



Instituto Tecnológico
GeoMinero de España

 GENERALITAT VALENCIANA
CONSELLERIA D'INDÚSTRIA, COMERC I TURISME

**ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DE LOS
VERTIDOS DE LA INDUSTRIA DEL CURTIDO
EN LAS AGUAS SUBTERRANEAS.**

**Comunidad Valenciana
(1.^a Fase)**

ANALISIS DEL ESTADO DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS

**TOMO II
AÑO 1992**



MINISTERIO DE INDUSTRIA, COMERCIO Y TURISMO

31971

**ESTUDIO DE LA INFLUENCIA DE LOS
VERTIDOS DE LA INDUSTRIA DEL CURTIDO
EN LAS AGUAS SUBTERRANEAS.
COMUNIDAD VALENCIANA.
(1º Fase)**

ANALISIS DEL ESTADO DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS

**TOMO II
AÑO 1992**

Este estudio, amparado en el "Convenio Específico para el desarrollo del programa de asistencia técnica entre el Instituto Tecnológico Geominero de España (ITGE) y la Conselleria de Industria, Comercio y Turismo de la Generalitat Valenciana (CICYT). Años 1990-91", ha sido realizado por el equipo técnico de ESTRAIN,SA.

El equipo de trabajo ha estado formado por:

ITGE

José María PERNIA LLERA

CICYT

Alberto ESCALADA GIL

ESTRAIN,SA

Luis CILLANUEVA DELGADO

Angel RAMIREZ PALACIN

Juan Antonio NAVARRO IAÑEZ

Rafael ORTEGA VARGAS

Olga VILLODAS QUINTANILLA

Agradecer la inestimable colaboración prestada por todas las industrias del sector pertenecientes a la Asociación Regional de Empresarios del Curtido de Valencia, que amablemente han contestado la encuesta postal, han atendido nuestras visitas y facilitado la toma de muestras.

INDICE GENERAL

Temática	Pág.
TOMO I ANALISIS DEL SECTOR	
1. INTRODUCCION.....	1
2. TRABAJOS REALIZADOS DURANTE LA EJECUCION DEL PROYECTO.....	2
3. LA INDUSTRIA DEL CURTIDO.....	8
3.1 La industria del curtido en España.....	8
3.1.1 Definición del sector.....	8
3.1.2 Antecedentes históricos.....	9
3.1.3 Marco referencial.....	10
3.1.4 Situación actual.....	14
3.1.5 Factores críticos frente a la integra- ción en la CEE.....	15
3.1.6 Objetivos a corto, medio y largo plazo..	15
3.1.7 Posibles estrategias de desarrollo para el sector.....	16
3.2 Materias primas, procesos y productos.....	17
4. LA INDUSTRIA DEL CURTIDO EN LA COMUNIDAD VALENCIANA.....	19
4.1 Encuesta postal realizada.....	25
4.1.1 Modelo de encuesta.....	26
4.1.2 Nivel de contestación obtenido.....	26
4.2 Informatización de los resultados de la encuesta postal. Base de datos CURTIVAL y asociadas.....	28
4.3 Resultados de las visitas efectuadas.....	54
4.4 Análisis de los residuos producidos.....	58
4.4.1 Residuos sólidos.....	59
4.4.2 Residuos líquidos.....	66

Temática	Pág.
4.5 Depuración y/o tratamiento de residuos líquidos y sólidos.....	74
4.5.1 Exposición teórica de metodologías de depuración y/o tratamiento.....	74
4.5.2 Metodologías de depuración empleadas por las empresas del sector en la Comunidad Valenciana.....	94
4.5.3 La problemática asociada a la utilización de lodos de depuradoras de tenería.....	98
4.6 Caracterización analítica de residuos.....	107
4.6.1 Residuos líquidos.....	107
4.6.2 Residuos sólidos.....	123

TOMO II ANALISIS DEL ESTADO DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS

1. HIDROGEOLOGIA DE AREAS ACUIFERAS DONDE SE UBICAN EMPRESAS DEL SECTOR DE CURTIDOS.....	1
1.1 Acuíferos en zonas de influencia.....	1
1.2 Evaluación del grado de impacto que posibles procesos contaminantes tendrían sobre las aguas subterráneas.....	31
1.2.1 Cálculo de coeficientes.....	36
1.2.2 Conclusiones.....	51
2. EL CROMO EN LAS AGUAS SUBTERRANEAS.....	55
2.1 El cromo en el sistema suelo-roca-agua.....	55
2.2 Estado de las aguas subterráneas en la Comunidad Valenciana.....	63
3. IMPACTO POTENCIAL DEL SECTOR DE CURTIDOS SOBRE LAS AGUAS SUBTERRANEAS.....	76
3.1 Vulnerabilidad de materiales geológicos aflorantes.....	76
3.1.1 Metodología empleada.....	76
3.1.2 Coeficientes de vulnerabilidad por municipios	78

Temática	Pág.
3.2 Cálculo del potencial contaminante.....	83
3.3 Evaluación final del grado de impacto potencial.....	89
4. ESTUDIO DETALLADO SOBRE LA POSIBLE INFLUENCIA DEL SECTOR A LAS AGUAS SUBTERRANEAS EN LA ZONA DE CANALS (VALENCIA).....	94
4.1 Selección de la zona y metodología de estudio.	94
4.2 Sistema hidrogeológico.....	96
4.2.1 Relación río acuífero.....	96
4.2.2 Descripción del soporte geológico.....	104
4.2.3 Estudio piezométrico.....	114
4.3 Estudio hidroquímico.....	117
4.3.1 Balance de iones. Error analítico.....	119
4.3.2 Estudio estadístico.....	120
4.3.3 Caracterización hidroquímica.....	127
4.4 Problemática asociada al vertedero.....	131
4.5 Conclusiones.....	143
5. RESUMEN DEL PROYECTO.....	147
6. PROPUESTAS DE ACTUACION PARA LA PROTECCION DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS.....	163
<hr/>	
BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	168

ANEJOS:

- ANEJO 1: Fichas de las visitas a empresas del sector de curtición y acabado de cueros y pieles (26 empresas)
- ANEJO 2: Modelo de encuesta postal enviada a las empresas del sector
- ANEJO 3: Planos de situación de empresas del sector de tamaño 1_1, 2 y 3 a escala 1:200.000, por provincias

- ANEJO 4: Grado de desarrollo económico-social: un sistema de indicadores (por Clemente Navarro)**
- ANEJO 5: Análisis de efluentes, sedimentos y aguas del río Cañoles en Canals**
- ANEJO 6: Análisis de aguas subterráneas y fichas de puntos de agua muestreados**

1. HIDROGEOLOGIA DE AREAS ACUIFERAS DONDE SE UBICAN EMPRESAS DEL SECTOR DE CURTIDOS

1.1 ACUIFEROS EN AREAS DE INFLUENCIA

La distribución geográfica de las industrias de curtición y acabado de pieles en la C.A. Valenciana permite establecer en que areas acuíferas se desarrolla esta actividad industrial. Estos y la denominación de las zonas a ellos asociadas, se expresa en el siguiente cuadro:

ACUIFEROS	ZONAS	NUMERO
Segorbe-Soneja.....	Segorbe	1
Plana de Castellón.....	Nules-Vall d'Uxó	2
Plana de Valencia.....	Valencia capital y periferia	3
	Silla-Picassent	5
Buñol-Cheste.....	Villamarxant-Cheste	4
Canals.....	Canals	6
Plana de Gandía.....	Gandía	7
Sierra del Cid y Subsistema Argüeña-Maigmo y Acuífero de Quibas.....	Elda-Petrel-Monóvar	8
Materiales permeables aislados del norte de Elche..	Elche-Crevillente	9

En la figura 1 aparece la distribución geográfica de estos acuíferos potencialmente afectados.

A continuación se realiza una revisión somera de aspectos hidrogeológicos asociados a estas zonas acuíferas potencialmente afectadas.

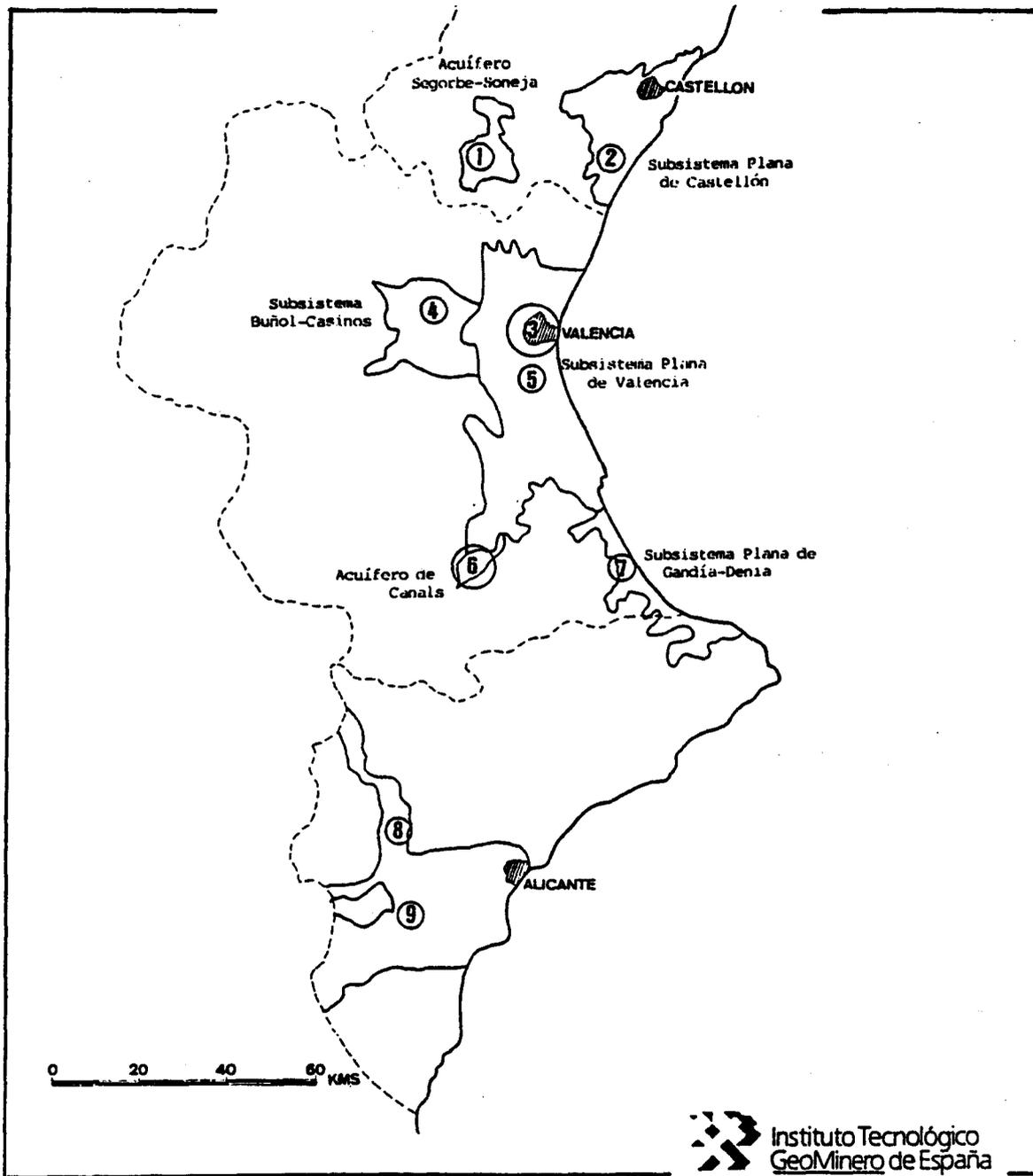


Figura 1, Acuíferos potencialmente afectados por los vertidos de las industrias de curtidos en la C.A.Valenciana

Zona 1

ZONA	SEGORBE	
ACUIFERO	SEGORBE-SONEJA	Nº 01
SUBSISTEMA	MEDIO PALANCIA	Nº 06
SISTEMA	SIERRA ESPADAN-PLANAS CASTELLON Y SAGUN.	Nº 56

Esta zona se encuentra situada en el **acuífero Segorbe-Soneja**, el cual se incluye en el subsistema del Medio Palancia.

Presenta una extensión de unos 190 km², de los cuales sólo 30 km² corresponden a afloramientos de la formación permeable.

Este acuífero está constituido por materiales de edad jurásica, siendo los materiales aflorantes del Muschelkalk.

Los límites del acuífero son abiertos, dando lugar a conexiones hidráulicas con los acuíferos colindantes, aunque también se definen límites cerrados, constituidos por las arcillitas del Buntsandstein, en el límite con el subsistema Náquera-Puzol o con los acuíferos de Cornacó y Azuebar; o por las formaciones salíferas del Keuper en la zona sur-suroeste del acuífero (yesos de Allora y Segorbe).

La piezometría no se conoce, con exactitud, su evolución hiperanual, aunque se presupone estacionaria, debido a la escasa cantidad de extracciones, siendo mayor el aprovechamiento a partir de las surgencias naturales.

El agua subterránea se destina principalmente para regadío, y en menor cuantía, para abastecimiento urbano, ganadero o industrial.

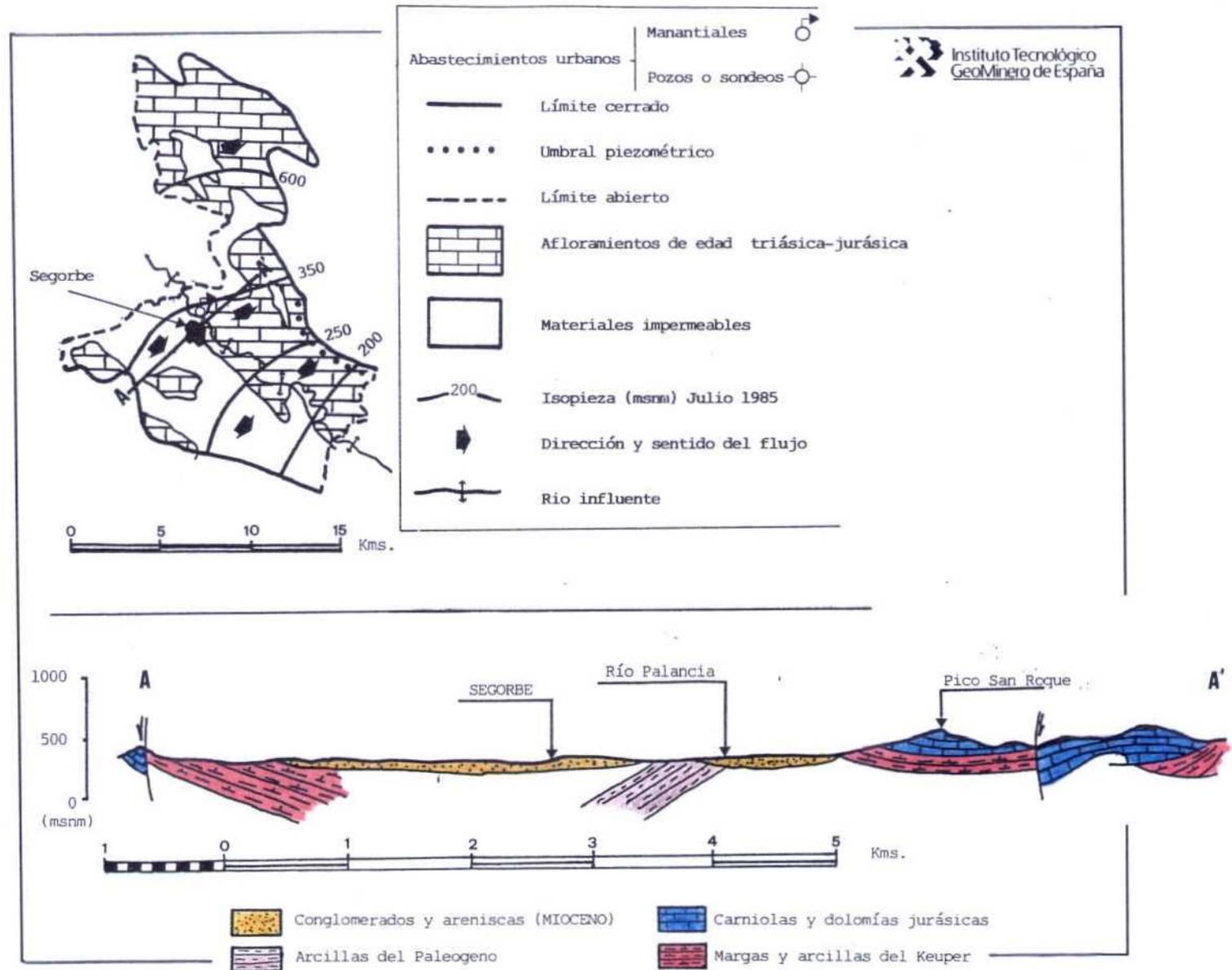
La calidad del agua destinada al abastecimiento urbano puede considerarse aceptable, aunque con algunos problemas debido a la proximidad del río Palancia, que presenta aguas de marcada facies

sulfatada, y las prácticas agrícolas que han dado lugar a un aumento en el contenido de nitratos. En cualquier caso, y de forma general la calidad media de estas aguas es buena. La facies hidroquímica más abundante es la sulfatada cálcico-magnésica, aunque también suele ser bicarbonatada cálcico-magnésica.

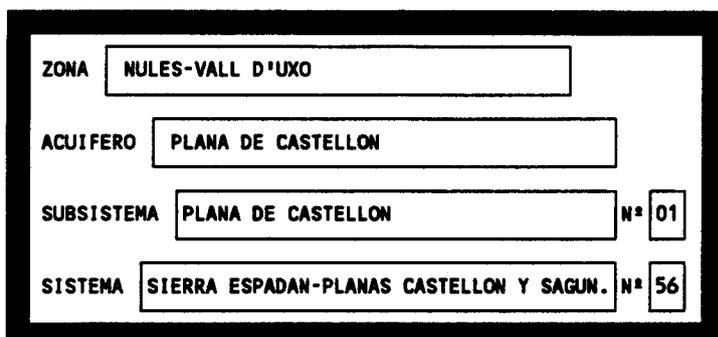
Según se observa en el mapa hidrogeológico adjunto -figura 2-, el flujo subterráneo sigue una dirección sureste, en clara alimentación del subsistema del Medio Palancia hacia las Planas de Castellón y Sagunto.

El grado de vulnerabilidad es medio, como consecuencia de los materiales de carácter fisurado y detrítico que afloran en esta zona. El problema principal es que el acuífero drena a través de manantiales, entre ellos el de Soneja, y en un régimen de circulación rápida a través de un acuífero fisurado e incluso karstificado, con el consiguiente bajo poder de depuración, de manera que contaminantes que pudieran ser vertidos serían transportados con cierta facilidad, pudiendo dar lugar a la contaminación de manantiales.

Figura 2, Lámina resumen de la hidrogeología acuífero Segorbe-Soneja



Zona 2



Las zonas próximas a las localidades de Vall d'Uxó, Nules y Vila Real se hallan sobre el acuífero de la Plana de Castellón. Este acuífero abarca una superficie de 464 km².

Este acuífero está formado por un conjunto de sedimentos pliocuaternarios, compuestos por paquetes de gravas, arenas y conglomerados dentro de formaciones arcillosas-limosas, que reposan, bien sobre materiales mesozoicos, que constituyen un segundo acuífero profundo, o bien sobre sedimentos terciarios de baja o nula permeabilidad.

