

## COMUNICACIÓN CORTA

# Determinación de la concentración de dióxido de nitrógeno en la atmósfera de Ciudad de La Habana mediante captadores pasivos

**Yarelys Martín Regueira, Susanne Schlatter,\* Gisela Díaz\*\* y Carmen Portilla.**

Centro Nacional de Investigaciones Científicas, Avenida 25 y Calle 158, Apartado Postal 6414, Ciudad de La Habana, Cuba.. yarelys.martin@cnic.edu.cu. \*Departamento de Medio Ambiente y Salud de la Ciudad de Zurich (UGZ). \*\* Facultad de Arquitectura, Instituto Superior Politécnico "José Antonio Echevarría".

Recibido: 2 de abril de 2008. Aceptado: 18 de noviembre de 2008.

Palabras clave: dióxido de nitrógeno, contaminación del aire, Ciudad de La Habana, captadores pasivos.  
Key words: nitrogen dioxide, environmental contamination, Havana City, passive samplers.

En los últimos años, la contaminación atmosférica de las ciudades se ha convertido en un problema de salud pública mundial. De hecho, la contaminación del aire es considerada por la Organización Mundial de la Salud como una de las prioridades mundiales más importantes en salud. De modo que según un reciente estudio la contaminación del aire es responsable del 1,4 % de todas las muertes en el mundo. La mitad de este impacto es debido a las emisiones de los vehículos automotores.<sup>1</sup>

El dióxido de nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ) presente en el aire de las ciudades es uno de los componentes atmosféricos de mayor importancia, ya que sus fuentes principales están asociadas a los procesos de combustión a elevadas temperaturas (termoeléctricas, refinerías de petróleo, motores de combustión interna; etc.).<sup>2</sup>

Existen consecuencias muy importantes relacionadas con este contaminante atmosférico y asociadas a la salud del hombre. Los óxidos de nitrógeno son en general muy reactivos y al inhalarse afectan el tracto respiratorio, específicamente, los tramos más profundos de los pulmones, mediante la inhibición de algunas de sus funciones como la respuesta inmunológica y produciendo una merma de la resistencia a las infecciones.<sup>3,4</sup>

En Cuba, se han llevado a cabo algunos estudios relacionados con este tema, los cuales han revelado claramente que existen localidades específicas como Centro Habana, que poseen elevados índices de contaminación atmosférica y a su vez, se ha podido demostrar que existe una estrecha relación entre las concentraciones de dióxido de nitrógeno y otros contaminantes con el asma bronquial.<sup>5-7</sup>

En este trabajo, se determinó la concentración de  $\text{NO}_2$  en 14 sitios de Ciudad de La Habana y se evaluó la posible relación que existe con el volumen de tráfico en alguno de ellos, durante un mes de estudio, lo que constituye una investigación preliminar que permitirá crear las bases para un riguroso estudio posterior a largo plazo que incluya el resto de los factores que influyen en la contaminación del aire.

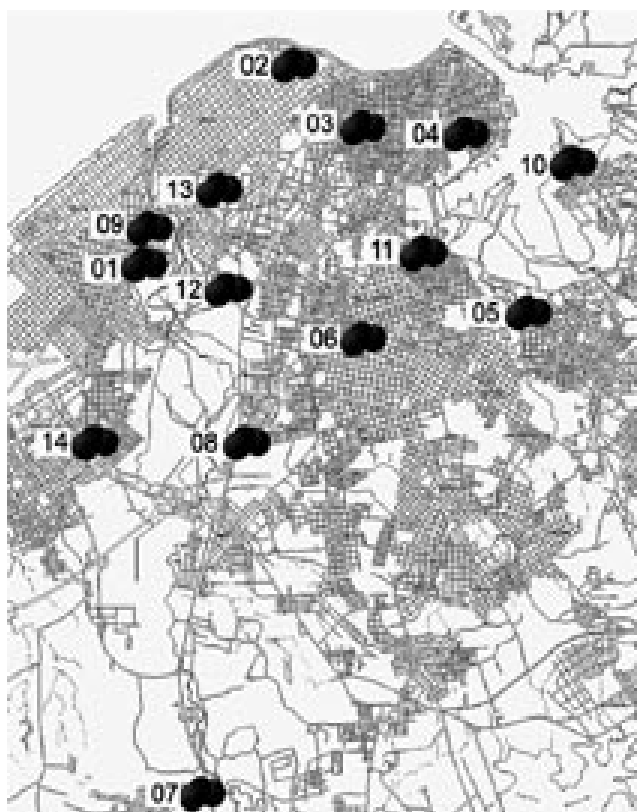
Los sitios estudiados se seleccionaron de acuerdo con la experiencia acumulada en el estudio del volumen de

tráfico en la Ciudad de La Habana por la Facultad de Arquitectura del Instituto Superior Politécnico "José Antonio Echevarría" (Fig. 1).

