



## Emisiones no-controladas a la atmósfera de gases inorgánicos tóxicos (CO, H<sub>2</sub>S, Hg<sup>0</sup> y NH<sub>3</sub>) por vertederos en la Isla de Tenerife

R.N. Lima<sup>1</sup>, D. Nolasco<sup>1</sup>, P.Salazar<sup>1</sup>, P.A. Hernández<sup>1</sup>, J.M.L. Salazar<sup>1</sup>, N.M. Pérez<sup>1</sup>, D. de la Rosa, S. Dionis<sup>2</sup> y A. Mena<sup>2</sup>

(1) División de Medio Ambiente - ITER

(2) Facultad de Químicas - Universidad de La Laguna

*Los sistemas de extracción de biogas instalados en vertederos tienen como objetivo minimizar la cantidad de biogas generado en los vertederos que pasa a la atmósfera. Sin embargo y a pesar de la existencia de estos sistemas, un porcentaje del biogas generado podría escapar a la atmósfera a través de la superficie de los vertederos. Se han estimado las emisiones no controladas a la atmósfera de gases inorgánicos tóxicos (CO, H<sub>2</sub>S, Hg<sup>0</sup> y NH<sub>3</sub>) por los vertederos de Arico, El Lazareto y El Centenero. En el caso del Hg<sup>0</sup>, Arico y Centenero registraron tasas de emisión similares, 5 y 6 g·d<sup>-1</sup>, respectivamente; mientras que en Lazareto se detectó la mayor tasa de emisión, 34 g·d<sup>-1</sup>. Para el CO, Arico registró un rango de emisiones de 34 a 87 Kg·d<sup>-1</sup>, mientras que en Lazareto se observaba una emisión de 0,1 Kg·d<sup>-1</sup>. La emisión no controlada de H<sub>2</sub>S fue también relativamente mayor en Arico con un rango de 6 a 13 kg·d<sup>-1</sup>, mientras que Lazareto y Centenero registraron 1 y 4 kg·d<sup>-1</sup>, respectivamente. En el caso del NH<sub>3</sub>, la emisión registrada en el Lazareto alcanzaba los 0,7 kg·d<sup>-1</sup>. Las diferencias observadas en ambos vertederos son el resultado de varios factores como la edad y el uso del vertedero así como los controles existentes sobre los residuos en diferentes épocas.*

### 1. Introducción

En el biogas generado en vertederos, además de cantidades considerablemente altas de compuestos como el CH<sub>4</sub> y el CO<sub>2</sub>, componentes mayoritarios del biogas, también se pueden encontrar cantidades traza de compuestos inorgánicos tóxicos como el monóxido de carbono (CO), el mercurio (Hg<sup>0</sup>), el sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S) y el amoníaco (NH<sub>3</sub>). Estos gases pueden ser emitidos a la atmósfera, junto con el biogas a través de la superficie del vertedero de forma no controlada, aún cuando existen sistemas de extracción de biogas que tratan de minimizar las emisiones de biogas a la atmósfera. El objetivo de este estudio es cuantificar la tasa de emisión de cada uno de estos compuestos inorgánicos tóxicos a la atmósfera a través de la superficie de vertederos de la isla de Tenerife.

### 2. Métodos y procedimientos analíticos

En cada uno de los puntos de observación durante las campañas realizadas en los vertederos de Arico, Lazareto y Centenero se determinó el flujo difuso de CO<sub>2</sub> a través de la cobertera mineral del vertedero mediante una variante del método de la cámara de acumulación (Baubron, 1991) y se procedió a la toma de muestras para determinar la concentración de vapor de mercurio (Hg<sup>0</sup>), monóxido de carbono (CO), sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S) y amoníaco (NH<sub>3</sub>). Los análisis de Hg<sup>0</sup> y H<sub>2</sub>S se realizaron *in situ* mediante el uso de analizadores portátiles JEROME 431-X y JEROME 631-X, respectivamente. En el caso del CO, el análisis se determinó mediante el empleo de un microcromatógrafo de gases modelo Varian QUAD CP2003P dotado con una columna Molsieve 5Å de 10 metros a 100°C, con un detector de conductividad térmica y utilizando helio como gas portador. Para la determinación del NH<sub>3</sub>, las muestras de biogas recogidas, se introdujeron en vacutainers a través del burbujeo del biogas en una solución de ácido bórico al 20% y posteriormente analizadas con un



electrodo selectivo. Los valores de flujo difuso de cada una de las especies en estudio se estimaron mediante el producto del flujo difuso másico del CO<sub>2</sub> y la relación másica entre la especie y el CO<sub>2</sub>:

$$\phi_x = \phi_{CO_2} \cdot (C_x / C_{CO_2}) (PM_x / PM_{CO_2})$$

La tasa de emisión de Hg<sup>0</sup>, CO, H<sub>2</sub>S y NH<sub>3</sub> se estimó el programa SURFER versión 7.0.

