

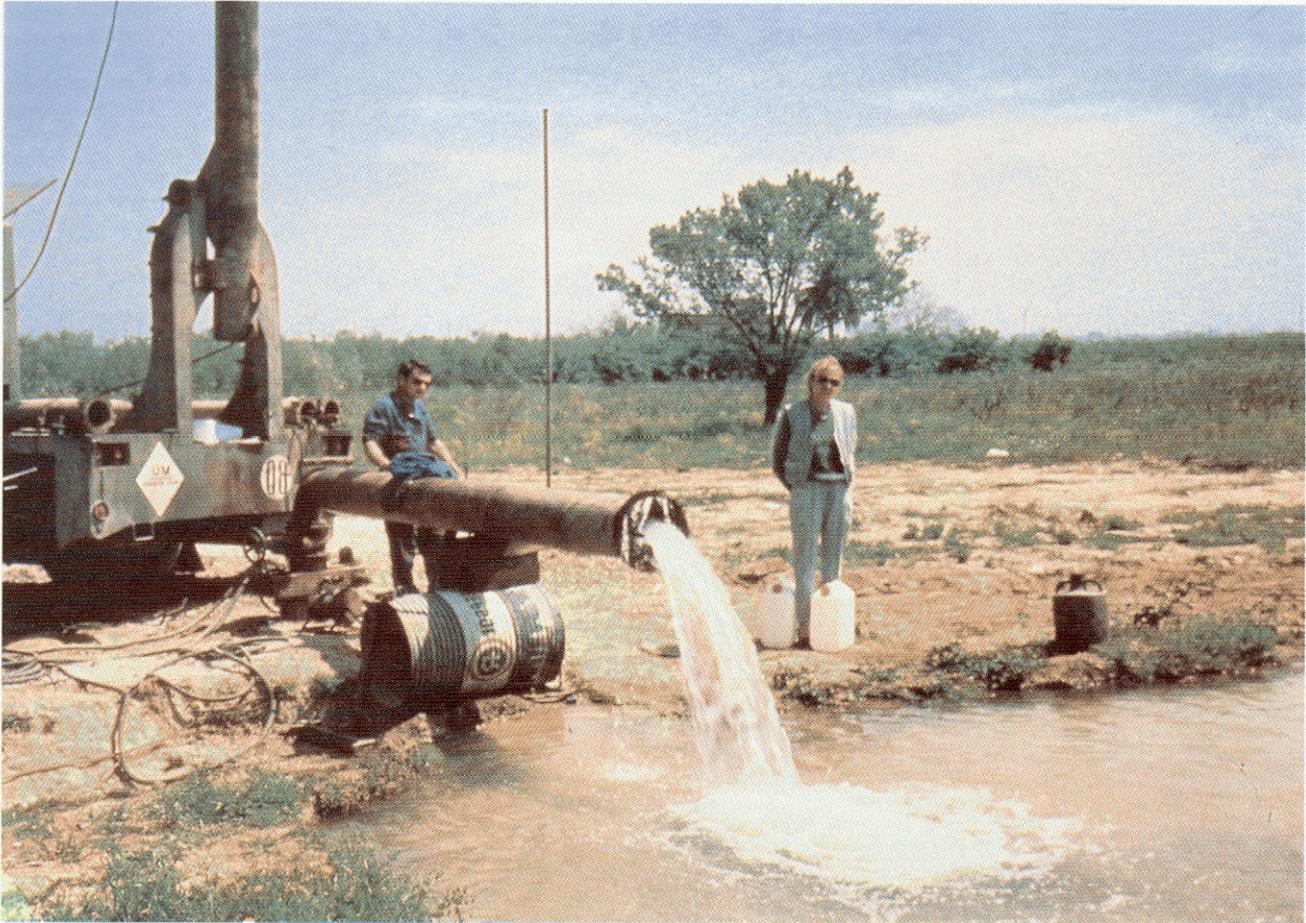
4. ESTUDIOS PREVIOS (continuación)

4.7. Vulnerabilidad del acuífero frente a la contaminación

4.7.1. Inventario de focos contaminantes

- A. *Focos contaminantes areales conservativos*
- B. *Focos contaminantes areales no conservativos*
- C. *Focos contaminantes puntuales conservativos*
- D. *Focos contaminantes puntuales no conservativos*

4.7.2. Vulnerabilidad frente a la contaminación de las diferentes zonas



realizar un análisis completo, prestando especial atención a las características bacteriológicas, ya que aunque no alcancen el máximo permitido pueden señalar indicios de una posible contaminación grave.

Estos análisis deben compararse con la calidad natural que presente el acuífero o acuíferos captados, que ya ha sido estudiada en el apartado 4.6.2.E., determinando la existencia de elementos contaminantes.

4.7. Vulnerabilidad del acuífero frente a la contaminación

4.7.1. Inventario de focos contaminantes

Se han clasificado los posibles focos de contaminación existentes, a efecto de delimitación de perímetros de protección, en:

- Areales conservativos
- Areales no conservativos
- Puntuales conservativos
- Puntuales no conservativos

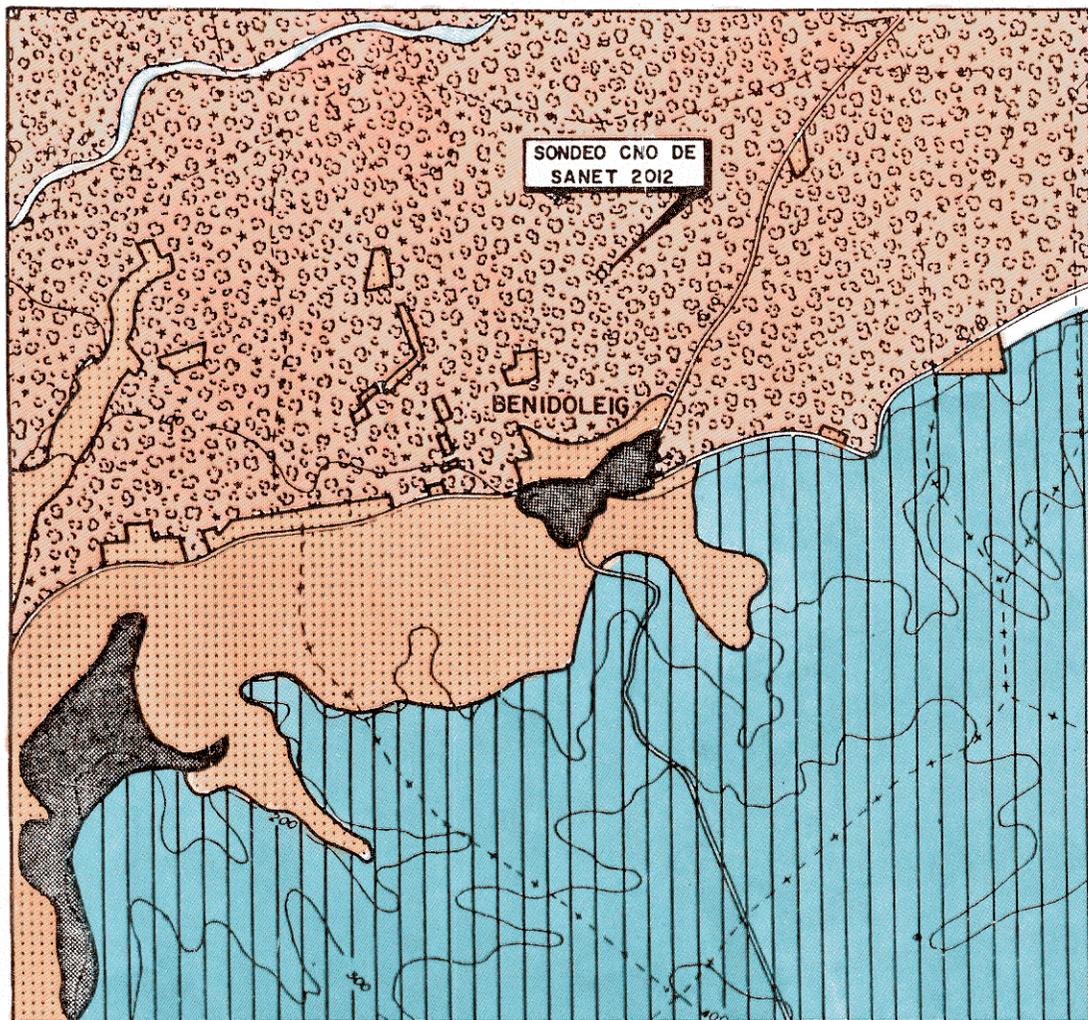
Esta diferenciación se basa en el carácter (degradable o no) de la contaminación y la zona afectada. A este respecto cabe indicar que la perdurabilidad y las variaciones que se producen en los diferentes tipos de contaminantes será analizada con mayor detalle en el capítulo 6 y en el 7.1.1.

