

Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología

CONTAMINACIÓN DEL AIRE EN CIUDAD DE LA HABANA: USO DE MUESTREADORES PASIVOS

Lic. María Teresa Hernández Peñalver¹ e Ing. Luis Antonio Bonito Lara²

RESUMEN

Mediante la utilización de la técnica de placa alcalina, se realizó durante 1 año la determinación del índice de sulfatación con muestreadores pasivos en una red de diseño ortogonal que incluyó los municipios centrales de Ciudad de La Habana. Los resultados permitieron registrar contrastes de los niveles de sulfatación en un área superior a 60 km² y la realización del mapa de isolíneas de concentración de sulfatos, el que permitió identificar las principales fuentes contaminantes fijas del territorio.

Descriptor DeCS: CONTAMINACION DEL AIRE.

La determinación de índices indirectos tales como el índice de sulfatación y el polvo sedimentable, en ausencia de dispositivos de muestreo electromecánicos o automáticos, pueden dar una información general de utilidad sobre el estado de la contaminación atmosférica en una vasta región.

La técnica de muestreo pasivo, así como los principios de su diseño, facilitan índices de contaminación superficiales, de gran utilidad para evaluar la distribución territorial de la contaminación del aire.¹

La vigilancia ambiental basada en este tipo de indicadores de exposición ha sido

utilizada en la realización de estudios epidemiológicos.²

El trabajo tuvo como objetivo conocer la contaminación del aire mediante muestreo pasivo mensual de sulfatación (SO₃) en los municipios centrales de la capital, y la elaboración de un mapa de contaminación de origen industrial con el uso de isolíneas de concentración.

MÉTODOS

El universo de trabajo estuvo constituido por 40 puntos de muestreo ubicados

¹ Licenciada en Química. Investigadora Agregada.

² Doctor en Ciencias Técnicas. Investigador Agregado.

en los territorios de los municipios Centro Habana, Habana Vieja, Cerro, Plaza de la Revolución, 10 de Octubre, San Miguel del Padrón, Guanabacoa y Regla, de Ciudad de La Habana, en el período comprendido entre febrero de 1993 y enero de 1994, en los cuales se tomaron muestras mensuales de sulfatación. En todos los casos el número mínimo aceptable de muestras por punto fue de 10.

La instalación de los puntos de muestreo se realizó en forma de red regular ortogonal con cuadrícula de 1 km de lado (fig.). Esto se fundamentó tanto en la práctica internacional como en el hecho de que en Ciudad de La Habana, las alturas medias de las chimeneas ascienden a 15 m, en cuyo caso, según cálculos de dispersión,⁴ la contaminación atmosférica alrededor de las industrias en un nivel diferenciable resulta del orden de los 500 m. Por otra parte, los puntos de muestreo fueron colocados a no menos de 100 m de avenidas principales, a alturas de 1 m sobre el nivel del suelo.⁵ La instalación de muestreo, con carácter de innovación, consistió en frascos de cristal de 35 mm de diámetro y 45 mm de altura colocados en forma invertida en una cajuela especial de madera. El medio de muestreo consistió en un papel de sensible impregnado de filtro de carbonato de sodio al 30%.

El análisis de sulfatación se realizó por el método de precipitación del sulfato de cloruro de bario y la medición espectrofotométrica de la turbiedad de la suspensión, se utilizó para ello el método de placa alcalina.⁶⁻⁸ Se realizó la validación de las técnicas de análisis mediante la metodología aprobada por el Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología (INHEM).⁹

El punto blanco de muestra testigo (sin contaminación), fue obtenido por medio del procesamiento de 2 muestras coloca-

das en desecadora durante 30 d en el período de muestreo.

El procesamiento estadístico de la información se realizó mediante programa computarizado y consistió en el cálculo de la media aritmética y el percentil 75 de las concentraciones de sulfato en cada punto, dirigido a la obtención de un mapa de isolíneas de concentración según los métodos siguientes. En los sectores donde fue posible obtener correlación lineal de las concentraciones de sulfatación sobre las distancias con respecto a un punto central, localizado en la zona de máxima concentración, se trazaron isolíneas continuas a partir de las ecuaciones de regresión. La validez de las ecuaciones de regresión se aceptó cuando el límite inferior de la banda de confianza del coeficiente de correlación, con un coeficiente de confianza de 0,95; no fue inferior a $r = 0,65$.

