



III Congreso de la Sociedad de Análisis de
Riesgos Latino Americana
IPT, São Paulo, Brasil – del 10 al 13 de Mayo de
2016
*“Desarrollo y Riesgos en el contexto
Latinoamericano”*



APLICACIÓN DE TECNOLOGÍAS DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG) PARA LA ESTIMACIÓN DEL RIESGO POR EXPOSICIÓN A COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES (COVs)

Represa, Soledad¹; Mellado, Daniela^{1,2}; Bali, Lucas²; Colman Lerner, Esteban³; Sánchez,
Yanina¹; Porta, Andrés¹

1 Centro de Investigaciones del Medio Ambiente (CIMA), FCE-UNLP, Argentina.
cima@quimica.unlp.edu.ar

2 Departamento Modelado y Manejo de Crisis (DMMC), CITEDEF, Argentina

3 Centro de Investigación y Desarrollo en Procesos Catalíticos (CINDECA), FCE-UNLP, Argentina.

RESUMEN

En este trabajo se expone una metodología para estimar el riesgo que generan los COVs en la salud de la población más vulnerable de la región del Gran La Plata. Se propone utilizar un Sistema de Información Geográfica (SIG) para el análisis espacial ya que permite el abordaje mediante capas temáticas, facilitando el procesamiento de la información. La vulnerabilidad se evaluó mediante la construcción de un Puntaje de Clasificación Espacial Porcentual con las variables de costo “Hogares con Necesidades Básicas Insatisfechas” y “Hogares calefaccionados por combustión de biomasa”. La concentración de inmisión de benceno y BTEX se determinó mediante interpolación de medidas efectuadas con muestreadores pasivos en primavera de 2008 e invierno de 2009. La población afectada se estableció mediante el cruce de estas variables, generando cartografías donde se visualizan las áreas de riesgo de padecer cáncer discriminadas por su vulnerabilidad.

Palabras Clave: Riesgo para la salud, SIG, benceno

ABSTRACT

This work shows an interesting methodology to estimate the health risk of exposure to VOCs over the most vulnerable population of Gran La Plata. The authors suggest using a Geographic Information System (GIS) for spatial analysis of air quality and social vulnerability. In this way, the vulnerability was estimated by Scale of spatial percentage classification: relation between the index of unsatisfied basic needs (NBI) and percent of households heated up with primary fuel use. Immission levels of benzene-BTEX were determined by interpolation of measurements which were carried out with passive samplers in spring 2008 and winter of 2009. The affected population was estimated by crossing the above information, and was presented on maps as areas with risk of cancer.

Keys words: health risk, GIS, benzene

1. OBJETIVOS

El presente trabajo comprende la presentación y el desarrollo metodológico de la estimación de un área de riesgo por exposición a compuestos orgánicos volátiles (COVs) en el Gran La Plata, Provincia de Buenos Aires, Argentina, a través de la utilización de tecnologías de información geográfica.

2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ÁREA DE ESTUDIO

El Gran La Plata se encuentra ubicado en la región nordeste de la provincia de Buenos Aires, Argentina. El área de estudio es un aglomerado urbano formado por la localidad de La Plata (capital de la provincia de Buenos Aires), Berisso y Ensenada. Estos últimos, ocupan la franja costera sobre el Río de la Plata, mientras que el partido de La Plata se extiende al sudoeste de ellos (Fig.1).



Fig. 1. Ubicación geográfica del eje urbano del Gran La Plata. Fuente: Elaboración propia.



La elección del sitio de estudio se fundamenta por un lado, en la presencia del Polo Petroquímico, con una destilería de petróleo con los mayores volúmenes de producción a nivel nacional (38.000m^3 de petróleo refinado por día), y por el otro en el significativo crecimiento poblacional que ha tenido esta región en los últimos años.

