

## Comunicación Breve

# COMUNICACIÓN BREVE MODELACIÓN MATEMÁTICA DE LA DISTRIBUCIÓN DE COV'S EN EL AIRE DE LA CIUDAD DE CÓRDOBA, ARGENTINA.

SHORT COMMUNICATION  
MATHEMATIC MODELING OF THE DISTRIBUTION OF VOC'S IN THE AIR OF THE CITY OF CORDOBA, ARGENTINA.

*COMUNICAÇÃO CURTA  
MODELAGEM MATEMÁTICA DA DISTRIBUIÇÃO DE COVS NO AR DA CIDADE DE CORDOBA*

### Resumen:

La ciudad de Córdoba contó, a fines de siglo XX, con una red de monitoreo de contaminantes atmosféricos con la que se midieron rutinariamente NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub> y PM<sub>10</sub>. Ciertos contaminantes atmosféricos no convencionales como los Compuestos Orgánicos Volátiles (COV's), los datos existentes son poco consistentes y extensivos. Este trabajo parte de la necesidad de disponer de mediciones de concentración ambiente de COV's para la evaluación de riesgo en salud y para la toma de decisiones en políticas públicas y privadas, ya que las mismas requieren información sobre los niveles de exposición de la población al contaminante, el número de personas expuestas, el tiempo de exposición y el conocimiento de las relaciones cuantitativas entre exposición y efectos en la salud. En esta comunicación, partiremos del inventario

Sbarato R. D.<sup>1</sup>  
Rubio M.<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Observatorio Nacional de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable y Ministerio de Defensa de la Nación, ARGENTINA

<sup>2</sup>Grupo Espectroscopía Atómica y Nuclear, Fa.M.A.F, Universidad Nacional de Córdoba, ARGENTINA

<sup>3</sup>Laboratorio de Estudios Físicos, CEPROCOR, Córdoba, ARGENTINA

e-mail:ruben.sbarato@gmail.com

Trabajo recibido:  
Noviembre de 2017.  
Aprobado: 20 de  
Febrero de 2018.

de emisiones de contaminantes atmosféricos por fuentes móviles y fijas en la Ciudad de Córdoba existente para proceder a la modelación matemática de la distribución de concentraciones en la grilla ambiental determinada a los fines de la realización del inventario de emisiones.

**Palabras Clave:** Contaminación atmosférica, Ambiente, Córdoba, Distribución de COV's, Inventario de emisiones.

## Abstract

At the end of the XX Century, the city of Cordoba had a monitoring net of atmospheric contaminants which were regularly used to measure NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub> and PM<sub>10</sub>. For certain atmospheric contaminants such as Volatile Organic Compounds (VOCs), existent information is not consistent or enough. This work starts from the need to have measurements of environment concentration of VOCs to assess health risk and take decisions regarding public and private policies, since they require information about levels of population exposure to contaminants, number of people exposed, length of exposition, and the knowledge of quantitative relationships between exposition and effects on health. In this communication, we start from the existent inventory of emissions of atmospheric contaminants from fixed and mobile sources in the city of Cordoba to proceed to the mathematic modeling of the distribution of concentration in the environmental table definer in order to make the inventory of emissions.

**Key words:** Atmospheric pollution, Environment, Cordoba, VOCs, Inventory of Emissions

## Resumo

A cidade de Córdoba contava, no final do século XX, com uma rede de monitoramento de poluentes atmosféricos com a qual o NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub> e PM<sub>10</sub> eram medidos rotineiramente. Em certos poluentes atmosféricos não convencionais, como Compostos Orgânicos Voláteis (COVs), os dados existentes são inconsistentes e extensos. Este trabalho baseia-se na necessidade de medidas de concentração ambiental de COVs para avaliação de riscos à saúde e tomada de decisões em políticas públicas e privadas, sendo que necessitam de informações sobre os níveis de exposição da população ao poluente, o número de pessoas expostas, o tempo de exposição e o conhecimento das relações quantitativas entre a exposição e os efeitos na saúde. Nesta comunicação, começaremos a partir do inventário de emissões de poluentes atmosféricos baseado em fontes móveis e estacionárias existente na cidade de Córdoba para prosseguirmos com a modelagem matemática da distribuição das concentrações determinadas aos efeitos do inventário da rede ambiental de emissões.

