

juntos de diques, aparentemente tardíos y que en el contexto próximo de la Ría del Eo son preferentemente de carácter félsico. Normalmente se asocian a fracturas (tanto tempranas como tardías). Su carácter marcadamente ácido permite observar numerosas estructuras debidas a los mecanismos de emplazamiento.

#### Agradecimientos

El autor desea agradecer a los Drs. L. G. Corretge y O. Suárez la ayuda prestada. Desea expresar su agradecimiento especial a los Drs. F. Bastida y A. Pérez-Estaun por su ayuda inestimable en la interpretación de la cartografía, así como a D. D. Valiño

por la esmerada delineación de las figuras.

#### Referencias

- Alvarez Ramis, C. (1966): *Bol. R. Soc. Española Hist. Nat. (Geol.)*, 64, 151-153.
- Bastida, F.; Martínez Catalán, J. R.; Pulgar, J. A. (1986): *Journal of Structural Geology*, 8(3/4). 415-430.
- Bastida, F.; Pulgar, J. A. (1878): *Trabajos de Geología*, 10, 75-160.
- Farber, A.; Jaritz, W. (1964): *Geol. Jb.*, 81. 679-738.
- Jaritz, W.; Walter, R. (1970): *Geol. Jb.*, 88. 509-552.

Marcos, A. (1973): *Trabajos de Geología*, 6. 1-113.

Marcos, A.; Bastida, F. (1980): Mapa Geológico de España E. 1:50.000, hoja nº 10 (Ribadeo). *Inst. Geol. Min. Esp. Madrid*.

Marcos, A.; Pérez-Estaun, A. (1980): Mapa Geológico de España E. 1:50.000, hoja nº 25 (Vegadeo). *Inst. Geol. Min. Esp. Madrid*.

Marcos, A.; Pérez-Estaun (1981): *Trabajos de Geología*, 11. 89-94.

Meléndez, B.; Asensio Amor, I. (1964): *Boletín del Instituto de Estudios Asturianos*, nº 10.

Schulz, G. (1858): Descripción geológica de la provincia de Oviedo. 138 pp., 1 mapa geol. e. 1:400.000 (1857), I. José González, Madrid.

## Evaluación cuantitativa del impacto ambiental en la selección del emplazamiento del nuevo vertedero de residuos sólidos urbanos de Málaga

D. Barettino Fraile (\*), E. Gallego Valcarce (\*)

(\*) Instituto Tecnológico GeoMinero de España. Area de Ingeniería GeoAmbiental. Ríos Rosas, 23. 28003 Madrid.

#### ABSTRACT

*In this paper the methodology used in the viability study of a new controlled landfill of metropolitan solid wastes site, in the city of Malaga, is briefly exposed. It is undertaken as an integral study where all the conditioning parameters, the environmental as well as the technical ones, are included. The site selection is carried out by means of a quantitative evaluation of the viability of each one of the alternatives. The conditioning parameters are hierarchized and a viability index is defined.*

**Key words:** *Environmental Geology, controlled landfills, environmental impact, quantitative evaluation.*

*Geogaceta*, 8 (1990), 112-115.

#### Introducción

Aunque los vertederos de residuos sólidos urbanos (R.S.U.) no están incluidos en la legislación española sobre Evaluación del Impacto Ambiental (Real Decreto 1.302/1986), creemos que

se deben emplear estas técnicas de trabajo en los estudios de ubicación de los mismos.

En el caso de la ubicación del nuevo vertedero de R.S.U. de la ciudad de Málaga, con una vida prevista de 20 años, se han valorado compa-

rativamente tres posibles emplazamientos desde el punto de vista de su idoneidad para el vertido, uno propuesto por el Ayuntamiento y dos de carácter alternativo propuestos por el equipo técnico del I.T.G.E., dentro de un área de unos 30 km.<sup>2</sup>

**Metodología utilizada**

La metodología seguida para la ubicación del nuevo vertedero de Málaga comparte técnicas ya clásicas de los Estudios de Impacto Ambiental y de los estudios de viabilidad para la ubicación de vertederos. En la figura 1 se ha simplificado en un diagrama la metodología utilizada.

El proceso seguido se puede dividir en dos fases. Una fase inicial en la que se delimitan las zonas excluidas y se seleccionan las óptimas para el vertido, y una segunda fase en que se efectúa la evaluación de alternativas.

