

# Aspectos de la composición química del aire en la zona de la ribera este de la Bahía de La Habana

**Autores:** OSVALDO CUESTA-SANTOS, ANTONIO WALLO VÁZQUEZ, ARNALDO COLLAZO ARANDA, PEDRO SÁNCHEZ NAVARRO, MARÍA GONZÁLEZ GONZÁLEZ Y ROBERTO LABRADOR MONTERO.

Centro de Contaminación y Química Atmosférica, Instituto de Meteorología.  
E-mail: osvaldo\_cuesta@yahoo.com

---

## **Resumen.**

*El litoral adyacente a la bahía, específicamente su mitad este, es un área con gran concentración industrial (centrales termoeléctricas, refinería de petróleo, construcciones y reparaciones navales, actividad portuaria, industria alimenticia etc.) y también alberga importantes asentamientos humanos en los municipios de Regla, Habana del Este y Guanabacoa. Toda esta zona presenta una gran complejidad ambiental dentro de la Ciudad de la Habana (Cuesta et al., 2000).*

*Se estudia la composición química de la atmósfera de forma experimental a través de cuatro estaciones de monitoreo en las cuales se miden los principales compuestos gaseosos del Nitrógeno y el Azufre y el Total de Partículas Suspensas y las emisiones de estos compuestos producidos por las principales fuentes fijas en la zona. Para los contaminantes monitoreados se encontró que en algunas ocasiones se supera que la concentración máxima admisible según las normas cubanas. Los resultados de la modelación de los contaminantes emitidos por las principales fuentes fijas de la zona se muestran y se realizan propuestas para la reducción de la contaminación del aire.*

## **Introducción**

En los últimos años la comunidad científica y la opinión pública en general están brindando gran atención a los problemas vinculados con la protección del medio ambiente atmosférico. Actualmente los problemas relacionados con el calentamiento global, los gases de efecto invernadero, el agujero de la capa de ozono, la deposición ácida de contaminantes desde la atmósfera y los daños que producen sobre la salud humana, los diversos ecosistemas acuáticos y terrestres provocan que numerosos recursos se inviertan en control de las emisiones de los contaminantes a la atmósfera.

Los trabajos de diagnóstico de la contaminación atmosférica revisten una importancia primordial para la selección e instrumentación de medidas que permitan una adecuada armonía entre las diversas actividades que se ejecutan en un territorio de forma tal que no se perjudique el medio ambiente y sean compatibles las diferentes actividades socioeconómicas.

Las actividades humanas desde su origen han necesitado modificar el entorno natural para satisfacer las necesidades siempre crecientes de la sociedad. De esta forma la situación y características del ambiente están unidas a la evolución de la vida del

hombre. De esta forma, la problemática medio ambiental esta relacionada con el indispensable proceso de desarrollo de los países, lo cual crea conflictos entre el medio natural y el desarrollo económico.

En los tiempos actuales, la protección del medio ambiente y los objetivos del desarrollo económico no pueden considerarse con fines mutuamente excluyentes. Cada día es más evidente la necesidad de establecer, precisar y regular la interrelación entre las grandes cuestiones que plantea la protección del medio ambiente y el conjunto de las actividades de la vida moderna, incluyendo áreas de la economía, el comercio y las industria, entre otras.

El presente trabajo estudia la composición química de la atmósfera de forma experimental a través de cuatro estaciones de monitoreo en las cuales se miden los principales compuestos gaseosos del Nitrógeno y el Azufre y el Total de Partículas Suspensas y las emisiones de estos compuestos producidos por las principales fuentes fijas en la zona. Para los contaminantes monitoreados se encontró que en algunas ocasiones se supera la concentración máxima admisible según las normas cubanas. Los resultados de la modelación de los contaminantes emitidos por las principales fuentes fijas de la zona se muestran y se realizan propuestas para la reducción de la contaminación del aire.

## Materiales y Métodos

El experimento se desarrolla durante 1999, en cuatro puntos de monitoreo situados en la zona de la ribera este de la Bahía de La Habana, como se aprecia en la Figura 1. Abarca el municipio Regla y el Reparto Bahía, Habana del Este. La localidad presenta una intensa actividad industrial y portuaria. En sus márgenes se asientan dos centrales termoeléctricas, una refinera de petróleo y otras industrias más pequeñas, que también contribuyen con sus emisiones a la contaminación del aire. La cercanía de estas potentes fuentes contaminantes, así como el intenso tráfico de medios de transporte automotor, ferroviario y marítimo, y la alta densidad de población, hacen de esta zona una de las más afectadas por la contaminación atmosférica dentro de la ciudad de La Habana (Cuesta y Cabrera, 1994; Cuesta et al., 2000).