La zona a cubrir será diferente en cada caso. Aunque algunos autores consideren como hipótesis adecuada de trabajo un área de 4 km de radio en base al estudio hidrogeológico previo.

Es conveniente reflejar los resultados en mapas, cuya escala puede ser muy variable, aunque es recomendable la 1:10.000, si bien en casos de escasa complejidad puede ser hasta de 1:50.000. En dichos mapas podrán agruparse o no los diferentes focos contaminantes en función de las características del área estudiada.

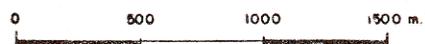
En las figuras 8, 9, 10 y 11 se indican diferentes ejemplos de inventario de focos contaminantes.

En el anexo 10-4 se incluyen diversos modelos de fichas que permiten reflejar la información sobre estos procesos.



Fuente: ITGE y Confederación hidrográfica del Júcar, 1989

ESCALA GRAFICA



LEYENDA

CULTIVOS DE SECANO

 Olivos + Almendros.

CULTIVOS DE REGADIO

 Naranjos.

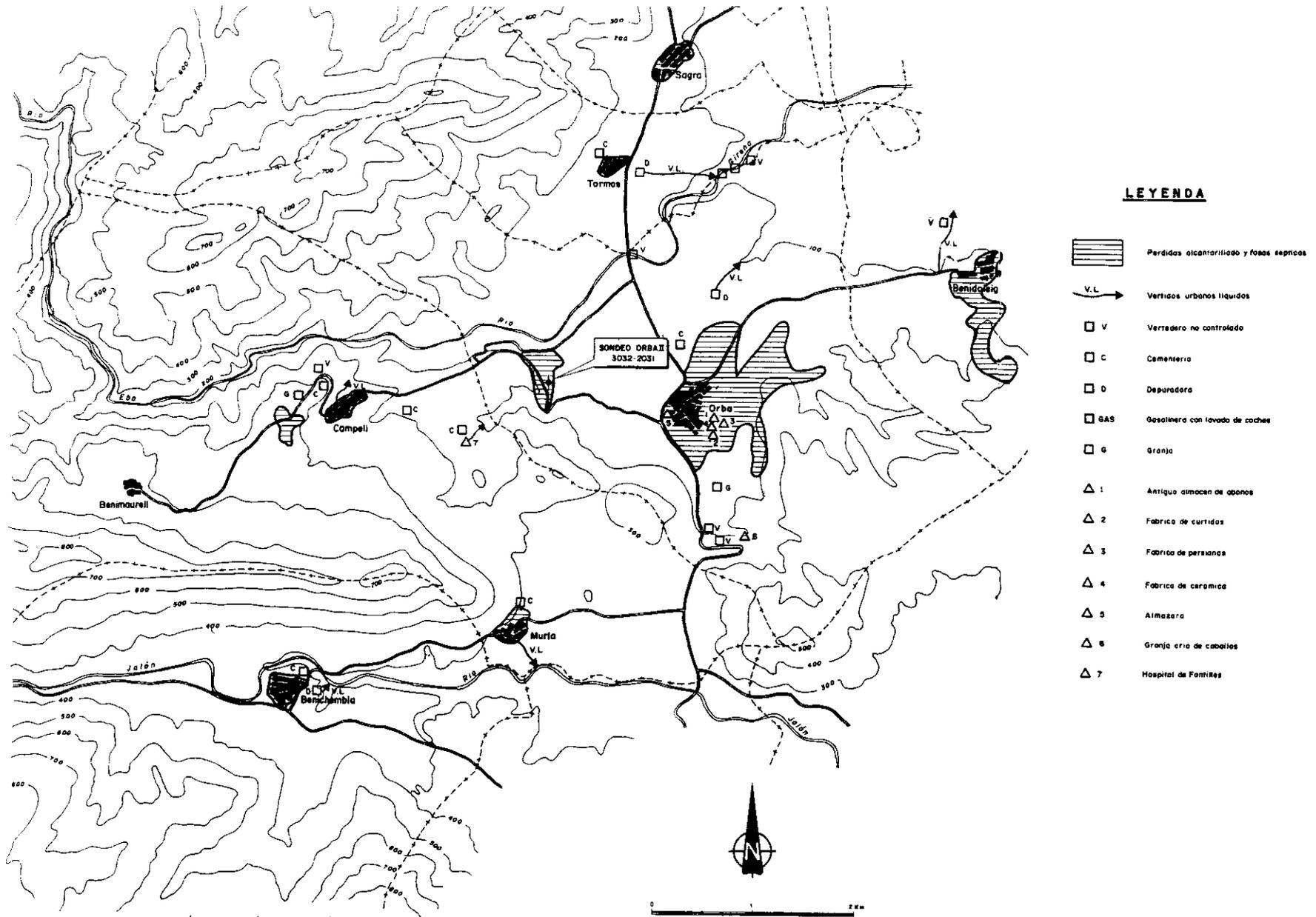
SIN CULTIVAR

 Monte bajo.

