

Contaminación atmosférica por fuentes móviles en la calle Reina, La Habana

Atmospheric pollution for mobile sources in Reina street, La Havana

Oswaldo Cuesta^{1✉}, Javier Bolufé¹, Yosdany Gonzalez¹, Carlos Sosa¹, Ernesto Carrillo¹, Ricardo Manso¹, Jessie Madrazo², Alain Clappier³, Carlos Barcarcel⁴, Remy Franhouser⁵

¹ Instituto de Meteorología, Cuba

² École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL), Switzerland

³ Université de Strasbourg, France

⁴ National University of Colombia, Colombia

⁵ Asociación UrbamoCuba.CH., Switzerland

Resumen

Existen sobradas evidencias que muestran la incidencia negativa de una deficiente calidad del aire en la salud de las personas, los ecosistemas y el patrimonio. En el presente trabajo se muestran parte de los resultados experimentales desarrollados en la calle Reina, en La Habana durante los días del 13 al 23 de julio de 2015. Se realizaron mediciones de la contaminación atmosférica y del flujo vehicular con diversos objetivos. La calidad del aire en la calle Reina presenta valores para el Material Particulado (PM₁₀) y el Dióxido de Nitrógeno (NO₂) por encima de la concentración máxima admisible (Cma) diaria establecidos en la Norma Cubana 1020:2014. El PM₁₀ presentó en muchas ocasiones valores instantáneos por encima de 200 µg/m³ lo cual es producto de las altas emisiones de los vehículos que circulan en esta vía. El comportamiento del flujo vehicular diurno en la calle Reina se considera alto, con el predominio de los autos y presenta un pico en los horarios de 10 a 12 del día, lo cual es debido del carácter comercial y de servicio en esta parte de la ciudad.

Palabras clave: calidad del aire, flujo vehicular, contaminantes atmosféricos, material particulado

Abstract

There is ample evidence showing the negative impact of poor air quality in the health of humans being, ecosystems and heritage. In this paper, the developed experimental results are shown in Reina Street, in Havana during the days of 13 to 23 July 2015. The air quality and traffic flow were measurements to understand the relationships between these parameters. Air quality in the Reina Street has values for Particulate Matter (PM₁₀) and Nitrogen Dioxide (NO₂) above the daily maximum permissible concentration (MAC) established in Cuban Standard 1020: 2014. The PM₁₀ has often-instantaneous values above 200 µg/m³ which is a

✉ Autor para correspondencia: *Oswaldo Cuesta*. E-mail: oswaldo.cuesta@insmet.cu

Recibido: 19 de octubre de 2017

Aceptado: 13 de abril de 2017

product of high emissions of vehicles on this road. The behavior of daytime traffic flow on the Reina street is considered high, with the predominance of cars and has a peak at times 10 to 12 a day, which is because of the commercial nature and service in this part of the city.

Keywords: air quality, vehicular flow, air pollutants, particulate matter

Introducción

Existen sobradas evidencias que muestran la incidencia negativa de una deficiente calidad del aire en la salud de las personas, los ecosistemas y el patrimonio. La contaminación atmosférica incide y agrava procesos asociados a enfermedades respiratorias, vasculares y a diversos tipos de cáncer. En este sentido, el objetivo de mejora de la calidad del aire debería recibir mayor atención, dedicación y prioridad por parte de las administraciones competentes, por ser un problema generalizado que incide directamente en la salud de los ciudadanos (en especial niños y mayores de 65 años) y en su calidad de vida, intervenciones que además de eficaces responderían a una demanda creciente de los ciudadanos y a la necesidad de evitar los altos costes económicos y riesgos para la calidad de vida, todos ellos aspectos claves para la sostenibilidad urbana (Cuesta *et al.*, 2015).

Las emisiones por el tubo de escape de los vehículos son producto de la quema del combustible (sea éste gasolina, diesel u otros como gas licuado o biocombustibles) y comprenden a una serie de contaminantes tales como: el monóxido y dióxido de carbono, los hidrocarburos, los óxidos de nitrógeno y las partículas. Además, ciertos contaminantes presentes en el combustible como el azufre y el amoníaco, se emiten en menor cuantía. Las emisiones por el tubo de escape dependen de las características del vehículo, su tecnología y su sistema de control de emisiones; los vehículos más pesados o más potentes tienden a generar mayores emisiones por kilómetro recorrido y las normas que regulan la construcción de vehículos determinan tanto su tecnología, así como la presencia o ausencia de equipos de control de emisiones. El estado de mantenimiento del vehículo y los factores

operativos, la velocidad de circulación, la frecuencia e intensidad de las aceleraciones y las características del combustible (como su contenido de azufre) desempeñan un papel determinante en las emisiones por el tubo de escape.

El material particulado es uno de los principales productos de los procesos de combustión en el motor de los vehículos. Este contaminante es uno de los que tiene mayores impactos en la salud humana; ha sido asociado con un aumento de síntomas de enfermedades respiratorias, reducción de la función pulmonar, agravamiento del asma, y muertes prematuras por afecciones respiratorias y cardiovasculares (Cuesta & Wallo, 2010; Cuesta *et al.*, 2012).

