

Contaminación atmosférica y causas de mortalidad potencialmente relacionadas en el municipio de Moa (Cuba)

AIR POLLUTION AND POTENTIALLY RELATED CAUSES OF MORTALITY IN THE MUNICIPALITY OF MOA (CUBA)

Susana SUÁREZ TAMAYO, Enrique MOLINA ESQUIVEL, Geominia MALDONADO CANTILLO, Liliam CUÉLLAR LUNA, Miriam MARTÍNEZ VARONA y Manuel ROMERO PLACERES

Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología (INHEM). Calle Infanta 1158 e/, Llinás y Clavel, Ciudad de La Habana (Cuba). Teléfono: +538781736. Correo-e: susana@inhem.sld.cu

RESUMEN

Introducción: La contaminación atmosférica, es uno de los problemas ambientales más severos a nivel mundial, es responsable del 1,4% de todas las muertes. *Objetivos:* Identificar el comportamiento de los contaminantes atmosféricos y describir la mortalidad por enfermedades potencialmente vinculadas en el municipio de Moa. 2006-2009. *Material y métodos:* Se realizó un ecológico exploratorio, como variables se estudiaron el promedio de 24h de, dióxido de azufre, sulfuro de hidrógeno y partículas con diámetro aerodinámico menor de 2.5 micras (PM 2.5) y las de diámetro aerodinámico menor de 10 micras (PM 10), además de la mortalidad por cáncer de pulmón, tráquea y bronquios, enfermedades crónicas de las vías respiratorias inferiores y enfermedades cardiovasculares. Se utilizaron medidas de resumen, de tendencia central, variabilidad, comparación de medias, tasas y razones estandarizadas de mortalidad para el análisis de la información. *Resultados:* Las concentraciones promedio de sulfuro de hidrógeno mostraron niveles por encima de la norma cubana en las dos estaciones de monitoreo del área de estudio. Las concentraciones de partículas sobrepasaron los valores de referencia en las dos estaciones tanto en el promedio de 24 horas como en la media anual. El promedio de las concentraciones de dióxido de azufre osciló entre valores aceptados por las normas, pero mostró valores superiores a la misma un 3% de los días estudiados. El riesgo de morir por las causas estudiadas en la población mayor de 40 años fue superior a 1 con respecto a la media provincial pero no superó la media nacional *Conclusiones:* Las concentraciones de los contaminantes estudiados mostraron niveles de riesgo para la salud y la mortalidad potencialmente vinculada a la contaminación atmosférica fue superior en el municipio de Moa con respecto a la provincia de Holguín pero el riesgo no fue mayor con respecto al país.

Palabras clave: Contaminación atmosférica, mortalidad, dióxido de azufre, cáncer, enfermedades cardiovasculares.

INTRODUCCIÓN

La contaminación atmosférica es un fenómeno conocido y estudiado desde la antigüedad, es actualmente uno de los problemas ambientales más severos a nivel mundial. En el mundo contemporáneo cobra una gran importancia a partir de una serie de episodios que tuvieron lugar en los países industrializados durante la primera mitad del siglo XX, como

los casos ocurridos en el Valle de Mosa (Bélgica) en 1930, en Donora (Pennsylvania, EEUU) en 1948 y, sobre todo, el más conocido, en Londres (1952), que provocaron millares de muertos en pocas semanas.^{1,2}

De hecho la contaminación del aire sobre el ambiente y los individuos es considerada por la Organización Mundial de la Salud (OMS) como una de las prioridades más importantes en salud. De modo que según estudios recientes la contaminación

del aire es responsable del 1,4 % de todas las muertes en el mundo, aún por debajo de los niveles de calidad del aire considerados como seguros, los incrementos de los niveles de la contaminación atmosférica se asocian con efectos nocivos sobre la salud.¹

Actualmente, más de 1000 millones de personas residentes en zonas urbanas a lo largo del mundo están expuestas a niveles de contaminación del aire en exteriores que superan los recomendados por la OMS; se estima que dos millones de personas mueren anualmente por la exposición a los contaminantes presentes en el aire, en su gran mayoría en los denominados "países en desarrollo", en los que este factor de riesgo da lugar a una importante carga social, medida en términos de muerte precoz, enfermedad y pérdida de calidad de vida, así como cuantiosas pérdidas económicas.^{1,2,3}

Los efectos de las exposiciones crónicas, a los contaminantes atmosféricos, incluyen incremento de la mortalidad en personas con neumopatías o cardiopatías crónicas y en ancianos, incremento de la prevalencia y mortalidad por enfermedades pulmonares obstructivas crónicas, y de la incidencia de cáncer pulmonar aún después de ser controlada la acción del hábito de fumar y la exposición ocupacional.^{1,2,3}

El incremento del riesgo de morir por exposición crónica a la contaminación atmosférica se estima varias veces mayor que el debido a la exposición aguda.¹

En los últimos años ha habido un gran avance en el estudio y la comprensión de los efectos de la contaminación atmosférica. Hay abundantes referencias en la bibliografía científica y documentos disponibles de agencias internacionales que plasman de manera sumaria cuál es la situación del estado del conocimiento científico en este campo.¹

En la literatura revisada son más frecuentes los estudios que se ocupan del estudio de la mortalidad a corto plazo asociada a la contaminación atmosférica (hasta un mes después de la exposición a estudio). No se sabe mucho respecto de los efectos a largo plazo de la exposición a relativamente bajas concentraciones de contaminantes. La exposición a largo plazo es más preocupante e incrementa el riesgo de mortalidad crónica por enfermedades respiratorias y cardiovascularmente con disminución de la esperanza de vida más que la mortalidad aguda.¹⁻⁴