 Suelo urbanizado

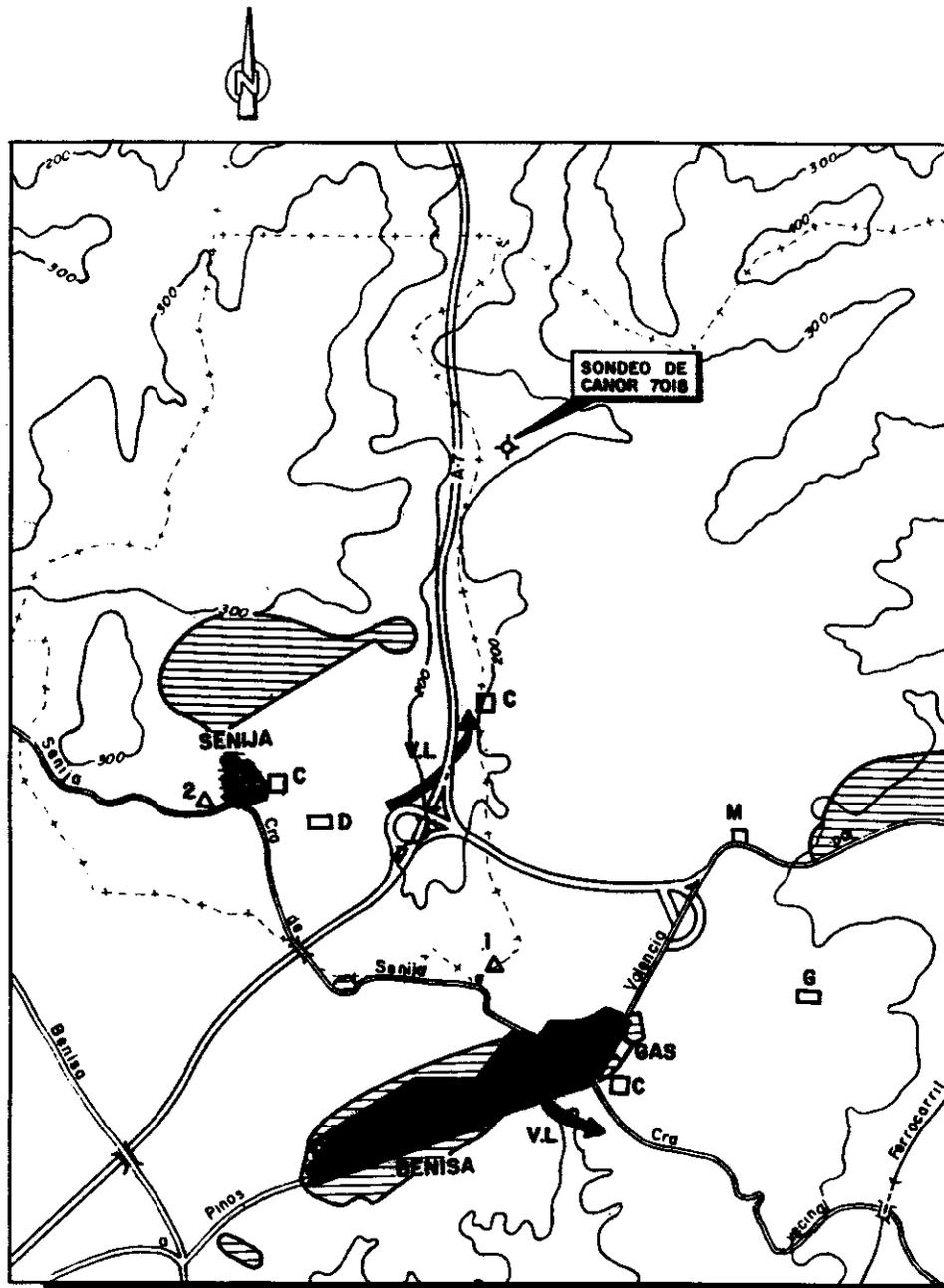
 Pozo de abastecimiento de BENISA

Fig. 8 MAPA DE CULTIVOS. SECTOR DE BENIDOLEIG (ALICANTE)



Fuente: ITGE y Confederación Hidrográfica del Júcar, 1989

Fig.9 MAPA DE SITUACION DE FOCOS POTENCIALMENTE CONTAMINANTES (ORBA)



LEYENDA

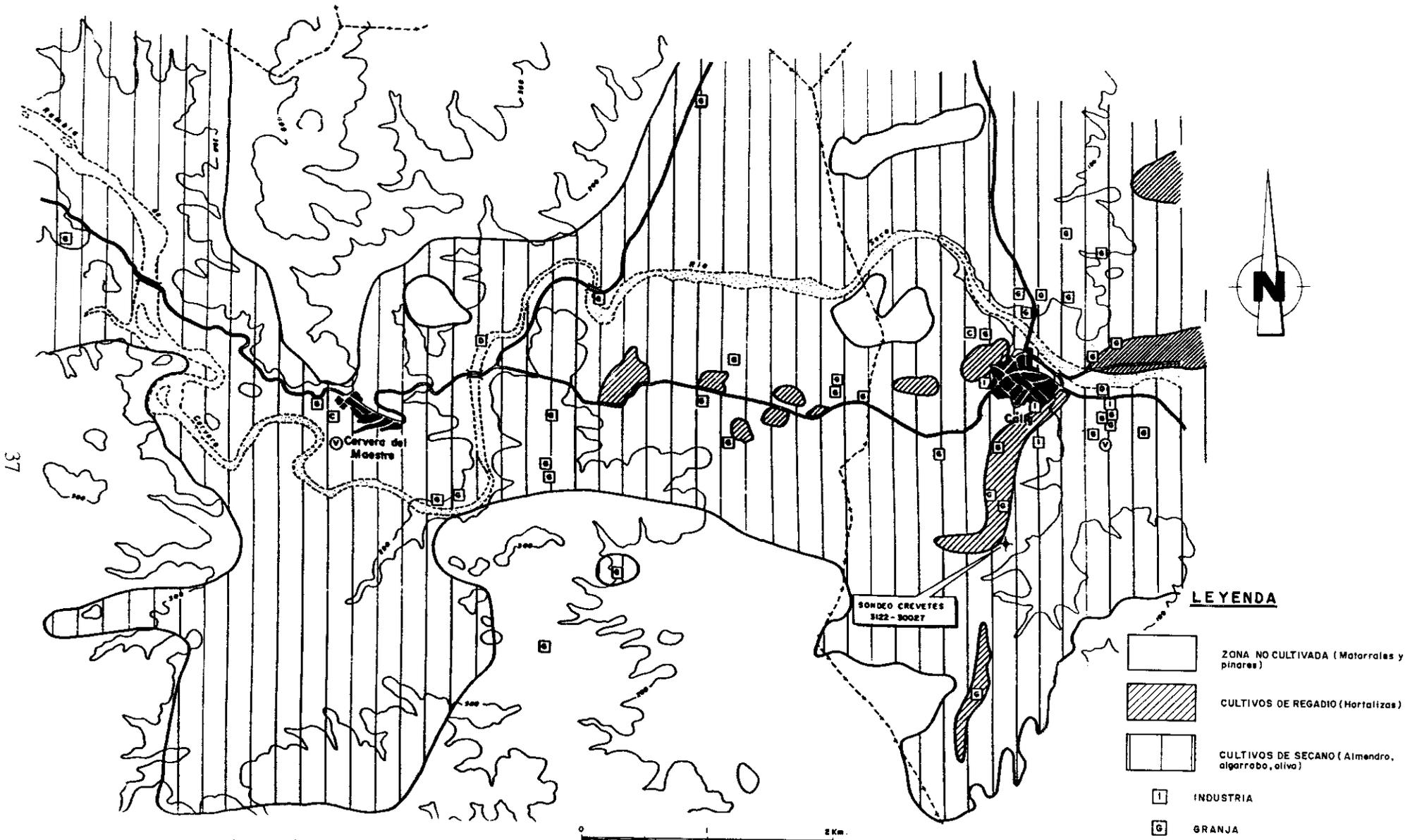
-  Perdidas alcantarillado y fosas sépticas.
-  Cementerio.
-  Depuradora.
-  Granja.
-  Matadero.
-  Gasolinera
-  Vertidos líquidos.
-  Fabrica de alfombras y moquetas.
-  Lavandería.