3. METODOLOGÍA

La metodología propuesta parte de una mirada sobre el riesgo como un proceso multidimensional y multifactorial, resultante de la asociación entre las amenazas y las condiciones de vulnerabilidad de la población (OLIVER-SMITH, 2002). Incorporar la vulnerabilidad al cálculo del riesgo permite analizar el contexto donde puede ocurrir el desastre, incorporando las variables socioeconómicas de los grupos expuestos. Por esto la metodología cuenta con 3 fases: análisis de la vulnerabilidad de la población, análisis de las amenazas y construcción del riesgo.

3.1 Análisis de la vulnerabilidad

Para caracterizar la vulnerabilidad se construyó un Puntaje de Clasificación Espacial Porcentual (PCEP) que permitió evidenciar la heterogeneidad social generando una diferenciación espacial (BUZAI & BAXENDALE, 2012) utilizando como fuente de datos el censo 2010 (INDEC, 2010). Se seleccionaron como indicadores cuantitativos dos variables de costo: “Hogares con

| | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <p>III Congreso de la Sociedad de Análisis de Riesgos Latino Americana IPT, São Paulo, Brasil – del 10 al 13 de Mayo de 2016 <i>“Desarrollo y Riesgos en el contexto Latinoamericano”</i></p> |  ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI)¹” y “Hogares calefaccionados por combustión de biomasa”. La elección de estas variables se debe a que se asocian a la capacidad de respuesta y recuperación de la población involucrada (NATENZON et al., 2003).

El agrupamiento de estas variables en un PCEP permitió establecer 4 categorías cualitativas de vulnerabilidad (nula, baja, media, alta) para generar una cartografía que zonifica el territorio en función de la vulnerabilidad a nivel de las unidad administrativa de las parcelas catastrales.

3.2 Análisis de las amenazas

Para determinar el grado de peligrosidad de las amenazas se realizó una evaluación de las concentraciones de inmisión y su riesgo asociado. La concentración de inmisión a los COVs se determinó utilizando muestreadores pasivos de carbón activado (COLMAN LERNER et al., 2014). Los muestreos se realizaron a lo largo de 2 campañas: primavera 2008 (N=33) e invierno 2009 (N=43).

Mediante la interpolación de los datos de benceno y BTEX obtenidos fue posible establecer un continuo entre los puntos de muestreo. Para esto se utilizó el método de interpolación kriging ordinario ya que provee estimaciones insesgadas y de varianza mínima (OLIVER, 1990), generando como producto una matriz de valores (COLSA PÉREZ et al., 2014; CAÑADA TORRECILLA et al., 2010; SÁNCHEZ et al., 2015).

El cálculo de probabilidad de desarrollar cáncer por el benceno se realizó mediante el índice Life Time Cancer Risk (LCR) (GUO et al., 2004) para niños y adultos (COLMAN LERNER, 2013; COLMAN LERNER et al., 2014), utilizando los valores aceptables para la Organización Mundial de la Salud (OMS): en el rango entre 1×10^{-5} - 1×10^{-6} , y el LCR recomendado por la EPA: 1×10^{-6} (IPCS, 2000; NTP 2014). Se realizaron mapas monocromáticos resaltando las regiones que superan los valores “aceptables” según cada uno estos organismos para niños y adultos.

3.3 Análisis del riesgo

Para la evaluación de la población en riesgo se cruzaron los datos de las zonas vulnerables con la cartografía monocromática de las zonas que superan los límites aceptables. De esta forma se resaltan las regiones donde existe un riesgo de padecer cáncer según la EPA y la OMS para niños y adultos, y el grado de vulnerabilidad de la población expuesta.

4. RESULTADOS, DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Como primer paso se calculó el PCEP para los distintos radios censales de la región de estudio. Se observa un núcleo central urbano con valores extremos bajos de PCE. Los valores extremos superiores se encuentran sobre la franja costera este y la zona rural al sur de la región (Fig. 3).

¹ Se consideran necesidades básicas insatisfechas cuando cumple con alguna de las siguientes situaciones: personas que habitan viviendas con más de 3 personas por cuarto (hacinamiento crítico), hogares que habitan en una vivienda de tipo inconveniente (pieza de inquilinato, vivienda precaria, otro tipo), hogares que habitan en viviendas que no tienen retrete o tienen retrete sin descarga de agua, hogares que tienen algún niño de edad escolar que no asiste a la escuela, hogares que tienen 4 o más personas por miembro ocupado y en los cuales el jefe tiene bajo nivel de educación (solo asistió dos años o menos al nivel primario).



