

CARACTERIZACIÓN DE FUENTES DE EMISIÓN DE BTEX EN GRAN LA PLATA MEDIANTE MODELOS RECEPTORES

CHARACTERIZATION OF BTEX EMISSION SOURCES IN THE GREATER LA PLATA URBAN CONGLOMERATE USING RECEPTOR MODELS

Mellado D.^{1,2}, Bali JL.², Giuliani DS.¹, Colman Lerner JE.³, Represa NS.¹, Jacovkis PM.⁴, Sanchez EY.⁴

¹ Centro de Investigaciones del Medio Ambiente, Universidad Nacional de La Plata, La Plata, Argentina

² Instituto de Investigaciones Científicas y Técnicas para la Defensa, Villa Martelli, Argentina

³ Centro de Investigaciones y Desarrollo en Ciencias Aplicadas, Universidad Nacional de La Plata, La Plata, Argentina

⁴ Universidad Nacional de Tres de Febrero, Caseros, Argentina

Autor de correspondencia: melladodaniela11@gmail.com

RESUMEN

Estudios previos en la región identifican a la industria petroquímica y al tráfico como las principales fuentes de emisión de BTEX. Para profundizar estos estudios, se aplicaron diferentes herramientas para caracterizar las fuentes emisoras. El Análisis de Componentes Principales (PCA) fue utilizado para cuantificar las fuentes de BTEX y los Métodos No Paramétricos para estimar la concentración en el espacio. Uno de estos, Nonparametric Wind Regression (NWR) es usado para obtener la relación entre la concentración y las componentes del viento. Su complemento, Source Apportionment (SA), relaciona las mayores contribuciones en función de las direcciones. A continuación, Nonparametric Trajectory Analysis (NTA) fue usado para estimar la concentración de BTEX en una coordenada geográfica. El resultado permitió describir las características de cada área dentro de la región: zonas residenciales y urbanas evidencian predominancia de una única fuente, presumiblemente asociada con el tráfico, mientras que la zona industrial presenta la contribución de dos fuentes principales, presumiblemente la industria petroquímica y el tráfico.

ABSTRACT

Previous studies in the region identify the petrochemical industry and traffic as the main sources of BTEX emission. In order to further these studies, different tools were applied to characterize the emission sources. Principal Components Analysis (PCA) was used to quantify BTEX sources and Nonparametric Methods to estimate the concentration in the space. One of them, Nonparametric Wind Regression (NWR) was used to obtain the relationship between concentration and the wind components. Its complement, Source Apportionment (SA), relates higher contributions as a function of the directions. Afterwards, Nonparametric Trajectory Analysis (NTA) was used to estimate the concentration of BTEX on a geographical coordinate. The result allowed describing characteristics of each area inside the region: residential and urban zones evidence predominance of a single source, presumably associated with traffic, while industrial zone presents the contribution of two main sources, presumably petrochemical industry and traffic.

PALABRAS CLAVES: Modelos Receptores, Análisis de Componentes Principales, y Métodos No Paramétricos, BTEX

KEY WORDS: Receptor Models, Principal Component Analysis and Nonparametric Methods, BTEX

1. INTRODUCCION

Gran La Plata, conformado por los partidos de La Plata, Ensenada y Berisso y unos 799523 habitantes (INDEC, 2010), presenta un complejo petroquímico de los más importantes de América del Sur. Dicho complejo cuenta con una capacidad de refinación de 189.000 barriles por día (YPF, 2017) y la presencia de industrias productoras de sustancias derivadas, cuyas emisiones de BTEX toman lugar desde el almacenamiento hasta las áreas de residuos. Por su parte, el casco urbano de La Plata presenta un tránsito vehicular de unos 450.000 automotores registrados. Estudios previos en la región para el periodo 2007-2010, evidencian mayores niveles de benceno, tolueno, etilbenceno y xileno (BTEX) en la zona industrial en comparación con áreas urbanas y residenciales (Colman Lerner et al., 2014). Además, se compara los resultados obtenidos con el estudio previo realizado en el periodo 2000-2002 (Massolo et al., 2010), evidenciando una reducción en las emisiones industriales (85%) y un incremento en las emisiones vehiculares para las zonas urbanas y residenciales, debido al crecimiento del parque automotor.

