

Revista Electrónica Gratuita
Free Journal

Higiene y Sanidad Ambiental

Departamento de Medicina Preventiva
y Salud Pública

Universidad de Granada
Universidad de Granada



HIGIENE Y SANIDAD AMBIENTAL

Volumen 10, páginas 635-657

Año: 2010

Contenido de este número:

Contribución de la contaminación atmosférica a la ocurrencia de enfermedades respiratorias agudas en menores de 15 años. Ciudad de La Habana, 2001-2003

S. SUÁREZ TAMAYO, G. MALDONADO CANTILLO, N. CAÑAS ÁVILA y M. ROMERO PLACERES

Higiene y Sanidad Ambiental, 10: 635-644 (2010)

Comportamiento de contaminantes atmosféricos en una zona de Ciudad de La Habana en el periodo 2005-2009

M. MARTÍNEZ VARONA, E. MOLINA ESQUIVEL y A. FERNÁNDEZ AROCHA

Higiene y Sanidad Ambiental, 10: 645-649 (2010)

Influencia de características demográficas y recursos humanos de sistemas de abastecimiento en poblaciones de la Alpujarra (Granada, España) en la cloración del agua de consumo

P. ÁLVAREZ DE SOTOMAYOR GRAGERA, M. C. OLVERA PORCEL y O. MORENO ABRIL

Higiene y Sanidad Ambiental, 10: 650-657 (2010)

HIGIENE Y SANIDAD AMBIENTAL

Revista electrónica gratuita (free journal)

Dirección

Prof. Miguel Espigares García

Departamento de Medicina Preventiva y Salud Pública. Facultad de Farmacia. Universidad de Granada. Campus Universitario de Cartuja. 18071 Granada, España. Telf: 958 249 618. Fax: 958 249 958. Correo-e: mespigar@ugr.es

Comité de redacción

Carmen Amezcua Prieto. Correo-e: carmezcua@ugr.es

Aurora Bueno Cavanillas. Correo-e: abueno@ugr.es

Elena Espigares Rodríguez. Correo- e: elespi@ugr.es

Milagros Fernández-Crehuet Navajas. Correo-e: fcrehuet@ugr.es

Miguel García Martín. Correo-e: mgar@ugr.es

José Guillén Solvas. Correo-e: fguillen@ugr.es

Eladio Jiménez Mejías. Correo-e: eladiojimenez@ugr.es

José Juan Jiménez Moleón. Correo-e: jjmoleon@ugr.es

Dolores Jurado Chacón. Correo-e: djurado@ugr.es

Pablo Lardelli Claret. Correo.el: lardelli@ugr.es

Obdulia Moreno Abril. Correo-e: omoreno@ugr.es

José Antonio Pérez López. Correo-e: japerez@ugr.es

Redacción

Departamento de Medicina Preventiva y Salud Pública. Facultad de Farmacia. Universidad de Granada. Campus Universitario de Cartuja. 18071 Granada, España. Telf: 958 249 618. Fax: 958 249 958. E-mail: mespigar@ugr.es

Depósito legal GR-222/2002 ISSN 1579-1734

Higiene y Sanidad Ambiental es una revista electrónica en español, de difusión gratuita, que publica trabajos de investigación originales, revisiones y procedimientos técnicos, con un contenido relativo al área científica de Higiene y Sanidad Ambiental: criterios de calidad ambiental; contaminación de agua, aire y suelo; análisis de riesgos y exposición ambiental, industrial y laboral; epidemiología ambiental; técnicas de saneamiento; higiene de los alimentos; higiene hospitalaria; antibióticos, desinfección y esterilización; tratamiento de aguas y residuos sólidos; etc. Igualmente la revista publica artículos relativos a la docencia universitaria de estos contenidos.

Los artículos para la publicación en la revista *Higiene y Sanidad Ambiental*, deben ser enviados a la Dirección de la revista en soporte electrónico con formato de Microsoft Word (o compatible), con un estilo editorial internacionalmente aceptado en las publicaciones científicas (título, resumen, palabras clave, introducción, material y métodos, resultados, discusión, bibliografía, etc.).

Las suscripciones a la revista *Higiene y Sanidad Ambiental* son gratuitas y se pueden realizar mediante el envío de un correo electrónico dirigido a la Dirección o Comité de Redacción, o pueden ser directamente obtenidas en la dirección electrónica del Departamento de Medicina Preventiva y Salud Pública de la Universidad de Granada (www.ugr.es/%7Edpto_prev).

Higiene y Sanidad Ambiental, **10**: 635-644 (2010)

Contribución de la contaminación atmosférica a la ocurrencia de enfermedades respiratorias agudas en menores de 15 años. Ciudad de La Habana, 2001-2003

Susana SUÁREZ TAMAYO¹, Geominia MALDONADO CANTILLO¹, Niurka CAÑAS ÁVILA² y Manuel ROMERO PLACERES¹

¹ Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología (INHEM). Infanta 1158 e/Llinás y Clavel. Ciudad de La Habana, Cuba. Correo-e: susana@inhem.sld.cu

² Unidad Municipal de Higiene y Epidemiología (UMHE). Centro Habana, Cuba.

RESUMEN

Introducción: En las últimas décadas ha sido reportado un aumento en los niveles de contaminación atmosférica, que se ha asociado a un incremento en la frecuencia de enfermedades respiratorias.

Objetivo: Determinar la relación entre el número de consultas de urgencias por Enfermedades Respiratorias Agudas en menores de 15 años de edad del hospital Pediátrico de Centro Habana, los niveles de contaminación atmosférica y variables meteorológicas, en la Ciudad de La Habana en el periodo del año 2001 al 2003.

Material y método: se realizó un estudio ecológico de series de tiempo, donde se evalúa la posible asociación entre la presencia de Crisis Aguda de Asma Bronquial e Infecciones Respiratorias Agudas, con la exposición a niveles de, Dióxido de azufre, Partículas totales en suspensión y Partículas menores de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y variables meteorológicas. Para cuantificar la variación de las consultas en relación a los contaminantes y las variables meteorológicas se efectuó un modelaje matemático utilizando la regresión de Poisson con periodos de latencia de uno a siete días y el efecto acumulado de tres, cinco y siete días de los contaminantes estudiados, previos a las consultas de urgencia.

Resultados: Los niveles de contaminación atmosférica, por lo general, resultaron bajos. El incremento de los contaminantes atmosféricos se relacionó con el incremento de las consultas de urgencia por Crisis Aguda por Asma Bronquial e Infecciones Respiratorias Agudas. Un incremento de 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de Dióxido de azufre produjo un aumento de un 3% de las consultas por CAAB y de un 2% de las consultas por IRA. Al incrementarse la concentración de Partículas totales en suspensión en 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ocasionó un aumento de 5% de las consultas por CAAB y de las consultas por IRA.

Palabras Claves: asma, infecciones del tracto respiratorio, contaminación del aire.

INTRODUCCIÓN

La contaminación del aire es actualmente uno de los problemas ambientales más severos a nivel mundial. Está presente en todas las sociedades, independientemente del nivel de desarrollo socioeconómico, y constituye un fenómeno que tiene particular incidencia sobre la salud del hombre.^{1,2}

Actualmente, más de 1000 millones de personas residentes en zonas urbanas del planeta están expuestas a concentraciones de contaminantes del aire en

exteriores que superan los valores guía recomendados por la Organización Mundial de la Salud (OMS).^{3,4}

En diversos estudios realizados ha sido reportado un aumento en los niveles de contaminación atmosférica, que se ha asociado a un incremento en la frecuencia de enfermedades respiratorias. Según la OMS, entre el 30 y el 40% de los casos de asma y entre el 20 y el 30% de las enfermedades respiratorias pueden estar relacionados con la contaminación atmosférica y del aire interior en determinadas poblaciones, y se considera una de las principales causas de reducción de la esperanza de vida y de la esperan-

za de vida sin discapacidad. Se estima que disminuyéndola sería posible prevenir el 5 % de todas las enfermedades respiratorias agudas y crónicas, estas reducciones podrían eliminar cada año un estimado de 8 millones de años de vida potenciales perdidos por discapacidad (DALYS, siglas en inglés), o un 0.6 % del estimado de carga global por enfermedad (GBD, siglas en inglés).⁵⁻⁷

Sin embargo no toda la población está expuesta a este impacto en salud en las mismas condiciones, dentro de los grupos de edad que presentan mayor vulnerabilidad a los contaminantes atmosféricos se encuentran las personas mayores y los niños.⁸

Existen evidencias en diferentes ciudades sobre el efecto adverso de los contaminantes en la salud infantil. Diferentes estudios realizados en muchos países han mostrado asociaciones significativas entre los contaminantes atmosféricos monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno, dióxido de azufre, partículas menores de 10 micras y ozono y las infecciones agudas de las vías respiratorias y otras enfermedades respiratorias en niños menores de 15 años, e incluso algunos contaminantes situados por debajo de la norma oficial resultaron que inciden en la salud de la población infantil.^{9,10}

En Cuba las enfermedades respiratorias agudas constituyen la principal causa de consultas médicas para todas las edades, presentándose en el año 2001, una cifra de 4 873 390 consultas para una tasa de 434.0 por cada 1000 habitantes, el 53.2 % de estas consultas fueron a niños menores de 14 años con un total de 2 596 564, para una tasa de 1069.9 por cada 1000, que supera la tasa general. En Ciudad de la Habana en este mismo período se reportaron un total de 2 185 065 consultas de IRA para una tasa de 537.8 por 1000 habitantes que corresponde con el 44.8 % con respecto al total de consultas del país.¹¹

En Cuba dentro de las enfermedades no transmisibles el Asma es la principal causa de ingresos hospitalarios. En el año 2000 la tasa de prevalencia nacional de asma, calculada a partir de los registros de dispensarización de los médicos de familia, alcanzó un 77,1 por 1000, ascendiendo en el año 2001 a 80.3 por 1000 habitantes, en el 2005 se eleva a 88,3 por 1000 habitantes lo que demuestra un notable ascenso en la última década. En los menores de 14 años, las tasas se comportan de la siguiente forma: 23.7 por 1000 en los menores de un año, 100.7 por 1000 en niños de 1 a 4 años, 123.5 por 1000 en niños de 5 a 9 años y 126.0 por 1000 en niños de 10 a 14 años. En Ciudad de la Habana la tasa es de 99.1 por 1000 habitantes superando la del país en un 23 %.¹¹⁻¹³

En Cuba la influenza y la neumonía aparecen como la cuarta causa de muerte para todas las edades, mientras que las enfermedades crónicas de las vías respiratorias inferiores ocupan el séptimo lugar.¹³

El área que rodea a la estación de monitoreo ambiental del INHEM está constituida por los municipios, Cerro, Plaza de la Revolución, Diez de Octu-

bre, Centro Habana y Habana Vieja, en los mismos existen grupos de población expuestos a fuentes fijas de contaminantes atmosféricos, que no cuentan con zonas de protección sanitaria y algunas de no cuentan con los métodos de control adecuados para la disminución de la contaminación atmosférica.^{2,3}

El transporte automotor, presenta en general un insatisfactorio estado técnico por su tiempo de explotación y falta de mantenimiento, lo que genera un parque vehicular altamente contaminante. La emisión del transporte automotor es una fuente importante, ya que el área incluye vías de gran flujo de tránsito.^{3,14,15}

De lo anterior se deriva la necesidad de realizar esta investigación que contribuiría con la información ya encontrada en estudios anteriores a dar mayor solidez a la interrogante: ¿La exposición a contaminantes atmosféricos, aún en niveles considerados como normales, produce un incremento de las consultas por IRA y CAAB?

MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó un estudio ecológico de series de tiempo en el cual se revisaron las consultas de urgencias que el Sistema Nacional de Salud ofreció a menores de 14 años de edad, del 1 de enero de 2001 al 31 de diciembre de 2003; para ello, se consultó el registro diario de consultas del Hospital Pediátrico de Centro Habana.

La población de estudio quedó integrada por menores de edad que asistieron al servicio de urgencias del hospital pediátrico de Centro Habana al momento del estudio.