En Cuba existen varios trabajos que abordan el tema de la calidad del aire y el transporte automotor (Bonito, 1991, 1992; Molina, 2001; Romero, *et al.*, 2004, 2006; Schlatter, 2008; Martín *et al.*, 2009) y su vínculo con la salud humana y sus efectos sobre el ambiente en general. Otros trabajos también han abordado estos aspectos con enfoques diversos, como el de la movilidad y el urbanismo entre los que se destacan los abordados en el proyecto SeDUT (Movilidad e infraestructura urbana en La Habana), con diversos resultados (Bancroft & Lechleiter, 2007; Fernández, 2007; Díaz & Peña, 2007). Por otro lado vinculados al flujo automotor se han realizados modelaciones y mediciones de ruido y calidad del aire por otros investigadores a nivel local entre los más importantes tenemos a (Pedroso *et al.*, 2000; Paz *et al.*, 2011; Llerena *et al.*, 2010, 2015).

La flota automotora en Cuba se caracteriza por proceder de diferentes países y tener un variado conjunto de técnicas de fabricación. Constituye una de las mayores fuentes de contaminación atmosférica debido a su envejecimiento técnico, tecnologías de baja eficiencia energética que promueve altos

niveles de gases de efecto invernadero (GEI), deficientes mantenimientos y uso de combustibles fósiles de baja calidad ([Milanés, 2013](#)).

Se desea conocer si en la calle Reina se cumplen los valores establecidos en las normas cubanas sobre calidad del aire y que influencia tienen los tipos de vehículos y la frecuencia que transitan por esa calle sobre estos valores. Por lo tanto, el objetivo principal del trabajo es determinar los niveles de calidad del aire y de flujo vehicular. Como objetivos específicos conocer las características de las concentraciones de los contaminantes y del comportamiento del tráfico vehicular durante las horas del día.

Materiales y Métodos

El experimento se desarrolla en la Avenida Simón Bolívar más conocida como Calle Reina ([Figura 1](#)), en el municipio Centro Habana, en la ciudad de La Habana durante los días del 13 al 23 de julio de 2015, en horario diurno (de 7 de la mañana a las 7 de la tarde), con el fin de conocer las relaciones entre las mediciones de la calidad del aire, las variables meteorológicas y la cantidad y tipo de vehículos que circulan por la mencionada vía.



Figura 1. Avenida Simón Bolívar (Calle Reina) en La Habana

Fue seleccionada esta vía tomando en cuenta los siguientes criterios:

- Alto flujo de vehículos de diversas características durante todos los horarios.

- Las características geométricas de la calle (altura de los edificios aledaños y el ancho de la vía) propician el efecto de “cañón urbano”, lo que favorece que las emisiones vehiculares presenten una tendencia a permanecer en el interior de la vía ([Lipp, 2014](#); [Behrentz, 2009](#); [Manzi et al., 2003](#)).
- Número elevado de población residente y flotante expuesta directamente a los contaminantes.
- Orientación perpendicular a la dirección del viento predominante lo cual minimiza la dispersión de los contaminantes emitidos por los vehículos ([Manzi et al., 2003](#)).

Para elaborar el presente trabajo se tomaron los datos del monitoreo horarios de gases validados del Laboratorio Central del Centro de Estudios sobre Contaminación y Química Atmosférica (CECONT) del Instituto de Meteorología del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente de Cuba, la cual se guía en lo fundamental por las metodologías recomendadas por la Organización Meteorológica Mundial para el muestreo y análisis químico de estos compuestos a nivel regional y local. También se toman en cuenta las normas cubanas para la toma de las muestras ([NC 93-02-104: 1986](#); [NC 93-02-203: 1986](#); [NC 93-02-102: 1987](#)) y las indicadas por instituciones internacionales ([Martínez & Romieu, 1997](#)). Las muestras de gases utilizadas se tomaron cada una hora por los diversos métodos que se detallan más adelante.

Para realizar la medición del Material Particulado (PM₁₀) de forma continua cada 1 minuto se utilizó el equipo THERMO MIE ADR-1500, reconocido por su buena característica tecnológica para las mediciones de este contaminante atmosférico ([Thermo Fisher Scientific Inc, 2009](#)). El mismo se ubica a 1,5 metros de altura y cerca de la acera, con el fin de muestrear este contaminante a la altura promedio donde se expone la población en la calle.

La captación del NO_2 y SO_2 se realizó utilizando el procedimiento de los tubos de absorción, donde los elementos muestreados se obtienen del aire mediante una columna de gránulos de vidrio recubiertos por una solución absorbidora ([Volberg, 1982; Cuesta et al., 1986; W.M.O., 1986](#)), el cual es uno de los métodos recomendados por la Organización Meteorológica Mundial.

Las concentraciones de SO_2 fueron determinadas por el método de Tetracloromercuriato (TCM), mientras que para el NO_2 se utilizó el método del Yoduro de Potasio (KI). Estas técnicas aplicadas son los que oficialmente se emplean en el laboratorio principal del CECONT del Instituto de Meteorología.

Para las determinaciones de los análisis químicos de las concentraciones se utilizaron los métodos espectrofotométricos habitualmente aplicados en los laboratorios del CECONT y de uso común en la red de Vigilancia de la Atmósfera Global de la Organización Meteorológica Mundial ([WMO, 1988](#)).

