

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/279483572>

# Caracterización de emisiones atmosféricas por fuentes fijas industriales del Distrito de Barranquilla, Colombia

Conference Paper · August 2013

DOI: 10.13140/RG.2.1.1941.1047

CITATIONS

0

READS

1,272

2 authors, including:



Andres M. Vélez-Pereira

45 PUBLICATIONS 112 CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



University teaching: skills and tools improves learning [View project](#)



Modelación espacio-temporal de polen y esporas de hongos aerovagantes de Catalunya (1994-2015) [View project](#)

# IV Congreso Colombiano y Conferencia Internacional de Calidad del Aire y Salud Pública

Bogotá  
del 13 al 16 de agosto  
2013

Jorge E. Pachón  
(compilador)

Libro de Memorias  
Proceedings

Diseño de carátula:



Diseño Editorial:



Se autoriza la reproducción total o parcial de los artículos de las Memorias citando la fuente y el autor.



# IV

**CONGRESO  
COLOMBIANO  
Y CONFERENCIA  
INTERNACIONAL  
DE CALIDAD DEL  
AIRE Y SALUD  
PUBLICA**

# **4TH COLOMBIAN MEETING AND INTERNATIONAL CONFERENCE ON AIR QUALITY AND PUBLIC HEALTH**

**LIBRO DE MEMORIAS**

**PROCEEDINGS**

**EDITORES**

**JORGE E. PACHON**

Coordinador IV CASAP  
Conference Chair

**DIANA M. ROMERO**

Asistente IV CASAP

**BOGOTA**

AGOSTO 13 – 16 DE 2013

AUGUST 13-16, 2013

ISBN 978-958-8572-90-1

(C) Derechos reservados Universidad de La Salle

Oficina de Publicaciones  
Sede Chapinero, cra 5 nr 59A-44  
PBX 3488000 Exts. 1224 y 1276  
publicaciones@lasalle.edu.co  
www.lasalle.edu.co

Las memorias del IV CASAP estan disponibles  
en el link: <http://ingenieria.lasalle.edu.co/>

La Universidad de La Salle y las Memorias del  
IV CASAP no son responsables de las ideas  
y conceptos emitidos por los autores de los  
diferentes trabajos realizados.

Se autoriza la reproduccion total o parcial de  
los articulos de las Memorias citando la fuente  
y el autor.



**CARACTERIZACIÓN DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS  
POR FUENTES FIJAS INDUSTRIALES DEL DISTRITO  
DE BARRANQUILLA, COLOMBIA**

---

Vélez-Pereira, Andrés 1, Vergara Vasquez, Eliana 2

1 Director de programa de Ingeniería Ambiental, Facultad de Ciencias Ambientales, Universidad de la Costa

2 Grupo Biotecnológico Ambiental, Facultad de Ciencias Ambientales, Universidad de la Costa

Este artículo fue presentado para ser publicado en la Revista Epsilon

#### RESUMEN

Barranquilla se caracteriza por la diversidad de actividades industriales que centra su desarrollo económico, no obstante la presión ejercida sobre la calidad del aire se desconoce. La ciudad carece de un inventario de las emisiones atmosféricas que permitan definir tipo y características de contaminantes e incidencia de los mismos y su implicaciones en el Área Metropolitana, teniendo en cuenta la presencia de cuatro corredores industriales en la ciudad, 5 adicionales en el área metropolitana y una sexta en proyección. En este sentido se elaboró un diagnóstico de emisiones atmosféricas por fuentes fijas industriales del Distrito. Para el desarrollo del proyecto se establecieron tres fases en la primera se utilizó, el consolidado de la base de datos de las industrias con permisos de emisión atmosférica de la Autoridad Ambiental Distrital, en la segunda fase se realizó el escrutinio de los expedientes y finalmente se analizó la información contemplada en el Registro Único Ambiental manufacturero, analizando la información por tipo de contaminante emitido y distribución espacial de las industrias. Se obtuvieron 48 industrias localizadas en 4 zonas, donde el 31.25% se encuentran caracterizadas en cuanto al tipo, concentración y caudal de la emisión del contaminante. La mayoría de las industrias se reportan en la zona franca y el corredor industrial vía 40; y los principales contaminantes caracterizados arrojaron concentraciones entre  $1.03 \times 10^{-7}$ - $23.76$  kg/h para material particulado,  $2.4 \times 10^{-16}$ - $34.71$  kg/h y  $1.24 \times 10^{-8}$ - $31.10$  kg/h para NOx y SO2 respectivamente, reportando a los NOx como el contaminante mayoritario.

