



II/3-7-1  
Instituto Tecnológico  
GeoMinero de España

12

11-3

MAPA DE ORIENTACION AL VERTIDO  
DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS  
Escala 1:50.000



Instituto Tecnológico  
GeoMinero de España

BUSTO

Instituto Tecnológico  
GeoMinero de España



## MAPA DE ORIENTACION AL VERTIDO DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS

Escala 1:50.000

# BUSTO

Primera edición

MADRID, 1989

El Instituto Tecnológico GeoMinero de España, ITGE, que incluye, entre otras, las atribuciones esenciales de un "Geological Survey of Spain", es un Organismo autónomo de la Administración del Estado, adscrito al Ministerio de Industria y Energía, a través de la Secretaría General de la Energía y Recursos Minerales (R.D. 1270/1988, de 28 de octubre). Al mismo tiempo, la Ley de Fomento y Coordinación General de la Investigación Científica y Técnica le reconoce como Organismo Público de Investigación. El ITGE fue creado en 1849.

Con posterioridad a la realización de esta edición, el Instituto Geológico y Minero de España ha pasado a denominarse Instituto Tecnológico GeoMinero de España.

En consecuencia, donde dice Instituto Geológico y Minero de España en esta edición, debe entenderse que se trata del Instituto Tecnológico GeoMinero de España.



## INDICE

1. INTRODUCCION .....	5
2. OBJETIVOS Y CARACTER DEL MAPA .....	7
3. MAPA DE ORIENTACION .....	9
3.1. GENERALIDADES .....	9
3.2. ZONAS DESFAVORABLES AL VERTIDO .....	10
3.3. ZONAS QUE REQUIEREN ESTUDIOS COMPLEMENTARIOS ...	12
3.4. ZONAS FAVORABLES AL VERTIDO .....	15
4. MAPAS AUXILIARES .....	17
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	19

## 1. INTRODUCCION

Dentro de los trabajos que actualmente desarrolla el Instituto Geológico y Minero de España (IGME) en el marco del Programa Nacional de Gestión y Conservación de los Acuíferos, se ha concedido un especial interés al estudio de la contaminación de las aguas subterráneas y de su protección, especialmente de las destinadas al abastecimiento doméstico.

Entre los diversos mecanismos de contaminación de las aguas subterráneas figura la infiltración en el terreno de los productos de lixiviación procedentes de los vertederos de residuos sólidos de origen urbano e industrial. En la Ley de desechos y residuos sólidos urbanos, de 19 de noviembre de 1975 (BOE 21 de noviembre de 1975), se considera al IGME como organismo consultivo, en lo que respecta al emplazamiento de vertederos, "cuando las características del proyecto merezcan especial atención ante la posible contaminación de los recursos del subsuelo". En respuesta a esta consideración, el IGME, tratando de anticiparse a los problemas, ha emprendido el estudio de la vulnerabilidad de los mantos acuíferos frente a los agentes contaminantes vertidos en superficie, con objeto de orientar la selección de zonas de vertido.

El instrumento que se ha considerado más eficaz para representar de forma fácilmente comprensible, el peligro de contaminación de las aguas subterráneas a partir del vertido de residuos sólidos, ha sido el "Mapa de

Orientación al Vertido", ejemplo de lo que las ciencias geológicas e hidrogeológicas pueden aportar al proceso de ordenación del territorio.

El programa de preparación de mapas prevé la cobertura de todas aquellas áreas del territorio nacional donde coinciden núcleos productores de residuos y mantos acuíferos subterráneos aprovechables. En una primera fase, y en razón a los estudios hidrogeológicos desarrollados desde 1972 por el Instituto Geológico y Minero de España dentro del Programa Nacional de Investigación de Aguas Subterráneas, se van a cubrir las cuencas del Júcar, Segura, Sur, Guadiana, Guadalquivir e Islas Baleares. Con posterioridad a 1975, dentro ya de la 2ª fase del PIAS, se inician los estudios de las cuencas del Duero, Tajo, Ebro y Norte.