El registro automotor se realizó por conteo directo de los diferentes tipos de vehículos y su frecuencia horaria a través de la

utilización de una cámara fotográfica modelo GO PRO HERO 3+ de fabricación alemana de buena resolución y capacidad para el registro continuo y su posterior conteo.

Los equipos utilizados para el conteo del flujo vehicular y el muestreo de la calidad del aire fueron ubicados en la acera contigua a la avenida, con el objetivo de lograr la mayor exposición posible al tránsito vehicular ([Figura 2](#)), mientras que la estación meteorológica automática fue ubicada en la azotea del edificio más alto del área de estudio a dos metros sobre el techo, instalación similar a otras campañas de monitoreo ([Behrentz 2009; Manzi et al., 2003](#)).

Resultados y Discusión

Características del tráfico automotor en la calle Reina

Durante los diez días que se desarrolló el experimento combinado se registraron los datos de las características del tráfico vehicular. La frecuencia de ocurrencia promedio de vehículos totales por hora sobrepasa los 1200 entre las 10 y las 12 del día. La frecuencia de ocurrencia horaria a las

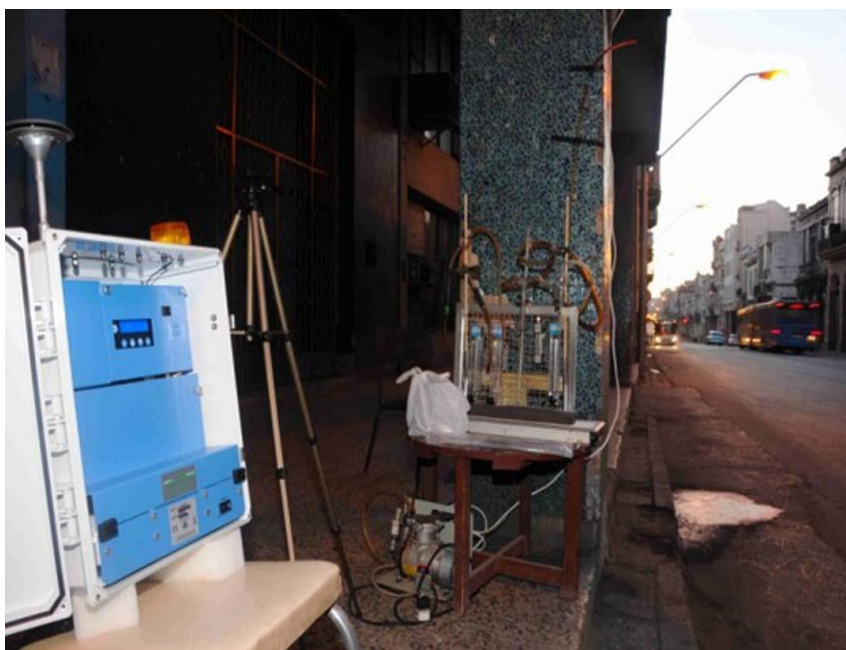


Figura 2. Ubicación de los equipos de monitoreo de la calidad del aire

7 de la mañana es de alrededor de 1000 vehículos y se mantiene creciendo hasta las 11 de la mañana. A partir de la una de la tarde el flujo vehicular se mantiene entre 1000 y 1050 como promedio hasta las cinco de la tarde y a partir de esa hora comienza a disminuir ligeramente. Los registros obtenidos nos permiten clasificar a la calle Reina según el volumen de tráfico como alta, o sea superior a 15 mil vehículos al día según [Fernández \(2007\)](#).

En la [Figura 3](#) se muestra el comportamiento horario por categorías o tipos de vehículo. Estos fueron clasificados en almendrones (autos antiguos de origen norteamericano), autos modernos (diferentes orígenes de este siglo), autos rusos, motos, ómnibus y camiones. Los almendrones constituyen la categoría de mayor número de vehículos en todos los horarios y los autos modernos y rusos en ese orden.

La distribución de frecuencia por tipo de vehículo se aprecia en la [Figura 4](#). Los almendrones son los de mayor frecuencia, oscilando entre el 30 y 40%. Les continúan los autos modernos que se mantienen por encima del 20% durante todas las horas, sin llegar al 30%. Los autos rusos se mueven entre el 10 y el 20%.

Por otro lado, las motos y los ómnibus se acercan al 10% de frecuencia respectivamente y por último aparecen los camiones con una frecuencia entre 1 y 2%.

Este comportamiento del flujo vehicular contribuye al deterioro de la calidad del aire debido al alto número de vehículos que circulan en todos los horarios y las categorías predominantes ya que los almendrones utilizan en un alto porcentaje combustible diésel, lo cual en conjunto con el envejecimiento técnico y el uso de tecnologías de baja eficiencia en muchos casos propician una mayor emisión de material particulado y productos gaseosos contaminantes durante la combustión respecto a otros vehículos ligeros.

El flujo vehicular disminuye el domingo (día no laboral), prácticamente en un tercio respecto al flujo de los días laborales, pero se mantienen las mismas frecuencias por los diversos tipos de vehículos. En general el comportamiento del flujo vehicular diurno en la calle Reina se considera alto, con el predominio de los autos y presenta un pico en los horarios de 10 a 12 del día, lo cual es reflejo del carácter comercial y de servicio que se brinda en esta parte de la ciudad.