**Palavras chave:** Poluição atmosférica, Meio ambiente, Córdoba, Distribuição de COVs, Inventário de emissões.

## Introducción

Estudios reportados<sup>1</sup> por la Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades, ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry) del Gobierno de los Estados Unidos dan cuenta de que en varios países se han arrojado evidencias sobre la asociación entre la contaminación atmosférica por COV's, en particular Benceno<sup>2</sup>, Tolueno<sup>3</sup> y Xileno<sup>4</sup>, y el incremento de la mortalidad y morbilidad debido, entre otras patologías, al riesgo aumentado de contraer leucemia mieloide aguda debido a una exposición de por vida a Benceno. Por otro lado, la sola evaluación de la exposición a contaminantes del aire en estas comunidades es una medida efectiva y eficiente para orientar los diferentes pro-

gramas o actividades para proteger a la población de sus potenciales efectos en la salud<sup>5</sup>. La ciudad de Córdoba cuenta con un inventario de emisiones de fuentes móviles que circulan por carreteras y de una de las fuentes fijas emisoras de COV's<sup>6</sup> que permite determinar a las primeras como la fuente de aproximadamente el 90% de las emisiones (30.000 Ton/año vs. 2.000 Ton/año) totales de este contaminante. Los modelos de calidad de aire usan técnicas matemáticas y numéricas para simular los procesos físicos y químicos que afectan a los contaminantes cuando se dispersan y reaccionan en la atmósfera<sup>7</sup>. Los modelos de dispersión de contaminantes resuelven las ecuaciones de difusión en forma aproximada y obtienen resultados muy rápidamente<sup>8</sup>. La ecuación de difusión gaussiana relaciona los niveles de inmisión en un punto con la cantidad de contaminantes vertidos a la atmósfera desde el foco emisor, teniendo en cuenta las condiciones de emisión de los gases y las características climáticas y topográficas del medio receptor. Se considera que el viento, la humedad, la temperatura y las precipitaciones tienen un papel importante en el aumento o disminución de la contaminación<sup>9</sup>. El viento generalmente favorece la dispersión de los contaminantes y la humedad juega un papel negativo en la dispersión de los mismos al aumentar la concentración de humos y polvo<sup>10</sup>. La estabilidad de la atmósfera depende de la diferencia de temperatura entre una masa de aire y la que la rodea. Se presentan diferentes estabilidades (A, B, C, D, E, F) que se denominan clases de estabilidad de Pasquill<sup>11</sup>. La modelación matemática de distribución de concentraciones de COV's en el aire de la ciudad fue el paso siguiente para determinar sus valores posibles, niveles relativos a la norma provincial<sup>12</sup> y la determinación, por esta vía de la necesidad o no de realizar monitoreos continuos.

### Métodos o desarrollo experimental

Debido a la importancia relativa de las emisiones de los vehículos que circulan en la ciudad de Córdoba y las estaciones de servicio instaladas en la misma, recurrimos al modelado matemático con el software SCREEN3<sup>13</sup> solamente para los automotores en las condiciones meteorológicas preponderantes de invierno y verano de 2015, las que representan las condiciones extremas para la dispersión de contaminantes.