#### ABSTRACT

Barranquilla is characterized by the diversity of industrial activities that drive its economic development. However, the impacts of those industries to the air quality is unknown. The city lacks of an air emissions inventory that allows defining the type and characteristics of pollutants and incidence and their implications in the metropolitan area, taking into account four industrial corridors located in the city, five located in the metropolitan area and another one in project phase. Because of that a diagnosis of air emissions from stationary industrial district was carried out. To develop this work, three phases were established: the first one the consolidated database of industries with permissions of air emissions elaborated by the Environmental Authority of Barranquilla, in the second phase scrutiny of records was conducted, and finally analyzed the information listed in the National Register Environmental manufacturing, analyzing the data by type of emitted pollutant and spatial distribution of industries. 48 industries located in 4 areas were obtained, where 31.25% are characterized in terms of type, concentration and flow rate of pollutant emission. Most industries are reported in the free zone and the industrial corridor Via 40, and the main pollutants characterized gave concentrations between  $23.76$ - $1.03 \times 10^{-7}$  kg / h for particulate matter,  $2.4 \times 10^{-16}$ - $34.71$  kg / h and  $1.24 \times 10^{-8}$ - $31.10$  kg / h for NOx and SO2 respectively, reporting to the NOx as the major contaminant.

**PALABRAS CLAVES** Fuentes De Emisión Fija, Sector Industrial, Contaminación Atmosférica, Inventario De Emisión, Contaminantes Atmosféricos Criterio.

**KEYWORD** Stationary Sources Emission, Industry, Air Pollution, Emission Inventory, Criteria Pollutants.

## INTRODUCCIÓN

La contaminación atmosférica se define como la presencia en la atmósfera de elementos contaminantes que alteran su composición y que afectan a cualquier componente del ecosistema (Oyarzun, 2010). El punto de partida para su estudio en una región es la cuantificación de las emisiones a la atmósfera por las diferentes fuentes (Jaramillo et al, 2005), esta cuantificación se realiza a través de inventario de emisiones el cual es una herramienta fundamental para la comprensión de la contaminación del aire en cuanto a tipo y cantidad de contaminantes y su gestión a nivel regional (Streets et al., 2003), esta gestión se basa en el desarrollo de estrategias de control de emisiones eficaces para disminuir los niveles de contaminación atmosférica (Waked et al, 2012), además permite aplicar modelos de calidad del aire a escalas locales y regionales (Ferreira et al, 2013). Las estimaciones realizadas a través de un inventario de emisión pueden provenir de diversas fuentes las cuales se clasifican en móviles y fijas, e incluyen las fuentes de área y fuente puntuales. Las fuentes puntuales corresponden por lo general a chimeneas, en las cuales se originan los contaminantes y según las características de las operaciones y procesos y del tipo de combustible que utilizan en ellas, emiten diferentes tipos y cantidades de contaminante (Jaramillo et al, 2005).

Estos contaminantes pueden ser emitidos por una variedad de fuentes de origen natural o antropogénico (Alvarado et al, 2010), los compuestos de Nitrógeno de origen natural provienen de emisiones de los suelos, incendios forestales, descargas eléctricas y emisiones biogénicas (Mészáros, 1993). Los de origen antropogénico se dan en procesos de combustión en los motores de los vehículos y la quema de la biomasa (Viana, 2003). Las emisiones volcánicas constituyen una fuente de SO<sub>2</sub> natural (Keppler, 1999), los sulfatos de origen natural constituyen la fracción principal de material particulado, el cual también puede provenir de las fuentes industriales y el parque automotor (Amato et al, 2009, Edvardsson and Magnusson, 2009, Wu et al., 2006), las actividades portuarias como carga, descarga y transporte de

material también aportan material al ambiente (Moreno et al., 2007; Artiñano et al, 2007)

