

## IMPACTO AMBIENTAL DE LOS VERTEDEROS ESPAÑOLES: EMISIONES Y EMPLAZAMIENTO

Lidón Herrera

Ferran García-Darás

Vicente Vives-Peris

Francisco J. Colomer<sup>1</sup>

*Universidad Jaume I*

Fabián Robles-Martínez

*Instituto Politécnico Nacional (México D.F.)*

### Abstract

The deposit of waste in dumps is the last option in the hierarchy of the wastes management that indicates the European Union in its action programs. However, more than 50% of waste generated in Spain finishes in a dump. First of all, in this work, 14 Environmental Impact Statements of Spanish dumps projects have been analyzed and the environmental agents considered for executing them have been elucidated. The main factors to highlight are land use, hydrology, gas emissions and the proximity to populations. Secondly, an inventory of controlled Spanish dumps has been performed, and the effect of every one of the previous environmental factors has been studied. In addition, the relations between dump emissions in every region and factors like geography, weather and population density have been searched. Finally, this information has been contrasted with the European Union guidelines about dumps, regulated by the European Union, Spanish and EPA (Environmental Protection Agency) of USA rules, analyzing the compliance of them.

**Keywords:** *landfill; biogas; location; environmental impact*

### Resumen

El depósito de residuos en vertedero es la última opción en la jerarquía de gestión de residuos que marca la Unión Europea en sus programas de acción. Sin embargo, más del 50% de los residuos que se generan en España acaban en vertedero. En este trabajo se han analizando en primer lugar, 14 declaraciones de impacto ambiental de proyectos de vertederos españoles y se han dilucidado los factores ambientales que se consideran para permitir su ejecución. Entre ellos se destaca entre otros el uso del suelo, la hidrología, las emisiones de gases y la proximidad a poblaciones. En segundo lugar, se ha realizado un inventario de los vertederos controlados españoles y se ha estudiado el efecto en cada uno de los citados factores ambientales. Así mismo, se han buscado correlaciones entre las emisiones de los vertederos de cada una de las comunidades autónomas y factores como la geografía, el clima y la densidad de población. Por último, se ha contrastado esta información con las directrices sobre vertederos que marca la normativa de la Unión Europea, la española y la de la EPA (*Environmental Protection Agency*) de EE.UU. analizando el grado de cumplimiento.

<sup>1</sup> [fcolomer@uji.es](mailto:fcolomer@uji.es) depto. Ingeniería Mecánica y Construcción. Universidad Jaume I, Avda. Vicent Sos Baynat s/n, 12071 Castellón.

**Palabras clave:** *vertedero; biogás; emplazamiento; impacto ambiental*

## 1. Introducción

La elección del emplazamiento para una instalación de eliminación de residuos sólidos urbanos es una decisión compleja en la que entran en juego múltiples factores ambientales. Los vertederos, si no están gestionados convenientemente pueden causar un considerable impacto ambiental, debido a ciertos factores, tales como la falta de planificación, la mala supervisión de las operaciones, los residuos por sí mismos, etc., por lo que es indispensable conocerlos y estudiar diferentes alternativas, así como medidas correctoras, con el fin de minimizar el impacto sobre los factores ambientales que puedan verse afectados. De hecho, cualquier vertedero controlado que reciba más de 10 t/día de residuos o tenga una capacidad superior a 25.000 t de residuos no peligrosos (RNP) está sometido a evaluación de impacto ambiental (EIA), según el Real Decreto Legislativo 1/2008, definiéndose la EIA como el conjunto de estudios y análisis técnicos que permiten estimar los efectos que la ejecución de un determinado proyecto puede causar sobre el medio ambiente. El procedimiento de la EIA finaliza con la emisión por el órgano ambiental correspondiente, de una declaración de impacto ambiental (DIA). A partir de la publicación de la DIA en el boletín oficial autonómico o estatal se puede iniciar la ejecución del proyecto. El inicio de la ejecución de un proyecto que debe someterse a EIA, sin haber obtenido previamente la correspondiente DIA se considera una infracción muy grave.

De este modo, mediante la EIA se pretende asegurar la integración de los aspectos ambientales en el proyecto, en este caso del vertedero. Por lo tanto, al publicarse la DIA se incluyen las condiciones que deban establecerse en orden a la adecuada protección del medio ambiente y los recursos naturales con respecto al proyecto.