El método utilizado para determinar el  $\text{NO}_2$  presente en el aire, está basado en la colocación de captadores pasivos con trietanonalimina, según la norma DIN EN 13528.<sup>8,9</sup> Ha sido empleado en diferentes ocasiones en el extranjero, sin embargo, en Cuba, solo ha sido utilizado por el Centro Nacional de Investigaciones Científicas y el Instituto de Meteorología de Cuba.<sup>10-12</sup> Además, se realizó un análisis de varianza mediante el programa Stargraphis V.5 para determinar las diferencias significativas entre las mediciones obtenidas. Los resultados fueron analizados de acuerdo con las legislaciones vigentes relacionadas con la calidad del aire de la Organización Mundial de la Salud.<sup>13</sup> También, se determinó el volumen de tráfico en seis de los 14 sitios estudiados, un día laborable en el horario comprendido entre las 07:00 y 21:00 h del día, cada 15 min.

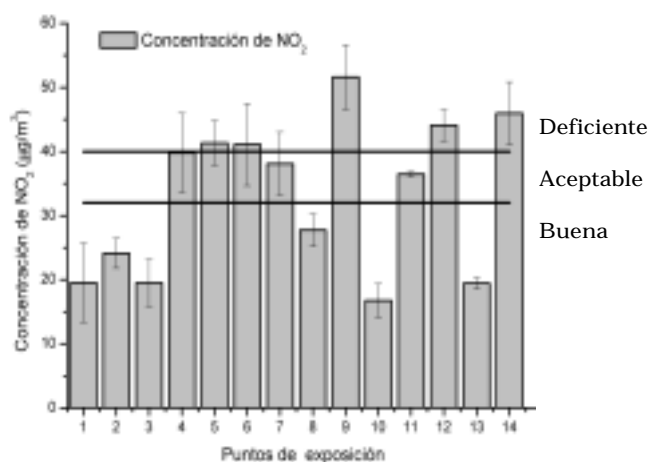
Teniendo en cuenta la concentración de  $\text{NO}_2$  encontrada en los 14 sitios estudiados ( $20$  a  $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) se clasificó la calidad del aire como buena, aceptable y deficiente (Fig. 2), según las legislaciones vigentes.<sup>13</sup> Los sitios 1, 2, 3, 8, 10 y 13 mostraron una menor contaminación ( $\text{NO}_2 = 32 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), lo que permitió afirmar que presentan una buena calidad del aire con respecto al contaminante estudiado. Por otro lado, los sitios 7 y 11 mostraron una calidad aceptable, mientras que los sitios 4, 5, 6, 9, 12 y 14 presentaron una calidad del aire deficiente.

Al realizar un análisis estadístico de las concentraciones de  $\text{NO}_2$  obtenidas, se pudo observar que las desviaciones estándar correspondientes a los sitios de exposición 4, 5, 6 y 7 permitieron resaltar, que la calidad del aire en las áreas respectivas puede encontrarse en el intervalo de clasificación de aceptable a deficiente (Fig. 2). El resto de los lugares no mencionados en este análisis presentó un comportamiento estable según la clasificación asignada, aún teniendo en cuenta la desviación estándar. Por otra parte, se debe destacar que en el análisis de varianza realizado, se observó la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre



1. Calle 41 entre Calles 45 y 43, Playa
2. Calzada esquina a Calle L
3. Cayo Hueso
4. Egido
5. Virgen del Camino
6. Avenida de Acosta y Calzada de 10 de Octubre
7. Fontanar
8. Boyeros y Camagüey
9. Calle 28 entre Calles 47 y 45, Playa
10. Regla
11. Vía Blanca y Fábrica
12. Calzada del Cerro y Avenida 26
13. Cementerio "Cristóbal Colón"
14. Calle 100 y 51

