

METODOLOGIA APLICADA EN CANTABRIA PARA LA VALORACION DE LOS ASPECTOS HIDRICOS IMPLICADOS EN LA SELECCION DE EMPLAZAMIENTOS DE VERTEDEROS DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS

J. TEMIÑO*, M.J. ADARVE* y L.F. REBOLLO*

RESUMEN

Se describe la metodología utilizada en un sector de Cantabria (España) para la caracterización de dicho territorio atendiendo a la afección que ocasionaría en el agua -tanto superficial como subterránea- la hipotética construcción de un vertedero de residuos sólidos urbanos.

El método empleado consiste en la sectorización del territorio en celdas que se valoran individualmente en dos fases de trabajo. En la primera, de ámbito regional, se pretende seleccionar las áreas de menor fragilidad desde el punto de vista hidrico. En la segunda fase se realiza un análisis más detallado de las zonas seleccionadas en la etapa anterior.

En cada fase del trabajo se confeccionan dos mapas temáticos, uno referente a las aguas superficiales y el otro a las aguas subterráneas. Con posterioridad, y a fin de obtener una visión de conjunto, estos mapas se relacionan y analizan de forma conjugada con los análogamente elaborados para el resto de los aspectos temáticos especificados en la caracterización medioambiental del territorio.

Dicha metodología es susceptible de ser empleada en la selección de emplazamientos de vertederos de residuos sólidos, especialmente en regiones húmedas, o bien en la evaluación de las consecuencias que los ya existentes pueden causar sobre las aguas superficiales y subterráneas.

PALABRAS CLAVE

Vertederos. Residuos sólidos. Impacto ambiental. Contaminación de aguas subterráneas. Contaminación de aguas superficiales.

ABSTRACT

A methodology based on discrimination of the territory in numerous cells has been used in Cantabria (Spain) for site characterization, in order to minimize the negative effects that an urban solid waste repository could cause on surficial and ground waters.

Through the individual assessment of cells, the system allows the selection of the best areas for this purpose and its detailed analysis.

This standardized methodology can be used in other regions, mainly in humid areas as the studied, to avoid potential pollution or damage on water resources.

KEY WORDS

Waste disposal. Solid Wastes. Environmental impact. Groundwater pollution. Surface water pollution.

INTRODUCCION

La selección de emplazamientos óptimos para la instalación de vertederos de residuos sólidos urbanos (V.R.S.U.) dentro de un territorio requiere un análisis pormenorizado de los diversos aspectos naturalísticos, estéticos, culturales y logísticos que, junto a los técnicos, económicos y socio-políticos, configuran el marco del problema a resolver.

Son numerosos los casos en que, debido a la no consideración de alguno de aquellos aspectos, se han originado problemas de tipo medioambiental o social durante la construcción, explotación o sellado de depósitos de desechos urbanos.

Capital importancia tiene en este contexto la consideración de las características hidricas del medio. En efecto, la contaminación del agua, tanto superficial como subterránea, constituye uno de los problemas clave en la localización de zonas adecuadas para la ubicación de vertederos de residuos sólidos urbanos. Aunque la ingeniería ha desarrollado sistemas y diseños para el control de los lixiviados que se generan a partir de los desechos, nunca se llega a impedir de forma absoluta su migración fuera del ámbito del vertedero; tampoco debe descartarse la posibilidad de una fuga por accidente, error humano, degradación del material impermeabilizante o cualquier otra circunstancia. La peligrosidad de la contaminación hídrica en el medio es función de numerosos factores, muchos de los cuales están íntimamente relacionados, y en algunos casos con consecuencias contradictorias.

En el presente trabajo se exponen los criterios hidrológicos e hidrogeológicos utilizados en un estudio medioambiental realizado en la vertiente septentrional de Cantabria, destinado a la búsqueda de emplazamientos adecuados para la construcción de vertederos controlados de residuos sólidos urbanos.

METODO DE TRABAJO

Resulta evidente la necesidad de analizar conjuntamente todas las modificaciones que introduce en el medio la implantación de un V.R.S.U. En nuestro caso, ello se ha llevado a cabo mediante un análisis multivariante de

los datos contenidos en los mapas de impacto confeccionados para cada aspecto analizado [MONTALVO et al., 1988]. Con el fin de posibilitar el tratamiento automático conjunto, se superpuso al territorio una malla de celdas cuadradas, que pasaron a constituir la unidad de valoración. Los mapas se realizaron definiendo en cada uno de ellos una serie de unidades temáticas (en función de su grado de fragilidad ante la acción propuesta) a las que posteriormente se asignó su correspondiente valor de impacto.