Cuba no es ajena a esta problemática, aunque a menudo la contaminación atmosférica no se ha considerado entre los problemas ambientales de mayor repercusión sobre la salud de la población, situaciones tales como deficiencias de planificación física urbana e industrial, la obsolescencia de ciertos procesos tecnológicos y el ineficiente control de emisiones en las fuentes estacionarias y móviles, dan lugar a que numerosos asentamientos humanos y distritos urbanos estén expuestos, en alguna medida a la acción deletérea de diversos contaminantes del aire.^{1,2}

Muchas actividades industriales, en particular las relacionadas con el procesamiento de minerales y la

industria química, pudieran ser altamente contaminantes y afectar de manera directa la calidad del aire y consecuentemente, la salud humana.

En la atmósfera de regiones como la ciudad de Moa, se genera una zona química de origen antrópico, por tener ubicadas dos empresas procesadoras de níquel además de una serie de actividades derivadas de las mismas (minería, transporte automotor, actividad portuaria, etc.), que extiende su influencia a decenas de kilómetros de distancia en las direcciones predominantes del viento, provocando la presencia de sustancias nocivas.¹

Según estudios realizados por el Sistema Nacional de Vigilancia Atmosférica del Instituto de Meteorología (INSMET), la ciudad de Moa está considerada como una de las ciudades de Cuba con extremo grado de contaminación atmosférica, junto con Ciudad de la Habana, Mariel y Nuevititas.¹ Así como en otro estudio se observó incremento del riesgo de cáncer pulmonar en la zona níquelífera de Moa con respecto a la media nacional.² Según reportes de la Dirección Municipal de Salud, presenta las tasas de prevalencia más altas de Asma Bronquial y una sobre mortalidad por esta causa con alta incidencia de infecciones respiratorias agudas, siendo la primera causa de muerte los tumores malignos.

Diversos estudios, no siempre disponibles, han documentado la exposición potencial de la población de Moa por distintas vías a los productos del níquel y otros compuestos tóxicos asociados a su producción.

Por tal motivo se decide realizar este estudio en el municipio de Moa para responder a las interrogantes de: ¿Cuál es el comportamiento de los principales contaminantes emitidos a la atmósfera?, y ¿cómo se comporta la mortalidad por causas potencialmente relacionadas a dicha contaminación?. Los objetivos del estudio han sido:

1. Identificar el comportamiento de los contaminantes atmosféricos en dos estaciones de monitoreo del municipio de Moa (Holguín), durante el período 2006-2009.

2. Describir el comportamiento de la mortalidad potencialmente vinculada a la contaminación atmosférica en el municipio de Moa (Holguín), durante el período 2006-2009.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó un estudio Ecológico exploratorio en el municipio de Moa, provincia de Holguín, en el período comprendido del 1/01/2006 hasta el 31/12/2009.

Universo de estudio

Total de determinaciones de dióxido de azufre (SO₂), partículas con diámetro aerodinámico menor de 10 micras (PM 10), partículas con diámetro aerodinámico menor de 2.5 micras (PM 2.5) y sulfuro de hidrógeno (H₂S), todas realizadas en las estaciones

de monitoreo atmosférico ubicadas en el área de salud Rolo Monterrey del municipio de Moa en el período de estudio. Además del total de defunciones por cáncer de pulmón, tráquea y bronquios, enfermedades crónicas de las vías respiratorias y por enfermedades cardiovasculares notificadas por el sistema estadístico oficial de defunciones de la Dirección Nacional de Registros Médicos y Estadísticas de Salud del Ministerio de Salud Pública de la República de Cuba; codificadas como tal de acuerdo con lo establecido en 10ma. Revisión de la Clasificación Internacional de Enfermedades (CIE-10).

Caracterización del área de estudio.

Moa es municipio minero donde se encuentran los yacimientos minerales que conforman la materia prima de dos empresas de procesamiento del níquel, se encuentra situado al Noroeste de la provincia de Holguín, limita al Noroeste con el Océano Atlántico, al Sur con los límites del municipio de Baracoa y Yateras (provincia de Guantánamo) y al Oeste con el municipio de Sagua de Tánamo. En dicha área de encuentran ubicadas dos estaciones de monitoreo ambiental la primera en el hospital pediátrico (reparto Rolo Monterrey) y la segunda en la zona A de dicha área (asentamiento La Veguita). El área de estudio se encuentra representada en la figura 1.

Ética

Para la realización de esta investigación se contó con la aprobación del Consejo Científico y la Comisión de Ética del Instituto Nacional de Higiene Epidemiología y Microbiología.

Las variables estudiadas fueron: área de salud, concentración media diaria de contaminantes, mortalidad por cáncer de pulmón, tráquea y bronquios, mortalidad por enfermedades crónicas de las vías

respiratorias, mortalidad por enfermedades cardiovasculares, y edad.

Técnicas de recolección de la información

Los *datos de los contaminantes* (SO₂, H₂S y Partículas) se recogen a partir de los registros de las estaciones de monitoreo ambiental ubicadas en el área de salud Rolo Monterrey. Estas estaciones de monitoreo se componen de lo siguiente:

1. Analizadores de partículas GRIMM Modelo 180 basados en el método de "Orthogonal Light Scattering". Utilizan una fuente de láser.
2. Analizadores de SO₂ y H₂S ECOTECH Modelo EC9850B se basan en el método de detector de fluorescencia. Utilizan una fuente ultravioleta. En el caso del H₂S tiene un convertidor externo de H₂S a SO₂.