Debido a sus propiedades carcinogénicas, la exposición a compuestos orgánicos volátiles (COVs) como BTEX ha sido asociada a un incremento en el riesgo de desarrollar cáncer en personas que viven o trabajan cerca de fuentes de emisión de estas sustancias (Galbraith et al., 2010, García Zarate et al., 2015). Las herramientas en base a modelos receptores son elegidas en la gestión de calidad de aire para estudiar y mitigar estos escenarios. Sin embargo, el uso integrado de distintas herramientas es un campo poco explorado. En este contexto, el objetivo de este trabajo es caracterizar las fuentes de emisión de BTEX en el Gran La Plata mediante convergencia de resultados de modelos como Análisis de Componentes Principales (PCA) y Métodos de Regresión No Paramétricas.

2. MATERIALES Y METODOS

La campaña de monitoreo activo de BTEX en el Gran La Plata se llevó a cabo durante los días laborales de 8 a 16 horas en tres sitios definidos por las siguientes características: la zona industrial (I), cercano al polo petroquímico; la zona urbana (U), dentro del casco urbano; y la zona residencial (R), relativamente alejado de influencias industriales y con alto tráfico vehicular (Figura 1).



Figura 1. Ubicación de los sitios de monitoreo en el Gran La Plata. Fuente: Google Earth.

En el marco de este trabajo se ha aplicado la herramienta PCA, seleccionada para la gestión de la calidad del aire en países como Colombia para afrontar planes de descontaminación ambiental (Behrentz Valencia et al., 2009) y por autores como Olvera et al. (2012) y Yang et al. (2013), quienes lo combinan con otras técnicas para obtener una distribución de las fuentes. En este trabajo se implementaron dos modelos receptores híbridos basados en observaciones reales para un sitio receptor e información meteorológica, obteniendo como resultado las zonas potenciales con mayor probabilidad de presencia de fuentes. El primero, *Nonparametric Wind Regression (NWR)* junto a su complemento *Source Apportionment (SA)* establece una relación entre la concentración esperada y las componentes del viento, desarrollado por Henry et al. (2009). Utilizado posteriormente por autores como Donnelly et al. (2011), Olson et al. (2012) y Du &

Turner (2015) con el objetivo de identificar la dirección de proveniencia de contaminantes de interés. El segundo método, *Nonparametric Trajectory Analysis* (NTA) desarrollado por Henry (2008), permite estimar relaciones espaciales de fuentes potenciales a partir de concentraciones retrotraídas localmente. Shie & Chan (2013) utilizaron este método para demostrar el origen de los contaminantes atmosféricos peligrosos provenientes de un accidente en un polo petroquímico en Taiwán.

3. RESULTADOS

Al analizar los valores de concentración de BTEX de los 3 sitios en simultáneo mediante PCA, se observó diferencias de comportamiento entre las regiones al graficar las cargas de las primeras dos componentes principales. Por tal motivo se decidió estimar el número de fuentes potenciales en cada sitio. El resultado por sitio evidencia la contribución de 2 tipos de fuentes distintas para la zona Industrial, mientras que en las zonas Urbana y Residencial el aporte es de una única fuente, explicando el 69.6%, 82% y 86% de la varianza respectivamente.

El resultado del NWR (Figura 2) muestra que en la zona Industrial, las mayores concentraciones se encuentran asociadas a módulos del viento superiores a 20 km/h comprendidos entre el Noroeste, Norte y Nordeste. En la zona residencial, las altas concentraciones se asocian a velocidades entre 10 y 15 km/h y en un rango de direcciones que comienzan en el Oeste y finalizan el Noreste, con un recorrido angular en sentido horario. En la zona urbana, las direcciones de mayores concentraciones se presentan entre el Norte y el Nordeste, para módulos de vientos comprendidos entre 10 y 15 km/h.