Se han establecido dos fases en el desarrollo del trabajo. La primera, de ámbito regional y aproximación al problema, se realizó discretizando el territorio en celdas cuadradas de 1 Km. de lado. La información utilizada para la valoración fue, básicamente, la obtenida de la cartografía existente y de los trabajos y publicaciones recopilados (fundamentalmente I.T.S.E.M.A.P. [1987], S.G.O.P. [1984] e I.G.M.E., [varios años]), todo ello contrastado con algunas observaciones realizadas en campo. A partir del análisis automático de toda la cartografía temática confeccionada, se seleccionaron las tres zonas que sufrirían globalmente un menor impacto ambiental por la instalación del V.R.S.U. [MONTALVO et al., 1988].

La segunda fase, de ámbito local y análisis más detallado, se realizó sobre las tres zonas seleccionadas, subdividida cada una de ellas en celdas de 250 x 250 m. La asignación de valores de impacto a cada celda se realizó a partir de la información usada en la primera fase, completada y corregida con trabajos de campo y gabinete. El análisis multivariante conjunto de los mapas temáticos confeccionados para esta fase permitió seleccionar definitivamente las áreas que sufrirían menores impactos al instalarse en ellas el vertedero controlado.

Para confeccionar los mapas temáticos de impacto se consideró éste como la variación de valor que experimenta un punto del territorio cuando en él se asienta la actividad propuesta. La instalación de un V.R.S.U. prácticamente no afectaría a la cantidad de agua disponible, mientras que puede llegar a degradar ostensiblemente su calidad, especialmente en las inmediaciones del vertedero. Por ello, la valoración del impacto produ-

cido en este recurso se ha establecido por comparación entre la calidad inicial del agua y la derivada de la posible contaminación inducida por los lixiviados generados en dicha instalación, que normalmente serán de escaso caudal pero elevada agresividad.

Además, desde el punto de vista hídrico, el impacto puede referirse tanto a la potencialidad de utilización humana y/o ecológica del agua, como a los usos reales de la misma que existen actualmente en la región.

Por todo ello, las valoraciones realizadas en los mapas hidrológicos e hidrogeológicos de la primera fase se han establecido según la variación de calidad que se introduciría en el agua en relación con sus usos potenciales, mientras que en la segunda -al disponer de datos más concretos- se han referido a los usos potenciales y reales del agua más significativos de cada zona estudiada.

AFECCION A LAS AGUAS SUPERFICIALES

El interés fundamental a la hora de considerar la hidrología superficial en los estudios destinados a seleccionar emplazamientos óptimos para la instalación de V.R.S.U. radica en determinar la posible afección negativa que supondría la llegada de los lixiviados del vertedero a los diversos medios receptores de superficie (ríos, lagunas, marismas, mar, ...).

En la primera fase de estudio se pretendió evaluar los impactos sobre los usos potenciales del agua, teniendo en cuenta:

- la vulnerabilidad de los diferentes medios receptores,
- la facilidad con que el lixiviado pueda llegar al medio receptor,
- la calidad del agua en los principales ríos de la región.

Se ha considerado suficientemente satisfactoria, desde el punto de vista de la hidrología superficial, la selección estadística de zonas para la segunda fase del trabajo. Ello se debe a que dichas áreas no incluyen medios acuáticos de muy elevada fragilidad (em-

balses, lagunas o marismas), ni ámbitos costeros. No obstante, en algunas de ellas existen cauces permanentes de segundo orden o menor que, en muchos casos, están próximos a los ríos principales de la región. Esta circunstancia es difícil de solventar en regiones de elevada pluviometría, donde las amplias áreas carentes de cursos fluviales permanentes se restringen habitualmente a ámbitos kársticos, por otro lado muy vulnerables desde el punto de vista hidrogeológico.

Los criterios utilizados en la segunda fase del trabajo pretenden estimar la incidencia de la eventual contaminación de las aguas superficiales por los lixiviados procedentes del V.R.S.U., en relación con los usos reales y potenciales más importantes de las zonas seleccionadas y su entorno próximo. Los aspectos analizados han sido los siguientes:

- las pendientes topográficas y las distancias a los ríos o arroyos más próximos; estos factores, en caso de producirse un escape de lixiviados, condicionan en gran medida la probabilidad de que el contaminante acceda al cauce fluvial,
- el tramo fluvial que se vería significativamente afectado por una hipotética fuga de lixiviados,
- los usos actuales más importantes del agua en los cauces fluviales de cada zona de estudio y su entorno próximo,
- los caudales medios de los ríos y arroyos en los meses de estío; a partir de ellos se ha caracterizado su capacidad de dilución y su potencialidad de uso.