El espesor máximo de estas formaciones aparece en las proximidades del río Mijares y de Nules-Vilareal, donde se han llegado a alcanzar los 270 mts. de potencia.

Los niveles piezométricos están comprendidos entre los 0 y los 10 msnm, con una superficie aparentemente plana, pero con zonas puntualmente, como en Onda, que llegan a alcanzar los 90 msnm, o como en Moncófar donde se produce una depresión que alcanza los 7mbnm, debido a la intensa explotación que sufre este acuífero.

En general, los niveles están descendiendo temporalmente debido a las fuertes extracciones, con la consiguiente salinización de los pozos, por el avance de la interfaz, en las zonas costeras.

Las entradas de agua en el acuífero se deben principalmente a los aportes laterales de los subsistemas acuíferos carbonatados

colindantes (Medio Palancia, Sierra del Espadán, Onda y Javalambre) y la infiltración procedente del río Mijares, además de la infiltración de excedentes de regadío o de la lluvia.

También existen entradas de agua salada del mar, llegando a los 10 hm³ en el sector de Moncófar-Chilches.

Las salidas se orientan principalmente en extracciones para regadío y abastecimiento urbano e industrial, que constituyen el principal uso del agua, y las salidas naturales al mar.

Las aguas de este acuífero presentan gran variedad de facies hidroquímicas, predominando la sulfatada cálcica en la mayor parte de la Plana y la clorurada sódica en la zona litoral. En cuanto a la calidad de las aguas subterráneas, esta es mediocre y con tendencia al deterioro por factores antrópicos, que implican la presencia de altos contenidos en sulfatos, nitratos y cloruros, estos últimos en las zonas afectadas por la intrusión marina.

El grado de vulnerabilidad de las áreas próximas a los tres municipios estudiados -Vall d'Uxó, Vilareal y Nules- presenta una cierta variabilidad, siendo medio en Vall d'Uxó y Nules, y escaso a nulo en la zona de Vilareal.

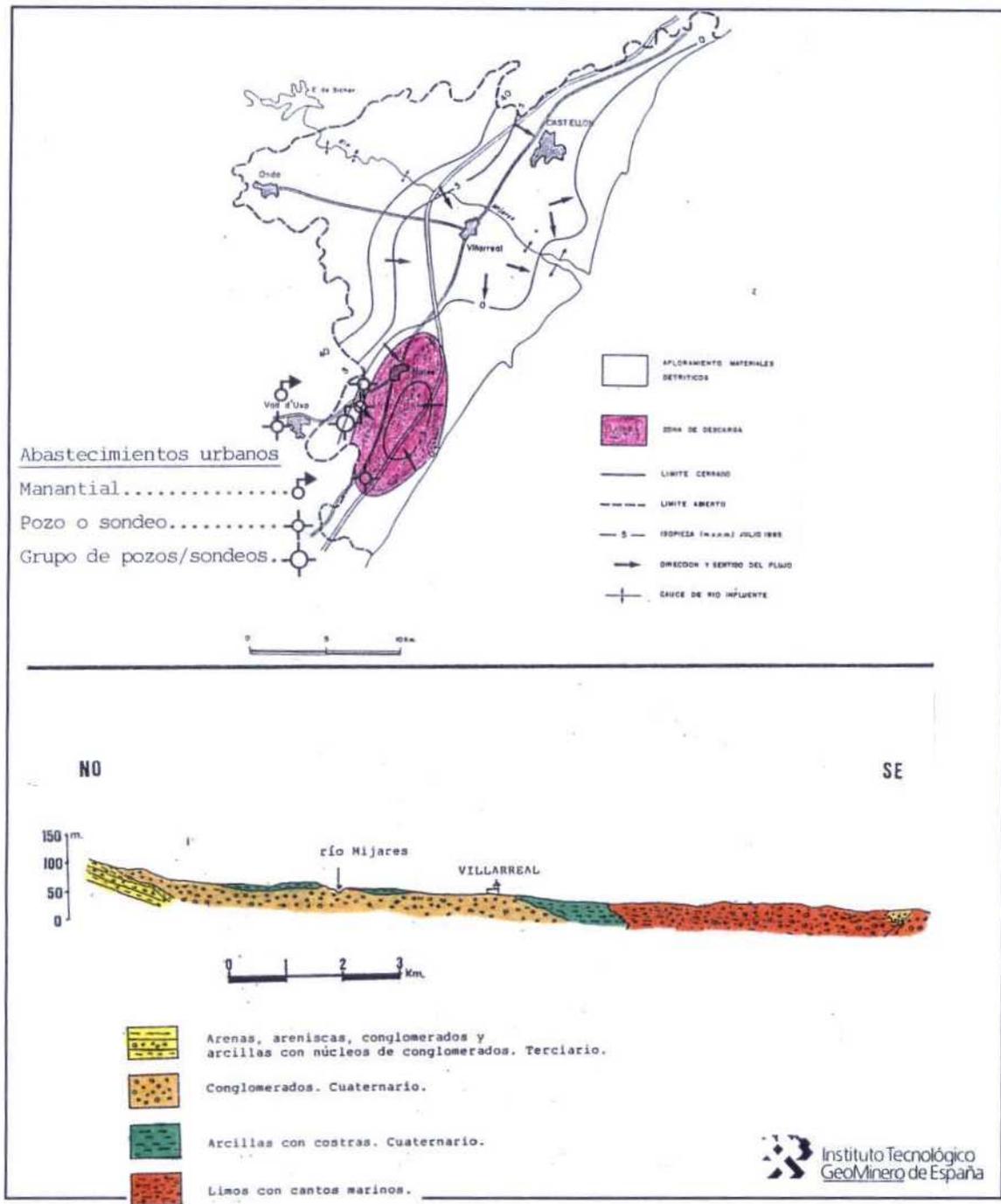


Figura 3, Hidrogeología acuífero de la Plana de Castellón.

Zonas 3 y 5

ZONA	VALENCIA	
ACUIFERO	ACUIFERO MIOCUATERNARIO	
SUBSISTEMA	ACUIFERO MIOCUATERNARIO	Nº 01
SISTEMA	PLANA DE VALENCIA	Nº 51

ZONA	SILLA-PICASSENT	
ACUIFERO	PLANA DE VALENCIA	
SUBSISTEMA	ACUIFERO MIOCUATERNARIO	Nº 01
SISTEMA	PLANA DE VALENCIA	Nº 51

Tanto la zona de Valencia como la de Silla-Picassent se encuentran dentro de la Plana de Valencia, es por esto que van a ser tratadas estas zonas de forma conjunta, ya que se incluyen en el mismo acuífero.

El acuífero de la Plana de Valencia presenta una superficie de unos 1300 km². Geológicamente se trata de una compleja depresión tectónica en la que afloran materiales pertenecientes al Mioceno Medio y Superior y Pliocuaternalio.

El espesor de los sedimentos miocénicos puede llegar a ser muy elevado, superando incluso los 750 mts. El Pliocuaternalio, por el contrario, alcanza su espesor máximo en las inmediaciones del curso bajo de los ríos Júcar y Turia, donde alcanza los 200 mts., y su espesor mínimo en los bordes interiores, con tan sólo algunos metros de potencia.

Los materiales que constituyen el acuífero se pueden agrupar en dos conjuntos:

- un tramo superior complejo, constituido por una alternancia de materiales detríticos cuaternarios intercalados en una formación eminentemente limo-arcillosa, eventualmente, calizas lacustres del Mioceno terminal, que han sido objeto de gran explotación, al tratarse de un acuífero multicapa,
- por otro lado, un tramo inferior constituido por intercalaciones de areniscas, calcarenitas, e incluso calizas bioclásticas, en una formación predominantemente margo-arcillosa, que simultáneamente hace de sustrato impermeable del nivel acuífero superior.

Las entradas de agua al acuífero se producen lateralmente en los límites con las formaciones carbonatadas de borde de la Plana, por infiltración de regadíos y agua de lluvia. Las salidas naturales están constituidas por la alimentación de los ríos Júcar y Turia, surgencias naturales que bordean La Albufera y la franja costera entre Sollana y Cullera y por el flujo subterráneo hacia el mar. Las direcciones principales de flujo son de dirección NO a SE y de O a E.

El agua de este acuífero se destina a abastecimiento urbano, agrícola e industrial.

Las aguas del tramo superior o subsistema miocuaternario, presentan una facies bicarbonatada cálcica, que hacia el litoral evoluciona hacia clorurada sódica, pasando por estados intermedios con facies sulfatada cálcica. El tramo inferior o subsistema miocuaternario inferior presenta una mejor calidad, correspondiendo a facies bicarbonatadas cálcicas, principalmente, aunque también es posible captar en este tramo aguas de facies cloruradas sódicas altamente mineralizadas.

Como consecuencia de la proliferación en el número de sondeos, se han detectado fenómenos de intrusión marina en las zonas litorales.

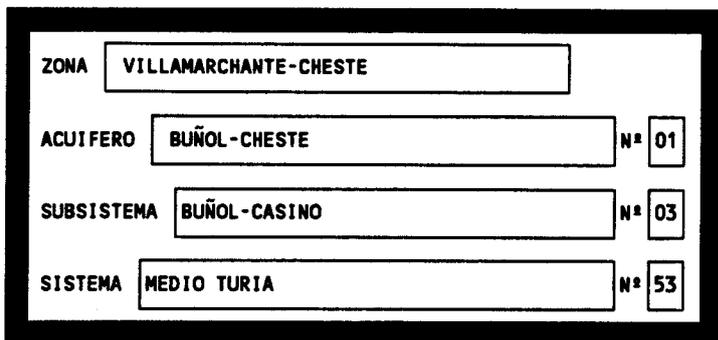
Por otra parte, debido a la intensa actividad agrícola e industrial, las aguas presentan concentraciones muy elevadas en

nitratos y sulfatos, así como sustancias tóxicas (nitritos, amoníaco, metales pesados, etc..).

La calidad de las aguas subterráneas es, por tanto, deficiente, en general, debidos a todos estos problemas consecuencia de la actividad antrópica.

La vulnerabilidad de los materiales aflorantes es en general escasa a nula, debido a la existencia de importantes afloramientos de limos y arcillas.

Zona 4



La zona que se ha denominado Villamarchante-Cheste se encuentra situada en el acuífero de Buñol-Cheste, que junto con el de Liria-Casinos, separados ambos de forma convencional por el río Turia, componen el subsistema Buñol-Casino.

Los materiales que constituyen el acuífero son miocénicos y mesozoicos.

Dentro de los primeros existen dos formaciones: los materiales de facies continentales del Serravaliense-Tortonense, que constituyen un acuífero multicapa en ocasiones lentejona, y las calizas lacustres del Pontiense que descansan o se encuentran próximas al Keuper -ver figura 5-.

En cuanto a los materiales mesozoicos destacan las dolomías del Muschelkalk que pueden llegar a alcanzar los 100 mts. de potencia, así como las calizas y dolomías del jurásico inferior y medio.

La recarga de este sistema acuífero se realiza directamente por infiltración del agua de lluvia y por transferencia lateral proveniente del subsistema de la Serranías.

La descarga se realiza hacia el río Turia en dirección NE y principalmente hacia el borde oriental de la unidad (Plana de Valencia).

La evolución piezométrica pone en evidencia la existencia de zonas compartimentadas, con importantes diferencias

piezométricas, y descensos acumulados del orden de 20 mts. Los niveles presentan una evolución descendente que localmente alcanza gran importancia y que permite hablar de sobreexplotación zonal.

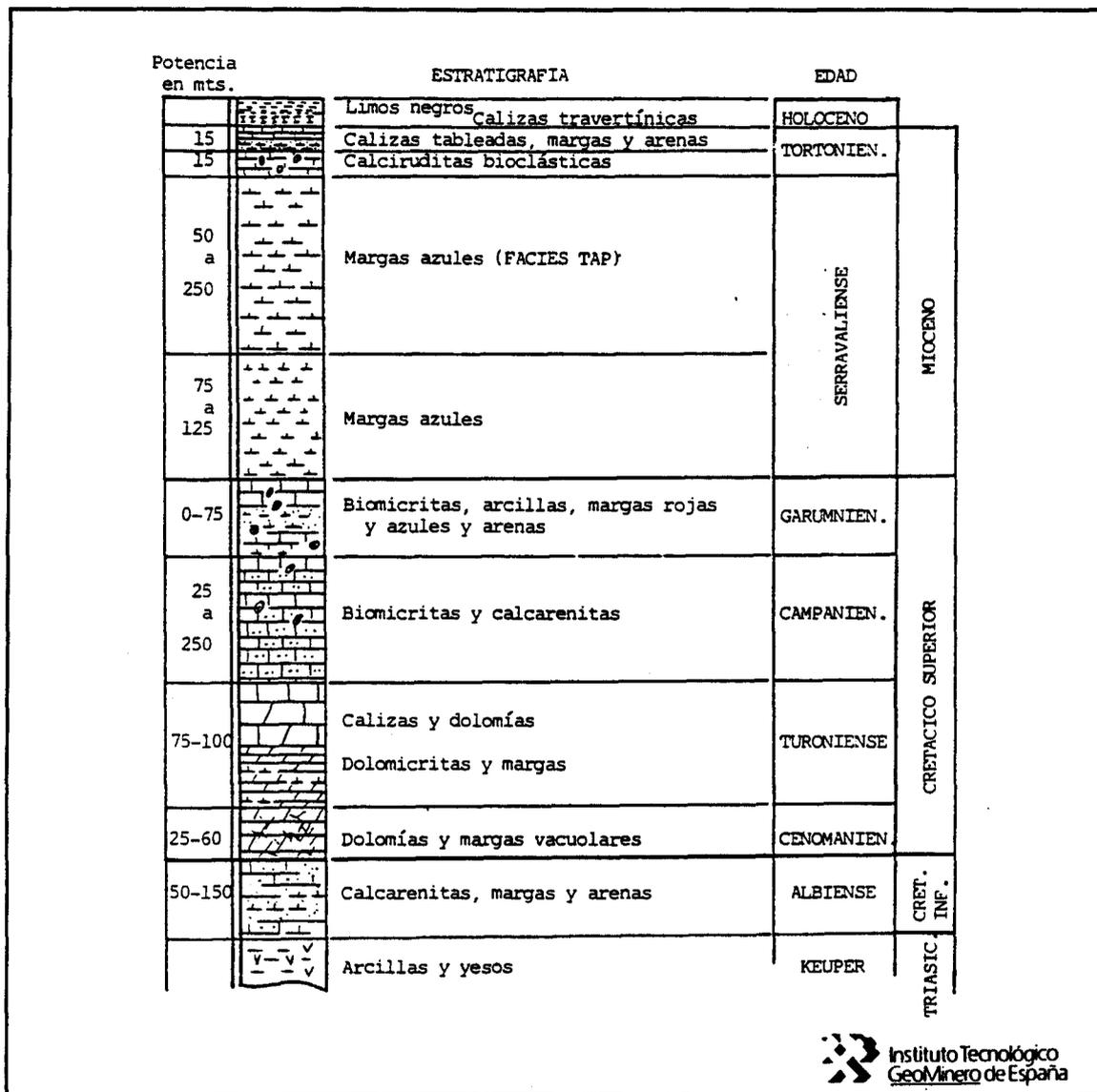


Figura 5, Columna estratigráfica subistema Buñol-Casinos

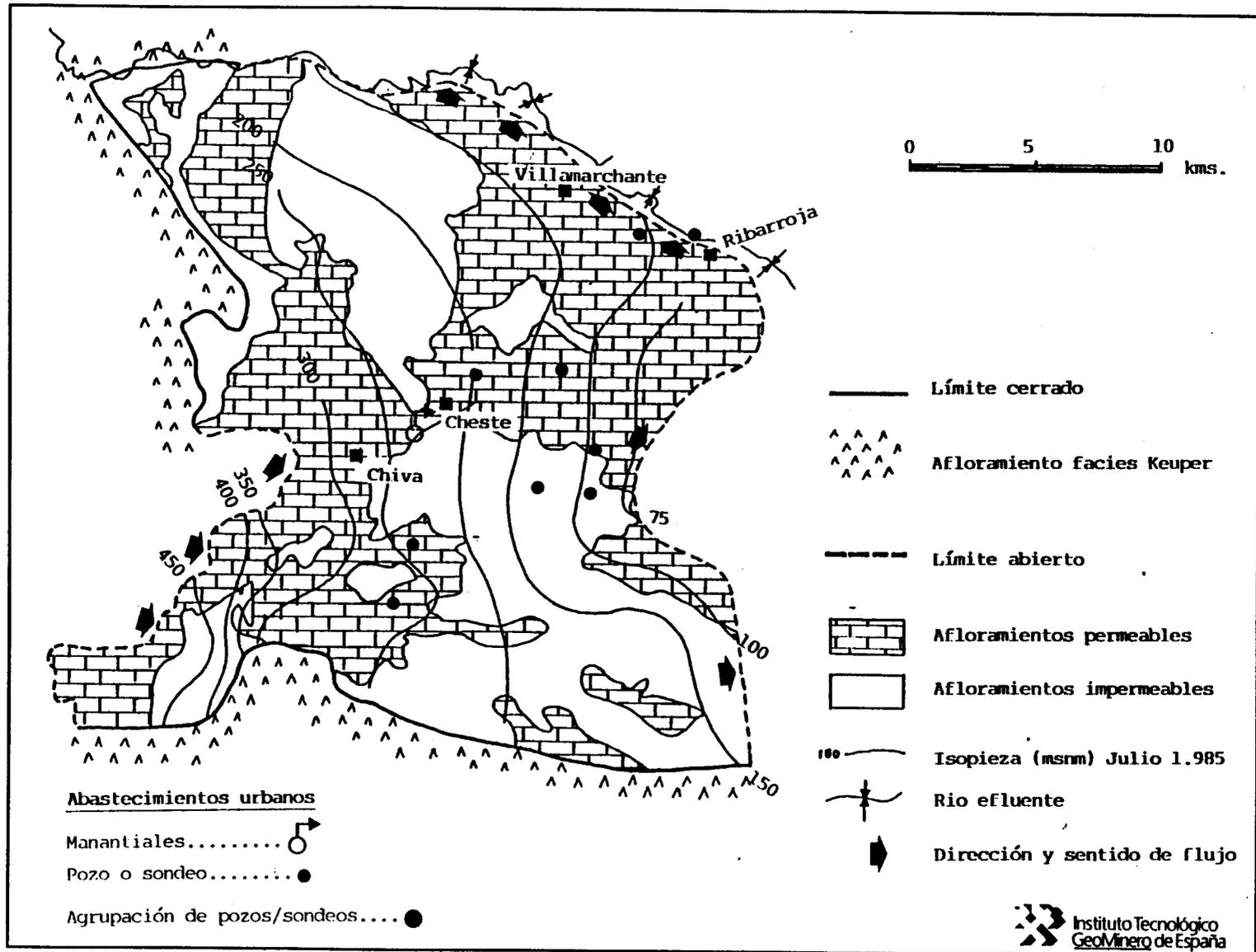
El agua se destina principalmente (más del 75%) al abastecimiento agrícola y el resto, a abastecimiento urbano e industrial.

Debido a la presencia de diferentes formaciones acuíferas existentes en el subsistema, este presenta facies hidroquímicas variables. Así, las aguas relacionadas con el acuífero Pontense con frecuencia presentan facies bicarbonatada cálcica de excelente calidad, mientras que las aguas procedentes de los materiales detríticos miocénicos suelen presentar facies sulfatadas cálcicas o cálcico-magnésicas. Sin embargo, las excepciones son frecuentes pero puntuales.