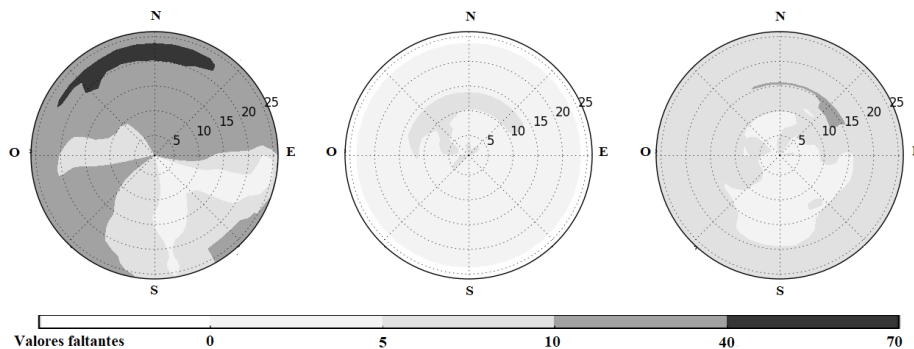


Figura 2. Concentraciones promedio de BTEX ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) obtenidas por NWR como función de la velocidad y dirección del viento para los días muestreados. La velocidad del viento se encuentra expresada en km/h. El área de color blanco corresponde a valores no ajustados por el modelo (valores faltantes). De izquierda a derecha: zona Industrial, Residencial y Urbana.

De los resultados del SA mostrados en la Tabla 1, se puede observar que existe más de una dirección predominante por sitio, definida por los valores máximos. En la zona industrial el mayor porcentaje se presenta en el Norte. En la zona urbana, los porcentajes más altos están asociados a la dirección Norte, en la que se encuentra tanto el polo petroquímico como la zona comercial - administrativa de la ciudad, y la dirección Oeste donde se halla la circunvalación del casco urbano. En la zona residencial, los principales aportes provienen del Norte, del Noroeste y del Oeste.

Tabla 1. Distribución de fuentes (SA) para cada sitio de muestreo en Gran La Plata. Se consideraron vientos entre 1- 26 km/h.

Sector	Industrial (%)	Urbana (%)	Residencial (%)
N	27.4	19.0	20.0
NE	13.6	9.8	6.3
E	15.8	12.0	6.5
SE	2.7	4.9	2.8
S	8.9	14.1	11.2
SO	7.2	10.6	8.2
O	11.0	15.9	22.5

NO	13.4	13.8	22.6
----	------	------	------

Al analizar los tres sitios de muestreo en forma conjunta para un tiempo de retrotrayectoria de 1 hora, se observa el aporte superior de BTEX en la zona industrial frente a las otras dos (Figura 3.b). La aplicación del NTA muestra mayores concentraciones retrotraídas en dirección Oeste y en dirección Norte–Nordeste para la zona residencial. En la zona urbana, este método identifica dos direcciones principales, Oeste y Nordeste. Mientras que para la zona industrial, los mayores aportes se asocian a las direcciones Oeste, Norte y Nordeste.

