

Problemática del carbono en aerosoles atmosféricos PM_{2.5}

Gómez Chávez Marina Violeta¹, Ortiz Romero Vargas María Elba^{2*}, Solís Rosales Corina³

¹Posgrado en Ciencias de la Tierra-Centro de Ciencias de la atmosfera, Universidad Nacional Autónoma de México, Circuito Exterior de Cd. Universitaria, México, D.F., 04510.

²Departamento de Ciencias Básicas, Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco, Av. San Pablo 180, Col. Reynosa Tamaulipas, Ciudad de México, 02200 e Instituto de Física, Universidad Nacional Autónoma de México, Apartado Postal 20-364, México, D.F., 01000.

³Instituto de Física, Universidad Nacional Autónoma de México, Apartado Postal 20-364, México, D.F., 01000.

* Autor para correspondencia: mariaelbaortiz@gmail.com

Recibido:

16/julio/2019

Aceptado:

20/octubre/2019

Palabras clave:

Aerosoles atmosféricos
PM_{2.5},
¹⁴C contribución fósil y
biogénica

Keywords:

Atmospheric aerosols
PM_{2.5},
¹⁴C, biogenic and fossil
contribution

RESUMEN

El objetivo general de este proyecto es analizar las variaciones y el aporte de carbono total (TC), carbono orgánico (OC) y carbono elemental (EC) en aerosoles atmosféricos originados por fuentes fósiles (quema de combustibles fósiles) y por quema de biomasa y emisiones biogénicas (emisiones de la naturaleza). Ya que el carbono juega un rol muy preocupante en el cambio climático, salud humana y equilibrio ecológico, debido a sus propiedades físicas y químicas, y sus emisiones descontroladas; además de que, debido a que no existe un monitoreo o registro completo del carbono, no existen normas reguladoras específicas para éste contaminante. En este trabajo se observó una ligera disminución de la concentración de PM_{2.5} en la UNAM, Ciudad de México (CDMX), pero un aumento en el contenido de carbono, debido principalmente al consumo de combustibles fósiles.

ABSTRACT

The general objective of this project is to analyze the variations and the contribution of total carbon (TC), organic carbon (OC) and elemental carbon (EC) in atmospheric aerosols originated by fossil sources (burning fossil fuels) and by burning biomass and biogenic emissions (emissions from nature). Since carbon plays a very worrying role in climate change, human health and ecological balance, due to physical and chemical properties, and uncontrolled emissions; in addition, there is not complete monitoring or registration of carbon, there are not specific regulatory norms for this pollutant. In this work, there was a slight decrease in the concentration of PM_{2.5} in UNAM, Mexico City (CDMX), but an increase in carbon content, mainly due to fossil fuel consumption.

Introducción

Los aerosoles carbonosos tienen efectos negativos sobre la salud humana y son causa del incremento en la frecuencia de enfermedades respiratorias y cardiovasculares en la población (Knaapen et al., 2004). Pero también tienen efectos negativos medibles sobre el ambiente, por ejemplo, el cambio climático (Aiken et al., 2010). Además de disminuir la visibilidad, afectan el balance radiativo a través de la dispersión y absorción de luz solar, ocasionada por el carbono negro (CN) principalmente, e indirectamente, por el cambio en los patrones de condensación, que altera la formación de las nubes en la atmósfera. El problema de las emisiones de aerosoles gas-partícula en la atmósfera es motivo de estudio, porque sus fuentes y los patrones de distribución son complejas y no se conocen del todo (Szidat, 2009).

Los aerosoles carbonosos están formados por partículas de carbono orgánico (OC) y de carbono elemental (CE) principalmente. Entre los componentes del OC encontramos hidrocarburos policíclicos aromáticos, muy tóxicos y poco reactivos. En tanto que el CE está constituido por carbono amorfo y grafitico, insolubles en agua y en la mayoría de los disolventes orgánicos (Bond et al., 2013). Las partículas de OC son de interés debido a su toxicidad y a que pueden dar lugar a la formación de compuestos aún más tóxicos. Mientras que el CE es de especial interés debido a que causa un forzamiento radiativo negativo (IECEI-ZMVM, 2012). Las principales fuentes de CE y OC son la quema de biomasa y de combustibles fósiles, la resuspensión de suelos y emisiones biogénicas (Szidat, 2009; Zhang et al., 2012).

