

# Variación espacial de contaminantes atmosféricos en áreas urbanas de La Habana

## Spatial variation of atmospheric pollutants in urban areas of Havana



<https://cu-id.com/2377/v31n1e02>

<sup>1</sup>Rosemary López Lee<sup>1\*</sup>, <sup>2</sup>Oswaldo Cuesta<sup>2</sup>, <sup>3</sup>Carlos Sosa<sup>2</sup>, <sup>1</sup>Javier Bolufé<sup>2</sup>, <sup>3</sup>Frank Jimenez<sup>3</sup>,  
<sup>1</sup>Rachel Martínez Rodríguez<sup>1</sup>, <sup>1</sup>Ignavis de la Caridad Castillo Lemus<sup>1</sup>, <sup>1</sup>Amanda de la Rosa González<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas, La Habana, Cuba.

<sup>2</sup>Instituto de Meteorología, La Habana, Cuba.

<sup>3</sup>Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología, La Habana, Cuba.

**RESUMEN:** En el estudio se analizó la variación espacial de los contaminantes atmosféricos SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> y O<sub>3</sub> en áreas urbanas de La Habana. La información de las inmisiones se obtuvo mediante muestreadores pasivos. El SO<sub>2</sub> constituyó un problema en áreas influenciadas por fuentes fijas potentes, como la termoeléctrica Otto Parellada y la refinería Níco López. El NO<sub>2</sub> presentó los valores de inmisiones mayores en zonas expuestas a un alto tráfico vehicular. El O<sub>3</sub> constituyó un problema para sitios puntuales localizados bajo la influencia de fuentes fijas potentes con altas emisiones de sus precursores del O<sub>3</sub> y sitios que clasifican para el tipo de cañón de calle estrecha.

**Palabras clave:** inmisiones, contaminantes, fuentes fijas.

**ABSTRACT:** In the study the spatial variation of atmospheric pollutants SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> and O<sub>3</sub> in urban areas of Havana was analyzed. For obtain the immission information passive samplers were used. SO<sub>2</sub> was a problem in areas influenced by powerful fixed sources, such as the Otto Parellada thermoelectric plant and the Níco Lopez refinery. NO<sub>2</sub> presented the highest immission values in areas exposed to high vehicular traffic. O<sub>3</sub> was a problem for point sites located under the influence of strong stationary sources with high emissions of O<sub>3</sub> precursors and sites that qualify for the narrow street canyon type.

**Keywords:** immissions, pollutants, fixed sources.

### INTRODUCCIÓN

La Organización Mundial de la Salud informó que en el 2012 unos 7 millones de personas murieron -una de cada ocho del total de muertes en el mundo- como consecuencia de la exposición a la contaminación atmosférica. Esta conclusión duplicó con creces las estimaciones anteriores y confirmó que la contaminación atmosférica constituye el riesgo ambiental para la salud más importante del mundo (OMS, 2014).

De forma similar, el Banco Mundial señaló que la contaminación atmosférica causa una de cada 10 muertes en el mundo. Siendo el cuarto factor de

deceso prematuro y provocando pérdidas en términos de bienestar que totalizan los 5,1 billones de dólares (Banco Mundial, 2016). Si se redujera la contaminación atmosférica podrían salvarse millones de vidas.

La contaminación atmosférica puede ser definida como “una condición de la atmósfera en la cual están presentes, sustancias en concentraciones tales como para afectar la calidad y composición del aire y provocar efectos perjudiciales para los seres humanos, los elementos naturales, ecosistemas, materiales, construcciones e instalaciones, el clima etc.” (López, 2006).

\*Autor para correspondencia: Rachel Martínez Rodríguez. E-mail: [victoria20plus@gmail.com](mailto:victoria20plus@gmail.com)

Recibido: 17/04/2024

Aceptado: 04/05/2024

**Conflicto de intereses:** Los autores declaran que no existen conflictos de intereses en la realización del estudio.

**Contribución de los autores:** Todos los autores contribuyeron al estudio. Asimismo, todos los autores aprobaron la versión final. **Conceptualización y supervisión:** Rosemary López y Oswaldo Cuesta. **Procesamiento de datos:** Javier Bolufé, Carlos Sosa, Francisco Reyes y Amanda de la Rosa. **Investigación:** Ignavis de la C. Castillo y Rachel Martínez. **Metodología:** Rosemary López, Oswaldo Cuesta, Javier Bolufé, Carlos Sosa, y Francisco Reyes. **Redacción y edición:** Ignavis Castillo y Rachel Martínez.