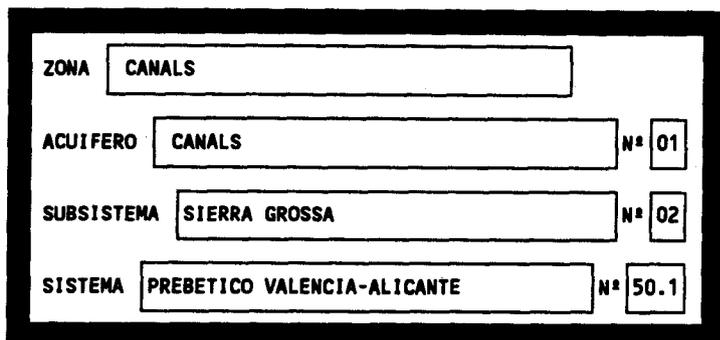
La evolución de la calidad hidroquímica se caracteriza por un ligero incremento de su contenido en bicarbonatos, residuo seco y acalinos, y un notable incremento en nitratos, de hasta un 400%. La calidad de las aguas destinadas a abastecimiento urbano son normalmente buenas.

La vulnerabilidad de esta zona presenta un grado escaso a medio según áreas. La contaminación se debe principalmente a las prácticas agrícolas, concretamente al uso de fertilizantes nitrogenados.

Figura 6, Hidrogeología acuífero Buñol-Cheste.



Zona 6



La zona de Canals se encuentra ubicada en el acuífero del mismo nombre -Acuífero de Canals-, que pertenece al subsistema de Sierra Grossa.

Este acuífero está constituido por sedimentos detríticos pliocuaternarios y materiales carbonatados de edad miocena, ocupando una superficie de 60 km², que se sitúan sobre materiales terciarios y cretácicos, principalmente. Existen unos materiales muy recientes (Holoceno) que son los travertinos de Canals.

El acuífero de Canals está limitado al norte por facies triásicas, y por el sur, por materiales de edad cretácica.

El flujo de las aguas subterráneas se orienta hacia los ríos Cañoles y Albaida, observándose descensos en los niveles piezométricos como consecuencia del incremento de los bombeos, y por tratarse de un acuífero con gran difusividad, es decir, que la aparición de un déficit pluviométrico se traduce en una respuesta inmediata del acuífero.

El agua subterránea extraída se destina principalmente a abastecimiento urbano e industrial, esta última con un importante consumo, y por otra parte, a abastecimiento agrícola.

En cuanto a la calidad, en general para el conjunto del subsistema de Sierra Grossa es buena, con una facies química predominante bicarbonatada cálcico-magnésica, llegando a ser clorurada o sulfatada en zonas próximas a las facies Keuper aflorantes de la zona norte.

Zona 7

ZONA	GANDIA	
ACUIFERO	PLANA DE GANDIA	
SUBSISTEMA	PLANA DE GANDIA-DENIA	Nº 07
SISTEMA	PREBETICO VALENCIA-ALICANTE	Nº 50.1

El acuífero de la Plana de Gandía-Denia, que ocupa una extensión de unos 250 km², es de carácter detrítico, estando constituido por formaciones cuaternarias y eventualmente pliocuaternarias, en general sueltas, constituidas por gravas, limos, arcillas, presentando una mayor potencia y una granulometría más fina, a medida que nos alejamos desde los relieves occidentales hacia el mar.

Los límites de este acuífero son abiertos, presentando contacto con formaciones carbonatadas.

El agua extraída es destinada principalmente a abastecimiento agrícola y urbano-industrial, procediendo, gran parte de esta agua subterránea de los materiales carbonatados limítrofes, que alimentan la Plana.

Por tratarse de un acuífero costero y hallarse sobreexplotado, el fenómeno de intrusión es generalizado en la costa. Por consiguiente, la calidad de las aguas está bastante degradada, con gran contenido salino y elevados contenidos en residuo seco (500-1000 ppm), existiendo zonas que llegan a superar los 7000 ppm.

Presentan estas aguas, facies bicarbonatada cálcico-magnésica, si bien los procesos de contaminación por intrusión marina, implican la existencia de facies cloruradas sódicas en las zonas afectadas. Por otra parte, y como consecuencia de una intensa actividad agrícola, la concentración de nitratos en la aguas supera los 50 ppm en casi toda la Plana, con valores que se incrementan en el tiempo.

Análogamente ocurre con las concentraciones en sulfatos y magnesio. El grado de vulnerabilidad que presentan los materiales aflorantes en las proximidades de Gandía es de tipo medio, por tratarse de formaciones detríticas.

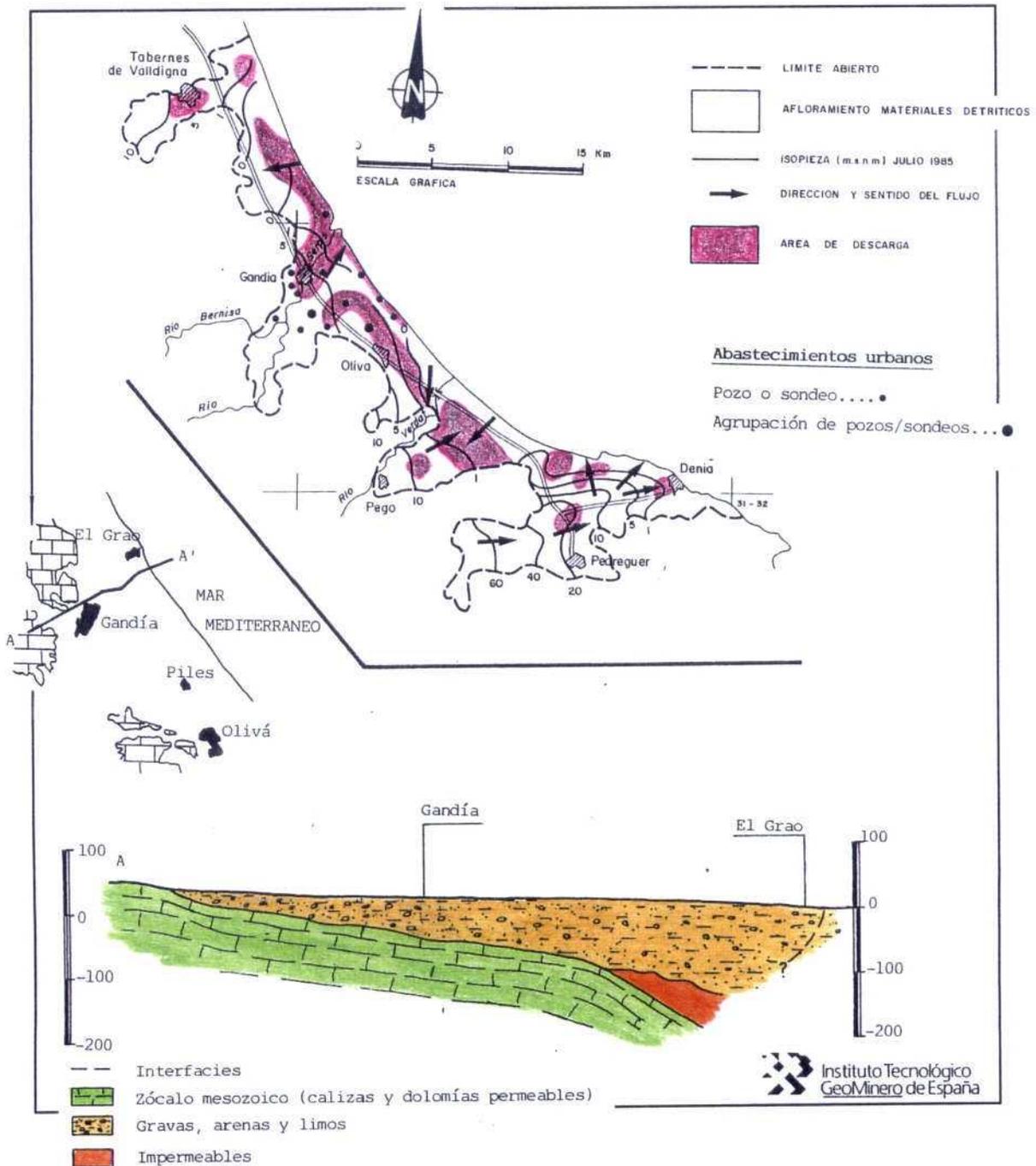


Figura 8, Hidrogeología acuífero de Gandía.

Zona 8

La denominada zona Elda-Petrel-Monóvar está asociada a varios acuíferos, por ello se va a tratar por separado las subzonas de Elda-Petrel y Monóvar.

Subzona de Elda-Petrel

SUBZONA	ELDA-PETREL	
Esta zona se encuentra próxima a dos acuíferos		
ACUIFERO 1	SIERRA DEL CID	D
SISTEMA	AISLADOS DEL SUR DE ALICANTE	Nº 50.3
ACUIFERO 2	ARGÜEÑA-MAIGMO	
SUBSISTEMA	ARGÜEÑA-MAIGMO	Nº 01
SISTEMA	PREBETICO DE ALICANTE	Nº 50.2

La subzona Elda-Petrel se encuentra situada sobre depósitos triásicos en la cuenca del río Vinalopó, en las estribaciones de la Sierra del Cid y de la unidad Argüeña-Maigmó, que son dos grandes acuíferos que se sitúan al Este de estas poblaciones.

El subsistema de Argüeña-Maigmó, que abarca una extensión de unos 125 km², está formado por una serie de Sierras que a su vez constituyen acuíferos, que pueden estar conectados hidráulicamente entre sí o no, debido a la existencia de una compartimentación. Los materiales aflorantes que constituyen esta unidad, son de edad cretácica y miocena, principalmente.

Estos materiales están plegados de forma que constituyen una serie de anticlinales, sinclinales y monoclinales, donde quedan separadas las diferentes sub-unidades por medio de gran número de fallas normales.

Los materiales acuíferos corresponden a dolomías y calizas cretácicas, dolomías, calizas y calizas margosas del Eoceno, calizas margosas y margas calcáreas del mioceno inferior, y por último, areniscas, conglomerados y calcarenitas del Mioceno medio. Estos materiales presentan potencias comprendidas entre

100 y 300 metros.

Los materiales impermeables están constituidos por arcillas y yesos del triás, margas y margocalizas del cretácico inferior (Neocomiense), arcillas del Eoceno inferior y las margas en facies "tap" del mioceno medio-superior, con potencias muy variables.

La columna tipo para este subsistema puede corresponder a la siguiente:

POTENCIAS EN m.	ESTRATIGRAFIA	EDAD
Variable	Margas en facies "tap"	MIOCENO SUP.
>100	Areniscas, conglomerados y calcarenitas	MIOCENO MEDIO
>100	Margas en facies "tap" discordantes	MIOCENO MEDIO
250-300	Calizas margosas y margas calcáreas con intercalaciones de calcarenitas	MIOCENO INFE.
> 20	Limos y areniscas	OLIGOCENO
≈ 90	Calizas y dolomías margosas	OLIGOCENO
≈ 15	Margas con pasadas de margocalizas	OLIGOCENO
≈ 50	Calizas y dolomías	EOCENO MEDIO
≈200	Arcillas verdes con areniscas	EOCENO INFE.
≈150	Calizas margosas y margas blancas	SENONIENSE
>200	Dolomías arenosas con pasadas de calizas detríticas	CENOM.-TURON.
>100	Calcarenitas y margas	CRETACICO INF.
	Arcillas y yesos	KEUPER

De forma general, todas las unidades han sufrido descensos en los niveles piezométricos debido a una sobreexplotación. La calidad hidroquímica es de excelente a aceptable, con una facies predominantemente bicarbonatada-cálcica, con salinidades siempre

inferiores a los 500 ppm.

El acuífero de la Sierra del Cid, se extiende sobre una superficie de unos 130 km², dividiéndose, a su vez, en acuíferos con entidad propia (Serreta Larga, Cid y Pusa)

Esta unidad presenta afloramientos de materiales triásicos, jurásicos y cretácicos, siendo estos últimos los más abundantes. Sobres estos, se hallan depositados materiales terciarios y cuaternarios.

En general, la Sierra del Cid corresponde a un serie monoclinal buzante hacia el oeste, con presencia de fallas verticales, inversas y normales, y pliegues frecuentemente volcados.

La separación del subsistema Argüeña-Maigmo se produce por un cabalgamiento de componente norte donde se ha inyectado el trias salífero.

El principal acuífero lo constituyen las calizas del Cenomanense con potencias superiores a los 200 metros, sobre las que se instala el acuífero de Serreta Larga, el más importante de la Sierra del Cid. Como impermeables de base aparecen las margas y margocalizas del Albense.

La columna tipo para esta unidad puede ser la siguiente:

POTENCIAS EN m.	ESTRATIGRAFIA	EDAD	
	Calizas y margas	MIOCENO SUP.	T E R C I A R I O
	Conglomerados, margas y calizas	MIOCENO INF.	
	Margas, margocalizas y calizas	EOCENO	
	Margas y margocalizas blancas	SENON.-TURON.	CRETAC. SUP.
> 200	Calizas gravelosas	CENOMANENSE	
	Margas y margocalizas	ALBENSE	CRETAC. INF.
100	Calizas margosas y margas amarillas y blancas	NEOCOMIENSE	
≈ 50	Calizas litográficas y calizas nodulares	MALM	JURASICO
≈ 85	Calizas grises oscuras	DOGGER	
	Arcillas, margas y yesos	KEUPER	T R I A S I C O
	Calizas grises oscuras y calizas dolomíticas	MUSCHELKALK	
	Areniscas micáceas rojas y arcillas rojas	BUNTSANDTEIN	

El más importante acuífero de la Sierra del Cid, el de la Serreta Larga sufre sobreexplotación, con los consiguientes descensos de niveles piezométricos.

La calidad hidroquímica es buena, si bien alcanzan niveles de salinidad superiores a los 500 ppm, que dan lugar a la aparición de facies clorurada sódico-cálcica, debido a la influencia de los materiales salinos triásicos que afloran en los bordes.

Debido a que las industrias de curtidos existentes en la zona se hallan ubicadas sobre terrenos triásicos y posiblemente sus vertidos se efectúen al río Vinalopó que discurre por estas arcillas y yesos del Keuper, es difícil pensar en una contaminación de estos acuíferos circundantes, que se encuentran a cotas topográficas más altas. Si bien para el conjunto de la zona se ha apreciado una vulnerabilidad de tipo medio, debido a estos materiales permeables del subsistema Argüeña-Maigmo y de la Sierra del Cid que circundan los potenciales focos de contaminación.

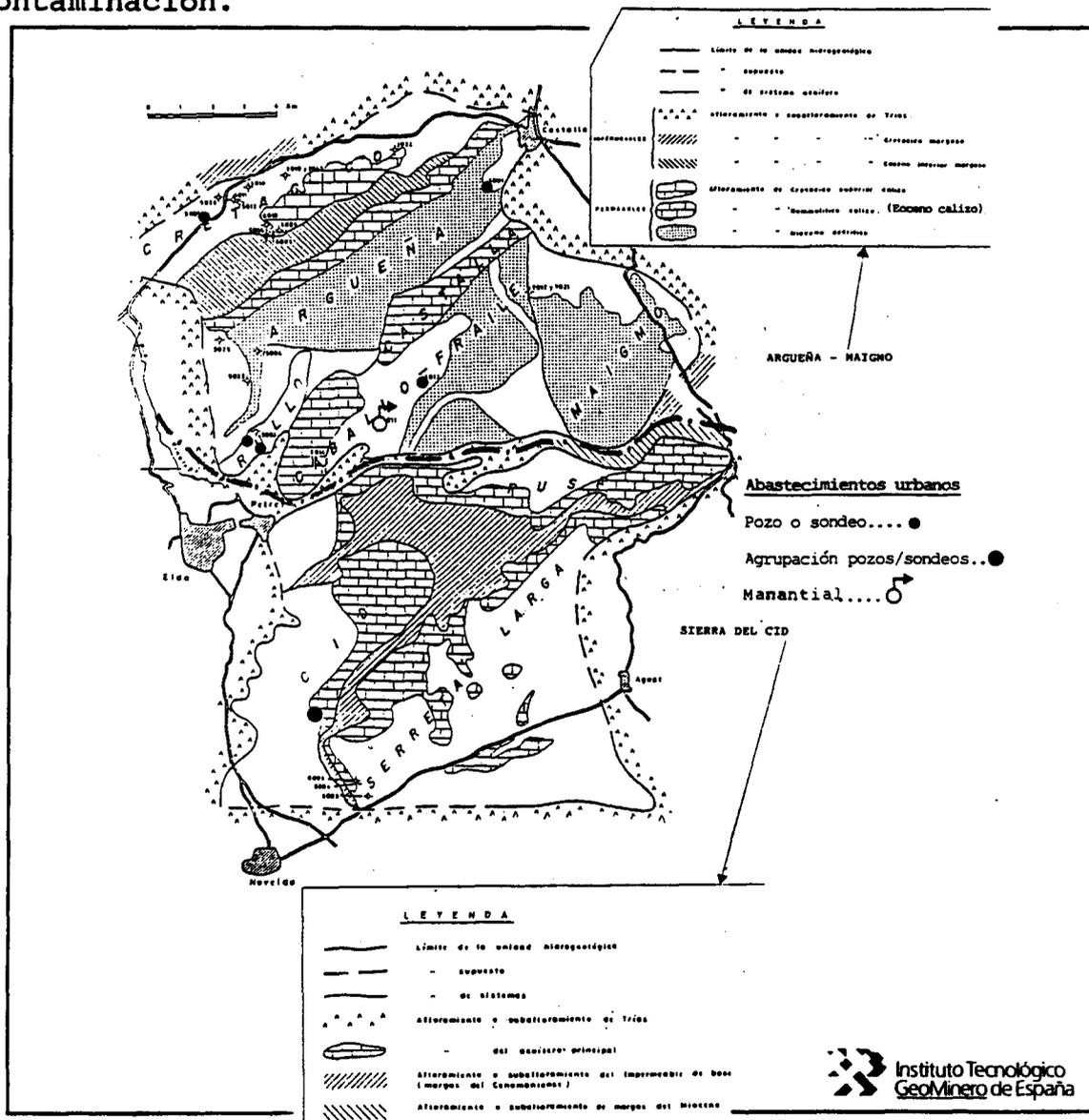


Figura 9, Hidrogeología acuíferos Argüeña-Maigmo y Sierra del Cid.

Subzona de Monóvar

SUBZONA	MONOVAR	
ACUIFERO	SIERRA DE QUIBAS	Nº 5
SISTEMA	CALIZO DOLOMITICO PREBETICO	Nº 49.2

La zona de Monóvar se encuentra situada en el área este de la Sierra de Quibas y la oeste del valle del río Vinalopó. El acuífero más importante lo constituye la Sierra de Quibas, que está encuadrado en el complejo calizo-dolomítico de las Béticas, con materiales Prebéticos y Subbéticos.

Los materiales geológicos más importantes desde el punto de vista hidrogeológico, lo constituyen las formaciones COTO (Eoceno Medio) y RECLOT (Lías).

La primera está compuesta por unas calizas bioclásticas blancas con potencias comprendidas entre los 50 y 250 metros, que constituyen el acuífero principal, con una estructura de tipo sinclínico de dirección NE-SW. El impermeable de base lo constituyen las margas del Eoceno.

