



Corporación Autónoma
Regional del Valle del Cauca

Emisiones Rellenos y VOC's en el Area de Influencia

Dirección Técnica Ambiental

Grupo Manejo Ambiental en Centros Poblados

Germán Restrepo López, Químico.

Leonardo Aponte, Químico.

german.restrepo@cvc.gov.co

leonardo.aponte@cvc.gov.co

Septiembre de 2011

RESUMEN

En el Valle del Cauca existen cuatro sitios de disposición de residuos sólidos, a saber: Navarro, Yotoco, Presidente y Córdoba, siendo el más antiguo el relleno sanitario de Navarro, que por 40 años sirvió de depósito de las basuras de municipales, industriales y comerciales de los municipios de Cali, Yumbo y Jamundí. Navarro fue cerrado desde agosto de 2008 y reemplazado por el Relleno Sanitario de Yotoco, en el que son dispuestas las basuras de Cali. Por su parte, Presidente sirve a 17 municipios del Valle del Cauca, y Córdoba al municipio de Buenaventura. En estos sitios de disposición se acumulan prácticamente todas las basuras producidas en el Valle del Cauca, con una producción estimada de 3.000 ton/día. El presente estudio, realizado como parte de los proyectos del Plan de Acción 2007 – 2011 de la Dirección General de la CVC, tiene como objeto identificar los compuestos presentes en los gases emitidos por los rellenos sanitarios, particularmente aquellos que representan riesgos para la salud. Complementariamente, la medición de Benceno, Tolueno y Xileno en el área de influencia del relleno de Navarro, utilizando la tecnología de muestreadores pasivos.

ABSTRACTS

In the Valle del Cauca Department, located at the South West of Colombia, there are four landfills for the disposal of combined municipal and industrial solid waste. Of these landfills Navarro is the oldest one that served for more than 40 years the city of Cali and neighboring towns. The Navarro landfill was closed in 2008 and replaced with the landfill of Yotoco. The other sites are Presidente, at the central valley, which serves 17 towns, and Cordoba in Buenaventura. In these four sites are disposed around 3 000 tones / day of solid waste generated in the department. The present research has the goal of identify the compounds present in gas emitted from the related landfills, especially those that may represent any health risks. Additionally, the measurement of Benzene, Toluene and Xylene using passive samplers was carried out in the surrounding area of the Navarro Landfill.

INTRODUCCION

Los gases emitidos por los rellenos sanitarios son causantes de olores que pueden afectar las áreas vecinas. Además de las emisiones por evaporación directa de productos químicos presentes en los residuos depositados, los residuos orgánicos de origen doméstico, comercial o industrial son descompuestos por bacterias liberando gases olorosos y compuestos orgánicos volátiles – COV's. Las reacciones de descomposición dependen de diversos factores, como la humedad, los niveles de oxígeno y la temperatura al interior del relleno, además del tipo de residuos.

Entre los gases producidos el metano y el dióxido de carbono se presentan en mayor proporción, puesto que corresponden al producto final de la descomposición bacteriana de la materia orgánica. Sin embargo, estos gases no representan riesgos para la salud, ni son causantes de olores. A pesar de que el metano es inflamable, no representa peligro de incendio o explosión una vez liberado al aire, siendo la mayor preocupación respecto al metano su potencial como gas efecto invernadero 23 veces mayor que el CO₂. Le siguen en abundancia los compuestos de azufre, como son los mercaptanos, el sulfuro de dimetilo y el ácido sulfhídrico (H₂S), principales causantes de olores nauseabundos, con un olor característico a podredumbre.

Otros gases característicos emitidos en los rellenos, aunque en menor proporción, son los COV's. Algunos de estos compuestos aunque según la literatura especializada se encuentran en contenidos menores al 1% en peso de los gases emitidos, son clasificados como peligrosos para la salud. Entre ellos se encuentran principalmente el benceno, tolueno, cloroformo, cloruro de vinilo, tetracloruro de carbono, y el 1,1,1 tricloroetano.

Algunos compuestos inorgánicos también son emitidos por los rellenos, siendo el Mercurio el que mayores riesgos representa para la salud. El mercurio proviene principalmente de los tubos fluorescentes, termómetros, pilas, pinturas de látex y cápsulas de amalgamas dentales. Este metal, bajo las múltiples reacciones de transformación de la materia orgánica, finalmente produce la forma orgánica de metil mercurio, reconocida por su alta toxicidad para los seres vivos.