El área de estudio abarca partes de municipios urbanos (figura 1), con una carga de tráfico vehicular elevada y con diversas industrias distribuidas a lo largo de su territorio; su topografía es llana, con edificaciones altas, y constituyen la región más poblada de la ciudad (48 500 hab/km² o 170 000 habitantes en 3.5 km², de los cuales el 18.1% son menores de 15 años de edad).

La información se obtuvo a partir de los registros de los pacientes que acudieron al servicio de urgencias del hospital mencionado y cuya residencia se encontraba a 1 km del monitor de aire. Se obtuvo información sobre: fecha y tipo de consulta (primera vez o subsecuente), edad del paciente, domicilio particular, zona de residencia y diagnósticos de consulta, los cuales se clasificaron de acuerdo con la décima revisión de la Clasificación Estadística Internacional de Enfermedades y Problemas Relacionados con la salud (CIE-10). Los diagnósticos incluidos fueron IRA, CAAB y ERA. Dentro de las IRA, se consideraron las infecciones agudas de las vías respiratorias superiores (J00-J06), la influenza y las neumonías (J10-J18), otras infecciones agudas de las vías respiratorias inferiores (J20-J22) y bronquitis no especificada como aguda o crónica (J40). Para las CAAB se incluyeron el asma bronquial (J45) y el

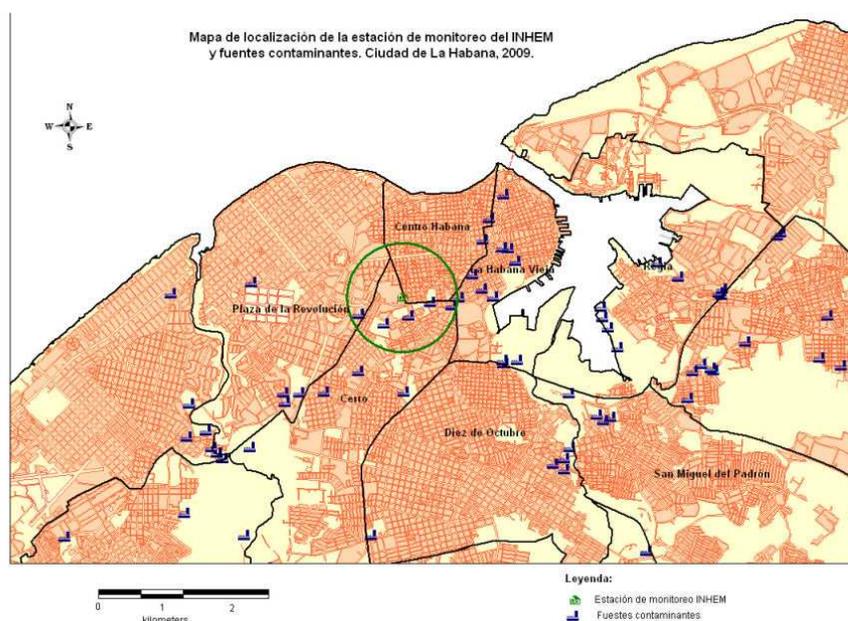


Figura 1. Estación de monitoreo ambiental del INHEM y sus áreas circundantes.

estado asmático (J46). El grupo de las ERA se conformó con la suma de las IRA y las CAAB.¹⁶ Las concentraciones diarias alcanzadas por los contaminantes estudiados (SO₂, PST y PM₁₀) se obtuvieron de la estación de monitoreo ambiental del Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología (INHEM); los valores diarios de dichas concentraciones se registraron en microgramos por metro cúbico (mg/m³). El control de calidad de las muestras se realizó utilizando las técnicas estandarizadas del Global Environmental Monitoring Program (GEM).¹⁷

Las variables meteorológicas, como la temperatura (°C) (máxima, mínima y media), la dirección y velocidad del viento y el porcentaje diario de humedad relativa media, se obtuvieron de los archivos del Instituto de Meteorología de Cuba. Esta información se recopiló durante las mismas fechas que las correspondientes a las consultas por CAAB e IRA.

El análisis estadístico de la información se realizó con el paquete Stata 8.0. Los valores faltantes de los contaminantes atmosféricos detectados se estima-

ron por regresión lineal (15 %) para PST, en tanto que (12.6 %) para SO₂, utilizando toda la información ambiental disponible de la serie de tiempo completa.

El valor de las Partículas menores de 10 micras (PM₁₀) se obtuvo a partir de las PST, atendiendo a su contenido aproximado, mediante la expresión:

$$PM_{10} = 0,55 \times PST$$

Se generaron variables dicotómicas como fin de semana/entre semana, y estación (seca y lluviosa).

Después de realizar un análisis exploratorio de las variables de interés, se analizó la asociación existente entre las consultas de urgencia por

CAAB e IRA, por un lado, y los cambios diarios de los niveles de contaminantes por otro, utilizando un modelo de regresión Poisson. Este modelo se aplica a una variable dependiente de conteo que toma valores enteros positivos y pequeños en relación con el tamaño de la población de estudio, ya que, por lo general, sólo una parte de la población acude, en un día determinado, a demandar servicios.

Con el fin de controlar las posibles tendencias y los patrones estacionarios, se construyeron modelos básicos para los dos padecimientos de estudio. En el caso de las CAAB y las IRA, el modelo correspondiente quedó ajustado por: fin de semana/entre semana, temperatura media diaria, humedad media diaria, grupos de edad, estación, fecha.

La bondad de ajuste y calidad del modelo se probó por medio de técnicas gráficas, utilizando los residuos estandarizados.

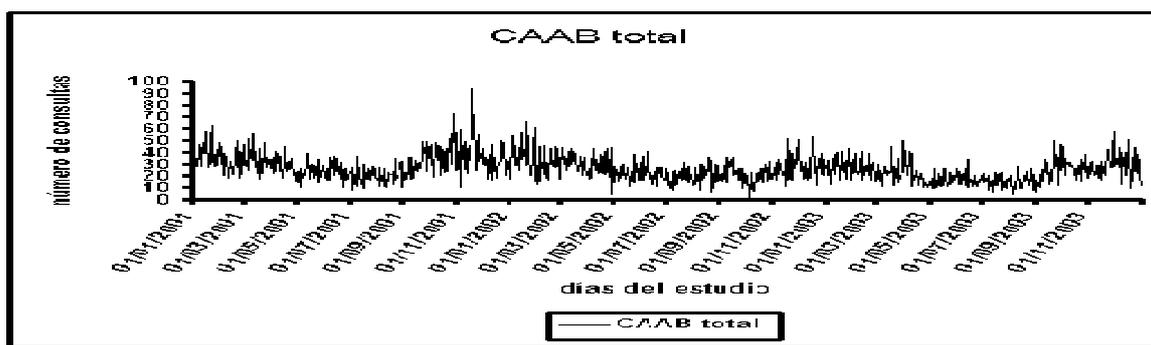
RESULTADOS

Durante el período de estudio se efectuaron 145644 consultas de urgencia por Enfermedades Respiratorias Agudas en el hospital pediátrico de Centro Habana (tabla 1), con una media diaria de 133 consultas, el mayor número correspondió a las IRA con 117 074 (80.3%) consultas con una media diaria de consultas de 107, que superó en más del doble a las consultas por CAAB (19.6%).

Morbilidad	Nº consultas	(%)	Media diaria	Desviación standard	Rango
IRA	117 074	80.4	107.2	29.1	19 - 254
CAAB	28 570	19.6	26.3	10.9	0 - 94
ERA	145 644	100	133.5	32.9	23 - 274

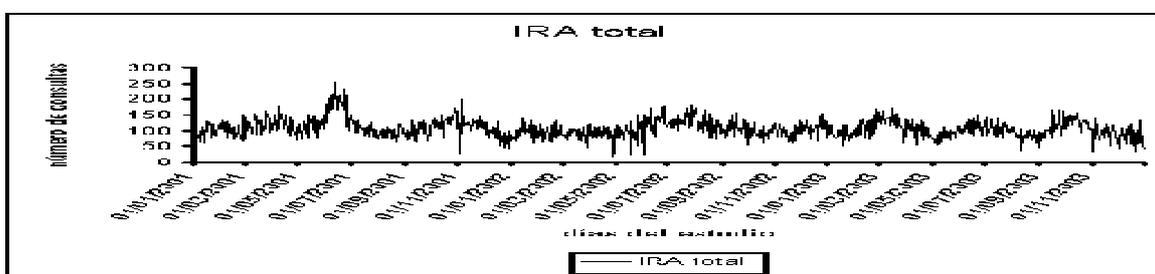
Fuente: Registro de consultas. Dpto. estadística Hospital Pediátrico Centro Habana

Tabla 1. Enfermedades respiratorias agudas según tipo.



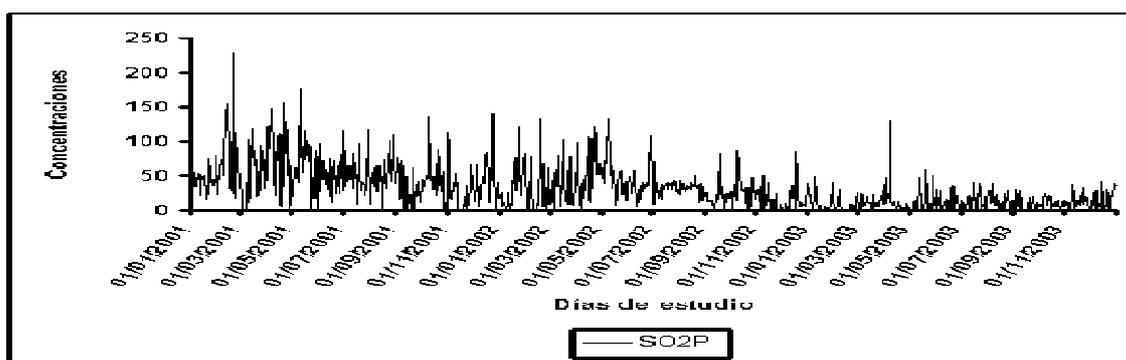
Fuente: Registro de consultas. Dpto. estadística Hospital Pediátrico Centro Habana

Gráfico 1. Series de tiempo de las consultas de urgencia por Crisis Aguda de Asma Bronquial. Hospital Pediátrico de Centro Habana, 2001-2003.



Fuente: Registro de consultas. Dpto. estadística Hospital Pediátrico Centro Habana

Gráfico 2. Series de tiempo de las consultas de urgencia por Infecciones Respiratorias Agudas. Hospital Pediátrico de Centro Habana, 2001-2003.



Fuente: Registro de datos del laboratorio de contaminación del aire. INHEM (Cuba).

Gráfico 3. Serie temporal del Dióxido de azufre. Estación de monitoreo INHEM, 2001-2003.

En los gráficos 1 y 2 se observan las series de tiempo de las consultas diarias por CAAB e IRA. En la de CAAB se ve claramente la estacionalidad dada por fluctuaciones periódicas y rítmicas de la variable, generalmente asociadas con las estaciones anuales. En el caso de la IRA, su comportamiento es similar pero menos evidente ya que se observa un pico en el número de consultas del mes de junio del año 2001.