La formación RECLOT está constituida por unas dolomías grises con potencias de más de 50 metros, y sobre estas, unas calcarenitas de grano grueso que llegan a alcanzar hasta los 80 metros de potencia. Esta se suele encontrar "flotando" sobre el Trias salífero o sobre series Prebéticas de transición.

Tectónicamente la zona comprende dos grandes conjuntos estructurales, el Prebético parautoctono y el Subbético alóctono, completamente despegado y cabalgante con el anterior

El Prebético está caracterizado por anticlinales, sinclinales y fallas normales, mientras que el Subbético está formado por pliegues caóticos, cabalgamientos y escamas.

También existen importantes procesos de diapirismo triásico, cuyos ejes constituyen barreras hidrogeológicas como ocurre con

los ejes de Pinoso-Monóvar y La Romana-Hondón.

Otras barreras hidrogeológicas estratigráficas son los afloramientos cretácicos, que corresponden a calizas y margas de carácter impermeable, en la zona norte del al Sierra de Quibas.

El flujo subterráneo se orienta principalmente hacia el sur, según los datos de niveles piezométricos, que además dan idea de la fuerte sobreexplotación del sistema, sobre todo en la zona sur, entre Pinoso y Algueña, debido a la gran transmisividad y la proliferación de numerosos sondeos que extraen importantes caudales.

En cuanto a la calidad hidroquímica, existen dos zonas bien diferenciadas. Por una parte, la zona norte, donde la calidad es aceptable y las salinidades están comprendidas entre 900 y 1700 ppm, presentando pocas variaciones en las características hidroquímicas del acuífero en los últimos años. La facies es bicarbonatada clorurada sódica-magnésica a bicarbonatada cálcico-magnésico.

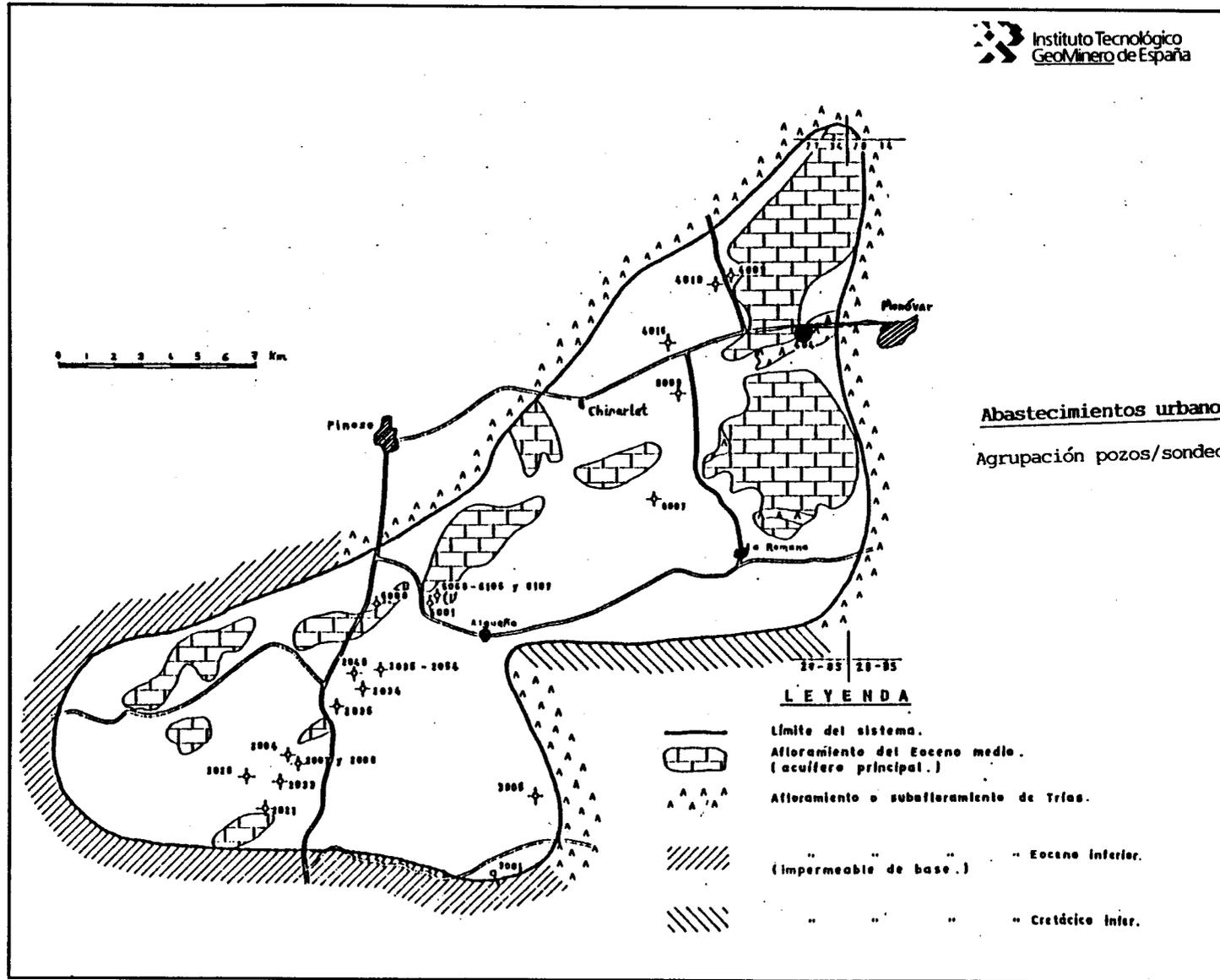
La otra zona, el Sector Sur, presenta una progresiva salinización debido a la presencia de diapiros compuestos por sal común, lo que da lugar a salinidades comprendidas entre 2000 y 10000 ppm, siendo la facies hidroquímica predominante la clorurada sódica.

En virtud de esto, son las aguas del Sector Norte las que presentan mejores condiciones para el consumo, empleándose en gran parte para abastecimiento urbano o bien para uso agrícola, o para su inyección y obtención de sal gema en disolución.

La posible incidencia de la contaminación a causa de vertidos industriales derivados de la actividad de curtidos es mínimo, al ubicarse esta sobre terrenos poco vulnerables. La zona de Pinoso se encuentra situada en el mismo acuífero pero en el borde NO de la Sierra, pero presenta poco interés dado el escasísimo potencial industrial.

El grado de vulnerabilidad es de medio a alto, al considerar el conjunto de terrenos aflorantes.

Figura 10, Hidrogeología acuífero Sierra de Quibas.



Zona 9

MATERIALES PERMEABLE DE LA ZONA ELCHE-CREVILLENTE

Los materiales permeables existentes al norte de la zona que hemos denominado Elche-Crevillente, no constituyen un acuífero con entidad hidrogeológica propia, si bien son explotados con escasos rendimientos y mala calidad hidroquímica.

Se trata de una serie de conglomerados, gravas y areniscas pliocuaternarias, de carácter permeable, situadas al norte de la línea Elche-Crevillente.

Junto a estos materiales permeables detríticos aparecen un afloramiento de calizas miocenas permeables, cerca del Embalse de Elche.

Como impermeables existen margas miocénicas, margas, arenas y areniscas eocenas, las margas y margocalizas del cretácico y las arcillas y yesos del Keuper.

Bordeando este conjunto de materiales descritos aparecen unas arcillas cuaternarias de carácter impermeable.

Al NW de Crevillente está situado el acuífero de la Sierra de Crevillente constituido por calizas y dolomías del Jurásico.

Los datos hidroquímicos apuntan valores de salinidad total superiores a los 300 ppm, presentando las aguas facies sulfatadas-cloruradas, debido al aporte de sales procedente de los materiales salíferos de los materiales impermeables triásicos que bordean los materiales permeables al norte de Elche-Crevillente.

Las captaciones presentes en la zona son de 100 a 200 mts. de profundidad en la zona N-NE de Elche, mientras en la zona sur de Elche-Crevillente, las captaciones son más superficiales no llegando a los 60 mts. de profundidad. El agua captada se destina a abastecimiento particular y agrícola, e industrial en menor proporción.

La existencia de estos materiales permeable en la zona norte da lugar a que el grado de vulnerabilidad sea medio a alto en esta zona.

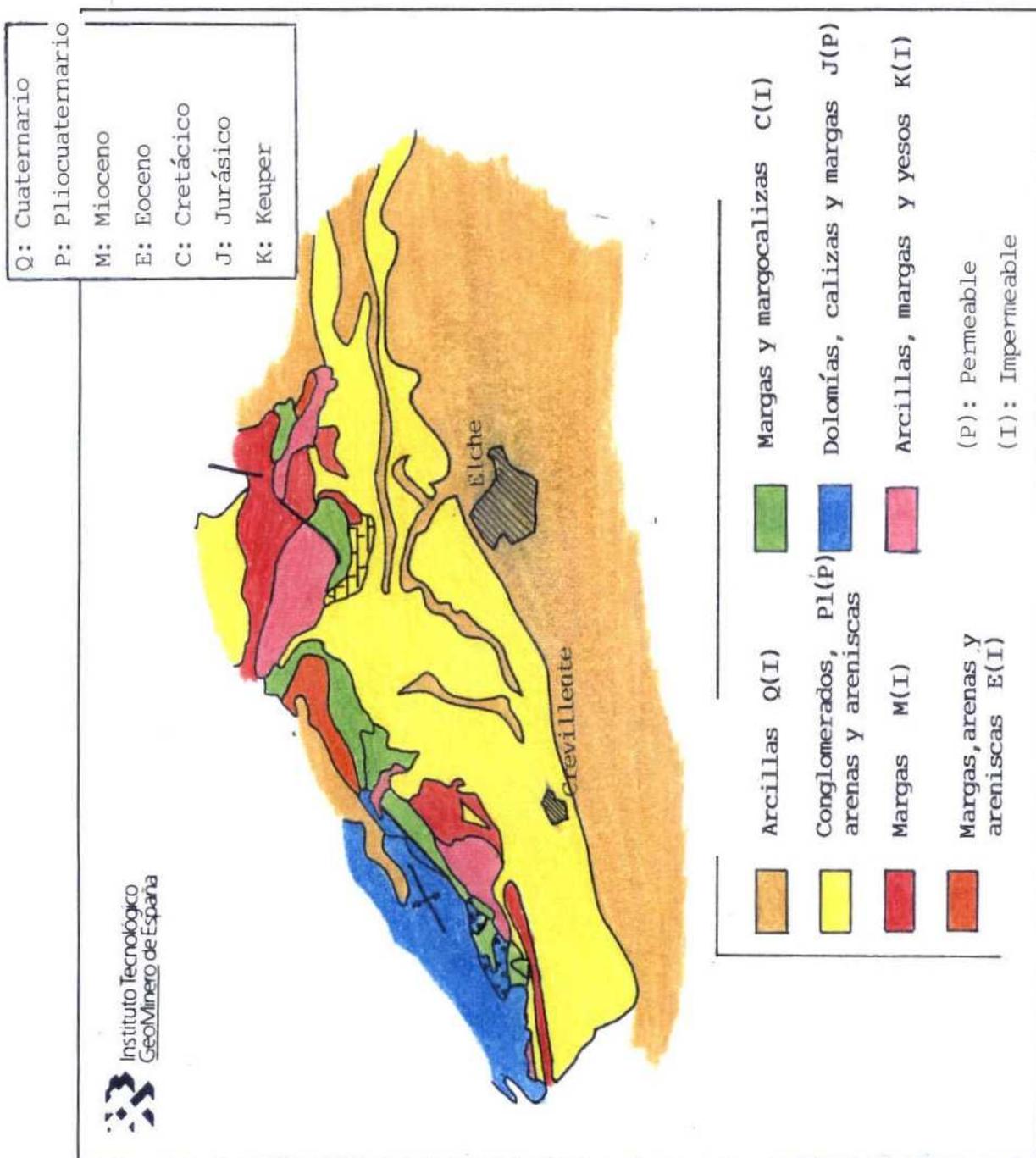


Figura 11, Esquema geológico de la zona de Elche-Crevillente.

1.2 EVALUACION DEL GRADO DE IMPACTO QUE POSIBLES PROCESOS CONTAMINANTES TENDRIAN SOBRE LAS AGUAS SUBTERRANEAS

El estudio detallado, atendiendo a diferentes aspectos, tales como:

- rendimientos de las captaciones,
- explotación a que se ve sometido el acuífero,
- calidad hidroquímica de las aguas del acuífero, y
- la información hidroquímica disponible (redes de calidad)

Que permite evaluar el grado de impacto que, procesos contaminantes, tendrían sobre las aguas subterráneas de los acuíferos donde se instalan las industrias del curtido, mediante un coeficiente del estado del acuífero.

Se valora, por tanto, la situación actual de los acuíferos potencialmente afectados, estableciéndose unos rangos de impacto relativos, que permiten reconocer que acuíferos son más protegibles ante agresiones en su calidad por procesos de contaminación puntual.

Se podrian haber tenido en cuenta otra serie de aspectos tales como distribución de la demanda, por la diferente exigencia de calidad según usos, o extensión superficial, respecto al total del acuífero, que presenta problemas de calidad, etc., si bien ante la dificultad de conocer estos detalles, se piensa que los factores tenidos en cuenta representan bien el estado actual de los acuíferos.

Para la realización de este estudio se han utilizado los datos de la base de datos AGUAS del ITGE. Se han obtenido los datos correspondientes a los archivos AGMA y AGAQ para las siguientes hojas 1:50.000 y octantes:

HOJAS GEOLOGICAS 1:50.000	OCTANTES
2734	4 y 8
2827	6,7 y 8
2828	2 y 3
2831	4
2833	5 y 6
2834	1,2 y 5
2835	1,2,3,5,6 y 7
2925	5 y 8
2926	4
2927	5,6 y 7
2928	1,2,3,5 y 6
2931	4
3025	5
3031	1

El conjunto de datos suponen 1703 registros de puntos de agua del AGMA y 1153 registros de análisis químicos del AGAQ.

Todos estos datos han sido elaborados y tratados al objeto de obtener lo que se ha denominado **coeficiente del estado del acuífero**, que refleja el grado de impacto que posibles efectos contaminantes causarían sobre este, teniendo en cuenta factores relacionados con la productividad de estos acuíferos, el nivel de explotación a que están sometidos, la calidad hidroquímica que presentan y la infraestructura de información hidroquímica de que se dispone para evaluar posibles modificaciones históricas en los parámetros hidroquímicos.

Este coeficiente del estado del acuífero se construye en base a otros coeficientes que responden a los factores anteriormente expuestos.

Concretando, este coeficiente de estado del acuífero -CEA-, se construiría a partir del índice de estado del acuífero -IEA- que se define en la forma siguiente:

$$IEA = A_1 * CRE + A_2 * CEXP + A_3 CIH + A_4 CCA$$

donde:

- IEA : Índice del Estado del Acuífero
- CRE : Coeficiente de REndimiento
- CEXP: Coeficiente de EXPlotación
- CIH : Coeficiente de Información Hidroquímica
- CCA : Coeficiente de CALidad hidroquímica
- A_1, \dots, A_4 : Coeficientes de peso que se establecerán en función de la importancia relativa de los distintos coeficientes en el CEA

Siendo:

$$CEA_i = \frac{IEA_i - IEA_{\min}}{IEA_{\max} - IEA_{\min}} \quad i=1,2,\dots,9$$

La valoración de los coeficientes parciales (CRE,CEXP,CIH y CCA) y del coeficiente final (CEA), se llevará a efecto de forma relativa, de manera que se obtendrán en primer lugar los índices correspondientes a cada coeficiente a partir de los datos de partida de la base de datos AGUA del ITGE, los cuales serán transformados en sus coeficientes correspondientes, cuyos valores

oscilarán entre los valores 0 a 1 (excepto el CEA, que oscila entre 0 y 10).

De forma que el valor 0 implica las peores condiciones en el conjunto de los factores tenidos en cuenta, mientras que el valor 1 indicaría las más favorables condiciones, o sea, mostraría que zona acuífera sería la más afectada en caso de producirse algún proceso contaminante.

En la comparación de estos coeficientes se puede obtener de forma sencilla, una idea estimativa válida para valorar el mayor o menor grado de impacto que procesos contaminantes tendrían en las diferentes zonas establecidas a priori, que se consideran afectadas por empresas de curtidos.

Estas zonas han sido delimitadas según octantes geológicos, para facilitar la elaboración de los datos aportados por la base de datos AGUAS del ITGE (ver figura 12).

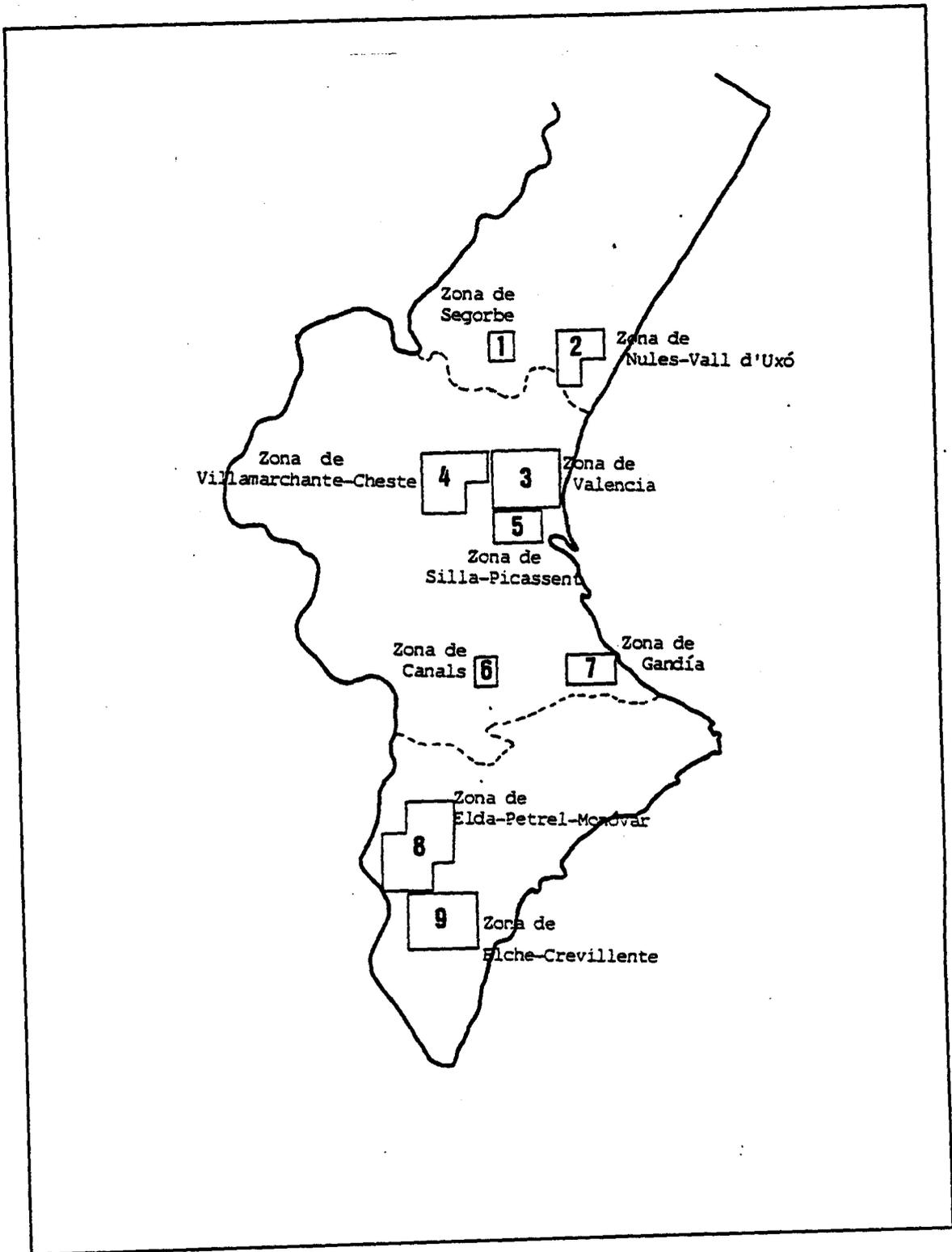


Figura 12, Distribución geográfica y delimitación de zonas potencialmente afectadas.