Metodología

Para la medición de las emisiones por las chimeneas de los rellenos sanitarios se utilizó un analizador infrarrojo portátil, el cual permite identificar más de 120 compuestos presentes en los gases muestreados.

Figura 1. Analizador Portátil Thermo Scientific* MIRAN SapphIRe



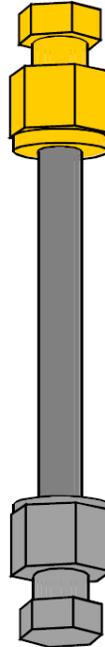


Corporación Autónoma
Regional del Valle del Cauca

Analizador Portátil Thermo Scientific* MIRAN SappiRe

Figura 2. Muestreador pasivo para determinación de COV's – Laboratorios IVL

gas	$\mu\text{g m}^{-3}$
benzene	0.16-100
toluene	0.20-100
n-octane	0.13-100
ethyl benzene	0.09-100
m+p-xylene	0.18-150
o-xylene	0.12-100
butyl acetate	0.20-100
n-nonane	0.12-100



IVL Swedish Environmental
Research Institute

Adicionalmente, para la determinación de COV's en el área de influencia del Relleno Sanitario de Navarro se instalaron muestreadores pasivos producidos por el Instituto de Investigación Ambiental de Suecia –IVL, específicos para Benceno, Tolueno y Xileno.

MEDICION DE EMISIONES EN LAS CHIMENEAS DE LOS RELLENOS

Se realizaron tres jornadas de muestreo en las chimeneas de los rellenos sanitarios de Presidente, Córdoba y Navarro (diciembre 2008, febrero y marzo de 2009). Se hicieron mediciones directas en la totalidad de las chimeneas de los rellenos sanitarios de Navarro y Córdoba (4 y 9 chimeneas). En el relleno de Presidente las mediciones se hicieron en 19 de las chimeneas existentes, seleccionadas aleatoriamente, dado la gran cantidad instaladas y en funcionamiento.

Se tomó la precaución de apagar las teas previamente para poder hacer las mediciones evitando así la interferencia causada por el vapor de agua generado en la combustión del gas. En los rellenos de Navarro y Córdoba no se tienen teas instaladas. En Navarro

los muestreos se realizaron solamente en el sector antiguo, sellado desde hace algunos años, puesto que en los vasos nuevos, actualmente en proceso de sellado, no se han instalado chimeneas para evacuación de los gases.

Figura 3. Monitoreo en Relleno Sanitario de Presidente



RESULTADOS:

En la tabla No. 1 se presentan los compuestos identificados en cada uno de los rellenos muestreados. Se destaca la presencia de más compuestos en las emisiones del relleno de Córdoba, lo cual se explica por las condiciones de mayor temperatura y humedad que favorecen las reacciones de descomposición de la materia orgánica, y probablemente debido también al tipo de residuos con un mayor contenido de materia putrescible.

Tabla 1. Compuestos Orgánicos Volátiles detectados en los Rellenos Navarro, Presidente y Córdoba.

EPA *	PRESIDENTE	NAVARRO	CORDOBA
		Acetileno	Acetileno
Acetona	Acetona		
Acetonitrilo			Acetonitrilo
		Amoniaco	
	Anilina		Anilina
	Benzaldehido	Benzaldehido	Benzaldehido
	1-Bromobutano	1-Bromobutano	1-Bromobutano
1,1-Dicloroetano			1,1-Dicloroetano
1,2- Dicloroetano		1,2- Dicloroetano	1,2- Dicloroetano