Fuente: ITGE y Confederación hidrográfica del Júcar, 1989

ESCALA GRAFICA



Fig. 10 MAPA DE SITUACION DE FOCOS POTENCIALMENTE CONTAMINANTES. SECTOR DE BENISA (ALICANTE)



37

LEYENDA

-  ZONA NO CULTIVADA (Matorrales y pinares)
-  CULTIVOS DE REGADIO (Hortalizas)
-  CULTIVOS DE SECANO (Almendro, algarrobo, olivo)
-  INDUSTRIA
-  GRANJA
-  CEMENTERIO
-  DEPURADORA
-  VERTEDERO

Fuente: ITGE y Confederación Hidrográfica del Júcar, 1989

Fig. 11 MAPA DE CULTIVOS Y FOCOS POTENCIALES DE CONTAMINACION, CALIG (CASTELLÓN)

Los factores a considerar en los diferentes focos de contaminación son:

A. Focos contaminantes areales conservativos

Están constituidos por las prácticas que afectan a amplias zonas y cuyos agentes contaminantes no se destruyen ni se modifican, por lo que su concentración solo disminuye por dilución.

Cuando alcanzan el acuífero se desplazan a la misma velocidad que el agua subterránea y puede permanecer mucho tiempo en ella.

El principal foco de contaminación de este tipo es el debido al uso abusivo de fertilizantes en las prácticas agrícolas, que produce la incorporación al acuífero de diferentes sustancias, principalmente nitrógeno y también aunque en menor proporción, fósforo y potasio.

En la figura 12 se esquematizan los diversos factores que influyen en la cantidad de dichos compuestos que es asimilada por la planta y la que se incorpora a las aguas subterráneas.

El clima del lugar, a través del régimen de las precipitaciones, insolación, humedad, así como el tipo de riego son alguno de los aspectos que influyen en esa asimilación.

Las características físicas del suelo: textura, permeabilidad, humedad; químicas: acidez, composición, ...; biológicas: diversidad y densidad de flora y microfauna, así como las necesidades propias de la planta para su óptimo desarrollo son igualmente de gran importancia. Del análisis de esos factores puede deducirse qué nutrientes es conveniente aportar artificialmente, en qué momento de la vida de la planta y la cantidad adecuada.

Sin embargo, no siempre se realiza estos estudios con la precisión requerida, y su uso incorrecto, puede provocar la contaminación de las aguas subterráneas.

En cada caso la evaluación de la contaminación requiere disponer de una cartografía de los diferentes cultivos (de secano y regadío) existentes.

Los resultados se plasmarán en mapas a escala apropiada, recomendándose la 1:10.000, si bien en zonas con poca complejidad pueden admitirse escalas de hasta 1:50.000.

Es imprescindible conocer la cantidad y tipo de

abonos que se aplican. Dicha información puede obtenerse de las cámaras agrarias y de la realización de encuestas directas.

Finalmente, todos estos datos se plasmarán en cuadros en los que se detalle el tipo de cultivos, número de hectáreas y el total de abonos aplicados, comparando dicha cantidad con la que sería necesaria en función de los factores comentados previamente.

En el apartado 5 del anexo 10-3, figuran algunas tablas indicativas del abonado de diferentes cultivos, aunque son valores meramente orientativos, que hay que adecuar a la diversas áreas geográficas.

Un importante foco de contaminación en las zonas costeras es el constituido por la intrusión marina. Para evaluar su importancia es fundamental utilizar los datos de las redes de control de la intrusión marina instaladas en las diferentes regiones españolas por el ITGE y otros organismos.

El análisis de dichos datos indica la evolución que ha tenido el contenido de cloruros en los últimos años.

B. Focos contaminantes areales no conservativos

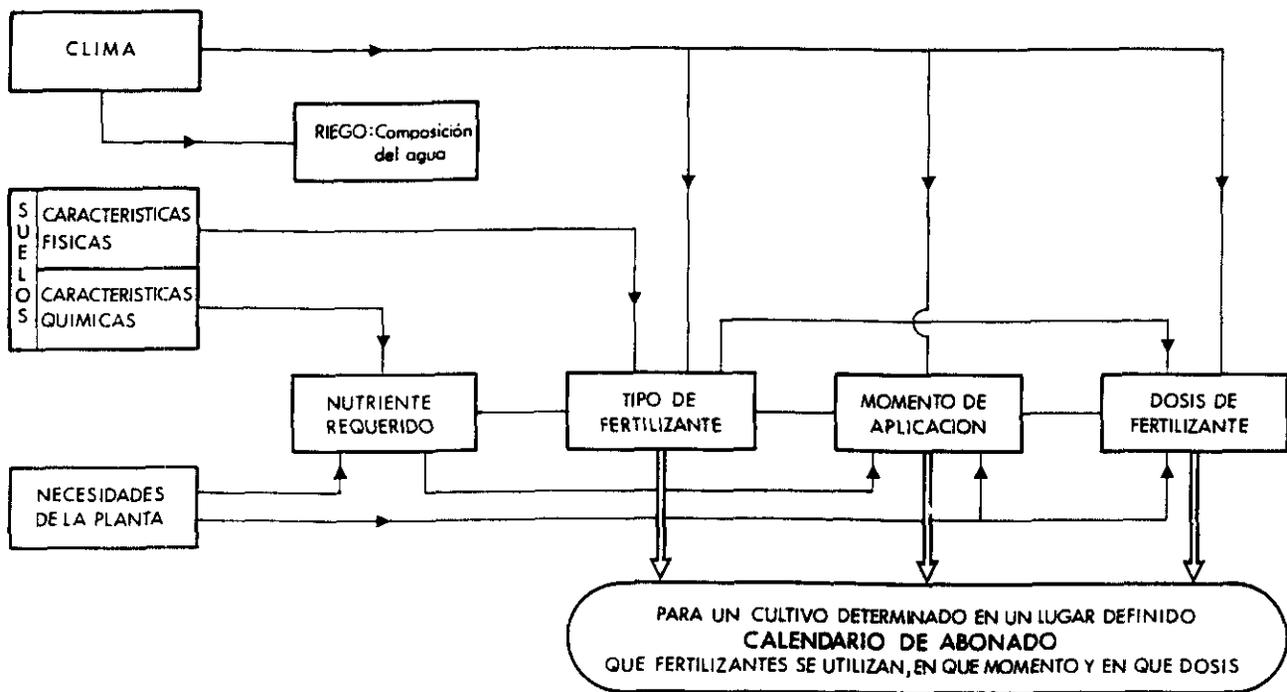
Son aquellos que, como en el caso anterior, afectan a amplias zonas, pero en los cuales su composición química varía con el tiempo.