En el resto de los sectores se utilizó el método de interpolación lineal y se trazaron isolíneas discontinuas. En la confección del mapa de isolíneas fueron utilizados los valores del percentil P 75 con el fin de destacar el aporte de las termoeléctricas y fuentes industriales más potentes de sulfatación.¹⁰

En el análisis se tuvieron en consideración tanto las características del lugar de ubicación de los puntos de muestreo como la localización de las principales fuentes industriales de contaminación, recogidas en un mapa de escala 1:75 000 de Ciudad de La Habana en 1991 por la Dirección Provincial de Planificación Física y Urbanismo.

RESULTADOS

El límite de detección del método de sulfatación fue de 1,06 mg/dm².d. La

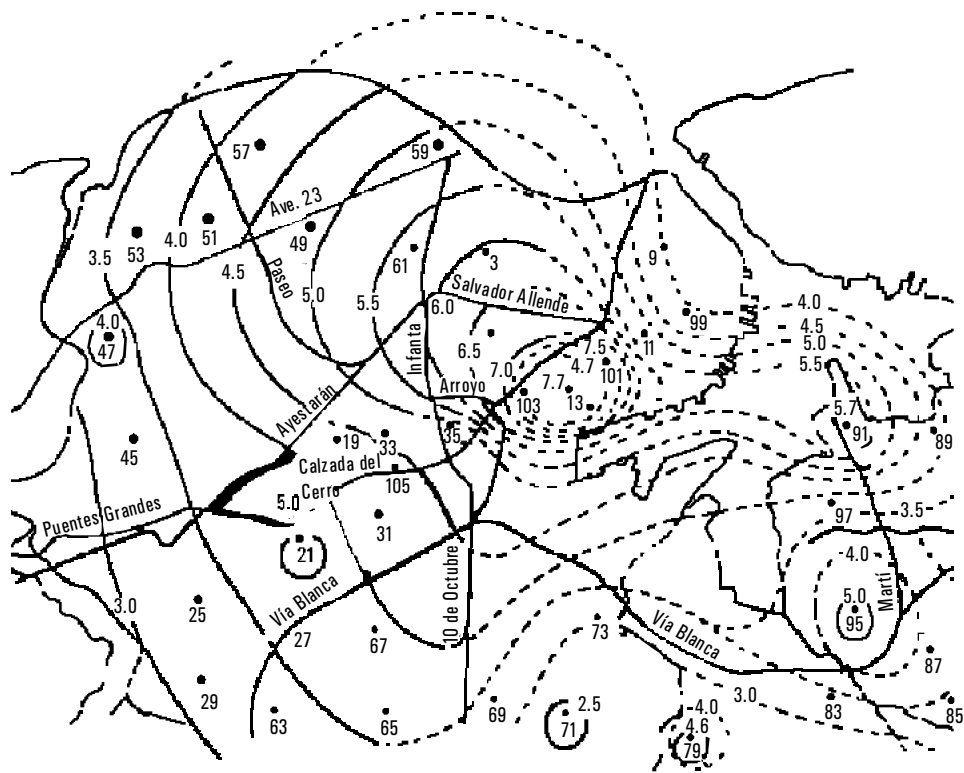


Fig. 1. Mapa de Ciudad de La Habana. Isolíneas de sulfatación (mg/dm^3). Valores del percentil 75, 1994.

precisión y el sesgo obtenido fue inferior al 10 % y la recuperación de 97 %. En la tabla 1 se recogen los resultados generales del muestreo de sulfatación para los 40 puntos de estudio. Se observó que los valores medios y el P 75 de sulfatación del punto No. 103 (el de más altas concentraciones) fueron entre 4,0 y 3,4 veces superiores a los resultados de las muestras testigos A y B, respectivamente. Entre los 10 primeros puntos con niveles de sulfatación más altos, 7 de ellos se localizaron alrededor de una línea imaginaria en dirección noroeste que parte desde el sector oeste de la bahía de La Habana, donde se encuentra ubicada la Central Termoeléctrica

(CTE) "Otto Parellada" (Tallapiedra) y que incluye zonas de los municipios Habana Vieja, Centro Habana y Plaza de la Revolución (fig.).

En la dirección nordeste, dicha zona se extiende desde el eje del oeste hacia el norte en unos 75° y en las direcciones suroeste en un sector que se extiende desde el eje del oeste hacia el sur, abarca unos 70° ; obteniéndose modelos lineales de regresión de las concentraciones de sulfatación sobre la distancia tomada desde la CTE de Tallapiedra.

