

CONTAMINACIÓN DEL AIRE POR COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES Y MATERIAL PARTICULADO EN LA PLATA Y ENSENADA.

Colman Lerner JE.¹, Müller A.², Aguilar M.¹, Matamoros N.³, Sánchez EY.^{1,3}, Ditondo J.⁵, Herbarth O.⁴, Massolo L.¹, Wichmann G.⁴, Porta A.^{1,3}

- a. *CIMA, Centro de Investigaciones del Medio Ambiente, Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de La Plata. 47 y 115. 1900 La Plata. Tel./fax: 0221-4229329*
- b. *UFZ, Helmholtz Centre for Environmental Research-UFZ, Leipzig-Halle, Germany.*
- c. *LIS, Laboratorio de Ingeniería Sanitaria, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de La Plata. 47 No 200. 1900 La Plata. Tel./fax: 0221-4277714*
- d. *Facultad de Medicina, Universidad de Leipzig, Alemania.*
- e. *IDIP, Instituto de Desarrollo e Investigaciones Pediátricas del Hospital de Niños “Sor María Ludovica”, Calle 63 N° 1069 - La Plata.*

Palabras Clave: Calidad del aire, espirometrías, COVs, material particulado

Resumen

Se presentan los resultados obtenidos en un estudio de calidad de aire ambiente en dos regiones bonaerenses equiparables, desarrollado en forma conjunta entre el Laboratorio de Ingeniería Sanitaria de la Facultad de Ingeniería (UNLP) y la Facultad de Medicina de la Universidad de Leipzig (Alemania) en el primer año de trabajo conjunto durante el desarrollo del Proyecto de Cooperación Internacional auspiciado y subsidiado por el MinCyT (Argentina) – BMBF (Alemania). En el mismo se analizan las concentraciones de compuestos orgánicos volátiles (COVs), y material particulado en suspensión en aire (MP) en aire extramuros en los Partidos de La Plata y Ensenada, región caracterizada por dos fuentes principales de emisión de contaminantes a la atmósfera: el Polo Petroquímico de Ensenada y el destacado tránsito vehicular del casco urbano de La Plata. La preocupación actual por estos contaminantes reside en su acción sobre la salud humana, tanto como irritantes de mucosas, conjuntivas y del sistema nervioso, como por sus efectos sobre la función pulmonar, mediante enfermedades obstructivas crónicas. Se colocaron 181 monitores pasivos (3M 3500) y se tomaron 18 muestras de material particulado (MP10 y MP2,5) utilizando un equipo muestreador de bajo caudal MiniVol TAS en la región, diferenciando tres zonas: urbana, industrial y residencial (zona de referencia). Los niveles de COVs fueron determinados por cromatografía gaseosa/MS, comprendiendo 25 compuestos entre n-alcanos, cicloalcanos, aromáticos, compuestos clorados, terpenoides y cetonas. El contenido de MP fue determinado por gravimetría. Los datos recogidos evidencian niveles de MP10 y MP2,5 superiores en la zona industrial respecto a la urbana, y éstas dos superiores a la residencial. Los niveles de COVs siguen la misma tendencia, siendo similares

los hallados en zonas urbana y residencial. Los datos actuales se comparan con los obtenidos en un trabajo anterior utilizando igual metodología y en la misma región, con una situación novedosa, durante 2007-2008 se realizaron importantes mejoras para disminuir las emisiones fugitivas en el Polo Petroquímico que redundó en una franca disminución de los tenores de COVs, tanto en Ensenada, como en la misma ciudad de La Plata, sin embargo los niveles de MP son similares. Esta influencia de las emisiones en zona industrial sobre el casco urbano de La Plata, se correlaciona con las direcciones de vientos predominantes en la región.