Los contaminantes muestreados fueron: el  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  y las Partículas Suspendidas Totales (PST) que son algunos de los principales compuestos propios de las zonas urbanas. Las muestras instantáneas experimentales se tomaron cada tres

horas. La fase experimental se desarrolló durante de 15 días cada uno, lo cual permitió la obtención de una valiosa información. En los puntos:

- 1) Refinería Níco López.
- 2) Estación Casablanca del Instituto de Meteorología.
- 3) Zona urbana de Regla: ESBU "Julio A. Mella" y Regla - Consultorio.
- 4) Reparto Bahía a barlovento de los vientos predominantes.

Estos puntos de mediciones se seleccionaron de forma tal que se tenga un patrón general del comportamiento de las concentraciones alrededor de la refinera, la principal fuente potente en el área de estudio. Esto permitirá un mejor diagnóstico de la calidad del aire. Los valores obtenidos de las mediciones y análisis químicos de los contaminantes estudiados se realizaron según las metodologías del Centro de Contaminación y Química Atmosférica (CECONT) del Instituto de Meteorología, que se rigen por lo general por las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización Meteorológica Mundial (OMM) para el muestreo, análisis químico y procesamiento de la información (WHO, 1980; 1997) y (WMO, 1990).

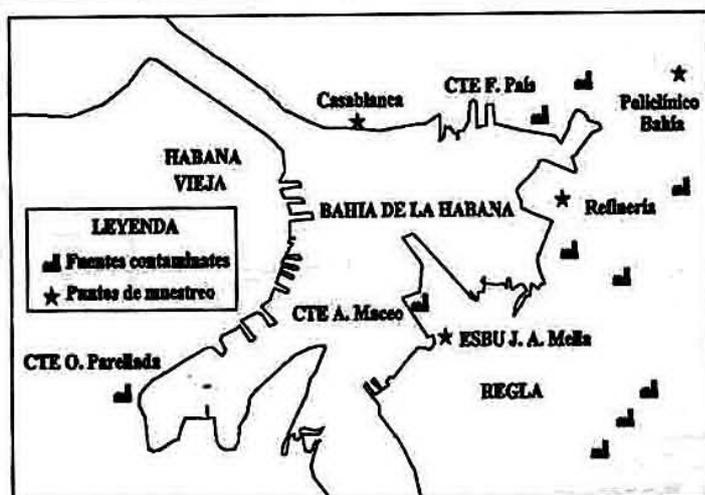


Figura 1. Esquema de las Estaciones de monitoreo y fuentes contaminantes

Los valores de las variables meteorológicas seleccionadas se obtienen con equipos calibrados, según la certificación del Departamento de Instrumentos del INSMET. Se trató que las observaciones fueran representativas del medio en que se realizaron, para lo cual se siguieron los principios descritos en ACC (1976) y OMM (1996).

Para la simulación de las concentraciones se utilizó el modelo de dispersión de contaminantes que están contenidos en el software DISPER Versión 1.0 (Collazo y López, 1994), que ha sido utilizado con éxito en otros trabajos de evaluación de la

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

## Resultados y discusión

En las tablas siguientes aparecen reflejados las concentraciones medias de los diferentes contaminantes medidos en los diversos puntos durante el experimento desarrollado en febrero de 1999.

En la Tabla 1 se presentan las características principales de los contaminantes gaseosos evaluados en el punto de muestreo de la Refinería. Según estos valores, el H<sub>2</sub>S presenta las concentraciones más elevadas alcanzando valores medios de 222.4 µg/m<sup>3</sup>, lo que representa 27.5 veces la concentración

máxima admisible establecida por la Norma Cubana 39: 1999. La concentración máxima alcanzada en este punto de medición fue de 2284.0 µg/m<sup>3</sup>, el cual supera la Cma en 285 veces. Los restantes contaminantes estudiados presentaron valores medios inferiores a la Cma.

Tabla 1. Valores medidos de los diferentes contaminantes en muestras instantáneas (20 minutos). Febrero de 1999. Refinería Níco López

CONTAMINANTE	CMA (µg/m <sup>3</sup> )	TOTAL DE OBSV.	VALOR MEDIO	VECES SUPERADA LA CMA
H2S	8	104	222.4	27.5
SO2	500	100	12.0	0.02
NO2	85	106	13.8	0.16
NO	600	106	10.8	0.018
NH3	200	99	48.8	0.2

Tabla 2. Valores medidos de los diferentes contaminantes en muestras instantáneas (20 minutos). Febrero de 1999. Casablanca.

CONTAMINANTE	CMA (µg/m <sup>3</sup> )	TOTAL DE OBSV.	VALOR MEDIO	VECES SUPERADA LA CMA
H2S	8	48	217.1	27.2
SO2	500	56	67.8	0.14
NO2	85	56	18.3	0.22
NO	600	56	16.5	0.03
NH3	200	56	10.9	0.05

En las Tablas de la 2 a la 4 se aprecia el comportamiento de los contaminantes evaluados en los demás puntos de medición. En general, el H<sub>2</sub>S presenta los máximos valores, superando como promedio

la Cma establecida para nuestro país entre 27 y 36 veces. Los restantes contaminantes evaluados dentro del área presentan valores promedios inferiores a la Cma. Aunque con cierta frecuencia sobrepasan los valores instantáneos por encima de la norma.