El más importante foco de este tipo lo constituye el uso de pesticidas. Bajo esta denominación se incluyen todos aquellos productos utilizados para prevenir y luchar contra las plagas, animales y vegetales, que afectan a los cultivos: fungicidas, herbicidas, insecticidas, rodenticidas... La gran mayoría son compuestos químicos orgánicos sintéticos de elevada toxicidad.

Se tienen pocos datos sobre su presencia en las aguas subterráneas, en especial por la dificultad y elevado coste que conlleva su análisis. La contaminación debida a los pesticidas puede agravarse por sus métodos de aplicación (atomización, etc) y por la eliminación de sus envases.

El carácter no conservativo de los pesticidas tiene la particularidad de que los productos resultantes de las transformaciones que pueden sufrir (biodegradación, descomposición, transformaciones redox,...), pueden ser más nocivos que los productos de los que proceden.

Es muy interesante valorar la vulnerabilidad del acuífero a estas contaminantes a fin de adecuar el diseño del perímetro a dicha circunstancia.



Fuente: ITGE, 1989

FIG.12 FACTORES A CONSIDERAR EN EL USO DE FERTILIZANTES

La metodología que se describe seguidamente pondera la vulnerabilidad en función de siete parámetros (EPA 1985, Aller, L et al, 1986), se denomina sistema CRIPTAS; es un método normalizado, que permite evaluar la vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación por pesticidas, de forma homogénea para los distintos tipos de acuífero.

Los factores a tener en cuenta son:

- 1- Conductividad hidráulica del acuífero [C].
- 2- Recarga neta del acuífero [R].
- 3- Impacto de la zona no saturada [I].
- 4- Profundidad del nivel del agua [P].
- 5- Topografía (pendiente) [T].
- 6- Roca del acuífero [A].
- 7- Tipo de Suelo [S].

Aún cuando no es una relación exhaustiva de todos los parámetros que afectan a la dinámica del pesticida, si permite conocer con gran aproximación el impacto que la acción de estos productos puedan tener.

Los factores se evalúan unos respecto a los otros, para determinar su importancia relativa, asignando a cada uno de ellas un peso relativo, de 2 a 5; este peso se determinó por consenso en una reunión de expertos.

FACTOR	C R I P T A S.
PESO	2 4 4 5 3 3 5.

A su vez, cada factor se mueve en un rango de valores, asignándose a cada segmento de este rango un valor de 1 a 10.

El sistema permite determinar numérica y globalmente, para cada sistema acuífero, o unidad hidrogeológica, un índice relacionado con la vulnerabilidad a la contaminación por pesticidas, utilizando un modelo aditivo. La ecuación para determinar el índice CRIPTAS es:

$$I = a_c P_c + a_r P_r + a_i P_i + a_p P_p + a_t P_t + a_a P_a + a_s P_s.$$

donde a_i son los valores dentro de cada rango y P_i los pesos relativos de cada factor, (en el anexo 10-3 se incluye el valor que se asigna a cada factor en los diferentes rangos considerados).

Una vez que se ha calculado el índice CRIPTAS, es posible identificar áreas que son más susceptibles a la contaminación de sus acuíferos por pesticidas:

Cuanto mayor sea el índice, más lo es la vulnerabilidad.

Todos los valores CRIPTAS interactúan entre sí, es decir, son en realidad variables dependientes. Su elección como variables a tener en cuenta en el modelo se ha hecho en base a datos cuantitativos de los acuíferos, fácilmente obtenidos y accesibles, que se pueden conseguir en poco tiempo y con bajo coste.

C. Focos contaminantes puntuales conservativos

Están constituidos por aquellas actividades de ámbito muy localizado y que producen contaminantes que no se destruyen ni se modifican. Su concentración únicamente disminuye mediante dilución.



Un caso muy particular es la posible existencia de ríos o ramblas conectadas al acuífero. Dichos cauces fluviales pueden ser los receptores finales de los vertidos líquidos procedentes de las poblaciones existentes aguas arriba e infiltrarse en este área.

En este caso de ríos afluentes, es imprescindible analizar sus aguas para evaluar su potencial contaminante.

Finalmente, se debe incluir en este apartado la ganadería trashumante realizando un censo de las especies ganaderas existentes en el área.

En este grupo cabe destacar los vertidos industriales. Hay que prestar especial atención a las industrias de cerámica, vidrio, galvanotécnica y curtidos, pues pueden producir contaminación por metales pesados (plomo, cromo, cadmio, mercurio, etc.). Su presencia supone un importante riesgo, dado su carácter tóxico incluso a bajas concentraciones.

Otras actividades industriales que pueden repercutir en la calidad de las aguas subterráneas son las siderometalúrgicas, químicas, alimentación, textil, muebles, papel, etc.

En el apartado 4 del anexo 10-3 figura una estimación del potencial contaminante de las principales actividades industriales. Dichas tablas son meramente orientativas y dada la variación de la problemática en

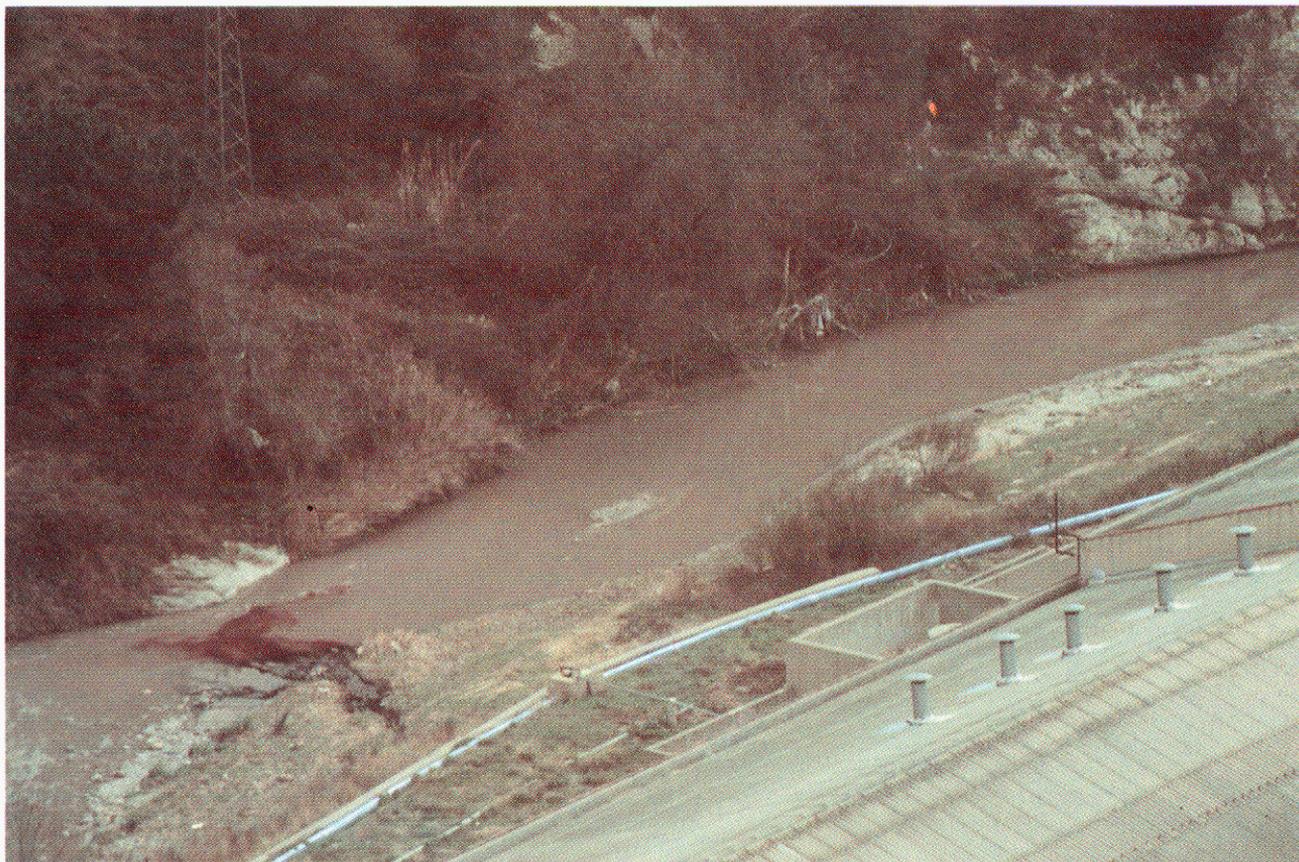
los diferentes casos se recomienda un análisis individualizado de cada una de las industrias presentes en el área estudiada.