A modo de ejemplo se comenta a continuación el proceso seguido en esta segunda fase para la valoración de los impactos en el agua superficial, supuesta la construcción del V.R.S.U. en cada celda. Se ha realizado mediante cinco tablas, según se indica a continuación.

En primer lugar, a cada celda se le asignó un valor obtenido de la Tabla I. En caso de existir más de un valor a una distancia inferior a 10 Km. aguas abajo de la celda evaluada, sólo se la concedió aquél con mayor puntuación.

TABLA I. CARACTERIZACION DE LAS CELDAS SEGUN LOS USOS ACTUALES DE ABASTECIMIENTO, USOS POTENCIALES DEL AGUA Y CAPACIDAD DE DILUCION

- Celda drenante a un cauce con toma de abastecimiento público y escasa capacidad de dilución (concentraciones superiores a 1/100)	10
- Celda drenante a un cauce con toma de abastecimiento público y/o con una potencialidad moderada de uso, y capacidad media de dilución (concentraciones comprendidas entre 1/500 y 1/100).	7
- Celda drenante a un cauce con toma de abastecimiento público y/o potencialidad elevada de uso, y alta capacidad de dilución (concentraciones inferiores a 1/500).	5
- Celda drenante a un cauce sin toma de abastecimiento público, con una potencialidad de uso muy limitada, y escasa capacidad de dilución (concentraciones superiores a 1/100)	2

A continuación, a cada celda se le asignó un segundo valor, correspondiente a la suma de las diversas puntuaciones obtenidas en la Tabla II.

Se consideró que el mar y los ríos con caudal medio mensual en estío superior a 500 l/seg. no resultarían seriamente afectados por los lixiviados.

TABLA II. CARACTERIZACION DE LAS CELDAS ATENDIENDO A LA LONGITUD Y EL CAUDAL MEDIO MENSUAL EN ESTIO DE LOS CURSOS FLUVIALES QUE PODRIAN VERSE AFECTADOS

- Tramos fluviales con caudal inferior a 100 l/seg., situados aguas abajo de la celda	longitud (Km)/1
- Tramos fluviales con caudal comprendido entre 100 y 500 l/seg., situados aguas abajo de la celda	longitud (Km)/2

Posteriormente, a cada celda se le atribuyó el valor que le corresponde en la Tabla III, y que pretende reflejar el peligro que supondría la posible afección al agua superficial en los usos sociales y medioambientales que se hacen de la misma. Dicha tabla se ha elaborado mediante una combinación de los valores correspondientes a las Tablas I y II, habiéndose considerado que los de la primera son doblemente significativos que los de la segunda.

El valor obtenido en la Tabla III debe multiplicarse por un factor que, según se indica en la Tabla IV, es función de la proximidad al cauce y de la pendiente del terreno. Estos dos factores condicionan en

TABLA III. VALORACION DE LA POSIBLE AFECCION A LOS USOS DEL AGUA, OBTENIDA A PARTIR DE LOS VALORES DE LAS TABLAS I Y II

	Tabla I	10	7	5	2
Tabla II					
10		10	8	7	5
9		10	8	6	4
8		9	7	6	4
7		9	7	6	4
6		9	7	5	3
5		8	6	5	3
4		8	6	5	3
3		8	6	4	2
2		7	5	4	2
1		7	5	4	2

gran medida la posibilidad de que, por deficiencias de control o por accidente, los lixiviados alcancen los cursos fluviales; y son de

relevante importancia, ya que de este supuesto depende la consecución de las afecciones anteriormente analizadas.

TABLA IV. FACTOR MULTIPLICADOR DEL VALOR OBTENIDO EN LA TABLA III, SEGUN LA PROBABILIDAD DE QUE EL LIXIVIADO ACCEDA AL CURSO FLUVIAL DE CARACTER PERMANENTE MAS PROXIMO

- Area próxima a un curso fluvial. Se consideran aquellas celdas por las que discurre un cauce y las adyacentes. x 4
- Celda alejada de un curso fluvial y con pendiente topográfica media mayor del 18% . x 2
- Celda alejada de un curso fluvial y con pendiente topográfica comprendida entre el 6% y el 18%. x 1
- Celda alejada de un curso fluvial y con pendiente topográfica media inferior al 6% . x 0

Por último, cada celda se incluye en una de las cinco unidades de impacto reflejadas

en la Tabla V, según el valor final de caracterización obtenido.

