

CONTAMINACIÓN DEL AIRE Y EFECTOS ASOCIADOS SOBRE LA SALUD INFANTIL. ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE LA PLATA Y BAHÍA BLANCA, PROVINCIA DE BUENOS AIRES

JE. Colman Lerner^a, A. Morales^b, M. Aguilar^a, D. Giulan^{ib}, J. Ditondo^d, V.I. Dodero^b, L. Massolo^a, E.Y. Sánchez^a y A. Porta^{a,c}.

- a. CIMA, Centro de Investigaciones del Medio Ambiente, Cs Exactas, UNLP, Argentina.
- b. Departamento de Química-INQUISUR, UNS, Bahía Blanca, Argentina.
- c. LIS, Laboratorio de Ingeniería Sanitaria, Facultad de Ingeniería, UNLP, Argentina.
- d. Hospital Interzonal General de Agudos "Dr. José Penna", Bahía Blanca, Argentina.
jecolman@hotmail.com

Se presentan los resultados obtenidos en un estudio de calidad de aire ambiente en dos regiones bonaerenses equiparables, desarrollado en forma conjunta entre el Centro de Investigaciones del Medio Ambiente (Facultad de Ciencias Exactas, UNLP), el Laboratorio de Ingeniería Sanitaria (Facultad de Ingeniería, UNLP) y el Departamento de Química de la Universidad Nacional del Sur, entre 2009 y 2011. En el mismo se analizan las concentraciones de contaminantes ambientales (compuestos orgánicos volátiles, COVs), el material particulado en suspensión en aire (MP) en aire extramuros y el grado de afectación a nivel del sistema respiratorio mediante espirometrías a chicos entre 6 y 12 años.

Las regiones estudiadas comprenden las ciudades de Bahía Blanca y La Plata, considerando además sus alrededores. Ambas se caracterizan por poseer un Polo Petroquímico y un casco urbano con destacado tránsito vehicular. 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 muestrearon 20 COVs mediante monitores pasivos (3M 3500) y el material particulado (PM10) utilizando un equipo muestreador de bajo caudal MiniVol TAS, en domicilios particulares y escuelas de ambas regiones, diferenciando tres zonas: urbana, industrial y residencial (zona de referencia). Se realizaron 194 espirometrías en La Plata y 17 en Bahía Blanca, mediante un espirómetro portátil y metodología ATS (American Thoracic Society).

Los niveles de COVs fueron determinados por cromatografía gaseosa/FID, comprendiendo n-alcanos, cicloalcanos, aromáticos, compuestos clorados, terpenoides y cetonas. El contenido de PM fue determinado por gravimetría. Los datos recogidos evidencian niveles de PM10 superiores en La Plata en la zona industrial, invirtiéndose en zona urbana. Sin embargo, los niveles de COVs totales encontrados en La Plata son inferiores a los determinados en Bahía Blanca, en las zonas urbana e industrial, invirtiéndose en la residencial. Las espirometrías de los chicos que habitan en zona industrial, en ambos casos, evidencian afección respiratoria, respecto de las zonas urbana o residencial.

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 [1-4].

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 (SO_2 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 [4-12].

Por tal motivo, resulta fundamental conocer los niveles de COVs y PM en ambientes extramuros para poder asociarlos con efectos observados en la salud. En este contexto se presentan los resultados obtenidos durante 2009 - 2011 en sendas campañas de monitoreo de COVs y PM en las regiones de La Plata y Bahía Blanca.

METODOLOGÍA

Región de estudio.

Las regiones de La Plata y Bahía Blanca comparten varias características comunes: poblaciones demográfica y socialmente similares, destacada actividad comercial y administrativa, educativa y productiva. En ambos distritos se ubican hospitales públicos regionales y sendos Polos Petroquímicos, a unos 5 km de distancia respecto a la ciudad cabecera, con destacados volúmenes de producción [7, 13-16]. En ambas regiones, según las fuentes principales de emisión y la metodología de trabajo aplicada a población infantil, se seleccionan tres tipos de zonas [7, 13-16]:

- Zona industrial: Polo petroquímico y adyacencias, emisiones industriales.
- Casco urbano: fuente principal de emisión tránsito vehicular
- Zona blanco o de referencia: zonas externas a la ciudad (residenciales).

En este sentido, el distrito de La Plata, quedan conformados por:

- Ensenada (Polo Petroquímico)
- Casco Urbano de La Plata (tránsito)
- Zona residencial (City Bell, Gonnet y Villa Elisa)

En cuanto a Bahía Blanca las zonas seleccionadas son:

- Ingeniero White (Polo Petroquímico)
- Casco Urbano de Bahía Blanca (tránsito)
- Zona residencial (Altos del Palihue y Patagonia)

Muestreo COVs.