Debe realizarse un inventario detallado especificando el tipo y sistemas de vertido (fosas sépticas, inyección en sondeos profundos, alcantarillado, etc.).

El almacenamiento y transporte de sustancias industriales debe ser tenido en cuenta desde la óptica

suspensión y frecuentemente concentraciones bajas de cianuros y otros iones procedentes de los reactivos que se utilizan en los procesos de flotación.

Especialmente peligrosas son las aguas ácidas de drenaje de minas que se producen en aquellas zonas en las cuales las actividades mineras intersectan el nivel freático y las rocas contienen sulfuros.



de la protección de las aguas subterráneas, siendo especialmente peligrosos los tanques de almacenamiento de hidrocarburos, oleoductos y gasolineras.

Asimismo, la actividad minera supone en ocasiones un peligro de gran magnitud para la calidad del agua subterránea.

Las labores de extracción de mineral producen residuos sólidos y líquidos. Los residuos sólidos acumulados en las escombreras provienen de materiales situados sobre la mena explotada, de la ganga y los debidos a los procesos de concentración de mineral.

El lavado de estos materiales por el agua de lluvia produce lixiviados con altos contenidos en sólidos en

Se recomienda realizar análisis que comprendan los siguientes parámetros:

- Temperatura
- Sólidos en suspensión y en disolución
- pH
- Dureza
- Iones metálicos en solución
- Contenido en sales
- Sílice
- NH₄
- Aceites y grasas
- Radiactividad

D. Focos contaminantes puntuales no conservativos

Se engloban en este apartado aquellas actividades que son de ámbito localizado y producen sustancias degradables.

Los residuos urbanos (sólidos y líquidos) son los más frecuentes focos contaminantes de este tipo por lo que es imprescindible estudiar los asentamientos urbanos presentes en la zona, indicando el modo de eliminación de sus vertidos y evaluando el riesgo que suponen respecto a la calidad de las aguas subterráneas.

La composición de los residuos urbanos es muy heterogénea. Además del número de habitantes influyen otros factores, como el clima, la ubicación geográfica, el nivel de vida, los hábitos culturales, etc. Cabe destacar que incluso una misma población genera diferentes residuos según la estación del año, especialmente si está en zona turística. Estas variaciones son más significativas en los residuos sólidos.

En los apartados 1 y 2 del anexo 10-3 se adjuntan algunas estadísticas españolas y extranjeras que indican cifras medias de producción y composición de los residuos, que pueden ser muy útiles en una primera etapa de estimación de su potencial contaminante.

Respecto a los residuos sólidos se especificará si se depositan en vertederos controlados o incontrolados y cuales son las características de dichos emplazamientos o si son transportados a otros lugares ajenos al área de estudio.

La posible existencia de plantas de tratamiento y/o reciclado, de compost, etc., tiene que considerarse como otro posible foco contaminante.

En cuanto a los vertidos líquidos se debe estimar su volumen y definir las características de sus depuradoras, especificando el tipo de tratamiento y el estado de conservación de sus instalaciones.

Los fangos residuales que produce dicha depuración pueden suponer un riesgo para la calidad de las aguas, por lo que es muy importante conocer qué se hace con ellos, si son empleados como abono o se almacenan, etc.

Es recomendable analizar una muestra de agua a la salida de la depuradora para comprobar la eficacia del tratamiento e investigar el posible reciclado de los vertidos líquidos para riego u otras actividades.

También es necesario conocer con exactitud el

número y ubicación de los pozos negros existentes en el núcleo urbano, urbanizaciones y asentamientos dispersos, cuantificando su potencial contaminante (mediante estudios de detalle o usando las tablas reflejadas en el anexo 10-3).

Otro aspecto que conviene estimar son las pérdidas en la red de alcantarillado, si bien la experiencia demuestra que en algunas ocasiones su gran extensión y deficiente estado de conservación hace que deban tratarse como focos areales no conservativos más que como puntuales.

Los cementerios existentes en el área estudiada suponen también un posible foco de contaminación, siendo necesario un estudio en profundidad de sus características, emplazamiento, tipo de enterramientos, etc.

Por otra parte, la actividad ganadera intensiva debe ser considerada como un posible foco contaminante de primera magnitud.

Se realizará un censo del ganado que se asiente en el área, número y situación de las granjas, almacenes de abonos, etc; la ganadería trashumante ya fue considerada como un foco contaminante areal no conservativo.

En base a las tablas reflejadas en el apartado 6 del anexo 10-3 puede evaluarse el potencial contaminante que suponen las prácticas ganaderas.

Un último aspecto a considerar son las características de los mataderos, especificando el destino de sus residuos sólidos y líquidos. (Ver apartado 3 del anexo 10-3).

4.7.2. Vulnerabilidad frente a la contaminación de las diferentes zonas

Es preciso analizar la vulnerabilidad de los acuíferos existentes en las proximidades de las captaciones frente a las actividades potencialmente contaminantes descritas en el apartado anterior.

En un primer paso y como información básica puede emplearse los mapas de vulnerabilidad realizados por el ITGE, adaptándolos a los objetivos propuestos en este trabajo.

Se estudiará las características de la zona no saturada, analizando la textura y estructura del suelo, su litología y la permeabilidad vertical que presentan. En el caso de acuíferos aluviales hay que determinar además el grado de colmatación que presenta el lecho del río.

Por otra parte deben considerarse las características del acuífero (litología, aspectos hidrodinámicos). Se pretende así evaluar el poder autodepurador de los terrenos atravesados.