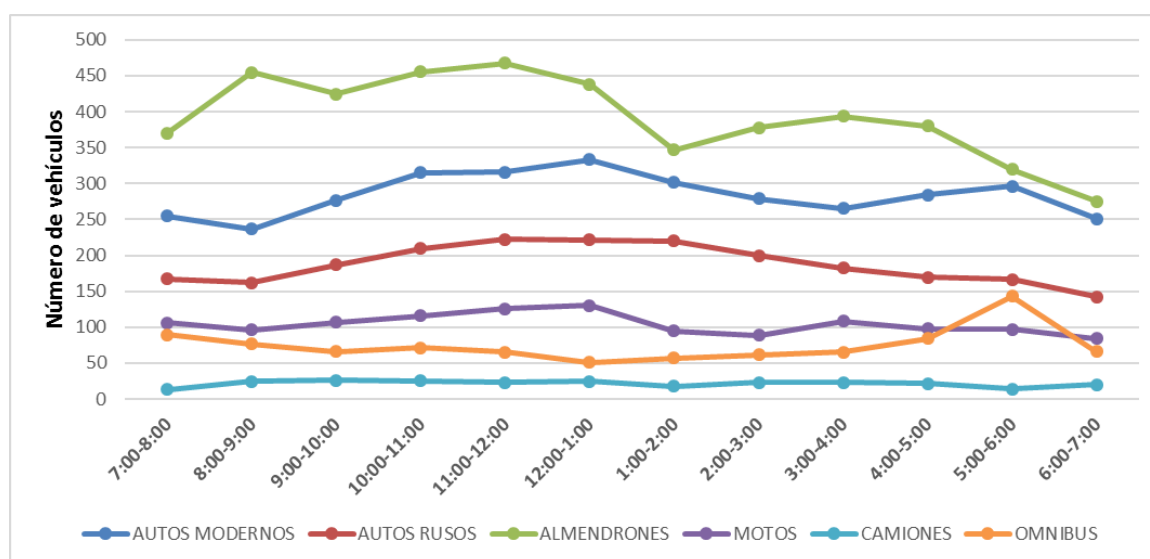


Figura 3. Media horaria del número de vehículos por categorías

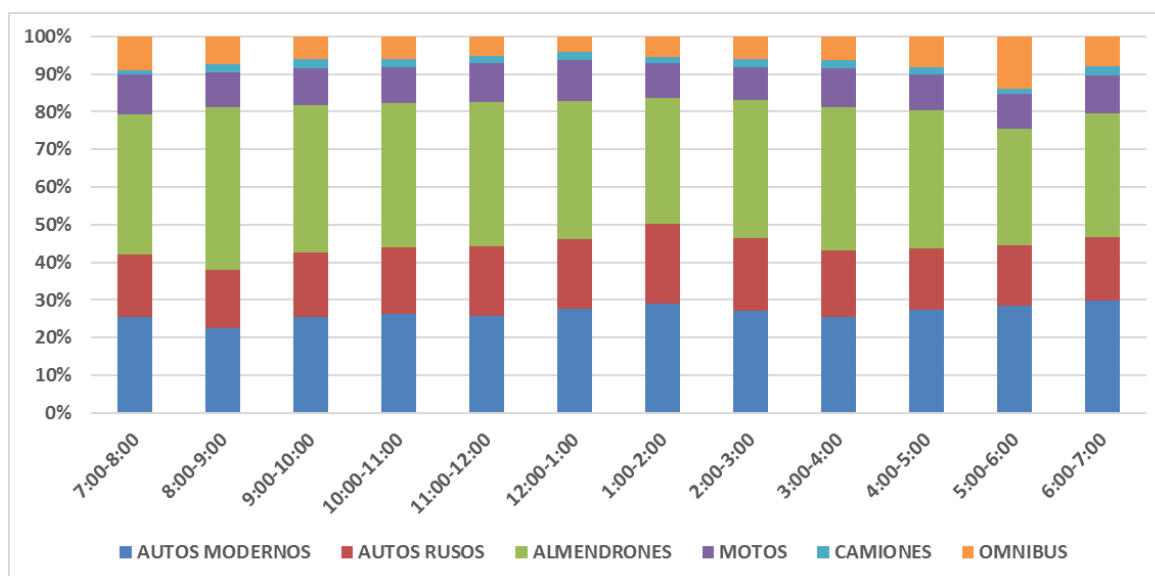


Figura 4. Distribución de frecuencia horaria por tipo de vehículos

Características de la calidad del aire

Material Particulado

El PM_{10} presentó valores promedios (Figura 5) entre 115 y 88 $\mu g/m^3$ en el horario diurno, valores superiores en todos los horarios a la Concentración Máxima Admisible (Cma) de 50 $\mu g/m^3$ establecido para 24 horas en la [NC 1020: 2014](#). Valores relativamente más bajos se presentan en horas de la tarde, cuando la fuerza del viento es más fuerte.