Corporación Autónoma
Regional del Valle del Cauca

	1-Bromopropano		
			Bromuro de propilo
		Butil acetato	
EPA *1	PRESIDENTE	NAVARRO	CORDOBA
Cloruro de vinilo		Cloruro de vinilo	
Clorobenceno			Clorobenceno
			Clorotrifluoroetano
		Dietilamina	
	Dimetil carbonato	Dimetil carbonato	
			Cloruro de vinilo
	Dióxido de azufre		Dióxido de azufre
Etil mercaptano	Etil mercaptano	Etil mercaptano	
	Formaldehido	Formaldehido	Formaldehido
	Heptano	Heptano	Heptano
		Hidrazina	
	Isobutano		Isobutano
	Metano	Metano	Metano
	Metil acetileno		Metil acetato
		Metil acetileno	Metil acetileno
	Metil Pirrolidona	Metil pirrolidona	Metil pirrolidona
	Metil salicilato	Metil salicilato	Metil salicilato
			Nitrobenceno
			Octano
	Octil mercaptano		
		Oxido Nitroso	Oxido nitroso
			Piridina
1,1,2,2-Tetracloroetano			1,1,2,2-Tetracloroetano
		1,1,2,2-Tetracloroetileno	
		Tetracloruro de carbono	
			1,1,1,2-Tetrafluoroetano
	Tetrafluorometano	Tetrafluorometano	Tetrafluorometano
1,1,1-Tricloroetano			1,1,1-Tricloroetano
		1,1,1- Trifluoroetano	
			Trifluorocloroetileno
	Trietilamina		
	Tolueno	Tolueno	Tolueno

Observaciones:

* *Compuestos identificados en los gases emitidos por los rellenos sanitarios en los Estados Unidos, según reporte de la EPA.*

En negrilla los compuestos incluidos en la lista de contaminantes atmosféricos peligrosos de la EPA.

¹ Guidance for evaluating landfill gas emissions from closed or abandoned facilities. EPA-600/R-05/123^a, September 2005. P.1-5



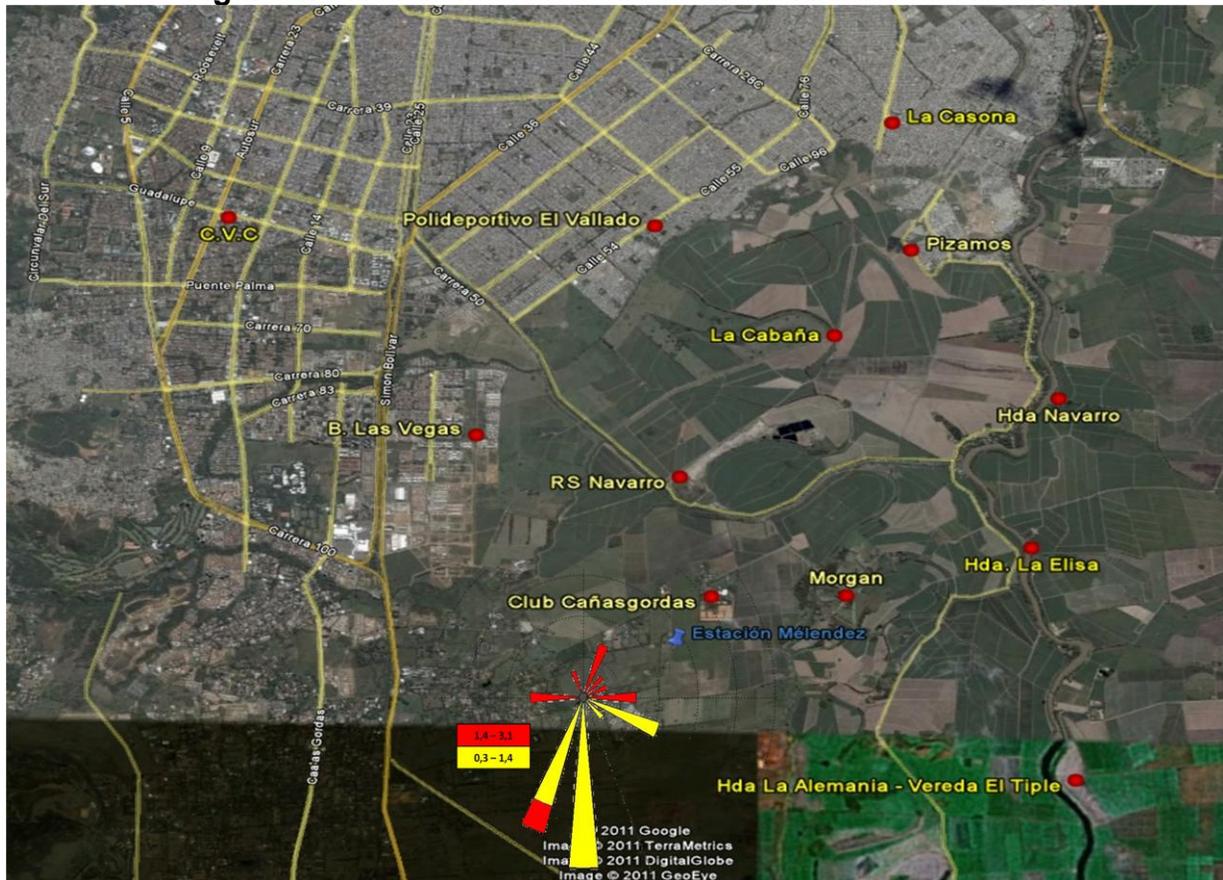
*Corporación Autónoma
Regional del Valle del Cauca*