Fig 3. BoxPlot de los PCEP para el Gran La Plata y su representación espacial.

Para la categorización de vulnerabilidad se generaron intervalos mediante los umbrales naturales (Nula 0 - 5,8; Baja 5,8 - 16,3; Media 16,3 - 33,2; Alta 33,2 - 65,4), elaborándose un mapa político (Fig. 4).

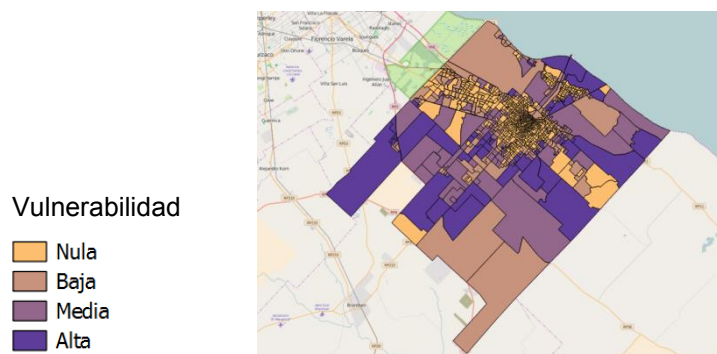


Fig 4. Mapa político del Gran La Plata donde se puede observar la distribución de la vulnerabilidad.

Para el análisis de las amenazas se estudió el comportamiento de los datos para luego poder representarlos por una ecuación matemática. El primer parámetro a evaluar fue la normalidad de los datos, lo cual se realizó a través de los histogramas y los gráficos QQ plot. En ambos períodos se observó un comportamiento normal para benceno con desviaciones leves. Para BTEX se observó un comportamiento normal en invierno 08, pero no en primavera 09, no pudiendo ajustarse una curva de interpolación a estos datos.

También se analizó la tendencia espacial de los datos donde se observó un comportamiento en U, indicativo que el comportamiento es posible de ser modelados en una función de crecimiento representada por un polinomio de segundo orden.

Para la interpolación se aplicó el método de kriging ordinario utilizando los parámetros que menores errores producían en las predicciones (Fig. 5).