Se desarrolló un monitoreo durante 2009 - 2011, colocando monitores pasivos (3M 3500) extramuros en viviendas familiares y escuelas de las distintas zonas, durante 30 días. Se colocaron 44 monitores 3M en Bahía Blanca y 44 en La Plata. En todos los casos se dispusieron a cubierta de la lluvia, entre 1,5 a 2 metros de altura [7, 13-17].

Análisis de COVs

Se analizaron 20 COVs (n-hexano, n-decano, n-dodecano, ciclohexano, metilciclohexano, tricloroetileno, tetracloroetileno, metiletiletona, metilisobutilcetona, 2-hexanona, benceno, tolueno, etilbenceno, m-xileno, p-xileno, o-xileno, estireno, naftaleno, cumeno y limoneno), calibrando con estándares de los mismos.

La metodología de análisis consistió en: cromatógrafo gaseoso Agilent serie 6890N, columna zebron ZB-624 de 30 m x 320 μm x 1,80 μm , detección FID (250 °C), rampa de temperatura: 35 °C, 7 min; incremento de 4 °C min^{-1} hasta 80 °C durante 1 min; nueva rampa 6 °C min^{-1} hasta 160 °C durante 3min. Tiempo total 36 min. Inyector

modo split (relación 1:1, 145 °C), carrier hidrógeno, caudal de columna 3,7 ml min⁻¹, programa de adquisición de datos ChemStation revisión A.08.03.

El rango de linealidad para el sistema utilizado (CG-FID) queda comprendido entre 1 y 100 mg L⁻¹ en la inyección, mostrándose en la Tabla 1 los valores de límite de detección en µg m⁻³ para cada analito. 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 [18]: $C = m A / r t$

Donde **m** es la masa absoluta del contaminante adsorbido (en µg), **t** el intervalo de tiempo muestreado (en minutos), **r** el factor de recuperación [18,19] y **A** es una constante que incluye el coeficiente de difusión del contaminante [18,19], el área de difusión de la pastilla de carbón activado y la distancia de difusión dentro del muestreador 3M.

Material particulado.

El muestreo y análisis de material particulado de la fracción inhalable (partículas < 10 µm) utilizando un muestreador MiniVol TAS, con una duración de 5 días por zona. El contenido en cada muestra se determina por gravimetría [7, 20, 21].

Metodología espirometrías

Los estudios de función pulmonar en niños de la región se realizaron mediante la prueba espirométrica usando un equipo portátil oportunamente calibrado, en un todo de acuerdo con las recomendaciones internacionales [16], seleccionando al azar los niños entre 6 y 12 años en función de las autorizaciones recibidas. Se realizaron 211 espirometrías por triplicado, 17 espirometrías en Bahía Blanca y 194 en La Plata. El análisis de los resultados obtenidos se realizó mediante la metodología estandarizada [22].

En particular se analizaron los siguientes parámetros: la capacidad vital forzada (FVC), que es la capacidad máxima de captar y expulsar aire, en condiciones forzadas; el Volumen Espiratorio Forzado (FEV1), es la cantidad de aire expulsado durante el primer segundo de la espiración máxima, realizada tras una inspiración máxima y FEV1/FVC: es la relación, en porcentaje, de la capacidad forzada que se espira en el primer segundo, del total exhalado para la capacidad vital forzada. En términos generales, se puede diagnosticar obstrucción respiratoria si el valor de la relación FEV1/FVC < 70%, y se puede diagnosticar una restricción respiratoria si al dar normal el valor FEV1/FVC (>70%) pero los valores de FVC y FEV1 son menores al 80% respecto a valores de referencia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En primer término se destaca que los niveles de COVs totales, en las zonas urbanas e industrial de Bahía Blanca, son superiores a los correspondientes de La Plata, invirtiéndose en la zona residencial.

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

- **Alcanos:** *n-hexano; n-decano; n-dodecano; ciclohexano; metilciclohexano*
- **Aromáticos:** *benceno; tolueno; etilbenceno; (o;m;p) xilenos; estireno; naftaleno*
- **Clorados:** *tricloroetileno; tetracloroetileno.*
- **Cetonas:** *metiletilcetona; metilisobutilcetona; 2-hexanona*
- **Terpenos:** *cumeno; limoneno*

En las zonas industriales los valores de COVs en La Plata de alcanos y compuestos aromáticos prevalecen, mientras compuestos clorados, cetonas y terpenos presentan niveles comparables entre La Plata y Bahía Blanca.