A partir de las 6:30 am se aprecia un aumento sostenido de las concentraciones de PM_{10} alcanzándose los mayores valores entre 8:30 y 9:30 am, a partir de este horario se aprecia una cierta disminución manteniéndose una estabilidad alrededor de los 100 $\mu g/m^3$, el doble de la Cma diaria según la [NC 1020: 2014](#), hasta las 5:00 pm, horario coincidente con el fin del horario laboral (Figura 6).

Para muestras horarias la norma cubana establece valores de 200 $\mu g/m^3$. Valores por encima de la norma horaria se registraron en 293 ocasiones, correspondientes al 4.1 % del total de las mediciones con un máximo de 1066 $\mu g/m^3$, al paso de vehículos con gran poder emisor como almendrones y ómnibus, reflejo del mal estado técnico de los mismos.

Gases contaminantes

El dióxido de nitrógeno se produce bajo las condiciones de alta temperatura y presión que imperan en el motor de los vehículos. La exposición aguda al NO_2 puede incrementar las enfermedades respiratorias, especialmente en niños y personas asmáticas. La exposición crónica a este contaminante puede disminuir las defensas contra infecciones respiratorias.

Para el caso del NO_2 otro de los contaminantes que es emitido fuertemente por las fuentes del transporte automotor (Figura 7b), encontramos los valores máximos promedios horarios entre las 8 y las 9 de la mañana. El mínimo ocurre a las tres de la tarde y a partir de esa hora comienza a aumentar paulatinamente hasta las seis de la tarde. El NO_2 también presentó valores promedios entre 137,6 y 71,8 $\mu g/m^3$ en el horario diurno, estos valores están por encima de la Concentración Máxima Admisible (Cma) de 40,0 $\mu g/m^3$ establecido para valores diarios en la [NC 1020: 2014](#). Algunas horas presentaron valores por encima de 160,0 $\mu g/m^3$ valor establecido como Cma para valores horarios en la mencionada norma cubana.

Para el contaminante dióxido de azufre (SO_2), vemos que en horas tempranas de la mañana (7 am) se presenta el máximo valor y