Este artículo se encuentra bajo licencia [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional \(CC BY-NC 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

En Cuba se han realizado estudios anteriores que relacionan los niveles de contaminantes atmosféricos como los compuestos del azufre y el nitrógeno en La Habana con la ocurrencia de enfermedades respiratorias (Cuesta *et al.*, 2000; Wallo y Cuesta, 2006; Rivero, 2016); mientras en otros trabajos han sido identificados niveles de riesgo elevados para la salud por exposición a la contaminación de origen industrial (Sánchez *et al.*, 2004; Wallo y Cuesta, 2006).

En la Habana, en el año 2014, el 21% de la población estaba expuesta a una calidad del aire entre crítica y pésima, mientras que de la población del resto del país solo el 8% presentaba esta categoría. Por otro lado, casi el 30% de los capitalinos respiraban aire de calidad deficiente y mala; mientras que en otras ciudades solo el 16% de la población poseían estas categorías (Cuesta *et al.*, 2014).

En 2016, fue realizado un estudio sobre el pronóstico de dispersión de contaminantes en la capital, utilizando el sistema de modelos AERMOD. El mismo permitió identificar que los contaminantes SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, así como el material particulado (PM<sub>2,5</sub> y PM<sub>10</sub>) incumplen los requisitos higiénico-sanitarios del aire (González, 2016). Esto se debe a que superan las concentraciones máximas admisibles (CMA) establecidas en la NC1020:2014 (Oficina Nacional de Normalización [ ONN], 2014).

Por otra parte, se determinó que la frecuencia con la que el NO<sub>2</sub> supera la CMA, es aproximadamente la mitad de los días del año. En el caso del SO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub>, ocurren concentraciones mayores que la CMA la quinta parte de los días del año (González, 2016). Esto muestra la necesidad de mantener la vigilancia de la contaminación atmosférica en los asentamientos urbanos.

Para el monitoreo de la calidad del aire, existen cinco metodologías: las que utilizan muestreadores pasivos, muestreadores activos, analizadores automáticos, sensores remotos y bioindicadores. La selección de la metodología apropiada para realizar monitoreos atmosféricos, dependerá de los objetivos de la investigación, la calidad de datos que se requiera y los recursos con que se disponga (Martínez y Romieu, 1997).

En el año 2015, como parte del proyecto: “Contribución a la gestión de la calidad del aire en Cuba: gases contaminantes y componentes químicos de la lluvia y su relación con las fuentes de emisión y condiciones meteorológicas”, se realizó un estudio que permitió caracterizar las inmisiones de NO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub> en la cuenca de la bahía de La Habana, en el período comprendido entre diciembre de 2013 y mayo de 2014 (López *et al.*, 2015).

La medición de las concentraciones se efectuó mediante el empleo de muestreadores pasivos, ubicados en diferentes zonas de la ciudad. Los resultados alcanzados permitieron identificar puntos

calientes (sitios donde se presentan las mayores concentraciones de NO<sub>2</sub> y SO<sub>2</sub>) que sirvieron de base, junto a otros criterios, para el establecimiento de las estaciones fijas automáticas de monitoreo atmosférico, en los municipios San Miguel del Padrón y Plaza de la Revolución (López *et al.*, 2015).

El SO<sub>2</sub> es un compuesto químico formado por un átomo de azufre y dos de oxígeno. Es un gas incoloro, irritante, no inflamable y con un olor asfijante característico. Se emite a la atmósfera durante la quema de combustibles y el procesamiento de los minerales. La principal fuente de emisión es la combustión de productos petrolíferos y de carbón. Otra fuente muy importante es la oxidación del H<sub>2</sub>S. Sin embargo, algunas fuentes naturales también contribuyen a su emisión, como es el caso de los volcanes o del metabolismo anaerobio (Figuroa, 2014; Calderón, 2011).

El dióxido de azufre irrita las vías respiratorias reduciendo a su vez la capacidad pulmonar, causando ronquera, respiración entrecortada y presión del pecho (Cuesta *et al.*, 2000; Sánchez *et al.*, 2004; Wallo y Cuesta, 2006; Cuesta *et al.*, 2014). Además de afectar al sistema respiratorio y a las funciones pulmonares, puede causar irritación ocular (Figuroa, 2014).

Es a menudo un contaminante local. Puede permanecer en atmósferas secas muchos días y estar sujeto a procesos de transporte a largas distancias. En la forma oxidada puede permanecer largo tiempo en la atmósfera y ser transportado a distancias considerables en forma de sulfato (Cuesta *et al.*, 2014).