La cercanía de masas de agua superficiales es uno de los factores ambientales considerados en la EIA, ya que si un volumen relativamente importante de lixiviados llega a un curso de agua, es muy probable que se sobrepasen los valores de sólidos en suspensión, DBO y DQO permitidos, así como las concentraciones de cloruros, nitratos y otros elementos (Robinson & Gronov, 2005), disminuyendo la concentración de oxígeno disponible para los organismos vivos (Chan et al., 1999; O'Leary et al., 2002). Por otra parte, los compuestos orgánicos presentes en los lixiviados contienen una importante cantidad de nutrientes (nitrógeno y fósforo) que pueden ser liberados para algas y otras plantas y provocar la eutrofización del agua (Chan et al., 1999; Mwiganga et al., 2005).

Pero además de las masas de agua existentes en la superficie, también es importante tener en cuenta las aguas subterráneas: es recomendable, y en algunos casos obligado por normativa, elegir suelos de baja permeabilidad y evitar superficies sobre acuíferos de manera que en caso de filtración, el mismo terreno pueda impedir la infiltración de los lixiviados y la consiguiente contaminación de los acuíferos. Sin embargo, los eficaces sistemas de impermeabilización artificial son la causa de que no siempre se elijan zonas con la geología adecuada (Allen, 2001) prevaleciendo la fisiografía sobre la geología. Por lo que se refiere a la flora y la fauna, la presencia de lixiviados en un suelo con vegetación agrícola o forestal puede alterar el crecimiento de las especies presentes y disminuir significativamente su productividad. Por otra parte supone un importante riesgo para la salud animal (Olaeta et al., 2004).

Otro impacto negativo puede ser sobre la salud humana, ya sea por ruidos, contaminación atmosférica o por olores. La percepción del olor no es constante sino que varía de una composición a otra y de una persona a otra, en función de la respuesta del sentido del olfato a la mezcla de componentes (Sarkar et al. 2003a), de hecho el impacto producido por los olores depende de la superficie de la fuente generadora de olor, su tiempo de exposición y la intensidad percibida (Sarkar et al., 2003b). Sin embargo, pese a la aparente toxicidad de

estos gases (Gandola et al., 1998) de forma general, no se encuentran estudios que asocien los olores de los gases emitidos por los lixiviados con efectos significativos sobre la salud humana o animal (O'Leary et al., 2002) y son generalmente percibidos más por su molestia que por su peligro directo a la salud.

Por otra parte, en Estados Unidos de América alrededor de un 87% de colisiones entre aves y aviación civil ocurren cerca de aeropuertos cuando el avión se encuentra a menos de 2.000 pies (610 m) de altura. Las colisiones con pájaros a esas altitudes son especialmente peligrosas ya que los pilotos no tienen apenas tiempo de reaccionar. De hecho, entre 1990 y 2006, aves acuáticas, gaviotas y aves rapaces estuvieron implicadas en el 77% de los 3.493 aviones dañados por golpes con pájaros, cuando el pájaro pudo ser identificado (U.S. Department of Transportation. 2006).

En el presente trabajo se analiza el grado de cumplimiento de los vertederos españoles con respecto a los principales factores ambientales a tener en cuenta a la hora de elegir la ubicación. Para ello, en primer lugar se han analizado 14 declaraciones de impacto ambiental (DIAs) sobre vertederos publicadas en los boletines oficiales autonómicos o estatales y se han seleccionado los factores ambientales y las condiciones en las que se debe ejecutar el proyecto. En segundo lugar, en 175 vertederos de residuos sólidos identificados dentro del territorio español se ha comprobado, mediante sistemas de información geográfica, la adaptación a la normativa en cuanto a su localización y emisiones de biogás.

## 2. Metodología

En primer lugar, se realizó una recopilación bibliográfica de las DIAs de los distintos vertederos de España. De esta forma se pudo llegar a conocer cuáles son los parámetros o aspectos más importantes a tener en cuenta a la hora de realizar la evaluación de impacto ambiental en los vertederos de residuos sólidos. Para ello, se procedió a la búsqueda de las DIAs en el Boletín Oficial de cada Comunidad Autónoma o en el BOE.