MEDICION DE VOC'S EN EL AIRE EN EL AREA DE INFLUENCIA DE NAVARRO

Con el propósito de verificar el origen de las emisiones de BTX, los cuales son generados por emisiones de vehículos a gasolina y diesel además de la descomposición de basuras en el relleno sanitario, se instalaron muestreadores pasivos para el análisis de los compuestos orgánicos volátiles Benceno, Tolueno y Xilenos, además de muestreadores pasivos para óxidos de nitrógeno y óxidos de azufre, estos últimos como indicadores de las emisiones vehiculares en el área urbana. Los muestreadores estuvieron expuestos al aire ambiente durante 7 días, que corresponde al periodo máximo recomendado para BTX por el fabricante. Una vez cumplido este periodo, fueron retirados y empacados siguiendo las instrucciones de manejo y enviados por correo certificado a los laboratorios del IVL en Suecia para su análisis.

En el diseño de esta campaña de monitoreo se incluyen 11 puntos en total, 5 dentro del perímetro urbano de la ciudad de Cali y los 6 restantes alrededor del Relleno Sanitario, incluyendo los límites de la zona urbanizada y la zona agrícola, además de un punto de control ubicado a 7 km al SE en medio de cultivos agrícolas en jurisdicción del municipio de Candelaria.

Figura 4. Sitios de muestreo alrededor del Relleno de Navarro





Corporación Autónoma
Regional del Valle del Cauca

Condiciones meteorológicas en el sector.

La rosa de vientos de la Estación Meteorológica Meléndez de la Red Automática de Meteorología de Cenicaña, presenta un giro de 360° en la dirección del viento durante el día, con vientos con velocidades comprendidas entre 1.4 m/s y 3.1m/s provenientes de las direcciones oeste a sureste y los vientos con bajas velocidades 0.5 a 1.3 entre las direcciones sur-oeste, sur y este sur-este.

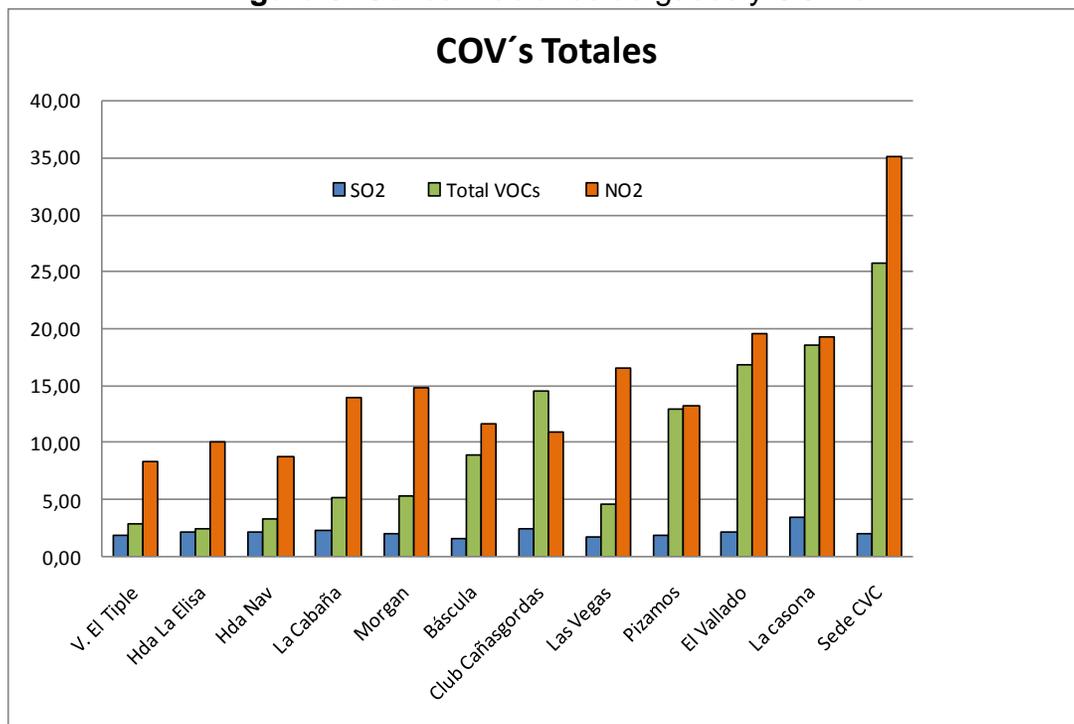
Es importante observar que los vientos del Sur y del Este con bajas velocidades transportan los gases emitidos en el relleno hacia la ciudad con mayores concentraciones dado que la dispersión es menor. Esta situación se presenta desde la madrugada hasta media mañana. En horas de la tarde, con mayores velocidades de viento, los contaminantes urbanos y del relleno son transportados hacia el área rural.