Dentro de cada una de estas cuencas, en las que el agua subterránea representa una parte importante de los recursos hídricos totales, se ha llevado a cabo la selección de las zonas a cartografiar mediante criterios bien definidos: en primer lugar, se localizan los núcleos más importantes de población o las zonas industriales, como principales productores de residuos, tanto sólidos como líquidos. Se determina a continuación, y en base a los datos hidrogeológicos de los que se dispone, la situación de estos núcleos potencialmente contaminantes con respecto a los mantos acuíferos subterráneos de la región; se seleccionan para cartografiar aquellas áreas en las que la zona de influencia de los centros productores de residuos se superpone a áreas bajo las que existen aguas subterráneas utilizadas para abastecimiento o bien utilizables en el futuro. Normalmente, los límites del mapa se prolongan hasta distancias razonables del núcleo productor de residuos, pero en zonas de gran intensidad urbana e industrial, donde es de prever una gestión mancomunada de los residuos, se cubre toda la zona subdividiéndola en hojas parciales.

Este criterio de selección permite ahorrar esfuerzos y concentrar éstos en aquellos puntos donde realmente se van a presentar los posibles problemas. Este criterio permitiría controlar, si los mapas se utilizasen adecuadamente, prácticamente el cien por cien de los problemas de contaminación de aguas subterráneas por vertidos de residuos sólidos urbanos de las grandes poblaciones situadas en las cuencas de estudio, y ello en base a una cartografía que no necesitará cubrir más de un 20 % del total de la superficie hidrogeológicamente estudiada.

## 2. OBJETIVOS Y CARACTER DEL MAPA

El mapa de orientación al vertido de residuos sólidos es un documento gráfico que aporta la necesaria información sobre uno de los aspectos a tener en cuenta en el proceso de planificación del uso del suelo; la contaminación de las aguas subterráneas; por lo tanto va dirigido, en general a los responsables de la toma de decisiones en este campo y, especialmente, a las autoridades encargadas de la ordenación del territorio y del medio ambiente, así como a las Comisiones Provinciales de Servicios Técnicos, y, a través de ellas, a las autoridades locales y provinciales.

El objetivo fundamental del mapa es ofrecer una orientación respecto a las zonas donde las aguas subterráneas corren peligro de contaminación y aquellas otras en las que los mantos acuíferos se encuentran mejor protegidos o no existen, y en las cuales el desarrollo de actividades contaminantes y específicamente el vertido de residuos sólidos urbanos es menos peligroso para este importante recurso subterráneo.

Los datos de base para la elaboración del mapa y su memoria explicativa, proceden de los estudios llevados a cabo por el IGME dentro del Programa de Investigación de Aguas Subterráneas (PIAS). Estos datos básicos se han analizado y complementado desde el punto de vista de la contaminación mediante los necesarios trabajos de campo y gabinete.

El mapa tiene un carácter orientativo y los criterios empleados en su preparación consideran exclusivamente la protección de la calidad de las aguas subterráneas, especialmente las destinadas al abastecimiento urbano.

La selección de un lugar determinado para establecer en él un vertedero, requiere el estudio de una serie de factores tales como topografía y volumen útil, distancias y accesos, material de recubrimiento, propiedad de terrenos, dirección del viento, ecología y paisaje, contaminación de las aguas de superficie y subterráneas, etc; en el mapa que se presenta sólo se ha considerado este último aspecto, y por lo tanto, el mapa ofrece información de uno sólo de los factores mencionados.

El hecho de que el título del mapa se refiera al vertido de residuos urbanos, no quiere decir que su utilidad quede restringida a este aspecto. Puesto que en él se pone de manifiesto la vulnerabilidad de los mantos acuíferos subterráneos frente a la contaminación iniciada en la superficie del terreno, el mapa puede servir también para estimar los peligros de degradación de la calidad del agua subterránea a partir de actividades tales como el vertido de aguas fecales, los pozos negros y fosas sépticas, etc. La eliminación de aguas residuales industriales mediante absorción por el terreno a partir de balsas, zanjas, pozos, etc. Y el vertido de residuos sólidos industriales, requerirán en general un estudio específico de la composición de los residuos antes de determinar si el mapa puede utilizarse para orientar el vertido de tales residuos.