Una vez realizada la búsqueda, se obtuvo un total de 14 DIAs de vertederos controlados de residuos sólidos. En la Tabla 1 se muestran los datos más significativos de los vertederos analizados:

**Tabla 1: resumen de las características de los vertederos analizados en función de su DIA correspondiente**

Nº	Declaración de Impacto Ambiental	Provincia	Publicado en:	Características del vertedero: Superficie ocupada Capacidad Tipo de residuo Tiempo explotación
1	Campo de Enmedio	Cantabria	BOC nº 39 (26/02/10) y nº 54 (19/03/2010)	-- -- RCDs --
2	San Bartolomé de Meruelo	Cantabria	BOC nº 128, (02/07/08) y BOC nº 201 (17/10/08)	-- 2.500.000 t RNP --
3	Toledo	Toledo	-- DOCM nº28	--

		Castilla Mancha	la	(10/02/2010)	-- RNP --
4	Castañeda	Cantabria		BOC (07/07/09)	50 ha 7.500.000 m3 RNP 20-25 años
5	Reocín	Cantabria		BOC n°244 (22/12/2006)	-- -- RSI --
6	Cubilos del Sil y Ponferrada	León – Castilla y León		BOCYL n°114 (16/06/10)	-- 6.000.000 m3 RNP 16 años
7	La Tahá	Granada Andalucía	-	BOJA n°5 (08/01/07)	-- 51.000 m3 RSI --
8	Mallabia	Vizcaya – País Vasco		BOPV (22/12/2006)	-- 1.318.000 m3 RNP --
9	Zaldívar	Vizcaya – País Vasco		BOPV n°2007051 (13/03/07)	-- 418.499 m3 RNP --
10	Guadalajara	Guadalajara – Castilla la Mancha		DOCM n°99 (24/05/11)	-- -- RSI y RNP --
11	La Robla	León – Castilla y León		BOCYL n°124 (30/06/08)	-- 2.199.800 m3 RNP 12 años
12	Tineo	Asturias Asturias	-	BOPA n°51 (03/03/09)	-- -- RNP --
13	Igorre	Vizcaya – País Vasco		BOPV n°91 (14/05/07)	-- 3.328.100 m3 RSI y RNP 20 años
14	Zaragoza	Zaragoza Aragón	-	BOA n°76 (30/06/04)	-- -- RSU --

Estas DIAs se estudiaron y analizaron, extrayendo los factores ambientales que se tenían en cuenta en cada una de ellas. En la Tabla 2 se puede ver un resumen de todos los factores ambientales que se tienen en cuenta en las 14 DIAs analizadas:

**Tabla 2: Factores ambientales que aparecen en las DIAs y letra asignada**

	Factor ambiental	Descripción
A	Geomorfología y suelo	Cambios en el terreno
B	Hidrología superficial	Ríos, arroyos, escorrentía
C	Calidad del aire	Polvo, gases
D	Ruidos y vibraciones	Vehículos, maquinaria
E	Flora	Organismos vegetales
F	Fauna	Animales
G	Paisaje	Impacto visual
H	Otras afecciones a la población	Economía, salud, infraestructuras
I	Patrimonio cultural	Elementos arqueológicos
J	Aguas subterráneas	Fugas y derrames
K	Gestión de residuos	Recibidos y generados
L	Salubridad	Plagas y enfermedades
M	Incendios forestales	Causados por la actividad
N	Innovación tecnológica	Mejoras tecnológicas
O	Delimitación de la actuación	Delimitación de la actuación
P	Olores	Producidos por la actividad
Q	Clima	Vientos, T <sup>a</sup> , humedad...
R	Usos del suelo	Utilidad que se le da al suelo

Estudiando la frecuencia con la que cada factor aparece en las distintas DIAs, se puede identificar cuáles son los aspectos más importantes que se han tenido en cuenta a la hora de emitir la DIA correspondiente.

La segunda fase de este trabajo se basa en indagar el nivel de cumplimiento de la legislación en los vertederos de España. Para ello se han analizado un total de 175 vertederos españoles, distribuidos en las distintas comunidades autónomas. De este modo, se han recogido datos correspondientes a la ubicación del vertedero (coordenadas UTM). Los recursos utilizados para recoger todos los datos necesarios han sido la herramienta Google Earth y la página web del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA), donde se han utilizado los visores geográficos. Así pues, se consultaron los informes de los vertederos, que pueden encontrarse en la web del MAGRAMA, dentro del Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes (<http://www.prtr-es.es/>). Una vez conocida la ubicación y los datos principales de cada vertedero (como por ejemplo las emisiones), se procedió a utilizar la herramienta Google Earth para determinar la distancia exacta a los factores ambientales: masas de agua, zonas residenciales y aeropuertos más cercanos al vertedero. Además se utilizó el visor disponible en la web del MAGRAMA, que permite consultar el Sistema de Información de Recursos Subterráneos (SIRS), para determinar si existen aguas subterráneas o acuíferos por debajo de los vertederos analizados.