En este estudio de aerosoles atmosféricos se realizaron tres campañas (2015, 2016 y 2017) de muestreo de aerosoles PM_{2.5}. Se dividió cada campaña en Temporadas 1 (T1) y Temporada 2 (T2), correspondientes a enero-abril y noviembre-diciembre, respectivamente. Es en la fracción PM_{2.5} en la que la separación del material carbonoso en OC y CE, aportará mayor información sobre la génesis del material carbonoso en los aerosoles.

Metodología

El muestreo se llevó a cabo en el sitio UNAM, en Ciudad Universitaria, Ciudad de México. Los aerosoles fueron colectados en filtros de cuarzo (Pallflex 2500 de 20 x 25cm, QAT-UP; Pall Sciences, Ann Arbor, MI, USA) usando un muestreador de alto volumen de PM_{2.5} con un flujo de 1.9 m³/min (Graseby Andersen SA-2000H). Los filtros muestreados fueron envueltos en papel aluminio y almacenados a 4°C. Se midieron los parámetros meteorológicos de temperatura, humedad, presión, velocidad y dirección del viento, para cada sitio de muestreo. El periodo de muestreo para cada muestra fue

de 48 horas. Se realizaron tres campañas, cada una se conformó de dos temporadas: 2015-T1 (marzo-abril), 2015-T2 (noviembre-diciembre); 2016-T1 (enero-marzo), 2016-T2 (noviembre-diciembre) y 2017-T1 (enero-febrero). Para obtener el contenido de carbono total (CT) y OC se quemó la muestra en un Analizador Elemental (AE) tipo Vario MICRO CUBE (Elementar Analysensysteme GmbH) a 950°C y 530°C, respectivamente, en presencia de oxígeno. El AE mide directamente el porcentaje de carbono contenido en la muestra.

Resultados y discusión

Concentración de PM_{2.5}

En la figura 1 se observa que las concentraciones promedio de PM_{2.5} disminuyen ligeramente con respecto al tiempo, con un aumento ligero en la última temporada (2017-T1). Las medias son similares en su mayoría con los promedios, con excepción de la temporada 2015-T1. La concentración promedio de PM_{2.5} varía de 13 a 26 µg/m³ a lo largo de todas las Temporadas de muestreo (Ver Tabla 1).

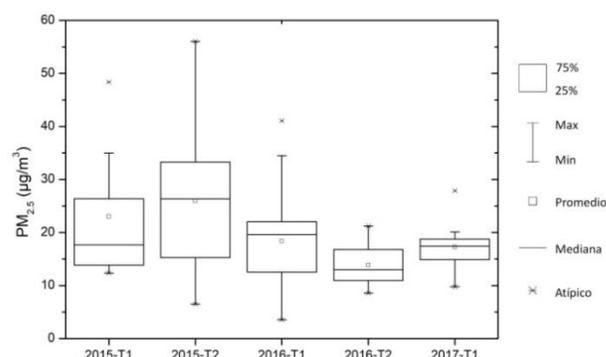


Figura 1. Gráfica de caja y bigotes de concentración de PM_{2.5} en el sitio UNAM.

La Tabla 1 muestra los promedios, desviaciones estándares y medianas de las concentraciones de aerosoles PM_{2.5} colectados en UNAM durante las cinco temporadas. Se puede observar que la concentración más alta fue en 2015-T2 que alcanzó los 26.0 ± 12.8 µg/m³ y se encuentra por debajo del límite permisible de 45 µg/m³, que señala la norma mexicana NOM-025-SSA1-2014.

Tabla 1. Promedios, desviaciones estándares y medianas de PM_{2.5} para todas las temporadas (µg/m³).

Temporada	2015-T1	2015-T2	2016-T1	2016-T2	2017-T1
Promedio	23.0	26.0	19.9	13.8	17.3
Desv. Est.	11.0	12.8	12.0	3.7	4.3
Mediana	20.3	26.3	19.6	13.5	17.4

Contenido de carbono

La figura 2 muestra el porcentaje (a) y concentración (b) de carbono total. En la figura 2a se observa un ligero aumento en el % CT con respecto al tiempo, una distribución de los datos casi constante y en su mayoría las medias son similares a los promedios. Se puede decir que el porcentaje de carbono en las muestras fue en aumento a través de los años. Más adelante se podrá decir a que se debe este aumento de carbono. En la figura 2b se observa que no hay una tendencia marcada con respecto al tiempo en la concentración de CT, pero si mantiene un comportamiento similar al de la figura 1.