Cabe indicar también que la precisión del mapa es una función de la escala a la que ha sido dibujado. Esto quiere decir que la selección definitiva del emplazamiento de un vertedero requerirá un estudio complementario que, realizado a escala adecuada en cada caso, confirme la idoneidad del emplazamiento elegido. A tal fin el IGME cuenta con el personal y medios necesarios.

Se describen a continuación las características hidrogeológicas y el empleo del agua en la zona, y se explican los criterios utilizados en la clasificación del terreno en áreas favorables o desfavorables. El informe se completa con las pertinentes conclusiones y recomendaciones.

### 3. MAPA DE ORIENTACION

#### 3.1. GENERALIDADES

En el mapa adjunto se han considerado, desde el punto de vista de la contaminación de las aguas subterráneas por vertido de residuos sólidos urbanos, tres zonas:

- Zonas desfavorables: son aquellas zonas muy vulnerables, en las que existe un elevado riesgo de contaminación de las aguas subterráneas.
- Zonas que requieren estudios complementarios: aquellas en las que con los conocimientos, que sobre ellas, se tiene en la actualidad no es posible definir con garantía el riesgo de contaminación.
- Zonas favorables: aquellas, en las que tomadas una serie de precauciones las aguas subterráneas se encuentran suficientemente protegidas a la contaminación potencial.

Con el fin de facilitar la comprensión del mapa de orientación, se han elaborado cuatro mapas complementarios a escala 1:200.000, en los que quedan reflejadas las principales características hidrogeológicas del área abarcada por la Hoja que nos ocupa. Estos mapas son:



- Esquema hidrogeológico.
- Captaciones para abastecimiento.
- Calidad química de las aguas subterráneas.
- Profundidad del nivel de saturado del agua subterránea.

### 3.2. ZONAS DESFAVORABLES AL VERTIDO

Es decir, aquéllas donde el vertido de basuras puede ocasionar problemas de contaminación de las aguas subterráneas utilizables, dada la vulnerabilidad del manto acuífero.

Se pueden considerar dentro de este grupo las siguientes:

A) Áreas de afloramientos de formaciones permeables por fisuras que contengan mantos acuíferos utilizables. Generalmente se trata de las zonas de recarga en calizas o dolomías, en las cuales los contaminantes originados en la superficie circulan con rapidez y sin efecto de purificación hacia el manto acuífero, arrastrados por las aguas de infiltración. La profundidad a la que se encuentre el nivel piezométrico no interviene, en este caso. En este apartado pueden incluirse otras formaciones muy permeables y donde el agua circula rápidamente, no necesariamente fisuradas, tales como calizas o calcarenitas karstificadas, etc.

B) Áreas donde los materiales mencionados en el apartado A) no afloran directamente, pero su recubrimiento no es lo suficientemente protector. Puede tratarse de áreas en las que las calizas o dolomías se encuentren bajo aluviones, suelos vegetales, terrenos más modernos margosos o arenosos, etc.

En cada región y según las litologías, este concepto de recubrimiento protector puede variar mucho. En principio, una capa de material impermeable sin fisuras de más de 5 m. de espesor y de permeabilidad vertical inferior a los 10-10 m/seg., evita la infiltración del agua de lluvia, y proporciona una protección local, si bien el agua puede circular en la superficie e infiltrarse en zonas donde la formación impermeable no exista. Este puede ser el caso en zonas de Karst, en las que conviene adoptar una posición conservadora y considerarlas como muy vulnerables a pesar de los eventuales recubrimientos arcillosos.

En el caso de que las calizas o dolomías se encuentren bajo materiales terciarios o cuaternarios no completamente impermeables, se puede tomar como base de referencia el hecho de que unos 15 metros de arenas muy finas, o bien alternancias de arenas, limos y arcillas representan una buena protección frente a ciertos contaminantes producidos por la lixiviación de las basuras urbanas, siempre que la infiltración

tenga lugar en régimen no saturado; por esta razón se puede considerar que si este espesor es inferior a 15 m. las formaciones fisuradas no están protegidas y debe considerarse la zona como vulnerable, independientemente de la profundidad a la que se encuentre la superficie piezométrica. C) Llanuras, valles o cubetas aluviales o de otro tipo, bajo las cuales existan mantos acuíferos aprovechables, libre o semicautivos, en formaciones permeables por porosidad intergranular (gravas, arenas, etc.) en los que la zona no saturada no puede proporcionar la suficiente protección frente a la contaminación.