Los datos que se emplearon en la obtención de los modelos de regresión se exponen en la tabla 2, donde puede obser-

Tabla 1. Concentraciones mensuales de sulfatación por puntos de muestreo (mg/dm². d)

No. del punto	Sulfatación		No. del punto	Sulfatación	
	Med.	P 75		Med.	P 75
103	5,16	7,70	89	3,83	3,92
101	5,09	7,47	57	2,77	3,83
3	5,80	6,56	65	2,94	3,82
61	4,56	5,88	67	3,05	3,71
1	4,46	5,88	11	3,18	3,68
91	4,95	5,72	87	2,83	3,53
49	4,17	5,04	17	3,00	3,53
95	3,65	4,98	85	2,03	3,42
13	3,81	4,96	45	2,46	3,36
21	3,28	4,94	97	2,77	3,35
33	3,48	4,60	69	2,87	3,34
79	3,56	4,57	83	2,90	3,23
105	2,87	4,53	25	2,31	3,11
51	3,12	4,41	29	2,47	3,09
35	3,59	4,41	73	2,74	3,07
31	3,62	4,41	63	2,31	3,07
99	3,45	4,28	27	2,30	3,04
19	3,70	4,19	59	2,75	3,01
9	3,19	4,04	71	2,34	2,53
53	3,14	4,01	A	1,24	2,28
47	3,00	4,01	B	1,30	2,28

Como puntos A y B se indican las muestras testigos.

Fuente: Procesamiento de la información.

vase la tendencia decreciente de las concentraciones de sulfatación con el incremento de la distancia. De esta tabla fueron excluidos los datos pertenecientes a los puntos 13, 17, 59, 27 y 21 debido a que en el proceso de análisis de los datos se detectaron factores de influencia locales, por lo que no se adecuaban a los parámetros fijados para la regresión.

Los resultados de los cálculos de la regresión fueron los siguientes:

Para el sector noroeste:

$$SO_3 = 7,6825 - 0,7362 \cdot km$$

$$r = - 0,96 (- 0,98; - 0,78)$$

$$e = 0,1730$$

Para el sector suroeste:

$$SO_3 = 5,3593 - 0,4323 \cdot km$$

$$r = - 0,92 (- 0,97; - 0,68)$$

$$e = 0,0641$$

Sobre esta base, en la figura se trazaron isolíneas continuas.

En los sectores sur y sureste que abarca zonas de los municipios 10 de Octubre, San Miguel del Padrón, Guanabacoa y Regla, no se obtuvieron ecuaciones de regresión similares satisfactorias. Por tal causa las isolíneas de sulfatación se trazaron de forma discontinua mediante interpolación lineal teniendo en cuenta las posibles anomalías causadas por fuentes industriales de contaminación locales.

Tabla 2. Concentraciones de sulfatación y distancias de los puntos de muestreos respecto a la Central Termoeléctrica de Tallapiedra

No. del punto	Sector noroeste		No. del punto	Sector sureste	
	Sulfatación P75 (mg/dm ² . día)	Distancias hasta Tallapiedra (km)		Sulfatación P75 (mg/dm ² . día)	Distancias hasta Tallapiedra (km)
103	7,70	0,52	33	4,60	2,32
3	6,56	2,02	105	4,53	2,34
1	5,88	1,39	35	4,41	1,34
61	5,88	2,61	31	4,41	2,61
49	5,04	3,50	19	4,19	3,07
51	4,41	4,52	65	3,82	3,95
53	4,01	5,39	67	3,71	3,23
47	4,01	5,30	45	3,36	5,11
57	3,83	4,64	25	3,11	4,59
			29	3,09	5,32
			63	3,07	4,64

Fuente: Procesamiento estadístico de la información.

DISCUSIÓN

Mediante este estudio realizado por primera vez en Ciudad de La Habana se ha logrado registrar el contraste de niveles de sulfatación en un área de más de 60 km² de la ciudad, que abarca territorios de 8 municipios.

El mapa se isolíneas de concentración de la ciudad mostró la existencia de 2 focos principales de sulfatación y por lo menos 3 secundarios. Los 2 focos principales se localizan inequívocamente alrededor de las Centrales Termoeléctricas "Otto Parellada" (Tallapiedra) (punto 103) y "Antonio Maceo" (Regla) (punto 91), que son las mayores fuentes emisoras de SO_x de la ciudad. Por su parte, el punto 95 tiene en sus cercanías la fundición de Aluminio "Elio LLerena" y la Tenería "Onelio Dampier"; el punto 79 está localizado cerca de la Fábrica de Envases Metálicos "L. Milián" y de la Planta de Piezas de Siporex "Camilo Cienfuegos"; a su vez, el punto 21 se encuentra a sotavento de la Fábrica de Detergentes "Chenard Piña".