**Selección de áreas óptimas para el vertido**

La fase inicial de selección de zonas óptimas se lleva a cabo a partir del conocimiento de las características del medio (Inventario Ambiental), que incluye geología y geomorfología, suelo, vegetación y fauna, hidrología, hidrogeología, paisaje, usos del suelo, calificación urbanística, sobrecargas de interés, núcleos de población, grado de antropización del medio, sistema de accesos, riesgos geológicos, etc.

Se realiza, por otra parte, un análisis de las características de la actividad a implantar, a partir de la estimación de la producción de R.S.U. durante el período de vida previsto, teniendo en cuenta la producción actual y la tasa de crecimiento de la población. Como resultado se propone el tipo de vertedero controlado con trituración, compactación intensa y cubrición periódica (alta densidad), basándose en la alta producción diaria de vertido (Nieto Salvatierra *et al.*, 1987), en el ahorro máximo de espacio y en la minimización de impactos ambientales (MOPU, 1982).

Una vez conocidas las características del medio y de la actividad a implantar se pueden identificar impactos y definir problemas. Para ello la técnica básica más utilizada es la de matrices de identificación de impactos, donde se cruzan los elementos del medio susceptibles de recibir impactos con las labores propias de la actividad propuesta. En la figura 2 se muestra una matriz general de identificación de impactos para un vertedero de R.S.U.

La consecuencia inmediata de la definición de impactos es la exclusión

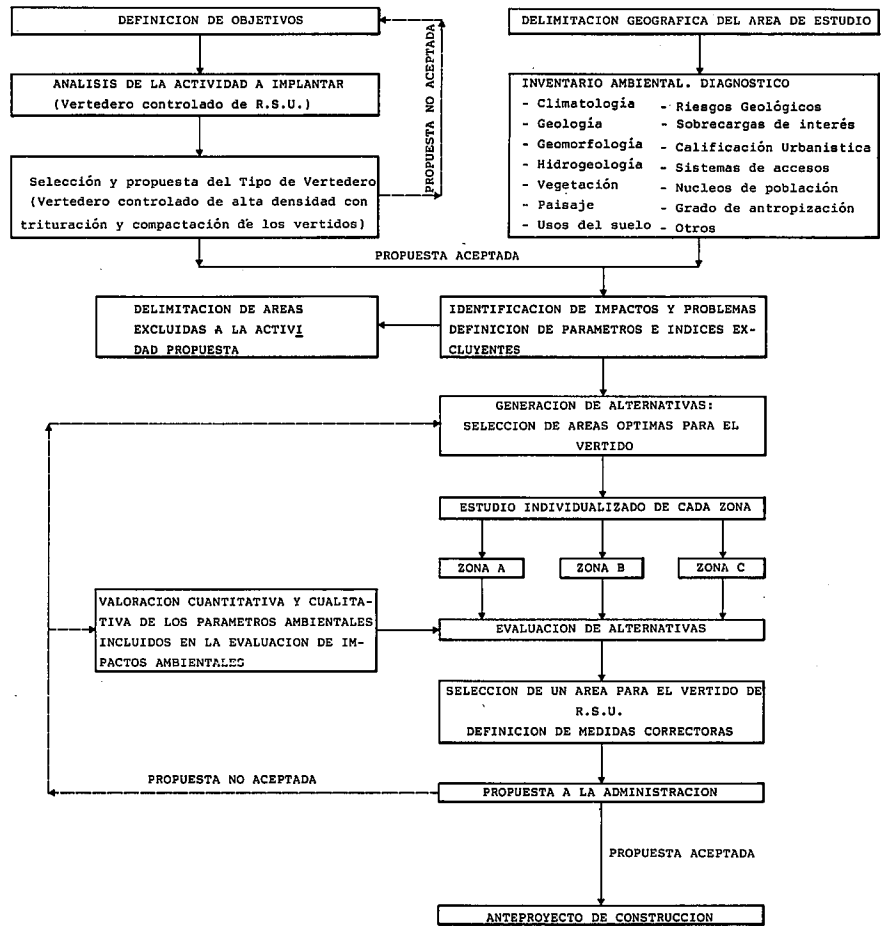


Fig. 1.—Esquema de la metodología utilizada.

de determinadas zonas por la aplicación de determinados factores excluyentes, que en este caso han sido: alta vulnerabilidad de acuíferos, morfologías inadecuadas, núcleos de población consolidados, extracciones de agua para consumo humano próximas y existencia de espacios naturales y/o sobrecargas de interés. Se procede, pues, a la selección de las áreas óptimas para el vertido.