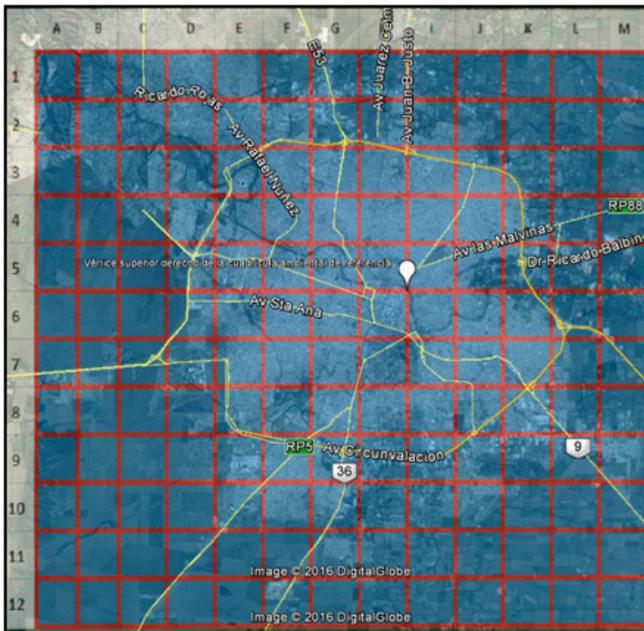


Figura N° 1: Grilla Ambiental de la ciudad de Córdoba.

A los fines de procesar y organizar la información ambiental sectorizamos el ejido urbano en un conjunto de “Barrios Ambientales”<sup>14,15</sup>, al que llamamos grilla ambiental y está compuesta por cuadrículas de 2x2km. Las cuadrículas ambientales son las unidades muestrales mínimas. La cuadrícula central (H6) tiene el vértice superior derecho sobre el punto 31°24'29.29" latitud sur y 64°10'34.35" longitud oeste y se ubica de tal manera que su orientación sea norte sur. Desde allí se superpone el resto de las cuadrículas (ver Fig. 1).

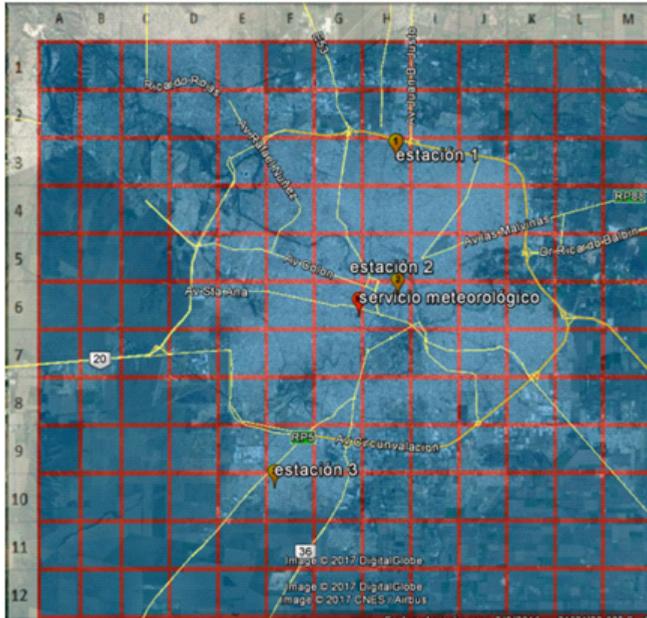


Figura N° 2: Ubicación de las estaciones meteorológicas propias y del SMN.

Contamos con las estadísticas del Servicio Meteorológico Nacional de 1883 a la fecha para el Centro de la Ciudad y con tres estaciones meteorológicas automáticas Easyweather PCE-FWS 20, ubicadas en Norte, Centro y Sur (ver Fig. 2)

Estas estaciones meteorológicas permitieron detectar de forma precisa la dirección y la velocidad del viento, presión atmosférica, temperatura, humedad relativa y pluviosidad<sup>16</sup>. En las Tablas 1 y 2 se representan los valores promedio del verano e invierno de 2014 y 2015. Los valores de las tres estaciones meteorológicas se promediaron, obteniéndose así un valor representativo para la ciudad.

Tabla N°1: Datos promedio verano 2014-2015.

Verano						
	Presión	Temp.	Hum.	Lluvia	V.V.	Dir.V.
Período		Media	Rel.		Media	Pred.
	(hPa)	(°C)	(%)	(mm)	(m/s)	
2014	961,4	22,2	62	116	3,1	NE
2015	959,4	23,0	68	117	2,9	NE
promedio	960,4	22,6	65	117	3,0	NE

Tabla N°2: Datos promedio verano 2014-2015.