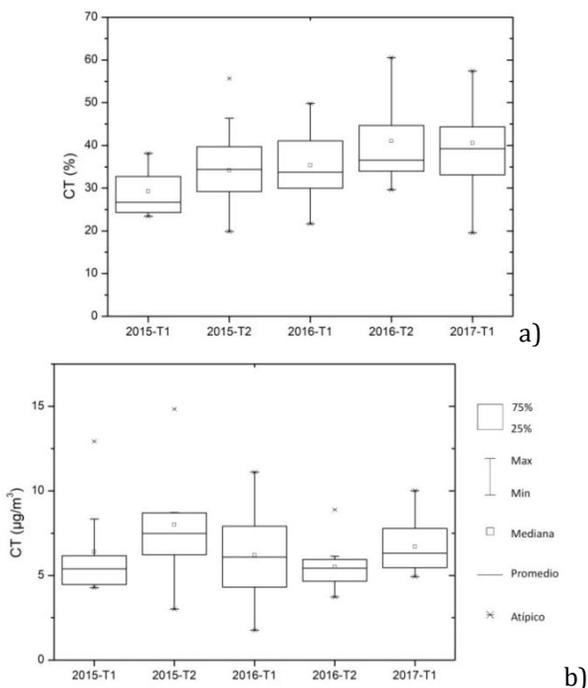


Figura 2. Gráfica de caja y bigotes de CT en % (a) y concentración (b).

La figura 3 muestra los porcentajes y concentraciones de OC y CE para las cinco temporadas. En la figura 4a se observa que % OC no varía notablemente, en cambio, % CE muestra un aumento en el transcurso del tiempo. En la figura 4b, se observa que el OC disminuye con respecto al tiempo y ocurre lo contrario con la concentración de CE. Lo que da a entender que las emisiones de OC son constantes, por lo que sus fuentes son las mismas y con una contribución constante.

En cambio, las emisiones de CE sufren un amento, debido a la suma de otras fuentes de emisión CE o aumento en la contribución. Se considera que casi todo el CE proviene de la quema de combustibles fósiles, como el diesel y combustóleo, por lo que se puede afirmar que este aumento en el CE se debe al uso desmedido de petróleo (huachicoleo).

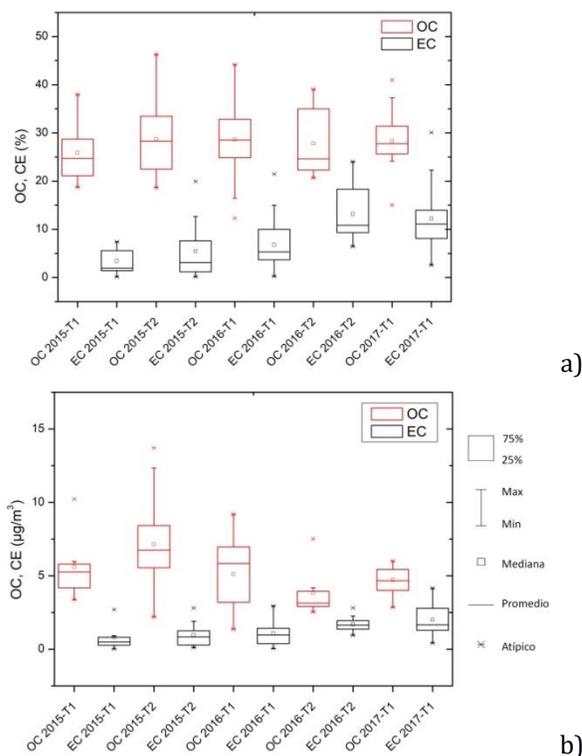


Figura 3. Gráfica de caja y bigotes de OC y EC en % (a) y concentración (b).

La tabla 2 muestra que el promedio de OC es prácticamente constante a lo largo de todas las temporadas. Sin embargo, las medias de CE aumentan con respecto al tiempo, llegándose a cuadruplicar en la última temporada (2017-T1).