TABLA V. UNIDADES DE IMPACTO, ORDENADAS EN FUNCION DE LA POSIBILIDAD DE AFECCION A LAS AGUAS SUPERFICIALES EN SUS USOS, SEGUN EL VALOR FINAL OBTENIDO EN SU CARACTERIZACION (TABLAS I A IV)

- 1° - Celda en que la probabilidad de afección a las aguas superficiales es extremadamente alta (valor de caracterización mayor de 25).
- 2° - Celda en que la probabilidad de afección a las aguas superficiales es muy alta (valor de caracterización comprendido entre 25 y 21).
- 3° - Celda en que la probabilidad de afección a las aguas superficiales es alta (valor de caracterización comprendido entre 20 y 16).
- 4° - Celda en que la probabilidad de afección a las aguas superficiales es media (valor de caracterización comprendido entre 15 y 11).
- 5° - Celda en que la probabilidad de afección a las aguas superficiales es baja (valor de caracterización comprendido entre 10 y 6).
- 6° - Celda en que la probabilidad de afección a las aguas superficiales es muy baja (valor de caracterización inferior a 6).

AFECCION A LAS AGUAS SUBTERRANEAS

La contaminación inducida en el agua subterránea por un V.R.S.U. depende funda-

mentalmente del caudal y las características del lixiviado que se genere, así como de la permeabilidad del sustrato y de su poder depurador en las zonas saturada y no saturada del subsuelo.

En la primera fase del trabajo se estimó el impacto que se produciría en los usos potenciales del agua por la instalación del V.R. S.U. en cada celda del territorio estudiado. El valor de dicho impacto se obtuvo, suponiendo constante el caudal y las características del lixiviado generado, a partir del tipo y grado de permeabilidad, así como del contenido en arcillas de las formaciones geológicas aflorantes.

Las zonas seleccionadas para un estudio más detallado en la segunda fase del trabajo correspondieron a ámbitos con valores bajos de impacto en las aguas subterráneas. Aunque otros sectores del territorio tenían asignados impactos menores, la selección se consideró suficientemente satisfactoria desde el punto de vista hidrogeológico.

En esta segunda fase del trabajo se decidió valorar el impacto sobre las aguas subterráneas respecto a sus usos reales y potenciales más significativos en la región, empleando los criterios y valoraciones propuestos por LEGRAND [1986]. Este sistema, que por primera vez se utiliza en España en este trabajo, fue ideado para evaluar la probabilidad de contaminación inducida por diferentes tipos de vertidos respecto al punto de referencia que se establezca en cada caso (pozo, manantial, cauce efluente, límite de propiedad, etc.), mediante el tratamiento numérico y gráfico de algunos datos básicos sobre las características hidrogeológicas del emplazamiento y del elemento contaminante. Asimismo, se pueden obtener orientaciones sobre aspectos tales como la peligrosidad de la contaminación que se pudiera generar y la necesidad de impermeabilización del lugar de vertido. El método consta de tres pasos, que a continuación se describen sucintamente:

- Caracterización hidrogeológica del emplazamiento mediante una serie ordenada de números y letras. Los números representan los cuatro factores considerados por LeGrand como claves: distancia entre la fuente de contaminación y el punto de referencia establecido, profundidad del nivel freático, gradiente hidráulico entre el punto de vertido y el de referencia, y grado de permeabilidad-sorción del sustrato. Las letras representan características complementarias, como el grado de confianza de

los datos utilizados en la identificación de los factores clave, el tipo de punto de referencia usado y la existencia de acuíferos confinados por debajo del nivel freático.

- Evaluación cualitativa de la gravedad de la contaminación, mediante el empleo de un gráfico de doble entrada. Una corresponde a la "sensibilidad del acuífero", caracterizada fundamentalmente por la permeabilidad del sustrato y, en menor medida, por la calidad del agua subterránea, la importancia del medio como acuífero y el espesor de la zona saturada. La otra entrada refleja la peligrosidad del contaminante, deducida de su toxicidad, concentración, volumen, persistencia y movilidad en el agua.
- Determinación de la probabilidad de contaminación del punto de referencia establecido, mediante la comparación de la caracterización hidrogeológica del emplazamiento con curvas patrón valoradas a partir de numerosos casos reales. Se establecen varios grados de probabilidad de contaminación, desde "improbable" hasta "muy probable".