RESULTADOS:

Influencia del tránsito automotor.

En los resultados de las mediciones realizadas se evidencia la influencia de las emisiones por fuentes móviles, dentro del perímetro urbano de la ciudad, como se corrobora con las concentraciones medidas de NO₂: Estaciones El Vallado, La Casona y CVC, correspondiendo este último al punto de muestreo más alejado del relleno sanitario y contiguo al cruce de dos avenidas de alto tráfico.

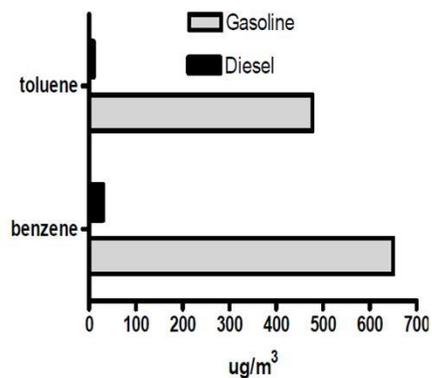
Figura 5. Concentraciones de gases y COV's



Se obtienen valores de 20 μg de NO_2 , / m^3 en El Vallado y La Casona y de 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en CVC. Las Vegas y Pízamos, que están en el límite del perímetro urbano, registran valores de 13 y 17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente, mientras que en los demás sitios, correspondientes a la zona rural, los niveles de NO_2 se encuentran entre 10 y 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Se observa coincidencia en el incremento en la sumatoria de los compuestos orgánicos volátiles con los valores de NO_2 registrados. Sin embargo, en el barrio las Vegas, a pesar de que los niveles de NO_2 coinciden con los registrados en los sitios monitoreados al borde del perímetro urbano, el total de COV's es tan bajo como en los sitios rurales más próximos al relleno, como son Morgan y La Cabaña, por lo que no se descarta un posible error de medición de COV's en esta muestra.

Figura 6. Contenido de COV'S en gasolina y diesel²

Comparison of Selected Aromatic VOCs (High Exposure Level)



With the exception of select classes of organics, the gasoline atmosphere has much higher volatile organics, including “air toxics”