Tabla 3. Valores medidos de los diferentes contaminantes en muestras instantáneas (20 minutos). Febrero de 1999. Bahía.

CONTAMINANTE	CMA (µg/m <sup>3</sup> )	TOTAL DE OBSV.	VALOR MEDIO	VECES SUPERADA LA CMA
H2S	8	84	307.8	38.4
SO2	500	92	17.5	0.04
NO2	85	99	10.8	0.13
NO	600	99	8.9	0.015
NH3	200	99	43.7	0.21

Tabla 4. Valores medidos de los diferentes contaminantes en muestras instantáneas (20 minutos). Febrero de 1999. ESBU "Julio A. Mella" (Regla).

CONTAMINANTE	CMA ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	TOTAL DE OBSV.	VALOR MEDIO	VECES SUPERADA LA CMA
H <sub>2</sub> S	8	67	290.8	36.4
SO <sub>2</sub>	500	81	15.2	0.03
NO <sub>2</sub>	85	82	10.6	0.12
NO	600	82	10.1	0.016
NH <sub>3</sub>	200	82	63.0	0.31

Las marchas diarias de las concentraciones de los compuestos del azufre (S), muestran que los máximos valores se presentan en Casablanca como se puede apreciar en la Figura 2. El comportamiento de la marcha diaria fue bastante irregular en este experimento al comparar las marchas de las concentraciones en los puntos de muestreo. Aunque ambos gases presentan comportamientos similares en sus

respectivos lugares de medición. El SO<sub>2</sub> y el H<sub>2</sub>S en la refinería presentaron los máximos valores entre las 16:00 y 19:00 horas. En Bahía entre las 13:00 y las 16:00; mientras que en Regla los máximos ocurren entre las 07:00 y las 10:00 este último comportamiento es similar a los hallados regularmente para zonas urbanas en ciudades de Cuba (Cuesta, 1995, Cuesta et al., 1996, Cuesta et al., 1997).

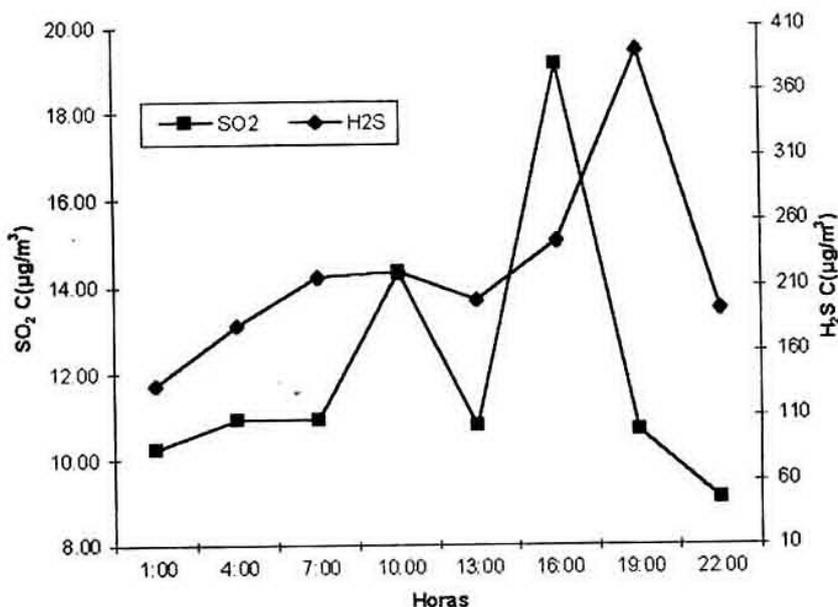


Fig. 2. Marcha diaria de las concentraciones de los compuestos de SO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>S en la refinería Níco López. Febrero/99.

Las marchas diarias de los compuestos del nitrógeno en los puntos de muestreo, de manera general, presentan un máximo relativo en las primeras horas de la mañana, cuando se acumulan los contaminantes producto de la poca dispersión, mientras que el mínimo concuerda con las horas de la tarde donde si ocurre la mayor dispersión por el aumento

de la fuerza del viento y la turbulencia. Se debe señalar que el amoniaco en el punto de la Refinería presenta los máximos en horas de la madrugada y Regla (Figura 3) muestra los máximos en horas de la tarde, en ambos lugares con cierta frecuencia se sobrepasa la Cma para este contaminantes.