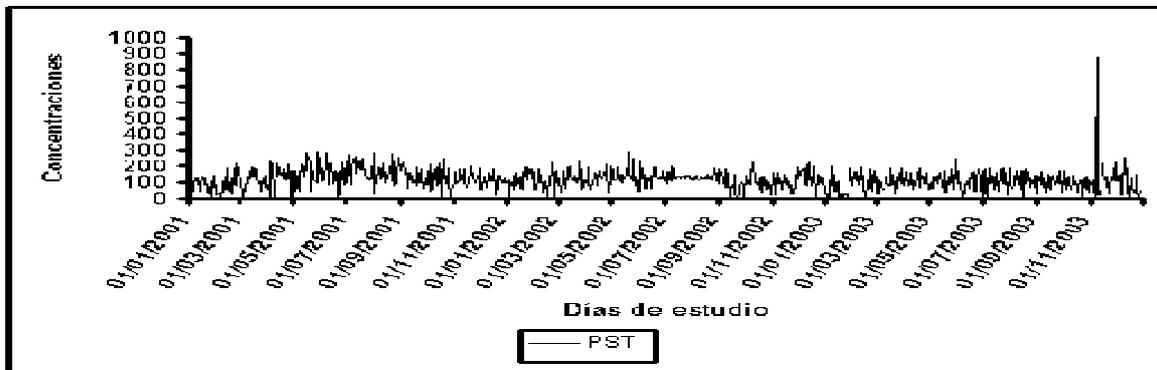
Las series temporales de los contaminantes del estudio se ven reflejadas en los gráficos 3, 4 y 5. Se exhiben picos que sobresalen abruptamente en algunas semanas, los cuales corresponden con valores de las concentraciones de los contaminantes que están por encima de los valores guía de las normas cubanas.¹⁸

Las estadísticas descriptivas básicas de los niveles que alcanzaron los contaminantes estudiados y las

variables meteorológicas se muestran en la tabla 2. Se observó que la media del nivel de SO₂ no sobrepasa la Norma cubana,¹⁸ que plantea valores para el nivel de SO₂ de 50 µg/m³ (promedio diario), aunque no fue

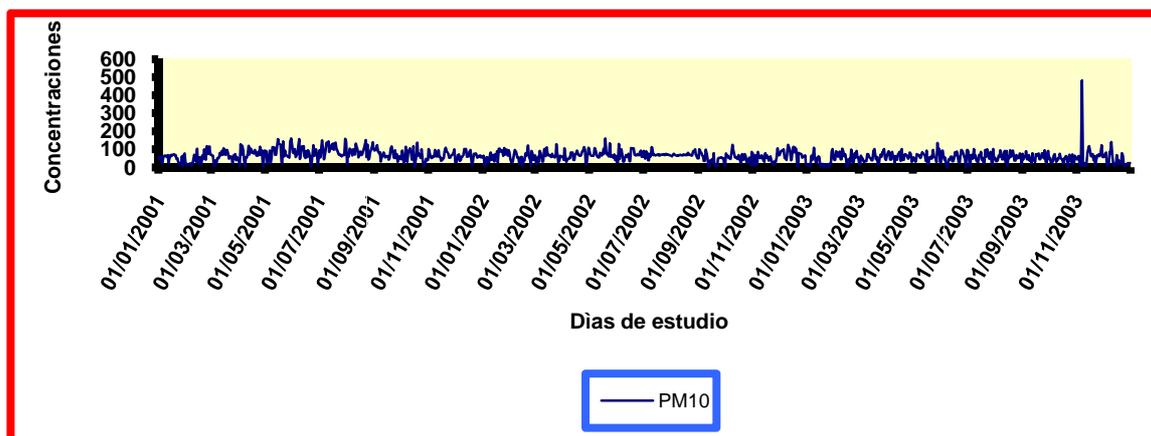
relativa tuvo una media de 76% llegando hasta valores de 95%.

En la tabla 3 observamos como el dióxido de azufre fue el contaminante que más se correlaciona



Fuente: Registro de datos del laboratorio de contaminación del aire. INHEM (Cuba).

Gráfico 4. Serie temporal de Partículas Totales en Suspensión. Estación de monitoreo INHEM, 2001-2003.



Fuente: Registro de datos del laboratorio de contaminación del aire. INHEM (Cuba).

Gráfico 5. Serie temporal de Partículas menores de 10 micras. Estación de monitoreo INHEM, 2001-2003.

evidente anteriormente en el gráfico de la serie temporal existen valores de transgresión de la misma (16.4%). Con respecto a las partículas totales en suspensión vemos que la media diaria sobrepasa la norma establecida según la Concentración Máxima Admisible (CMA) que es 100µg/m³. Con relación a los niveles de PM10, no existe una Norma en Cuba, pero según los valores guía de la OMS (Media anual PM10 = 30-50 µg/m³)²⁰ y la Norma US EPA¹⁹ (Agencia de Protección Ambiental de los EE UU), la media anual PM10 = 50 µg/m³, los resultados de este estudio son superiores al valor dado como normal para este contaminante. Las variaciones en las temperaturas tienen un rango pequeño con una media de temperatura mínima de 22, de temperatura media de 25.1 y temperatura máxima de 29.2, la humedad

con las consultas por infecciones respiratorias agudas y las crisis agudas de asma bronquial, en el caso de las partículas solo muestran correlación significativa con las IRA.

En la tabla 4 se presentan los riesgos relativos (RR) asociados al número de días que tardan en hacerse manifiestos los efectos que producen los contaminantes sobre el número de consultas por IRA; fueron calculados por los rangos intercuartiles de frecuencias específicas de los contaminantes SO₂ y PST). El efecto más importante de las PST sobre las IRA se presentó después de un día. Se estima que, en el número de consultas por IRA, un incremento de 40µg/m³ produciría un aumento de 5% de las consultas (RR=0,048532, IC95% 0,044952 - 0,052112).

<i>Contaminantes atmosféricos y variables meteorológicas</i>	<i>Media</i>	<i>Desviación estándar</i>	<i>Mediana</i>	<i>Rango</i>	<i>Niveles permisibles en Cuba</i>
Dióxido de azufre($\mu\text{g}/\text{m}^3$) promedio de 24 hrs	31,5	32.5	15.2	0 - 227,9	50
Partículas totales en suspensión ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) promedio de 24 hrs	119.6	59.2	112,5	3,3 - 877.4	100
PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) promedio de 24 hrs	63,2	36.1	63.6	1,7 - 438,7	30-50
Temperatura media($^{\circ}\text{C}$) promedio de 24 hrs	25,1	2,5	25.6	14,5 - 29,3	-
Humedad relativa media (%) promedio de 24 hrs	76	7,6	77.0	48 - 95	-

Fuente: Registro de datos del laboratorio de contaminación del aire. INHEM, Cuba. Registro de datos de la estación meteorológica de Casablanca. Instituto de meteorología de Cuba.

Notas:

	<i>PST</i>	<i>SO₂</i>	<i>PM10</i>
Concentración máxima admisible en Cuba	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-
Valor guía Organización Mundial de la Salud	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	30-50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Tabla 2. Comportamiento de los contaminantes atmosféricos y variables meteorológicas en la zona de estudio. Ciudad Habana, 2001-2003.

Consultas	Dióxido de azufre	Partículas totales en suspensión	Partículas \leq de 10 μg
CAAB	0.063(**)	-0.010	0.001
IRA	0.067(**)	0.053(**)	0.034(*)

** La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

* La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

Tabla 3. Correlación entre los contaminantes y las consultas por CAAB e IRA.

Asimismo, se calcula que un incremento de 20 mg/m^3 de SO_2 , ocasionaría un aumento de 2% ($\text{RR}=0,015366$, $\text{IC}_{95\%}$ 0,014804 - 0,015928) en las consultas por IRA el mismo día y después de 1 día. El riesgo observado por la acción de las PST fue mayor que el correspondiente al SO_2 .

En la tabla 5 se presentan los riesgos relativos (RR) asociados al número de días que tardan en hacerse manifiestos los efectos que producen los contaminantes sobre el número de consultas por CAAB; fueron calculados por los rangos intercuantiles de frecuencias específicas de los contaminantes SO_2 y PST). El efecto más importante de las PST sobre las CAAB se presentó después de un día. Se estima que, en el número de consultas por CAAB, un incremento de 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ produciría un aumento de

5% de las consultas ($\text{RR}= 0.047024$, $\text{IC}_{95\%}$ 0,0394 - 0,054648)

Asimismo, se calcula que un incremento de 20 mg/m^3 de SO_2 , ocasionaría un aumento de 2% ($\text{RR}= 0,016658$, $\text{IC}_{95\%}$ 0,016658 - 0,017782) en las consultas por IRA el mismo día y después de 1 día. El riesgo observado por la acción de las PST fue mayor que el correspondiente al SO_2 .

DISCUSIÓN

El predominio de las asociaciones positivas entre contaminación atmosférica y morbilidad respiratoria es evidente en los estudios revisados. Dicho de otro modo, estamos ante una asociación que es

Variable		Rango Intercuartil	RR	Intervalo de confianza (95%)
SO ₂	Mismo día	20	0,014706	0,010952 - 0,01846
	Retraso 1 día	20	0,015366	0,014804 - 0,015928
PST	Mismo día	40	0,004488	0,0003008 - 0,008672
	Retraso 1 día	40	0,048532	0,044952 - 0,052112

Nota: Ajustado por: fin de semana/ entre semana, temperatura media diaria, humedad media diaria, grupos de edad, estación, fecha
 RR: riesgo relativo calculado para un incremento igual al rango intercuartílico (intercuartil)
 $RR = \exp\{(r.i) \cdot \beta\}$
 Retrasos: es la medición promedio del contaminante (X) diario correspondiente a los (Y) días anteriores al evento respiratorio

Tabla 4. Coeficientes de regresión para las infecciones Respiratorias agudas. La Habana. Cuba, 2001-2003.

Variable	Latencia	Rango Intercuartil	RR	Intervalo de confianza (95%)
SO ₂ (mg/m ³)	Mismo día	20	0,03452	0,03451 - 0,035580
	Retraso 1 día	20	0,016658	0,016658 - 0,017782
PST (mg/m ³)	Mismo día	40	0,002156	0,002154 - 0,002172
	Retraso 1 día	40	0,047024	0,0394 - 0,054648

Nota: Ajustado por: fin de semana/ entre semana, temperatura media diaria, humedad media diaria, grupos de edad, estación, fecha
 RR: riesgo relativo calculado para un incremento igual al rango intercuartílico (intercuartil)
 $RR = \exp\{(r.i) \cdot \beta\}$
 Retrasos: es la medición promedio del contaminante (X) diario correspondiente a los (Y) días anteriores al evento respiratorio+

Tabla 5. Coeficientes de regresión para las Crisis Agudas de asma Bronquial. La Habana. Cuba, 2001-2003.

consistente, al reproducirse en diferentes entornos y con diferentes metodologías.

Según los resultados de este estudio las concentraciones de PST y PM₁₀ observadas resultaron superiores a los valores aceptados como concentraciones máximas admisibles del contaminante en Cuba, cifra que es considerada capaz de producir efectos adversos sobre la salud, en particular en el paciente asmático; en un estudio realizado en Ciudad Habana por Molina se encontró una media anual de PM₁₀ con un valor considerado capaz de incrementar el riesgo de efectos adversos sobre la salud³. La relación entre exposición a estas partículas y las consultas por CAAB fue significativa cuando la exposición ocurrió dos y tres días antes de la consulta en este estudio, lo que evidencia un patrón de latencia en este comportamiento pues la respuesta al evento no se produce de manera inmediata el mismo día de la exposición este comportamiento es debido al tamaño y forma de la partícula, a la susceptibilidad individual, ya que la respuesta inmunológica de los individuos no es la misma, al tiempo que transcurre

entre el aumento de las mismas, la visita a la consulta de urgencias y los bajos niveles de contaminación encontrados, sumado a que el enfermo pueda asistir a otro centro de salud como los cuerpos de guardias de las áreas de salud, debido a la amplia cobertura de nuestro Sistema Nacional de Salud, e incluso días antes de asistir a estos, o que sean automedicados en sus hogares.²¹

Estos resultados coinciden con otros estudios revisados como un estudio realizado en la Ciudad de México por Romieu y col. donde se encontró asociación entre asma moderada y las concentraciones de partículas suspendidas menores de 10µg/m³.²¹

El SO₂ fue el contaminante que presentó la más alta relación entre exposición y efecto en la salud^{22,23}, ya aunque tuvo niveles promedios diarios que no sobrepasaron las concentraciones máximas admisibles, existió un por ciento no despreciable de días con trasgresión de la norma. La respuesta al evento en este caso se manifiesta desde el mismo día de la exposición y se mantiene al transcurso de los días. Este resultado ha sido encontrado por otros estudios

como el realizado en Bombay, India, donde se determinó la frecuencia de algunos síntomas respiratorios y de bronquitis crónica en tres grupos poblacionales de la ciudad ordenados por residencia según niveles crecientes de concentración de SO₂ en el aire y se demostró que estos síntomas aumentaban con el incremento de la exposición a este contaminante.²⁴

Las mayores concentraciones de PST con respecto a las de SO₂ se correspondieron con la mayor diversidad de fuentes emisoras específicas de partículas en el territorio, dadas por construcciones, edificios en demolición en los que no se controla la emisión de polvos, superficies de construcciones en mal estado y solares yelmos desprovistos de vegetación en su superficie, lo que favorece la erosión por el viento, así como calles que no se barren o limpian lo suficiente, además de las originadas por el transporte automotor y procesos de combustión industrial, comunes para ambos contaminantes. La disminución de la concentración de SO₂ después de mayo del año 2002, manteniéndose estable por el resto del período de estudio estuvo vinculada con la disminución en la emisión del contaminante en las fuentes fijas ubicadas a barlovento de la estación de monitoreo.^{3,25, 26}

El incremento de la morbilidad al elevarse la concentración de los contaminantes se produce fundamentalmente si el aumento ocurre el mismo día o un día antes de la consulta más que con la exposición al efecto acumulado de varios días de incremento de los contaminantes, esta ausencia de retardo y de efecto acumulado de los contaminantes evaluados se explica por el carácter de irritantes primarios de los mismos, así como el rápido acceso de los pacientes a la atención médica, tal como lo permite nuestro Sistema Nacional de Salud.^{3, 21,27} El porcentaje de incremento de las consultas por IRA y CAAB al aumentar la concentración de los contaminantes se corresponde con la fracción atribuible a la contaminación atmosférica en la ocurrencia de las mismas, es la fracción que puede ser prevenible si se controla la emisión de los contaminantes atmosféricos; según estimaciones de la OMS disminuyendo la contaminación sería posible prevenir el 5 % de todas las enfermedades respiratorias²⁸, este por ciento en el estudio corresponde con un total de 7282 consultas que pueden ser prevenibles al controlar la contaminación atmosférica. Si en vez de calcular el incremento de las consultas por la elevación de la concentración del contaminante equivalente a su rango intercuartil, se hace por la media diaria que cada uno que mostró el estudio, cifras que sobrepasan este rango, el incremento sería mucho mayor.