**Fig. 1.** Ubicación de cada sitio de estudio en el mapa de Ciudad de La Habana.



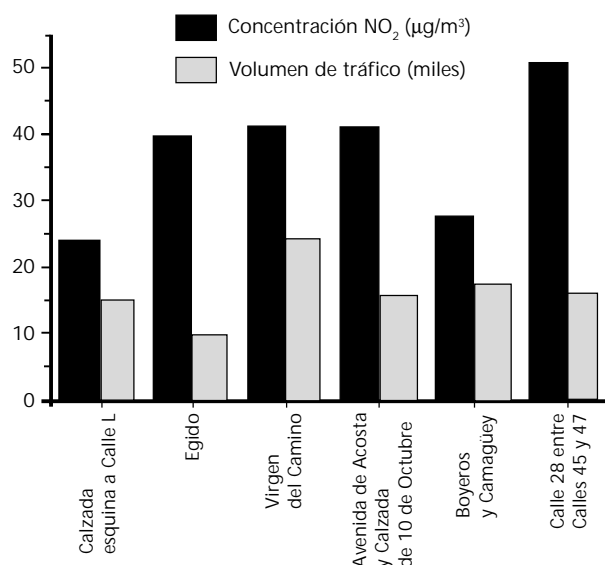
**Fig. 2.** Comportamiento de la concentración de dióxido de nitrógeno en los sitios estudiados.

**Tabla 1.** Contraste múltiple de rango.

Sitio de exposición	Media	Grupos homogéneos
10	16,7292	X
13	19,4375	XX
3	19,5012	XX
1	19,5424	XX
2	24,1198	XX
8	27,7196	X
11	36,4512	X
7	38,0769	XX
4	39,7776	XXX
6	41,0886	XXX
5	41,3134	XXX
12	44,0741	XX
14	45,9545	XX
9	51,6107	X

las medias de los sitios de exposición estudiados ( $p$ -valor  $< 0,05$ ), por lo que se decidió aplicar la prueba de Newman-Keuls para comparar las medias obtenidas en cada sitio de exposición. Este resultado permitió identificar siete grupos homogéneos según la alineación del signo X en la columna, como por ejemplo, los sitios de exposición 1, 3, 10 y 13 (Tabla 1). De esta forma, se puede decir que los 14 sitios de exposición analizados en Ciudad de La Habana se corresponden con siete niveles de concentración del  $\text{NO}_2$  estadísticamente significativos.

De acuerdo con los datos de volumen de tráfico obtenidos (Fig. 3), se pudo observar que hasta el momento



**Fig. 3.** Relación existente entre la concentración de dióxido de nitrógeno y el volumen de tráfico en alguno de los sitios estudiados.

existe variabilidad en los resultados, ya que se muestran diferentes variantes: la primera corresponde a una elevada contaminación y bajo volumen de tráfico (Egido), la segunda a una elevada contaminación y gran volumen de tráfico (Virgen del Camino), la tercera a una elevada contaminación y volumen medio de tráfico (Calle 28 entre Calles 47 y 45 y Avenida de Acosta y 10 de Octubre) y la última, a una baja contaminación y medio volumen de tráfico (Calzada esquina a Calle L, así como Boyeros y Camagüey).

El comportamiento obtenido en la Calle 28 entre Calles 47 y 45 pudiera deberse a que este sitio se encuentra en una zona elevada, donde los vehículos deben frenar y acelerar a su vez, lo que puede provocar un aumento de la concentración de este contaminante y circulación de los vientos, creando una sombra de viento, es decir que no se logran dispersar los contaminantes. Sin embargo, Avenida de Acosta y Calzada de 10 de Octubre presenta un volumen de tráfico prácticamente similar, pero la topografía de la zona indica que es más compacta, en ella el viento se canaliza principalmente por las calles, con lo que se produce menos dispersión y a su vez, menos flujo de viento, que en algunos casos puede crear turbulencia y concentrar los contaminantes. Un resultado similar se obtuvo en el caso de Egido, donde está presente una zona compacta, pero con poco volumen de tráfico. Es importante destacar que Boyeros y Camagüey presenta un volumen de tráfico medio, por lo que debiera existir una mayor contaminación. Este efecto parece ocurrir también debido al factor topográfico, ya que Boyeros es una zona abierta, caracterizada por presentar escasa edificación y los contaminantes en ella pueden dispersarse con mayor facilidad.

