



7^{mo}
Congreso de
Medio Ambiente

Actas 7mo Congreso de Medio Ambiente AUGM
22 al 24 de mayo de 2012. UNLP. La Plata Argentina

**CONCENTRACIÓN DE COMPUESTOS ORGÁNICOS
VOLÁTILES Y MATERIAL PARTICULADO EN AMBIENTES
URBANOS E INDUSTRIALES DE DOS REGIONES
BONAERENSES. ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE LA PLATA
Y BAHÍA BLANCA**

**Levels of volatile organic compounds and particulate matter in urban and industrial
environments of two regions of Buenos Aires. Comparative study between La Plata
and Bahía Blanca**

Jorge E Colman Lerner^(1,2), Anabella Morales⁽³⁾, Miryam Aguilar⁽¹⁾, Erika Y Sánchez⁽¹⁾,
Daniela Giuliani⁽⁴⁾, Juan Ditondo⁽⁵⁾, Laura Massolo⁽¹⁾, Verónica I Dodero⁽³⁾, Andres A
Porta^{(1,4)*}

1. 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
2. Centro de Investigación y Desarrollo en Ciencias Aplicadas “Dr. Jorge J. Ronco” CONICET CCT La Plata, UNLP, 47 N° 257 (1900) La Plata, Argentina.
3. Departamento de Química-INQUISUR, Universidad Nacional del Sur-CONICET. Av. Alem 1253- 8000- Bahía Blanca – Tel/fax: 0291-4594187.
4. LIS, Laboratorio de Ingeniería Sanitaria, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de La Plata. 47 No 200. 1900 – La Plata. Tel./fax: 0221-4277714
5. Hospital Interzonal General de Agudos “Dr. José Penna. Av. Laínez 2401- 8000-Bahía Blanca. Tel: 0291-4593600

*aporta@quimica.unlp.edu.ar

Palabras Clave: calidad del aire, compuestos orgánicos volátiles, PM10

Keywords: air quality, volatile organic compounds, PM10

Título breve: análisis de compuestos orgánicos volátiles y material particulado

ABSTRACT

We present the results of a study of ambient air quality in two regions comparable Buenos Aires, developed jointly by the Center for Environmental Research (Faculty of Exact Sciences, UNLP), the Sanitary Engineering Laboratory (Faculty of Engineering, UNLP) and Department of Chemistry, National University of the South, between 2009 and 2011. In the same measure levels of environmental pollutants (volatile organic compounds, VOCs) and particulate matter suspended in air (MP) in air walls. The regions studied include the cities of Bahia Blanca and La Plata, also considering its surroundings. Both are characterized by a petrochemical complex and a village with outstanding traffic. Current concern for these contaminants is its action on human health, both as an irritant of mucous membranes, conjunctiva and nervous system, for its effects on lung function, triggering chronic obstructive diseases. 20 VOCs were sampled by passive monitores (3M 3500) and particulate matter (PM₁₀) using a low flow sampler MiniVol TAS, in private homes and schools in both regions, in three areas: urban, industrial and residential (reference area) VOC levels were determined by GC/FID, comprising alkanes (hexane, decane, dodecane, cyclohexane and methylcyclohexane), aromatic compounds (benzene, toluene, ethylbenzene and xylenes) and chlorinated compounds (trichlorethylene and tetrachlorethylene). PM₁₀ content was determined gravimetrically. The collected data show higher levels of PM₁₀ in La Plata on Bahia Blanca in all study areas. However, the levels of total VOCs found in La Plata are lower than those determined in Bahia Blanca in industrial and urban areas, reversing the relationship in the residential area.