**Evaluación de alternativas**

El objetivo es la selección de una zona técnicamente adecuada donde el impacto sobre el medio ambiente sea mínimo. Con el fin de valorar comparativamente las tres zonas alternativas se ha realizado un estudio individualizado de cada una de ellas, teniendo en cuenta que las condiciones de viabilidad para la ubicación de un vertedero controlado se basan en dos grandes grupos de factores:

— Factores técnicos y constructivos: volumen útil para absorber el volumen previsible de residuos generados en el período de vida previsto, accesos a la zona, morfología adecuada, movimiento de tierras, material para recubrimiento y sellado, características geotécnicas del sustrato, otras infraestructuras (agua, electricidad).

— Factores ambientales: distancia a núcleos habitados, contaminación de aguas superficiales y subterráneas, climatología (temperatura, pluviosidad, vientos, evaporación y humedad relativa), suelo y vegetación, fauna, usos

	Compactación	Trituración	Solidos e impermeabilización	Vertido de residuos	Tedillo	Caminos y Cercados	Edificios	Abiliteros	Vallados y otras barreras	Humedante de liorras
Morfología										
Aguas Superficiales										
Aguas Subterráneas										
Suelo										
Flora										
Fauna										
Otros recursos										
Atmósfera										
Paisaje										
Usos del Territorio										
Red de transporte										
Eliminación de R.S.U.										
Sanidad										

Fig. 2.—Matriz general de identificación de impactos.

del suelo y planificación urbanística, grado de antropización del medio, espacios naturales o de interés cultural y/o científico, riesgos geológicos (inundaciones, movimientos de ladera, erosión, sismicidad), calidad del paisaje, cuenca visual.

En la figura 3 se muestran los factores condicionantes que hemos tenido en cuenta, así como la jerarquización de los mismos en factores condicionantes de primer orden con un coeficiente de ponderación 2, y factores condicionantes de segundo orden, con coeficientes de ponderación 1,5, 1 ó 0,5. En principio no se considera ningún factor como excluyente, asignando a las condiciones de cada factor en cada zona un valor 2 cuando son favorables (F), 1 cuando son aceptables (A) y 0 cuando son desfavorables (D). En la figura 4 se sintetizan las condiciones obtenidas para cada zona.

Se ha definido un índice de viabilidad (Iv), de manera que una zona será más idónea cuanto mayor sea el valor del índice:

$$Iv = 2(CV + AC + CS + CA + RI + P + GA) + 1,5(CU + D + IV + MR) + (A + E + ML + MT) + 0,5(DV + M + RS + RE)$$

El resultado obtenido para el índice de viabilidad en cada zona es 21,5 para la zona A, 38,5 para la zona B y 38 para la zona C. Se puede observar que son los factores condicionantes de primer orden los que determinan los valores obtenidos, diferenciándose claramente las zonas B y C de la zona A, cuyo bajo valor del índice de viabilidad es causa de las condiciones desfavorables de la capacidad y vida útil, accesos, contaminación de aguas subterráneas, paisaje y grado de antropización del medio. La elección entre las zonas B y C, con valores similares en el índice de viabilidad, podría basarse en factores de tipo económico, como son los costes de obras de infraestructura y de corrección de los impactos ambientales.

No se ha considerado en principio ningún factor como excluyente, puesto que existen medidas correctoras, tanto para los impactos ambientales como para los factores negativos de tipo técnico. Sin embargo, una vez presentada la evaluación cuantitativa al Ayuntamiento, se desechó la zona B al considerar éste que la calificación urbanística del terreno no era modificable, al estar ya incluido en un pro-