Numerosos estudios se han llevado a cabo, en la India para el periodo de 1985- 2005 se realizó un inventario de emisiones sobre las tendencias gases de efecto invernadero (GEI) y el material particulado suspendido (PST). En Shandong (China) para el año 2000 se llevó a cabo un inventario de emisiones el cual estimó concentraciones superiores a las realizadas por otros estudios para la mayoría de los contaminantes representados en el consumo de carbón a nivel rural (Wang et al, 2005, Ohara et al, 2007). En México en el año 2005 se llevó a cabo un inventario de emisiones de gases de efecto invernadero, el cual arrojó como resultado que los sectores transporte y de la industria de la transformación de energía son los que más emisiones de Gases de efecto invernadero (GEI) presentan (Flores et al, 2005). En estudio desarrollado en el sector Cali-Yumbo (Colombia), reflejó que el sector de la industria química es el de mayor participación en esta zona y genera el mayor grado de emisiones de COV (70%) y CO (49%), por su parte el sector industrial de papel y artes gráficas, aunque representa sólo el 11% del total de las empresas estudiadas (108), en la zona Cali-Yumbo genera el 56% de MP10, 43% de SO<sub>x</sub> y 39% de NO<sub>x</sub> (Jaramillo et al, 2005). En la comuna 4 de la ciudad de Cali en el año 2006 se desarrolló un Inventario de emisiones de contaminantes atmosféricos primarios de fuentes fijas puntuales, el cual estableció que el sector de fibras y textiles fue el mayor generador de emisiones de material particulado (PST) con el 50% del total de las 182 ton/año emitidas por las fuentes fijas inventariadas. Esto debido a que cinco (5) de sus industrias operan sus calderas con carbón como combustible sin ningún tipo de control y 165 ton/año de COV'S por el sector metalmecánico y artes gráficas, contaminantes que afectan el sistema respiratorio de las personas (Aponte et al, 2010). Lo que implica que la industria química y textil, son las que emite mayormente emisiones de contaminantes, la situación es preocupante teniendo en cuenta que esta última ha hecho una contribución al crecimiento económico del país debido a que alrededor de ella se ha creado una compleja

y diversificada actividad manufacturera y de servicios (Guía de buenas prácticas en el sector textil).

Barranquilla es una ciudad costera que cuenta con la presencia de fuentes fijas industriales de alimentos y bebidas, fabricación de productos elaborados con metal, productos metalúrgicos, fabricación de sustancias y/o productos químicos etc., de las cuales depende buena parte de la economía local, púes representa ingresos para sus pobladores, dinamiza el comercio y genera un empleos directos e indirectos. Pese a los beneficios económicos que se derivan del desarrollo de estas actividades industriales, existen indicios que la misma contribuye al deterioro de la calidad del aire en el área urbana, por el volumen de contaminantes que se emiten a la atmósfera local especialmente contaminantes criterios. Un estudio desarrollado por el Departamento Administrativo del Medio Ambiente de Barranquilla (DAMAB, s.f.) sobre los sectores corredor industrial de la Vía 40 desde el barrio Las Flores hasta el barrio Bellavista en la Calle 76 y el sector de la Loma 3, arrojó que los niveles más altos de PST se alcanzan en el sector de SIAPE y en el área de influencia de Quintal (Barrio El Castillo), el caso más crítico es el del sector de la Loma 3, en el área de influencia de Cemex de Colombia, en el que la concentración promedio de PM10 fue igual a 134,5 ug/m<sup>3</sup>, en cuanto a la difusión de gases (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO y O<sub>3</sub>) no se registraron estadísticos de consideración (Entrevista, 2010). A pesar de este estudio la ciudad no cuenta con otros registros que permitan establecer una relación de emisiones de contaminantes atmosféricos con la calidad del aire de la ciudad, ello implica la dificultad de tomar medidas preventivas y/o correctivas debido a que hay poca información de estos parámetros en la ciudad y la fuente que los está generando. Por tanto se hace necesario establecer este tipo de estudios que con base en una metodología robusta y estructurada lograra genera información sobre las emisiones proveniente de fuentes fijas especialmente del sector industrial en la ciudad.