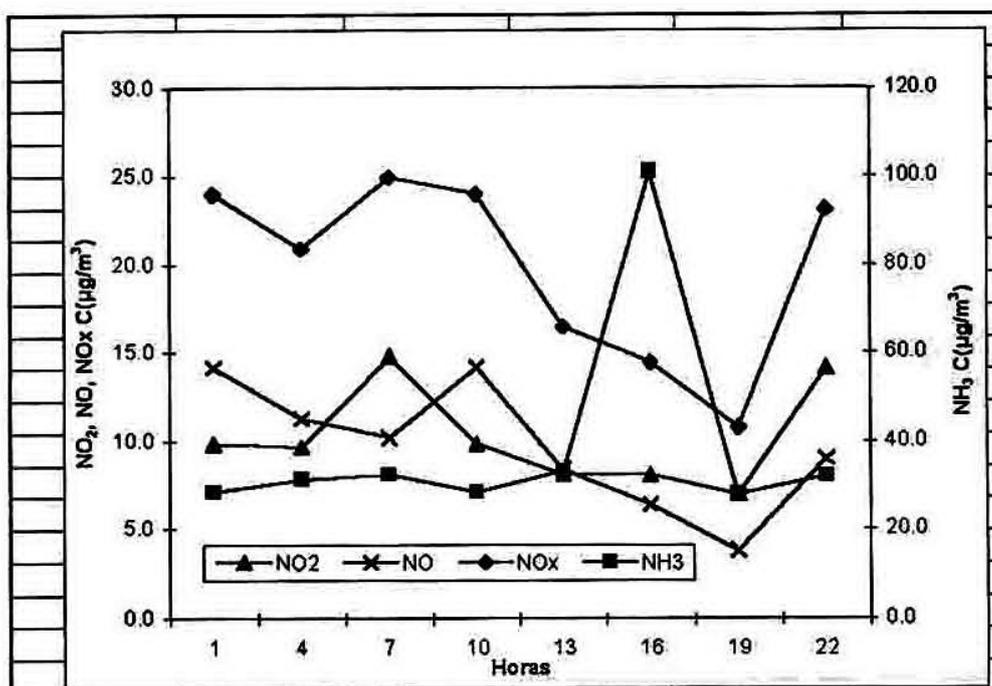


Fig. 3. Marcha diaria de las concentraciones de los compuestos de NO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>x</sub> y NH<sub>3</sub> en la ESBU Julio A. Mella (Regla). Febrero/99.

El análisis del comportamiento de la composición química de las partículas y su concentración se analizó para los cuatro puntos del experimento. En las Tablas de la 5 a la 8 se reflejan estos valores, para el caso de los elementos químicos, estos muestran un valor propio de lugares de características urbano - industriales (González, 1995), aunque las

concentraciones del sulfato, para este medio son inferiores a las esperadas, lo cual puede deberse a la cercanía de las fuentes emisoras de compuestos gaseosos de azufre y que la transformación a sulfato de produzca posteriormente en zonas más alejadas de los puntos de mediciones. Como se sabe las partículas de sulfato son las que mayor incidencia tiene sobre la salud humana.

Tabla 5. Valores experimentales de la composición química y peso del polvo total en suspensión en muestras instantáneas. Refinería Níco López

Estadígrafo	Cl <sup>-</sup> (µg/m <sup>3</sup> )	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (µg/m <sup>3</sup> )	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (µg/m <sup>3</sup> )	Cp (µg/m <sup>3</sup> )	Cma (polvo) (µg/m <sup>3</sup> )	Veces sup la Cma
Med. Aritm.	31.3	0.1	6.6	551.6	300	1.83
Desv. Std.	12.8	0.2	3.8	1878.8		
Valor mínimo	12.7	0.05	1.4	142.6		
Valor máximo	58.4	0.7	19.2	11975.1		

Las concentraciones del Polvo Total en Suspensión en todos los puntos muestreados, superaron la Cma. Esta época del año caracterizada por poca precipitación y vientos más fuertes provoca el aumento del material particulado. El punto de muestreo de la localidad de Bahía, más alejado de las fuentes y a

barlovento de las mismas, presenta las menores concentraciones aunque supera durante el experimento los 300 µg/m<sup>3</sup> que es la Cma de referencia según la NC 39:1999. Aunque en determinadas horas del día es este punto no se superó la Cma.