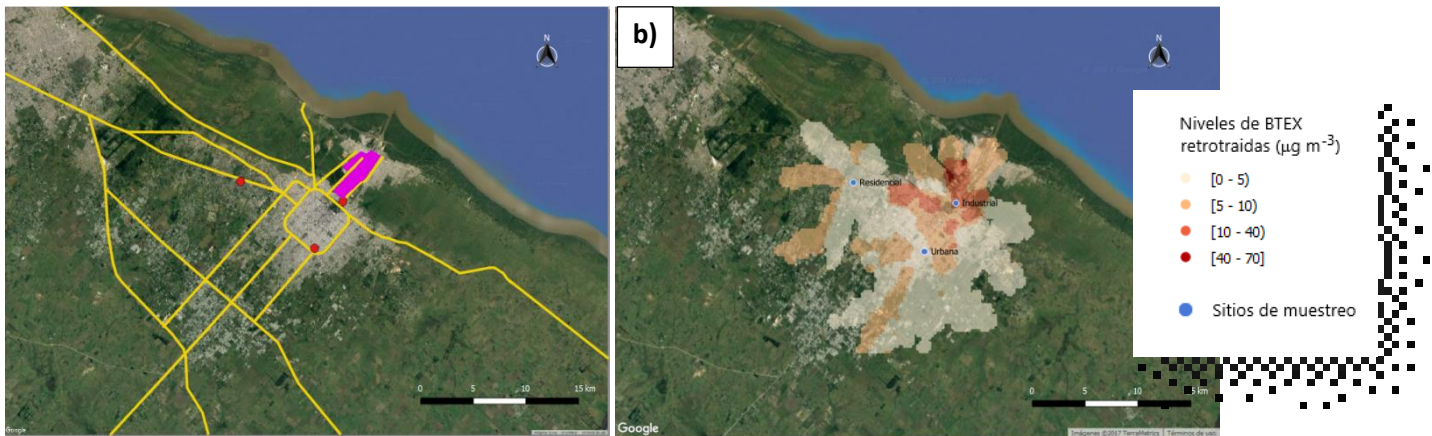


Figura 3.a) Vías de alto tránsito vehicular (líneas amarillas), polo petroquímico (polígono rosa) y sitios de muestreo (puntos rojos). b) Concentraciones promedio de BTEX ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) obtenidas por NTA para los días muestreados. Estimadas por retrotrayectorias de 1 hora para Gran La Plata, en coordenadas geográficas. Imágenes elaboradas con QGIS2.18.

4. CONCLUSIONES

Los métodos estadísticos usualmente se aplican de forma individual en el estudio de calidad de aire, sin embargo resulta de interés conocer si su integración es capaz de ofrecer un resultado más aproximado a la situación real. Cada modelo receptor ofrece una visión incompleta del escenario de estudio, que suele sortearse con el acceso a información complementaria, tales como inventarios de emisiones. Otra limitante en la aplicación de estos modelos es el volumen de datos requeridos para ser evaluado por una única herramienta. Cuando la información complementaria y los datos de calidad de aire no están disponibles o son escasos en la región de estudio, la herramienta no es útil para un tomador de decisiones. Como propuesta de este trabajo, el uso integrado de diferentes métodos tales como PCA, NWR-SA y NTA para una campaña de monitoreo de BTEX en tres sitios (Industrial, Urbana y Residencial), permitió destacar los resultados comunes y converger así a una conclusión más descriptiva.

En la zona Industrial se observó la presencia de dos fuentes potenciales, posiblemente asociadas al polo petroquímico y al parque automotor presente en las rutas cercanas de alta circulación. Esto fue reforzado por la integración de los distintos métodos, que marcaron como direcciones predominantes las comprendidas entre Noroeste, Norte y Noreste. El NTA fue capaz de visualizar y discriminar las dos zonas de fuentes potenciales, relacionadas directamente con las vías de alto tránsito y la ubicación del polo. En la zona Residencial, se manifestó un único tipo de fuente asociado a las direcciones Norte y Oeste, en donde se encuentran tres rutas de alto tráfico: la autopista La Plata – Buenos Aires, el Camino Centenario y el Camino General Belgrano. Por su parte, en la zona Urbana este método permitió identificar dos direcciones predominantes, Norte y Oeste, asociadas al tráfico vehicular del casco urbano y de vías de circunvalación de dicho casco. Las fuentes previamente mencionadas se pueden observar en la Figura 3.a.

El uso integral permitió corroborar la hipótesis de que el polo petroquímico no es la única fuente de influencia, de BTEX, en la región de estudio. En tal sentido, también permitió reconocer el aporte del tráfico vehicular como otra fuente significativa.