### 3. Resultados y discusión

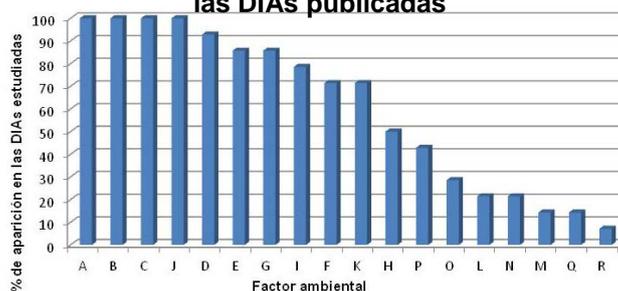
Con los resultados obtenidos, se realizó una tabla resumen en la que se recogían todos los factores ambientales estudiados en cada DIA (Tabla 3).

**Tabla 3: Factores ambientales estudiados en cada DIA**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
A														
B														
C														
D														
E														
F														
G														
H														
I														
J														
K														
L														
M														
N														
O														
P														
Q														
R														

Cada factor se identifica con una letra (Tabla 2). Según la Tabla 3 se puede identificar cuáles son los factores ambientales más considerados por los órganos ambientales correspondientes, y por lo tanto los más interesantes o importantes desde el punto de vista ambiental. Dicha importancia se calculó en base al porcentaje con el que cada factor ambiental considerado aparecía en cada una de las 14 DIAs de los vertederos considerados. A la vista de la Figura 1 se puede deducir que desde el punto de vista ambiental los factores más importantes a considerar son sobre todo la geomorfología (100%), la hidrología superficial (100%), la calidad del aire (100%), las aguas subterráneas (100%) y los ruidos y vibraciones (92,86%). También serían factores a tener en cuenta la flora (85,71%), el paisaje (85,71%), el patrimonio cultural (78,57%), la fauna (71,43%) y la gestión de residuos (71,43%). Según estos resultados, se decidió extrapolar el resultado de este estudio sobre las 14 DIAs consideradas para comprobar el grado de cumplimiento de los vertederos españoles.

**Figura 1: Importancia de los factores ambientales estudiados en función de su presencia en las DIAs publicadas**



Para ello se analizaron 5 de estos factores en 175 vertederos españoles: hidrología superficial, hidrología subterránea, ruidos y vibraciones, calidad del aire y flora. También se analizó el grado de cumplimiento de otro factor que aunque no aparecía en las DIAs estudiadas, también es de vital importancia a la hora de elegir la ubicación de un vertedero por los riesgos que entraña: la distancia a aeropuertos.

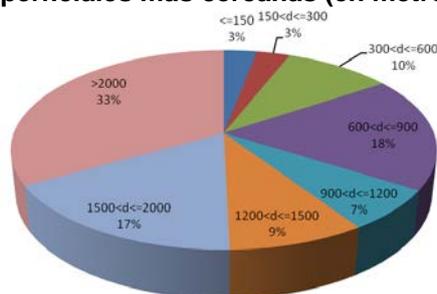
El RD 1481/2001 establece que en la ubicación de un vertedero deberán tomarse en consideración “Las distancias entre el límite del vertedero y las zonas residenciales y recreativas, vías fluviales, masas de agua y otras zonas agrícolas o urbanas”, así como “La

existencia de aguas subterráneas, aguas costeras o reservas naturales en la zona". Pero en ningún caso se establecen distancias mínimas a respetar, por lo que en cierto modo dichas consideraciones tienen un carácter subjetivo y debe decidir las el facultativo correspondiente. A continuación se presentan los resultados del estudio del grado de cumplimiento de los factores ambientales más importantes en los vertederos españoles.

### 3.1. Hidrología superficial

Como se puede observar en la Figura 2, un 94% de los 175 vertederos considerados en el estudio se encuentran a una distancia superior a 300 metros respecto a cualquier masa de agua superficial. Por lo tanto, se puede considerar que realmente sí que se tiene en cuenta este criterio a la hora de elegir la ubicación de un vertedero.

**Figura 2: Distancia entre los vertederos de residuos sólidos estudiados y las masas de agua superficiales más cercanas (en metros).**



Tan sólo un 3% de los vertederos analizados se encuentran a menos de 150 metros de una masa de agua superficial, por lo tanto existe un alto nivel de cumplimiento de este criterio en los vertederos españoles.