Tabla 6. Valores experimentales de la composición química y peso del polvo total en suspensión en muestras instantáneas. Casablanca

Estadígrafo	Cl <sup>-</sup> (μg/m <sup>3</sup> )	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (μg/m <sup>3</sup> )	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (μg/m <sup>3</sup> )	Na <sup>+</sup> (μg/m <sup>3</sup> )	K <sup>+</sup> (μg/m <sup>3</sup> )	Cp (μg/m <sup>3</sup> )	Cma (polvo) (μg/m <sup>3</sup> )	Veces sup. la Cma
Med. Aritm.	19.0	0.09	6.9	4.4	0.5	687.9	300	2.29
Desv. Std.	9.3	0.05	6.4	5.2	0.4	547.3		
Valor mínimo	9.8	0.05	1.4	0.10	0.25	239.0		
Valor máximo	34.9	0.06	20.4	11.6	0.9	1603.1		

Para el caso de los cloruros y el sodio estos fueron superiores en Bahía, donde la penetración de los aerosoles marinos inciden más directamente favorecidos por la orografía y la dirección de los vientos

predominantes. Mientras que el amonio fue superior en Regla y Bahía, puntos de mayor influencia de las fuentes antropicas que originan estos aerosoles (González, 1995, Cuesta, 1996, López et al., 1998).

Tabla 7. Valores experimentales de la composición química y peso del polvo total en suspensión en muestras instantáneas. Bahía

Estadígrafo	Cl <sup>-</sup> (μg/m <sup>3</sup> )	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (μg/m <sup>3</sup> )	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (μg/m <sup>3</sup> )	Na <sup>+</sup> (μg/m <sup>3</sup> )	K <sup>+</sup> (μg/m <sup>3</sup> )	Cp (μg/m <sup>3</sup> )	Cma (polvo) (μg/m <sup>3</sup> )	Veces sup. la Cma
Med. Aritm.	54.1	0.1	12.9	16.3	1.5	389.6	300	1.29
Desv. Std.	43.6	0.2	6.4	6.1	0.6	115.7		
Valor mínimo	13.0	0.05	4.6	5.3	0.8	246.9		
Valor máximo	193.7	0.7	25.7	30.3	2.9	564.6		

Tabla 8. Valores experimentales de la composición química y peso del polvo total en suspensión en muestras instantáneas. Regla

Estadígrafo	Cl <sup>-</sup> (μg/m <sup>3</sup> )	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (μg/m <sup>3</sup> )	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (μg/m <sup>3</sup> )	Na <sup>+</sup> (μg/m <sup>3</sup> )	K <sup>+</sup> (μg/m <sup>3</sup> )	Cp (μg/m <sup>3</sup> )	Cma (polvo) (μg/m <sup>3</sup> )	Veces sup. Cma
Med. Aritm.	33.3	0.3	11.2	10.4	0.9	567.9	300	1.89
Desv. Std.	20.5	0.4	6.7	3.4	0.4	847.4		
Valor mínimo	6.5	0.05	2.8	2.7	0.25	139.9		
Valor máximo	77.5	1.2	27.2	14.3	1.3	3521.7		

Los valores experimentales encontrados en nuestra zona de estudio para el CO y CO<sub>2</sub> se muestran en las Tablas 9 y 10. Para el CO observamos valores máximos desde 8,7 mg/m<sup>3</sup> en Regla hasta 5,2 en la zona de la Refinería, en todos los puntos de muestreo como se observa se sobrepasa la concentración

máxima admisible (Cma) para este contaminante. Aunque los valores medios reflejan concentraciones por debajo de la Cma. Es común en los centros urbanos de las capitales centroamericanas que ocurran altas concentraciones de este contaminante asociado principalmente con el transporte automotor (SWISSCONTACT/COSUDE, 2000).

Tabla 9. Estadígrafos descriptivos de las concentraciones (mg/m<sup>3</sup>) del CO en los puntos de muestreo. Cma = 5,0 mg/m<sup>3</sup>.

Estadígrafo	Puntos de muestreo			
	Refinería	Casablanca	Regla	Bahía
Media	3.0	4.2	3.2	2.8
Mínimo	1.7	1.7	1.7	0.4
Máximo	5.2	7	8.7	6.1
Número de casos	24	24	24	24

Para el muestreo del CO<sub>2</sub> tenemos que los valores máximos ocurrieron en la zona de Bahía y Casablanca y los valores medios estuvieron en el rango de 700 a 507 partes por millón del volumen (PPM). Los valores obtenidos reflejan valores puntuales que llegan a ser superiores a lo reportado en la literatura para zonas limpias (INHEM, 1992; SCT 11/98). Los resultados obtenidos reflejan valores pun-

tuales de CO<sub>2</sub> que llegan a ser 26 veces superiores a lo reportado en otros trabajos para atmósfera limpia. Aunque este elemento no se considera un contaminante con efectos nocivos sobre la salud, si es nocivo al medio ambiente pues son conocidos sus propiedades como gas de efecto invernadero y su contribución al calentamiento global y sus efectos asociados.

Tabla 10. Estadígrafos descriptivos de las concentraciones (ppm) del CO<sub>2</sub> en los puntos de muestreo.