El límite de detección es de 1 μ/m³ para cada equipo con igual sensibilidad.

Los *datos de mortalidad* se recogieron a partir de los archivos de la Dirección Nacional de Estadísticas (DNE), teniendo en cuenta la Décima edición de la Clasificación Internacional de Enfermedades (CIE), fueron incluidas en el estudio: Enfermedades crónicas de las vías respiratorias (J40-J47), Cáncer de pulmón, tráquea y bronquios (C 349) y Enfermedades cardiovasculares (I20-I25).

Las *proyecciones de población* se obtuvieron de la Oficina Nacional de estadísticas (ONE), la Oficina Municipal de Estadísticas de Moa, dependencia de la ONE, anuario estadístico del Ministerio de salud pública (MINSAP) y de las áreas de salud.

Se realizó además revisión documental de los registros de las empresas del níquel de estudios ambientales anteriores, cuadro de salud del municipio procedente del Centro Municipal de Higiene y Epidemiología (CPHE), y bases cartográficas de la Delegación Municipal de Planificación Física.

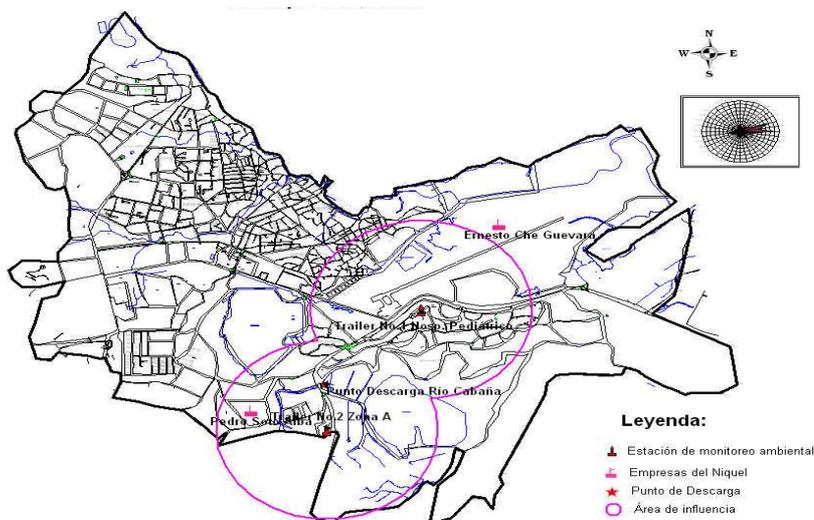


Figura 1. Localización de las estaciones de monitoreo ambiental y sus áreas de influencia. Municipio de Moa, 2010.

Técnicas de procesamiento y análisis de la información

Para dar salida al objetivo 1, se confeccionó una base de datos con el promedio de 24 horas de las concentraciones de los contaminantes de las dos estaciones de monitoreo.

Se realizó un análisis exploratorio de los datos par ver su distribución a través de la prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra, complementándose con los histogramas de cada contaminante.

Se calcularon estadísticas descriptivas como las frecuencias absolutas (mínimo y máximo), medidas relativas expresadas en porcentaje para estimar el porcentaje de transgresión de valores de referencia (total de mediciones por encima de valores de referencia / total de determinaciones), medidas de tendencia central como la media y la mediana y medidas de variabilidad como la desviación estándar.

Se realizó además la comparación de medias de los contaminantes estudiados entre las dos estaciones de monitoreo mediante la prueba U de Man Withney para comparar los resultados entre las mismas.

Para dar salida al objetivo 2, se confeccionó una base de datos con la mortalidad del período, por las causas seleccionadas, de la provincia de Holguín, que contenía los siguientes campos: edad, fecha de fallecimiento, lugares (municipio y área de salud) y causa básica y se calcularon los siguientes indicadores de mortalidad por las causas estudiadas:

Tasa cruda y tasa ajustada

Las tasas crudas de mortalidad del municipio, provincia y país, se complementaron con las ajustadas por edad para medir el efecto de la estructura poblacional en cuanto a la composición por edades. Para la estandarización se empleó el método indirecto por estudiarse eventos de baja frecuencia y para poder realizar el cálculo de las razones estandarizadas de mortalidad; se consideró como referencia las poblaciones a mitad de período de Holguín y Cuba según proyecciones de la DNE y ONE.

Razón estandarizada de mortalidad (REM)

Se calculó la misma para conocer el riesgo de morir por las causas seleccionadas del municipio de Moa con respecto a la provincia y el país.

El procesamiento de los datos se realizó por el

paquete estadístico SPSS versión 11.5 y Epidat 3.1. Se utilizó el Sistema de Información geográfica (SIG) Map Info versión 9.0 para la representación del área de estudio.

Los datos se organizaron en tablas y gráficos para su análisis utilizando la aplicación Excel. Se formularon conclusiones y recomendaciones según los objetivos propuestos.

Limitaciones del estudio.

Por tratarse de un estudio ecológico presenta la limitación de que se representaron niveles poblacionales de exposición, en lugar de valores individuales, o sea, la estimación de niveles de contaminantes se hizo a nivel de grupos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el período de estudio se realizaron en la estación de monitoreo 1 (Hospital Pediátrico) un total de 1046 determinaciones de SO₂, 1174 de H₂S, 999 de PM 2.5 y 1006 de PM 10. En la estación de monitoreo 2 (zona A) se realizaron 1181 determinaciones de SO₂, 1188 de H₂S, 90 de PM 2.5 y 90 de PM 10.