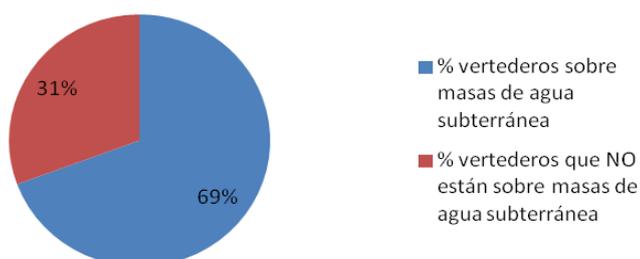
Como ya se ha comentado, la normativa española (RD 1481/2001) no recoge ninguna distancia mínima, simplemente sugiere que se tenga en consideración. Sin embargo, en la normativa americana de la EPA (Environmental Protection Agency), sí que se especifica que no se permite situar ningún vertedero a una distancia menor de 500 pies (152 metros) de una fuente de agua potable o menor de 200 pies (61 metros) de cualquier masa de agua natural o artificial (EPA, 1993).

Incluso tomando como referencia la normativa más restrictiva (la de la EPA) vemos que el grado de cumplimiento de este factor ambiental es muy alto. Sólo un 3% de los 175 vertederos analizados no cumplirían con la normativa norteamericana.

### 3.2. Aguas subterráneas

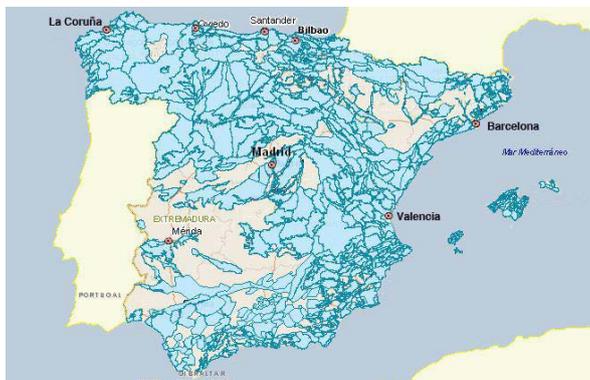
En cuanto a la situación de los vertederos sobre masas de agua subterránea, los resultados obtenidos en el estudio se muestran en la Figura 3.

**Figura 3: Ubicación de los vertederos de residuos sólidos estudiados sobre masas de agua subterránea o acuíferos**



Es necesario hacer una aclaración antes de pasar a comentar los resultados que se observan en este gráfico: la mayor parte de la superficie de la Península Ibérica se encuentra sobre masas de agua subterráneas o acuíferos, por lo que en muchos casos no es posible situar el vertedero en una zona donde no existan acuíferos, como se observa en la Figura 4:

**Figura 4: Aguas subterráneas en España (fuente: MAGRAMA)**



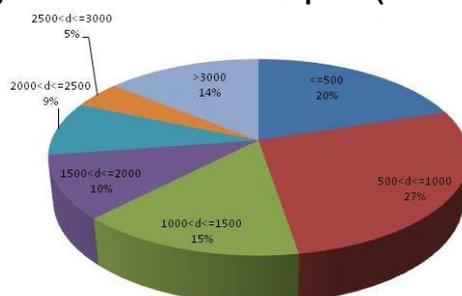
Es por esto que, como se muestra en la Figura 3, el 69% de los vertederos españoles se encuentran sobre masas de agua subterráneas. Cabe decir que se ha comprobado que en los casos en los que existía posibilidad de ubicar el vertedero en una zona en la que no existieran masas acuíferas siempre se ha tenido en cuenta este factor ambiental, como por ejemplo, en algunos vertederos de Extremadura, Castilla la Mancha, Aragón y Cataluña, para los que se han intentado ubicar en zonas que no se encontraran sobre acuíferos subterráneos.

### 3.3. Ruidos y vibraciones

En general, es un factor ambiental que sí que se tiene en cuenta, ya que la mayor parte de los vertederos estudiados se encuentran a varios kilómetros de los principales núcleos de población, como se puede ver en la Figura 5:

Además, ubicar los vertederos a una distancia considerable de los núcleos urbanos mitiga el impacto social generado por los olores. A pesar de que un 20% de los vertederos se encuentren a menos de 500 m de una zona residencial, en la mayor parte de los casos se trata de pequeñas urbanizaciones o grupos de casas, por lo que la población afectada no es mucha.