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 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), y material particulado en suspensión en aire (PM) en aire extramuros. 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, desencadenando enfermedades obstructivas crónicas. Se muestrearon 20 VOCs 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). Los niveles de VOCs fueron determinados por cromatografía gaseosa/FID, comprendiendo alcanos (hexano, decano, dodecano, ciclohexano y metilciclohexano), Compuestos aromáticos (benceno, tolueno, etilbenceno y xilenos) y compuestos clorados (tricloroetileno y tetracloroetileno). El contenido de PM₁₀ fue determinado por gravimetría. Los datos recogidos evidencian niveles de PM₁₀ superiores en La Plata respecto de Bahía Blanca en todas las zonas analizadas. Sin embargo, los niveles de VOCs totales encontrados en La Plata son inferiores a los determinados en Bahía Blanca en las zonas industrial y urbana, invirtiéndose la relación en la zona residencial.

INTRODUCCIÓN.

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 (Leikauf, 2002; WHO, 2006, 2009).

Numerosos estudios epidemiológicos ponen en evidencia 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 (VOCs) y gases inorgánicos (SO₂ y NO_x),

produce efectos adversos al desarrollo y la función pulmonar, además del incremento de la morbilidad respiratoria, expresada frecuentemente en término de diagnóstico de asma o enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), e incremento de la mortalidad principalmente en niños. De todo esto resulta importante caracterizar y cuantificar la contaminación del aire, reconocer y evaluar los efectos sobre la salud asociados y caracterizar las posibles fuentes principales de la emisión de los contaminantes (IPCS, 2000; Gauderman, 2002; Leikauf, 2002; Weil, 2002; Massolo, 2004; Ostro, 2004; Sexton *et al.*, 2004; Elliott *et al.*, 2006).

Por tal motivo, resulta fundamental conocer los niveles de VOCs y PM en ambientes extramuros para poder asociarlos con efectos observados en la salud. En este contexto se presentan los resultados obtenidos contemporáneamente durante el período 2009-2011 en sendas campañas de monitoreo de VOCs y PM en La Plata y Bahía Blanca, y sus respectivas zonas de influencia.

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 (ambos distritos son cabecera regional), educativa (sede de universidades nacionales) y productiva (importantes redes internas de transporte de mercadería y de

pasajeros y puerto de referencia con importante movimiento naviero de carga). En ambos distritos se ubican hospitales públicos regionales y sendos Polos Petroquímicos, a unos 5 km de distancia respecto a la ciudad cabecera, con los volúmenes de producción más importantes a nivel nacional (Massolo, 2004; Cianni *et al.*, 2009; Bahía Blanca, 2010).

En ambas regiones, en función de las fuentes principales de emisión: tránsito vehicular o Polo Petroquímico, y de la metodología de trabajo aplicada a población infantil (requerimiento de un número mínimo), se seleccionan tres tipos de zonas (Massolo, 2004; Cianni *et al.*, 2009; Bahía Blanca, 2011):

- Zona industrial (Polo petroquímico y adyacencias): caracterizado por las emisiones industriales.
- Casco urbano: presenta como fuente principal de emisión de contaminantes al aire el tránsito vehicular
- Zona blanco o de referencia: Barrios o Población en las 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 el período 2009-2011, colocando equipos monitores pasivos (3M 3500) en viviendas familiares y escuelas en ambientes extramuros de las distintas zonas. El período de muestreo es de 30 días, período que permite alcanzar la sensibilidad adecuada, y obtener una muestra integrada de la concentración de exposición para quienes habitan en ese lugar. Se colocaron 17 monitores 3M en Bahía Blanca y 31 en La Plata. En todos los casos se dispusieron en domicilios particulares o escuelas a cubierto de la lluvia, entre 1,5 a 2 metros de altura (Massolo, 2004; Cianni *et al.*, 2009; Wichmann *et al.*, 2009; Massolo *et al.*, 2010).

Análisis de COVs

Fue utilizado un método de separación y cuantificación para 20 VOCs (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), mediante el uso de soluciones estándares de los mismos.