Invierno						
	Presión	Temp.	Hum.	Lluvia	V.V.	Dir.V.
Período		Media	Rel.		Media	Pred.
	(hPa)	(°C)	(%)	(mm)	(m/s)	
2014	963,5	15,1	62	9	1,7	S
2015	961,5	15,3	58	13	1,7	S
promedio	962,5	15,2	60	11	2,0	S

Para el cálculo de las concentraciones de COV's para fuentes móviles en el invierno de 2015, utilizamos la dirección preponderante de viento Sur - Norte con una velocidad de 2 [m/s] (ver Fig. 3).

Mientras que para el cálculo para el verano de 2015, utilizamos la dirección preponderante de viento NE - SO con una velocidad de 3 [m/s] (ver Fig. 4).

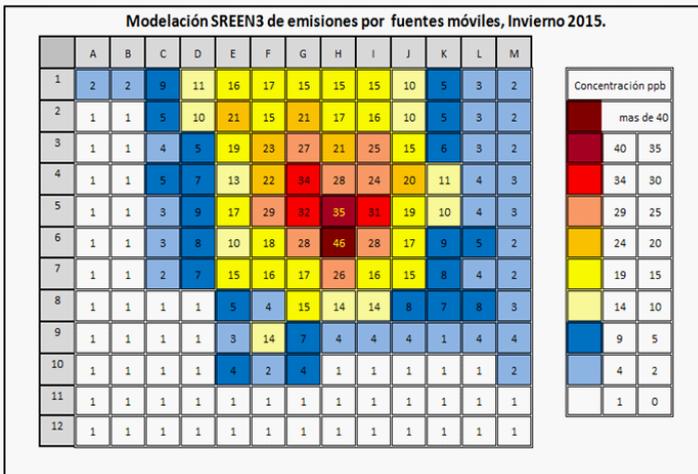


Figura N° 3: Concentraciones de COV's en la grilla ambiental de la ciudad de Córdoba, invierno 2015.

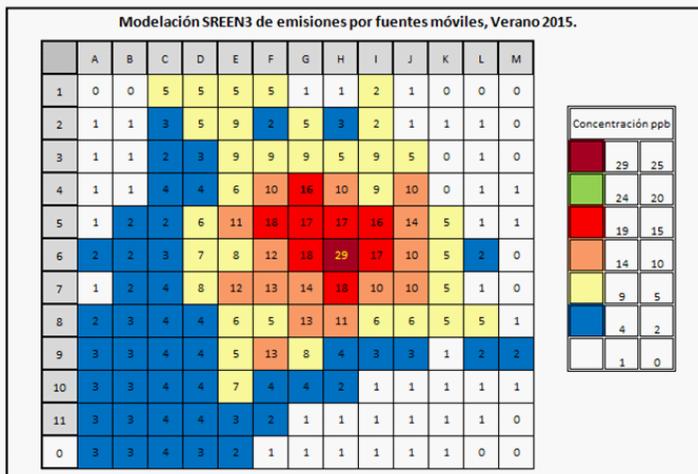


Figura N°4: Concentraciones de COV's en la grilla ambiental de la ciudad de Córdoba, verano 2015.

## Conclusiones

De acuerdo a los resultados de la modelación la cuadrícula más contaminada (H6), es el sector céntrico y coincide con el de mayor exposición de población transeúnte.

El valor de modelado máximo en H6 para fuentes móviles es de 46 ppb, esta predicción nos determina la necesidad de establecer un sistema de monitoreo.

Dicha estación debe estar ubicada en la cuadrícula H6 y dentro de la misma se deberán realizar la encuestas para determinar tiempos de permanencia diaria, semanal, mensual y anual de la población transeúnte en el sector.

Si el comportamiento de los promedios horarios de las mediciones respeta el comportamiento del tránsito, podremos decir de manera indubitable que la regulación de las fuentes móviles impactará positivamente en la salud de la población de la Ciudad de Córdoba.