INTRODUCCION

La contaminación del aire representa una amenaza importante para la salud pública en todo el mundo. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) más de dos millones de muertes prematuras anuales son atribuibles a los efectos de la contaminación del aire en espacios abiertos urbanos (extramuros) y en espacios cerrados (intramuros). Más de la mitad de esta carga de enfermedad recae en las poblaciones de los países en desarrollo. Numerosos estudios epidemiológicos evidencian como la exposición crónica a contaminantes relacionados al tráfico vehicular y la industria química y petroquímica, tales como material particulado (PM), metales, hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs), compuestos orgánicos volátiles (COVs) y gases inorgánicos (SO₂ y NO_x), produce efectos adversos al desarrollo y la función pulmonar, expresados frecuentemente en término de asma o enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), e incremento de la mortalidad principalmente en niños. Resulta importante entonces caracterizar y cuantificar la contaminación del aire, reconocer y evaluar los efectos sobre la salud asociados y caracterizar las fuentes de emisión (1-5).

Por tal motivo, resulta fundamental conocer los niveles de COVs y PM en ambientes extramuros para poder asociarlos con efectos observados en la salud. A tal efecto, y como resultado de diversos proyectos de investigación y extensión, hemos logrado desarrollar y optimizar una metodología de trabajo simple, aunque rigurosa, que nos permite conocer los niveles de contaminantes a los que se encuentra expuesta la población. En este contexto se presentan los resultados obtenidos durante 2007 - 2010 en sendas campañas de monitoreo de COVs y PM en las regiones de La Plata.

METODOLOGÍA

Región de estudio.

En la región de estudio (Partidos de La Plata y Ensenada), según las fuentes principales de emisión y la metodología de trabajo aplicada a población infantil, se seleccionan tres tipos de zonas (4, 6-9):

- Zona industrial (Polo Petroquímico de Ensenada y adyacencias): emisiones industriales.
- Zona urbana (Casco de La Plata): emisión tránsito vehicular
- Zona blanco o de referencia: zonas residenciales externas a la ciudad (City Bell, Gonnet, Villa Elisa, Parque Siccardi)

Muestreo COVs.

Se desarrolló un monitoreo durante 2007 - 2010, colocando monitores pasivos (3M 3500) extramuros en viviendas familiares y escuelas de las distintas zonas, durante 30 días. Se colocaron 181 monitores 3M a cubierto de la lluvia, entre 1,5 a 2 metros de altura (4, 6-9). Se determinaron 25 COVs (n-hexano, n-decano, n-dodecano, ciclohexano, metilciclohexano, tricloroetileno, tetracloroetileno, metiletilcetona, metilisobutilcetona, 2-hexanona, benceno, tolueno, etilbenceno, m-xileno, p-xileno, o-xileno, estireno, naftaleno, cumeno y limoneno). El análisis de COVs se realizó en un cromatógrafo de gases con detector MS, equipado con una columna RTX-1 (60 m 0,32 mm DI, espesor de película 1,0 micras). El rango de linealidad para el sistema utilizado (CG-FID) queda comprendido entre 0.8–4 µg mL⁻¹.

La concentración media C de cada componente (en µg m⁻³) durante el intervalo de muestreo se calculó según la fórmula adoptada en el Boletín de Aplicación de 3M:

$$C = \frac{m A}{r t}$$

Donde m es la masa absoluta del contaminante adsorbido (en µg), t el intervalo de tiempo muestreado (en minutos), r el factor de recuperación y A es una constante que incluye el coeficiente de difusión del contaminante, el área de difusión de la pastilla de carbón activado y la distancia de difusión dentro del muestreador 3M (10).

Material particulado.

Para el muestreo y análisis de material particulado y compuestos asociados, se realizaron muestreos de material particulado inhalable (partículas < 10 µm) y respirable (partículas <2.5 µm) utilizando un muestreador MiniVol TAS. Fueron tomadas 18 muestras durante monitoreos estacionales (invierno y verano) con una duración de unos 5 días por zona; para lo cual se utilizaron metodologías de muestreo estandarizadas (4, 11, 12).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 y las Figuras 1 y 2 se muestran las medianas (µg m⁻³) de los valores hallados para cada zona. Las familias de compuestos graficados se definieron de la siguiente forma:

- **Alcanos:** hexano, heptano, octano, nonano, decano, undecano, dodecano, tridecano, metilciclopentano, ciclohexano, metilciclohexano.
- **Aromáticos:** benceno, tolueno, etilbenceno, m+p-xileno, estireno, o-xileno, 4-etiltolueno, 3-etiltolueno, 2-etiltolueno, naftaleno
- **BTEX:** benceno; tolueno; etilbenceno; (o; m; p) xilenos; estireno
- **Clorados:** clorobenceno; tetracloroetileno.
- **Terpenos:** α-pineno, limoneno

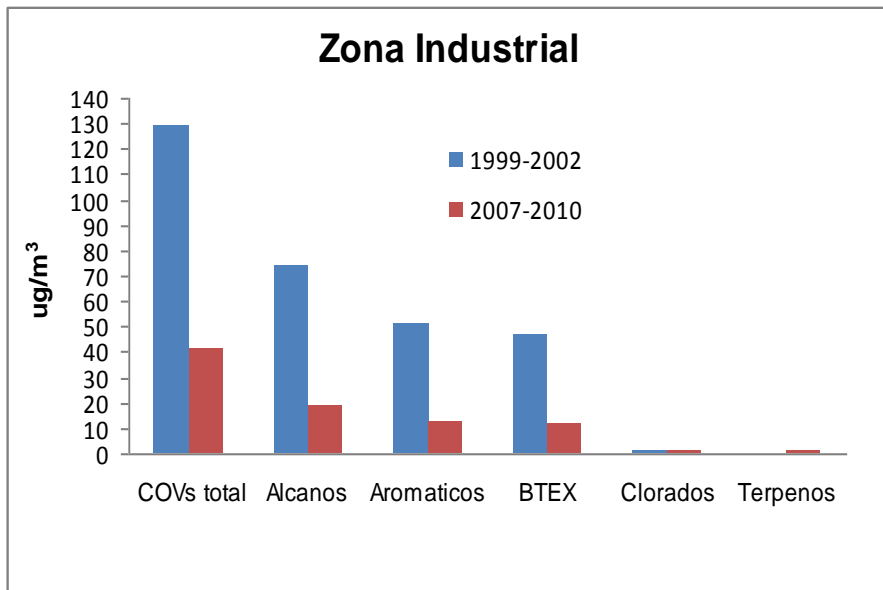


Figura 1. Concentración de COVs en zona industrial

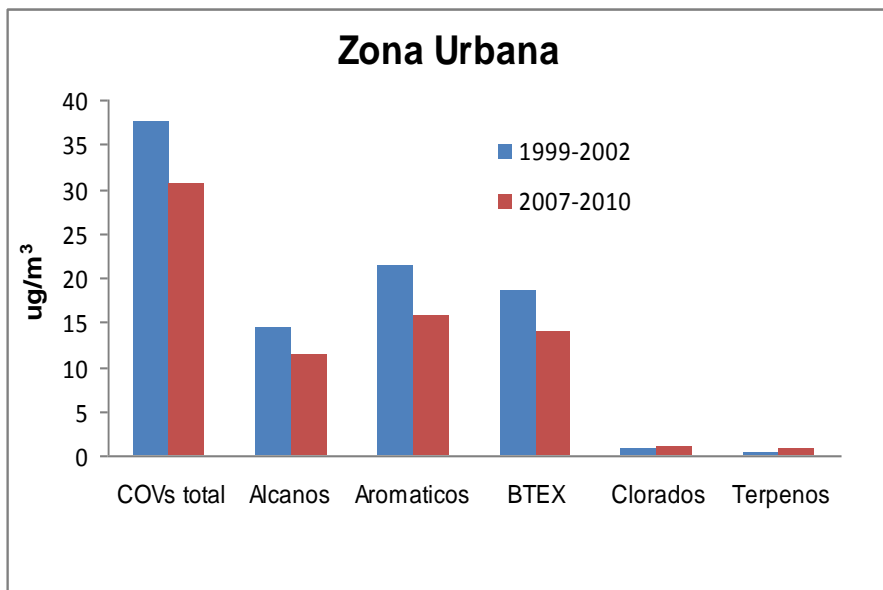


Figura 2. Concentración de COVs en zona urbana

	Industrial		urbano		residencial	
	1999-2002	2007-2010	1999-2002	2007-2010	1999-2002	2007-2010
	<i>mediana</i>	<i>mediana</i>	<i>mediana</i>	<i>mediana</i>	<i>mediana</i>	<i>mediana</i>
COVs total	129.2	41.5	37.7	30.6	23.4	22.6
Alcanos	74.3	19.1	14.3	11.3	7.5	7.4
Aromaticos	51.0	12.5	21.5	15.8	8.6	10.6
BTEX	47.3	11.2	18.6	13.9	7.6	9.5
Clorados	0.9	1.0	0.6	0.8	1.9	0.8
Terpenos	0.2	0.5	0.3	0.7	0.2	0.5
n	7	45	17	95	9	36

Tabla 1. Niveles de COVs (medianas, $\mu\text{g m}^{-3}$) en todas las zonas

En primer lugar, se destaca la predominancia de los COVs en la zona de Ensenada, respecto a las otras dos, asociada al Polo Petroquímico. Sin embargo, al comparar los datos de la actual campaña con los obtenidos en 1999-2002, se observa como los niveles de COVs totales disminuyen notablemente en la región industrial (ensenada), disminuyendo en menor medida en la región urbana y prácticamente invariante en la región residencial.

Es interesante señalar que esta observación se correlaciona con la dirección de los vientos predominantes (E, NE y N), encontrándose una fuerte influencia de las emisiones en zona industrial sobre la urbana debido al transporte de COVs por dichos vientos (13-15).

Así mismo se observan aún los mayores niveles de COVs en Ensenada. Analizando los COVs de origen vehicular (BTEX) se observa que su influencia relativa respecto al total es importante tanto en la región urbana como residencial pudiendo suponerse que es una fuente importante de contaminación en ambas regiones. En la región industrial a pesar de disminuir los niveles de COVs mediante políticas de los organismos de control (Organismo Provincial de Desarrollo Sostenible “OPDS”) siguen teniendo gran influencia los niveles de alcanos de origen industrial.