FACTORES DE PONDERACION	ORDEN	FACTORES	ZONA A		CARACTERISTICAS	
			CONDICIONES	I		
			2			F. FACTORES CONDICIONANTES DE 1º ORDEN
1	2	CAPACIDAD Y VIDA UTIL (CV)	D	0	2.100.000m <sup>3</sup> equivalente a 10 años	
		ACCESOS (AC)	D	0	No existen en la actualidad. Existen problemas constructivos para su realización.	
		CONTAMINACION DE AGUAS SUBTERRANEAS (CS)	D	0	Litológicamente se trata de pizarras, arcillas, areniscas y conglomerados. Existe circulación subsuperficial	
		CONTAMINACION DE AGUAS SUPERFICIALES (CA)	A	1	Círculo de recepción de cabecera de cuenca	
		RIESGO DE INUNDACION (RI)	F	2	Mínimo respecto a las otras dos zonas aunque se precisen drenajes perimetrales	
		PAISAJE (P)	D	0	Paisaje de cierta calidad incluido en el Plan Especial de Protección del Medio Físico	
	1,5	2	GRADO DE ANTROPIZACION DEL MEDIO (GA)	D	0	Bajo. Antigua explotación agraria
			CALIFICACION URBANISTICA (CU)	F	2	Suelo no urbanizable
			DISTANCIA A NUCLEOS HABITADOS (D)	F	2	Alguna casa dispersa a una distancia de más de 500 mts.
			IMPACTO VISUAL (IV)	F	2	Zona cerrada, no es receptora de vistas
			MATERIAL PARA RECUBRIMIENTO Y SELLADOS (MR)	A	1	Tendrían que ser traídos de zonas próximas
			INFRAESTRUCTURA AGUA (A)	D	0	No existe
0,5	1	INFRAESTRUCTURA ELECTRICIDAD (E)	F	2	Existe una línea de alta tensión en las proximidades	
		MOVIMIENTO DE LADERAS (ML)	A	1	Posibles problemas en taludes artificiales de los materiales paleozoicos	
		MOVIMIENTO DE TIERRAS (MT)	D	0	Materiales paleozoicos no ripables	
		DIRECCION DE VIENTOS (DV)	F	2	S.SW. y N.NE	
		MORFOLOGIA (M)	F	2	Cerrada, propia de cabecera de arroyo	
		RIESGO SISMICO (RS)	A	1	Igual en todas las zonas. Para un periodo de retorno de 100 años el grado de intensidad "macrosísmica" es de VII.	
		RIESGO DE EROSION (RE)	A	1	Acarreamiento en laderas con predominio lutítico	

Fig. 3.—Factores condicionantes técnicos y ambientales considerados; jerarquización de los mismos; condiciones y características de los factores para una de las tres zonas alternativas.

FACTORES DE PONDERACION	ORDEN	FACTORES	ZONA A		ZONA B		ZONA C		
			CONDICIONES	I	CONDICIONES	I	CONDICIONES	I	
			2		F. FACTORES CONDICIONANTES DE 1º ORDEN				
1	2	CAPACIDAD Y VIDA UTIL (CV)	D	0	F	2	F	2	
		ACCESOS (AC)	D	0	F	2	F	2	
		CONTAMINACION DE AGUAS SUBTERRANEAS (CS)	D	0	F	2	F	2	
		CONTAMINACION DE AGUAS SUPERFICIALES (CA)	A	1	A	1	D	0	
		RIESGO DE INUNDACION (RI)	F	2	F	2	D	0	
		PAISAJE (P)	D	0	A	1	F	2	
	1,5	2	GRADO DE ANTROPIZACION DEL MEDIO (GA)	D	0	A	1	F	2
			CALIFICACION URBANISTICA (CU)	F	2	D	0	A	1
			DISTANCIA A NUCLEOS HABITADOS (D)	F	2	A	1	A	1
			IMPACTO VISUAL (IV)	F	2	A	1	A	1
			MATERIAL PARA RECUBRIMIENTO Y SELLADOS (MR)	A	1	F	2	F	2
			INFRAESTRUCTURA AGUA (A)	D	0	F	2	F	2
0,5	1	INFRAESTRUCTURA ELECTRICIDAD (E)	F	2	F	2	F	2	
		MOVIMIENTO DE LADERAS (ML)	A	1	F	2	F	2	
		MOVIMIENTO DE TIERRAS (MT)	D	0	F	2	F	2	
		DIRECCION VIENTOS (DV)	F	2	A	1	A	1	
		MORFOLOGIA (M)	F	2	F	2	F	2	
		RIESGO SISMICO (RS)	A	1	A	1	A	1	
		RIESGO DE EROSION (RE)	A	1	A	1	A	1	

Fig. 4.—Síntesis de las condiciones obtenidas para los factores condicionantes en cada una de las zonas alternativas.

yecto de infraestructura municipal de gran importancia y envergadura. De esta manera, el factor «calificación

urbanística» pasa a ser excluyente, proponiéndose la siguiente expresión para el índice de viabilidad:

$$Iv = CU[2(CV+AC+CS+CA+RI+P+GA)+1,5(D+IV+MR)+(A+E+ML+MT)+0,5(DV+M+RS+RE)]$$

siendo  $CU=1$  en caso favorable o aceptable y  $CU=0$  en caso desfavorable.