Conviene a este respecto no olvidar que la idea del mapa es mostrar las zonas en las que las aguas subterráneas utilizables corren peligro de contaminación si se efectúan vertidos; es evidente que pueden existir áreas bajo las cuales estas aguas no sean aprovechadas en el presente y es prácticamente seguro que no lo sean en el futuro, como por ejemplo, las zonas costeras de descarga en los acuíferos en contacto con el mar en las que el agua es muy posible que se encuentre a pocos metros de profundidad, o incluso, en ocasiones, salinizada. En estos casos no se puede hablar estrictamente de zonas vulnerables o desfavorables al vertido, sin embargo conviene en cualquier caso incluirlas en el siguiente grupo de zonas que requieren estudios complementarios y no en el tercero de zonas favorables al vertido.

D) Zonas de protección de sondeos de abastecimiento urbano.

En ocasiones, en áreas incluidas en los apartados B) y C), los espesores del recubrimiento protector o de la zona no saturada, sobrepasan los límites mínimos exigidos y las zonas se consideran como menos vulnerables: sin embargo puede darse el caso de que existan pozos o sondeos de captación en estas áreas, utilizados para abastecimiento urbano, alrededor de los cuales conviene establecer, de entrada y como garantía de seguridad, un cierto perímetro protector. En realidad, éstas áreas, si no existiesen en ellas sondeos entrarían dentro del grupo 2°, es decir, en el de zonas que requieren estudios complementarios y por lo tanto, no sería necesario en rigor tomar la precaución suplementaria de marcar zonas de protección para los sondeos. La inclusión como zona desfavorable de estos perímetros se deja a la elección del responsable del mapa, que debe sopesar la protección real que tendrían dichos sondeos si por cualquier razón se instalase un vertedero en sus proximidades. Conviene no olvidar que cabe en lo posible que en mapa sea utilizado sin tomarse la molestia de consultar al ITGE, y que, en principio, las zonas del grupo 2° se consideran, conceptualmente, menos vulnerables que las del primer grupo.

En lo que se refiere a la forma y dimensiones del perímetro deberán

determinarse de acuerdo con las características del acuífero y con el volumen bombeado; las dimensiones teóricas del cono de depresión pueden servir como base. En cualquier caso, se recomienda dibujar estas zonas sin atenerse a criterios geométricos rígidos y a ser posible envolviendo varios sondeos dentro de una misma área de protección, o incluso considerando zonas desfavorables las áreas donde exista una cierta concentración de pozos o sondeos de abastecimiento, en vez de considerar cada uno de ellos individualmente.

Es perfectamente válido, por otra parte el incluir estas zonas de bombeo dentro del grupo 2° que se comenta a continuación.

En lo que respecta a los manantiales utilizados como fuentes de abastecimiento, ha de considerarse también un perímetro de protección a partir de criterios semejantes a los anteriores.

### 3.3. ZONAS DE REQUIERAN ESTUDIOS COMPLEMENTARIOS

De entrada hay que convenir que estas zonas podrían denominarse tanto favorables en principio, como desfavorables en principio, en ambos casos a falta de estudios complementarios. Incluso, dependiendo de la situación particular de cada región, pueden coexistir ambas en el mismo mapa.