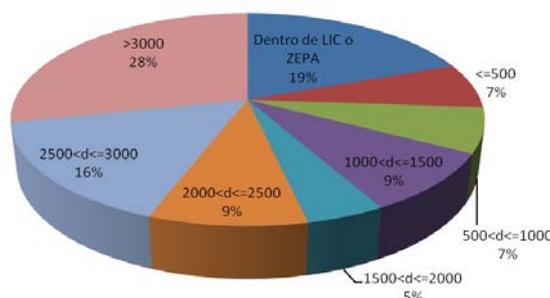
**Figura 4: Aguas subterráneas en España (fuente: MAGRAMA)**



### 3.4. Flora

Como se puede observar en la Figura 6, de todos los factores ambientales estudiados la flora es el que menos se ha tenido en cuenta en la práctica a la hora de elegir la ubicación de un vertedero.

**Figura 6: Distancia entre los vertederos de residuos sólidos estudiados y los LIC's o ZEPA's más cercanos (en metros).**

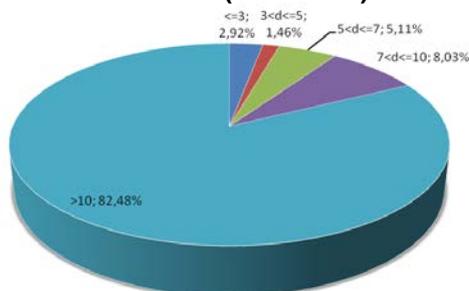


Un 19% de los vertederos estudiados (34 vertederos en toda el territorio) se encuentran dentro de un Lugar de Interés Comunitario (LIC) o de una Zona de Especial interés para las Aves (ZEPA). Esto no está prohibido por la normativa sin embargo, la elección de estos emplazamientos deberá intensificar las medidas correctoras y protectoras de la instalación.

### 3.5. Distancia a aeropuertos

A pesar de que en las DIAs estudiadas no aparecía ninguna mención a la distancia a aeropuertos, también es otro factor a tener en cuenta a la hora de elegir la ubicación de un vertedero, ya que las aves presentes en todo vertedero pueden suponer un problema de seguridad para el tráfico aéreo. En la Figura 7 se muestra la distancia a la que se encuentran los 175 vertederos analizados respecto a los aeropuertos más cercanos:

**Figura 7: Distancia entre los vertederos de residuos sólidos estudiados y los aeropuertos más cercanos (en metros).**



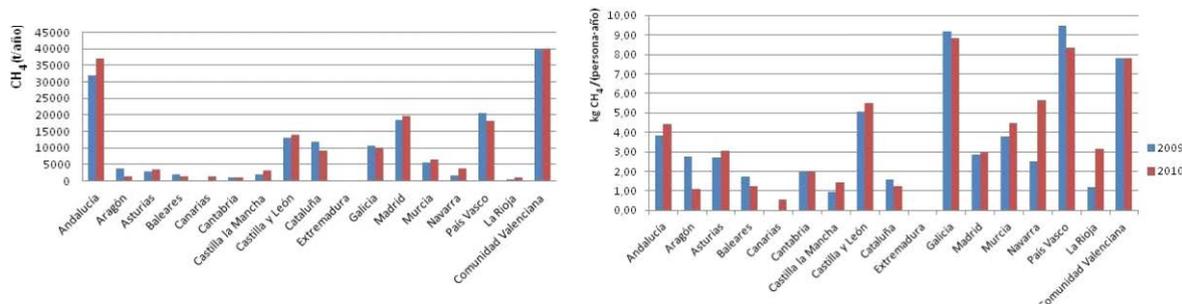
En la legislación española no se establecen distancias mínimas, pero se puede comparar los resultados obtenidos con la normativa americana de aviación, que sí que regula las distancias de seguridad a aeropuertos. Según el departamento estadounidense de transportes, la distancia de vertederos de nueva construcción a aeropuertos será como mínimo de 6 millas (9,66 km) del final de la pista de aterrizaje (U.S. Department of Transportation, 2006). Sin embargo, según la U.S. Environmental Protection Agency (EPA, 1993) esta distancia sólo debe superar los 3.000 m. Por lo tanto, también se puede decir que el grado de cumplimiento de este factor es alto, ya que sólo un 6,9% de los vertederos se encuentran a menos de 10.000 metros de un aeropuerto nacional o internacional. Las instalaciones situadas a menos de 3.000 m son aeródromos o pequeños aeroclubs para vuelo sin motor o de recreo.