El NO<sub>2</sub> constituye uno de los principales contaminantes entre los varios óxidos de nitrógeno. Tiene una apariencia de color marrón-amarillento. Es un gas tóxico, irritante y precursor de la formación de partículas de nitrato. Las que al hidratarse en la atmósfera dan lugar a la producción de ácidos, convirtiéndolo en uno de los gases responsables de la lluvia ácida (López *et al.*, 2015).

Se produce como resultado de procesos de combustión a altas temperaturas, como en los vehículos motorizados y las plantas eléctricas. Por ello es un contaminante característico de zonas urbanas (Calderón, 2011).

Afecta principalmente al sistema respiratorio. La exposición a corto plazo en altos niveles causa daños en las células pulmonares, mientras que la exposición a más largo plazo en niveles bajos de NO<sub>2</sub> puede causar cambios irreversibles en el tejido pulmonar. Puede aumentar el riesgo de aparición de síntomas respiratorios como bronquitis aguda, tos y flema, especialmente en los niños (Sánchez *et al.*, 2004).

El ozono troposférico es un contaminante secundario generado a partir de reacciones fotoquímicas. Se forma fundamentalmente a partir de los óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) y los compuestos orgánicos volátiles en presencia de luz solar (Seinfeld y Pandis, 2006).

A diferencia del ozono estratosférico, que forma la capa de ozono, el ozono troposférico se encuentra a nivel del suelo, donde tiene lugar la vida en el planeta. Es por ello que, a elevadas concentraciones, este gas es dañino para la salud humana (produce disminución en las funciones pulmonares, insuficiencias respiratorias, náuseas, etc.) (López, 2006).

El O<sub>3</sub> es tóxico para las plantas y diversos cultivos, siendo estos más sensibles que los humanos. Puede provocar clorosis, retraso en la época de crecimiento, senescencia prematura y rotura de las hojas (Calderón, 2011).

La marcada repercusión de los contaminantes en la salud hace necesario el estudio de su comportamiento en los asentamientos urbanos, donde los niveles de contaminación y la población son mayores. Por tanto, se plantea como problema de investigación ¿cómo se comportan los contaminantes SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> y O<sub>3</sub> en áreas urbanas de La Habana? Y el objetivo de la investigación fue analizar la variación espacial de los contaminantes atmosféricos SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> y O<sub>3</sub> en áreas urbanas de La Habana.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Sitios de monitoreo

El monitoreo de la calidad del aire se realizó en sitios específicos de diferentes áreas de La Habana (figura 1 y tabla 1). El monitoreo se llevó a cabo desde febrero hasta agosto de 2016. Se utilizó la clasificación de Allegrini & Costabile (2002) para la clasificación de los mismos según sus características:

Tipo A - Estación urbana de exposición del fondo. En estas estaciones, los datos de concentración

obtenidos se refieren a la exposición general de la población.

Tipo B - Estaciones de exposición residencial de la población. En estos sitios se miden preferentemente los contaminantes que tienen efectos a largo plazo sobre la salud de la población.

Tipo C - Estaciones de exposición al tráfico.

### Métodos de muestreo y análisis químico

El tipo de muestreador pasivo empleado para los contaminantes atmosféricos SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> fue el Radiello, de la firma SIGMA-ALDRICH, las determinaciones analíticas de realizaron por espectrofotometría UV-VIS. Para el muestreo de NO<sub>2</sub> se utilizó, además, posteriormente el tipo Palmes, que utilizan una solución impregnadora de trietanolamina (TEA). La determinación analítica se realizó por espectrofotometría UV-VIS siguiendo la norma DIN EN 13528-1:2002-2003.

### Emisiones atmosféricas

La información de las emisiones de las fuentes fijas más cercanas al sitio de monitoreo fue obtenida del inventario de emisiones realizado en las principales fuentes fijas de Cuba para el año base 2016, realizado por Cuesta *et al.*, (2018).

Las estimaciones de las emisiones a la atmósfera en ton/año de los principales contaminantes atmosféricos, se realizó fundamentalmente utilizando factores de emisión. Se recolectaron los datos de emisiones de dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>), dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), el material particulado inferior a 10 y 2,5 micrómetros (MP<sub>10</sub> y MP<sub>2,5</sub>) y los compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano (COVDM).