Estos resultados del estudio no coinciden con otros revisados como por ejemplo, el realizado en México en la Ciudad de Juárez donde si se encontró existencia de retardo y efecto acumulado de los contaminantes, un incremento de 20 en el promedio 24 horas, en la exposición a PM10, se relaciona con un incremento de 4.97% de las consultas por asma con un retraso de cinco días, pero cuando se

considera a la exposición acumulada de cinco días anteriores, el incremento es de un 9%.²⁹

En un estudio realizado en Baja California, México, también se encontró efecto aculado del contaminante, incrementos de PM10 de 36.5µg/m³ de aire en promedio semanal, estaría contribuyendo con un cambio del 1.73% de nuevos casos de asma a la semana.³⁰

Es importante señalar que en este estudio, por incrementos que ocurren en niveles bajos de contaminación, (comparado con países de alta polución ambiental) hay aumentos de infecciones respiratorias agudas y crisis agudas de asma bronquial, lo que se predijo a través del análisis de regresión multivariado. Esto coincide con otros estudios realizados en Ciudad Habana, donde a pesar de ser una ciudad que por lo general presenta bajos niveles de contaminación del aire y la mayor parte del año se encuentran los niveles por debajo de la norma, no obstante, con la exposición a bajas concentraciones de los contaminantes, se observó una asociación con el incremento del número de consultas de urgencias por Crisis Aguda de Asma Bronquial e Infecciones Respiratorias Agudas. Este hallazgo nos lleva a la reflexión que las Normas de las concentraciones máximas admisibles en nuestro país continúan siendo altas.

Lo cual se corresponde con un estudio realizado en Barcelona, España, por Sunyer y col, quienes encontraron asociación a niveles bajos de concentración de partículas y otros contaminantes.^{3,21}

En Helsinki, Finlandia, también se han realizado diversos estudios de correlación entre la contaminación del aire y algunos efectos en la salud, usando el análisis de series temporales, encontrándose que por incrementos que ocurren en niveles bajos de contaminación hay aumentos de infecciones respiratorias agudas, se exacerban los síntomas de asma y de bronquitis crónica, y hay aumento de hospitalizaciones por asma. Incrementos en altos niveles de SO₂ se asocian con mayor frecuencia de afecciones del árbol respiratorio superior.²³

Bajo las condiciones habituales de exposición observadas en la población general, la contaminación atmosférica se comporta como un factor de riesgo de baja intensidad, caracterizado por asociaciones débiles para cada uno de los efectos, con bajos riesgos relativos que solo superan ligeramente a la unidad, a pesar de lo cual, debido al gran número de sujetos expuestos, cada uno de estos efectos puede dar lugar a riesgos atribuibles de importante magnitud, medidos en incidencia o prevalencia, los que sumados constituyen grandes cargas, en términos de pérdida de calidad de vida, morbilidad aguda y crónica, invalidez y mortalidad precoces, con el consiguiente costo económico para el paciente, la familia, los servicios de salud y la sociedad en general.^{3, 31,32,33}

En el momento actual resulta particularmente oportuno implantar medidas preventivas capaces de reducir los riesgos asociados a la contaminación atmosférica con menores costos sociales y económicos que los que se derivarían de la adopción de medidas correctivas posteriores de producirse un incremento de estos riesgos.

CONCLUSIONES

1. Las concentraciones promedio de las Partículas Totales en suspensión mostraron niveles de alto riesgo sanitario con efecto en las Infecciones Respiratorias Agudas y las Crisis Aguda de Asma Bronquial y el efecto por el Dióxido de azufre fue mayor en la morbilidad, a pesar de que el promedio del mismo osciló entre valores aceptados por las normas.
2. La estimación de la carga atribuible a la contaminación en la ocurrencia de consultas por IRA y CAAB, mostró un notable incremento de la morbilidad, al incrementarse la concentración de los contaminantes, que puede pasar inadvertidas si nos basamos en los bajos niveles de contaminación.

BIBLIOGRAFÍA

1. Yassi A. Salud Ambiental Básica. La Habana: INHEM; 2002
2. Romero Placeres M, Diego Olite F, Alvarez Toste M. La contaminación del aire: su repercusión como problema de salud. *Rev Cubana Hig Epidemiol* 2006; 44(2)
3. Molina Esquivel E, Brown Colás LA, Prieto Díaz V, Bonet Gorbea M, Cuellar Luna L. Crisis de asma y enfermedades respiratorias agudas, contaminantes atmosféricos y variables meteorológicas en Centro Habana. *Rev, cubana Med Gen Integr* 2001; 17(1):10-20
4. Organización Panamericana de la Salud. La Salud y el Ambiente en el desarrollo sostenible. Washington DC: OPS; 2000
5. Organización Panamericana de la Salud. La Salud y el Ambiente en el desarrollo sostenible. Washington DC: OPS; 2000
6. Oyarzún M. factores ambientales relacionados con la gravedad del asma. *Rev. Chil. Enf Resp* 2004;20:25-9
7. Más Bermejo P. La carga de enfermedad ambiental. *Rev Cubana Hig Epidemiol* 2003 ene-abr; 41(16):0-0.
8. Smith KR. How much global ill health is attributable to environmental factors? *Epidemiology* 1999; 10(5):573-84.
9. Organización Panamericana de la Salud. Air pollution and children's health: A multicenter study in the Americas. Washington DC: OPS; 2001.
10. Romieu I. Estado del medio ambiente en America Latina y el Caribe. En: Informe sobre la salud en el mundo. Ginebra: OMS; 2003. p. 160-79
11. Dirección Nacional de Estadística. Ministerio de Salud Pública. Anuario Estadístico 2001. La Habana: MINSAP; 2002. (Fecha de Acceso 26 de enero del 2007); Disponible en URL en: <http://www.sld.cu>.
12. Dirección Nacional de Estadística. Ministerio de Salud Pública. Anuario Estadístico 2000. La Habana: MINSAP; 2001. (Fecha de Acceso 26 de enero del 2007); Disponible en URL en : <http://www.sld.cu>.
13. Dirección Nacional de Estadística. Ministerio de Salud Pública. Anuario Estadístico 2005. La Habana: MINSAP; 2006. (Fecha de Acceso 26 de enero del 2007); Disponible en URL en: <http://www.sld.cu>.
14. Pérez Jiménez D, Mas Bermejo P, Prieto Díaz V, Rodríguez González M. Geosalud: relaciones geográficas entre salud y ambiente. *Rev Cubana Hig Epidemiol* 2004 mayo-ago; 42:7-15
15. Romero Placeres M, Más Bermejo P, Lacasaña Navarro M, Téllez Rojo-Solis MM, Aguilar Valdés J, Romieu I. Contaminación atmosférica, asma bronquial e infecciones respiratorias agudas en menores de edad en Ciudad Habana. *Salud Pública Méx* 2004; 46: 222-32.
16. Organización Mundial de la Salud. Clasificación Estadística Internacional de Enfermedades y Problemas Relacionados con la Salud. Décima revisión. Washington, DC: OPS; 1995:491-521. (Publicación Científica, No. 554).
17. United Nations Environment Programme - World Health Organization. GEMS/AIR Methodology Review Handbook Series Vol. 4: Passive and Active Sampling Methodologies for Measurement of Air Quality. Nairobi: UNEP; 1994
18. Oficina Nacional de Normalización. Norma Cubana 39: 1999. Calidad del Aire. Requisitos higiénico-sanitarios. La Habana: ON, 1999.
19. World Health Organization. WHO Air Quality guidelines global update, October 2005. Bonn, Germany: WHO; 2005.
20. Ostro B. Air pollution and mortality. Results from Santiago, Chile. Policy Research Working Paper 1453. The World Bank, Washington, DC, 1995. (fecha de acceso 23 de noviembre del 2007); Disponible en: <http://scielo.isciii.es/scielo.php>
21. Romero Placeres M, Más Bermejo P, Lacasaña Navarro M, Téllez Rojo-Solis MM, Aguilar Valdés J, Romieu I. Contaminación atmosférica, asma bronquial e infecciones respiratorias agudas en menores de edad en Ciudad Habana. *Salud Pública Méx* 2004; 46: 222-32.
22. Ostro B. Air pollution and mortality. Results from Santiago, Chile. Policy Research Working

- Paper 1453. The World Bank, Washington, DC, 1995. (fecha de acceso 23 de noviembre del 2007); Disponible en: <http://scielo.isciii.es/scielo.php>
23. Pönkä A. Assessment of the impact of ambient air pollutants on health in Helsinki, Finland. *World Health Statistics Quarterly*, 48 (2):126-131 (1995). (fecha de acceso 23 de noviembre del 2007); Disponible en: <http://scielo.isciii.es/scielo.php>
 24. Kamat SR and Doshi VB. Sequential health effects study in relation to air pollution in Bombay, India. *European Journal of Epidemiology*, 3:265-277 (1987). (fecha de acceso 23 de noviembre del 2007); Disponible en: <http://scielo.isciii.es/scielo.php>
 25. Martínez Varona M. Evaluación de la contaminación atmosférica en Centro Habana. [Tesis para optar por el título de master en salud ambiental]. La Habana. INHEM; 2003
 26. Meneses Ruiz E, Molina Esquivel E, Suárez Medina R, Romero Placeres M, Martínez Varona M. Contaminantes atmosféricos y mortalidad aguda en ciudad de La Habana. *Rev. Cubana Hig y Epidemiol.* En prensa 2007.
 27. Téllez-Rojo MM, Romieu I, Polo-Peña M, Ruiz-Velasco S, Meneses-González F, Hernández Avila M. Efecto de la contaminación ambiental sobre las consultas por infecciones respiratorias en niños de la Ciudad de México. *Salud Pública Méx* 1997 Nov-Dic; 39(6): 513-22
 28. Más Bermejo P. La carga de enfermedad ambiental. *Rev Cubana Hig Epidemiol* 2003 ene-abr; 41(16):0-0.
 29. Hernández Cárdena L, Téllez-Rojo MM, Sanin-Aguirre LH, Lacasaña-Navarro M, Campos A, Romieu I. Relación entre consultas a urgencias por enfermedad respiratoria y contaminación atmosférica en Ciudad Juárez, Chihuahua. *Rev Salud pública Mex* 2000; 42: 288-97
 30. Reyna MA. Estudio basado en la regresión de Poisson, para conocer el grado de asociación que presentan las principales enfermedades respiratorias con los contaminantes del aire que rebasan los estándares en Mexicali e Imperial. Informe del Instituto de Ingeniería. Universidad autónoma de Baja California, México. 2000. (fecha de acceso 23 de noviembre del 2007); Disponible en: scerp.org/apps/cont_mgt/doc_files/Reyna_informe.pdf.
 31. Gauderman WJ, Vora H, McConnell R, Berhane K, Gilliland F, Duncan T. Effect of exposure to traffic on lung development from 10 to 18 years of age: a cohort study. *The Lancet* 2006; Vol 368. Disponible en URL: www.thelancet.com
 32. Health Effects Institute. Revised analyses of the national morbidity, mortality and air pollution study, Part II. Revised analyses of selected time-series studies (2003). URL: <http://www.healtheffects.org>
 33. World Health Organization. Results from the WHO project "Systematic Review of Health Aspects of Air Pollution in Europe". Copenhagen: WHO Regional Office for Europe, 2004.