Dentro de este grupo se pueden considerar las siguientes zonas:

A) Áreas de carácter semejante a las de B) del primer grupo, pero con un recubrimiento que puede considerarse como protector, es decir calizas y dolomías fisuradas recubiertas de materiales impermeables o de permeabilidad relativamente baja, cuyos espesores permiten suponer una protección del manto acuífero que se encuentra en las formaciones fisuradas infrayacentes. En lo que respecta a espesores cabe repetir lo que ya se indicó anteriormente: cada región presentará sus particularidades y será necesario establecer criterios especiales en cada caso. El valor de 15 metros como mínimo en zonas arenoso-arcillosas pueden servir de referencia, aunque hay que entender que se trata de una magnitud orientativa. Se comprende que en este supuesto A), la calificación de favorable en principio o desfavorable en principio depende de una serie de factores entre los que puede contarse la utilización de las aguas subterráneas en los acuíferos que se quiere proteger. Si baja una de estas zonas A) se encuentra un manto acuífero utilizado exclusivamente para regadío; si no existen en un entorno bastante grande sondeos de abastecimiento; si las posibilidades de que en el futuro se vayan a realizar en dicho entorno sondeos de abastecimiento es remota, se puede denominar favorable en principio, mientras que si se trata de un área de recarga de un acuífero utilizado para bombeo de agua potable en la que no se está seguro, a pesar

del espesor, de la protección del mismo, conviene calificar el área como desfavorable en principio; en ambos casos, habrá que indicar la necesidad de realizar estudios complementarios si, por cualquier causa (proximidad, transporte, propiedad de los terrenos, etc) algún municipio deseara instalar un vertedero en ella.

Estos estudios complementarios serían, por ejemplo, un análisis de los cortes de los sondeos existentes, perforación de sondeos para toma de testigos, pruebas de permeabilidad, análisis en detalle del empleo del agua subterránea en el entorno, modelos de predicción de la evolución de la calidad del agua, campañas de muestreo, etc.

B) Terrenos de carácter semejante a los descritos en C) del primer grupo pero con una zona no saturada cuyo espesor proporciona una cierta protección. Se trata de acuíferos libres o semicautivos en formaciones porosas (porosidad intergranular) en los que la superficie piezométrica se encuentra relativamente profunda. En general, si se trata de acuíferos libres en gravas y arenas, un espesor de 15 m. puede no ser suficiente, dependiendo de la granulometría, cantidad de arcilla, etc. En casos de duda conviene denominar estas zonas como desfavorables en principio, aunque también hay que considerar el empleo del agua subterránea. Es importante no olvidar que, de acuerdo con lo expuesto en D) del primer grupo se recomienda considerar estas zonas como netamente desfavorables cuando la densidad o importancia de los sondeos para abastecimiento urbano que en ellas existen así lo requiera.

En determinadas zonas existen acuíferos someros semicautivos, es decir, confinados por capas de por ejemplo, limos arcillosos que, a pesar de tener una cierta permeabilidad vertical, mantienen el agua a presión. Los criterios de impermeabilidad, empleo del agua y profundidad de la superficie piezométrica deben aplicarse aquí como en otros casos semejantes, para determinar el encuadre de la zona bajo la que se dan estas circunstancias.

C) Zonas a priori vulnerables pero en las que el agua subterránea, tanto bajo las mismas, como gradiente abajo, no se utiliza ni se va a utilizar previsiblemente en el futuro para abastecimiento urbano.

La inclusión de este subgrupo entre las zonas que requieren estudios complementarios, requiere una explicación detallada, ya que su interpretación puede prestarse a confusión.

En este subgrupo C) se trata de reunir, por una parte, las zonas bajo las cuales el agua subterránea tiene ya una calidad tan irreversiblemente mala (zonas salinizadas por la intrusión, por ejemplo) que su empleo para abastecimiento doméstico, es y será imposible en el futuro; por otra parte, se incluyen aquellas zonas en las que no exclusivamente por razones de calidad actual, sino de situación en el esquema de flujo del acuífero, o bien situación geográfica, su utilización para abastecimiento es prácticamente



imposible, o al menos muy improbable.

El hablar de la utilización futura del agua subterránea es arriesgado salvo en unos pocos casos muy claros (intrusión de agua del mar) y por eso, al considerar la posibilidad de incluir alguna zona en este subgrupo, conviene proceder con cautela: cualquier duda razonable, sobre todo si la calidad presente es adecuada para abastecimiento, debe traducirse en la inclusión de estas zonas en el primer grupo, es decir entre las áreas desfavorables.

