (CMSGS): Con los datos extrapolados de la encuesta realizada por Varona *et al.* (2005) aplicados al promedio anual de asmáticos (4 118) en el municipio de Regla y empleando el método de la entrevista para conocer los precios de los medicamentos más usados se obtiene lo siguiente:

$$\begin{aligned} \text{CMSGS} &= \Sigma (\text{CPSGS} * \text{GMA}) = (2677 * 18) + (906 * 21) + \\ &+ (535 * 45.60) = 91 608 \text{ MN/año.} \end{aligned}$$

Esta cifra, dividida por 4 118 asmáticos del municipio de Regla, arroja un valor medio de 22.24 MN. Este valor, que es un gasto en moneda nacional, está afectado por la subvención del Estado cubano a los medicamentos, en general, y no es, por tanto, el costo real consumado por la sociedad en importar o producir estos medicamentos. Para compararlo con los costos internacionales, debe multipli-



carse este valor por un coeficiente de 18, y el costo anual por cada asmático sería, realmente, 424.00 MN, cifra que es comparable con otros estudios internacionales.

La tabla 3 resume los costos directos para la sociedad relacionados con el sistema de salud en el tratamiento de la patología estudiada, considerando los tres factores analizados, para el caso del municipio de Regla.

Tabla 3. Costo directo de tratamiento de asma bronquial

Factores	Costos directos (MN)			
	Por cada asmático		Anuales	
Atención primaria	58.00		239 216	
Ingreso hospitalario	9.32		38 366	
Medicamentos	22.24	424.00	91 608	1 648 944
Total general	89.56	491.32	369 190	1 926 526

Al analizar estos resultados, se estima que un paciente asmático cuesta alrededor de 90.00 MN anuales en Cuba, pero si se compara con los precios internacionales de los medicamentos, el costo es, en realidad, es de 491 MN pesos. El costo directo anual para los asmáticos del municipio de Regla es 369 190.00 MN y, a con respecto a los costos internacionales, es de 1 926 526.00 MN.

### Costos indirectos

GASTO DE BOLSILLO DE UN ASMÁTICO (GB): Para estimar este factor se extrapoló el dato de Varona *et al.* (2005) que, en el Cerro, en 2002, representó, en promedio, 7 % del salario medio mensual de la población de La Habana. Del *Anuario estadístico de la ONE* 2009 se obtuvo el salario medio mensual de Ciudad Habana en 2003-2008, se le halló 7 % y este valor se tomó como gasto de bolsillo mensual. Para obtener el gasto de bolsillo anual se multiplicó por doce meses:

Tabla 4. Gasto de bolsillo mensual y anual

Años	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
SMM (MN)	240.00	288.00	301.00	344.00	409.00	431.00	429.00
GBM (MN)	16.80	20.16	21.07	24.28	28.63	30.17	30.03
GBA (MN)	201.60	241.92	252.84	288.96	343.56	362.04	360.36

El gasto de bolsillo mensual de la familia cubana está estimado entre 20.00 MN y 30.00 MN, lo cual equivale a un gasto anual entre 240.00 MN y 360.00 MN. Se asumió un gasto de bolsillo medio anual de 300.00 MN por cada asmático en Regla. Los gastos de bolsillo totales anuales del municipio equivalen a 1 235 400.00 MN.

PÉRDIDAS SALARIALES POR AUSENCIAS LABORALES (PSAL): Con los datos extrapolados del *Anuario estadístico de la ONE* (2009), la encuesta realizada por Varona *et al.* (2005) y los índices aportados por Meneses *et al.* (2005), aplicados a los datos disponibles de de la localidad y promediando los días estimados de ausencia laboral por el salario medio, se obtuvo lo siguiente:

Tabla 5. Pérdida de salario por ausencias laborales (PSAL)

Años	CABACPH	IH	CABACMF	TDEDAL	SMD (MN)	PSAL (MN)
1998	16 908	152.17	11 272	108 605.7	8.0	868 845.6
1999	15 232	137.08	10 154.7	97 840.2	8.0	782 721.6
2000	14 426	129.83	9 617	92 662.3	8.0	741 298.4
2001	19 858	178.72	13 238.7	127 554.5	8.0	1 020 436
2002	16 204	145.83	10 802.6	104 083.6	8.0	832 669
2003	12 740	114.66	8 493.3	81 833.2	9.6	85 598.7
2004	13 456	121.10	8 970.6	86 432.2	10.0	864 322
2005	14 116	127.04	9 410.6	90 671.6	11.5	1 042 723
2006	12 646	113.81	8 430.6	81 229.3	13.6	1 104 719
2007	11 518	103.66	7 678.6	73 983.8	14.4	1 061 668
2008	9 200	82.80	6 133.3	59 094.6	14.3	845 052.8

De estos valores se obtiene que, como promedio anual, se pierde 904 505.00 MN del salario a causa de las ausencias laborales, lo cual representa 220.00 MN por cada asmático.