Comportamiento de contaminantes atmosféricos en una zona de Ciudad de La Habana en el periodo 2005-2009

Miriam MARTÍNEZ VARONA, Enrique MOLINA ESQUIVEL y Ariadna FERNÁNDEZ AROCHA

Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología. Infanta 1158 e/ Llinás y Clavel. Código postal 10300. Ciudad de La Habana, Cuba. Correo-e: mmartinez@sinha.sld.cu

RESUMEN

Con el objetivo de describir la contaminación atmosférica en Centro Habana, se realizó un estudio descriptivo del comportamiento de las concentraciones diarias de los contaminantes que se estudian en la estación de monitoreo del Instituto Nacional de Higiene Epidemiología y Microbiología (INHEM): dióxido de nitrógeno (NO₂), partículas en suspensión totales (PST), en el periodo de Enero de 2005 a Diciembre de 2009. La base de datos fue confeccionada en EXCEL y procesadas mediante SPSS v11.5. El análisis estadístico incluyó valores de tendencia central, porcentajes de transgresión de las concentraciones máximas admisibles (CMA), valores máximos y percentiles 25, 50, 75, 90.95 y 99. Se evaluó la correlación entre contaminantes mediante el coeficiente rho de Spearman. Las concentraciones medias diarias de todos los contaminantes estudiados resultaron inferiores a las correspondientes CMA. Se observaron correlaciones entre NO₂ y PST. Se apreció una disminución de la concentración de los contaminantes los fines de semana. Las frecuencias de transgresión de la norma por contaminantes fueron bajas excepto para NO₂ que fue de 21.5 %.

Palabras clave: Contaminación atmosférica, dióxido de nitrógeno y partículas en suspensión.

INTRODUCCIÓN

La progresiva industrialización ha supuesto un incremento en las emisiones de sustancias tóxicas a la atmósfera, lo que conlleva un empeoramiento paulatino de la calidad del aire. Es necesario un sistema de control de la misma para salvaguardar el medio ambiente y, en definitiva, nuestra salud. El número de estudios en los cuales se analiza la calidad del aire ha aumentado considerablemente en las últimas décadas.¹ Anteriores estudios realizados en Ciudad de La Habana, han reportado concentraciones elevadas de contaminantes en las zonas de mayor exposición a fuentes industriales y al transporte,^{2,3} asociadas a mayor morbilidad por enfermedades y síntomas respiratorios en grupos de riesgo residentes en las zonas más expuestas y de mayor densidad demográfica de esta capital, entre éstas el municipio Centro Habana.^{4,5,6} El presente estudio centra su interés en los contaminantes

objeto de monitoreo continuo en la estación del Instituto Nacional de Higiene Epidemiología y microbiología, con el objetivo de describir la situación de la contaminación atmosférica en Centro Habana de acuerdo con las concentraciones de estos contaminantes en la estación de monitoreo local, en el período de enero de 2005 a diciembre de 2009.

MATERIAL Y METODOS

Se realizó un estudio longitudinal descriptivo, cuyo universo de estudio estuvo constituido por las determinaciones diarias de contaminantes del aire obtenidas en la estación de monitoreo Centro Habana, ubicada en el Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología. El periodo de estudio fue de Enero del 2005 - Diciembre del 2009, incluyó los siguientes contaminantes: partículas totales en suspensión (PST) y dióxido de nitrógeno (NO₂).

Contaminante	Media ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Percentiles (p)				Máx.	Porcentaje que supera la CMA
		25	50	75	99		
PST	50,4	33,1	46,5	62,9	147,9	287	4.3
NO ₂	25,5	8,8	21,4	37,7	96,1	187	21.5

Fuente: Registros mensuales. Estación de vigilancia de Centro Habana

Tabla 1. Valores resúmenes y porcentajes de trasgresión de las concentraciones máximas admisibles (CMA) para las medias diarias, de los contaminantes estudiados. Enero 2005-diciembre 2009.

Contaminante	PST	NO ₂
PST	R=1 Sig. 0.0	R=0.63 Sig. 0.17
NO ₂	R=0.63 Sig. 0.17	R=1 Sig. 0.0

Leyenda: ** $p < 0.01$

Fuente: Registros mensuales. Estación de vigilancia Centro

Tabla 2. Coeficiente de correlación (rho) de Spearman entre contaminantes. Enero 2005-diciembre 2009.

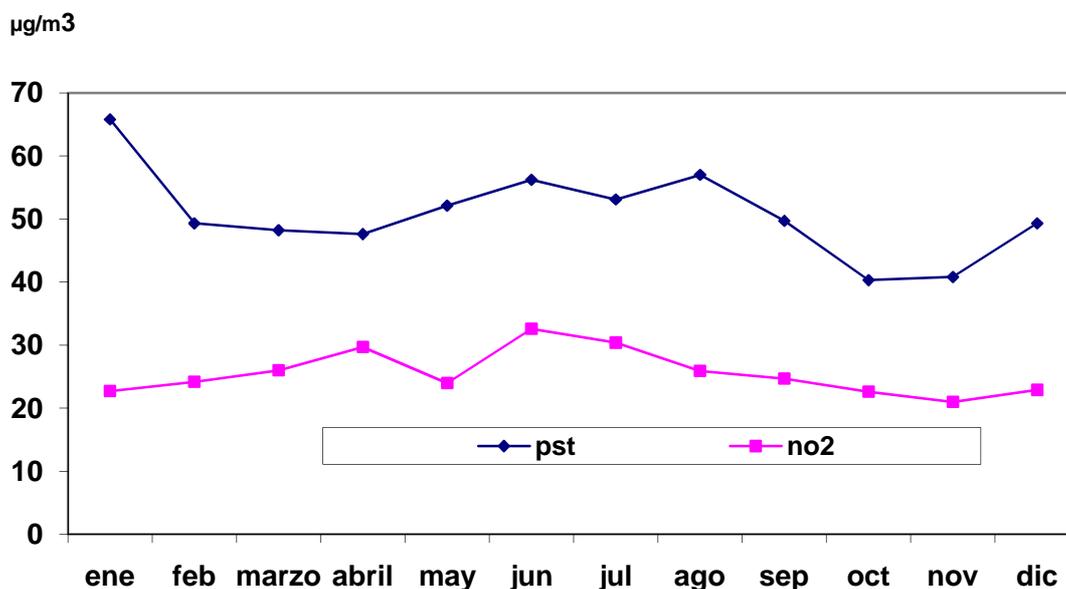


Figura 1. Comportamiento de PST, NO₂. Enero 2005-diciembre 2009. Medias anuales.

El muestreo se realizó según las normas establecidas para el monitoreo manual de 24 horas,⁷ así como su posterior análisis en el laboratorio. Las técnicas analíticas empleadas fueron: Partículas totales en suspensión: método gravimétrico de bajo volumen, según la norma UNE 81599,⁸ Dióxido de nitrógeno: Método de Arsenito de Sodio Modifi-

cado.⁹ En todos los casos los valores de concentración de los contaminantes se expresaron en $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Se evaluó el comportamiento diario de los contaminantes estratificado por los días de la semana.

Los datos primarios fueron procesados mediante MS EXCEL 2000 y posteriormente procesados mediante el sistema SPSS 11.5. El análisis estadístico incluyó el cálculo de los valores de tendencia central

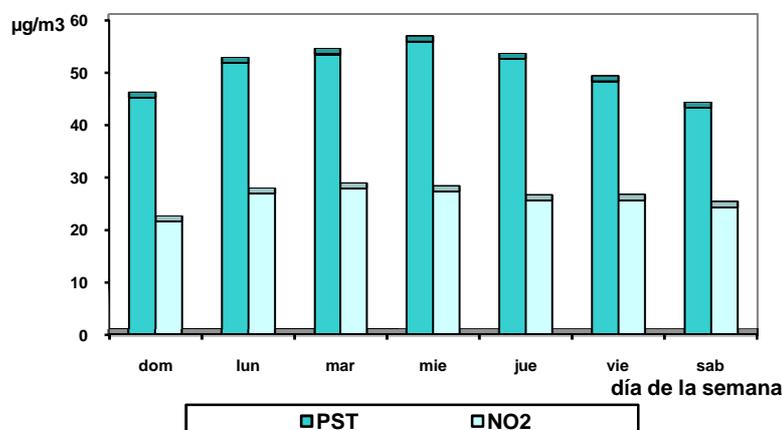


Figura 2. Concentraciones de PST y NO₂ por días de la semana. Centro Habana, enero 2005-diciembre 2009

(media aritmética y percentil 50), el porcentaje de trasgresión de la norma para cada contaminante, percentil 25,75, 90 y 99.

Se tomó como CMA de acuerdo a la NC 39: 1999. Calidad del aire. Requisitos Higiénico-sanitarios¹⁰. Esta norma establece la CMA para las PST de acuerdo al porcentaje de dióxido de silicio (SiO₂) presente, no obstante, se adoptó el valor de 100 µg/m³, correspondiente a polvos con un contenido de SiO₂ de hasta 50% coincidente con las normativas establecidas por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos,¹¹ México¹² y Brasil¹³. Para el NO₂ se tomó como CMA 40 µg/m³.

Se empleó la prueba de Kolmogorov-Smirnov para evaluar la normalidad de la distribución de las concentraciones de los contaminantes estudiados.

Con vistas a evaluar la relación entre las concentraciones de los contaminantes estudiados se empleó el coeficiente de correlación rho de Spearman, dada la distribución asimétrica de los mismos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se observa que ninguno de las concentraciones medias de los contaminantes estudiados trasgredieron las CMA correspondiente en la media aritmética en el periodo de estudio, sin embargo, en el NO₂ en el percentil 95 muestran valores superiores a las CMA correspondientes, establecidos por la norma cubana.¹⁰ Sin embargo, se destacan valores máximos que superaron en más de 4 veces los de referencia para NO₂, en casi 2 veces para PST, de modo tal que la magnitud de la contaminación, atendiendo a los contaminantes evaluados, pudiera catalogarse de ligera.

En el estudio realizado en el periodo de octubre de 1996 a septiembre de 1997,^{14,15} los valores de las

medias aritméticas resultaron muy inferiores a las obtenidas en el presente trabajo para NO₂ (11,5 µg/m³). Esto pudiera explicarse por un moderado incremento de las emisiones de las fuentes estacionarias y de la circulación vehicular, atendiendo a las cargas contaminantes de ambos tipos de fuentes.¹⁶ En el estudio realizado en el periodo 2001-2003 se obtuvieron valores medios de 25.4 µg/m³ para NO₂ y de 124.6 µg/m³ para PST. En el estudio realizado en el periodo 2004-2006¹⁷ se obtuvieron valores de media aritmética para NO₂ (32.186 µg/m³) y para PST (50.73 µg/m³). Al comparar estos

estudios se observa que en el caso del NO₂ y PST en el periodo de estudio los valores de las medias son muy similares al del estudio anterior.

Al aplicar el test de Kolmogorov-Smirnov para evaluar la normalidad, se apreció que para todos los contaminantes la significación fue menor que 0.05, por lo tanto rechazamos la hipótesis nula, es decir ninguno de los contaminantes mostró una distribución normal

En la Tabla 2, se observó una correlación moderada entre el NO₂ y PST. Lo anterior se interpreta como una relación relativamente baja pero significativa, entre la tendencia a la variación de todos los contaminantes de modo que, en alguna medida, los mismos se encuentran interrelacionados, bien en su emisión, su dispersión o por ambos factores. La correlación resultó significativa.