Tabla 2. Promedios de contenido de carbono en las cinco temporadas de muestreo (%).

	2015-T1	2015-T2	2016-T1	2016-T2	2017-T1
CT	29.3±5.1	33.6±9.6	35.3±7.8	41.0±10.3	40.6±9.9
OC	25.8±5.6	28.7±7.4	28.6±6.8	27.8±6.6	28.3±5.9
CE	3.4±2.6	5.4±2.4	6.7±5.3	13.2±5.7	12.2±6.9

Conclusiones

La concentración de PM_{2.5} disminuyó ligeramente a través de los años. Sin embargo, el contenido de carbono no presenta el mismo comportamiento. El CT va incrementando a través de los años. Esto se debe principalmente al aumento en el CE, posiblemente por intensificación o incorporación de nuevas fuentes de emisión por quema de diesel y gasolinas. La contribución del carbono orgánico a los aerosoles es casi constante.

Con este tipo de estudios sobre carbono en aerosoles atmosféricos se pretende llamar la atención de la población en general y dependencias gubernamentales para generar conciencia y atender las emisiones de

carbono, así como contribuir en la actualización e implantación de normas regulatorias en materia de calidad del aire.

Agradecimientos

Los autores agradecen a Armando Retama y Miguel Sánchez del SIMAT, Gobierno de la Ciudad de México; Juan Carlos Reyes Vallejo por su apoyo técnico en las campañas de muestreo, a Arcadio Huerta, María Rodríguez Ceja y Sergio Martínez por la operación del EMA y preparación de muestras.

Este trabajo se realizó con el apoyo parcial de los siguientes proyectos: PAPIIT IG100619 y CONACYT con 232718, 264245, 271802, 205317 y 280769.

Referencias

Aiken, A.C., de Foy, B., Wiedinmyer, C., DeCarlo, P.F., Ulbrich, I.M., Wehrli, M.N., Szidat, S., Prevot, A.S.H., Noda, J., Wacker, L., Volkamer, R.M., Fortner, E., Wang, J., Laskin, A., Shutthanandan, V., Zheng, J., Zhang, R., Paredes-Miranda, G., Arnott, W.P., Molina, L.T., Sosa, G., Querol, X. and Jimenez, J.L. (2010) Mexico city aerosol analysis during MILAGRO using high resolution aerosol mass spectrometry at the urban supersite (T0) -Part 2: Analysis of the biomass burning contribution and the non-fossil carbon fraction. *Atmos. Chem. Phys.*, 10, 5315–5341.

Bond, T. C.; Doherty, S. J.; Fahey, D. W.; Forster, P. M.; Berntsen, T.; DeAngelo, B. J.; Flanner, M. G.; Ghan, S.; Kärcher, B.; Koch, D.; Kinne, S.; Kondo, Y.; Quinn, P. K.; Sarofim, M. C.; Schultz, M. G.; Schulz, M.; Venkataraman, C.; Zhang, H.; Zhang, S.; Bellouin, N.; Guttikunda, S. K.; Hopke, P. K.; Jacobson, M. Z.; Kaiser, J. W.; Klimont, Z.; Lohmann, U.; Schwarz, J. P.; Shindell, D.; Storelvmo, T.; Warren, S. G. and Zender, C. S. (2013) Bounding the role of black carbon in the climate system: A scientific assessment. *Journal of geophysical research*, 118, 5380-5552.

IECEI-ZMVM (Inventario de Emisiones Contaminantes y Efecto Invernadero) (2012) Secretaría de Medio Ambiente. Primera Edición 2013.

Knaapen, A. M., Borm, P. J. A., Albrecht, C., and Schins, R. P. F. (2004) Inhaled particles and lung cancer, part A: mechanisms, *Int. J. Cancer*, 109, 799–809.

Szidat, S. (2009). Radiocarbon Analysis of Carbonaceous Aerosols: Recent Developments, 63(3): 157–161. doi:10.2533/chimia.2009.157.

Zhang, Y.L., Perron, N., Ciobanu, V.G., Zotter, P., Minguillón, M.C., Wacker, L., Prévot, A.S.H., Baltensperger, U., Szidat, S. (2012). On the isolation of OC and EC and The optical strategy of radiocarbon-based source apportionment of carbonaceous aerosols. *Atmos. Chem. Phys.*, 12, 10841-10856.