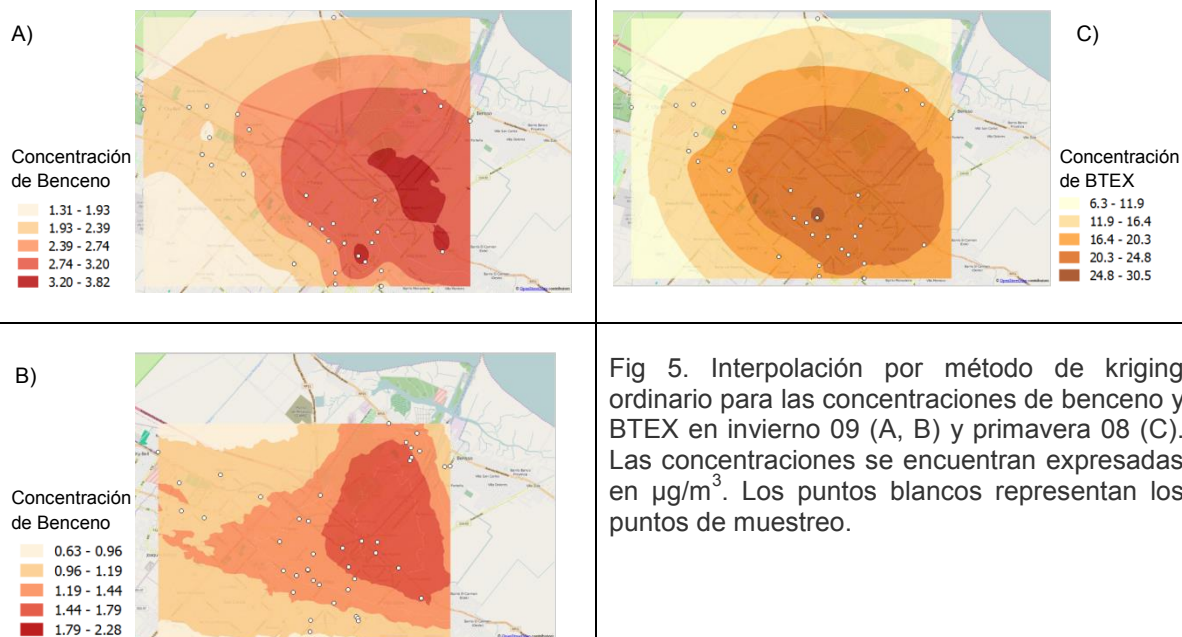


Fig 5. Interpolación por método de kriging ordinario para las concentraciones de benceno y BTEX en invierno 09 (A, B) y primavera 08 (C). Las concentraciones se encuentran expresadas en $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Los puntos blancos representan los puntos de muestreo.

La capa resultante se exportó en formato raster. Posteriormente, se calculó la superficie donde las concentraciones fueran superiores al límite establecido para EPA (adultos $0,275 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $1,19 \mu\text{g}/\text{m}^3$ niños) y para OMS (adultos $2,75 \mu\text{g}/\text{m}^3$; niños $11,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Se utilizó este archivo combinado con la capa de vulnerabilidad para obtener mapas de las zonas con riesgo a padecer cáncer.

Evaluando los valores establecidos por la OMS en los períodos estudiados, solo se observó una zona de riesgo para la población adulta en el invierno del 2009 (Fig. 9 A). En cambio, considerando los valores aceptables fijados por la EPA existen riesgos para adultos en toda el área de estudio para la primavera del 2008 e invierno de 2009 y en ciertas zonas para la población infantil (Fig. 6 B y C).

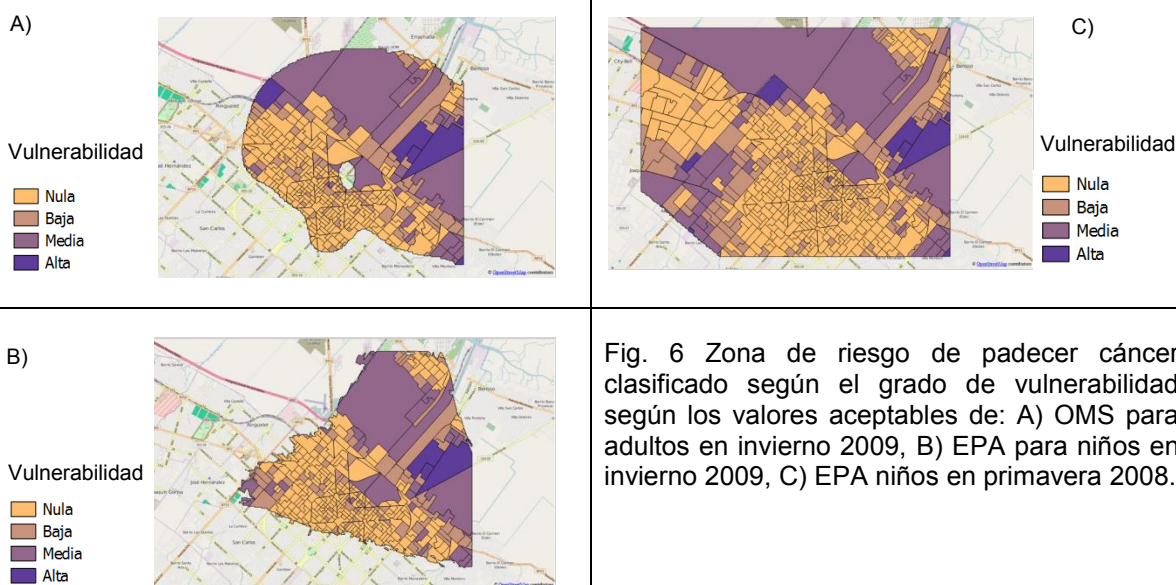




Fig. 6 Zona de riesgo de padecer cáncer clasificado según el grado de vulnerabilidad según los valores aceptables de: A) OMS para adultos en invierno 2009, B) EPA para niños en invierno 2009, C) EPA niños en primavera 2008.