En la Figura 1 se describe el comportamiento de las medias de los contaminantes en estudio en el periodo 2005-2009 por cada mes. A juzgar, principalmente por la media, en todos los casos en los meses de junio, julio y agosto se aprecia un incremento en la concentración. En el PST y NO₂ se observa una ligera tendencia en el año 2009 a un incremento de las concentraciones. Incremento marcado en los meses de junio y julio se observó en las PST para lo cual se comportaron sin un patrón estacional definido. Una de las fuentes que más genera los contaminantes primarios son las fuentes móviles que son esencialmente los vehículos que circulan por la ciudad. Los combustibles que se usan para su movilización, al ser quemados, o por efectos de evaporización debido a las altas temperaturas emiten contaminantes primarios que al ponerse en contacto con factores fotoquímicos producen contaminantes secundarios como el O₃.¹⁸

En la figura 2 se describe el comportamiento de estos contaminantes por días de la semana, en todos los casos todos se comportan de igual forma, existe una disminución de la concentración de estos los fines de semana esto lo asociamos a la disminución del tránsito automotor y las actividades industriales en el territorio cercano y a barlovento del punto de muestreo. El resto de los días de la semana las concentraciones de los contaminantes no mostraron grandes diferencias. Esto coincide con los estudios de Celis¹⁹ y Rööslí²⁰ los cuales plantearon lo siguiente: La concentración media del PM₁₀ en los días laborales (lunes a viernes) fue un 40% mayor que durante los fines de semana (sábado y domingo) en la ciudad de Chillán, reflejando la influencia de la actividad antrópica, como el tráfico, las faenas de construcción y los procesos industriales, los que generalmente son mayores en los días hábiles. Esto es similar a lo encontrado por Rööslí et al. (2001), quienes determinaron un 54% de incremento del PM₁₀ en los días de trabajo respecto de los fines de semana. Probablemente, el tráfico de la ciudad contribuye fuertemente a esta variación, a través del levantamiento de polvo de las calles y la eliminación de partículas finas por el escape de los motores de combustión.

Roman y col., en su estudio plantean lo siguiente: Desde hace aproximadamente 15 años se ha acumulado un número creciente de evidencias epidemiológicas, experimentales y clínicas respecto a la relación entre la concentración de material particulado atmosférico (PM) y diversos daños en los sistemas respiratorio y cardiovascular.¹ En un comienzo, el interés de las investigaciones se centró en el daño respiratorio, atendiendo a los crecientes niveles de contaminación atmosférica, producidos por la vida moderna en las grandes ciudades y a su relación con la incidencia de enfermedades respiratorias.²¹

Aranda y col.²², en 1991, comunicaron una relación entre la contaminación atmosférica por partículas grandes (PM₁₀) y la mortalidad por neumonía en niños de Santiago. Posteriormente Ostro y col.²³ y Sanhueza y col.²⁵ también en Santiago, encontraron una importante correlación entre la concentración de partículas y la mortalidad debida tanto a enfermedades respiratorias como cardiovasculares. En el mismo año, Avendaño y col.²⁴ no observaron correlación entre la concentración de PM₁₀ con un aumento de la demanda de hospitalizaciones en lactantes y niños.

El material contaminante lo constituyen las partículas en suspensión y los gases tóxicos. El material particulado (PM) se clasifica en el de partículas finas, de menos de 2,5 micrones (PM_{2,5}) y mayores, de 10 (PM₁₀), siendo las pequeñas las que se asocian más fuertemente al exceso de mortalidad. Los gases tóxicos más frecuente evaluados son el ozono (O₃), SO₂, NO₂, CO₂ y los compuestos orgánicos volátiles.²¹

CONCLUSIONES

- Las medias aritméticas de las concentraciones promedio diarias de los contaminantes en el periodo en estudio, resultaron inferiores a las concentraciones máximas admisibles
- Los indicadores de contaminación mostraron una moderada correlación
- Se apreció una disminución en la concentración de los contaminantes los fines de semana.
- Se aprecia una ligera tendencia al aumento de las concentraciones en el NO₂ y PST en el mes de diciembre.

BIBLIOGRAFIA

- 1- Roman A, Oscar, Prieto, María José y Mancilla, Pedro. Contaminación atmosférica y daño cardiovascular. *Rev. Méd. Chile.* [online]. jun. 2004, vol.132, no.6 [citado 20 Marzo 2007], p.761-767. Disponible en: <http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-98872004000600014&lng=es&nrm=iso>. ISSN 0034-9887.
- 2- Bekir O y Gautam SP. Contaminación atmosférica por vehículos automotores. Experiencias recogidas en siete centros urbanos de América Latina Washington D.C: Banco Mundial; 1997.
- 3- Organización Sanitaria Panamericana. Programa Internacional sobre Seguridad Química. Red de Epidemiología Ambiental. Epidemiología Ambiental. Un proyecto para América Latina y El Caribe. Contaminantes atmosféricos. México (DF): OPS; 1994:57-85.
- 4- Lacasaña-Mavarró M, L F, Aguilar-Garduño C, Romieu I. Evolución de la contaminación del aire e impacto de los programas de control en tres mega ciudades de América latina. México. *Salud Pública.* 1999;41:203-215
- 5- Romieu I. Estudios epidemiológicos sobre los efectos en la salud por la contaminación del aire de origen vehicular. En: Mage DT, Zali O, editores. Contaminación atmosférica causada por vehículos automotores. Ginebra: Organización Mundial de la Salud; 1995.
- 6- Segala C. Health effects of urban outdoor air pollution in children. *Current epidemiological data. Pediatr Pulmonol* 1999;18:6-8.
- 7- World Health Organization. United Nations Environment programme. GEMS/Air Methodology Reviews : Quality Assurance in urban air quality monitoring. WHO/UNEP. 1994 v.1
- 8- Norma UNE81599 1996. Calidad del aire. Método gravimétrico. Determinación de material particulado (fracción inhalable y respirable) en aire

- 9- CETESB. Método de referencia para determinar dióxido de nitrógeno en atmósfera. Brasil, 2001.
- 10- Norma cubana 39:1999. Calidad del aire. Requisitos higiénico-sanitarios. Oficina Nacional de normalización. 1999.
- 11- Epa's Science Advisory Board. The EPA's particulate Matter (PM). Health effects research centers program. *Report issued*. Jan 2002
- 12- Secretaria del medio ambiente. Dirección general de prevención y control de la contaminación. Informe anual 1995. Red automática de monitoreo atmosférico de la ciudad de México. México DF: RAMA ;1995.
- 13- Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Qualidade do Ar no Estado de Sao Paulo. Sao Paulo : CETESB; 1999..
- 14- Cuba. D. y Molina E. Concentraciones diarias de dióxido de azufre y hollín atmosféricos. centro habana, 1994 – 2000 [cd-room]. La Habana: INHEM;2002
- 15- Molina E, Brown LA, Prieto V, Bonet M, Cuellar L. Crisis de asma y enfermedades respiratorias agudas. Contaminantes atmosféricos y variables meteorológicas en Centro Habana. *Rev. Cubana Med. Gen. Integral* 2001; 17(1):10-20.
- 16- Economopoulos A. Assessment of sources of air, water & land pollution. Chapter 3: Air emission inventories and controls. Geneva: WHO; 1993.
- 17- M. Martínez Varona, R. García Roche, E. Molina Esquivel, A. Fernández Arocha. Comportamiento de dióxido de nitrógeno y Partículas en suspensión totales en el periodo 2004-2006 (La Habana, Cuba). *Hig. Sanid. Ambient.* **8**: 343-347 (2008)
- 18- Jaramillo, Mauricio. Nuñez, Maria Eugenia. Ocampo William. Perez Diego. Portilla Gloria. Emisiones de Contaminantes Atmosféricos Convencionales por Fuentes Móviles en el Sector Urbano de Cali (2003). *Epiciclos*, Vol 2 No.1, noviembre de 2003, pp. 73-90
- 19- Celis J H. y José Morales P. Estudio de la contaminación del aire urbano en una ciudad intermedia: El caso de Chillán (Chile) *Atenea* N° 495– I Sem. 2007: 165-182
- 20- Rösli, M.; G. Theis, N. Künzli, J. Staehelin, P. Mathys, L. Oglesby, M. Camenzind and Ch. Braun-Fahrländer. 2001. "Temporal and spatial variation of the chemical composition of PM10 at urban and rural sites in the Basel area, Switzerland". *Atmos. Environ.* **35**: 3701-3713.
- 21- Centro Panamericano de Ciencias del Ambiente / Organización Sanitaria Panamericana. Curso de Orientación para el control de la contaminación del aire. Manual de auto-instrucción. Lima: CEPIS; 1999 (PUB/99.33,1999).
- 22- Aranda C, Romero H. Topo-climatología de la cuenca de Santiago y sus efectos en la contaminación atmosférica y en la salud. *Enf Resp Cir Tor* 1989; **5**: 24-30.
- 23- Ostro BD, Eskeland GS, Sánchez JM, Feyzioglu T. Air pollution and health effects: a study of medical visits among children in Santiago, Chile. *Environ Health Perspect* 1999; **107**: 69-73
- 24- Avendaño L, Céspedes A, Stecher X, Palomina MA. Influencia de virus respiratorios, frío y contaminación aérea en la infección respiratoria aguda baja del lactante. *Rev Méd Chile* 1999; **127**: 1073-8.

Higiene y Sanidad Ambiental, **10**: 650-657 (2010)

Influencia de características demográficas y recursos humanos de sistemas de abastecimiento en poblaciones de la Alpujarra (Granada, España) en la cloración del agua de consumo

Pilar ALVAREZ DE SOTOMAYOR GRAGERA¹, María del Carmen OLVERA PORCEL² y Obdulia MORENO ABRIL²

¹ Área Gestión Sanitaria Sur de Granada. Farmacéuticas IISS. Granada. España. Correo-e: pilar.alvarez@hotmail.com

² Departamento de Medicina Preventiva y Salud Pública. Universidad de Granada. Granada. España.

RESUMEN

Tras una revisión de la situación actual de los servicios de abastecimiento y las características que debe reunir el agua de consumo humano, se ha planteado este proyecto, que comprende dos partes claramente diferenciadas: de un lado se valora la calidad del agua de consumo suministrada a la población de muestreo y, por otro, se analizan una serie de características para definir las particularidades demográficas y de recursos humanos que presentan los núcleos rurales y servicios de abastecimiento en cuestión.

Finalmente en el estudio se plantea la posibilidad de que exista significación estadística entre la variable asociada a calidad del agua y el resto de variables incluidas en el estudio.

INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso natural escaso, indispensable para la vida y para el ejercicio de la mayoría de las actividades económicas⁵.

Dada la importancia de este tema para la salud humana el suministro de agua a la población, en cantidad y calidad adecuada a los diferentes usos, es un servicio de carácter básico que constituye uno de los objetivos fundamentales en la salud pública de cualquier comunidad².

La administración y control del dominio público hidráulico de cada comunidad es gestionado por el correspondiente Organismo de cuenca mediante el Plan Hidrológico de cuenca que debe establecer, en cualquier caso, el abastecimiento de la población como uso prioritario¹⁰.

Entendemos por Sistema o Servicio de abastecimiento de aguas de consumo público al conjunto de zonas de protección, obras e instalaciones que permiten la captación de agua, la transformación de la misma en agua de consumo, y la distribución de ésta hasta las acometidas de los

consumidores, con las suficientes garantías sanitarias y en las condiciones previstas por la Ley 2/1985, de 2 de agosto, de Aguas y sus disposiciones reglamentarias⁸.

En cada abastecimiento se gestiona la producción de agua para una zona geográfica concreta denominada *zona de abastecimiento*, entendiéndose como tal al *área geográficamente definida y censada por la autoridad sanitaria a propuesta del gestor del abastecimiento o partes de éste, no superior al ámbito provincial, en la que el agua de consumo humano provenga de una o varias captaciones y cuya calidad de las aguas distribuidas pueda considerarse homogénea en la mayor parte del año*¹¹.

Cada zona de abastecimiento está gestionada por un gestor, persona o entidad pública o privada responsable del abastecimiento o de parte del mismo, o de cualquier otra actividad ligada al abastecimiento del agua de consumo humano¹¹.