PÉRDIDA DE PRODUCTIVIDAD POR MORTALIDAD (PPMt): La población del municipio de Regla es de 43 241 habitantes (población calculada el 31/12/2008, dato refrendado en el *Anuario estadístico de la ONE*, 2009). Si se considera que el asma es causante de dos muertes

por cada 100 000 habitantes en entornos urbanos, se obtiene que la probabilidad de muerte por asma bronquial en el municipio de Regla es de 0.86 cada año.

Para los once años del período analizado (1998–2008), la probabilidad de muerte por asma bronquial en la localidad es de 9.4 personas. El peso de la contaminación atmosférica sobre la probabilidad de mortalidad por asma es de 33.87 %, o sea, tres muertes en once años son atribuibles a la contaminación del aire en el municipio.

Para hallar los años de vida perdidos en el municipio de Regla, al dato de la población se le aplica el valor de 0.6 por cada 1 000 habitantes y se obtiene que se pierden, potencialmente, 25.8 años de vida laboral a causa del asma bronquial.

Por tanto, si se extrapola el salario medio anual de La Habana (que, por entonces, era de 4 404.00 MN) y se multiplica por el AVPP del municipio de Regla, se obtiene la ecuación siguiente:

$$\text{PPMtSMA} = \text{SMA} \cdot \text{AVPPRe} = 4404 \cdot 25.8 = 113623$$

La pérdida de productividad por mortalidad según el salario medio anual de La Habana (PPMtSMA) en el municipio de Regla equivale, anualmente, a 113 623.00 MN.

En 2008, el producto interno bruto (PIB) de Cuba fue de 87 500 millones de pesos, cifra que al ser dividida entre 11 millones de la población total nacional (Censo de población y vivienda, 2001) arroja que 7 954.00 MN fue el PIB aportado a la economía nacional por habitante en ese año. Este dato se considerará como valor anual dada la imposibilidad de obtener el PIB de los años anteriores. Al calcular el producto del PIB per cápita con los AVPP del municipio de Regla se obtiene el PIB no aportado a la economía nacional por mortalidad (PIBPCNAENPMt):

$$\begin{aligned} \text{PIBPCNAENPMt} &= \text{PIBPC} \cdot \text{AVPPRe} = \\ &= 7954 \cdot 25.8 = 205213 \end{aligned}$$

El PIB per cápita que en el municipio de Regla deja de aportarse a la economía nacional por la mortalidad causada por el asma bronquial es 205 213.00 MN cada año.

Si se considera que la mortalidad es el factor más importante y que cualquier valor monetario va a resultar inferior al valor real de la pérdida de una vida humana, se utiliza el valor mayor obtenido, o sea, el que contiene el PIB dejado de aportar. La tabla 6 presenta un resumen de los costos indirectos provocados por la enfermedad, teniendo en cuenta los tres factores analizados.

Tabla 6. Costo indirecto de tratamiento de asma bronquial

Factores	Costos indirectos (MN)			
	Por cada asmático		Anuales	
Pérdida de salario por ausencias laborales	220		904 505	
Gasto de bolsillo	300		1 235 400	
Pérdida de productividad por mortalidad	Según SMA	Según PIB	Según SMA	Según PIB
	27.60	50	113 623	205 213
Total general	547.60	570	2 253 528	2 345 118

Si se analizan estos resultados obtenidos para el municipio de Regla, se estima que el costo indirecto medio anual por paciente asmático es de 570.00 MN y el costo indirecto anual incurrido por todos los asmáticos de la localidad es 2 345 118.00 MN.

### **Modelo general del costo ambiental anual del tratamiento de asma bronquial en el municipio de Regla**

A partir de los cálculos realizados en los epígrafes anteriores se obtuvo un modelo general de evaluación del costo ambiental anual que consideraba, tanto los costos directos, como los indirectos del tratamiento de asma bronquial en el capitalino municipio de Regla (Tabla 3.16). Al valor total de los costos sociales generados por el asma bronquial se le aplica el peso relativo de los contaminantes atmosféricos y, de esta forma, se obtiene el valor monetario del costo que provoca la contaminación del aire en la zona de estudio.