Las estadísticas descriptivas básicas de los niveles que alcanzaron los contaminantes estudiados en la estación de monitoreo ambiental 1 del Hospital Pediátrico se muestran en la tabla 1, los promedios de 24 horas de SO₂ muestran una concentración media de 8,8 µg/m³ con un rango de variación entre 0 y 278. Se observó que la media del nivel de SO₂ no sobrepasa la Norma Cubana,² que plantea valores de 50 µg/m³ (promedio diario), aunque existen valores de transgresión de la misma que corresponden con el 3 % del los días del estudio que se observa además en el valor máximo alcanzado en sus mediciones.

Tabla 1. Estadísticas descriptivas de los contaminantes estudiados y porcentos de transgresión de valores de referencia. Estación de monitoreo 1. Rolo Monterrey. 2006-2009.

Contaminantes* µg/m ³	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	Valores de referencia	% de transgresión	
Dióxido de azufre	8,8	1,8	0	278	50 µg/m ³ **	3	
Sulfuro de hidrógeno	62.6	15.8	0	2329	8 µg/m ³ **	62	
Partículas	PM 2.5	11.3	9.9	0	135	25 µg/m ³ ***	10
	PM 10	15.5	10	0	211	50 µg/m ³ ***	5

Fuente: Registro de la estación de monitoreo ambiental 1 Rolo Monterrey

*Promedio de 24h

** Norma Cubana

*** Valor guía OMS

	SO ₂	H ₂ S	PM10	PM 2.5
Concentración máxima admisible en Cuba	50 µg/m ³	8 µg/m ³		
Valor guía OMS	Promedio 24 h		50 µg/m ³	25 µg/m ³
	Media anual		10 µg/m ³	20 µg/m ³

Tabla 2. Estadísticas descriptivas de los contaminantes estudiados y porcentos de trasgresión de valores de referencia. Estación de monitoreo 2, Rolo Monterrey. Período 2006-2009.

Contaminantes* µg/m ³	Media	Mediana	Mínimo	Máximo	Valores de referencia	% de trasgresión	
Dióxido de azufre	17.5	3.2	0	205	50 µg/m ^{3**}	14	
Sulfuro de hidrógeno	39	12.5	0	959	8 µg/m ^{3**}	59	
Partículas	PM 2.5	25.9	17.7	4	110	25 µg/m ^{3***}	29
	PM 10	73.5	43.5	5	417	50 µg/m ^{3***}	44

Fuente: Registro de la estación de monitoreo ambiental 2 Rolo Monterrey

*Promedio de 24h

** Norma Cubana

** Valor guía OMS

El valor promedio de 24 horas de H₂S, sobrepasa el referido en la norma cubana⁴³ al ser de 62,6µg/m³ con un rango amplio desde 0 hasta valores de 2329 µg/m³ siendo el normado de 8 µg/m³, las concentraciones de este contaminante estuvieron por encima un 62% del período estudiado y los valores máximos alcanzados fueron elevados.

En relación a las partículas tenemos que, las concentraciones medias del promedio de 24 horas de las mismas se mantuvieron acorde a los valores de referencias de la OMS,²¹ el rango de variación osciló entre 0 y 135 para las PM 2.5 y 0 hasta 211 para las PM 10, con porcentos de trasgresión de valores de referencias de 10 y 5 respectivamente. A pesar de lo anterior, si tenemos en cuenta el valor de referencia de la OMS para la media anual de PM 2.5 (10 µg/m³) vemos que la media sobrepasa el mismo, pero además los valores máximos alcanzados superan ampliamente los valores guía por lo que el peligro es mayor ya que las mismas constituyen la fracción respirable de las partículas con gran riesgo para la salud.

Los rangos de variación fueron altos debiéndose a que los mismos no presentan una distribución normal.

En la tabla 2 encontramos las concentraciones que alcanzaron los contaminantes en la estación de monitoreo ambiental 2. La media diaria de SO₂ alcanzó valores de 17,5 µg/m³ superiores a la de la estación del hospital pediátrico pero aún dentro de la norma cubana,⁴³ aunque trasgredieron la misma en un 14% de los días estudiados.

Para el H₂S el promedio de 24 horas osciló en 39 µg/m³ sobrepasando el valor normado que es de 8 µg/m³.⁴³ Para este contaminante las cifras fueron más bajas en esta estación al igual que el porcentaje de días con valores transgredidos y que corresponde con el 59 %.

La medición de las partículas en esta estación evidencia que sus concentraciones medias excedieron los valores de referencia según la guía de la OMS⁴⁴ con cifras de 25.9 para las PM 2.5 y 73.5 µg/m³ para las PM 10, los porcentos de trasgresión fueron superiores que en la estación 1, ambas fracciones superaron la media anual referida por la OMS. Los

rangos de las mediciones igualmente fueron amplios por la distribución de las variables.

Las diferencias entre las medias del promedio diario de los contaminantes entre las dos estaciones, resultó ser estadísticamente significativa según lo planteado en la prueba U de Man Withney.

En estudios realizados en el país en la zona de estudio³ se han obtenido resultados similares a los anteriormente descritos, por ejemplo, el estudio realizado por el Instituto de Meteorología (INSMET) en 1990, reportó un rango de 7,8 – 16,0 µg/m³ de SO₂, el realizado por CESIGMA S.A. en 1998, reportó un rango de 0,2 – 682 µg/m³ en la zona de influencia del Proyecto Cupey en Moa en la Auditoría realizada a la Empresa Ernesto Che Guevara en 1998³, se reportó un rango de valores entre 10 y 100 µg/m³, en el área de influencia de esta.