Los resultados obtenidos por este método sólo se pueden considerar como una primera aproximación al problema y su fiabilidad es función, sobre todo, del grado de confianza que se tenga en los valores introducidos.

Con el fin de obtener los datos necesarios para aplicar el método anteriormente expuesto, se caracterizó la "peligrosidad del contaminante" a partir de diversas referencias bibliográficas de composición de lixiviados [FREEZE Y CHERRY, 1979], [CUSTODIO Y LLAMAS, 1983] y [ALLER et al, 1987]. Asimismo, se realizaron diversas campañas "in situ" con el fin de determinar las principales características hidrogeológicas de cada zona de estudio y los usos reales y potenciales más significativos del agua subterránea en ellas.

Se ha asignado a la "peligrosidad del contaminante" un valor medio-alto. Ello se

debe a que se ha estimado que el vertedero generará un caudal medio de lixiviados comprendido entre 40 y 120 m³/día, cuya concentración de elementos contaminantes será alta, especialmente durante los primeros años de explotación del vertedero [LOPEZ PEREZ et al., 1989]. Algunos de estos contaminantes no se degradan fácilmente, por lo que en algunos casos pueden moverse en el subsuelo hasta distancias considerables [LEGRAND, 1980].

En los trabajos de campo se ha constatado, en todas las zonas seleccionadas, la existencia de un flujo subsuperficial de agua en el seno del suelo, favorecido por la baja permeabilidad de los materiales del sustrato sobre el que se desarrolla el conjunto edáfico, de mayor permeabilidad. No se ha considerado este flujo hipodérmico en la valoración, ya que es fácilmente controlable durante la explotación del V.R.S.U. No obstante, debe tenerse muy en cuenta durante el diseño de la clausura, pues puede ser causa de ulteriores problemas en el vertedero.

El nivel freático del sustrato está próximo a la superficie topográfica y se adapta a ella, por lo que es característico su drenaje a través de casi todos los arroyos, y la presencia de pequeños manantiales a cotas muy dispares que se localizan a favor de depresiones del terreno, fracturas o alternancias litológicas.

Los usos reales y potenciales del agua subterránea utilizados como puntos de referencia para la valoración del impacto en cada celda han sido los siguientes:

- captaciones de aguas subterráneas para abastecimiento público,
- fuentes acondicionadas para uso público,
- manantiales con caudal medio estimado superior a 1 l/seg,
- afloramientos de rocas carbonatadas y karstificadas,
- cauces efluentes.

Además, se tuvieron en cuenta las siguientes consideraciones durante el proceso de evaluación de impactos:

- a) La caracterización de cada celda se realizó respecto al uso de referencia más próximo, siempre que el nivel freático de éste se localizase a menor cota que el de la celda en cuestión.
- b) En el caso de existir varios usos de referencia para la caracterización de alguna celda, se estimaron como menos frágiles los cauces efluentes.
- c) El V.R.S.U. incluiría en su diseño algunos aspectos que mejoren la relativa impermeabilidad del sustrato y el control de los lixiviados.

Una vez caracterizada cada celda según el sistema expuesto, se pasó a incluirlas en una de las cuatro unidades de impacto que quedan reflejadas en la Tabla VI.

TABLA VI. UNIDADES DE IMPACTO, ORDENADAS EN FUNCION DE LA POSIBILIDAD DE CONTAMINACION DEL AGUA SUBTERRANEA EN LOS PUNTOS EN QUE SE LOCALIZAN LOS USOS DE REFERENCIA

- 1° - Contaminación muy probable del agua en los usos de referencia, excepto en los cauces efluentes.
- 2° - Contaminación muy probable del agua subterránea efluente a los cauces fluviales y/o contaminación poco probable en los demás usos de referencia.
- 3° - Contaminación poco probable del agua subterránea efluente a los cauces fluviales y/o contaminación sumamente improbable en los demás usos de referencia.
- 4° - Contaminación sumamente improbable del agua subterránea efluente a los cauces fluviales.