Podrá argumentarse que las áreas bajo las que la calidad del agua subterránea es tan mala que no se pueda utilizar para abastecimiento podrían considerarse siempre como favorables al vertido, sin embargo, en ocasiones, esta mala calidad actual (o contaminación) no es irreversible, o bien los análisis de los que se dispone no son completos o fiables, o no existen, y entonces conviene mantener una cierta reserva, siempre posible al incluir estas zonas en este 2º grupo.

En determinados casos hay áreas vulnerables pero en las que el agua se utiliza solo para riego y donde no hay cerca pueblos que pudieran interesarse en captar aguas para abastecimiento. Este caso, sobre todo si la zona admite un desarrollo en base a los recursos subterráneos debería considerarse al menos como desfavorable en principio, a falta de estudios, e incluso completamente defavorable si el agua es de buena calidad o bien si se riegan productos hortícolas a consumir en crudo.

Un caso semejante a este puede plantearse en las áreas de descarga (en la costa) de acuíferos en contacto con el mar, no salinizados aún.

Estas zonas pueden considerarse como favorables o desfavorables a falta de estudios según el grado de utilización de las aguas subterráneas.

D) Zonas poco estudiadas pero en las que en principio, no es imposible la existencia de captaciones para abastecimiento.

En cualquier estudio existen áreas que, por razones muy diversas, generalmente por falta de interés aparente de los recursos en aguas subterráneas se han estudiado con menos detalle. Sería arriesgado considerar estas zonas como zonas favorables, sobre todo si en ellas existen algunos sondeos de captación, catalogados en el inventario, pero a los que no se ha prestado importancia. Aunque en la denominación de zonas que requieren estudios complementarios no se considera que estos estudios sean los de carácter puramente hidrogeológico, pues se supone que el conocimiento de la zona que se cartografía es bastante completo, es imposible evitar que haya áreas como las que se comenta, y que, evidentemente deben encuadrarse dentro de este grupo. Se recomienda, por razones de seguridad, calificarlas como zonas desfavorables en principio a falta de estudios.

### 3.4. ZONAS FAVORABLES AL VERTIDO

Estas zonas son las que, en definitiva, se van a recomendar como las más adecuadas al vertido de residuos sólidos urbanos, contemplado este desde el punto de vista de la contaminación de las aguas subterráneas. El carácter de zonas protegidas frente a la contaminación no debe ofrecer ninguna duda, y debe continuar teniendo validez aún después de las posibles excavaciones u obras civiles (accesos, etc.) a las que un vertido pueda dar lugar.

Se pueden considerar dentro de este grupo tercero las siguientes áreas:

A) Afloramientos de formaciones impermeables bajo las que no existen mantos acuíferos utilizables.

B) Afloramientos de formaciones impermeables bajo las cuales existen acuíferos cautivos utilizables, pero cuyo espesor y compacidad sean tales que hagan imposible la infiltración de agua desde la superficie al acuífero. Como el concepto de impermeabilidad es muy relativo, sobre todo en depósitos detríticos, únicamente en los casos en que exista un gran espesor comprobado de material impermeable y se conozcan bien las características del acuífero, se clasifica este tipo de área como favorable. En caso de duda conviene incluirla dentro de grupo 2º.

C) Zonas poco permeables donde, a pesar de que existan algunos pozos, las aguas subterráneas carecen de importancia, excepto en los casos en los que haya manantiales o pozos de abastecimiento.

D) Zonas bajo las cuales el agua subterránea se encuentra total e irreversiblemente contaminada, con cantidades totales de sales en disolución superiores a los 5.000 mg/l.

Por irreversible ha de entenderse que, dado el esquema de circulación del acuífero y el empleo del agua del mismo no es de prever, al menos en un plazo de unos 20 años que la calidad del agua subterránea se regenere a niveles inferiores a los 2.000 mg/l de sales disueltas. Este caso se da en zonas costeras con fuerte intrusión de agua del mar y con la superficie piezométrica por debajo del nivel del mismo.

En ocasiones, cuando los datos no sean fiables, o no sean suficientes, estas zonas pueden incluirse en el segundo grupo.