## METODOLOGIA

### ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio corresponde al Distrito Especial de Barranquilla, que hace parte del Área





#### IDENTIFICACIÓN DE USUARIOS ASOCIADOS A LA EMISIÓN ATMOSFÉRICA PUNTUALES

Para la identificación de los usuarios industriales generadores de emisiones atmosféricas en el Distrito de Barranquilla se utilizó la base de datos del Departamento Administrativo y Distrital del Medio Ambiente de Barranquilla (DAMAB), en él se identificaron las industrias que cuentan con permiso de emisiones atmosféricas, y se realizó un cruce con la información consignada en sabana de Información del Registro Único Ambiental – RUA - para el Sector Manufacturero del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM

#### CARACTERIZACIÓN DE LAS EMISIONES Y DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LAS FUENTES

Para la caracterización de las fuentes de emi-

sión atmosférica industrial se procedió a realizar un escrutinio de la información reportada en el RUA manufacturero del IDEAM, para el periodo de registro del año 2010, esta información es suministrada por la Autoridad Ambiental Distrital DAMAB, en ella se hizo énfasis en la información relacionada a tipo de actividad, gasto de emisión, tipo de gases emitidos, carga de gas emitido, ubicación de la chimenea, y el sector al que pertenece la industria. La información presentada en las bases del RUA se reportó de la misma manera que se registra, no obstante lo que si se verificó fueron los cálculos de las emisiones a partir de la información que se consigna en los formatos de caudal del gas y concentración de la especie química. Esta información no pudo ser validada por que no se pudo confrontar los resultados del monitoreo presente en los expedientes.

Para establecer la distribución espacial de las

fuentes de emisión en el Distrito de Barranquilla se empleó el software AUTOCAD y SURFER para ubicar las coordenadas registradas por los usuarios en el RUA manufacturero, generando un mapa donde se presentan las industrial que presentan fuentes de emisión puntual codificada en dos tonos, las caracterizadas por el color naranja y las no caracterizadas por color rojo.

#### RESULTADOS Y ANÁLISIS

En general esta sabana de información presentada por el DAMAB contempla el registro a fecha de Enero de 2012 a 48 empresas generadoras de emisiones atmosféricas en fuentes puntuales de los diversos sectores económicos, representándose la Tabla 1 donde la actividad o industria de mayor incidencia en las emisiones atmosféricas fijas industriales es la de alimentos y bebidas.

Tabla 1. Distribución de industrias en el Distrito de Barranquilla asociadas a fuentes fijas de emisión atmosférica.

Tipo de Industria o Actividad según el CIU*	Numero	Porcentaje
Alimenticios y bebidas	18	37,50%
Tabaco	1	2,08%
Textiles	2	4,17%
Industrias de Cuero y Curtiembre	2	4,17%
Industria Maderera	1	2,08%
Asociadas a Papel, Cartón o Litografía	5	10,42%
Sustancias y productos químicos	7	14,58%
Productos de caucho y de plástico	1	2,08%
Productos minerales no metálicos	5	10,42%
Productos metalúrgicos básicos	2	4,17%
Productos elaborados de metal	3	6,25%
Maquinaria y equipo	1	2,08%
Total	48	100%

\*Reconstruida por el autor con base en la información del RUA Manufacturero y los códigos CIU versión 3.0

En la Tabla 2 Se observa un resumen de las emisiones asociadas al tipo de industria o actividad, de esta se puede evidenciar que no todos los sectores presentan caracterización, adicionalmente se observa que el contaminante criterio que más se monitorea o reporta son los óxidos de nitrógeno. Así mismo se hace necesario plantear que solo se reportan el 31.25% de las fuentes se encuentran caracterizadas en cuanto al tipo, concentración y caudal de contaminantes. Al mismo tiempo se aclara que los flujos máxicos de contaminantes (emisión) presentan en algunos casos recalculados a partir de la información consignada, puesto que para algunas empresas su reporte era “blank” (en blanco) o