CONSIDERACIONES FINALES

Resulta evidente que se puede -y en algunos casos se debe- añadir otros factores de valoración a los aquí empleados, tales

como la calidad del agua, el poder de auto-depuración de los ríos y arroyos, la tasa pluviométrica, el coeficiente de escorrentía, etc. Ello es función de los datos disponibles, o de los que sea posible conseguir con cierta facilidad, así como del grado de discriminación que pueden introducir dentro de cada zona y de las distintas zonas entre sí. En el caso del sistema de valoración expuesto, la calidad del agua ha quedado implícitamente considerada en los usos potenciales y reales de la misma; el resto de los factores citados no se consideraron claramente discriminantes al tener que aplicarse en zonas muy pequeñas y próximas entre sí, todas ellas con similares características de topografía, vegetación, clima y permeabilidad del sustrato.

También debe tenerse en cuenta que el trabajo descrito se realizó en un sector del Norte de España peninsular, con unas características sociales y de los medios físico y biótico muy peculiares. Estas circunstancias influyen en la consideración del recurso agua con una óptica diferente a la de otras regiones españolas, y hace que las unidades descritas en las tablas, y sus correspondientes valoraciones, deban ser modificadas o adecuadas a las características de la región a estudiar, particularmente en el caso de ambientes secos.

BIBLIOGRAFIA

ALLER, L., BENNETT, T., LEHR, J.H., PETTY, R.I. y HACKETT, G. (1987). D.R.A.S.T.I.C.: A Standardized System for Evaluating Ground Water Pollution Potential Using Hydrogeologic Setting. Environmental Protection Agency. U.S.A. 445 pp. y planos.

CUSTODIO, E. y LLAMAS, M.R. (1983). Hidrología subterránea Tomo II. Ed. Omega.

FREEZE, R.A. y CHERRY, J.A. (1980). Groundwater. Prentice-Hall, Inc. U.S.A. 604 pp.

I.G.M.E. (varios años). Mapa Geológico de España a E: 1:50.000. Hojas 33 (Comillas), 34 (Torrelavega), 35 (Santander), 57 (Cabezón de la Sal), 58 (Los Corrales de Buelna) y 59 (Villacarriedo).

I.T.S.E.M.A.P. (1987). Estudio de bases de protección ambiental y ordenación de zonas de montaña de Cantabria. Cartografía Temática Ambiental. Informe para la Diputación Regional de Cantabria.

La asignación de valores lleva implícita una cierta carga de subjetividad, no obstante lo cual las diferencias introducidas por divergencias de criterio entre distintos especialistas, no deben redundar significativamente en las asignaciones finales de impacto obtenido por cada uno de ellos.

Este tipo de trabajos no excluye la necesidad de realizar estudios finales de detalle, que definan y cuantifiquen con mayor precisión los impactos de la zona definitivamente seleccionada, para que puedan ser debidamente corregidos durante el diseño de la obra y del sistema de explotación.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido posible merced a un proyecto de investigación financiado por la Consejería de Ecología, Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la Diputación Regional de Cantabria y coordinado por los Profesores Díaz Pineda, López de Pablo y Llamas, de la Universidad Complutense de Madrid, que han propuesto el modelo general en que se integra este análisis y hecho numerosas sugerencias al mismo. Vaya a dichas personas e instituciones nuestro sincero agradecimiento.

LEGRAND, H.E. (1980). A Standardized System for Evaluating Waste-Disposal Sites. National Water Well Association. U.S.A. 42 pp. y planos.

LOPEZ PEREZ, B., MIRADA, F.J., MIRADA, R.A., RODRIGUEZ SOMOLINOS, F. y TIJERO, J. (1989). Localización de vertederos de residuos sólidos urbanos de la Comunidad de Cantabria. Valoración técnica y económica comparativa de las ubicaciones propuestas y estudio sociológico. Informe para la Consejería de Ecología, Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. Diputación Regional de Cantabria. 125 pp. y planos.

MONTALVO, J., RAMIREZ-SANZ, L., LOPEZ DE PABLO, C.T., REBOLLO, L.F., TEMIÑO, J., ADARVE, M.J., LLAMAS, M.R. y DIAZ PINEDA, F. (1988). Minimización del impacto ambiental producido en la localización de vertederos de residuos sólidos urbanos de la Comunidad de Cantabria. Análisis global de alternativas. Informe para la Consejería de Ecología, Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. Diputación Regional de Cantabria. 44 pp.

S.G.O.P. (1984). Síntesis hidrogeológica de la vertiente norte de Cantabria. Est. Hidrog. 12/84. M.O.P.U.