El equipamiento y las condiciones óptimas establecidas para la realización de los análisis, son las siguientes: 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 (3M, 1999):

$$C = [m \times A] / [r \times t]$$

Donde m es la masa absoluta del contaminante adsorbido (en µg), t el intervalo de tiempo muestreado (en minutos), r el factor de recuperación (3M, 1999; Colman Lerner *et al.*, 2010) y A es una constante que incluye el coeficiente de difusión del contaminante (3M, 1999; Colman Lerner *et al.*, 2010), 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 se realizó mediante muestreos de material particulado inhalable (partículas < 10 µm) utilizando un muestreador MiniVol TAS, con una duración de 5 días por zona, registrando el punto de muestreo por

georeferenciamiento satelital. El contenido de PM10 en cada muestra se determina por gravimetría (Massolo, 2004; Rehwagen *et al.*, 2005, Massolo *et al.*, 2009).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En primer término se destaca que los niveles de VOCs 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 ($\mu\text{g m}^{-3}$) 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 (Figura 1) los valores de VOCs en La Plata de alcanos y compuestos aromáticos prevalecen, mientras compuestos clorados, cetonas y terpenos presentan niveles comparables entre La Plata y Bahía Blanca.

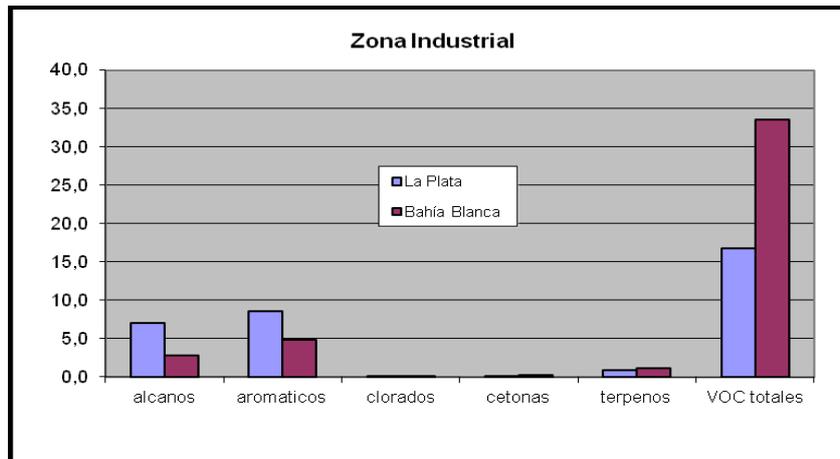


Figura 1. Perfiles de VOCs ($\mu \text{ m}^{-3}$), zona industrial

Figure 1. VOCs profiles ($\mu \text{ m}^{-3}$), industrial area

En zona urbana (Figura 2), 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.

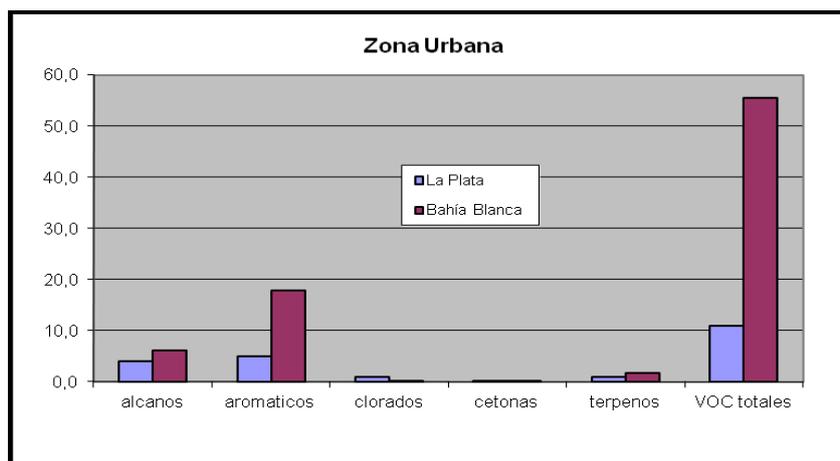


Figura 2. Perfiles de VOCs ($\mu \text{ m}^{-3}$), zona urbana.

Figure 2. VOCs ($\mu \text{ m}^{-3}$), urban area.

Finalmente, en referencia a las zonas residenciales (Figura 3), los niveles de alcanos y compuestos aromáticos son superiores en La Plata, invirtiéndose la relación para compuestos clorados, cetonas y terpenos.