El régimen de funcionamiento y características que deben reunir los abastecimientos de agua de consumo público está establecido en el Real Decreto 140/2003,

de 7 de febrero y en otras reglamentaciones que lo suplementan.

El Real Decreto 140/2003 tiene como objetivo *establecer los criterios sanitarios que deben cumplir las aguas de consumo humano y las instalaciones que permiten su suministro desde la captación hasta el grifo del consumidor y el control de éstas, garantizando su salubridad, calidad y limpieza, con el fin de proteger la salud de las personas de los efectos adversos derivados de cualquier tipo de contaminación de las aguas*¹¹.

Un abastecimiento bien concebido es aquel cuyas instalaciones no transmiten al agua sustancias o propiedades que contaminen o empeoren su calidad o que supongan un distanciamiento de los criterios de calidad establecidos. Además de todo lo expuesto hay que recordar que el abastecimiento de agua de consumo no sólo tiene que cuidar la inocuidad de la misma sino también su apariencia, sabor y olor agradable⁷.

Según la legislación vigente *el agua de consumo humano debe ser salubre y limpia*¹¹. En este sentido, el artículo 5 del Real Decreto 140/2003, determina que el agua de consumo humano es salubre y limpia cuando *no contiene ningún tipo de microorganismo, parásito o sustancia, en una cantidad o concentración que pueda suponer un riesgo para la salud humana, y cumpla con los requisitos especificados en las partes A y B del anexo I*¹¹.

Todos los valores que se establecen en estos anexos se basan principalmente en las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud y en motivos de salud pública, aplicándose, en algunos casos, el principio de precaución para asegurar un alto nivel de protección de la salud de la población¹¹. En el artículo 6 de este mismo Real Decreto se especifica que el agua de consumo humano debe cumplir los criterios de calidad establecidos normativamente para las aguas suministradas a través de una red de distribución en el punto en el cual surge de los grifos, las aguas suministradas a partir de una cisterna, las aguas utilizadas en la industria alimentaria¹¹.

Por lo general, la desinfección es el último proceso al que se somete al agua antes de la distribución dotándola de protección contra la contaminación externa y la reaparición de nuevos elementos nocivos durante esta fase⁷.

En España se especifica legalmente que el agua en la red de distribución debe presentar una concentración mínima de desinfectante residual (0.2-1 ppm).

Actualmente un total de 600 empresas gestionan el abastecimiento de agua a la población andaluza, incluyéndose en esta cifra los ayuntamientos que realizan la gestión del abastecimiento de agua a sus municipios de forma directa¹.

Los gestores de los abastecimientos deben velar para que se mantenga la integridad del servicio. Así, algunos de los problemas que pueden plantearse en

los servicios de abastecimiento se pueden evitar si los responsables de los mismos aseguran la realización de una serie de operaciones con objeto de comprobar que no se modifican las condiciones que pueden influir en la calidad del agua: protección de la fuente de agua no tratada y de su cuenca hidrográfica, mantenimiento e inspección regular de la planta de tratamiento y sistema de distribución, reparación y renovación inmediata de los equipos necesarios, formación adecuada de los administradores y del personal, y la potenciación de la educación de los consumidores⁷.

El artículo 15 del RD 140/2003 prevé que *el personal que trabaje en el abastecimiento en tareas en contacto directo con agua de consumo humano deberá cumplir los requisitos técnicos y sanitarios que dispone el Real Decreto 202/2000, de 11 de febrero, por el que se establecen las normas relativas a los manipuladores de alimentos*¹¹. En la actualidad el RD 202/2000 ha sido derogado por el RD 109/2010 de 5 de febrero, sin embargo la formación de los manipuladores sigue constituyendo un apartado específico a desarrollar en el protocolo de autocontrol y gestión de cada zona de abastecimiento.

El personal que desarrolla tareas en contacto directo con el agua suministrada debe tener la mayor cualificación profesional posible con objeto de garantizar la calidad del producto final y asegurar la protección de la salud de la población. Cuanto mayor sea el tamaño de la comunidad abastecida, tanto mayor debe ser el número y la cualificación profesional de los operarios⁸.

El agua constituye una necesidad primordial para la salud y la supervivencia de la humanidad por lo que no es exagerado considerarla como uno de los derechos humanos básicos⁸.

En España las competencias en materia de aguas son compartidas tanto por el Gobierno central, como por el de las Comunidades Autónomas y los Ayuntamientos.

La Ley 4/2010 y el Decreto 70/2009 establecen cuales son las competencias transferidas a los municipios andaluces y las funciones de los gestores de los sistemas de abastecimiento, entidades públicas o privadas, entre las que cabe destacar³:

- *Aplicar en la parte del abastecimiento que gestionan las medidas necesarias para el cumplimiento de los requisitos y obligaciones establecidos en este Reglamento y en el Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero.*
- *Realizar el autocontrol de la calidad del agua en la parte del abastecimiento que gestionan.*

En la actualidad las cuencas situadas en la mitad Sur de España escapan a la tendencia previsible para el resto de poblaciones españolas ya que, según su tendencia demográfica, cabe prever un incremento significativo de sus necesidades hídricas⁶. Esta tendencia, a la que se suma la menor disponibilidad de recursos hídricos, se ve agravada en los pequeños

núcleos rurales, en los que, al no poder aprovechar las necesarias economías de escala, surgen problemas para financiar y gestionar eficientemente los servicios de abastecimiento de agua⁶.

Ante estas premisas surge la idea de plantear este estudio, para conocer la situación actual de los servicios de abastecimiento y las condiciones del agua que suministran.

De este modo, a través de este estudio, nos planteamos dos objetivos generales:

1. Evaluar la cloración del agua de consumo público en los sistemas de abastecimiento de una zona de la Alpujarra Granadina.
2. Describir los recursos humanos disponibles para la gestión y mantenimiento de sus sistemas de abastecimiento de las poblaciones estudiadas. Valorar que aspectos se asocian con niveles de cloración deficientes.

MATERIAL Y MÉTODOS

Para alcanzar los objetivos fijados se diseñó un estudio observacional retrospectivo de tipo transversal.

El período de estudio comprendió desde el mes de enero de 2004 a junio del 2008.

Se consideró como población de referencia a los sistemas de abastecimiento de núcleos rurales localizados en la Alpujarra Granadina, estando constituida la población de muestreo por los sistemas de abastecimiento inspeccionados desde el servicio de Salud Pública en la Zona Básica de Salud Orgiva I y II perteneciente al Área de Gestión Sanitaria Sur de Granada del Servicio Andaluz de Salud.

En total el registro incluyó 17 sistemas de abastecimiento que cumplieron los criterios de inclusión y exclusión preestablecidos: Lanjarón, Órgiva (agrupa los núcleos rurales de Tablonés, Órgiva, Bayacas y Las Barreras), Alcázar, Torvizcón, Almegijar, Notaez, Trevélez, Busquístar, Pórtugos, Pítres (agrupa los núcleos de Capilerilla, Atalbeitar, Pítres y Mecina), Ferreirola, Bubión, Capileira, Pampaneira, Cañar, Soportujar y Carataunas.

Durante el periodo de duración de nuestro estudio se recopilamos 1205 boletines analíticos realizados tanto por el gestor del abastecimiento como por la propia administración.

La información necesaria para la realización del presente estudio se ha obtenido de dos fuentes:

Resultados analíticos: Análisis de control y completo.

Estos datos se obtuvieron mediante revisión de los boletines analíticos, correspondientes a análisis de autocontrol y completos, archivados por los servicios de inspección del Sistema Andaluz de Salud, los Ayuntamientos de los núcleos rurales estudiados, o bien mediante consulta de los datos de la Zona de abastecimiento recopilados directamente en el SINAC.

De entre todos los parámetros recopilados en cada análisis se tuvo en cuenta el valor de Cloro Residual Libre (CRL) como indicador de la calidad del agua suministrada.

Cuestionario autoadministrado.

Se concertó una cita con cada uno de los gestores de los sistemas de abastecimiento o, en su defecto, con los encargados de las zonas incluidas en el estudio, a los que se entregó el cuestionario a cumplimentar.

El cuestionario incluía preguntas sobre las características del/os núcleo/s rural/es que comprenden la zona de abastecimiento estudiada, así como cuestiones relacionadas con el personal que trabaja en la misma y servicios subcontratados que podrían incidir en el correcto funcionamiento del suministro de agua y, consecuentemente, en la calidad de ésta.

Todas las variables estudiadas en este trabajo son independientes, cualitativas o cuantitativas.

Para el análisis de datos se realizó un estudio descriptivo en el que se estudia para cada variable la distribución en la muestra (valor absoluto y proporción sobre el total), y un análisis bivalente consistente en un test chi cuadrado entre una de las variables independientes cualitativa (CRL) con las variables dependientes cualitativas, tomando como límite para la significación estadística un valor de p igual o menor a 0,05.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se ha valorado la cloración del agua en las diferentes zonas de abastecimiento observando que en algo más de la mitad de los análisis realizados al agua de consumo distribuida la cloración es correcta, sin embargo, cuando consideramos juntas las muestras para las que se obtiene un nivel de cloro fuera de los límites establecidos por la legislación, es decir < 0.2 ppm o > 1 ppm, se obtiene un resultado muy parecido respecto a las muestras correctas, 49.66 % frente a 50.33 % (tabla 1).

Estos datos de cloración deficiente son superiores a los encontrados por J. Pérez y cols.⁹ en las poblaciones del Norte de Córdoba en las que de un total de 322 muestras el 32 % presentaba cloración deficiente, 31.05% por defecto y 0.93 % por exceso. Sin embargo, el hecho de que el número de muestras por sistema de abastecimiento así como la fecha de análisis no sea coincidente en el tiempo limita la interpretación de resultados pudiendo ser éste el origen de cierto sesgo de información. Por otro lado, al haber sido ejecutados los ensayos que se valoran en este proyecto por diferentes entidades, puede existir cierta variación tanto en las técnicas de muestreo como en las de análisis y, por consiguiente, existe la posibilidad de que ésta sea la causa de introducción de un nuevo sesgo.

Tabla 1. Nivel de cloración del agua distribuida.

Zona de abastecimiento		Nivel de cloración			Total
		0.2-1 ppm	< 0.2 ppm	> 1 ppm	
1	N	131	48	0	179
	%	73.18	26.82	0.00	100.00
2	N	19	8	3	30
	%	63.33	26.67	10.00	100.00
3	N	16	16	0	32
	%	50.00	50.00	0.00	100.00
4	N	20	18	4	42
	%	47.62	42.86	9.52	100.00
5	N	28	14	2	44
	%	63.64	31.82	4.55	100.00
6	N	40	50	0	90
	%	44.44	55.56	0.00	100.00
7	N	21	20	0	41
	%	51.22	48.78	0.00	100.00
8	N	50	30	4	84
	%	59.52	35.71	4.76	100.00
9	N	36	87	2	125
	%	28.80	69.60	1.60	100.00
10	N	8	25	3	36
	%	22.22	69.44	8.33	100.00
11	N	9	15	1	25
	%	36.00	60.00	4.00	100.00
12	N	24	59	3	86
	%	27.91	68.60	3.49	100.00
13	N	37	37	6	80
	%	46.25	46.25	7.50	100.00
14	N	40	2	5	47
	%	85.11	4.26	10.64	100.00
15	N	102	78	22	202
	%	50.50	38.61	10.89	100.00
16	N	13	13	20	46
	%	28.26	28.26	43.48	100.00
17	N	10	0	1	11
	%	90.91	0.00	0.09	100.00
Total	N	604	520	76	1200
	%	50.33	43.33	6.33	100.00

* No se incluye el resultado de 5 boletines analíticos al tratarse el punto de muestreo de una captación de agua en la que no puede valorarse el nivel de cloración de la misma.

A través del estudio también se realiza un análisis descriptivo de las características demográficas y de recursos humanos de las zonas de abastecimiento. Esta información, obtenida mediante cuestionarios autoadministrados, ha sido recopilada y procesada por una misma persona, esto, unido a que gran parte de los aspectos estudiados presentan una respuesta de interpretación inequívoca, minimiza la posibilidad de introducir un sesgo, sin embargo, el hecho de que la

actividad laboral del entrevistador sea la inspección sanitaria de algunas de las zonas valoradas puede haber inducido a la respuesta cohibida del encuestado, lo que introduciría un sesgo de atención o efecto Hawthorne.