### 3. Resultados y conclusiones

En el vertedero de Arico se materializaron cuatro campañas durante los años 1998, 2000, 2001 y 2002, mientras que en el vertedero de El Lazareto se llevaron a cabo dos campañas en los años 1999 y 2002, y en el vertedero de El Centenero se realizó una única campaña en el año 2000. Los resultados obtenidos para el CO, Hg<sup>0</sup>, H<sub>2</sub>S y NH<sub>3</sub> se muestran en la tabla I. De las cuatro campañas materializadas en el vertedero de Arico, sólo en las correspondientes a los años 2001 y 2002, pudieron cuantificarse niveles de emisión no controlada de CO a la atmósfera, mientras que en el vertedero de El Lazareto, únicamente durante el año 2002, se pudo estimar la emisión de CO a la atmósfera. La emisión total de CO a la atmósfera en el vertedero de Arico, se estimó en 24 y 87 kg·d<sup>-1</sup> durante las campañas de 2001 y 2002, respectivamente. En el caso de El Lazareto, los niveles de emisión para el CO alcanzaron los 100 g·d<sup>-1</sup> en 2002. El vertedero de Arico es casi tres veces mayor en superficie que El Lazareto, por lo que cabe esperar que la magnitud de la emisión de CO a la atmósfera fuera mayor que la correspondiente al Lazareto. Por otro lado, los residuos depositados en El Lazareto se encontrarían en una fase de degradación mucho más avanzada que la correspondiente a los residuos depositados en el vertedero de Arico, por lo que también cabría esperar que las emisiones de CO fueran mayores en Arico que en el Lazareto.

**Tabla I.** Resultados obtenidos para el CO, Hg<sup>0</sup>, H<sub>2</sub>S y NH<sub>3</sub> durante las campañas de prospección de gases en superficie en los vertederos de Arico, El Lazareto y El Centenero (años 1998, 2000, 2001 y 2002)

Vertedero-año	Superficie (m <sup>2</sup> )	CO (kg·d <sup>-1</sup> )	Hg <sup>0</sup> (g·d <sup>-1</sup> )	H <sub>2</sub> S (kg·d <sup>-1</sup> )	NH <sub>3</sub> (kg·d <sup>-1</sup> )
<i>Arico-2000</i>	330.000	n.d.	5	n.d.	n.d.
<i>Arico-2001</i>	330.000	24	5	6	n.d.
<i>Arico-2002</i>	330.000	87	n.d.	13	n.d.
<i>El Lazareto-1999</i>	122.000	n.d.	34	n.d.	n.d.
<i>El Lazareto-2002</i>	122.000	0,1	7,5	1	0,7
<i>El Centenero-2000</i>	34.000	n.d.	6	4	n.d.

n.d. = no determinado

La emisión de vapor de mercurio, Hg<sup>0</sup>, a la atmósfera por el vertedero de Arico fue estimada en 5 g·d<sup>-1</sup> tanto en el año 2000 como en el año 2001. La tasa de emisión de vapor de mercurio, Hg<sup>0</sup>, en el Lazareto fue estimada en 34 y 7,5 g·d<sup>-1</sup> durante las campañas de 1999 y 2002, respectivamente; mientras que la única campaña materializada en El Centenero proporcionó datos que estimaban una emisión de 6 g·d<sup>-1</sup> de vapor de mercurio, Hg<sup>0</sup> a la atmósfera. Tomando en consideración tanto la superficie de los vertederos como las tasas de emisión de vapor de Hg<sup>0</sup> en cada uno de estos vertederos, se estimaron niveles de emisión de Hg<sup>0</sup> en superficie de 0,015 mg·d<sup>-1</sup>·m<sup>-2</sup> para las dos campañas del vertedero de Arico, de 0,103 y 0,022 mg·d<sup>-1</sup>·m<sup>-2</sup> para las campañas del 1999 y 2002 del Lazareto y de 0,176 mg·d<sup>-1</sup>·m<sup>-2</sup> para El Centenero. Los resultados obtenidos muestran una mayor emisión de vapor de mercurio, Hg<sup>0</sup>, a través de la superficie del Centenero, respecto a la que se emite