#### **4. MAPAS AUXILIARES**

##### **— Mapa hidrogeológico esquemático**

El Objeto de este mapa es por una parte mostrar en esquema los afloramientos de las formaciones permeables e impermeables y por otro indicar las áreas bajo las que hay aguas subterráneas y las direcciones de circulación de las mismas. Las zonas bajo las cuales hay aguas subterráneas y la dirección de circulación de ésta, se indican mediante mapas piezométricos, o mediante flechas indicando el sentido del movimiento. A este mapa, como a los demás auxiliares, no se les exige una precisión elevada, sirven para comprender mejor el mapa básico. Como base topográfica basta representar los pueblos y algún río importante.

##### **— Mapa de captaciones para abastecimiento**

Sobre la base topográfica anterior, se marcarán mediante círculos negros de distinto diametro, los sondeos de abastecimiento doméstico. El radio de cada circulo sera proporcional al volumen anual de agua bombeada. En casos de gran concentración se agruparán varios pozos entre si. En cada caso

deberán establecerse intervalos de volúmenes anuales acordes con los valores absolutos del bombeo. Si se conocen previsiones de nuevos pozos o sondeos dibújense circunferencias de radio proporcional al volumen que se estime vaya a bombearse.

— Mapa de calidad presente de las aguas subterráneas

Basándose en los últimos análisis disponibles se dibuja un mapa esquemático con curvas de igual concentración en total de sales disueltas de las aguas subterráneas.

— Mapa de profundidad hasta el agua

Se representarán curvas isobatas de la superficie piezométrica de los mantos libres o curvas isobatas del techo de los acuíferos cautivos.

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En base a lo expuesto se deducen las siguientes conclusiones:

- Existen zonas, dentro de la Hoja, que se consideran muy vulnerables a la contaminación. Se trata de afloramientos de calizas y de materiales detríticos no consolidados. Los vertidos de residuos sólidos o líquidos pueden afectar negativamente a la calidad química, física y bacteriológica de las aguas subterráneas utilizables.
- Existen áreas en las que es necesario realizar un estudio complementario más detallado que el presente para poder definir con la suficiente garantía de peligrosidad o factibilidad de llevar a cabo en ellas operaciones de vertido.
- Los afloramientos de materiales impermeables, se consideran como zonas favorables en las que el vertido de residuos sólidos urbanos no produciría contaminación de las aguas subterráneas utilizables, con tal de que se tomen una mínimas precauciones de acondicionamiento.

De acuerdo con estas conclusiones generales, cabe exponer las siguientes recomendaciones:

- Realizar las operaciones de vertido en las zonas cartografiadas como

favorables. Dentro de ellas, se aconseja, realizar los vertidos lo más alejado posible de las zonas vulnerables, en el caso de darse la circunstancia de adyacencia de zonas marcadas como favorables y desfavorables, para que el riesgo de un posible arrastre sea mínimo. Se recomienda controlar el lixiviado de los vertederos, ya que podría llegar a zonas permeables e infiltrarse. Por ello es recomendable evitar los vertederos en barrancos y torrentes.

- Si no es posible realizar las operaciones de vertido en las zonas favorables, se recomienda realizar un estudio de detalle en los que se definan "áreas que requieren estudios complementarios", para determinar dentro de ellas las áreas donde el riesgo es menor.
- Es necesario evitar todo tipo de vertidos tanto sólidos como líquidos en las zonas marcadas como desfavorables. Si por alguna causa de orden económico u operaciones se instalasen operaciones de vertido en ellas, sería indispensable el montaje de sondeos de vigilancia que permitiesen evaluar con antelación la magnitud y extensión de la posible contaminación.
- Aún en el caso de efectuarse el vertido en las zonas marcadas como favorables y con objeto de hacer mínimo el riesgo de contaminación, debería operarse en régimen de vertedero controlado, con todo lo que ello implica (control de los productos de lixiviación, recubrimiento de basuras con materiales impermeables, etc.) para reducir al mínimo los problemas medio ambientales.
- El ITGE, que posee la documentación básica que ha servido para la elaboración del presente trabajo, se encuentra a disposición de las autoridades locales y provinciales para asesorarles sobre las medidas a tomar para evitar la contaminación de las aguas subterráneas.