1.2.1 Cálculo de coeficientes

a) COEFICIENTE DE RENDIMIENTO (CRE)

Este coeficiente indica el volumen medio de explotación o rendimiento medio por captación. Está en relación a las características hidráulicas del acuífero. Se define a partir de su índice correspondiente en la forma siguiente:

$$CRE_i = \frac{IRE_i - IRE_{\min}}{IRE_{\max} - IRE_{\min}} \quad i=1,2,\dots,9$$

donde:

CRE_i : coeficiente de rendimiento para la zona i -ésima

IRE_i : índice de rendimiento para la zona i -ésima

IRE_{\min} : valor mínimo del IRE para las 9 zonas

IRE_{\max} : valor máximo del IRE para las 9 zonas

A su vez, los IRE se definen en la siguiente forma:

$$IRE_i = \frac{VCO_i \text{ (Hm}^3\text{/año)}}{N^{\circ}\text{puntos utilizados}}$$

donde:

VCO_i : volumen total estimado de agua subterránea consumido en una año en la zona acuífera i -ésima

N° puntos utilizados: número de puntos de agua en los que se aprovecha el acuífero

El volumen total de agua subterránea consumida se estima en la forma siguiente, dado que todos los puntos registrados en la base de datos del ITGE no disponen de información sobre volúmenes consumidos:

$$VCO_i = [(\sum_j VOL_j) + (\overline{VOL}_i * N_{svu})] / N_{tu}$$

donde:

VOL_j : el volumen de agua subterránea anual consumido en el punto j-ésimo de la zona i-ésima, según la información de la base de datos del ITGE

\overline{VOL}_i : mediana de los datos de volumen existentes para la zona i-ésima.

N_{svu} : número de puntos de agua sin dato de volumen donde la captación es efectiva, o sea, todos aquellos puntos sin dato de volumen consumido que no presenten el código "0" en el campo utilización del agua del AGMA

N_{tu} : número total de puntos donde la captación de aguas subterránea es efectiva, o sea, todos aquellos puntos, independientemente de si disponen o no de información sobre volúmenes de agua consumida, que no tengan el código "0" en el campo utilización del agua del AGMA.

Los valores de los índices de rendimiento y de los correspondientes coeficientes se indican en la siguiente tabla:

ZONA N°	DENOMINACION DE LA ZONA	ÍNDICE DE RENDIMIENTO	COEFICIENTE DE RENDIMIENTO
1	Segorbe	0.78	1.00
2	Nules-Vall d'Uxó	0.52	0.64
3	Valencia	0.32	0.37
4	Villamarchante-Cheste	0.09	0.05
5	Silla-Picassent	0.23	0.25
6	Canals	0.33	0.38
7	Gandfa	0.19	0.19
8	Elda-Petrel-Monóvar	0.38	0.45
9	Elche-Crevillente	0.05	0.00

Hm³/año/punto

b) COEFICIENTE DE EXPLOTACION (CEXP)

Este índice expresa la densidad de explotaciones por kilómetro cuadrado de superficie considerada. Está relacionado con el nivel de explotación que sufre el acuífero, y por tanto, con la importancia relativa del agua subterránea en dicha área.

Se define a partir de su índice correspondiente en la forma siguiente:

$$CEXP_i = \frac{IEXP_i - IEXP_{\min}}{IEXP_{\max} - IEXP_{\min}} \quad i=1,2,\dots,9$$

donde:

$CEXP_i$: coeficiente de explotación para la zona i -ésima

$IEXP_i$: índice de explotación para la zona i -ésima

$IEXP_{min}$: valor mínimo del IEXP para las 9 zonas

$IEXP_{máx}$: valor máximo del IEXP para las 9 zonas

A su vez, los IEXP se definen en la siguiente forma:

$$IEXP_i = \frac{\text{Nº de puntos existentes}}{\text{Area en Km}^2}$$

Los valores de los índices de explotación y de los correspondientes coeficientes se indican en la siguiente tabla:

ZONA N°	DENOMINACION DE LA ZONA	ÍNDICE DE EXPLOTACION	COEFICIENTE DE EXPLOTACION
1	Segorbe	5.92	0.31
2	Nules-Vall d'Uxó	10.40	0.69
3	Valencia	13.97	1.00
4	Villamarchante-Cheste	8.29	0.51
5	Silla-Picassent	11.28	0.77
6	Canals	10.24	0.68
7	Gandía	13.92	0.99
8	Elda-Petrel-Nonóvar	3.27	0.08
9	Elche-Crevillente	2.29	0.00

Puntos/Km²

c) COEFICIENTE DE INFORMACION HIDROQUIMICA (CIH)

Este índice indica la densidad de información hidroquímica por kilómetro cuadrado de superficie considerada. Con este coeficiente se pretende valorar el volumen relativo de información existente cuando se estudie la evolución histórica de los parámetros hidroquímicos, si bien se concede mayor validez a las mediciones más actualizadas, por cuanto ofrecen una más clara idea de la situación actual de la infraestructura de información hidroquímica, en las distintas zonas estudiadas.

Se define a partir de su índice correspondiente en la forma siguiente:

$$CIH_i = \frac{IIH_i - IIH_{\min}}{IIH_{\min} - IIH_{\max}} \quad i=1,2,\dots,9$$

donde:

CIH_i : coeficiente de información hidroquímica para la zona i-ésima

IHI_i : índice de información hidroquímica para la zona i-ésima

IHI_{\min} : valor mínimo del IHI para las 9 zonas

IHI_{\max} : valor máximo del IHI para las 9 zonas

A su vez, los IHI se definen en la siguiente forma:

$$IHI_i = \frac{\sum_j ND_j \left(\frac{A_j - 68}{89 - 68} \right)}{\text{Area en Km}^2}$$

donde:

ND_j : nº de datos existente para el año j-ésimo en la zona i-ésima

A_j : año j-ésimo (valores desde 68 a 89)

Los valores de los índices de información hidroquímica y de los correspondientes coeficientes se indican en la siguiente tabla:

ZONA Nº	DENOMINACION DE LA ZONA	ÍNDICE DE INFOR.HIDROQUI.	COEFICIENTE DE INFOR.HIDROQUI.
1	Segorbe	4.08	0.68
2	Nules-Vall d'Uxó	2.63	0.43
3	Valencia	5.85	0.99
4	Villamarchante-Cheste	2.65	0.43
5	Silla-Picassent	5.90	1.00
6	Canals	0.16	0.00
7	Gandía	3.77	0.63
8	Elda-Petrel-Monóvar	1.06	0.16
9	Elche-Crevillente	0.30	0.02

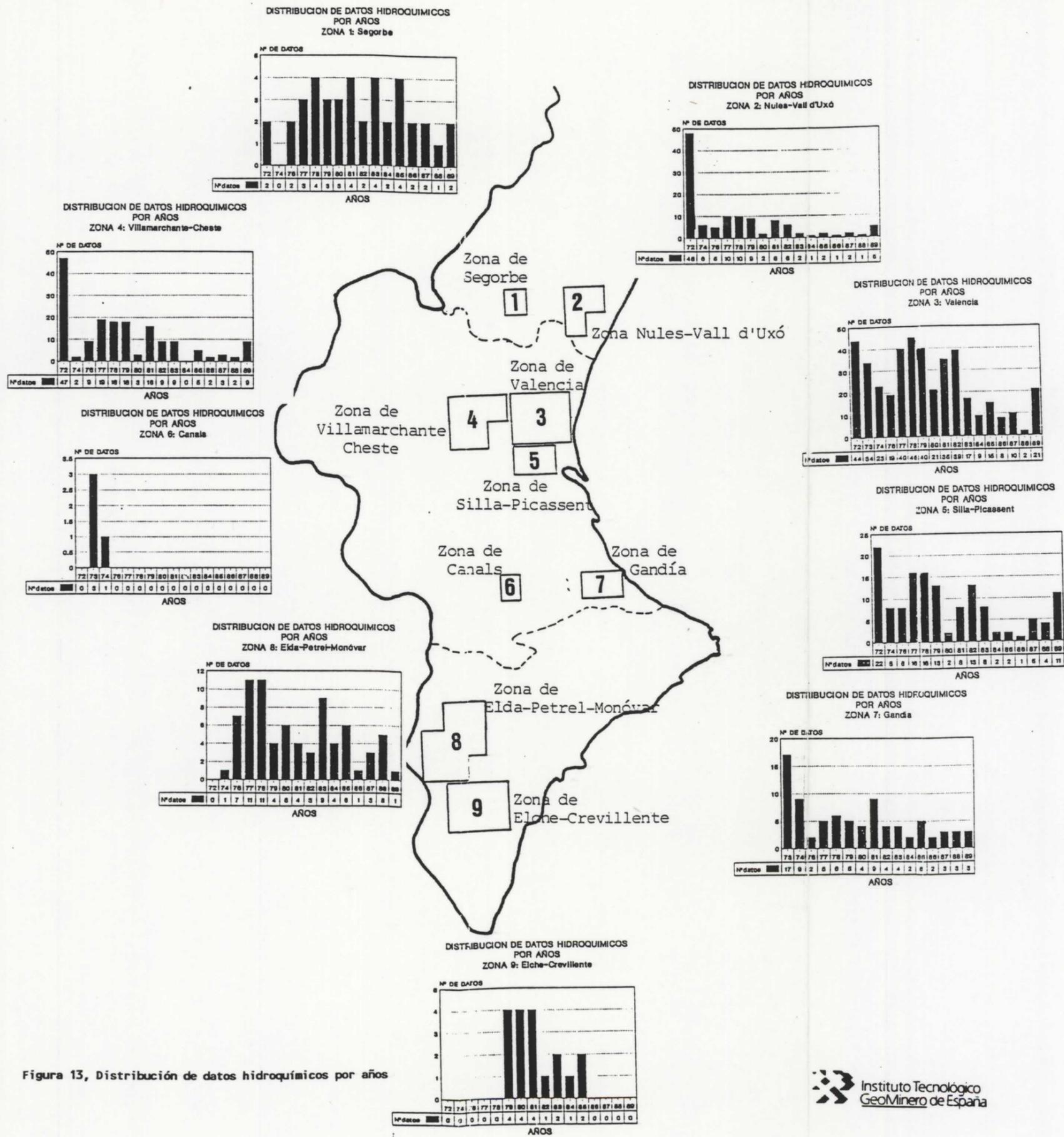


Figura 13, Distribución de datos hidroquímicos por años

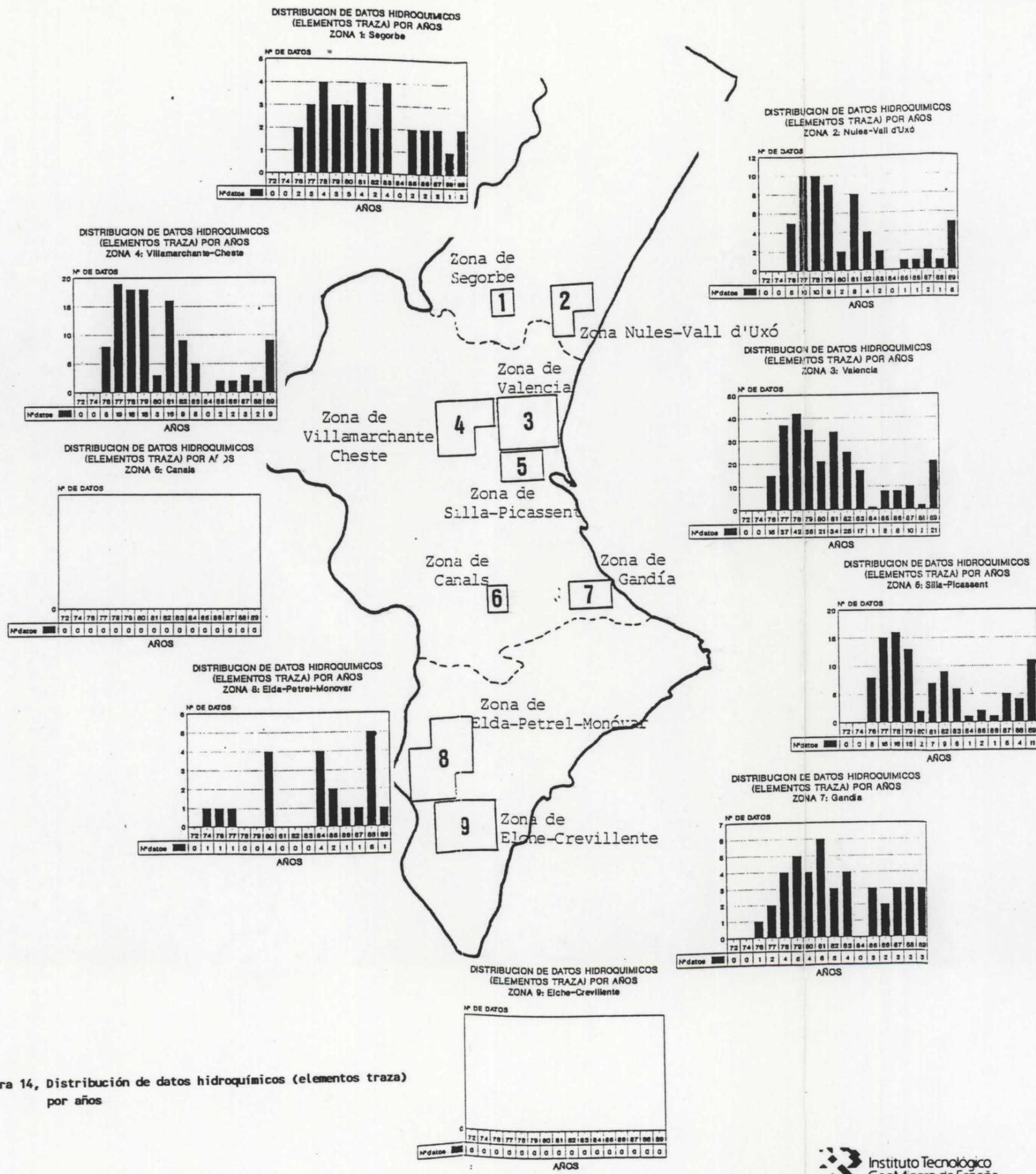


Figura 14, Distribución de datos hidroquímicos (elementos traza) por años

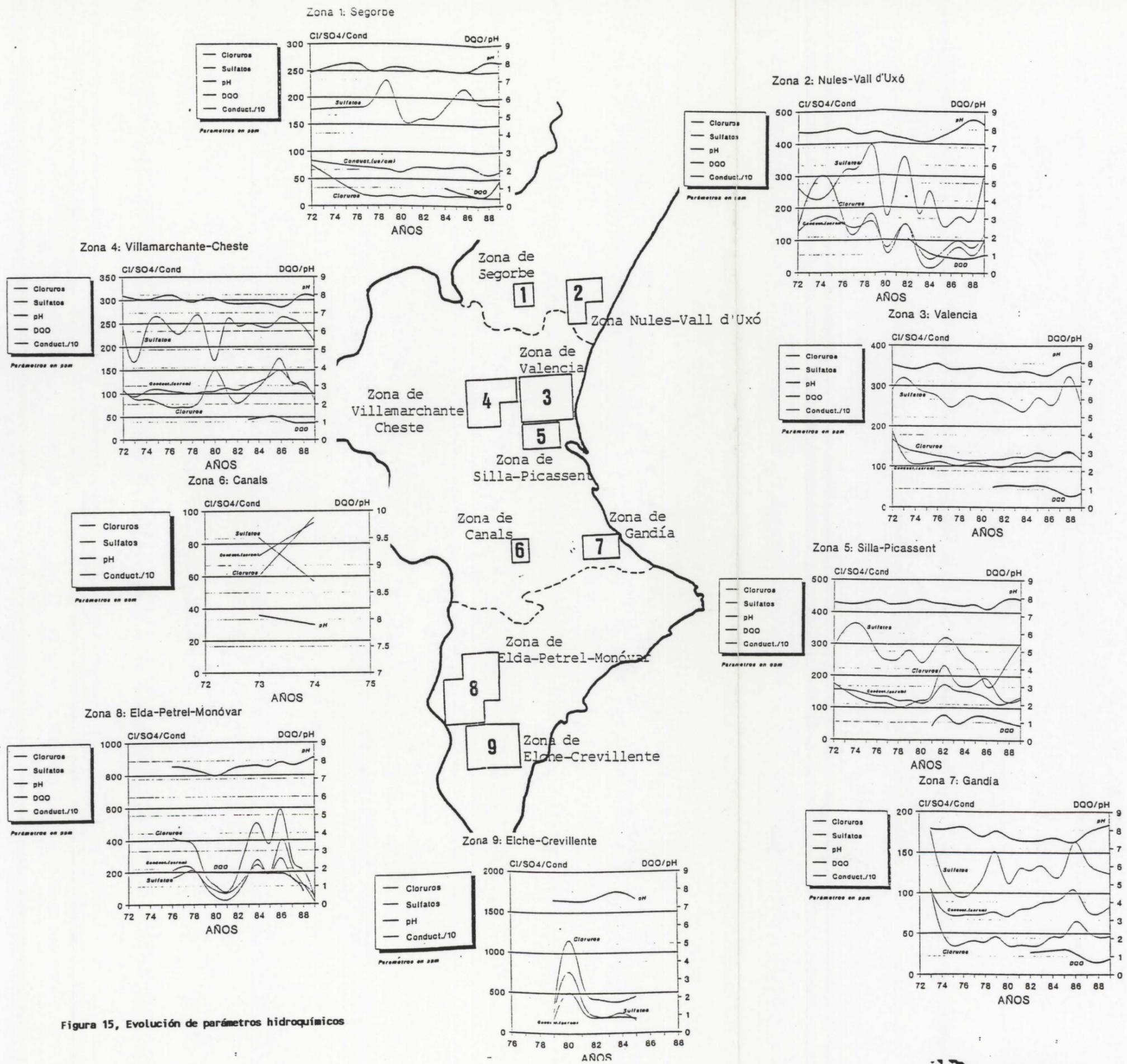


Figura 15, Evolución de parámetros hidroquímicos

d) COEFICIENTE DE CALIDAD (CCA)

Este índice expresa la calidad hidroquímica media del acuífero en la zona definida, a partir de los datos del AGAQ.