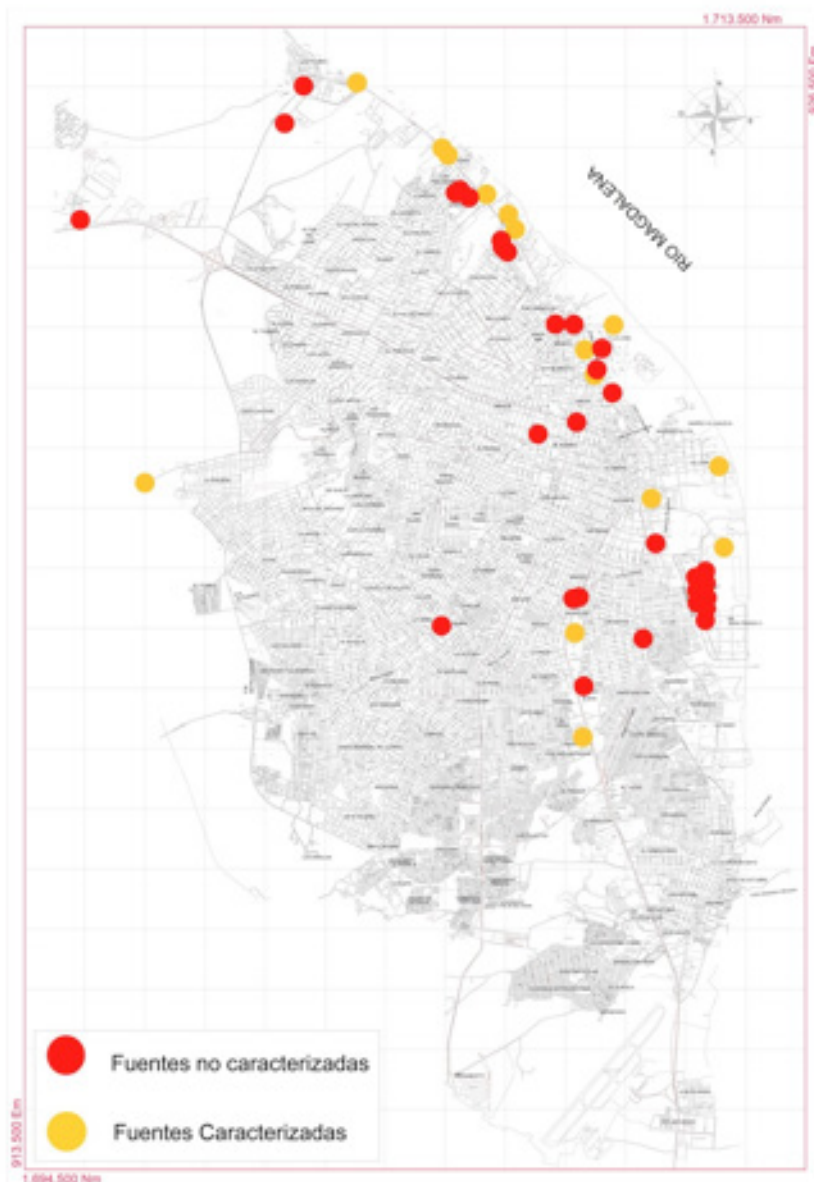
simplemente el valor empleado para la emisión de un contaminante se repetía para los demás gases medidos en la misma fuente, presentándose valores irreales de emisión para cada uno de los tipos de contaminantes. De esta misma tabla se puede inferir que la emisión de PST posee un promedio de 109,0 ton/año, mientras que para el caso de los NOx es de 239.12 ton/año, para el SO2 con un valor medio de 171,47 ton/año y por último el CO con 0,11 Ton/año

Para el caso de la distribución espacial la mayoría de estas fuentes se encuentran localizadas en cuatro zonas reconocidas como zonas industriales en la ciudad de Barranquilla, la vía 40, denominado el corredor industrial del dis-

trito que va paralelo a la rivera izquierda del río Magdalena desde la calle 34 hasta las flores al norte del Distrito. La segunda y tercera zona identificada es la zona franca Industrial y sociedad portuaria del distrito ubicado en la rivera izquierda del río Magdalena contiguo a la salida del puente Pumarejo. La última zona identificada es un pequeño corredor en la calle 30 entre las carreras 4 y 23, no obstante existen fuentes puntuales de emisión que no se ajustan a las zonas identificadas (ver Figura 2).