De los resultados, se pudo concluir que la elevada contaminación ambiental relativa al dióxido de nitrógeno encontrada en determinados lugares de Ciudad de La Habana (Egido, Acosta y Calzada de 10 de Octubre, Virgen del Camino, Calle 28 entre 47 y 45, Calzada del Cerro y 26 y Calle 100 y 51), puede afectar tanto la ecología ambiental como la salud del hombre. Además, de acuerdo con el análisis estadístico desarrollado, los 14 sitios de exposición analizados en Ciudad de La Habana, se corresponden con siete niveles de concentración del  $\text{NO}_2$  estadísticamente significativos. Por otra parte, la variabilidad observada en los resultados correspondientes a la relación entre el volumen de tráfico y la contaminación ambiental, puede deberse a la existencia de otros factores que no se han tenido en cuenta en este análisis como son las fuentes de emisiones fijas de este y otros contaminantes, la dirección del viento, etc.

## AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Oscar E. Ledea Lozano por su asesoría y apoyo técnico brindado en la revisión y redacción de este artículo,

con la alegría de que siempre podamos contar con su ejemplo y ayuda incondicional. Además al Ing. Jorge Lemagne Liyim por su colaboración en la ardua tarea de confeccionar el mapa de la ciudad.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. World Health Organization. Health and environment in sustainable development: 5 years after the Earth summit. Disponible en: <http://www.who.int/archives/inf-pr-1997/en/pr97-47.html>. (Consultado: 15 de abril, 2008).
2. Cuesta O. Caracterización de las concentraciones de los principales compuestos del nitrógeno atmosférico en Cuba y su relación con los tipos de situaciones sinópticas. Tesis para optar por el grado de Doctor en Ciencias Meteorológicas. Ciudad de La Habana, 1995.
3. Esquivel E.M y Cuba D.V. Contaminación del aire interior en un proyecto de viviendas con climatización centralizada. **Rev. Cubana Hig. Epidemiol.**, 3, 44, 2006.
4. Romero-Placeres M., Más-Bermejo P., Lacasaña-Navarro M., Téllez Rojo-Solís M. M., Aguilar-Valdés J. y Romieu. I. Contaminación atmosférica, asma bronquial e infecciones respiratorias agudas en menores de edad, de La Habana. **Salud Pública de México**, 46, PAGINAS, 2004.
5. Varona M.M., García R.R., Esquivel E.M y Fernández A.A. Comportamiento del dióxido de nitrógeno y partículas en suspensión totales en el periodo 2004-2006 en la estación del Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología. **Hig. Sanid. Ambient.**, 8, 343-347, 2008.
6. Martínez M. Evaluación de la contaminación atmosférica en Centro Habana 2001-2003. Tesis en opción del título en Máster en Ciencias. Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología, Ciudad de La Habana, 2004.
7. Esquivel E.M., Brown L., Díaz V.P., Luna L.C y Sordía D.R. Contaminación atmosférica y prevalencia de asma en Centro Habana. **Rev. Cubana Hig. Epidemiol.**, 39, 1, 2001.
8. UGZ. Measuring Nitrogen-Dioxide with Passive Samplers of Palmes-Type Experiences and Results in the Town of Zurich, Eastern Switzerland and the Principality of Liechtenstein (OSTLUFT). 2002.
9. DIN EN 13528-1:2002-2003: Ambient air quality- Diffusive samplers for the determination of concentrations of gases and vapours-Part 1-3.
10. Kirby C., Foxb M. and Waterhouse J. Reliability of nitrogen dioxide passive diffusion tubes for ambient measurement: *in situ* properties of the triethanolamine absorbent. **J. Environ. Monit.**, 2, 307-312, 2000.
11. Kirby C., Foxb M. Waterhouse J. and Dryec T. Influence of environmental parameters on the accuracy of nitrogen dioxide passive diffusion tubes for ambient measurement. **J. Environ. Monit.**, 3, 150-158, 2001.
12. Rocha J. Productos electro electrónicos en ambientes tropicales Capítulo VI, 239- 242, CYTED, Campinas, Brasil, 2003.
13. World Health Organization. Air quality guidelines for Europe. Copenhagen WHO Regional Office for Europe, Second Edition. 2002.