Con esta expresión, el resultado de  $Iv$  en cada zona es 19,5 para la zona A, 0 para la zona B y 36,5 para la zona C.

Por lo tanto, siempre que por decisión del organismo o unidad administrativa promotores del estudio de ubicación se consideren factores de carácter excluyente, proponemos la utilización de una expresión para el índice de viabilidad del tipo de la anterior, en la que los factores excluyentes aparezcan como multiplicandos, con valor 0 ó 1, de manera que en

caso de ser desfavorables  $Iv$  sea igual a 0.

### Conclusiones

Los estudios de ubicación de vertederos de residuos sólidos urbanos deben enfocarse como estudios de tipo integral, incluyendo todos los parámetros que están relacionados con la actividad considerada, tanto de tipo técnico y constructivo como de tipo ambiental. El objetivo es seleccionar un emplazamiento técnicamente adecuado donde el impacto sobre el medio ambiente sea mínimo.

La selección de un emplazamiento entre varias alternativas debe efectuarse mediante técnicas de evaluación cuantitativa, definiendo factores condicionantes en sus diversos grados y pon-

deraciones. Esta definición de condicionantes jerarquizados debe ser discutida entre el equipo técnico y el organismo promotor del estudio, siendo recomendable la participación de otros organismos o sectores sociales afectados por el proyecto.

### Referencias

- ITGE (1989): *Estudio de viabilidad para la implantación del vertedero de Málaga*. 92 p. (Inédito).  
 MOPU (1982): *Gestión de residuos sólidos*. 273 p. Madrid.  
 Nieto Salvatierra, M. y D. Cocurul i Descarrega (1987): *III Reun. Nac. Geol. Ambient. Ord. Territ.*, 69-84.

Recibido el 1 de febrero de 1990  
 Aceptado el 23 de febrero de 1990

## El drenaje subterráneo de la Cordillera Ibérica en la depresión del Ebro: aspectos geológicos

J. A. Sánchez Navarro\*, J. San Román Saldaña\*, J. L. de Miguel Cabeza\* y F. J. Martínez Gil\*

\* Cátedra de Hidrogeología, Dpto. Ciencias de la Tierra, Universidad Zaragoza. Ciudad Universitaria s/n. 5009 Zaragoza.

### ABSTRACT

*Six hydrogeologic cross-sections, all of them placed along the contact between the Iberian Chain and the Tertiary Ebro Basin, are presented in this work. These cross-sections avoid us to establish a «geometric model» which explains both the specific location of the springs and the regional groundwater flow characteristics of their waters. The previous knowledge of the groundwater discharge points location, together with a lot of well and geophysical data, and the use of an «hydrogeologic logic» have helped us to interpretate the structures.*

**Key words:** *Ebro Tertiary basin, hydrogeology, Iberian chain, regional groundwater flow, Aragón, Spain.*

*Geogaceta*, 8 (1990), 115-118.

### Introducción

El drenaje subterráneo de la Cordillera Ibérica en la Depresión del Ebro constituye un fenómeno hidrogeológico complejo. El conocimiento del mismo tiene implicaciones no solamente prácticas e inmediatas (regulación de recursos subterráneos, ubicación de captaciones para abastecimiento a la población o el regadío, etc.) sino que es la clave de la interpretación de fenómenos geológicos como las anomalías geotérmicas detectadas

en ese contacto o la génesis de los depósitos evaporíticos de la cuenca terciaria del Ebro.

Para poder explicar estos fenómenos es necesario contar con un buen conocimiento de la geometría del medio; la experiencia e información acumulada por la Cátedra de Hidrogeología de la Universidad de Zaragoza con numerosos trabajos parciales en esta zona, permite elaborar unos primeros cortes hidrogeológicos de síntesis seriados.

### Manifestaciones hidrogeológicas en la zona del contacto

A lo largo del contacto entre la Cadena Ibérica y la Cuenca Terciaria del Ebro se ubican los principales puntos de descarga de agua subterránea de la cordillera; esta concentración del flujo se debe a la convergencia de los siguientes factores:

- La disposición topográfica: todos los manantiales se sitúan en los valles fluviales más profundos.