El resultado obtenido en el presente estudio, muestra la regularidad ya observada en otros estudios, referida a que los valores esperados de SO₂, por las fuentes industriales y el transporte, no son reflejados en las mediciones; esto es atribuible a la oxidación del compuesto a SO₃, acelerada por la presencia del amoníaco (NH₃)⁴⁴ a lo que se puede añadir también, que la oxidación del SO₂ es acelerada por valores altos de humedad relativa,²⁴ como la que existe en la zona de estudio y la existencia de sales de Hierro(Fe) y manganeso (Mn) que actúan como catalizadores.²⁵

Las evidencias aportadas por numerosos estudios recientes le atribuyen una importante carga de morbilidad y mortalidad al SO₂, aún a bajas concentraciones como las encontradas Si tenemos en cuenta en un número de días existieron concentraciones promedio que superaron los valores de referencia como describimos anteriormente, pueden ocasionarse efectos a la salud cuando se alcanzan valores cercanos a 300 µg/m³ durante tres a cuatro días consecutivos.^{4,5}

Las fuentes que aportan este contaminante a la zona de estudio corresponden a los procesos de combustión de ambas empresas procesadoras de níquel y al transporte generado por la actividad industrial.

En el caso del H₂S podemos decir que el umbral de percepción del olor característico del mismo se encuentra en un rango entre 0.8 y 200 µg/m³ según lo referido por la Agencia de Medio Ambiente de los Estados Unidos (US EPA)⁴.

Entre los efectos más comunes por la exposición se encuentra la irritación en los ojos que puede ocurrir después de algunas horas expuestos a concentraciones de 16000 - 32000 µg/m³.

Los efectos no letales más frecuentes, por exposición a altas concentraciones de este contaminante, se encuentran la inconsciencia seguida por una aparente recuperación. Sin embargo aunque hay una recuperación muchos individuos reportan efectos neurológicos permanentes o persistentes como: dolores de cabeza, pobre habilidad de concentración, afectaciones en la memoria a corto plazo y daños en la función motora. También han sido asociadas con la exposición a las concentraciones muy altas de sulfuro de hidrógeno afectaciones respiratorias y edema pulmonar; se cree que estos efectos respiratorios son secundarios a la depresión del sistema nervioso central. Efectos cardiovasculares (por ejemplo, arritmia cardíaca y taquicardia) también se han observado por exposición aguda a las altas concentraciones de sulfuro de hidrógeno.^{4,5}

Las intoxicaciones aguda a concentraciones entre 1 500 000-3 000 000 µg/m³ provocan la muerte por asfixia por la parálisis del sistema respiratorio a menos que la persona sea asistida rápidamente. En el estudio aunque no se encontraron valores extremadamente altos como los referidos anteriormente en la literatura si podemos encontrar efectos adversos a la exposición a este contaminante sobre todo en horas de la mañana debido a otros rumbos de los vientos y los períodos de calma que crean situaciones de estancamiento de los contaminantes durante la noche y la madrugada⁴, afectando los asentamientos poblacionales siendo la fuente principal las emisiones de la

empresa Pedro Soto Alba por basarse su proceso productivo en la lixiviación ácida (ácido sulfúrico). No así el de la otra empresa que el proceso tecnológico de la fábrica está basado en la lixiviación carbonato - amoniacal.

Los resultados de las determinaciones de partículas en el estudio resultaron riesgosos para la salud, y son coincidentes con la literatura revisada.^{4,5,6}

Las partículas y en particular las PM 2.5 mostraron niveles por encima del valor de referencia del promedio de 24 horas en la estación de la Zona A, como por encima de la media anual en la estación del hospital pediátrico, mientras menor sea el tamaño de partícula, aumentan las probabilidades de alcanzar los alvéolos pulmonares o aún directamente el sistema circulatorio. Adicionalmente, un grano de particulado fino tiene mucha mayor capacidad de transportar otros productos nocivos en su superficie, recolectados durante su trayecto atmosférico. Además, su alta relación área/volumen le confiere un largo tiempo de residencia en la atmósfera, y por estos motivos, constituyen uno de los contaminantes más riesgoso con gran afectación de la salud a largo plazo²⁶. A esto hay que añadirle la composición de las mismas, que como es el caso del estudio pueden contener metales como el níquel con efectos cancerígenos.⁴⁹

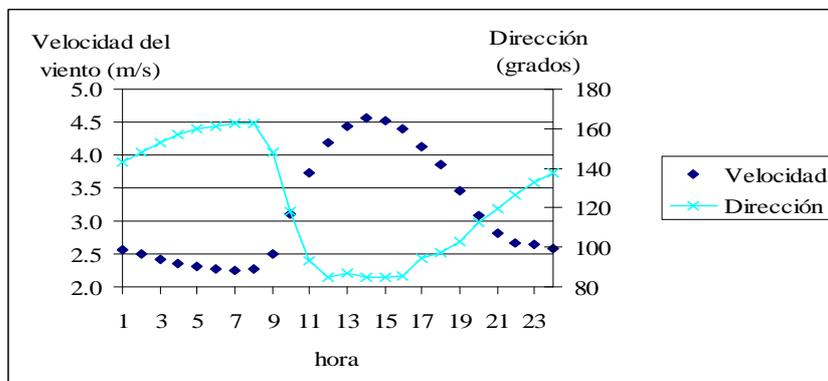
El incremento de las mismas puede además ser debido a que pueden ser emitidas directamente de las fuentes pero además pueden formarse a partir de gases como el SO₂, NO₂ y el amoníaco.²⁶