Estadígrafo	Puntos de muestreo			
	Refinería	Casablanca	Regla	Bahía
Media	507	543	664	700
Mínimo	200	100	200	200
Máximo	1800	2300	2000	2900
Número de casos	24	24	24	24

En el cálculo de las concentraciones de los compuestos gaseosos principales como son: el dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), el dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), el monóxido de carbono (CO), así como también las partículas totales suspendidas (PTS) se obtuvieron los siguientes resultados a partir de los datos tecnológicos de las fuentes emisoras y del monitoreo realizado para determinar las emisiones en cada una de las fuentes (SCT - 11/98) por especialistas del Centro de Investigaciones del Petróleo en la zona de estudio de la Refinería "Nico López" agrupadas en una fuente área sumaria a partir de las emisiones de 9 fuentes estacionarias.

La dispersión atmosférica es un método de control que tiene numerosas ventajas, especialmente para procesos industriales, los cuales pueden ser variados tomando en cuenta periodos favorables cuando las condiciones de dispersión son tan buenas que los contaminantes puedan distribuirse o tan desfavorables que se puedan conocer las concen-

traciones máximas que puedan afectar la zona en estudio. En la Tabla 11 se muestran las Concentraciones Máximas estimadas para cada compuesto estudiado según los valores de emisiones monitoreados de forma real cuando el proceso productivo se encontraba a un 80 % de su capacidad y un 100%, respectivamente. Dado que las mediciones reales de las emisiones se realizaron estando la refinería a un 80% de su capacidad todos los estimados se realizaron a partir de comparaciones en el ciclo productivo al 80 y 100%. Según los valores hallados encontramos que el dióxido de azufre y el dióxido de nitrógeno son los compuestos cuyas concentraciones máximas estimadas superan las concentraciones máximas admisibles de estas sustancias establecidas por la Norma Cubana para plazos de 20 minutos siendo superiores para el primer caso 5.5 veces y para el dióxido de nitrógeno de 11.4 veces. Por su parte las restantes sustancias contaminantes los valores máximos hallados resultan inferiores al valor máximo admisible establecido.

Tabla 11. Valores de Concentración Máxima estimados según el modelo DISPER en la zona de la Refinería "Nico López"

Contaminante	Cma (mg/m <sup>3</sup> )	Concentración Máxima estimada (mg/m <sup>3</sup> ) (100%)	Concentración Máxima estimada (mg/m <sup>3</sup> ) (80%)
SO <sub>2</sub>	0.5	2.73	2.19
NO <sub>2</sub>	0.085	0.97	0.77
PTS	0.5	0.17	0.13
CO	5.0	0.89	0.72
Distancia Máxima (m)	-	667	667
Velocidad Peligrosa (m/s)	-	3.4	3.4

En la Figura 4 se aprecian las concentraciones calculadas para el  $\text{SO}_2$  al 80% la potencia de emisión según los valores de producción. Toda el área de estudio se encuentra afectada por concentraciones

por encima de la concentración máxima admisible. El valor máximo absoluto es de 2.19  $\text{mg}/\text{m}^3$  y ocurre a una distancia máxima de 667 metros que lo sitúa muy cerca del límite entre la refinería y la zona urbana colindante.

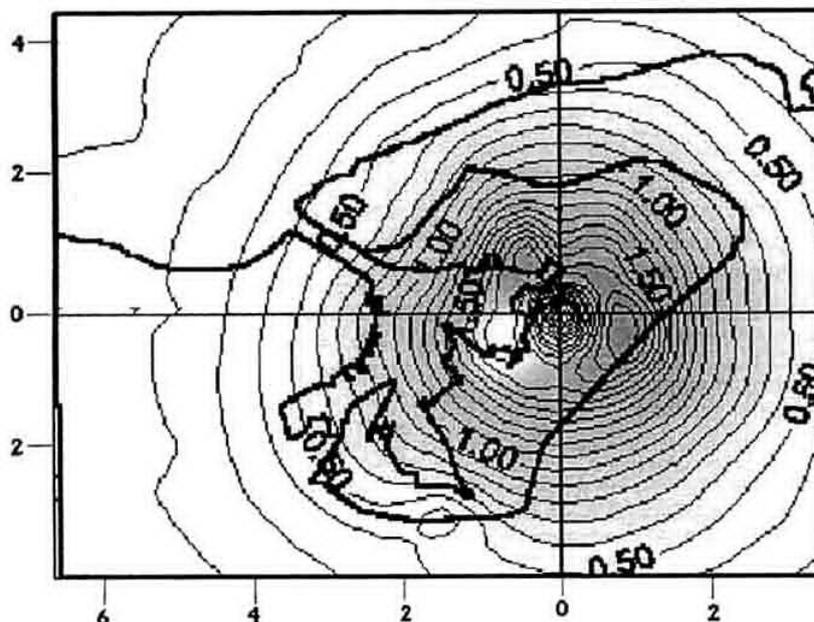


Fig. 4. Cálculo de las concentraciones para el  $\text{SO}_2$  (80%). Refinería.