**Tabla 2.** Caracterización de las emisiones atmosféricas por fuentes fijas industriales del Distrito de Barranquilla por tipo de industria

Caracterización de la emisión		Tipo de Industria o Actividad según el CIU					
Contaminante Criterio	Parámetro	Alimenticios y bebidas	Tabaco	Asociadas a Papel, Cartón o Litografía	Sustancias y productos químicos	Productos minerales no metálicos	Productos metalúrgicos básicos
Caudal (m <sup>3</sup> /h)	$\bar{X}$	8156,5	3150,0	37935,0	29854,3	45921,0	8232,9
	Total	6,7·10 <sup>-6</sup> - 18,4	0,8 - 0,9	1,2 - 15,3	0,3 - 32,2	2,9 - 22,7	0,1 - 8,4
PST (kg/año)	$\bar{X}$	2970,5		4844,5	17095,8	803,9	11,4
	Rango	9,0·10 <sup>-4</sup> - 41445,1		2420,4 - 7428,2	0,2 - 208162,9	N/A	N/A
	Total	62379,7		19378,1	461587,4	1607,8	90,8
NO <sub>x</sub> (kg/año)	$\bar{X}$	2374,7	615,2	20624,0	46929,5	5504,5	28677
	Rango	2,1·10 <sup>-12</sup> - 14,9 10 <sup>3</sup>	586,2 - 644,3	543,6 – 35,6 10 <sup>3</sup>	2,3 10 <sup>3</sup> – 304,1 10 <sup>3</sup>	4,6 10 <sup>3</sup> – 6,4 10 <sup>3</sup>	211,6 – 16,4 10 <sup>3</sup>
	Total	49868,22	1230,5	82496,0	1267095,5	11009,0	22941,4
SO <sub>2</sub> (kg/año)	$\bar{X}$	2826,13		613,30	16763,16		
	Rango	1,08·10 <sup>-4</sup> – 46,7 10 <sup>3</sup>		198,38 – 1,1 10 <sup>3</sup>	480,23 – 27,3 10 <sup>3</sup>		
	Total	59348,72		2453,18	452605,45		
CO (kg/año)	$\bar{X}$	5,01					
	Rango	N/A					
	Total	105,12					



## CONCLUSIONES

La caracterización de las emisiones fijas industriales del distrito de barranquilla presenta una aproximación de las posibles incidencia que poseen estas emisiones sobre la calidad del aire, no obstante la información aquí recopilada es muy escasa, no se ha podido validar la veracidad de la información atribuido probablemente a un mal diligenciamiento de la información en el RUA Manufacturero, por lo que se sugiere hacer un proceso de interventoría de la información presentada en el RUA manufacturero y la información que reposa en los expedientes del DAMAB, adicional de un proceso de capacitación a los usuarios sobre el uso y diligenciamiento de estos formatos que permitan obtener una información veraz y que pueda ser confrontada con lo expresado en los permisos de emisión.