### 3.6. Calidad del aire

Para evaluar la calidad del aire se decidió evaluar las emisiones de metano en los vertederos españoles. Utilizando los datos de emisiones facilitados por la web del MAGRAMA se hizo un inventario de las emisiones de metano por comunidad autónoma,

como se observa en la Figura 8 y en la Figura 9. El metano suele estar presente en el biogás de los vertederos en proporciones variables, pero generalmente en torno al 40-60%.

**Figura 8: Emisiones de metano (t/año) y tasa de generación de metano (kg CH<sub>4</sub>/persona-año) por Comunidad Autónoma**



Para minimizar el efecto invernadero provocado por el biogás (sobre todo por el metano), la legislación española obliga a producir energía a partir del mismo o, en su defecto, a quemarlo (Real Decreto 1481/2001). Para tener una idea más clara del beneficio medioambiental conseguido mediante la implantación de chimeneas para quemar el biogás o de los sistemas de generación de electricidad a partir del biogás, se han calculado las equivalencias de emisiones de CO<sub>2</sub>. Se estudian dos casos ideales contrapuestos: que todo el biogás generado en los vertederos de España se quemara (Tabla 4), y que todo el biogás generado en vertederos se usara para generar electricidad (Tabla 5). Los factores de conversión y los resultados se han obtenido a partir del “Greenhouse Gas Equivalences Calculator”, elaborado por la EPA (2011). Debido a que el metano produce 21-23 veces más efecto invernadero que el CO<sub>2</sub>, al quemarlo se obtiene un beneficio medioambiental, que se cuantifica en la Tabla 4:

**Tabla 4: Suponiendo que todo el biogás generado en los vertederos de España se quema.**

Promedio anual de emisiones de CO <sub>2eq</sub> evitadas (t) equivale a...	Emisiones anuales de efecto invernadero producidas por...	Emisiones de CO <sub>2</sub> producidas en el consumo de...	Emisiones de CO <sub>2</sub> producidas por el uso anual de electricidad de...	Carbono secuestrado anualmente por...
2009 3.317.000	634.226	7.713.953	402.549	2.859,5
2010 3.426.420	655.147	7.968.419	415.828	2.953,8
	...vehículos de pasajeros	...barriles de petróleo	...hogares	...millones de m <sup>2</sup> de bosque de pinos o abetos

Si el biogás se pudiera aprovechar en su totalidad para generar energía eléctrica, además de las emisiones directas evitadas se evitaría también las emisiones indirectas, es decir, las derivadas de conseguir la electricidad que se genera de forma limpia gracias al aprovechamiento del biogás. Este beneficio medioambiental se cuantifica en la Tabla 5:

**Tabla 5: Suponiendo que todo el biogás generado en los vertederos de España se utiliza para generar electricidad**

Promedio anual de emisiones de CO <sub>2eq</sub> evitadas (t) equivale a...	Emisiones anuales de efecto invernadero producidas por...	Emisiones de CO <sub>2</sub> producidas en el consumo de...	Emisiones de CO <sub>2</sub> producidas por el uso anual de electricidad de...	Carbono secuestrado anualmente por...

2009	4.974.984,9	951.240	11.569.732	603.760	4.288,8
2010	5.139.097,9	982.619	11.951.390	623.677	4.430,3
		...vehículos de pasajeros	...barriles de petróleo	...hogares	...millones de m <sup>2</sup> de bosque de pinos o abetos

#### 4. Conclusiones

La EIA es un procedimiento jurídico administrativo a la que están sometidos los vertederos de más de 25.000.000 t. La publicación de la DIA positiva en el boletín oficial correspondiente permite la ejecución del proyecto, sin embargo en dicha DIA se suelen plantear una serie de condiciones que deben establecerse para la adecuada protección del medio ambiente con respecto al proyecto. Así pues, el trabajo realizado permite detectar bastante homogeneidad en las DIAs publicadas relativas a vertederos, con respecto a los aspectos ambientales a considerar. Los factores ambientales que más se repiten en las 14 DIAs estudiadas son la geomorfología y suelo, la hidrología superficial y la calidad del aire.