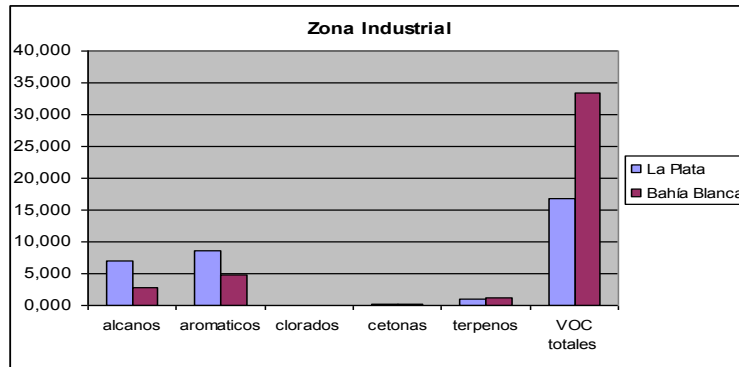


Figura 1. Perfiles de COVs comparados La Plata y Bahía Blanca, zona industrial

En zona urbana, Bahía Blanca presenta valores superiores de alcanos, compuestos aromáticos y terpenos, mientras que en La Plata sólo predominan clorados, influenciados por su zona industrial; cetonas se encuentran en niveles comparables.

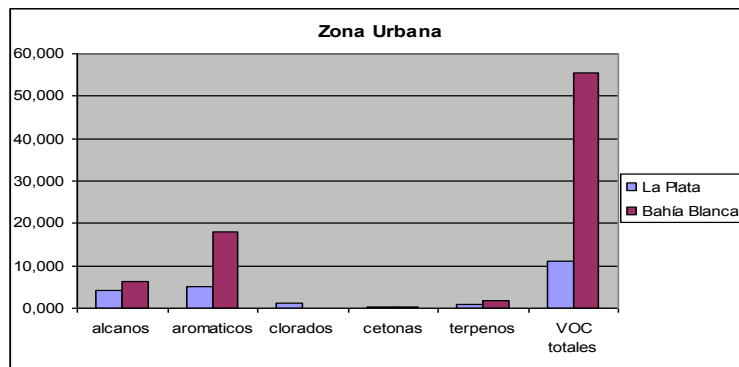


Figura 2. Perfiles de COVs comparados La Plata y Bahía Blanca, zona urbana.

Finalmente, en referencia a las zonas residenciales, los niveles de alcanos y compuestos aromáticos son superiores en La Plata, invirtiéndose la relación para compuestos clorados, cetonas y terpenos.

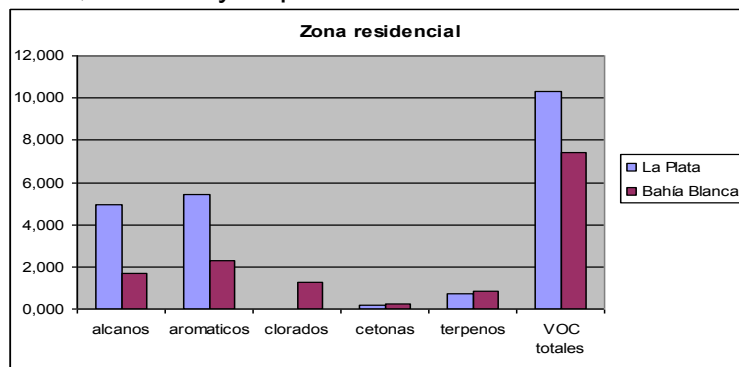


Figura 3. Perfiles de COVs comparados La Plata y Bahía Blanca, zona residencial

Es interesante señalar que si bien en general en La Plata se observan valores menores de COVs, esta situación es producto de un acuerdo entre las empresas del Polo Petroquímico y el Organismo Provincial de Desarrollo Sostenible (OPDS). En efecto, si los valores encontrados en Bahía Blanca se compararan con los correspondientes a La Plata durante el 2000-2004, podría observarse como estos últimos serían los de mayor valor, invirtiendo la situación comparativa. Es decir, los niveles de COVs en la Plata disminuyeron, luego de una efectiva acción del

organismo de regulación, situación que podría también cumplirse en Bahía Blanca conocidos los niveles que allí se encuentran.

Respecto del material particulado (PM₁₀), se observa en ambas regiones mayores concentraciones en las zonas industriales, seguidas por las urbanas y las residenciales. Comparando entre regiones tanto en zona industrial como urbana, hay un claro predominio de Bahía Blanca. Las zonas residenciales son comparables.

Región	Bahía Blanca ($\mu\text{g m}^{-3}$)	La Plata ($\mu\text{g m}^{-3}$)
industrial	177,8 ($\pm 7,4$)	62,0 ($\pm 3,1$)
urbana	97,2 ($\pm 7,4$)	41,5 ($\pm 3,1$)
residencial	34,6 ($\pm 7,4$)	33,8 ($\pm 3,1$)

Tabla 1: Valores de PM₁₀ para las distintas zonas en cada región

El control de los niveles de PM es sumamente importante, dada la asociación directa entre éstos y el incremento tanto de enfermedades respiratorias, como de mortalidad. Para ilustrar esta afirmación se presentan las Tablas 2 con valores relevados en ambas regiones referidas a parámetros funcionales respiratorios.