desde el vertedero de Arico o El Lazareto. La tasa de emisión de  $Hg^0$  está relacionada con el tipo de residuos depositados sobre el vertedero, así como del control que se haya ejercido sobre los mismos. Tanto en el vertedero de El Centenero como el de El Lazareto, se han depositado los residuos sin control alguno. Kim y otros (2001) utilizando técnicas micrometeorológicas para determinar el flujo difuso de  $Hg^0$  a través de la superficie del vertedero de Nan-Di-Jo en Seoul, estimaban valores de flujo difuso de  $Hg^0$  de  $6 \text{ kg}\cdot\text{año}^{-1}$ , es decir, de  $16 \text{ g}\cdot\text{d}^{-1}$ . El vertedero de Nan-Ji-Do tiene una extensión de  $2,72 \text{ km}^2$ , es decir, que es considerablemente mayor que los vertederos de Arico, El Lazareto y El Centenero. No obstante, se observan emisiones de  $Hg^0$  a través de la superficie del vertedero de Nan-Ji-Do en un rango de  $0,006 \text{ mg}\cdot\text{d}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$ , comparable a la emisión calculada para los vertederos de Arico, El Lazareto y El Centenero. La emisión total de  $H_2S$  estimada para el vertedero de Arico en los años 2001 y 2002 fue de 6 y 13  $\text{kg}\cdot\text{d}^{-1}$ , respectivamente. Para el vertedero de El Lazareto se ha estimado una emisión total de  $H_2S$  de  $1 \text{ kg}\cdot\text{d}^{-1}$  mientras que para El Centenero la emisión de  $H_2S$  total fue de  $4 \text{ kg}\cdot\text{d}^{-1}$ . En el caso del  $NH_3$ , sólo se ha estimado la emisión correspondiente a la campaña del año 2002 en el vertedero de El Lazareto con un valor que alcanzaba los  $0,7 \text{ kg}\cdot\text{d}^{-1}$ .

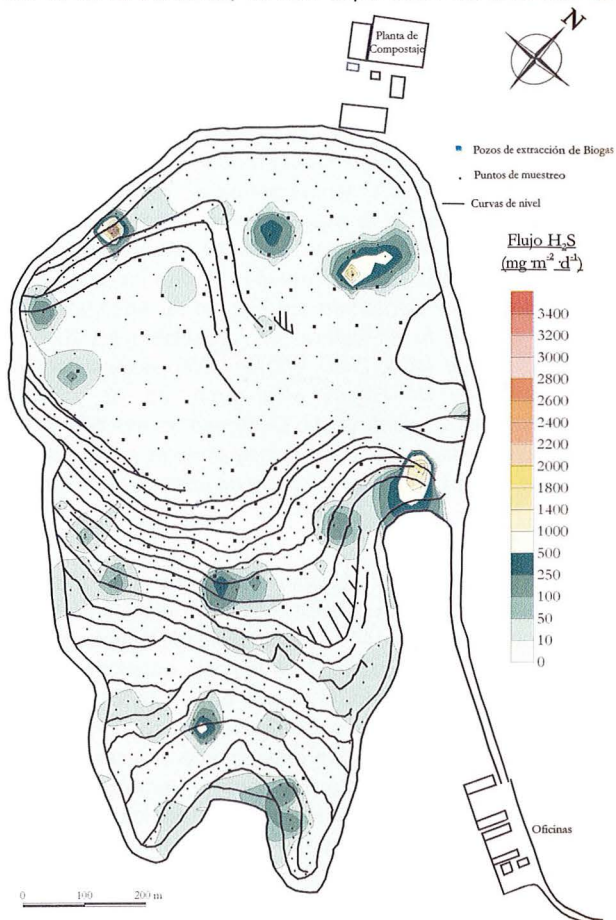


Fig.1 Distribución espacial de los niveles de flujo difuso o emisión no controlada de sulfuro de hidrógeno ( $H_2S$ ) a la atmósfera por el vertedero de Arico, Tenerife.

#### 4. Referencias

- Baubron, J.C. (1991) Napoli '91 International Conference on Active Volcanoes and Risk Mitigation  
 Fairweather, R.J. y Barlaz, M.A. (1998) Journal of Environmental Engineering, April, 353-361  
 Kim, K.-H, y Kim, M.-Y. (2002) Atmospheric Environment **36**, 4919-4928  
 Kim, K.-H, Kim, M.-Y., Lee, G. (2001), Atmospheric Environment, **35**, 3475-3493  
 Lindberg, S.E. *et al* (2001) Journal of the Air and Waste Management Association **49**, 520-532