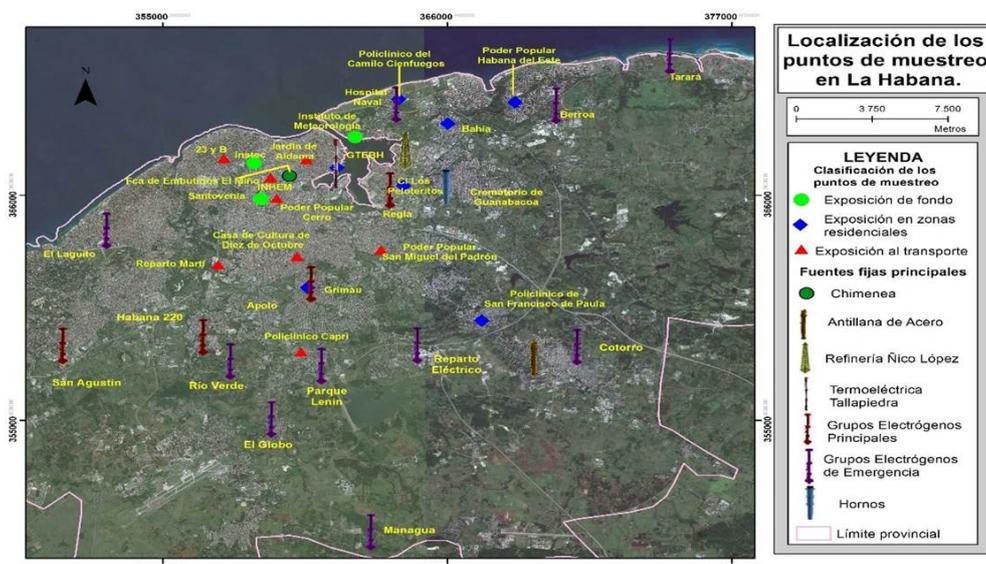


Figura 1. Localización de los puntos de muestreo en La Habana

**Tabla 1.** Ubicación geográfica de otros sitios de monitoreo en La Habana

| Nombre                              | Tipo | Municipio              | Latitud        | Longitud      |
|-------------------------------------|------|------------------------|----------------|---------------|
| Hogar Santovenia                    | A    | Cerro                  | 23° 6'55.74"N  | 82°22'367"O   |
| InsTEC                              | A    | Plaza de la Revolución | 23°07'55.2" N  | 82°22'53.1"O  |
| Policlínico Bahía                   | B    | Habana del Este        | 23°08'47. 2" N | 82°18'29.63"O |
| Policlínico C. Cienfuegos           | B    | Habana del Este        | 23° 9'32.12"N  | 82°19'36.61"O |
| CAM Habana del Este                 | B    | Habana del Este        | 23° 9'35.86"N  | 82°16'58.61"O |
| C.I. Peloteritos                    | B    | Regla                  | 23° 7'23.80"N  | 82°19'26.81"O |
| GTEBH                               | B    | Habana Vieja           | 23° 7'49.68"N  | 82°20'54.46"O |
| Policlínico. Hnos. R. Aboy          | B    | Sn. M. del Padrón      | 23° 4'1.03"N   | 82°17'41.07"O |
| Policlínico J. Grimau               | B    | Arroyo Naranjo         | 23° 4'41.67"N  | 82°21'40.28"O |
| Policlínico A. Guiteras             | c    | Habana Vieja           | 23°08'09.04"N  | 82°21'26.39"O |
| Palacio Aldama (calle Reina)        | c    | Centro Habana          | 23°07'56.27"N  | 82°21'41.52"O |
| SOMETCUBA                           | C    | Plaza de la Rev.       | 23° 7'57.58"N  | 82°23'34.13"O |
| Productora de Instrumentos Médicos. | C    | Cerro (Rpto. Martí)    | 23° 5'12.87"N  | 82°23'39.10"O |
| INHEM                               | C    | Cerro                  | 23° 6'42.21"N  | 82°21'41.80"O |
| Poder Popular Cerro                 | C    | Cerro                  | 23°06'58,07"N  | 82°22'20.9"O  |
| Casa de la Cultura                  | C    | Diez de Octubre        | 23°05'24.71"N  | 82 21 53.61"O |
| CAM San Miguel                      | C    | San M. del Padrón      | 23° 4'31.85"N  | 82°19'23.86"O |
| Policlínico Capri                   | C    | Arroyo Naranjo         | 23°02'54.35"N  | 82 21 45.46"O |