Respecto del material particulado (MP10 y MP2.5), se observa mayores concentraciones en la zona industrial, seguida por la urbana y la residencial. También se evidencia que los niveles de material particulado (MP10) ha disminuido levemente en la región industrial, aumentando en las regiones urbana y residencial (Tabla 2). Respecto al PM2.5 solo se observa un claro aumento en la región residencial, asociado al aumento significativo del tráfico vehicular en dicha zona.

Región	1999-2002		2007-2010	
	PM10	PM2,5	PM10	PM2,5
Industrial	50.9	36.1	62.0	33.7
Urbana	34.5	22.5	41.5	21.1
Residencial	12.4	4.9	33.8	18.2

Tabla 2: Valores de PM10 y PM 2,5 en ($\mu\text{g m}^{-3}$) para las distintas zonas en cada región

Estos resultados evidencian la importancia de controlar las emisiones antropogénicas y su impacto en la mejora de la calidad de vida de la población. Del mismo modo indica la disimilitud entre los controles de emisiones para el tráfico industrial y vehicular, el último

prácticamente inexistente en la región estudiada. También es importante señalar que un mayor control estatal de las emisiones fugitivas y difusas de COV procedentes de las empresas petroquímicas y refinerías de petróleo surge como consecuencia de los estudios previos y la interacción entre el organismo provincial de protección del medio ambiente y la universidad. De esta manera pone de relieve la importancia de la cooperación mutua entre el Estado, la universidad y la industria. Por último debe destacarse la importancia de la cooperación internacional, de la Universidad de Leipzig - Universidad de La Plata, que nos ha permitido profundizar los estudios iniciales, desarrollar una metodología adecuada y proponer posibles soluciones.

AGRADECIMIENTOS

El presente estudio fue desarrollado mediante subsidios recibidos desde la Cooperación Internacional (MinCyT-BMBF), la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CIC PBA) y la Universidad Nacional de La Plata.