Cuando se analiza los efectos a la exposición a partículas sobre todo a PM 2.5 y PM 10 podemos decir que es responsable de gran carga mortalidad por enfermedades respiratorias y cardiovasculares, sobre todo en personas vulnerables como los mayores de 65 años. Varios estudios de cohorte y series temporales, concluyen que la mortalidad prematura asociada con contaminación del aire es causada predominantemente por PM 10 más que por otros contaminantes.^{4,5}

Las defunciones de personas ancianas aquejadas de enfermedades respiratorias y afecciones cardíacas muestran también un aumento durante los períodos en que la concentración de partículas es extremadamente alta durante varios días. Un creciente volumen de evidencia indica que gran parte de las partículas en la atmósfera es de naturaleza carcinogénica, especialmente cuando se asocia con el tabaquismo.⁴

Un incremento de 3 microgramos en el promedio de 2 días de las concentraciones de PM 2.5 incrementa al 2% la ocurrencia de infarto de miocardio y enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) y

Figura 1. Comportamiento estadístico horario de la velocidad y dirección del viento. Moa, 2007.



Fuente: Estación meteorológica de la empresa Pedro Soto Alba.

las hospitalizaciones por estas causas.⁴⁻⁶

En Alemania un estudio concluyó que la exposición crónica a PM₁₀ y dióxido de nitrógeno (NO₂) podría aumentar el riesgo de desarrollar enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) y aumentar la mortalidad por esta causa.²⁸

La asociación de partículas con otros contaminantes como el SO₂ provoca un sinergismo en la ocurrencia de los efectos antes mencionados.^{52, 4}

La fuente de partículas en el área de estudio está dada por las emisiones industriales fundamentalmente por la empresa Che Guevara, debido a su ubicación y la dirección predominante del viento el transporte relacionado con la actividad industrial y la actividad de minería a cielo abierto.^{4,5}

Tabla 3. Razones estandarizadas de mortalidad por causas seleccionadas. Moa, 2006-2009.

Indicador para la población de Moa		Tasas específicas de referencia	
		Holguín	Cuba
Razón estandarizada de mortalidad	Cáncer de pulmón, tráquea y bronquios	1.07	0.96
	Enfermedades crónicas de las vías respiratorias	1.47	0.77
	Enfermedades cardiovasculares	1.62	1.05

Los resultados antes mencionados hacen suponer que la presencia en el área de estudio de varias fuentes de contaminantes junto con las características del relieve y el análisis de la rosa de los vientos promedio anual por rumbos, y más aún en el horario nocturno, cuando prevalece un importante componente del Sur, hace que la ciudad de Moa, en primer lugar el distrito residencial Rolo de Monterrey, se encuentre sometida a la acción contaminante de las industrias Ernesto Che Guevara (al Este – Este-Sureste) y Pedro Soto Alba (al Sudeste), que aún en bajas concentraciones, pueden llegar a afectar no solo la calidad del aire, sino además la del suelo, la vegetación y la fauna en los ecosistemas presentes, así como la salud de la población.

Al analizar la figura 1 podemos observar lo planteado anteriormente, en horas de la noche y madrugada disminuye la velocidad del viento y predomina la dirección sur –este en la dirección del mismo lo que aumenta la concentración de los contaminantes en la zona de estudio ya que la dispersión de los mismos se ve obstaculizada por el relieve montañoso del área y la baja velocidad de los vientos en las mañanas. En el horario del día aumenta la velocidad del viento con predominio de la dirección este-noreste, lo que hace que el área de salud Rolo Monterrey y fundamentalmente el reparto del mismo nombre sea el más influenciado por la acción de los contaminantes, lo que supone como se

ha mencionado antes que sea la más expuesta del municipio de Moa.

Para realizar el análisis del riesgo de morir en la población mayor de 40 años del municipio con respecto a la provincia y el país, se analiza lo expuesto en la tabla 3. En las tres causas seleccionadas existe un mayor riesgo de morir en el municipio de Moa con respecto a la provincia de Holguín. Este exceso de riesgo es mayor para las enfermedades cardiovasculares en aproximadamente el doble. Pero al analizar el riesgo de este municipio con respecto al país vemos que solo en las enfermedades cardiovasculares es mayor el riesgo de morir en la población mayor de 40 años con respecto al país. En el cáncer de pulmón y las Enfermedades crónicas de las vías respiratorias

hay que señalar que las REM aunque no expresan un riesgo mayor si son cercanas a la unidad.

Este resultado coincide con el estudio realizado en 1996⁴² donde se observó que el municipio de Moa tuvo un riesgo de morir por cáncer de pulmón superior a la provincia de Holguín. Pero no coincide con dicho estudio en que Moa también superó el riesgo de morir por cáncer de

pulmón con respecto a la media nacional.

Aunque estos resultados constituyen una aproximación al problema de investigación, se pudiera plantear como hipótesis que este exceso del riesgo de morir por las causas estudiadas en el municipio de Moa puede ser atribuido, en parte, a la exposición crónica de la población a concentraciones bajas de contaminantes, teniendo en cuenta las múltiples fuentes de los mismos que influyen en esta área, sobre todo las emisiones originadas por las dos empresas productoras de níquel que se encuentran funcionando, desde la década de los años 1960, la Pedro Soto Alba y desde 1986 la Ernesto Che Guevara;⁴ influyen además la dirección y velocidad del viento y el relieve. No contamos con datos históricos de medición de los contaminantes solo de este período estudiado lo que limita el estudio en cuanto a confirmar la presencia de valores parecidos a los referidos.