El  $\text{NO}_2$  presenta valores superiores a la concentración máxima admisible (Figura 5) en toda el área de estudio, el máximo es de 0,77  $\text{mg}/\text{m}^3$ , esto implica que se sobrepasa la norma cubana unas 8 veces y

esto ocurre a unos 700 metros del área central de la refinería. Los otros dos compuestos presentan concentraciones aceptables para la calidad del aire en la zona.

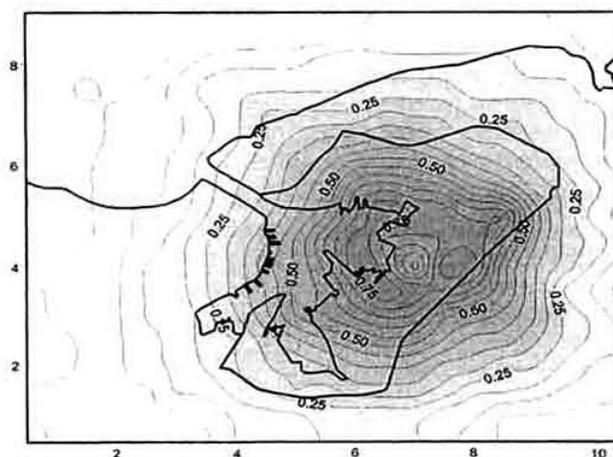


Fig. 5. Cálculo de las concentraciones para el  $\text{NO}_2$  (80%).

Las PTS y el CO al 80%, estos dos elementos no superan sus respectivas Cma. Ambos muestran un patrón de distribución parecidos al SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub>, donde los máximos están próximos a la CTE Casablanca y la Refinería. El área de máximas concentraciones se halla entre la refinería y la CTE Casablanca, por el norte. Mientras por el sur, se hace mas profunda una banda de máximas concentraciones que entra por la zona del emboque y abarca toda la zona de Regla. Otra zona de máximas concentraciones se presenta sobre la bahía y llega hasta la Habana Vieja.

Las medidas de mitigación deben encaminarse sobre los procesos tecnológicos que los producen, especialmente:

- ❖ Realizar mantenimientos periódicos a los quemadores y optimizar la relación aire combustible.
- ❖ Utilizar combustible con bajo porcentaje de azufre.
- ❖ Instalar sistemas apropiados para la captación de las partículas en conducto de salidas de gases.
- ❖ Instalar sistemas de control proporcional integral derivativo acoplado a tecnología de avanzada computarizada para el control y regulación de los parámetros del proceso de combustión.

Para lograr una política coherente de mitigación de los efectos de la contaminación atmosférica unido a un sistema de vigilancia y control deben estar presente otras medidas de carácter tecnológico para minimizar las emisiones de contaminantes al aire.

## Conclusiones

Los resultados obtenidos en esta caracterización permiten definir que las expulsiones (organizadas y no organizadas) producto de la refinería y de las grandes fuentes de sus alrededores están provocando el deterioro de la calidad del aire en la zona de estudio.

El sulfuro de hidrógeno es el principal contaminante en la zona, encontrándose las concentraciones en un rango entre 3 y 27 veces por encima de la concentración máxima admisible (Cma).

Según los valores medidos el Sulfuro de Hidrógeno (H<sub>2</sub>S), es el contaminante gaseoso que mayor impacto nocivo está produciendo sobre la salud humana y la corrosión de los materiales. Este efecto negativo se potencia por el olor desagradable y penetrante que es comúnmente percibido por la población. El efecto simultáneo de este compuesto más los producidos por el Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>) y los Oxidos de Nitrógeno (NO<sub>2</sub>+NO), así como las partículas de sulfato deben incrementar los efectos anteriormente señalados. El amoniaco, otro de los contaminantes estudiados, también presentó algunos valo-

res por encima de la Cma, por lo que es necesario verificar la cercanía de alguna fuente potente de este contaminante, aunque la deficiente evacuación de los desechos domésticos puede ser el origen de las altas concentraciones halladas.

El Material Particulado también presentó valores medios por encima de la norma en los cuatro puntos de muestreo. En varias ocasiones la concentración de este contaminante alcanzó valores considerados muy nocivos a la salud humana. Respecto a la composición química, aunque no existen normas en nuestro país al respecto, los valores se consideran propios de zonas urbano - industriales, los cuales inciden de diversas formas sobre el medio ambiente y la salud.

Para el CO observamos valores máximos desde 8,7 mg/m<sup>3</sup> en Regla hasta 5,2 en la zona de la Refinería, en todos los puntos de muestreo como se observa se sobrepasa la concentración máxima admisible (Cma) para este contaminante. Aunque los valores medios reflejan concentraciones por debajo de la Cma.