Se define a partir de su índice correspondiente en la forma siguiente:

$$CCA_i = \frac{ICA_i - ICA_{\min}}{ICA_{\max} - ICA_{\min}} \quad i=1,2,\dots,9$$

donde:

CCA_i : coeficiente de calidad hidroquímica para la zona i -ésima

ICA_i : índice de calidad hidroquímica para la zona i -ésima

ICA_{\min} : valor mínimo del ICA para las 9 zonas

ICA_{\max} : valor máximo del ICA para las 9 zonas

A su vez, los ICA se definen en la siguiente forma:

$$ICA_i = \sum_j p_j \frac{-\log V_j - (-\log V_j)_{\min}}{(-\log V_j)_{\max} - (-\log V_j)_{\min}}$$

donde:

p_j : peso concedido a la variable o parámetros hidroquímico j -ésimo en el cálculo del ICA

V_j : valor medio para la variable hidroquímica j -ésima en el conjunto de los datos, teniendo en cuenta todos los años

Las variables químicas tenidas en cuenta, y los pesos concedidos a estas han sido:

VARIABLE HIDROQUI.	PESO (%)
Cloruros	15
Sulfatos	15
Bicarbonatos	15
Nitratos	25
Residuo seco	25
DQO	5

Estos pesos están en función de posibles procesos de degradación de la calidad de los acuíferos por salinización (aporte natural de sales o intrusión marina), contaminación por nitratos o por actividad industrial -DQO-.

Los valores de los coeficientes de calidad hidroquímica se indican en la siguiente tabla:

ZONA N°	DENOMINACION DE LA ZONA	COEFICIENTE DE CALIDAD
1	Segorbe	1.00
2	Nules-Vall d'Uxó	0.07
3	Valencia	0.09
4	Villamarchante-Cheste	0.37
5	Silla-Picassent	0.00
6	Canals	0.63
7	Gandfa	0.50
8	Elda-Petrel-Monóvar	0.22
9	Elche-Crevillente	0.03

En la figura 16 aparece un diagrama con los contenidos medios en las zonas afectadas por empresas de curtidos, para los parámetros hidroquímicos considerados.

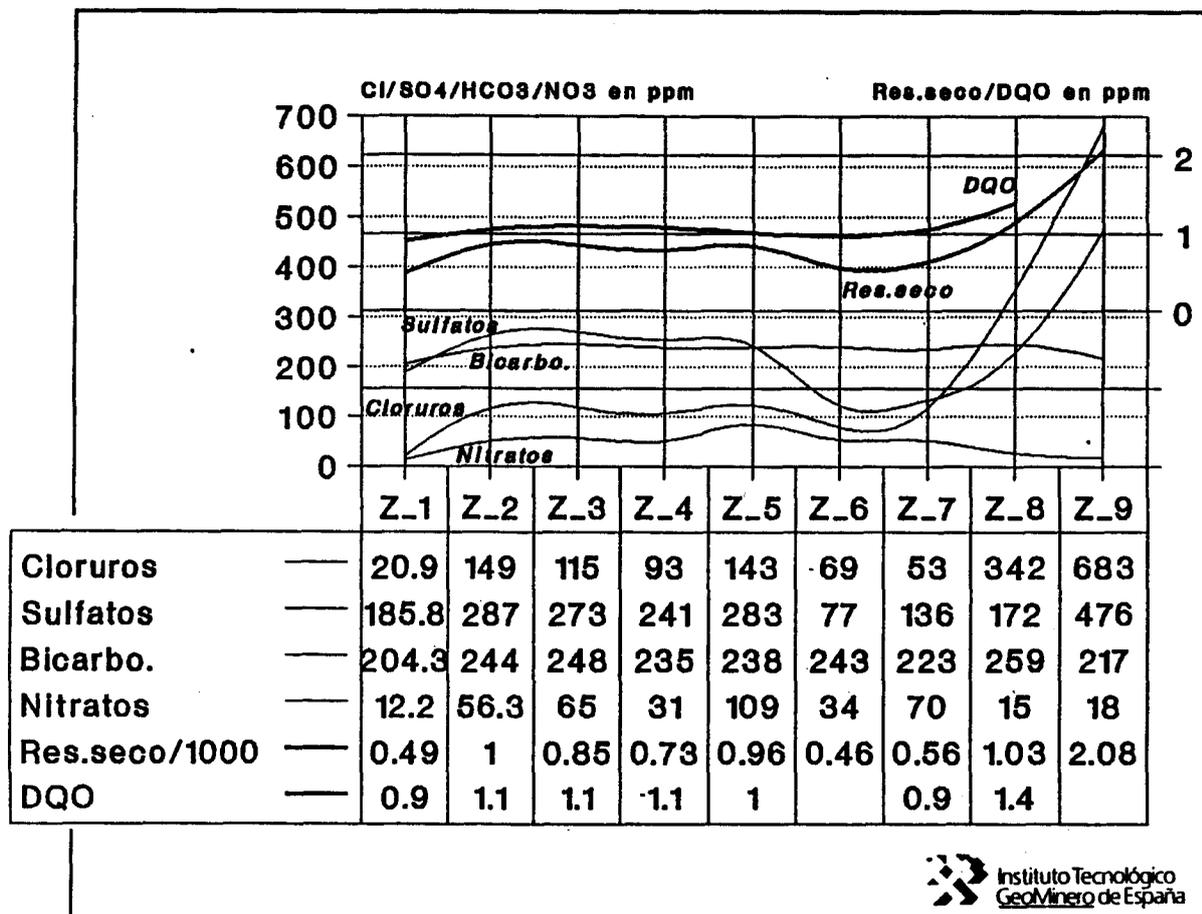


Figura 16, Contenidos medios en la zonas potencialmente afectadas por empresas de curtidos. PARAMETROS HIDROQUÍMICOS.

COEFICIENTE DEL ESTADO DEL ACUIFERO (CEA)

Este coeficiente se define a partir de su índice correspondiente en la forma siguiente:

$$CEA_i = \frac{IEA_i - IEA_{\min}}{IEA_{\max} - IEA_{\min}} \quad i=1,2,\dots,9$$

donde:

- CEA_i : coeficiente del estado del acuífero para la zona i-ésima
 IEA_i : índice del estado del acuífero para la zona i-ésima
 IEA_{min} : valor mínimo del IEA para las 9 zonas
 $IEA_{máx}$: valor máximo del IEA para las 9 zonas

A su vez, los IEA se definen en la siguiente forma:

$$IEA = A_1 * CRE + A_2 * CEXP + A_3 * CIH + A_4 * CCA$$

los pesos concedidos a cada uno de los coeficientes anteriormente explicados son los siguientes:

COEFICIENTE	PESOS
CRE	5
CEXP	5
CIH	2
CCA	7

Estos pesos vienen justificados por los siguientes puntos:

- Es el CCA el que posee más peso en el IEA, dado que un acuífero de calidad natural buena y sin procesos de degradación, presentaría un mayor impacto cualquier proceso contaminante que le afectase.
- Los CRE y CEXP, indican la bondad hidráulica del acuífero y la importancia del agua subterránea en la zona, respectivamente.
- El CIH presenta menor importancia, pues siempre estará en función del número de explotaciones existentes.

En la figura 17 se muestran los valores de estos coeficientes en un mapa de la comunidad valenciana.

Asimismo, en la figura 18 se muestran gráficamente los valores de los distintos coeficientes y el CEA para las diferentes zonas.

En la tabla siguiente se valoran cualitativamente los distintos coeficientes para las distintas zonas.

ESTADO DE LOS ACUIFEROS SOBRE LOS QUE SE INSTALAN LAS EMPRESAS DE CURTICION-COMUNIDAD VALENCIANA

GRADO DE AFECCION ANTE PROCESOS CONTAMINANTES

		ZONAS POTENCIALMENTE AFECTADAS POR EL SECTOR DE CURTIDOS								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
COEFICIENTE DE RENDIMIENTO	Elevado	X	X							
	Intermedio			X		X	X		X	
	Bajo				X			X		X
COEFICIENTE DE EXPLOTACION Densidad de explotaciones	Elevada		X	X		X	X	X		
	Intermedia	X			X					
	Escasa								X	X
COEFICIENTE DE INF. HIDROQUIM. Nº de datos hidroquímicos	Abundante	X		X		X		X		
	Suficiente		X		X					
	Escaso						X		X	X
COEFICIENTE DE CALIDAD HIDROQ Calidad de las aguas subterr.	Buena	X					X			
	Aceptable				X			X	X	
	Mala		X	X		X				X
COEFICIENTE DE ESTADO DEL ACUIFERO	Elevado	■						■		
	Importante		■	■		■	■			
Grado impacto de procesos contaminantes	Escaso				■				■	
	Nulo									■

ZONAS POTENCIALMENTE AFECTADAS

- 1: Segorbe
- 2: Nules-Vall d'Uxó
- 3: Valencia y alrededores
- 4: Villamarchante-Cheste
- 5: Silla-Picassent
- 6: Canals

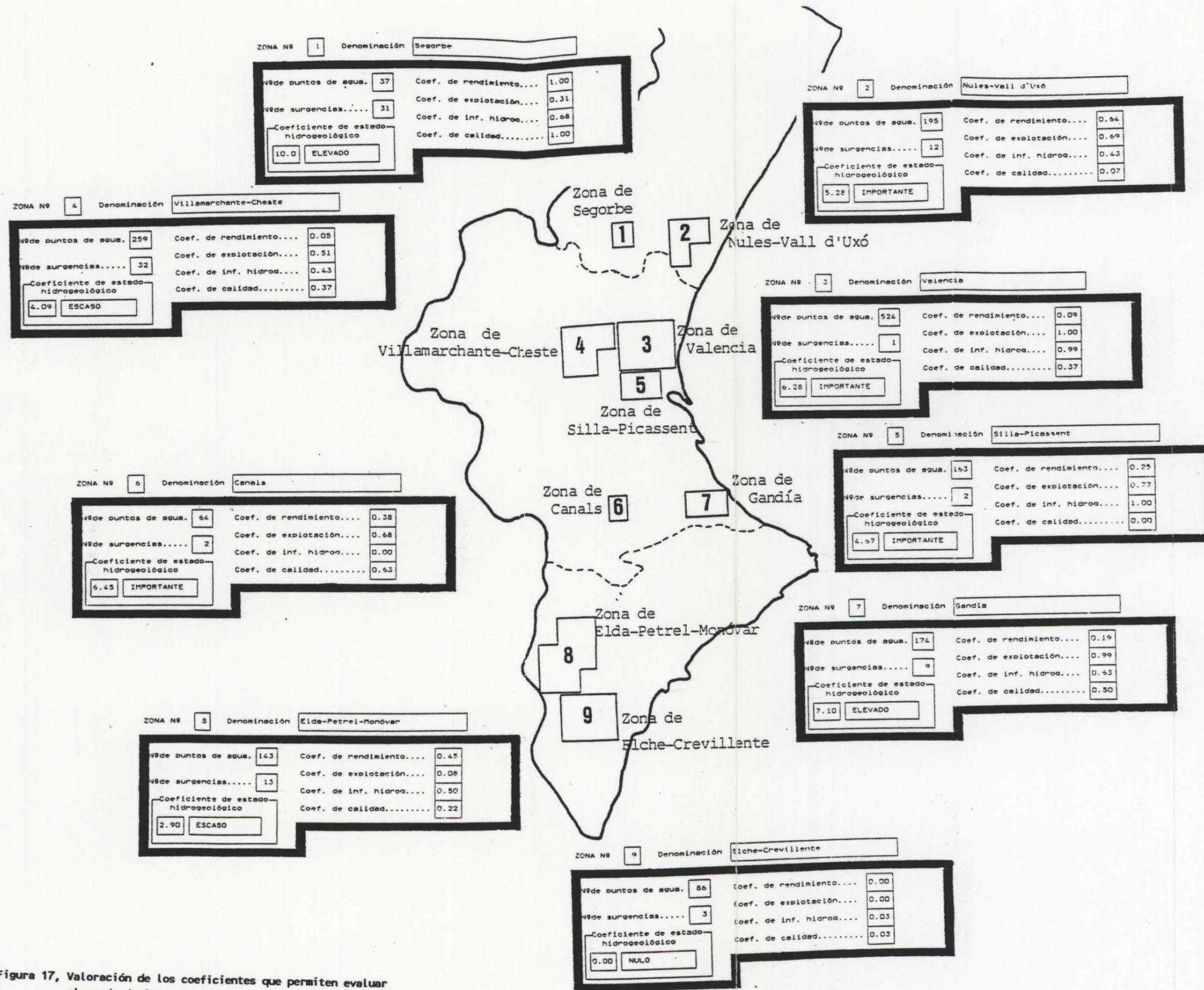


Figura 17, Valoración de los coeficientes que permiten evaluar el grado de impacto que tendrían procesos contaminantes en las áreas acuíferas potencialmente afectadas

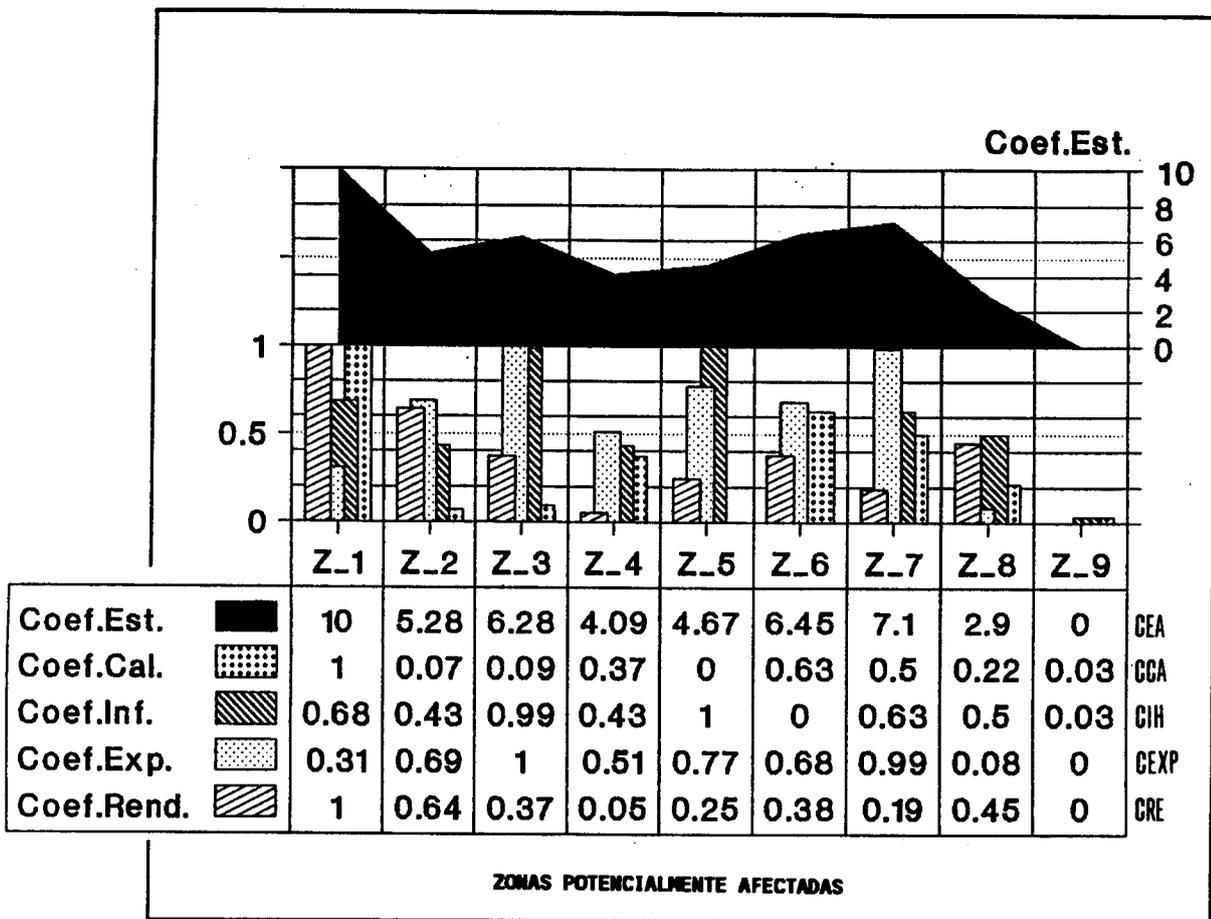


Figura 18, Valores de los coeficientes definidos en las áreas acuíferas potencialmente afectadas

1.2.2 Conclusiones

Para cada una de las zonas objeto de estudio podemos realizar los siguientes apuntes:

- * **Zona 1 (Segorbe)**, presenta el valor más elevado del coeficiente de rendimiento, lo que permite pensar en las mejores condiciones hidráulicas relativas para esta zona acuífera en relación a las restantes. Por otra parte, presenta un coeficiente de explotación intermedio, no existiendo gran número de obras subterráneas de captación (pozos, sondeos, etc.), ya que en esta zona se explota el acuífero a partir de surgencias. La densidad de datos hidroquímicos es

importante y la calidad media es buena. Estas condiciones hacen de esta zona acuífera la de mayor impacto relativo, o sea, teniendo en cuenta aspectos hidrogeológicos, sería la zona más protegible en el conjunto de los factores tenidos en cuenta.

- * **Zona 2 (Nules-Vall d'Uxó)**, esta zona presenta coeficiente de rendimiento y explotación elevados, lo que implica buenas condiciones hidráulicas y alta densidad de explotaciones, contabilizándose 12 surgencias. El volumen de datos hidroquímicos es suficiente, pero la calidad es mala. Este conjunto de condicionantes hacen que esta zona acuífera presente un **importante grado de impacto ante procesos contaminantes.**

- * **Zona 3 (Valencia)**, presenta un coeficiente de rendimiento intermedio, pero una densidad de explotación elevada (la más elevada de todas las zonas), por lo que la cantidad de datos hidroquímicos es abundante. Si bien, la calidad media es mala. En el conjunto de factores hidrogeológicos tenidos en cuenta, resulta ser una **zona con grado de impacto importante.**

- * **Zona 4 (Villamarchante-Cheste)**, presenta un coeficiente de rendimiento bajo y un coeficiente de explotación intermedio. La cantidad de datos hidroquímicos es suficiente y la calidad media aceptable. La valoración final implica un **grado escaso de impacto** para esta zona.

- * **Zona 5 (Silla-Picassent)**, presenta similares características que la zona 3, pues se encuentran geográficamente situadas en el mismo acuífero (Plana de Valencia). El coeficiente de rendimiento es intermedio, la densidad de explotación elevada, y por tanto, el número de datos hidroquímicos abundante, mientras que la calidad media es mala. El **grado de impacto es importante.**

- * **Zona 6 (Canals)**, el coeficiente de rendimiento resulta

importante, mientras la densidad de explotación es elevada, la información hidroquímica escasa (presenta un CIH nulo) y la calidad media buena, si bien los datos manejados son antiguos. En conjunto presenta un grado de impacto importante.

- * **Zona 7 (Gandía)**, el rendimiento por captación es bajo, aunque la densidad de explotación es elevada, por lo que el volumen de datos es abundante. La calidad media es aceptable. Todos estos resultados implican que esta zona presente un grado de impacto elevado ante procesos contaminantes.
- * **Zona 8 (Elda-Petrel-Monóvar)**, esta zona presenta un coeficiente de rendimiento intermedio, una densidad de explotación escasa y por tanto una cantidad de datos hidroquímicos escasa. La calidad media resulta aceptable. El conjunto de factores tenidos en cuenta permite valorar un grado de impacto escaso para esta zona.
- * **Zona 9 (Elche-Crevillente)**, esta zona es la que presenta un grado de impacto nulo en relación o comparación a las otras zonas.