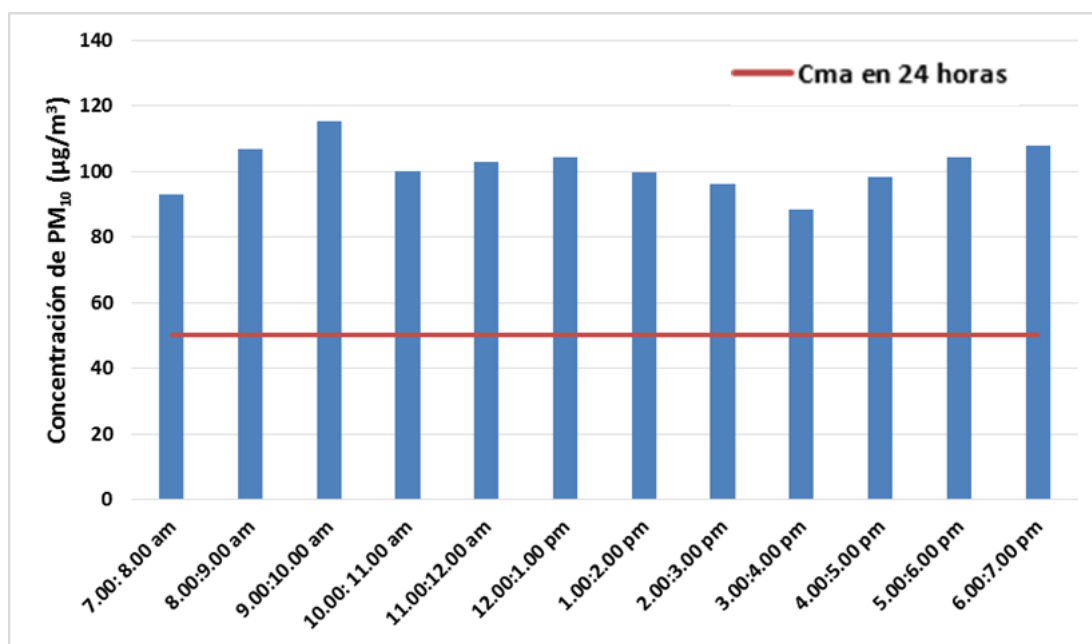


Figura 5. Concentración promedio horaria de PM₁₀

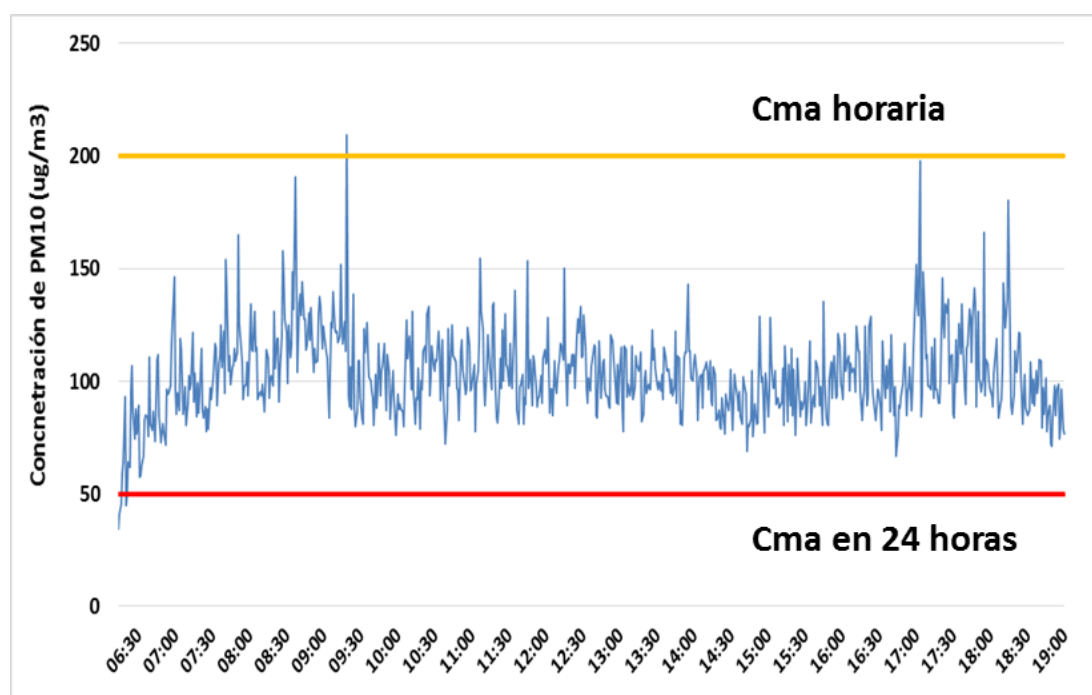


Figura 6. Concentración promedio cada un minuto de PM₁₀

se mantiene relativamente alto en horas de la mañana para disminuir en horas de la tarde, siendo el mínimo a las 5 de la tarde, como se aprecia en la [Figura 7b](#). El SO₂ es un gas incoloro de fuerte olor, que se produce debido a la presencia de azufre en el

combustible. Al oxidarse en la atmósfera produce sulfatos, que forman parte del material particulado. Este compuesto es irritante para los ojos, nariz y garganta, y agrava los síntomas del asma y la bronquitis. La exposición prolongada reduce el

funcionamiento pulmonar y causa enfermedades respiratorias.

Las concentraciones de los diferentes contaminantes el domingo 19 de julio de 2015 (día no laboral) son inferiores al resto de la semana debido a la disminución del flujo vehicular, manteniéndose un comportamiento similar de la marcha horaria.

Conclusiones y Recomendaciones

El flujo vehicular en la calle Reina es catalogado como muy alto debido a la circulación de más de 15000 vehículos diarios, disminuyendo aproximadamente un tercio el domingo. Los autos de la década del 50 o almendrones presentan la mayor