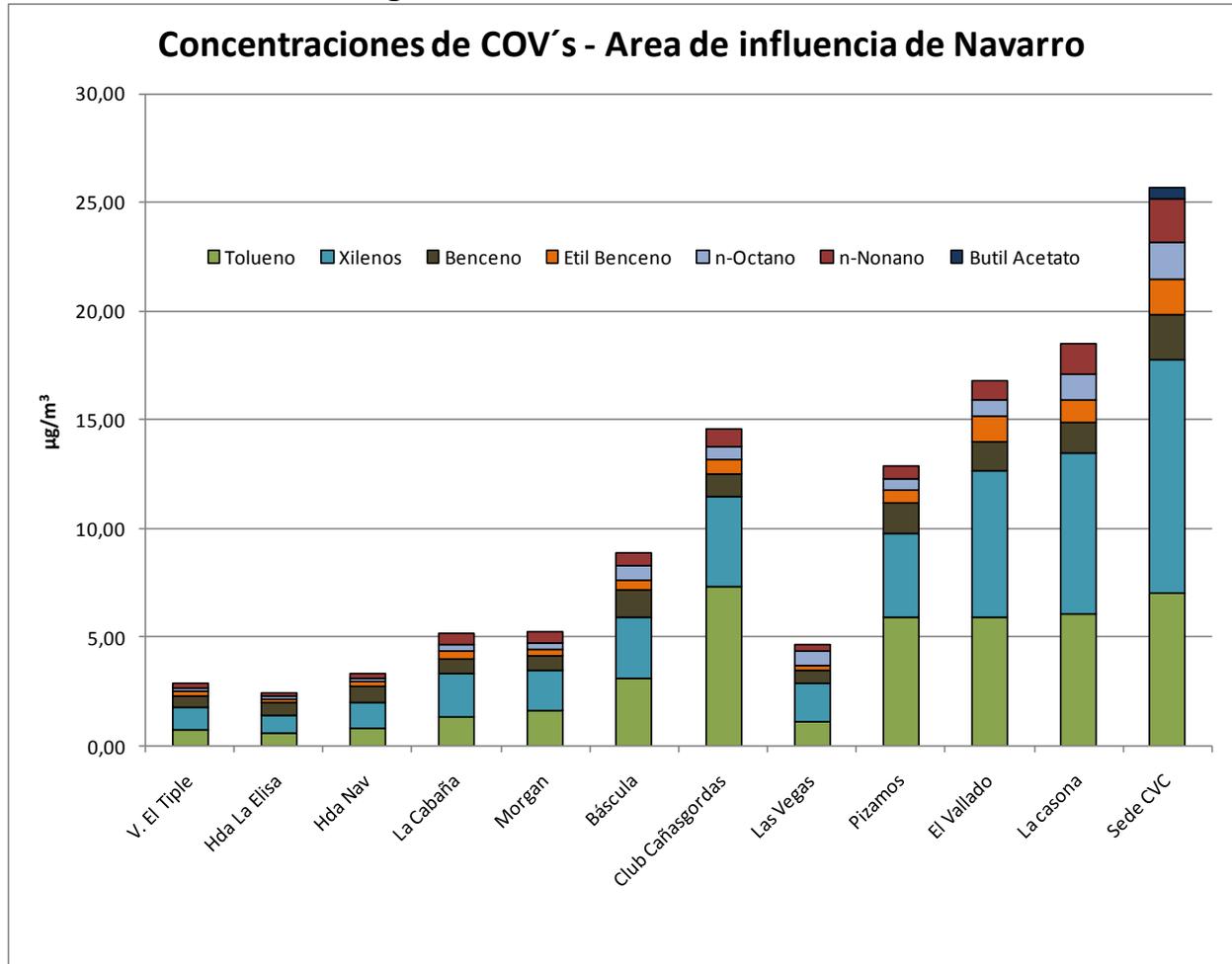
Respecto al SO_2 , atribuido principalmente a las emisiones diesel, no se aprecian diferencias significativas en los niveles de en los sitios de muestreo. Todos los valores se encuentran en el rango de 1.8 y 2.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, excepto en la entrada al relleno (báscula) con 1.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y en la Casona con 3.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

² Tomado de: Diesel and Gasoline Engine Emissions: Characterization of atmosphere Composition and Health Responses to Inhaled Emissions. Jake McDonald - Lovelace Respiratory Research Institute