En general tenemos que el NO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub> son los contaminantes que presentan valores por encima de la Cma según los cálculos realizados. La zona donde se sobrepasan las Cma abarca una extensa área alrededor de la refinería donde en la actualidad existen extensas áreas pobladas. En la actualidad las medidas para aminorar el deterioro de la calidad del aire en la zona deben encaminarse hacia las industrias de la región, el parque automotor y otras emisiones provocadas en las viviendas por el uso de combustible doméstico.

## Referencias

- A.C.C. (1976):** Manual de instrumentos para el observador meteorológico. Instituto de Meteorología, 193 pp., La Habana, Cuba.
- Alvarez, R. (1990):** Caracterización de la dispersión de contaminantes en la zona Minero-Metalúrgica de Moa. Informe Resultado. IDICT, Instituto de Meteorología, CITMA.
- Berlyand, M.E (1975):** Problemas actuales de la difusión atmosférica y la contaminación de la atmósfera [en Ruso]. Guidrometeoizdat, Leningrado, 448pp.
- Collazo, A; y López, C., (1999):** DISPER Versión 2.0. La Habana.
- Cuesta-Santos, O. y A. Cabrera (1994):** El NO<sub>2</sub> troposferico en diferentes sistemas meteorológicos en dos localidades de la Ciudad de La Habana. *Atmósfera*, Vol. 7, No. 1, 31 - 46.

**Cuesta, O. (1995):** Caracterización de las concentraciones de los principales compuestos del nitrógeno atmosférico en Cuba y su relación con los tipos de situaciones sinópticas. Tesis en Ciencias Meteorológicas, pp.104, La Habana.

**Cuesta, O., et al., (1996):** Estudio de las concentraciones de los principales compuestos gaseosos del nitrógeno a nivel regional en Cuba, sus relaciones químico - meteorológicas y su aplicación a la protección del medio ambiente. Informe científico - técnico, pp.48, La Habana.

**Cuesta-Santos, O, Ortiz, P, Nieves, M, et al. 1996.** Calidad del aire y asma bronquial en la Ciudad de la Habana. Memorias World Congress on Air Pollution in Developing Countries, Volume II, pp 446 - 456, Costa Rica.

**Cuesta, O., et al., (2000):** Caracterización del Medio Ambiente Atmosférico en la Ribera Este de la Bahía de La Habana. Informe Científico Técnico, pp. 226, Instituto de Meteorología, La Habana.

**INHEM (1992):** Serie Salud Ambiental. Contaminación del Aire y Salud. No. 2, 129 pp., Impreso en México.

**Instituto Nacional de Pesquisas Espaciales, INPE (1998):** Manual de Operación de SPRING 3.1.2, Brasil (Licencia autorizada).

**López, C. M (1978):** Factores meteorológicos en la propagación de los contaminantes del aire en la Ciudad de La Habana. Informe Científico-Técnico No. 46, Instituto de Meteorología, Academia de Ciencias de Cuba.

**Normas de Gestión Ambiental NC (1999):** Norma Cubana 39 - 1999. Requisitos higiénico - sanitarios. CITMA - INN - MEP, La Habana, Cuba.

**SCT/11 - 98 (1999):** Monitoreo de emisiones gaseosas en Refinería Níco López y Centrales aledañas. Informe Laboratorio Química Ambiental, CEINPET, La Habana

**SWISSCONTACT/COSUDE (2000):** Resumen de la Calidad del aire en Centro América. Universidad Nacional de Costa Rica, San José.

**W. H. O. (1997):** Healthy Cities Air Management. Information System AMIS 1.0, 1997 WHO, Geneva.

**W.H.O. 1980.** Analysing and interpreting air monitoring data. GEMS, WHO-UNEP, offset publication No. 51, 53 pp. Geneva.

**W.M.O. 1990.** Compendio de Meteorología. Química Atmosférica y Meteorología de la Contaminación del aire. Vol. II, parte 6 No.364 pp 237.

**OMM (1996):** Compendio de apuntes sobre instrumentos meteorológicos para la formación de personal meteorológico de las clases III y IV. Volumen I, OMM - No. 622, 256 pp., Ginebra, Suiza.

#### **Abstract**

*Adjacent shore to bay, specifically their east middle, is an great industrial area (Power station, refinery, constructions and naval repairs, port activity, food industry etc.) and it also harbors important human establishments in the municipalities of Regla, Habana del Este and Guanabacoa. This whole area presents a great environmental complexity inside of Havana City (Cuesta et al., 2000).*

*Air chemical composition in an experimental way is studied through four monitoreo stations. Its measuring Nitrogen and Sulfur gases and the Total of Suspended Particles and the emissions of these compounds taken place by the main fixed sources in the area. For the polluting monitoreados it was found that in some occasions it is overcome that the acceptable maximum concentration according to the Cuban standards. Modeling of pollutants emitted by sources of area is shown and they are carried out proposal air pollution mitigation.*

**Palabras clave:**  
Composición química, contaminación atmosférica