Finalmente, una futura optimización en la resolución temporal del muestreo de BTEX inducirá un salto de calidad en los resultados de los métodos aplicados en este trabajo, ya que será posible registrar variaciones en la concentración de los COVs en aire, evitando así la utilización de aproximaciones matemáticas para relacionar dichas concentraciones con los datos meteorológicos.

5. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Agencia Nacional de Promoción Científica y Técnica (ANPCyT), al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) y al Instituto de Investigaciones Científicas y Técnicas para la Defensa (CITEDEF), que han contribuido con fondos para este trabajo. Se agradece también al Servicio Meteorológico Nacional (SMN) por suministrar la información meteorológica.

6. REFERENCIAS

- Behrentz Valencia E., Sánchez Morcote N., Rivera Contreras A. J. (2009). *Parte I: Caracterización de Material Particulado y Modelos Receptores*. Elementos técnicos del Plan decenal de descontaminación de Bogotá.
- Colman Lerner, J. E., Sanchez, E. Y., Sambeth, J. E., y Porta, A. A. (2012). Characterization and health risk assessment of VOCs in occupational environments in Buenos Aires, Argentina. *Atmospheric environment*, 55, 440-447.
- Donnelly, A., Misstear, B., y Broderick, B. (2011). Application of nonparametric regression methods to study the relationship between NO₂ concentrations and local wind direction and speed at background sites. *Science of the Total Environment*, 409(6), 1134-1144.
- Du, L., y Turner, J. (2015). Using PM 2.5 lanthanoid elements and nonparametric wind regression to track petroleum refinery FCC emissions. *Science of the Total Environment*, 529, 65-71.
- Galbraith, D., Gross, S. A., y Paustenbach, D. (2010). Benzene and human health: a historical review and appraisal of associations with various diseases. *Critical reviews in toxicology*, 40(sup2), 1-46.
- García Zarate, M. A., Arellano García, M. E., Daessle Heuser, L. W., Villada Canela, M. y Quintero Núñez, M. (2015). Mapa cualitativo para el análisis de riesgo por BTEX por proximidad con gasolineras en la ciudad de Ensenada, Baja California, México. *Revista de Salud Ambiental*, 15(1), 4-12.
- Henry, R. C. (2008). Locating and quantifying the impact of local sources of air pollution. *Atmospheric Environment*, 42(2), 358-363.
- Henry, R., Norris, G. A., Vedantham, R., y Turner, J. R. (2009). Source region identification using kernel smoothing. *Environ. Sci. Technol*, 43(11), 4090-4097.
- INDEC (2010). "Población total por sexo e índice de masculinidad, según edad en años simples y grupos quinquenales de edad." Recuperado de <http://www.indec.gov.ar/>
- Massolo, L., Rehwagen, M., Porta, A. A., Ronco, A., Herbarth, O., y Mueller, 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.
- Olson, D. A., Vedantham, R., Norris, G. A., Brown, S. G., y Roberts, P. (2012). Determining source impacts near roadways using wind regression and organic source markers. *Atmospheric environment*, 47, 261-268.
- Olvera, H. A., García, M., Li, W. W., Yang, H., Amaya, M. A., Myers, O., ... Pingitore, N. E. (2012). Principal component analysis optimization of a PM 2.5 land use regression model with small monitoring network. *Science of the total environment*, 425, 27-34.
- Shie, R. H., y Chan, C. C. (2013). Tracking hazardous air pollutants from a refinery fire by applying on-line and off-line air monitoring and back trajectory modeling. *Journal of hazardous materials*, 261, 72-82.
- Yang, B., Zhou, L., Xue, N., Li, F., Li, Y., Vogt, R. D., ... Liu, B. (2013). Source apportionment of polycyclic aromatic hydrocarbons in soils of Huanghuai Plain, China: comparison of three receptor models. *Science of the Total Environment*, 443, 31-39.
- YPF (2017). *Downstream*. Recuperado de <https://www.ypf.com/LaCompania/Paginas/downstream.aspx>.