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

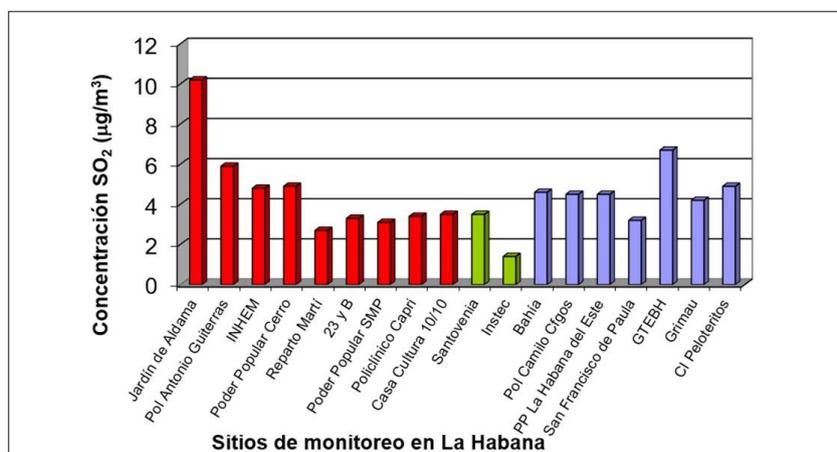
### Sitios de monitoreo de La Habana

El análisis de la variación espacial del SO<sub>2</sub> en diferentes localidades de La Habana se observa en la [figura 2](#). Se puede apreciar que las mayores concentraciones de este contaminante se alcanzaron en el jardín del palacio Aldama, ubicado bajo la influencia directa de las emisiones de la termoeléctrica Otto Parellada y de otra fuente fija potente, la refinería Níco López. El otro sitio con las segundas mayores concentraciones fue en el Grupo Técnico de Estudios de la Bahía de La Habana (GTEBH) ubicado bajo la influencia del penacho de la refinería Níco López, estos resultados concuerdan con lo informado por [López et al. \(2015\)](#).

Las concentraciones determinadas en el policlínico Antonio Guiteras, INHEM y Poder Popular del Cerro responden también a la influencia de las

anteriores fuentes fijas potentes. Los sitios de los policlínicos del Camilo Cienfuegos, Bahía, Poder Popular de la Habana del Este y círculo infantil Los Peloteritos ubicados en zonas residenciales de Regla, Casablanca y Camilo Cienfuegos, responden también fundamentalmente a la influencia de la refinería, aspecto ya comprobado en estudios anteriores ([Sánchez et al., 2004](#); [López, 2011](#); [López et al., 2015](#)).

Las mayores concentraciones de NO<sub>2</sub> fueron determinadas en todos los sitios rojos de exposición al tráfico vehicular en comparación con los sitios verdes y azules de exposición de fondo, rodeados de áreas verdes y las zonas residenciales ([figura 3](#)). En el jardín Aldama se alcanzaron las mayores concentraciones. Debido a que la calle Reina presenta un alto flujo vehicular; además en este punto constantemente se producen detenciones de la marcha o marchas muy lentas por la presencia de un semáforo.



**Figura 2.** Concentración de SO<sub>2</sub> promedio para el período febrero - agosto 2016 en diferentes zonas de La Habana

Otros sitios de elevadas concentraciones de NO<sub>2</sub> fueron el policlínico Antonio Guiterras, INHEM y 23 y B, ubicados en avenidas de alto flujo vehicular. En estos sitios se observaron mayores concentraciones con respecto al Poder Popular SMP donde se encuentra ubicada una de estaciones automáticas de monitoreo atmosférico (EAMA).

La figura 4 muestra que los promedios más altos del O<sub>3</sub> aparecieron en el Poder Popular del Cerro, sitio que clasifica para el tipo de cañón de calle estrecha, configuración que favorece que los contaminantes queden atrapados. Lo cual favorece las reacciones químicas entre los gases precursores de este contaminante secundario, los óxidos de nitrógeno

(NO<sub>x</sub>) y los compuestos orgánicos volátiles diferentes del metano (COVDM).

Otros sitios con elevadas concentraciones fueron el GTEBH y el CI Peloteritos, en Regla los cuales reciben la influencia directa de la refinera de petróleo ubicada en la margen opuesta de la bahía y la termoeléctrica también muy cercana al lugar. El punto del CI Peloteritos recibe además la influencia del grupo electrógeno de Regla.