En base a ello se diferenciarán zonas con diferente vulnerabilidad.

Aunque la problemática de cada caso puede hacer que se consideren áreas diferentes, es corriente la distinción en los cuatro grupos siguientes:

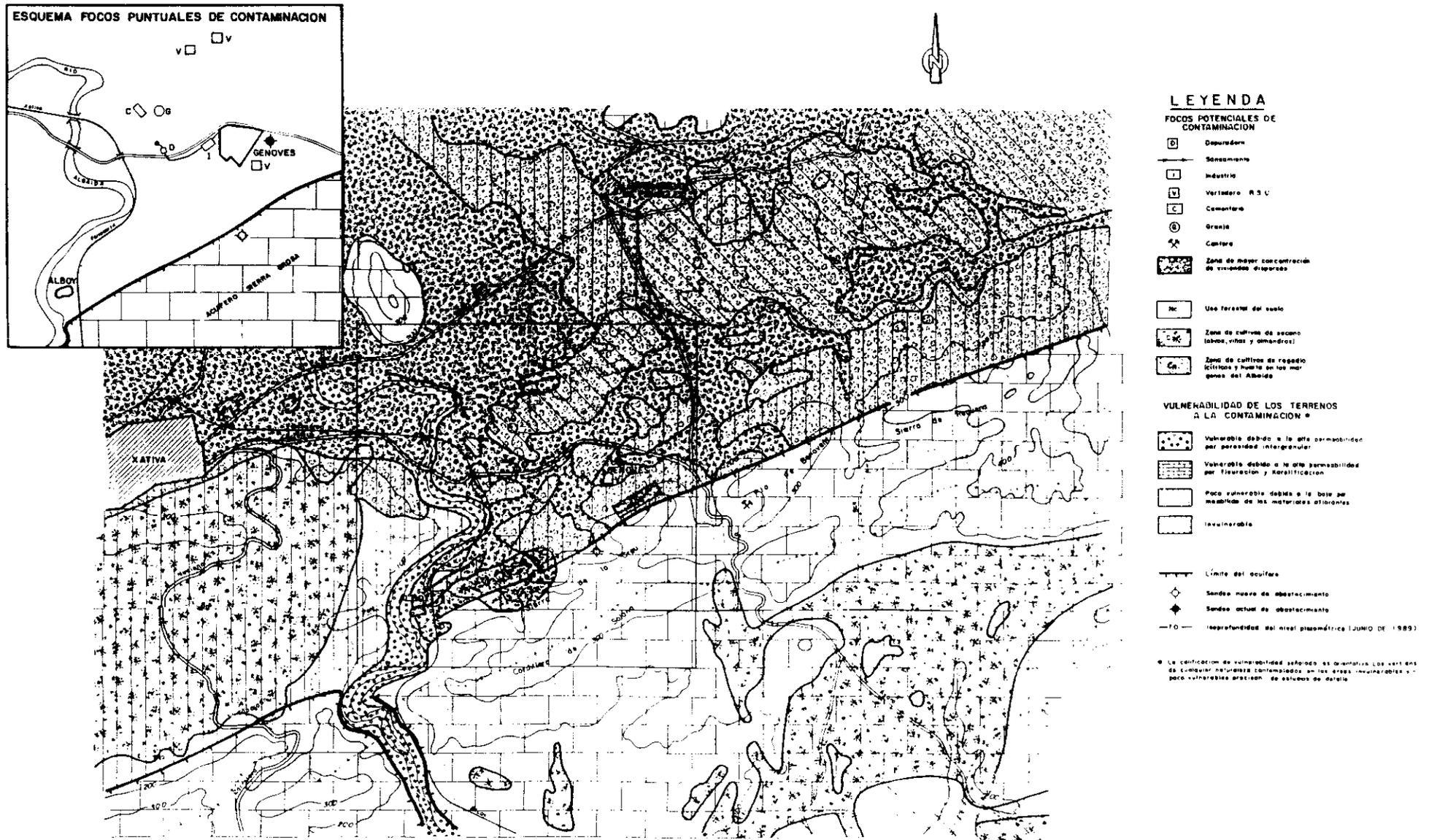
- Terrenos muy vulnerables por presentar alta permeabilidad por porosidad y carecer de protección. Normalmente corresponden a materiales detríticos cuaternarios.
- Terrenos muy vulnerables al tener una alta permeabilidad por fisuración y karstificación, careciendo de protección.
- Terrenos poco vulnerables debido a la baja permeabilidad. Estarían aquí considerados los materiales que presenten una baja permeabilidad por

porosidad gracias a la abundancia de materiales arcillosos que contienen. Debido a estas características su interés como acuífero es muy reducido. Aún así la instalación de cualquier actividad contaminante sobre ellos requiere un análisis detallado que permita evaluar con rigor el posible riesgo que represente para la calidad de las aguas subterráneas.

- Terrenos no vulnerables. Están aquí englobados los materiales que presentan un carácter impermeable. Aunque no constituyen acuífero es conveniente evaluar particularmente el riesgo que pudiera suponer la instalación de actividades contaminantes en ellos.

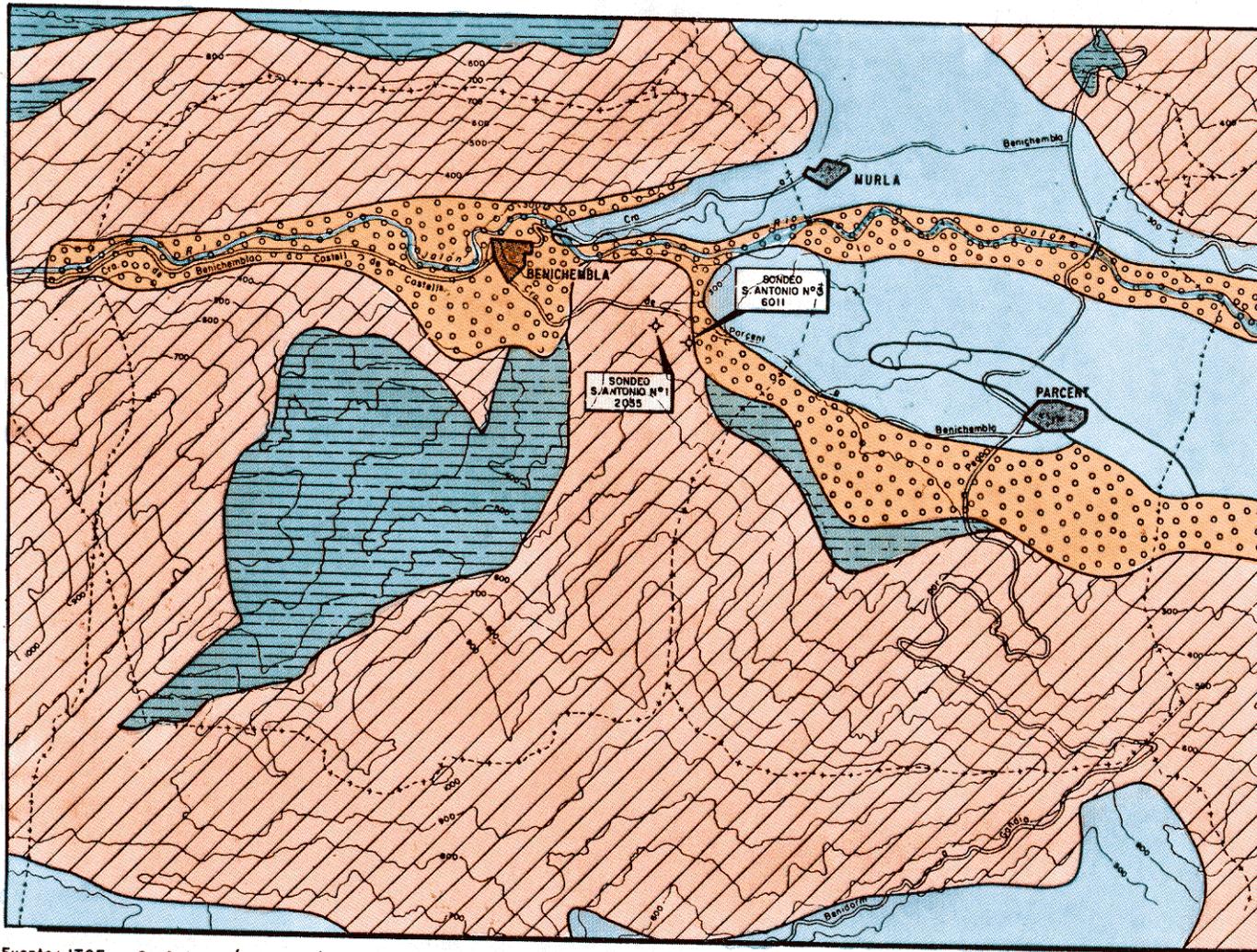
Es conveniente realizar un mapa en el que se señale la extensión que presentan dichas zonas. A este mapa se le puede superponer el inventario de focos potencialmente contaminantes que han sido previamente analizados y cuantificados con detalle.