## REFERENCIAS

- Alvarado, S., Silva, C y Cáceres, D. (2010). Modelación de episodios críticos de contaminación por material particulado (PM10) en Santiago de Chile. Comparación de la eficiencia predictiva de los modelos paramétricos y no paramétricos. *Gaceta Sanitaria*, 24(6), 466–472.
- Amato, F., Pandolfi, M., Viana, M., Querol, X., Alastuey, A., Moreno, T., (2009). Spatial and chemical patterns of PM10 in road dust deposited in urban environment, *Atmospheric Environment* 43, 1650–1659.
- Aponte, C., Silva, J-P., y Laín, S. (2010). Inventario de emisiones de contaminantes atmosféricos primarios de fuentes fijas puntuales en la Comuna 4 de la ciudad de Cali. *El Hombre y la Máquina*. Universidad Autónoma de Occidente. 34. 106-114.
- Artiñano, B., Gomez, F.J., Pujadas, M, Moreno,N., Alastuey, A., Querol, X., Marin, F., Guerra, A., Luaces, J.A and Basora, J. (2007). Measurement of particulate concentrations produced during bulk material handling at the Tarragona harbor. *Atmospheric Environment* 41, 6344–6355.
- Distrito de Barranquilla (2013). Sitio oficial de internet, Consultado el 2 de Julio de 2013, recuperado del URL: [http://www.barranquilla.gov.co/index.php?option=com\\_content&view=article&id=28&Itemid=119](http://www.barranquilla.gov.co/index.php?option=com_content&view=article&id=28&Itemid=119)
- Edvardsson, K and Magnusson, R., (2009). Monitoring of dust emission on gravel roads: Development of a mobile methodology and examination of horizontal diffusion. *Atmospheric Environment* 43, 889–896.
- Ferreira, J., Guevara, M., Baldasano, J.M., Tchepel, O., Shaap , M., Miranda, A.I y Borrego, C (2013). Comparative analysis of two highly spatially resolved European atmospheric emission inventories. *Atmospheric Environment* 75, 43-57.
- Flores, R, Muñoz, R., y Villalba, D (2005). Inventario de emisiones en 2005 de gases de efecto invernadero por el sector energético mexicano. *RIIT Vol.X. Núm.1*. 2010 35-43.
- Jaramillo, M., Nuñez, M., Ocampo, W., Pérez, diego y Portilla, G (2005). Inventario de emisiones de contaminantes atmosféricos por fuentes puntuales en la zona Cali-Yumbo (Colombia). *Ingeniería y Desarrollo*. Facultad de Ingeniería, Pontificia Universidad Javeriana, Cali (Colombia). 17, 116-129.
- Keppler, H., (1999). Experimental védense for the source of excess sulfur in explosive volcanic eruptions. *Science* 284, 1652-1654.
- Mészáros., E (1993). *Global and Regional Changes in Atmospheric Composition*. Lewis Publications, Boca Raton.
- Moreno, N., Alastuey, A., Querol, X., Artiñano, B., Guerra, A., Luaces, J.A., Lorente, A., Basora, J., (2007). Characterization of dust material emitted during harbour operations (HADA Project). *Atmospheric Environment* 41, 719–731.
- Ohara, T., Akimoto, H., Kurokawa, K., Horii, N., Yamaji, K., Yan, X. (2007). An Asian emission inventory of anthropogenic emission sources for the period 1980e2020. *Atmospheric Chemistry and Physics* 7, 4419-4444.
- Oyarzun, M (2010). Contaminación aérea y sus efectos en la salud. *Revista Chilena Enfermedades Respiratorias*. Facultad de Medicina. Universidad de Chile. 26, 16-25.
- Streets, D.G., Bond, T.C., Carmichael, G.R. (2003). An inventory of gaseous and primary aerosol emissions in Asia in the year 2000. *Journal of Geophysical Research* 108 (D21).
- Viana, M., (2003). Niveles, composición y origen del material particulado atmosférico en los sectores norte y este de la península Ibérica y Canarias. *Barcelona: Universidad de Barcelona*. 1 p.
- Waked, A., Afif, C y Seigneur, C. (2012). An atmospheric emission inventory of anthropogenic and biogenic sources for Lebanon *Atmospheric Environment* 50, 88-96.
- Wang, X., Mauzerall, D, Hu, Y., Rusell, A., Larson, E., Woo, J-H., Strert and Guenther, A. (2005). A high-resolution emission inventory for eastern China in 2000 and three scenarios for 2020. *Atmospheric Environment* 39 (2005) 5917–5933.
- Wu, Y-S., Fang, G-C., Lin, J-B., Lin, J-G., Huang, S-H., Rau, J-Y., 2006. Atmospheric pollutants study of particles and metallic elements during high wind speed (wind speed  $\geq 6$  m/s) near Taiwan Strait around central Taiwan. *Toxicology and Industrial Health* 22, 1-13.



Otro patrocinadores:



FPIT - FUNDACIÓN PARA LA PROMOCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN Y LA TECNOLOGÍA



Instituciones de apoyo:



oportunidades para todos