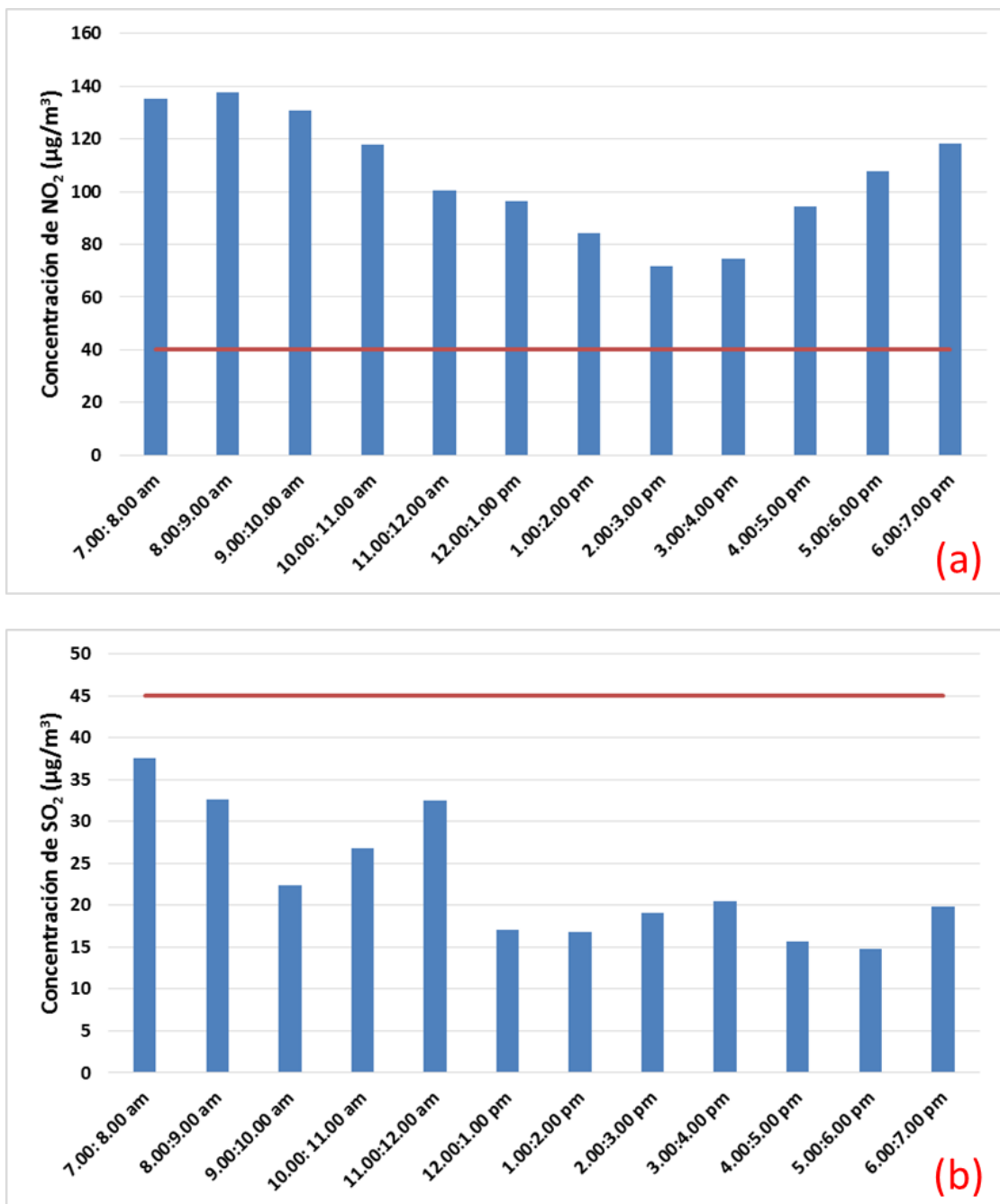


Figura 7. Concentración promedio horaria de NO₂ (a) y SO₂ (b)

frecuencia horaria por tipo de vehículo oscilando entre un 30 y 40%. Estas características del flujo vehicular y la configuración de cañón urbano de esta calle contribuyen al deterioro de la calidad del aire siendo clasificada como “mala” según las Normas de Calidad del Aire vigentes en Cuba, al medirse valores muy superiores a la Cma diaria establecidas en la [NC 1020: 2014](#) para el PM₁₀ y el NO₂. Los valores instantáneos por encima de 200 µg/m³ (Cma horaria) de PM₁₀ se registran al paso de vehículos de gran poder emisor como ómnibus y almendrones.

Se recomienda continuar las campañas de monitoreo para conocer la influencia entre el flujo vehicular y las variables meteorológicas sobre el deterioro de la calidad del aire en diversas calles de la ciudad. Estos estudios deben realizarse de forma integrada entre especialistas de los sectores del transporte y ambiental.

Agradecimientos

Agradecemos a la asociación UrbamoCuba.CH el soporte logístico para la realización del presente trabajo y al Centro de Gestión y Desarrollo de la Calidad del CITMA y la Gran Logia de Cuba de A.L y A.M por brindar sus instalaciones para la ejecución de la parte experimental.

Referencias

- Bancroft, R. y Lechliter, R. 2007. Síntesis sobre el Proyecto SeDUT. Planificación física – Cuba. Revista de ordenamiento territorial y urbanismo, 2007. pp. 33 - 38, Número 12.
- Behrentz, E. (2009). Impacto del sistema de transporte en los niveles de contaminación percibidos por los usuarios del espacio público. Revista de Arquitectura. (Consultado en 18 de julio de 2016 en http://dearq.uniandes.edu.co/sites/default/files/articles/attachments/DeArq_04_-_15_Behrentz.pdf)
- Bonito Lara L. A., 1991. Criterios para la prevención y vigilancia de la contaminación atmosférica Urbana. "Tesis para optar por el grado científico de Doctor en Ciencias. Habana.
- Bonito Lara L. A., 1992. Modelos para el cálculo de monóxido de carbono en avenidas, Serie Salud Ambiental No2. Contaminación del aire y salud. Parte II, 1992, 79-81 INHEM. Cuba.
- Cuesta, O; M. L. Gonzalez; J. E. Castillo y L. E. Mora. 1986. Determinación de los óxidos de nitrógeno en la troposfera de Cuba utilizando la técnica de los tubos de absorción. Presentado en la Primera Conferencia Científica de Metrología, INIMET, CEN, 1986, La Habana.
- Cuesta, O., y Wallo, A. 2010. Fuentes de contaminación atmosférica y su relación con la calidad del aire. Publicación Electrónica, ISBN, 978-959-261-317-1, Memorias de la Convención Científica de Ingeniería y Arquitectura, Ciudad de la Habana, 29 noviembre al 3 de diciembre de 2010.
- Cuesta, O., et al. 2012. Diagnóstico del medio ambiente atmosférico producto de las principales fuentes fijas de La Habana. Publicación electrónica ISBN 978-959-7167-43-3. Memorias del VIII Congreso Cubano de Meteorología. Hotel Tryp Habana Libre. pp. 15., La Habana, Cuba, 2012.
- Cuesta, Osvaldo, Mariam Fonseca, Raydel Manrique y Ernesto Carrillo. 2012. Evaluación de la calidad del aire en ciudades de Cuba. Publicación Electrónica, ISBN, 978-959-282-079-1, Memorias de la Convención Internacional Trópico 2012, La Habana, 14 – 18 de Mayo de 2012.
- Diaz, G. y Peña, A. 2007. Movilidad urbana y ruido en la ciudad de La Habana. Planificación física – Cuba. Revista de ordenamiento territorial y urbanismo, 2007, pp. 59 - 62, Número 12.
- Fernandez, E. 2007. Estructuras funcionales locales en el planeamiento y diseño urbanos. Planificación física – Cuba. Revista de ordenamiento territorial y urbanismo, 2007, pp. 63 – 70, Número 12.