De los resultados de esta modelación inferimos que la Ciudad de Córdoba está frente a una situación problema frente a los estándares de calidad de aire.

## Bibliografía

1. Agency for Toxic Substances and Diseases Registry. Page last reviewed; March 3, 2011; Page last updated: March 3, 2011; Content source: Agency for Toxic Substances and Disease Registry. <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp13.html>.
2. Agency for Toxic Substances and Diseases Registry. Toxicological Profile for Benzene. U.S. Department of Health and Human Services. August 2007. <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp3.pdf>.
3. Agency for Toxic Substances and Diseases Registry. Toxicological Profile for Toluene. U.S. Department of Health and Human Services. September 2000. <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp56.pdf>.
4. Agency for Toxic Substances and Diseases Registry. Toxicological Profile for Xylene. U.S. Department of Health and Human Services. August 2007. <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp71.pdf>.
5. Buckley T. J., Payne-Sturges D., Kim S. R. and Weaver V. COV Exposures in an Industry-Impacted Community. NUATRC Research Report, Number 4. Baltimore: Department of Environmental Health Sciences. Johns Hopkins Bloomberg School of Public Health. 2005.
6. Sbarato R. D. y Rubio M. 2017, Estimación de COV's emitidos por fuentes fijas y móviles en el aire de la ciudad de Córdoba, Argentina. Comunicación Breve. Revista de la Escuela de Salud Pública, Facultad de Ciencias Médicas, Universidad Nacional de Córdoba. ACEPTADO PARA PUBLICACIÓN.
7. Alcaide López de la Manzanara M T. 2000. Efectos ambientales del tráfico urbano: la evaluación de la contaminación atmosférica en Madrid. Tesis Doctoral de Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. España: 358 p.
8. Sanín Cortés N. 2002. Construcción de un modelo tridimensional para ajuste de campos de viento y dispersión de contaminantes en la atmósfera. Tesis Doctoral de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. España: 188 p.
9. Orozco Barrenetxea C, Pérez Serrano A, González Delgado MN, Rodríguez Vidal FJ & Alfayate Blanco JM. 2008. Contaminación Ambiental. Una visión desde la Química. Thomson Ed., Spain: 681 p.
10. Bustos Salas C. 2004. Aplicación de modelos de dispersión atmosférica en la evaluación de impacto ambiental: análisis del proceso. Tesis de Magister de la Universidad de Chile, Santiago, Chile: 86 p.
11. Henry J. G. and Heinke G.W. 1999. Ingeniería Ambiental. 2° Editorial Prentice Hall. México: 777 p.

12. Resolución 105 del Ministerio de Agua, Ambiente y Servicios Públicos. Boletín Oficial de la Provincia de Córdoba, año CIV - Tomo DCXXXI - N° 128 Córdoba, (R.A.), martes 4 de julio de 2017. [http://boletinoficial.cba.gov.ar/wp-content/4p96humuzp/2017/07/1\\_Secc\\_04072017.pdf](http://boletinoficial.cba.gov.ar/wp-content/4p96humuzp/2017/07/1_Secc_04072017.pdf).
13. SCREEN3 U.S.EPA, 2000. <https://www.epa.gov/scram/air-quality-dispersion-modeling-screening-models>.
14. Sbarato R D y colaboradores Metodologías de diagnóstico y pronóstico e contaminación atmosférica en ecosistemas urbanos. Córdoba: Ed. Universitaria; 2001. 276 p. ISBN:950-33-0285-4.
15. Sbarato R D, Ortega J E y Sbarato V M. Contaminación del Aire. Córdoba: Encuentro, Grupo Editor; 2009. 124 p. ISBN 978-987-1432-36-3.
16. Consejo Superior del Investigaciones Científicas, Centro de Astrobiología, Gobierno de España, 2012. <https://cab.inta-csic.es/uploads/culturacientifica/adjuntos/20130121115330.pdf>.