En las figuras 5 y 6 se aprecia que durante los meses invernales de febrero y marzo se alcanzan las mayores concentraciones de SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub> por las condiciones meteorológicas y sinópticas que favorecen la acumulación de estos contaminantes.

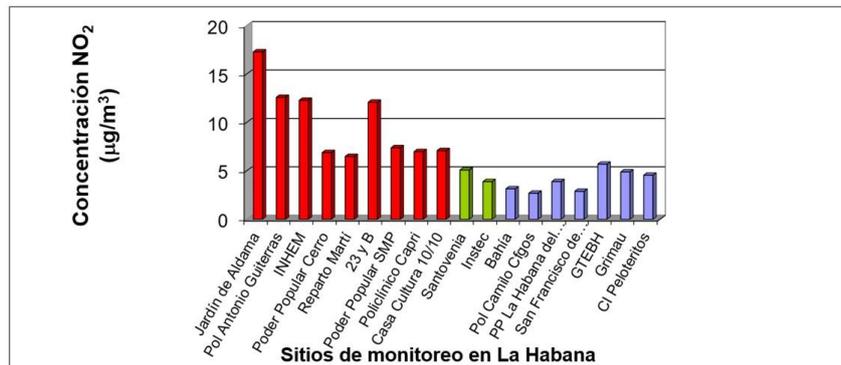


Figura 3. Concentración de NO<sub>2</sub> promedio para el período febrero - agosto 2016 en diferentes zonas de La Habana

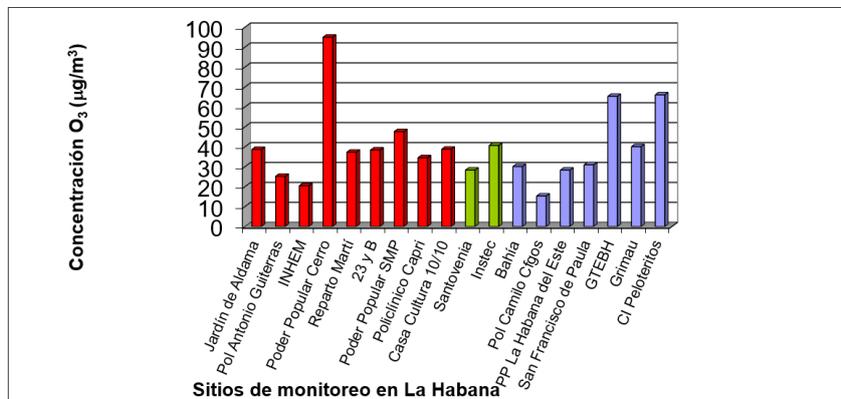


Figura 4. Concentración de O<sub>3</sub> promedio para el período febrero - agosto 2016 en diferentes zonas de La Habana

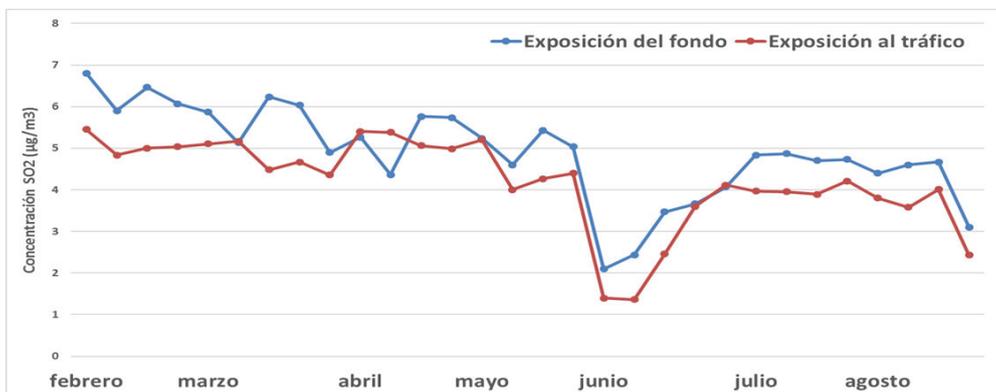
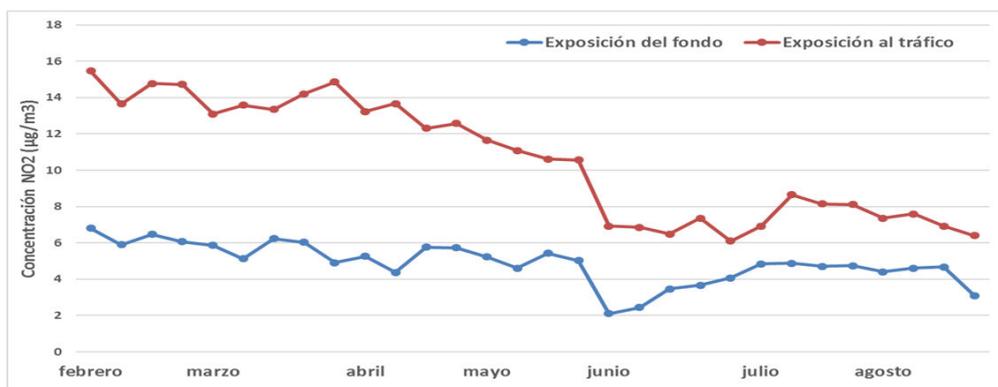