Parámetros funcionales respiratorios ¹	Bahía Blanca			La Plata		
	Industrial	Urbana	residencial	Industrial	Urbana	residencial
FVC (%)	86.8 \pm 10.0	108.6 \pm 5.0	86.3 \pm 4.0	86.7 \pm 6.8	92.4 \pm 4.1	84.0 \pm 4.9
FEV1 (%)	82.0 \pm 10.0	102.0 \pm 4.0	94.0 \pm 3.7	98.8 \pm 5.3	92.4 \pm 3.6	99.5 \pm 3.8
FEV1/FVC (%)	98.1 \pm 6.0	99.8 \pm 10.0	106.4 \pm 7.9	95.1 \pm 8.1	95.1 \pm 8.3	100.9 \pm 9.2

1 Parámetros funcionales respiratorios presentados como valores grupales promedio (\pm SD).

Tabla 2: Evaluación espirométrica por zona

Si bien se trata de datos preliminares, éstos evidencian un mayor compromiso pulmonar en la zona industrial respecto a las otras dos, en ambas regiones estudiadas; aunque en ninguna zona se pudo diagnosticar obstrucción o restricción respiratoria.

Palabras Clave: calidad del aire, compuestos orgánicos volátiles, material particulado, espirometrías.

AGRADECIMIENTOS: El presente estudio fue desarrollado mediante subsidios recibidos del Fondo para las Américas, la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CIC PBA), la Universidad Nacional de La Plata y la Universidad Nacional del Sur. JE. Colman Lerner es becario del Consejo de Investigaciones Científicas y Técnicas de la Nación (CONICET). A. Porta y V. Dodero son miembros de la carrera Investigador Científico de la CIC PBA y el CONICET, respectivamente.

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 239. Principles for Modelling Dose-Response for the Risk Assessment of Chemicals". Published under UNEP-ILO-WHO, Geneva, (2009).

[3]. 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).

[4]. Leikauf GD. "Hazardous Air Pollutants and Asthma". *Environmental Health Perspectives*, Vol. 110 (Supplement4): 505-526, (2002).

- [5]. Weisel CP. "Assessing Exposure to Air Toxics Relative to Asthma". *Environmental Health Perspectives*, VOL. 110 (Supp. 4): 527-537, (2002).
- [6]. 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).
- [7]. 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).
- [8]. 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).
- [10]. IPCS, International Programme on chemical safety. *Environmental Health criteria 214: Human Exposure Assessment*. Geneva, World Health Organization, (2000).
- [11]. Sexton K, Adgate J, Ramachandran G, Pratt G, Mongin S, Stock T, Morandi M. "Comparison of personal indoor and outdoor exposure to hazardous air pollutants in three urban communities". *Environmental Science & Technology*; 38:423-430, (2004).
- [12]. Elliott L., MP. Longnecker, GE. Kissling & SJ. London. "Volatile Organic Compounds and Pulmonary Function in the Third National Health and Nutrition Examination Survey, 1988-1994". *Environ. Health Perspectives*, 114: 1210-1214, (2006).
- [13]. 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 PROIMC*". Editores: E. Puliafito & N. Quaranta, 37-44. Universidad Tecnológica Nacional, Buenos Aires, (2009).
- [14]. Gobierno Municipal de Bahía Blanca. Dirección de producción y desarrollo. Polo tecnológico Bahía Blanca. <http://www.bahiablanca.gov.ar/empresario/polotec.html>
- [15]. Gobierno Municipal de Bahía Blanca. Subdirección Estadísticas. Información Estadística. <http://www.bahiablanca.gov.ar/estadistica/>
- [16]. 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).
- [17]. 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).
- [18]. Guía de Toma de muestras y análisis para monitores de vapores orgánicos 3500 y 3520, 3M, (1999).
- [19]. Colman Lerner JE; Porta A. "Uso de monitores de difusión pasiva en estudio de calidad de aire. Estudio de recuperación de compuestos orgánicos volátiles adsorbidos". *ACTAS del XXVII Congreso Argentino de Química. Tucumán*, Septiembre (2008).
- [20]. 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).
- [21]. 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).
- [22]. González Barcala FJ., Cadarzo Suárez C., Valdez Cuadrado L., Leis R., Cabanas R., Tojo R. "Valores de referencia de función respiratoria en niños y adolescentes (6-18 años) de Galicia. *Arch. Bronconeumol.* 44: 295-302 (2008).