En estudios posteriores pudiera precisarse más cuanto contribuye la contaminación atmósfera de la zona a la mortalidad por estas causas aunque hay evidencias en la literatura que aportan criterios de la clara influencia de la contaminación sobre la mortalidad por enfermedades respiratorias y cardiovasculares.^{4,9} Otros factores pueden estar influyendo en que el riesgo de morir en esta zona expuesta no sea mayor que en el país en cáncer de pulmón y enfermedades crónicas de las vías respiratorias.

El resultado de este estudio permite dar una valoración de la contaminación atmosférica en el municipio de Moa sobre todo del área de salud Rolo Monterrey para que en el momento actual se puedan implantar medidas preventivas capaces de reducir los riesgos asociados a la contaminación atmosférica con menores costos sociales y económicos.

CONCLUSIONES

1) Las concentraciones de los contaminantes estudiados mostraron niveles de riesgo para la salud en ambas estaciones de monitoreo del municipio de Moa.

2) La mortalidad potencialmente vinculada a la contaminación atmosférica fue superior en el municipio de Moa con respecto a la provincia de Holguín pero el riesgo no fue mayor con respecto al país.

BIBLIOGRAFÍA

- 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)
- Linares C, Díaz J, López C, Montero JC, García-Herrera R. Efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud infantil. *Rev. El Ecologista*. Madrid 2004;(40):5-12
- 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
- Organización Panamericana de la Salud. *La Salud y el Ambiente en el desarrollo sostenible*. Washington DC: OPS; 2000
- Más Bermejo P. La carga de enfermedad ambiental. *Rev Cubana Hig Epidemiol* 2003 ene-abr; 41(16):0-0.
- Organización Panamericana de la Salud. *Evaluación de los Efectos de la Contaminación del Aire en la Salud de América Latina y el Caribe*. Washington, D.C: OPS, 2005.
- Agencia Europea de Medio Ambiente. *Medio ambiente y salud*. Madrid: AEMA; 2003
- 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
- Ballester F. Vigilancia de riesgos ambientales en Salud Pública. El caso de la contaminación atmosférica. *Gac Sanit Barcelona* may.-jun. 2005; 19 (3)
- Brunekreef B, Holgate ST. Air pollution and health. *Lancet*. 2002;360:1233-42.
- Dockery DW, Pope CA III, Xu X, et al. An association between air pollution and mortality in six U.S. cities. *N Engl J Med* 1993; 329: 1753-9.
- Forastiere F, Perucci CA, Arcà M, Axelson O. Indirect Estimates of Lung Cancer Death Rates in Italy Not Attributable to Active Smoking. *Epidemiol* 1993; 4: 502-10.
- Ballester Díez F, Merino Egea C, Pérez Hoyos S. La asociación entre contaminación atmosférica y mortalidad: una revisión de los estudios epidemiológicos recientes. *Rev Esp Salud Pública* 1995; 69(2): 177-188
- Schikowski T, Sugiri D, Ranft U, Gehring U, Heinrich J, Wichmann H et al. Largo plazo de la contaminación atmosférica y la exposición que viven cerca de carreteras ocupados están asociados a la EPOC en mujeres. *Respiratory Research*, 2005; 6(1): 152-152
- Bonito L, Molina E, Cabrera A. Resultados de la aplicación de la técnica de escala y peso en el diagnóstico de la contaminación del aire en Ciudad de La Habana. En: *La investigación sobre salud ambiental en Cuba*. México D.F. ECO/OPS; 1992.
- Ministerio de salud pública. Programa de mejoramiento de la calidad del aire en Cuba. *MINSAP. RESUMED* 1999;12(3):151-6
- Guardado Lacaba R, Vallejo Raposo O. Propuesta de indicadores ambientales sectoriales para el territorio Moa. [Monografía en internet] Departamento de geología. ISMN de Moa.. 2002. [citado el 12/08/2010] Disponible en: www.ismm.edu.cu/sites/revistamg/v17-n3_4.../art5-3_4-2000.pdf
- Ministerio de Ciencia Tecnología y medio ambiente. *Situación ambiental Cubana 2004*. CITMA; 2005
- Rodríguez D, Molina E, González C, Rodríguez A. Riesgos químicos ambientales relacionados con la industria del níquel en Cuba. En: *Memorias XV Congreso AIDIS[CD-ROM] México (DF): AIDIS; 1996*
- Oficina Nacional de Normalización. *Norma Cubana 39: 1999. Calidad del Aire. Requisitos higiénico-sanitarios*. La Habana: ON; 1999.
- World Health Organization. *WHO Air Quality guidelines global update*. Bonn: WHO; 2005.
- Instituto de meteorología. *Informe de la contaminación atmosférica en las zonas de influencia de las empresas productoras de níquel*. INSMET ;1990.
- CESIGMA: División América (CDA). *Auditoria Ambiental y el diseño e implementación de un Sistema de Gestión Ambiental (SGA) de la Empresa Ernesto Che Guevara*. 1998
- Ilic IZ; Zivkovic DT; Vusovic NM; Bogdanovic DM. Investigation of the correlation dependence between SO₂ emission concentration and meteorological parameters: case study-Bor