Tabla 7. Costo de tratamiento anual de asma bronquial en el municipio de Regla

Costos	Valor anual (MN)	Porcentaje (%)
<b>Costos directos</b>		
Atención primaria	239 216.00	8.8
Ingreso hospitalario	38 366.00	1.4
Medicamentos	91 608.00	3.4
Subtotal	369 190.00	13.6
<b>Costos indirectos</b>		
PSAL	904 505.00	33.3
Gasto de bolsillo	1 235 400.00	45.5
PPPMt	205 213.00	7.6
Subtotal	2 345 118.00	86.4
<b>Total</b>	<b>2 714 308.00</b>	<b>100</b>

El costo total anual de tratamiento de asma bronquial en el municipio de interés es de 2 714 308.00 MN. La contaminación tiene 33.87 % de influencia sobre ese valor, lo cual equivale a decir que del costo de tratamiento de asma, incluyendo los costos directos e indirectos, 919 336.00 MN anuales se deben a la contaminación del aire en la localidad.

Esta cifra representa una pérdida en valor anual significativa. Si se destinara una cantidad similar a la mejora de las condiciones ambientales mediante la introducción de tecnologías de avanzada o con la puesta en marcha de nuevas estrategias en pos de la reducción de las emisiones de contaminantes a la atmósfera, disminuiría considerablemente el costo ambiental del asma bronquial en el municipio de Regla. Además, la reducción de emisiones implicaría una mejora de la calidad del aire; se restablecería la salud y, por ende, la calidad de vida de sus pobladores.

### **Estimación de los costos ambientales de tratamiento de asma bronquial atribuibles a la contaminación del aire en el Municipio de Regla. Ahorro potencial**

1. El peso relativo de los contaminantes atmosféricos sobre la ocurrencia de crisis aguda de asma bronquial

en la localidad es de 33.87 %, mientras que el de las variables meteorológicas es de 66.13 %, tomando en consideración solo las condiciones ambientales.

2. Del costo total de tratamiento anual de asma bronquial, incluyendo, tanto los costos directos, como los indirectos, 919 336.00 MN están comprometidos con la acción de los contaminantes atmosféricos en la localidad.
3. La probabilidad de muerte por asma bronquial en el municipio de Regla es de 0.86 cada año. Para el período examinado (1998–2008), la probabilidad de muerte es de 9.4 personas, de las cuales, tres son aplicables a la contaminación del aire en el municipio.
4. El promedio anual de los costos de atención primaria atribuibles a los asmáticos es de 239 216.00 MN. Un porcentaje de aumento del costo de atención primaria se debe a que la cuarta parte de los asmáticos en la localidad están directamente condicionados por la contaminación ambiental y, por ende, se ahorraría 81 022.00 MN si se disminuyen los niveles de emisión de contaminantes, con la consiguiente reducción de su peso relativo sobre la enfermedad.
5. Anualmente, el valor promedio de ingreso hospitalario se reduciría a 25 371.00 MN.
6. El gasto de bolsillo anual de las familias de los pacientes asmáticos del municipio de Regla se estima en 816 970.00 MN.
7. La pérdida anual de salario por ausencias laborales se estima en 306 356 MN, menor que la actual.
8. Del PIB, un monto de 69 506.00 MN se deja de aportar cada año a causa de la mortalidad por la afección crónica estudiada, atribuible a la contaminación del aire en el municipio.

### **Conclusiones**

1. Se determinó la influencia que están ejerciendo la contaminación atmosférica y las variables meteorológicas

lógicas sobre el asma bronquial en el municipio de Regla, y se calcularon los costos ambientales asociados con esta.

2. La mayor incidencia de casos de asma bronquial acontece en el período poco lluvioso del año, precisamente, cuando ocurren las máximas concentraciones de los contaminantes atmosféricos (NOx, PTS) y los valores más bajos de las variables meteorológicas estudiadas (Ts, TV, Hr).
3. El peso de los contaminantes atmosféricos sobre el asma bronquial se determinó en 33.87 % y las variables meteorológicas, en 66.13 %.
4. El costo anual de tratamiento de asma para el municipio de Regla es 2 714 308 MN. Si se disminuyen los niveles de emisión de contaminantes se ahorraría 919 336.00 MN, con la consiguiente reducción de su peso relativo sobre la enfermedad.
5. En el municipio, un paciente asmático cuesta al año 660.00 MN, de los cuales, 13.6 % se gasta directamente en el tratamiento del padecimiento y 86.4 % se utiliza en gastos indirectos.
6. El método desarrollado para el cálculo del costo ambiental, aunque no tuvo como objetivo de obtener un valor exacto, constituye un método general que permite tener una idea aproximada del costo social, solo para el asma bronquial, de la influencia de la contaminación atmosférica.

## Recomendaciones

1. Realizar investigaciones similares en otros municipios del país para lograr una visión más amplia de los gastos de salud causados por la influencia de la contaminación atmosférica y las diferentes variables meteorológicas.
2. Emplear los costos ambientales en un análisis costo-beneficio, con la finalidad de reducir, en caso de ser posible, los niveles de emisión de contaminantes a la atmósfera.