Según los resultados ofrecidos por este estudio y mediante la valoración de los coeficientes que se ha denominado del estado del acuífero, se pueden establecer tres grupos o categorías de zonas:

- * **Zonas con elevado a importante impacto, estas son:**

Zona 1	Segorbe
Zona 7	Gandía
Zona 6	Canals
Zona 3	Valencia

* **Zonas con importante a escaso impacto, estas son:**

Zona 2	Nules-Vall d'Uxó
Zona 5	Silla-Picassent
Zona 4	Villamarchante-Cheste

* **Zonas con escaso o nulo impacto, estas son:**

Zona 8	Elda-Petrel-Monóvar
Zona 9	Elche-Crevillente

Esta clasificación de las zonas viene condicionada por el conjunto de procedimientos de cálculo desarrollados, y es en la detallada interpretación de estos donde se explica la razón de esta clasificación, que permite valorar como impactaría la existencia de procesos contaminantes en las zonas acuíferas definidas, afectadas, a priori, por la actividad industrial de las empresas de curtición.

2. EL CROMO EN LAS AGUAS SUBTERRANEAS

2.1 EL CROMO EN EL SISTEMA SUELO-ROCA-AGUA

La presencia de Cromo tanto en los residuos sólidos como en los efluentes líquidos procedentes de la industria del curtido, obliga a prestar una especial atención al control de este elemento en el medio ambiente en las zonas potencialmente afectadas por esta actividad industrial.

Pero no sólo es esta industria la que aporta cromo al medio físico, en la Tabla I se muestran las actividades industriales potencialmente productoras de residuos crómicos, destacando las industrias asociadas a procesos galvánicos, fabricación de herramientas y artículos acabados en metales y la curtición y acabado de cueros y pieles.

En este apartado se pretende presentar una completa, aunque resumida, información sobre como el CROMO aparece en el medio SUELO-ROCA-AGUA, bajo que condiciones ambientales este se fija al suelo o la roca, o es incorporado a las aguas subterráneas. En resumen, se presentan las condiciones que implican la movilidad del CROMO en el medio natural hidrogeológico, tratándose por separado las dos formas iónicas Cr trivalente y Cr hexavalente, ya que estas suponen condicionante obviamente diferentes.

Los residuos sólidos procedentes de la industria del curtido contienen una media del 5% de Cr_2O_3 en peso (Orgilés Barceló et al., 1990), procedente del proceso de curtición.

Tabla 1, Actividades industriales productivas de residuos crómicos

CODIGO CNAE	ACTIVIDAD	TIPO DE RESIDUO
224.9	PRODUCCION Y PRIMERA TRANSFORMACION DE MATERIALES NO FERREOS	Cromo
253.3	FABRICACION DE PINTURAS, BARNICES Y LACAS	Cromo
254	FABRICACION DE PRODUCTOS FARMACEUTICOS	Sulfato de cromo
255.5	FABRICACION DE ARTICULOS PIROTECNICOS	Dicromato amónico
313	TRATAMIENTO Y RECUBRIMIENTO DE METALES (Galvanotécnia)	Sales de cromo(VI) Sales de cromo(III)
316 316.1 316.2 316.3 316.4 316.5 316.6 316.9	FABRICACION DE HERRAMIENTAS Y ARTICULOS ACABADOS EN METALES Herramientas manuales y agrícolas Artículos de ferretería y cerrajería Tornillería y derivados Artículos metálicos de menaje Aparatos domésticos Mobiliario metálico Otros artículos	Sales de cromo(VI)
441	CURTICION Y ACABADO DE CUEROS Y PIELES	Cromo hexavalente Cromo trivalente
471	FABRICACION DE PASTA PAPELERA	Cromo

Fuente: Plan Nacional de Residuos (MOPT)

El contenido medio en cromo total de las aguas residuales de tenería se estima en 60 mg/l, variando según el proceso (Quintana,1989). En la Figura 19 se muestra la cantidad total de óxido de cromo en el baño residual por tonelada de piel en tripa.

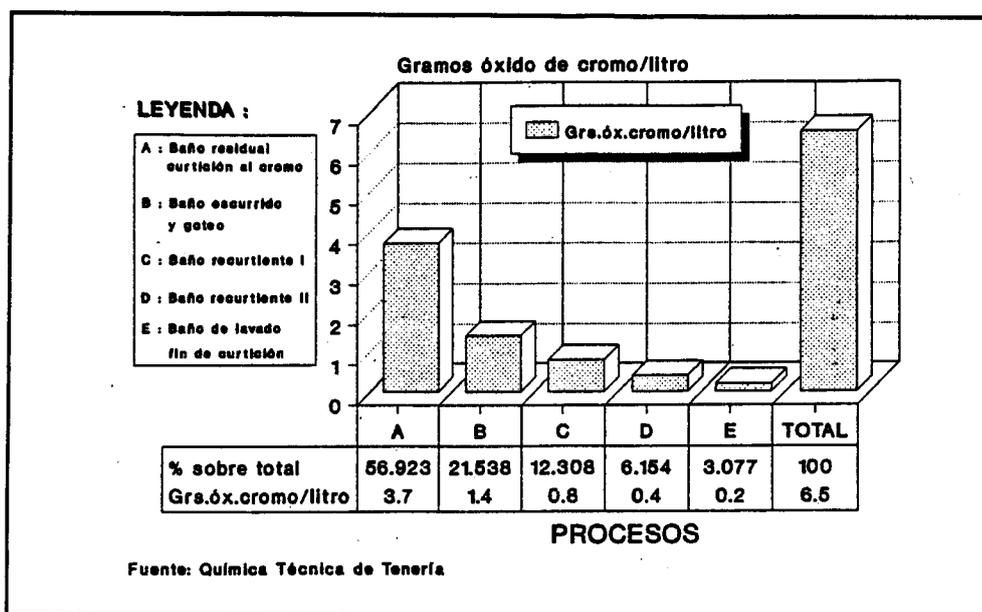


Figura 19, Contenido de Cr_2O_3 residual por tonelada de piel en tripa.

Para los residuos líquidos la Ley de Aguas 29/1985 regula que el límite de vertido para el Cr^{3+} debe estar comprendido entre 4-2 ppm y para el Cr^{6+} de 0,5-0,3 ppm. La legislación comunitaria contempla en su lista II al cromo como metal a controlar en los vertidos. Así la legislación alemana restringe los vertidos crómicos a 4 ppm. Por otro lado la U.S.EPA define un procedimiento para determinar la toxicidad de un residuo, siendo el límite de 5 ppm en el caso del Cr. Tanto la legislación comunitaria como la americana hacen referencia al cromo total, no distinguen entre estados de oxidación del metal (Quintana, 1989).

LEGISLACION	LIMITES DE VERTIDO(ppm)
Ley de Aguas	$Cr(III)$ 2-4 $Cr(VI)$ 0,3-0,5
CEE	Cr metal a controlar
EPA	$Cr(total)$ 5
Alemania	$Cr(total)$ 4

Contaminación de aguas subterráneas por CROMO

El CROMO presenta dos estados de oxidación estables en condiciones naturales: Cr^{6+} y Cr^{3+} . El cromo hexavalente es tóxico para animales y plantas, mientras que el Cr trivalente es considerado menos tóxico. Contenidos inferiores a 0,05 mg/l de cromo total son aconsejables en aguas para consumo humano, en función de los efectos tóxicos del Cr^{6+} y la posibilidad de oxidación del Cr^{3+} a Cr^{6+} .

La contaminación de las aguas subterráneas por cromo ocurre preferencialmente en acuíferos detríticos (arenas, gravas, conglomerados) o en rocas muy fracturadas y/o karstificadas, donde las velocidades de circulación subterránea son elevadas. En definitiva, la contaminación por cromo exige acuíferos muy permeables. En acuíferos menos permeables pueden ocurrir procesos de contaminación, si bien estos no se extenderán desde la fuente.

La movilidad del cromo en las aguas subterráneas depende tanto de su solubilidad como de la tendencia a ser adsorbido por los suelos o el propio soporte geológico que constituye el acuífero.

La presencia de cromo en las aguas subterráneas, bajo uno de los dos estados de oxidación, depende del potencial Redox y del pH. Así el Cr^{6+} predomina en condiciones de oxidación, mientras que el Cr^{3+} es más abundante en condiciones de reducción.

El Cr^{6+} es fuertemente hidrolizado en el agua, predominando las especies HCrO_4^- y CrO_4^{2-} , dependiendo del pH el equilibrio entre estas dos formas, así, en medio ácido predomina la especie HCrO_4^- , mientras que la CrO_4^{2-} es más abundante en condiciones de basicidad. En las aguas subterráneas (pH=6-8) el anión predominante es el CrO_4^{2-} .

Las especies predominantes del Cr^{3+} dependen del pH, para las aguas subterráneas naturales, la forma iónica predominante es el $\text{Cr}(\text{OH})_2^+$. El Cr^{3+} forma complejos con

ligandos orgánicos y con compuestos aniónicos, oxalatos, compuestos cianurados, fluoruros y sulfatos.

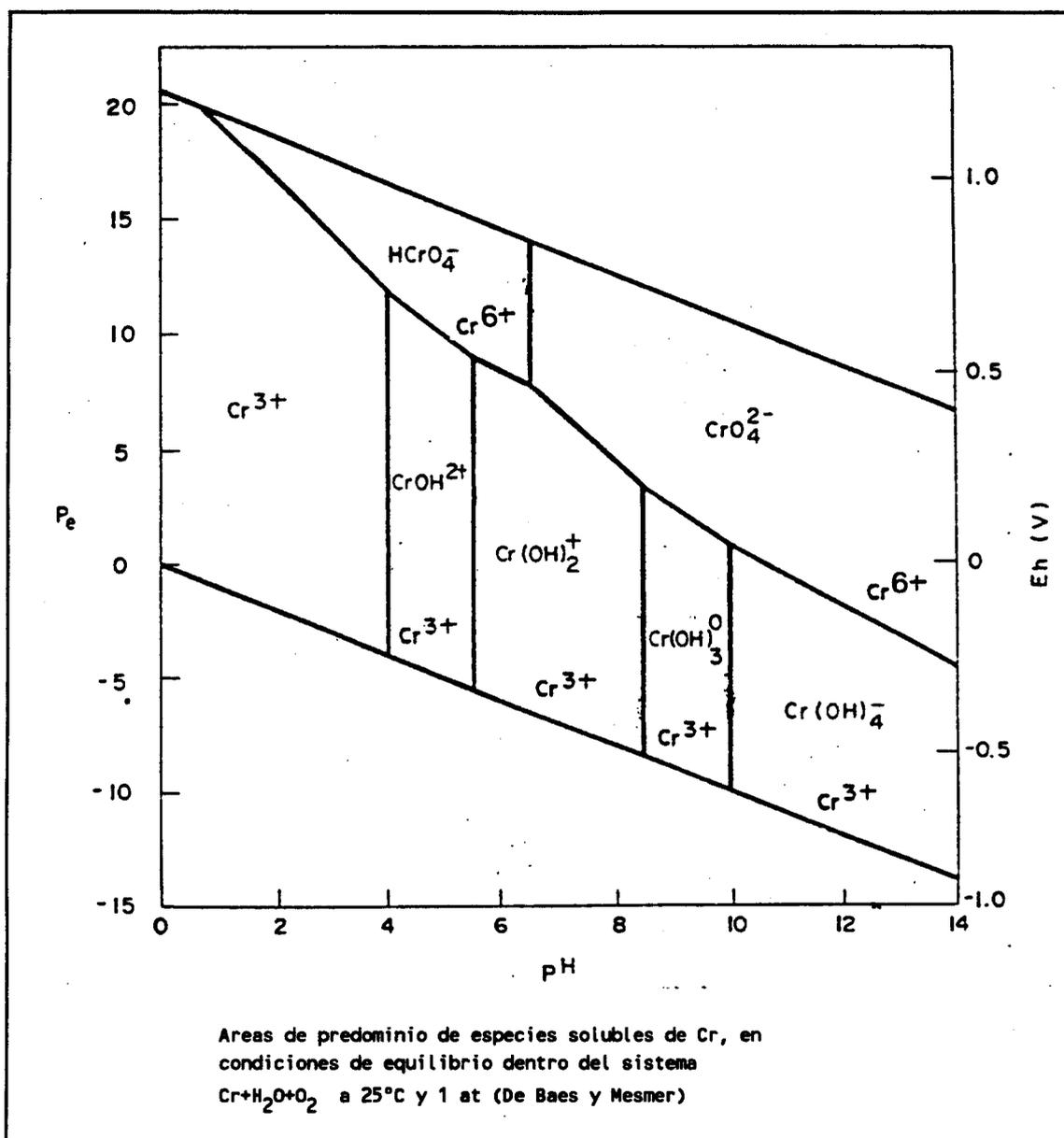


Figura 20, Diagrama pH-Eh para el CROMO

Solubilidad del CROMO

La baja solubilidad de las fases sólidas del Cr^{3+} (Cr_2O_3 y $\text{Cr}(\text{OH})_3$) en condiciones de pH superiores a 4 (en condiciones muy ácidas se muestran solubles), es la razón para explicar que esta especie constituya un pequeño porcentaje del cromo total existente en las aguas subterráneas naturales o contaminadas. El Cr^{3+} suele ser inmóvil en los sistemas acuíferos por su baja solubilidad.

Cuando el Cr^{6+} es transportado en las aguas subterráneas, puede ser transformado y precipitado como Cr^{3+} , si el penacho de contaminación alcanza una zona de condiciones reductivas, o bien por la presencia de materia orgánica en condiciones de pH ácido.

El Cr^{3+} no es transportado a grandes distancias por las aguas subterráneas en función de su escasa movilidad. Aunque este puede ser oxidado a Cr^{6+} más soluble (por ejemplo, por la presencia de Mn). O bien formar complejos orgánicos muy solubles bajo condiciones ácidas.

Adsorción del CROMO

Los fenómenos de adsorción de un contaminante por el suelo o el material geológico que constituye el acuífero, propicia un cierto retraso del contaminante con respecto al movimiento del agua subterránea.

La adsorción de Cr^{3+} en los suelos es generalmente muy alta, creciendo con el pH. Así en suelos con pH superiores a 4 el Cr^{3+} se muestra muy inmóvil, debido a la adsorción. Es probable que el Cr^{3+} se movilice en condiciones de pH superiores a 4, por constitución de complejos, disminuyendo la importancia de los fenómenos de adsorción, al crecer la solubilidad de estos complejos frente a las formas no complejas.

Las formas aniónicas -HCrO_4^- y CrO_4^{2-} del Cr^{6+} , son atraídas por superficies cargadas positivamente (presencia de óxidos e hidróxidos de Fe, Al y Mn). Por tanto, la adsorción del Cr^{6+} por suelos y el material acuífero es baja a moderada en rangos de pH naturales (pH 6-8). La adsorción del Cr^{6+} decrece con el crecimiento del pH, así, en condiciones de pH muy básico, por encima de 8,5, mínima o ninguna adsorción de Cr^{6+} se produce.

El Cr^{6+} presenta un modelo no lineal de absorción, que se puede aproximar por el modelo de Langmuir:

$$\frac{C}{S} = \frac{K_1 Q}{1 + K_1 S}$$

K_1 : constante de absorción de Langmuir

Q : máximo de adsorción dado por el gráfico de Langmuir

$\frac{C}{S}$: RATIO DE PARTICION

C : Concentración de contaminante absorbido

S : Concentración de contaminante en las aguas subterráneas

Si se considera lineal el modelo de adsorción del Cr^{6+} , se puede concluir que la movilidad en condiciones de pH menor que 7 (medio ácido) sería baja, y para condiciones ligeramente básicas (7-8,5) sería elevada, mientras que para pH mayores de 8,5 se muestra muy móvil, no sufriendo retraso respecto al flujo subterráneo.

Conclusiones

- El Cr^{6+} tiende a ser moderada a altamente móvil en acuíferos libres, con nivel piezométrico próximo a la superficie, debido a la ausencia de condicionantes de solubilidad y la baja a moderada adsorción de las formas aniónicas -CrO_4^{2-} y HCrO_4^- por óxidos e hidróxidos en zonas con aguas naturales o alcalinas. Para condiciones de pH superiores a 8,5, los fenómenos de adsorción en suelo o en el soporte geológico del acuífero no son probables que ocurran. La adsorción del

Cr^{6+} crece con la disminución del pH, pudiendo ser muy importante en aguas subterráneas ácidas ($\text{pH} < 7$).

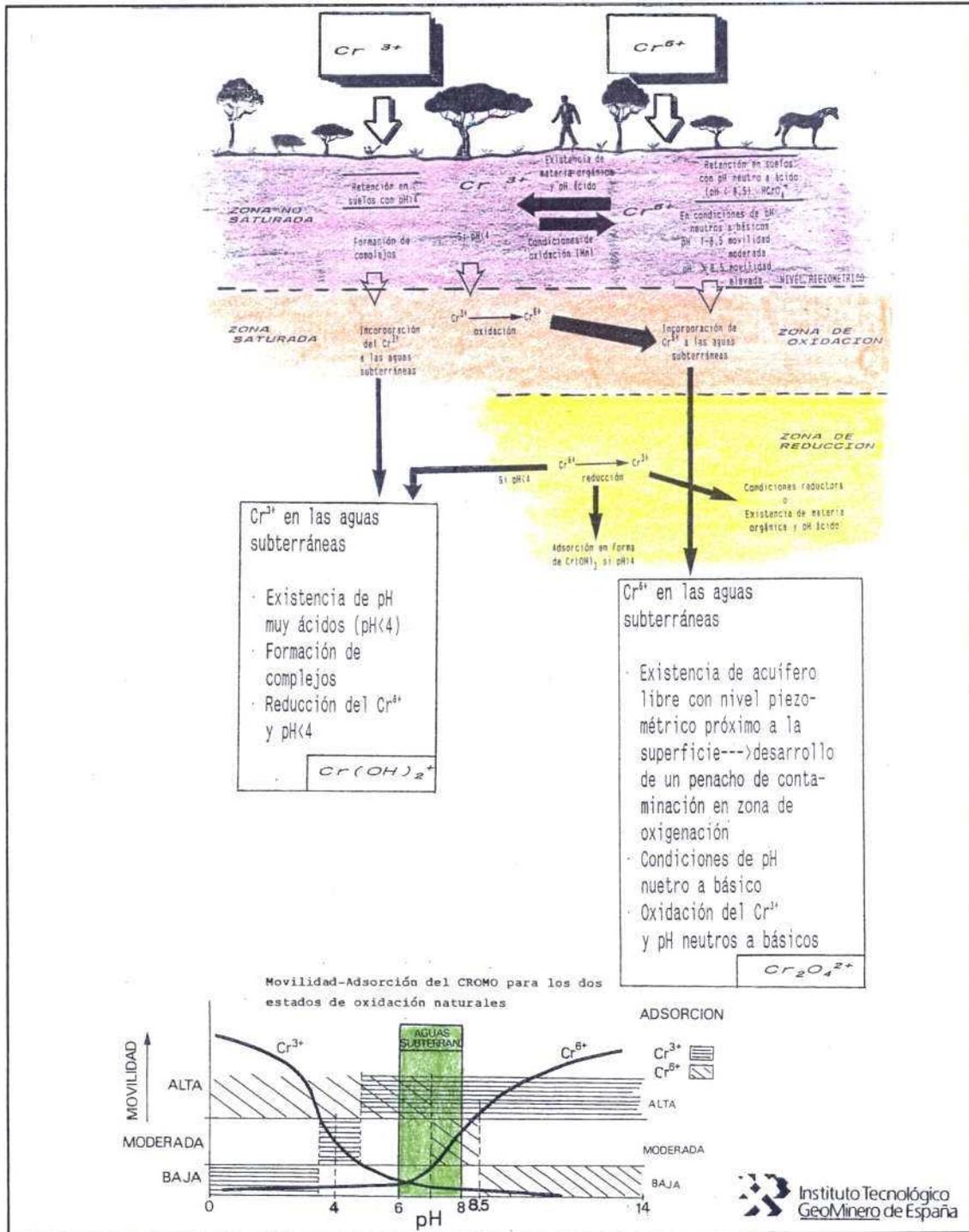


Figura 21, El CROMO en las aguas subterráneas

- La adsorción de Cr^{6+} en el suelo o la roca sigue una ley no lineal, pues la adsorción decrece con el aumento de la concentración de Cr^{6+} , es decir, el aumento en la disponibilidad de Cr^{6+} reduce la movilidad de este catión. Es también muy importante la cinética del fenómeno de adsorción, sobre todo en acuíferos muy permeables.
- El Cr^{3+} tiende a ser bastante inmóvil en las aguas subterráneas, debido a la baja solubilidad de sus compuestos en condiciones de pH superiores a 4, y por la alta adsorción del Cr^{3+} en los suelos arcillosos no ácidos ($\text{pH} > 4$). La adsorción del Cr^{3+} aumenta con el pH, si bien puede ser móvil al formar complejos con ciertos ácidos presentes en el suelo (ácidos flúvicos, oxalatos, compuestos cianurados, fluoruros y sulfatos). La presencia de ácidos húmicos propicia la retención en los suelos.
- Aproximadamente es de 30 a 300 veces mayor la adsorción de Cr^{3+} que la de Cr^{6+} , en las mismas condiciones.