JE. Colman Lerner y EY. Sánchez son becarios del Consejo de Investigaciones Científicas y Técnicas de la Nación (CONICET). A. Porta es miembros de la carrera Investigador Científico de la CIC PBA.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

1. Organización Mundial de la Salud. “Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre. Actualización mundial 2005”. WHO/SDE/ PHE/OEH/06.02 (2006).
http://whqlibdoc.who.int/hq/2006/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_spa.pdf
2. World Health Organization. “Environmental Health Criteria 237. Principles for Evaluating Health Risks in Children Associated with Exposure to Chemicals”. Published under UNEP-ILO-WHO, Geneva, (2006).
3. Gauderman WJ, Gilliland F, Vora H. “Association between air pollution and lung function growth in southern California children. Results from a second cohort”. *Am J Respir Crit Care Med*; 166:76-84, (2002).
4. Ostro B. “Outdoor air pollution. Assessing the environmental burden of disease at national and local levels”. *Environmental Burden of Diseases Series No 5*. World Health Organization. Protection of the Human Environment. Geneva, (2004).
5. Massolo L. “Exposición a contaminantes atmosféricos y factores de riesgo asociados a la calidad de aire en La Plata y alrededores”. Tesis doctoral, Ciencias Exactas, UNLP. (2004).
6. Massolo L., Rehwagen M., Müller A., Porta A., Ronco A., Herbarth O. “Relación entre el contenido de compuestos orgánicos volátiles en aire intramuros y extramuros en zonas

- semirurales, residenciales, urbanas e industriales”. “Salud Ambiental y Humana: una visión holística”. Editor: J. Herkovits, SETAC Press, Buenos Aires, 3-5, 2006.
7. Cianni N., A. Müller, P. Lespade, M. Aguilar, N. Matamoros, E. Colman, M. Martín, V. Chiapperini, L. Bussi, L. Massolo, F. Wichmann, A. Porta. “Calidad del aire y salud infantil en áreas urbanas e industriales de La Plata y Ensenada, Argentina”. En: Contaminación Atmosférica en Argentina. Contribuciones de la II Reunión Anual PROIMCA”. Editores: E. Puliafito & N. Quaranta, 37-44. Universidad Tecnológica Nacional, Buenos Aires, (2009).
 8. Wichmann FA., LE. Busi, NF. Cianni, L. Massolo, A. Müller, A. Porta, PD. Sly. “Increased asthma and respiratory symptoms in children exposed to petrochemical pollution”. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 12 (3): 632-638, (2009).
 9. Massolo L., Rehwagen M., Porta A., Herbarth O., Ronco A., Müller A. “Indoor-outdoor distribution and risk assessment of volatile organic compounds in the atmosphere of industrial and urban areas”. *Environmental Toxicology*, 25(4): 339-349, (2010).
 10. Guía de Toma de muestras y análisis para monitores de vapores orgánicos 3500 y 3520, 3M, (1999).
 11. Rehwagen M, Müller A, Massolo L, Herbarth O, Ronco A. “Polycyclic aromatic hydrocarbons associated to particles in ambient air from urban and industrial areas”. *Sci. of the Total Environ*; 348, 199– 210, (2005).
 12. Massolo L; Müller A; Rehwagen M; Porta A, Herbarth, O; A. Ronco. “Estimación del riesgo asociado a PAHs en ambientes urbanos e industriales. Contaminación Atmosférica en Argentina. Contribuciones de la II Reunión Anual PROIMCA. Editores: E. Puliafito & N. Quaranta. UTN, Buenos Aires, 45-54, (2009).
 13. Ratto G., Maronna R., Repossi P., Videla F., Nico A., Almandos J. (2012). Analysis of winds affecting air pollutants transport at La Plata, Argentina. *Atmos. and Climate Science*, 2: 60-75.
 14. Ratto G., Videla F., Maronna R., Flores A., De Pablo F. (2010). Air pollutants transport analysis based on hourly winds in the city of La Plata and surroundings, Argentina. *Water air and soil pollution*, 208: 243-257.
 15. SMN (2011). “Estadísticas climatológicas, Servicio Meteorológico Nacional 2001-2010”.