## Referencias bibliográficas

- CUESTA, O, A. COLLAZO, A. WALLO, A. ROQUE, A. CAMPOS, L. ÁLVAREZ, R. GONZÁLEZ, A. ARRIBA, M. GONZÁLEZ, P. SÁNCHEZ, R. LABRADOR Y D. PÉREZ, 2000a: *Caracterización del medio ambiente atmosférico en la zona de la refinería Níco López*. Resultado científico-técnico, 226 pp, Instituto de Meteorología, La Habana.
- CUESTA, O, A. COLLAZO, A. WALLO, C. LÓPEZ, A. ROQUE, A. CAMPOS, L. ÁLVAREZ, R. GONZÁLEZ, A. ARRIBA, M. GONZÁLEZ, D. PÉREZ, R. LABRADOR, P. SÁNCHEZ, I. RIBERO, E. ECHEVERRÍA, G. ANANIAS Y R. MANSO, 2000b: *Caracterización del medio ambiente atmosférico en la ribera este de la Bahía de La Habana*. Informe científico-técnico, 130 pp, La Habana.
- CUESTA, O, A. WALLO, A. COLLAZO, A. ARRIBA, M. GONZÁLEZ, R. LABRADOR, P. SÁNCHEZ Y G. ANANIAS, 2001: Métodos para el pronóstico de asma bronquial e infecciones respiratorias agudas y su contribución al sistema de vigilancia epidemiológica en la ribera este de la bahía de La Habana.
- GÓMEZ, C.: *Economía ambiental. Conceptos y aplicaciones prácticas*, en formato digitalEd1, Ciudad de La Habana, Cuba, 2009.
- MENESES, E, ÁLVAREZ M, MORALES M, TURTOS L. Y DÍAZ N: Estimación de los costos en salud para la evaluación de externalidades, Ciudad de La Habana, 2005.
- MINSAP, 2009: *Anuario estadístico de salud en Cuba*, Ministerio de Salud Pública. Disponible en <http://www.sld.cu>.
- ROMERO, D. Y NAVARRO, M., 2006: “Influencia de la contaminación ambiental en pacientes asmáticos en el municipio de Regla”, *Anuario estadístico de la oficina nacional de Estadística*. Disponible en: <http://www.one.cu/revistaciencias.com>.
- TOELLE, B, PEAT J, MELLIS C. AND WOOLCOOK A.: “The costs of childhood asthma to Australians families”, *Ped Pulmonol*, 1995; 19:330-5.

ONE, 2009: *Anuario estadístico de Cuba*, Oficina Nacional de Estadísticas. Disponible en <http://www.one.cu>.

VARONA, P, GARCÍA R, DÍAZ-PERERA G, GÁLVES A, BONET M, GONZÁLEZ C. Y VAN P.: “Uso de servicios de salud y gasto de bolsillo por asma en niños de 5 a 14 años de edad. Ciudad de La Habana, 2002”, *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, versión On-line, ISSN 1561-3003/2005 sep.-dic.; 43, 3. Disponible en: <http://scielo.sld.cu>.

WALLO, A, O. CUESTA, P. ORTÍZ, A. RIVERO, A. COLLAZO, P. SÁNCHEZ, R. MANSO, M. GONZÁLEZ, E. ECHEVARRÍA, A. ARRIBA Y G. ANANIAS, 2004a: Método de pronóstico de la influencia de las condiciones ambientales sobre el asma bronquial. Resultado científico, Instituto de Meteorología.

WALLO, A. Y O. CUESTA, 2004b: “Estudio de la influencia del NO<sub>2</sub> sobre el asma bronquial en el municipio de Regla. VII Taller Internacional ‘Informática y Geociencias’, GEOINFO’ 04”, ISSN 1028-8961.

WALLO A., 2005: *Evaluación del medio ambiente atmosférico y su influencia en la salud humana mediante el uso de SIG*. Tesis en opción al grado científico de doctor en Ciencias Meteorológicas, Instituto de Meteorología, Ciudad de La Habana.

WEISS K. B., GERGEN P. J. AND HODGSON T. A.: “An economic evaluation of asthma in United States, *The New England Journal of Medicine* 326(13, mar. 26 1992: 862-866.

WHO, 1997: *Health and Environment in Sustainable Development. Five Years after the Earth Summit*. Executive Summary, jun., Geneva.

### **Agradecimientos**

Al doctor Humberto Cívico Quintero, especialista de segundo grado en Neumología, profesor auxiliar y máster en Educación Médica Superior, y al doctor Osvaldo Cuestas Santos, por el apoyo incondicional de ambos, sus útiles opiniones y sugerencias.