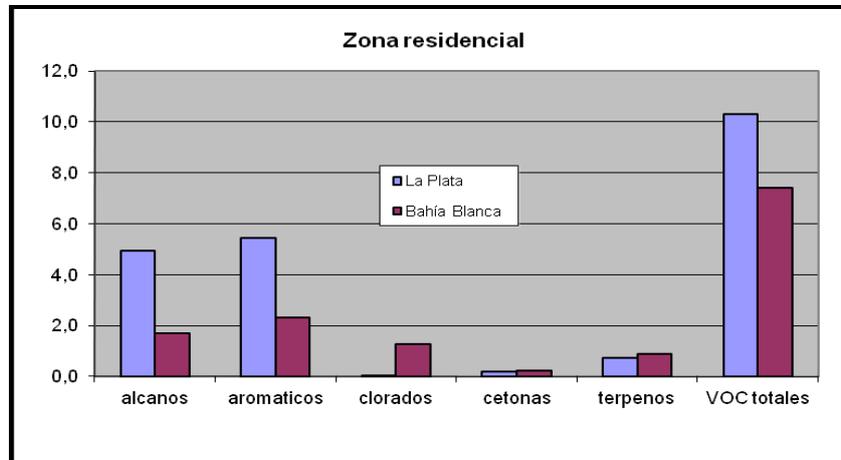


Figura 3. Perfiles de VOCs ($\mu \text{ m}^{-3}$) zona residencial

Figure 3. VOCs profiles ($\mu \text{ m}^{-3}$), residential area

Al observar los niveles de VOCs totales se observa que las regiones industrial y urbana de Bahía Blanca son superiores respecto a La Plata (entre 2 y 5 veces) invirtiéndose en la zona residencial.

Respecto del material particulado (PM_{10} y $\text{PM}_{2.5}$), se observa (Tablas 1 y 2) en todas las zonas se observa un predominio de PM de Bahía Blanca por sobre La Plata. En particular, en La Plata, se observa que tanto PM_{10} como $\text{PM}_{2.5}$ son mayores en a zona industrial y comparables en las zonas urbana y residencial. Respecto a la región de Bahía Blanca se observan contenidos comparables de PM_{10} en zona urbana e industrial, mientras que $\text{PM}_{2.5}$ se comporta de forma equivalente a La Plata.

Tabla 1. Valores de PM₁₀ para las distintas zonas en cada región**Table 1.** Values of PM₁₀ for the different areas in each region

Región	Bahía Blanca ($\mu\text{g m}^{-3}$)	La Plata ($\mu\text{g m}^{-3}$)
industrial	117.1	62.0
urbana	138.1	31.5
residencial	52.9	33.8

Tabla 2. Valores de PM_{2.5} para las distintas zonas en cada región**Table 2.** Values of PM_{2.5} for the different areas in each region

Región	Bahía Blanca ($\mu\text{g m}^{-3}$)	La Plata ($\mu\text{g m}^{-3}$)
industrial	105.5	33.7
urbana	58.0	18.0
residencial	32.0	18.2

Es interesante señalar que los niveles de PM hallados en la región de La Plata son comparables a los encontrados en ciudad e industria a los encontrados durante las campañas de monitoreos realizadas por Massolo en su trabajo de tesis doctoral, durante el período 2000-2002 (Massolo, 2004). Sin embargo, se observa un incremento de los valores correspondientes a PM en zona residencial, influenciado por el notorio incremento del parque automotor en la región.

CONCLUSIONES

Es interesante señalar que si bien en general en La Plata se observan valores menores de VOCs y PM, 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 de VOCs encontrados en Bahía Blanca se compararan con los correspondientes a La Plata durante el 2000-2002, podría observarse como estos últimos serían los de mayor valor, invirtiendo la situación comparativa. Es decir, los niveles de VOCs y PM 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 a la zona residencial en consecuencia a un gran incremento en la población y por defecto un aumento en el tránsito vehicular se observa un incremento de los niveles de VOCs y PM respecto a los respectivos al periodo 200-2002.

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.