| | | |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <p>III Congreso de la Sociedad de Análisis de Riesgos Latino Americana IPT, São Paulo, Brasil – del 10 al 13 de Mayo de 2016 <i>“Desarrollo y Riesgos en el contexto Latinoamericano”</i></p> |  <p>ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL</p> |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

La metodología ha incluido distintas herramientas de visualización SIG y de geoestadística para representar y explorar los patrones y relaciones espaciales que permitan mejorar y enriquecer la aprehensión de los fenómenos territoriales. Estas tecnologías han demostrado su versatilidad para el análisis espacial realizado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BUZAI G Y BAXENDALE. **Análisis Socioespacial con Sistemas de Información Geográficas: ordenamiento territorial, temáticas de base vectorial**. BsAs: Lugar Editorial, 2012. ISBN 978-950-895-409-4
- CAÑADA TORRECILLA, R., VIDAL DOMÍNGUEZ, M.J. Y MORENO JIMÉNEZ, A. Interpolación espacial y visualización cartográfica para el análisis de la justicia ambiental: ensayo metodológico sobre la contaminación por partículas atmosféricas en Madrid. ISBN: 978-84-472-1294-1
- COLMAN LERNER JE. Análisis y mitigación/remoción de Material Particulado (PM) y Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs) y semivolátiles (COSVs). Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias Exactas, UNLP. 2013
- COLMAN LERNER JE. , KOHAJDA T., AGUILAR ME., MASSOLO LA. , SÁNCHEZ EY. , PORTA AA. , OPITZ P., WICHMANN G., HERBARTH O., MUELLER A., Improvement of health risk factors after reduction of VOC concentrations in industrial and urban areas. Environmental Science and Pollution Research International, 21: 9676-9688. 2014.
- COLSA PÉREZA A., GONZÁLEZ LORENZO H., CAÑADA TORRECILLA R. Y MORENO JIMÉNEZ A. Caracterización de la calidad del aire en la ciudad de Valencia: Un análisis basado en la interpolación espacial de contaminantes. Publicado en resúmenes del XVI Congreso Nacional de Tecnologías de la Información Geográfica, **Anales**. 2014
- GUO H, LEE SC, CHAN LY, LI WM. Risk assessment of exposure to volatile organic compounds in different indoor environments. Environ Res. 2004. 94(1):57-66.
- INDEC. Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas en la Argentina. 2010.
- IPCS. Environmental Health criteria 214: Human Exposure Assessment. World Health Organization. Genova, 2000.
- NATENZON, C; MARLENKO N; GONZÁLEZ S; RÍOS D; MURGIDA A; MECONI G; CALVO A. Las dimensiones del riesgo en ámbitos urbanos: Catástrofes en el Área Metropolitana de Buenos Aires. 2003.
- NTP (National Toxicology Program). Report on Carcinogens, Thirteenth Edition. Research Triangle Park, NC: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service. 2014
- OLIVER, M.A., KRIGING, A method of interpolations for geographical information systems. Int. J. Geographical Information Systems. Vol. 4(3): 313-332. 1990
- OLIVER-SMITH, A, Theorizing Disasters. Nature, Power, and Culture?, In S. M. Hoffman y A. OliverSmith (eds.), Catastrophe & Culture. **The Anthropology of Disaster**, School of American Research-James Currey Ltd., Santa Fe y Oxford, pp. 23-47. 2002
- SÁNCHEZ R., SÁNCHEZ S, SÁNCHEZ RJ, ALCALÁ J, AGUIRRE GR, Análisis espacial estimado de regiones de riesgo por contaminantes que exceden con más frecuencia la norma en Guadalajara, México. ISSN 2334-2501. 2015