Figura 5. Comportamiento de las concentraciones de SO<sub>2</sub> promedio de los sitios de exposición al tráfico y los de exposición de fondo de La Habana para el período febrero - agosto 2016



**Figura 6.** Comportamiento de las concentraciones de NO<sub>2</sub> promedio de los sitios de exposición al tráfico y los de exposición de fondo de La Habana para el periodo febrero - agosto 2016

Las concentraciones promedio SO<sub>2</sub> y NO<sub>2</sub> de los sitios de exposición de fondo se compararon con sus respectivas de los sitios de exposición al tráfico vehicular. Los valores promedios fueron similares para el SO<sub>2</sub>, mientras que los promedios de NO<sub>2</sub> de las estaciones de exposición al tráfico fueron superiores a los valores promedio de las estaciones de fondo. Además, que ambos valores muestran un patrón de comportamiento similar, indicativo que la fuente de emisión es principalmente el transporte automotor.

### CONCLUSIONES

- El SO<sub>2</sub> constituye un problema en áreas influenciadas por fuentes fijas potentes.
- El NO<sub>2</sub> presenta mayores inmisiones en zonas expuestas a un alto tráfico vehicular.
- El O<sub>3</sub> constituyen un problema para sitios puntuales localizados bajo la influencia de fuentes fijas potentes con altas emisiones de sus precursores en el caso del O<sub>3</sub> y sitios que clasifican para el tipo de cañón de calle estrecha.
- El comportamiento de los contaminantes está estrechamente vinculado a las condiciones meteorológicas.

### REFERENCIAS

Allegrini, I. & Costabile, F. (2002). Global Conference: Building a Sustainable World - 23rd 25th October 2002 - Sao Paulo (Brazil).

Banco Mundial, (2016). Comunicado de prensa 8 de septiembre de 2016 [en línea]. <https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2016/09/08/air-pollution-deaths-cost-global-economy-225-billion> [consulta 10 de diciembre de 2016].

Calderón, V. A. (2011). Evaluación de riesgos a la salud humana y vegetal debido a la presencia atmosférica de contaminantes MP<sub>10</sub>, MP<sub>2,5</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> y elementos traza en la

cuenca del Aconcagua, Chile. Tesis para optar al grado de Magister en Gestión y Planificación Ambiental. Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza. Universidad de Chile. Santiago de Chile, Chile. 140pp.

Cuesta, O., Wallo, A., Collazo, A., López, C., Roque, A., Campos, A., Álvarez, L., González, M., Pérez, D., Labrador, R., Sánchez, P., Rivero, I., Echevarría, E., Ananias, G. & Manso, R. (2000). Evaluación del medio ambiente atmosférico en la ribera este de la bahía de La Habana y su repercusión en la salud. Informe científico técnico. INSMET. La Habana, Cuba.

Cuesta, O., Collazo, A., González, M. & Sosa, C. (2014). Diagnóstico del medio ambiente atmosférico producto de las principales fuentes fijas de la Ciudad de la Habana. Informe científico técnico. INSMET. La Habana, Cuba. 192pp.

Cuesta, O., Sosa, C., Iraola, C., González, Y., Núñez, V., Fonte, A., Imbert, C., Barcia, S., Gómez, Y. & Portal, D. (2018). Emisiones de contaminantes provenientes de fuentes fijas y su contribución a la contaminación atmosférica. Informe científico técnico. INSMET. La Habana, Cuba.

Figuroa, E. (2014). Incidencia de las condiciones meteorológicas en el impacto de las emisiones de dióxido de azufre: aporte a la gestión de la calidad del aire en la comuna de Machalí. Tesis presentada para optar al Grado de Magister en Gestión y Planificación Ambiental. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Universidad de Chile. Santiago de Chile, Chile.