Como variables indicativas de las características demográficas y laborales consideradas en el estudio son la densidad de población, distribución de la población y actividad principal en las zonas de abastecimiento. En las tablas 2, 3 y 4 se representa la distribución en la muestra de estas variables.

Las variables consideradas para definir los recursos humanos disponibles en las zonas de abastecimiento para su gestión y mantenimiento se representan en las tablas 5, 6, 7 y 8, mientras que las relativas a la formación de los trabajadores están reflejadas en las tablas 9, 10 y 11.

El análisis bivalente planteado en este estudio se centra en valorar si existe significación estadística entre el nivel de cloración de la zona de abastecimiento y el resto de variables planteadas; para ello hemos considerado como cloración correcta del agua abastecida que el número de boletines con CRL dentro de los límites establecidos por la legislación sea mayor o igual al 50%, observando en este supuesto que sólo se da esta circunstancia en el 52.94% de las zonas analizadas.

Por el diseño seleccionado a la hora de plantear este estudio podría introducirse un sesgo de información al tratar de establecer la relación causal entre variables que se obtienen por distintos medios, ya que los aspectos analizados no tienen porque ser coincidentes en el tiempo: por un lado el valor de CRL se obtuvo mediante boletines analíticos de diferentes puntos de muestreo correspondientes a fechas comprendidas entre enero de 2004 y junio de 2008, mientras que el resto de variables se midieron de forma prácticamente simultánea en todas las zonas de abastecimiento. Este error se habría minimizado en el supuesto de que los datos obtenidos mediante el test administrado se hubieran recopilado al inicio y fin del estudio y/o hubieran sido actualizados en el transcurso de éste.

Tabla 2. Densidad de población en las zonas de abastecimiento.

Número de habitantes	N	%
< 500	13	76.47
501-1000	2	11.76
1001-5000	1	5.88
> 5000	1	5.88
Total	17	100

Tabla 3. Distribución de la población en las zonas de abastecimiento.

Distribución de la población	N	%
Núcleo urbano	14	82.35
Dispersa en pedanías	0	0.00
Núcleo y pedanías	3	17.65
Total	17	100

Tabla 4. Actividad principal de la población en las zonas de abastecimiento.

Actividad económica	N	%
Agrícola y ganadera	5	29.41
Industrial	2	11.76
Servicios	7	41.18
Otros	3	17.65
Total	17	100

Tabla 5. Personas dedicadas al abastecimiento*.

Personal	N	%
1	8	61.54
4	2	15.38
Nadie	1	7.69
Empresa subcontratada	2	15.38
Total	13	100.00

* No se han contabilizado 4 zonas de abastecimiento por no poder contactar con el responsable de la misma.

Tabla 6. Disponibilidad horaria encargado principal de la ZA*.

Disponibilidad horaria encargado principal	N	%	
Zona de abastecimiento	Si	2	15.38
	No	11	84.62
	Total	13	100.00

* No se han contabilizado 4 zonas de abastecimiento por no poder contactar con el responsable de la misma.

Partiendo de esta consideración podemos ver a través de las tablas 12, 13 y 14 que no existe relación estadísticamente significativa entre deficiencias de la cloración del agua y las variables demográficas consideradas.

Tampoco se encontró significación estadística en la relación entre las deficiencias en la cloración del agua y los recursos humanos de la zona de abastecimiento representados en las tablas 15, 16, 17, 18 y 19.

Tabla 7. Personal de emergencias*.

Existencia de personal de emergencias	N	%
Si	12	92.31
No	1	7.69
Total	13	100.00

* No se han contabilizado 4 zonas de abastecimiento por no poder contactar con el responsable de la misma.

Tabla 8. Personal sustituto*.

Existencia de personal sustituto	N	%
Si	11	84.62
No	2	15.38
Total	13	100.00

* No se han contabilizado 4 zonas de abastecimiento por no poder contactar con el responsable de la misma.

Tabla 9. Asistencia de personal técnico a cursos de gestión, control y/o mantenimiento de abastecimientos*.

Asistencia a cursos técnicos	N	%
Solo el encargado	2	16.67
Parte del personal	0	0.00
Todo el personal	0	0.00
Nadie	10	80.33
Total	12	100.00

* No se han contabilizado 5 zonas de abastecimiento, 4 de ellas por no poder contactar con el responsable de la misma y 1 por no existir personal contratado con funciones técnicas en exclusiva.

Tabla 10. Asistencia de personal técnico a cursos de formación de manipulador de alimentos*.

Formación manipulador alimentos	N	%
Solo el encargado	0	0.00
Parte del personal	2	16.67
Todo el personal	8	66.67
Nadie	2	16.67
Total	12	100.00

* No se han contabilizado 5 zonas de abastecimiento, 4 de ellas por no poder contactar con el responsable de la misma y 1 por no existir personal contratado con funciones técnicas en exclusiva.

Tabla 11. Formación general del encargado principal*.

<i>Formación encargado principal</i>	<i>N</i>	<i>%</i>
Universitarios	0	0.00
Formación profesional ó bachiller	4	33.33
Educación general básica	6	50.00
Ninguno	2	16.67
Total	12	100.00

* No se han contabilizado 5 zonas de abastecimiento, 4 de ellas por no poder contactar con el responsable de la misma y 1 por no existir personal contratado con funciones técnicas en exclusiva.

En este sentido hemos encontrado algunos estudios que citan algunas de las variables demográficas y de recursos humanos incluidas en nuestro trabajo como posible causa de las deficiencias que se detectan en el agua, concretamente Escorza J. y cols⁴ especifica que *la falta de personal cualificado para la gestión de los sistemas de abastecimiento supone un riesgo añadido*, y Pérez y cols.⁹ indican que los núcleos de población con escasamente 500 habitantes presentan deficiencias en la calidad del agua que suministran al disponer de sistemas de abastecimiento de escasas dimensiones y encontrar dificultades para el mantenimiento y funcionamiento adecuado de sus instalaciones. El reducido tamaño de muestra analizado para estas variables demográficas y de recursos humanos podría ser la causa de no haber hallado relación significativa entre estos parámetros y las deficiencias de cloración.

Tabla 12. Densidad de población en las zonas de abastecimiento y deficiencias en la cloración del agua.

<i>Nivel de cloración</i>	<i>Densidad población</i>				<i>Total</i>
	<i>>500 hab</i>	<i>501-1000 hab</i>	<i>1001-5000 hab</i>	<i>> 5000 hab</i>	
Menos de 0.2 ó más de 1 ppm	7	2	0	0	9
0.2-1 ppm	6	0	1	1	8
Total	13	2	1	1	17

Pearson chi2(3) = 4.0321 Pr = 0.258

Tabla 13. Distribución de la población y deficiencias en la cloración del agua.

<i>Nivel de cloración</i>	<i>Distribución de la población</i>			<i>Total</i>
	<i>Núcleo urbano</i>	<i>Dispersa en pedanías</i>	<i>Núcleo y pedanías</i>	
Menos de 0.2 ó más de 1 ppm	8	0	1	9
0.2-1 ppm	6	0	2	8
Total	14	0	3	17

Pearson chi2(1) = 0.5622 Pr = 0.453

Tabla 14. Actividad principal de la población y deficiencias en la cloración del agua.

<i>Nivel de cloración</i>	<i>Actividad de la población</i>				<i>Total</i>
	<i>Agrícola-ganadera</i>	<i>Industrial</i>	<i>Servicios</i>	<i>Otros</i>	
Menos de 0.2 ó más de 1 ppm	3	1	4	1	9
0.2-1 ppm	2	1	3	2	8
Total	5	2	7	3	17

Pearson chi2(3) = 0.6195 Pr = 0.892

Tabla 15. Disponibilidad horaria delo encargado principal de la zona de abastecimiento y deficiencias en la cloración.

<i>Nivel de cloración</i>	<i>Disponibilidad horaria</i>		<i>Total</i>
	<i>Si</i>	<i>No</i>	
Menos de 0.2 ó más de 1 ppm	0	6	7
0.2-1 ppm	2	5	7
Total	2	11	13

Pearson $\chi^2(1) = 2.0260$ Pr = 0.155

Tabla 16. Existencia de personal de emergencias en la zona de abastecimiento y deficiencias en la cloración.

<i>Nivel de cloración</i>	<i>Personal de emergencias</i>		<i>Total</i>
	<i>Si</i>	<i>No</i>	
Menos de 0.2 ó más de 1 ppm	6	0	6
0.2-1 ppm	6	1	7
Total	12	1	13

Pearson $\chi^2(1) = 0.9286$ Pr = 0.335

Tabla 17. Existencia de personal sustituto en la zona de abastecimiento y deficiencias en la cloración.

<i>Nivel de cloración</i>	<i>Personal sustituto</i>		<i>Total</i>
	<i>Si</i>	<i>No</i>	
Menos de 0.2 ó más de 1 ppm	5	1	6
0.2-1 ppm	6	1	7
Total	11	2	13

Pearson $\chi^2(1) = 0.0141$ Pr = 0.906

Tabla 18. Asistencia de personal técnico a cursos de gestión, control y/o mantenimiento de abastecimientos y deficiencias de cloración.

<i>Nivel de cloración</i>	<i>Asistencia a cursos de gestión, control y/o mantenimiento de abastecimientos</i>				<i>Total</i>
	<i>Solo el encargado</i>	<i>Parte del personal</i>	<i>Todo el personal</i>	<i>Nadie</i>	
Menos de 0.2 ó más de 1 ppm	0	0	0	6	6
0.2-1 ppm	2	0	0	4	6
Total	2	0	0	10	12

Pearson $\chi^2(1) = 2.4000$ Pr = 0.121

Tabla 19. Asistencia a cursos de manipulador de alimentos y deficiencias de cloración.

Nivel de cloración	Asistencia a cursos de manipulador de alimentos.				Total
	Solo el encargado	Parte del personal	Todo el personal	Nadie	
Menos de 0.2 ó más de 1 ppm	0	0	5	1	6
0.2-1 ppm	0	2	3	1	6
Total	0	2	8	2	12

Pearson $\chi^2(2) = 2.5000$ Pr = 0.287

CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en el presente estudio se desprenden las conclusiones que pueden resumirse en los siguientes puntos:

1. Un 49.66 % de muestras presentan resultados de cloración fuera de los límites establecidos por la legislación.
2. Las características demográficas y laborales de la población así como los aspectos sobre recursos humanos no se asocian de forma consistente con los niveles de cloración deficientes del agua de consumo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Blancas C, Correa G, Hervás ME, López J, López S, Martínez A, Tarancón M. Guías de servicios de sanidad ambiental. Consejería de Salud: Sevilla 2002.
2. Consejería de Salud de la Junta de Andalucía. Plan Andaluz de Salud Ambiental 2008-2012. Sevilla.
3. Decreto 70/2009, de 31 de marzo, por el que se aprueba el *Reglamento de Vigilancia Sanitaria y Calidad del Agua de Consumo Humano de Andalucía*.
4. Escorza F, Martínez de la Hidalga R. Estado sanitario del abastecimiento de agua potable a la población riojana. Zubía. Monográfico 1998; 10: 141-155.
5. Ley 29/1985, de 2 de agosto, de Aguas. *B.O.E. n° 189, de 8 de agosto de 1985*.
6. MIMAM, 1998. *El Libro blanco del agua en España. Documento de síntesis. Ministerio de Medio Ambiente: Madrid 1998*.
7. O.M.S., 1995. Guías para la calidad del agua potable. 2 ed. Volumen 1. Recomendaciones.
8. Pérez JA, Espigares M. Estudio sanitario del agua. 1 ed. Universidad de Granada: Granada 1995.
9. Pérez J, Jurado R, de la Torre R, Hernández M, Martínez A, Morales E. Calidad del agua suministrada a las poblaciones del norte de Córdoba. *Ecología y Salud*. Marzo 2001.
10. Real decreto legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la ley de aguas. *B.O.E. n° 176, de 24 de julio de 2001*.
11. Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano. *B.O.E. n° 45, de 21 de febrero de 2003*.