- Lipp, D. (2014). El cañón urbano su incidencia en la contaminación del aire. Congreso Internacional de Geografía, (págs. 123-128). San Juan, Argentina. Consultado: 12 de mayo 2016, http://www.gaea.org.ar/Actas2014_Lipp.pdf
- Llerena, M. 2010. Diagnóstico ambiental de los niveles de ruido procedentes de centros nocturnos recreativos en el municipio Plaza de la Revolución. Percepción en la Comunidad. 2010, Informe final. Instituto de Geografía Tropical. Cuba.
- Manzi, V., Belalcázar, L. C., Giraldo, E., Zárate, E., y Clappier, A. (2003). Estimación de los factores de emisión de las fuentes móviles de la ciudad de Bogotá. Revista de Ingeniería, (18), 18-25. Consultado el 19 de abril 2016, <https://www.ojsrevistaing.uniandes.edu.co/ojs/index.php/revista/article/viewFile/476/657>
- Martin Yarelys, Susanne Schlatter, Gisela Diaz y Carmen Portilla. 2009. Determinación de la concentración de dióxido de nitrógeno en la atmósfera de Ciudad de La Habana mediante captadores pasivos. Revista CENIC Ciencias Químicas, 2009, Vol. 40, No. 1.
- Martinez, A.P. y I. Romieu. 1997. Introducción al Monitoreo Atmosférico. ECO/OPS, Metepec, Estado de México, 1997.
- Milanez, G., 2013. Inventario de gases de efecto invernadero emitidos por la flota automotor del Depósito Alamar de La Habana y su contribución en la vía convergente de sus líneas. Tesis para la obtención del Título de Máster en Ingeniería Ambiental. 2013, ISPJAE, pp. 100, 2013, La Habana.
- Molina Esquivel, E. L. Brown Colas, V. Prieto Diaz, L. Cuellar Luna y D. Rodriguez Sordia. 2001. Contaminación atmosférica y prevalencia de asma en Centro Habana. Rev. Cubana Hig. Epidemiol. 2001, Vol.39 No. 1, La Habana ene.-abr. 2001.
- NC: 93-02-104 Atmósfera: Reglas para la Vigilancia de la Calidad del Aire. Norma Cubana. Comité Estatal de Normalización, 1986.
- NC: 93-02-203 Atmósfera: Requisitos Generales para el Muestreo del Aire. Norma Cubana. Comité Estatal de Normalización, 1986.
- NC: 93-02-102 Atmósfera: Términos y Definiciones. Norma Cubana. Comité Estatal de Normalización, 1987.
- NC: 1020. Calidad del aire – Contaminantes - Concentraciones máximas admisibles y valores guías en zonas habitables. 2014, Oficina Nacional de Normalización, La Habana, Cuba.
- Paz Ortega, Ernesto; José de Jesús Rivero Oliva, Leonor Turtos Carbonell, Madeleine Sanchez Gacita, Elieza Meneses Ruiz, Norberto Diaz Rivero y Saturnino Pire. Modelación de la dispersión de contaminantes atmosféricos emitidos por el tráfico vehicular en una vía de Ciudad de La Habana. <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Ecosolar/Ecosolar23/HTML/articulo06.htm> visitado el 21 de enero de 2016).
- Pedroso, I., Fundora, M. y Torres, T. 2000. Estudio sobre la calidad del aire en el municipio la Lisa, provincia Ciudad de la Habana, Cuba. Revista Ciencias de la Tierra y el Espacio, 2000, Vol.1, pp.48--56, ISSN 1729-3790.
- Romero Placeres, Manuel; Francisca Diego Olite y Mireya Álvarez Toste. 2006. La contaminación del aire: su repercusión como problema de salud. 2006, Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología. Rev Cubana Hig Epidemiol 2006; 44(2).
- Romero Placeres, M. P. Mas Bernejo, M. Lacasaña Navarro, M. Tellez, Rojo Solis, J. Aguilar Valdes, I. Romieu. 2014. Contaminación atmosférica, asma bronquial e infecciones respiratorias agudas en menores de edad, de La Habana. 2014, Salud pública de México / vol.46, no.3, pp. 222 – 233.

- Thermo Fisher Scientific Inc (2009), MIE ADR-1500 Instruction Manual Particulate Monitor. Consultado: 12 de mayo 2016 en <http://www.thermo.com/aqi>
- Schlatter, Susanne. El aire de La Habana. <https://www.jiscmail.ac.uk/>. Visitado el 02/02/2016.
- Volberg, Sh. 1882. Instrucciones metodológicas para el análisis químico del aire atmosférico por tubos de absorción. (en ruso). 1982, Comité Estatal de Hidrometeorología, Leningrado, URSS. 34 pp.
- World Meteorological Organization. 1986, Environmental pollution monitoring research programme No. 45. WMO – Technical document No. 151, Geneva.
- World Meteorological Organization 1988, International Operations Handbook for measurement of Background Atmospheric Pollution, en WMO – No. 491, 110 p.