Corporación Autónoma
Regional del Valle del Cauca

Figura 7. Concentraciones de COV's

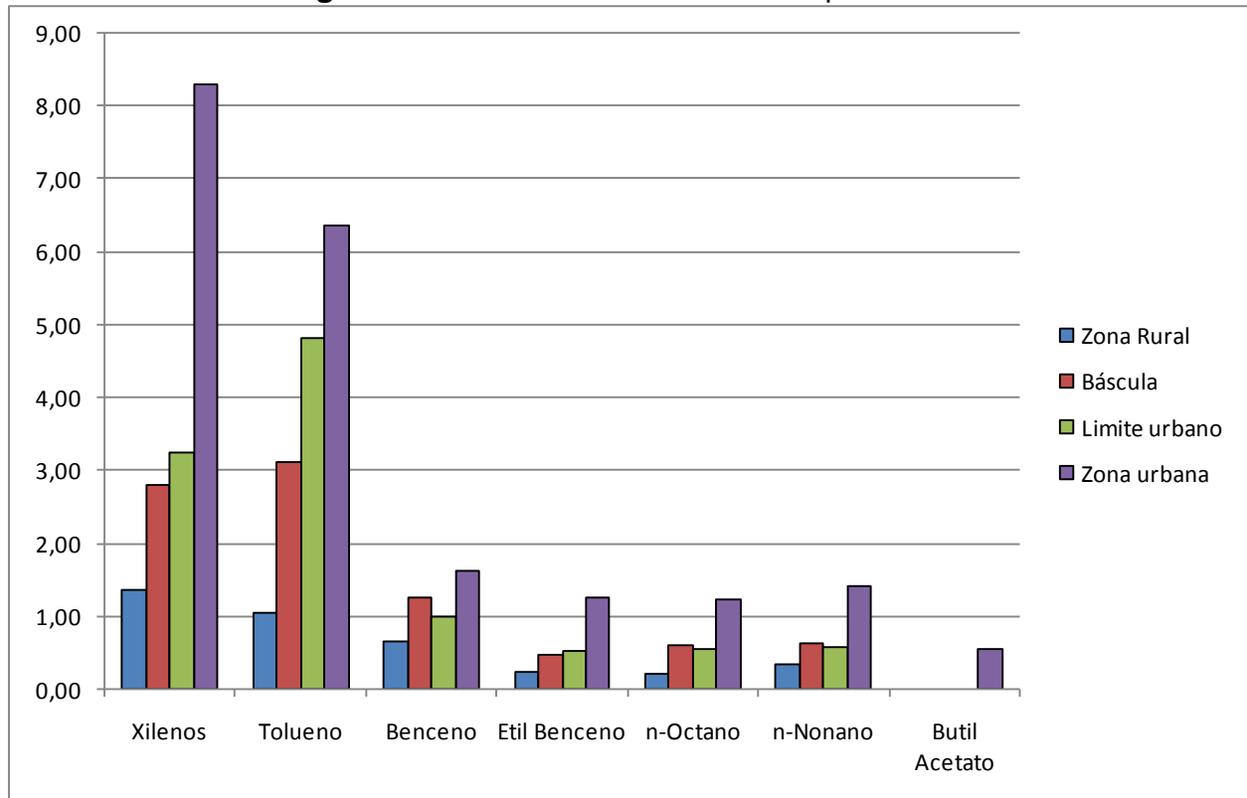


Distribución de COV's

Entre los COV's medidos el tolueno y los xilenos son los componentes que presentan mayores concentraciones en todos los puntos de medición, en niveles hasta 4 veces mayores que los demás compuestos analizados.

Es notoria también la diferencia en los valores presentados entre estos compuestos en los puntos urbanos, 8 veces más alta la concentración de xilenos y 6 veces la del tolueno con respecto al área rural. En términos generales se observa una disminución progresiva desde las zonas con alto tráfico hasta las más alejadas, pasando por los puntos intermedios como La Cabaña y la entrada al relleno. También es importante observar que el butil-acetato solamente se presenta en el punto de medición CVC, coincidente con el sitio con mayor congestión vehicular

Figura 8. Concentraciones de COV's por zonas



CONCLUSIONES

De acuerdo con las mediciones realizadas, entre los gases emitidos en los rellenos sanitarios se incluyen sustancias peligrosas por sus efectos sobre la salud, que pueden ser causantes, entre otros, de irritaciones en la nariz y garganta, irritación en los ojos, afecciones en la piel, dolores de cabeza y mareos, o por sus propiedades cancerígenas o causantes de mutaciones genéticas por exposición prolongada.

Por lo indicado, se recomienda restringir el acceso al público a estos sitios, utilizar elementos de protección por parte de los trabajadores expuestos y mantener áreas de aislamiento -de al menos 3 kilómetros- para protección de la población alrededor de los sitios de disposición de basuras.

Con respecto a la medición de BTX en el ambiente, para medir el impacto por las emisiones de un relleno cercano a zonas urbanas, el estudio realizado indica que no es de utilidad, puesto que las concentraciones en el aire urbano, afectado por emisiones de la combustión de gasolina y diesel por fuentes móviles, son mayores que en los alrededores del relleno sanitario.



Agradecimientos:

A la Universidad de Antioquia por el apoyo brindado con su personal y equipos del Laboratorio de Higiene Ambiental que hizo posible realizar las mediciones en los rellenos sanitarios del Valle del Cauca.

A la Fundación de Apoyo a la Universidad del Valle y al Instituto IVL de Suecia por su apoyo para la realización de las mediciones de compuestos volátiles en el área de Navarro.

Un agradecimiento muy especial a las personas de la comunidad que con gran sentido de colaboración e interés por la investigación adelantada facilitó la instalación de los dispositivos de muestreo.