- 3M. 1999. Guía de Toma de muestras y análisis para monitores de vapores orgánicos 3500 y 3520. 3M España SA, Departamento de Productos de Protección Personal, Servicio técnico
- Bahía Blanca (Gobierno Municipal de). 2010. Dirección de producción y desarrollo. Polo tecnológico Bahía Blanca. Disponible en: <http://www.bahiablanca.gov.ar/empresario/polotec.html>
- Bahía Blanca (Gobierno Municipal de). 2011. Subdirección Estadísticas. Información
- Estadística. Disponible en: <http://www.bahiablanca.gov.ar/estadistica/>
- Cianni N, Müller A, Lespade P, Aguilar M, Matamoros N, Colman Lerner JE, Martín M, Chiapperini V, Bussi L, Massolo L, Wichmann F & Porta A. 2009. Calidad del aire y salud infantil en áreas urbanas e industriales de La Plata y Ensenada, Argentina. *Contaminación Atmosférica en Argentina*. P 37-44. *Contribuciones de la II Reunión Anual PROIMCA*
- Colman Lerner JE & Porta A. 2008. 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*, 17 al 19 septiembre Tucuman, Argentina (Poster)
- Elliott L, Longnecker MP, Kissling GE & London SJ. 2006. Volatile Organic Compounds and Pulmonary Function in the Third National Health and Nutrition Examination Survey, 1988–1994. *Environment Health Perspectives*, 114: 1210-1214

- Gauderman WJ, Gilliland F, & Vora H, 2002. Association between air pollution and lung function growth in southern California children. Results from a second cohort. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 166: 76-84
- IPCS (International Programme on Chemical Safety). 2000. International Programme on chemical safety. Environmental Health criteria 214: Human Exposure Assessment. Geneva, *World Health Organization*
- Leikauf GD. 2002. Hazardous Air Pollutants and Asthma. *Environmental Health Perspectives*, 110 (S4): 505-526
- Massolo L. 2004. *Exposición a contaminantes atmosféricos y factores de riesgo asociados a la calidad de aire en La Plata y alrededores*. Tesis doctoral, Ciencias Exactas, UNLP
- Massolo L, Müller A, Rehwagen M, Porta A, Herbarth O & Ronco A. 2009. Estimación del riesgo asociado a PAHs en ambientes urbanos e industriales. P 45-54. *Contaminación Atmosférica en Argentina. Contribuciones de la II Reunión Anual PROIMCA*. Universidad Tecnológica Nacional, Buenos Aires,
- Massolo L, Rehwagen M, Porta A, Herbarth O, Ronco A & Müller A. 2010. Indoor-outdoor distribution and risk assessment of volatile organic compounds in the atmosphere of industrial and urban areas. *Environmental Toxicology*, 25(4): 339-349
- Ostro B. 2004. 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
- Rehwagen M, Müller A, Massolo L, Herbarth O & Ronco A. 2005. Polycyclic aromatic hydrocarbons associated to particles in ambient air from urban and industrial areas. *Science of the Total Environment*, 348: 199–210

- Sexton K, Adgate J, Ramachandran G, Pratt G, Mongin S, Stock T & Morandi M. 2004. Comparison of personal indoor and outdoor exposure to hazardous air pollutants in three urban communities. *Environmental Science & Technology*, 38: 423-430
- Weisel CP. 2002. Assessing Exposure to Air Toxics Relative to Asthma. *Environmental Health Perspectives*, 110 (S4): 527-537
- Wichmann FA, Busi LE, Cianni NF, Massolo L, Müller A, Porta A & Sly PD. 2009. Increased asthma and respiratory symptoms in children exposed to petrochemical pollution. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 12 (3): 632-638
- WHO (World Health Organization). 2006. 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. Disponible en WHO/SDE/PHE/OEH/06.02 http://whqlibdoc.who.int/hq/2006/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_spa.pdf
- WHO (World Health Organization). 2009. Environmental Health Criteria 239. Principles for Modelling Dose–Response for the Risk Assessment of Chemicals. Published under UNEP-ILO-WHO, Geneva