- (Serbia). *J Environ Sci Health A Tox Hazard Subst Environ Eng* 2010; 45(7):901-7
25. CESIGMA. Estudio de impacto ambiental del proyecto de expansión a 50.0 kt de ni+co de la empresa minero-metalúrgica "Comandante Ernesto Che Guevara". Punta gorda, Moa. Holguín. 2003
 26. Informe de la calidad del aire en la zona metropolitana del valle de México: Estado y tendencias 1990-1997. Secretaría del medio ambiente. Ciudad de México, 2008 disponible en: http://www.sma.df.gob.mx/sma/links/download/archivos/informeannual_2007.pdf
 27. US EPA/IRISEPA/635/R-03/005, Toxicological Review of Hydrogen Sulphide, 2006.
 28. Agency for Toxic Substances and Disease Registry's. ToxProfiles 2007. Atlanta: ATSDR; 2007 [CD-ROM] Disponible en: <http://www.atsdr.cdc.gov/toxpro2.html>
 29. World Health Organization. Regional Office for Europe. Air Quality Guidelines for Europe. Second Edition. Copenhagen: WHO; 2000.
 30. Rodríguez Sordía D, González Díaz C, Molina Esquivel E, Rodríguez Salvá A. Riesgos químicos ambientales relacionados con la industria del níquel en Cuba. La Habana: INHEM, 1992
 31. Allain YM; Roche N; Huchon G. Atmospheric air pollution: a risk factor for chronic obstructive pulmonary disease? *Rev Mal Respir* 2010; 27(4):349-63.
 32. Mar TF; Koenig JQ; Primomo J. Associations between asthma emergency visits and particulate matter sources, including diesel emissions from stationary generators in Tacoma, Washington. *Inhal Toxicol* 2010; 22(6):445-8.
 33. Vidale S; Bonanomi A; Guidotti M; Arnaboldi M; Sterzi R. Air pollution positively correlates with daily stroke admission and in hospital mortality: a study in the urban area of Como, Italy. *Neurol Sci* 2010; 31(2):179-82.
 34. Pérez L; Sunyer J; Künzli N. Estimating the health and economic benefits associated with reducing air pollution in the Barcelona metropolitan area (Spain). *Gac Sanit* 2009; 23(4):287-94.
 35. J. Molina M, Molina L T.. Megaciudades y contaminación atmosférica [monografía en internet] Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachussets Junio de 2004. Disponible en: http://www.abstractatus.com/files/criticalReviewMolina_SpanishVersion.pdf.
 36. Eilstein D. Prolonged exposure to atmospheric air pollution and mortality from respiratory causes. *Rev Mal Respir* 2009; 26(10):1146-58.
 37. Zanobetti A; Franklin M; Koutrakis P; Schwartz J. Fine particulate air pollution and its components in association with cause-specific emergency admissions. *Environ Health* 2009; 8:58
 38. Linares C; Díaz J. Short-term effect of concentrations of fine particulate matter on hospital admissions due to cardiovascular and respiratory causes among the over-75 age group in Madrid, Spain. *Public Health* 2010; 124(1):28-36.
 39. Ling SH; van Eeden SF. Particulate matter air pollution exposure: role in the development and exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis* 2009; 4:233-43.
 40. Sinclair AH; Edgerton ES; Wyzga R; Tolsma D. A two-time-period comparison of the effects of ambient air pollution on outpatient visits for acute respiratory illnesses. *J Air Waste Manag Assoc* 2010; 60(2):163-75.
 41. Pierra Conde A, Casals Blet I y Montes de Oca González L. Modelación de emisiones de partículas debidas al transporte de mineral en minas a cielo abierto. IMM de Moa, Holguín, 2004. Disponible en: <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Ecosolar/Ecosolar17/HTML/articulo05.htm>.
 42. Zhang CY; Wang SX; Zhao Y; Hao JM. Current status and future prospects of anthropogenic particulate matter emissions in China. *Huan Jing Ke Xue* 2009; 30(7):1881-7.
 43. Almaguer Riverón C D. Estudio de caso: Consejo Popular Rolo Monterrey. En: Tesis doctoral de economía, El riesgo de desastres: una reflexión filosófica. 2004 Disponible en: <http://www.eumed.net/tesis/2009/cdar/Consejo%20Popular%20Rolo%20Monterrey.htm>
 44. Knox EG. Atmospheric pollutants and mortalities in English local authority areas. *J Epidemiol Community Health* 2009; 63(7):591.
 45. Murray CJ; Lipfert FW. Revisiting a population-dynamic model of air pollution and daily mortality of the elderly in Philadelphia. *J Air Waste Manag Assoc* 2010; 60(5):611-28.
 46. Chen JC. Geographic determinants of stroke mortality: role of ambient air pollution. *Stroke* 2010; 41(5):839-41.
 47. López-Villarrubia E; Ballester F; Iñiguez C; Peral N. Air pollution and mortality in the Canary Islands: a time-series analysis. *Environ Health* 2010; 9:8.
 48. Kan H; Wong CM; Vichit-Vadakan N; Qian Z; PAPA Project Teams. Short-term association between sulfur dioxide and daily mortality: the Public Health and Air Pollution in Asia (PAPA) study. *Environ Res* 2010; 110(3):258-64.
 49. Ueda K; Nitta H; Ono M; Takeuchi A. Estimating mortality effects of fine particulate matter in Japan: a comparison of time-series and case-crossover analyses. *J Air Waste Manag Assoc* 2009; 59(10):1212-8.