Además de evidenciar el aporte contaminante de importantes fuentes, la distribución de las concentraciones, según las isolíneas, presenta cierta distorsión en la dirección noroeste que se corresponde con la dirección general predominante del viento en la región.

Es de señalar el hecho de que en los sectores de sotavento el carácter lineal de la distribución de las concentraciones en función de la distancia aporta evidencias adicionales acerca de que en esa vasta zona la fuente principal de gases sulfurosos atmosféricos es la CTE "Otto Parellada" de Tallapiedra.

En el resto del territorio estudiado la no linealidad en la distribución de las concentraciones probablemente refleje tanto la existencia de múltiples fuentes como un carácter más accidentado de la topografía.

En particular, en los puntos 13, 17, 27 y 59, los valores de concentración estuvieron 35 % por debajo de lo esperado debido al efecto reductor de sombras aerodinámicas provocadas por edificaciones altas a barlovento, se confirma el cri-

terio de la necesidad de localización de los puntos de muestreo en áreas no sometidas al efecto directo de sombras aerodinámicas, generadas por edificios altos situados a barlovento del lugar de muestreo. Por otra parte, los valores de concentración del punto 21 resultaron superiores de lo esperado, lo que puede ser explicado por la presencia de una gran industria en sus cercanías y a barlovento.

La metodología del muestreo para la determinación del índice de sulfatación

sometida a estudio, permitió detectar niveles diferentes de contaminación en los territorios de los municipios centrales de la capital, y se identificaron las fuentes de combustión más potentes causantes de este tipo de contaminación. El procedimiento utilizado, unido al mapa de isolíneas de concentración de sulfatación constituye un instrumento eficaz para apoyar estudios epidemiológicas ambientales, así como para el perfeccionamiento del control de la vigilancia de la contaminación atmosférica.

SUMMARY

The estimation of the sulphatizing index was carried out during a year by using an alkaline plate technique and passive samplers in an orthogonally-designed network covering the central municipalities of the City of Havana. The results allowed to record the differences in the sulphations levels in an over 60 km² area and also to draw up an isoline map of sulphate concentrations which made the detection of the main fired polluting sources in the territory possible.

Subject headings: AIR POLLUTION.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Cuba. Comité Estatal de Normalización. NC 93-02-104/86. *Atmósfera. Reglas para la vigilancia de la calidad del aire.* La Habana, 1986.
2. World Health Organization. Major poisoning episodes from environmental chemicals. Geneva: WHO, 1992:62-73,28-38.
3. Stevens JB. A multimedia approach to modeling human exposure. *Environ Sci Technol* 1989;23(10):1180-6.
4. Cuba. Comité Estatal de Normalización. NC 93-02-202/87. *Atmósfera. Requisitos higiénico-sanitario: Concentraciones máximas admisibles. Alturas mínimas de expulsión. Zonas de protección sanitarias.* La Habana, 1987.
5. Cuba. Comité Estatal de Normalización. NC 93-02-203/86. *Atmósfera. Requisitos generales para el muestreo de aire.* La Habana, 1986.
6. World Health Organization. Sulfur oxides and suspended particulate matter. Geneva: WHO, 1979:107 (*Environmental health criteria*; 8).
7. Cuba. Comité Estatal de Normalización. NC 93-02-209/87. *Determinación del índice de sulfatación.* La Habana, 1987.
8. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Determinação de taxa de sulfatação pelo método da placa alcalina. Documento técnico. Sao Paulo: CETESB, 1991:1-4.
9. García MM. El laboratorio de química analítica en la evaluación de riesgos para la salud humana por exposición a sustancias tóxicas. En: *Escuela colombiana de medicina. Toxicología Ambiental.* Santa Fé de Bogotá: Editorial Kimpres, 1996:95-111.
10. World Health Organization. *Analysing and interpreting air monitoring data.* Geneva: WHO offset, 1980:6-52. (Publication 51).

Recibido: 14 de febrero de 1997. Aprobado: 15 de abril de 1998.

Lic. *María Teresa Hernández Peñalver.* Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología. Infanta No. 1158, entre Llinás y Clavel, Centro Habana, Ciudad de La Habana, Cuba. CP 10300.