Después de analizar 175 vertederos españoles se deduce que hay un cumplimiento generalizado en cuanto a la localización de los mismos, con respecto a la consideración de distancia a LIC y ZEPA y en zonas sobre acuíferos. Del mismo modo, también se cumplen los requisitos de distancia a masas de agua superficiales en donde sólo un 3% no cumpliría la normativa de distancia mínima, cumpliéndose también la normativa vigente en Estados Unidos. En la legislación española no se establecen distancias mínimas a respetar, por lo que tienen un carácter subjetivo y debe decidirlas el facultativo correspondiente. La legislación norteamericana es mucho más concreta que la española.

Aunque no es un aspecto detectado en las DIA, por razones de seguridad aeronáutica también se ha tenido en cuenta la distancia de los vertederos a aeropuertos, ya que los vertederos suelen atraer aves que pueden provocar accidentes. En todos los casos, los aeropuertos nacionales o internacionales están a más de 3.000 m de los vertederos.

En cuanto al impacto a la atmósfera por las emisiones de biogás, la normativa de vertederos obliga a instalar antorchas para su quema. Esto permite disminuir considerablemente las emisiones de gases de efecto invernadero. Sin embargo, aprovechando este biogás como combustible o en un motor, puede generarse una interesante cantidad de energía, tal y como ya se hace actualmente en algunos de los vertederos españoles. Sin embargo, hay comunidades en las que no hay registro de emisiones, y en otras las emisiones son mucho más bajas de lo que cabe esperar por su volumen de población.

#### 5. Agradecimientos

Los autores agradecen al Ministerio de Hacienda y Competitividad por la financiación concedida mediante el proyecto ACI2009-0993 en la modalidad Convocatoria de Ayudas del Programa Nacional de Internacionalización de la I+D. Subprograma de Fomento de la Cooperación Científica Internacional (ACI-PROMOCIONA).

#### 6. Referencias

Allen, A. (2001). Containment landfills: the myth of sustainability. *Engineering Geology*. vol. 60. pp. 3-19.

- Chan, Y.S.G., Wong, M.H. & Whitton, B.A. (1999). Effects of landfill leachate on growth and nitrogen fixation of two leguminous trees (*Acacia confusa*, *Leucaena leucocephala*). *Water, Air and Soil Pollution*. vol. 111. pp. 29-40.
- EPA, Environmental Protection Agency. 1993. Solid waste disposal facility criteria. Technical Manual. Basado en MSWLF Criteria 40 CFR Part 258, vigencia: noviembre 1993.
- EPA, Environmental Protection Agency. 2011. Greenhouse Gas Equivalencies Calculator. <http://www.epa.gov/cleanenergy/energy-resources/calculator.html> consultado en febrero de 2012.
- Gandola, M., Acaia, C. & Fisher, C. (1998). Landfill gas migration in the subsoil. Experiences of control and remediation". International Directory of Solid Waste Management. *The ISWA yearbook*. James&James Science Publishers, Ltd. London, UK. pp. 237-245.
- Mwiganga, M. & Kansiime, F. (2005). The impact of Mpererwe landfill in Kampala-Uganda, on the surrounding environment. *Physics and Chemistry of the Earth*. vol. 30. pp. 744-750.
- Olaeta, J.A., Espinace, R., Szanto, M. & Palma, J. (2004). Experiencias de reinserción de vertederos mediante la implantación de una cubierta vegetal. Grupo de Geotecnia. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso (Chile). Escuela de Ingeniería en Construcción.
- O'Leary, P. & Walsh, P. (2002). Land disposal of MSW: Protecting health & environment. Landfill Continuing Education Course. *Waste Age*. nº 2. pp. 38-43.
- Real Decreto 1481/2001 de 27 de diciembre, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero.
- Real Decreto Legislativo 1/2008, de 11 de enero, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos.
- Robinson, H.D. & Gronow, J. (1992). Composition of Hong Kong landfill leachate. *Journal of the Institution of Water and Environmental Management*. vol. 6. pp. 229-
- Sarkar, U., Hobbs, S.E. & Philip, J.L. (2003a). Dispersion of odour: a case study with a municipal solid waste landfill site in North London, United Kingdom. *Journal of Environmental Management*. vol. 68. pp. 153-160.
- Sarkar, U., Philip, J.L. & Hobbs, S.E. (2003b). Community modelling: a tool for correlating estimates of exposure with perception of odour from municipal solid waste (MSW) landfills. *Journal of Environmental Management*. vol. 68. pp. 133-140.
- U.S. Department of Transportation. 2006. Construction of New Landfills Near Airports. RFAA Advisory Circular No. AC 150-5200-34. U.S. Department of Transportation. Federal Aviation Administration.