En las figuras 13, 14 y 15 se muestran ejemplos de mapas de vulnerabilidad frente a la contaminación.



Fuente: ITGE y Confederación hidrográfica del Júcar, 1989

Fig.13 FOCOS CONTAMINANTES Y VULNERABILIDAD DEL ACUIFERO, GENOVES



LEYENDA

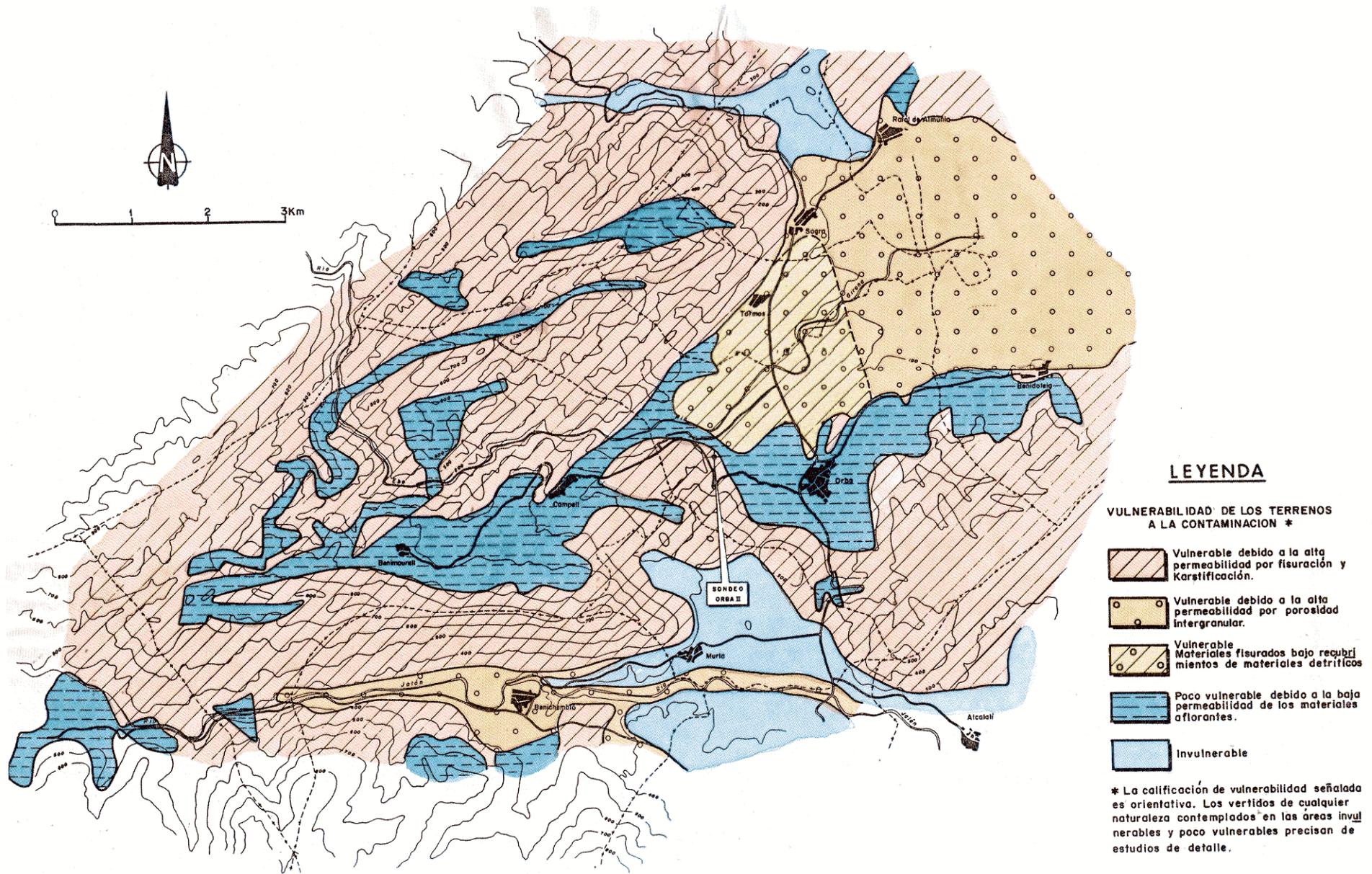
VULNERABILIDAD DE LOS TERRENOS A LA CONTAMINACION *

-  Vulnerable debido a la alta permeabilidad por porosidad intergranular.
-  Vulnerable debido a la alta permeabilidad por fisuración y Karstificación.
-  Poco vulnerable debido a la baja permeabilidad de los materiales aflorantes.
-  Invulnerable.

* La calificación de vulnerabilidad, señalada es orientativa. Los vertidos de cualquier naturaleza contemplados en las áreas invulnerables y poco vulnerables precisan de estudios de detalle.

Fuente: ITGE y Confederación hidrográfica del Júcar, 1989

Fig.14 MAPA DE VULNERABILIDAD A LA CONTAMINACION. SECTOR DE BENICHEMBLA (ALICANTE)



Fuente: ITGE y Confederación Hidrográfica del Júcar, 1989

Fig. 15 MAPA DE VULNERABILIDAD A LA CONTAMINACION EN ORBA (ALICANTE)