Gonzales, Y. (2016). Pronóstico de dispersión de contaminantes atmosféricos a escala local utilizando el sistema de modelos AERMOD. Tesis presentada en opción al grado científico de Máster en Ciencias Meteorológicas. Facultad de Medio Ambiente. INSTEC. La Habana, Cuba. 72pp.

López, C. M. (2006). Introducción a la Gestión de la Calidad del Aire. Versión electrónica. Registro de Derecho de Autor No: 583 - 2007. Centro de Química y Contaminación Atmosférica, INSMET. La Habana, Cuba.

- López, R. (2011). Relación entre componentes iónicos de la lluvia, sus fuentes de emisión y condiciones meteorológicas estacionales. Aporte a la gestión de la calidad del aire en Cuba. Tesis para optar al grado de Magíster en Gestión y Planificación Ambiental. Universidad de Chile. Santiago de Chile, Chile. 69 pp.
- López, R., Bolufé, J., Sosa, C., García, E., Manso, R. & Cuesta, O. (2015). Contribución a la gestión de la calidad del aire en Cuba: Gases contaminantes y Componentes químicos de la lluvia y su relación con las fuentes de emisión y condiciones meteorológicas. Informe de proyecto del CITMA. INSMET. La Habana, Cuba. 200pp.
- Martínez, A. P. & Romieu, I. (1997). Introducción al Monitoreo atmosférico. Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud. México. 262pp
- OMS, (2014). Nota informativa 25 de marzo de 2014. [en línea]. [http://www.who.int/topics/air\\_pollution/en/](http://www.who.int/topics/air_pollution/en/) [consulta 28 octubre 2014].
- ONN, (2014). NC 1020:2014 Calidad del aire - Contaminantes - Concentraciones máximas admisibles y valores guías en zonas habitables. La Habana, Cuba.
- Rivero, A. (2016). Influencia de la variabilidad del clima, y la calidad del aire en algunas enfermedades crónicas no transmisibles en la región occidental de Cuba". Informe científico técnico. Instituto de Meteorología.
- Sánchez, P., Wallo, A., Roque, A., Cuesta, O, Collazo, A. & Echevarría, E. (2004) Evaluación del medio ambiente atmosférico en el municipio Habana Vieja y su repercusión en la salud. Informe científico técnico. INSMET. La Habana, Cuba.
- Seinfeld, J. H. & Pandis, S. N. (2006). Wet deposition in Atmospheric chemistry and physics from air pollution to climate change: from air pollution to climate change. Editorial John Wiley& Sons, Inc, Hoboken, New Jersey. Segunda edición, 932-979p.
- Wallo, A. & Cuesta, O. (2006) Análisis espacial de riesgo relacionado con la influencia de la calidad del aire sobre el asma bronquial en el municipio Regla, mediante la aplicación de SIG. *Revista Cubana De Meteorología*, 13(2). Recuperado a partir de <http://rcm.insmet.cu/index.php/rcm/article/view/401>

Dra. Rosemary López Lee. Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas, La Habana, Cuba. E-mail: [rosemary.lopez@insmet.cu](mailto:rosemary.lopez@insmet.cu)

Dr. Osvaldo Cuesta Santos. Instituto de Meteorología, La Habana, Cuba. E-mail: [osvaldo.cuesta@insmet.cu](mailto:osvaldo.cuesta@insmet.cu)

Msc. Carlos Sosa. Instituto de Meteorología, La Habana, Cuba. E-mail: [carlos.sosa@insmet.cu](mailto:carlos.sosa@insmet.cu)

Msc. Javier Bolufé Torres. Instituto de Meteorología, La Habana, Cuba. E-mail: [javierbolufejxl16@gmail.com](mailto:javierbolufejxl16@gmail.com)

Msc. Francisco Reyes Hernández. Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología, La Habana, Cuba. E-mail: [francisco@inhem.sld.cu](mailto:francisco@inhem.sld.cu)

Lic. Rachel Martínez Rodríguez. Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas, La Habana, Cuba. E-mail: [victoria20plus@gmail.com](mailto:victoria20plus@gmail.com)

Lic. Ignaivis de la Caridad Castillo Lemus. Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas, La Habana, Cuba. E-mail: [ignaivis@gmail.com](mailto:ignaivis@gmail.com)

Lic. Amanda De la Rosa González. Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas, La Habana, Cuba. E-mail: [amanda.gonzalez@insmet.cu](mailto:amanda.gonzalez@insmet.cu)