2.2 ESTADO DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS EN LA COMUNIDAD VALENCIANA

A partir de los datos contenidos en la base de datos AGAQ del ITGE, se han elaborado una serie de mapas donde se intenta reflejar las distintas determinaciones efectuadas en distintos puntos de muestreo en las zonas potencialmente afectadas por la industria del curtido.

Las determinaciones efectuadas en el ITGE corresponden a $\text{ppmCr}_{\text{total}}$, sin distinguir entre estados de oxidación.

La normativa referente a la calidad de las aguas para abastecimiento urbano limita el contenido en las mismas del Cr^{6+} , como componente tóxico, a 0,05 ppm. Las aguas de manantial deben

cumplir su normativa para la comercialización, fijándose el límite máximo de cromo total en 0,05 ppm. En las aguas para riego, ante el desconocimiento actual sobre su toxicidad sobre las plantas, si bien el cromo no se reconoce como esencial, se limita el contenido máximo en 0,10 ppm (en una teórica aplicación de 10.000 m³/Ha/año). El límite máximo de contenido en cromo total para las aguas destinadas a la ganadería se fija en 1 ppm. No se imponen límites en las aguas destinadas a industria.

En resumen, aguas con contenidos en cromo superiores a 1 ppm no podrán ser utilizadas para abastecimiento, ni para agricultura, ni para ganadería.

USO DEL AGUA	LIMITES (ppm)
Humano (España)	Cr (total) 0,05
Humano (CEE)	Cr (total) 0,05
Agrícola (1)	Cr (total) 0,10
Ganadero	Cr (total) 1,00

(1) Para una aplicación teórica de

En la figura 22 se muestra la evolución de contenidos en Cromo total en las aguas subterráneas para diferentes puntos de observación.

Del conjunto de datos que existen en la base AGAQ desde el año 1976 al 1989, podemos establecer los siguientes estadísticos para el Cr en las aguas subterráneas:

**ESTADISTICOS DE CONTENIDOS EN Cr
EN LAS AGUAS SUBTERRANEAS (PERIODO 76-89)**

MEDIA	MEDIANA	DES.TIP.	MIN	MAX	Q1 (25%)	Q3 (75%)
19,34	10	30,10	0	250	2,50	27

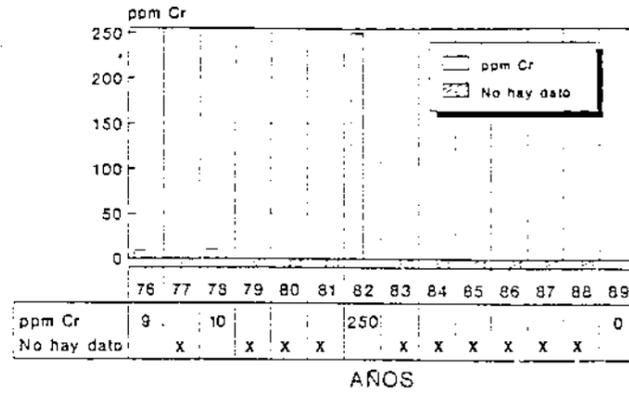
Valores en ppm de Cr_{total}

El máximo valor corresponde a una medida efectuada en diciembre del 82 en las proximidades de las localidades de Aldaia y Manises, si bien el 99% de los datos están por debajo de los 80 ppm.

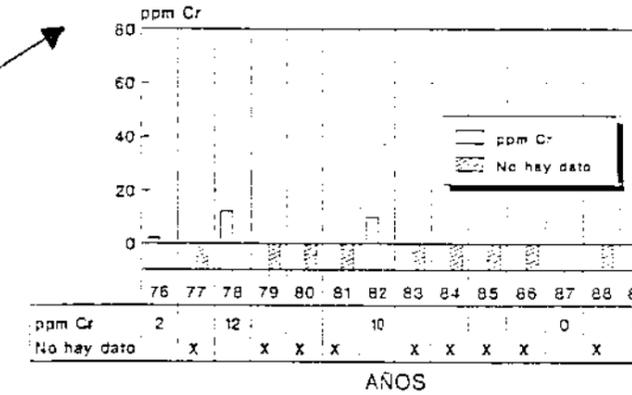
Se han ubicado geográficamente los puntos de muestreo con datos de cromo total, en los diferentes acuíferos potencialmente afectados por la industria de curtidos, indicando el rango de variación histórico detectado en el periodo 76-89 (figuras 23 a 25). En los acuíferos potencialmente afectados por el vertido de la industria del curtido en Alicante no se aparecen datos de contenidos en Cr.

En estas figuras se observa que es el acuífero de la Plana de Valencia, y en particular las áreas potencialmente afectadas por la industria del curtido, que hemos denominado Valencia (número 3) y Silla-Picassent (número 5), las más afectadas por la presencia de Cr(total) en las aguas subterráneas, si bien, esta conclusión surge de los datos actualmente existentes. Una hipotética macrocampaña de muestreo en todos los acuíferos considerados podría arrojar una información más concreta y completa.

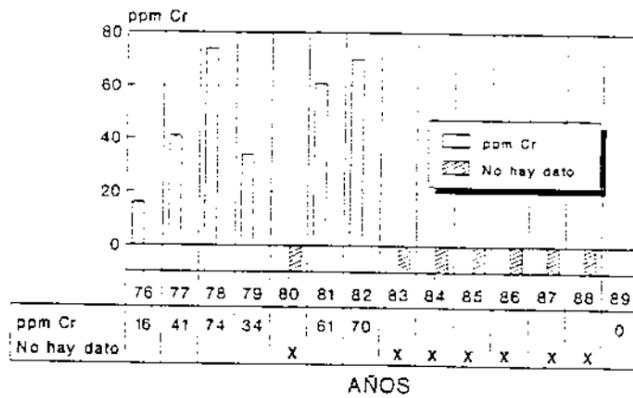
EVOLUCION DE CONTENIDOS EN CROMO EN LAS AGUAS SUBTERRANEAS PUNTO 2928/1/051



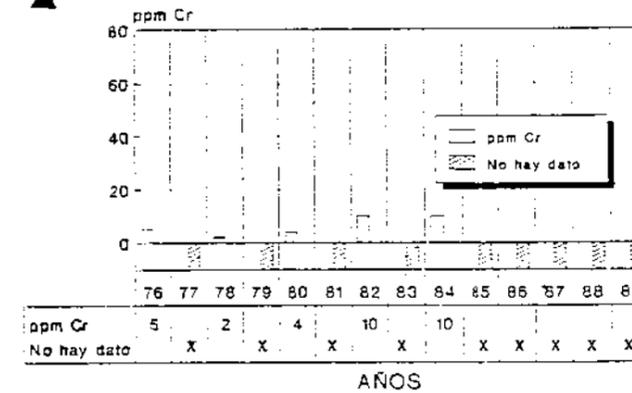
EVOLUCION DE CONTENIDOS EN CROMO EN LAS AGUAS SUBTERRANEAS PUNTO 2927/5/016



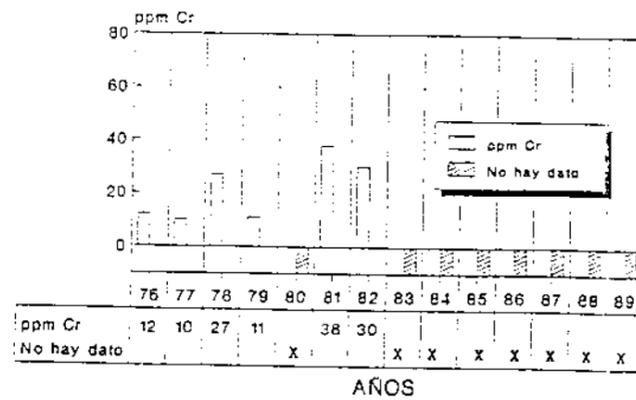
Base de datos AGUAS del ITGE
EVOLUCION DE CONTENIDOS EN CROMO EN LAS AGUAS SUBTERRANEAS PUNTO 2928/1/025



Base de datos AGUAS del ITGE
EVOLUCION DE CONTENIDOS EN CROMO EN LAS AGUAS SUBTERRANEAS PUNTO 2927/6/095



Base de datos AGUAS del ITGE
EVOLUCION DE CONTENIDOS EN CROMO EN LAS AGUAS SUBTERRANEAS PUNTO 2928/1/036



Base de datos AGUAS del ITGE
EVOLUCION DE CONTENIDOS EN CROMO EN LAS AGUAS SUBTERRANEAS PUNTO 2928/6/039

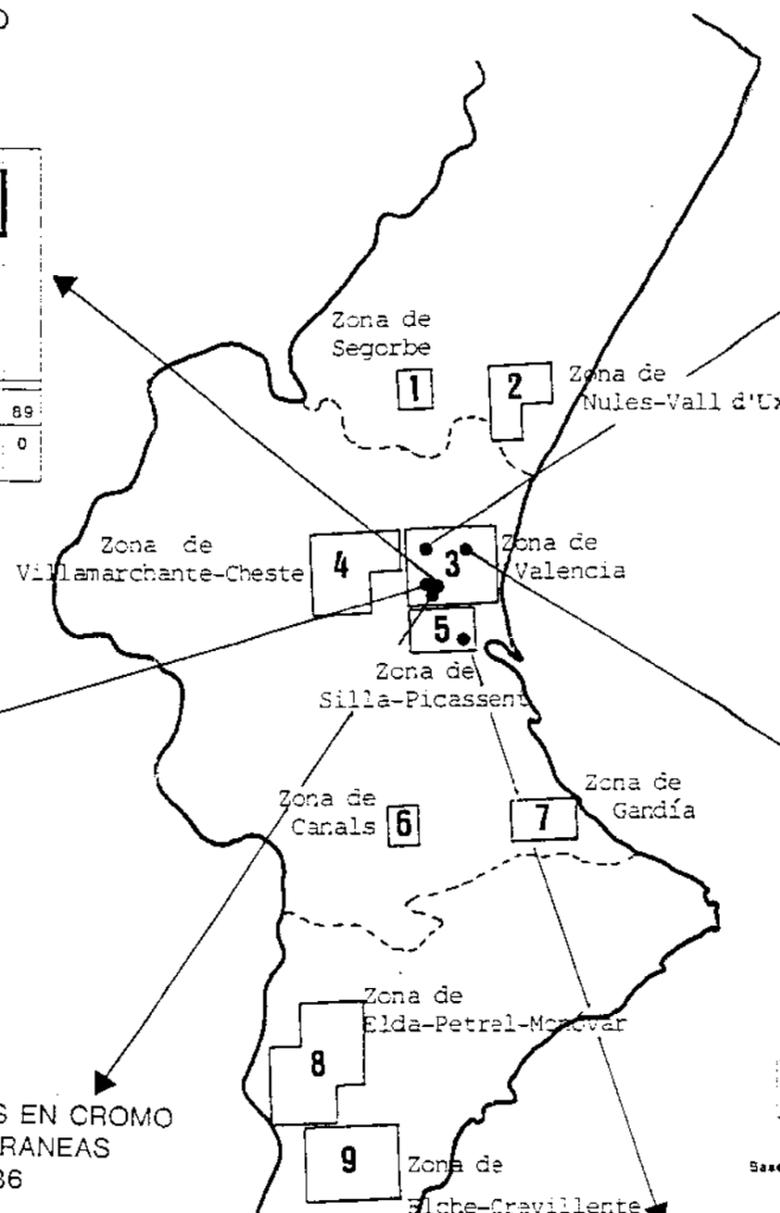
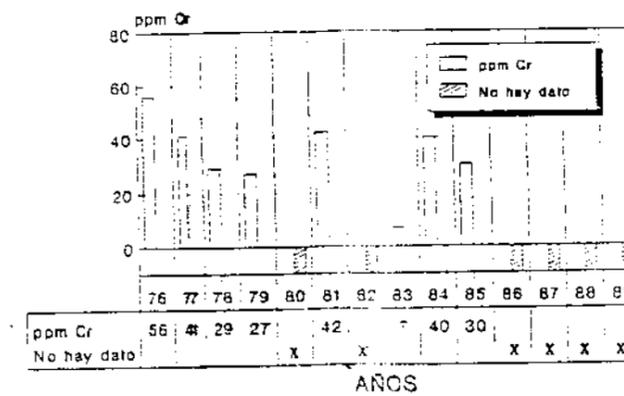


Figura 22, Evolución de contenidos en cromo en los acuíferos potencialmente afectados

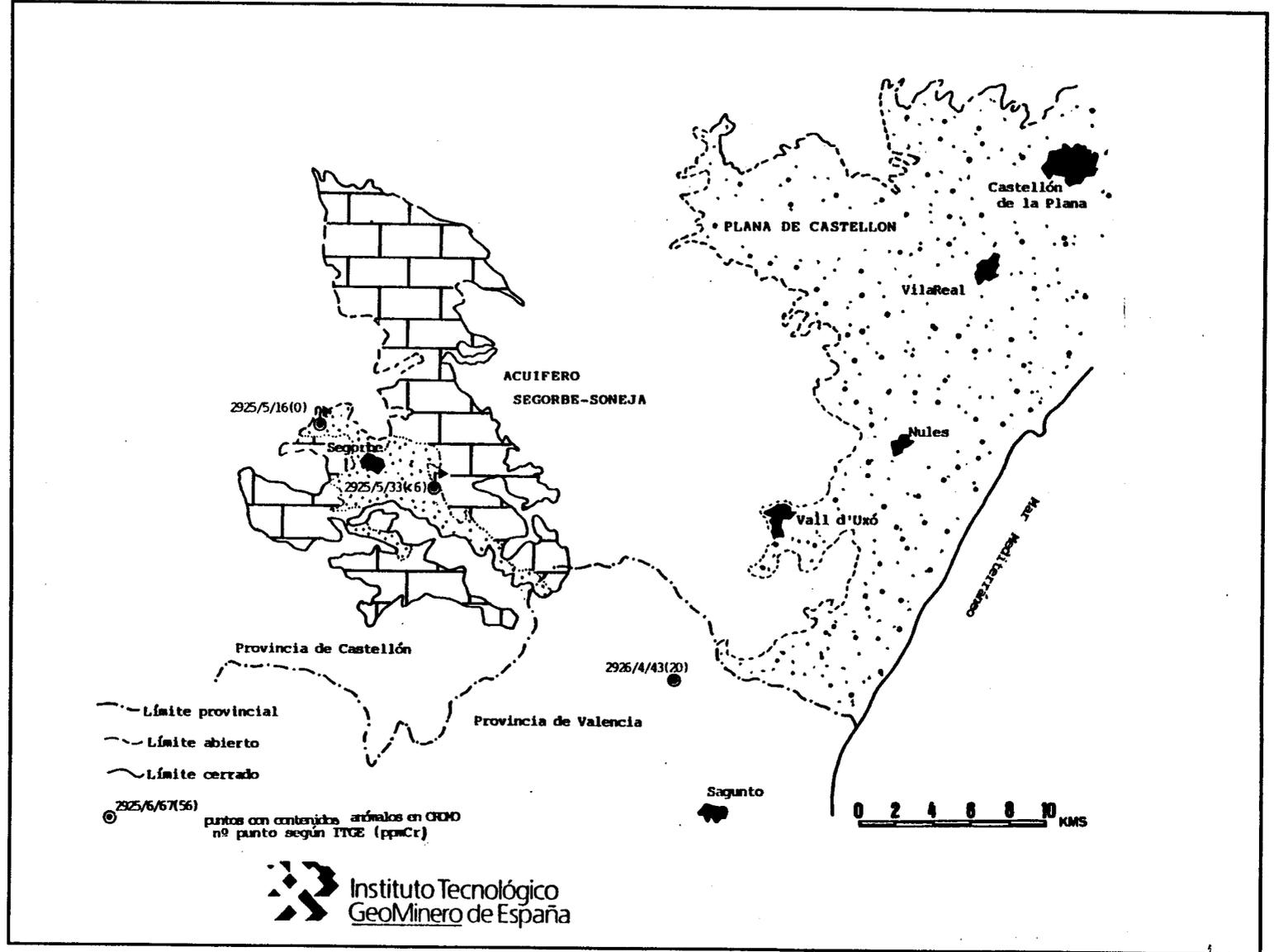
Al objeto de valorar la influencia de la industria del curtido y acabado de cueros y pieles, se ha registrado en las figuras 26 a 28 la ubicación geográfica de las actividades industriales potencialmente productoras de residuos crómicos.

En estas se observa como la mayor concentración de estas aparece en las zonas de mayores contenidos en Cr(total) en las aguas subterráneas.

Al objeto de resumir toda esta información se ha realizado la siguiente tabla:

ZONA N°	CONTENIDOS EN Cr DETECTADOS EN LAS AGUAS SUBTERRANEAS	N° DE PUNTOS AFECTADOS	EXISTE OTRA ACTIVIDAD POTENCIALMENTE PRODUCTORA DE RESIDUOS CROMICOS Y GRADO DE RIESGO DE CONTAMINACION DE ESTAS INDUSTRIAS
1	< 6	1	SI (MUY BAJO RIESGO)
2	-	0	NO
3	< 100	16	SI (MUY ALTO RIESGO)
4	< 15	1	SI (MUY BAJO RIESGO)
5	< 34	7	SI (BAJO RIESGO)
6	< 32	1	NO
7	< 32	1	SI (ALTO RIESGO)
8	-	0	NO SE HA EVALUADO
9	-	0	NO SE HA EVALUADO

Figura 25, Contenido en Cr en los acuíferos potencialmente afectados por los vertidos de la industria del curtido en Castellón.





Instituto Tecnológico
GeoMinero de España

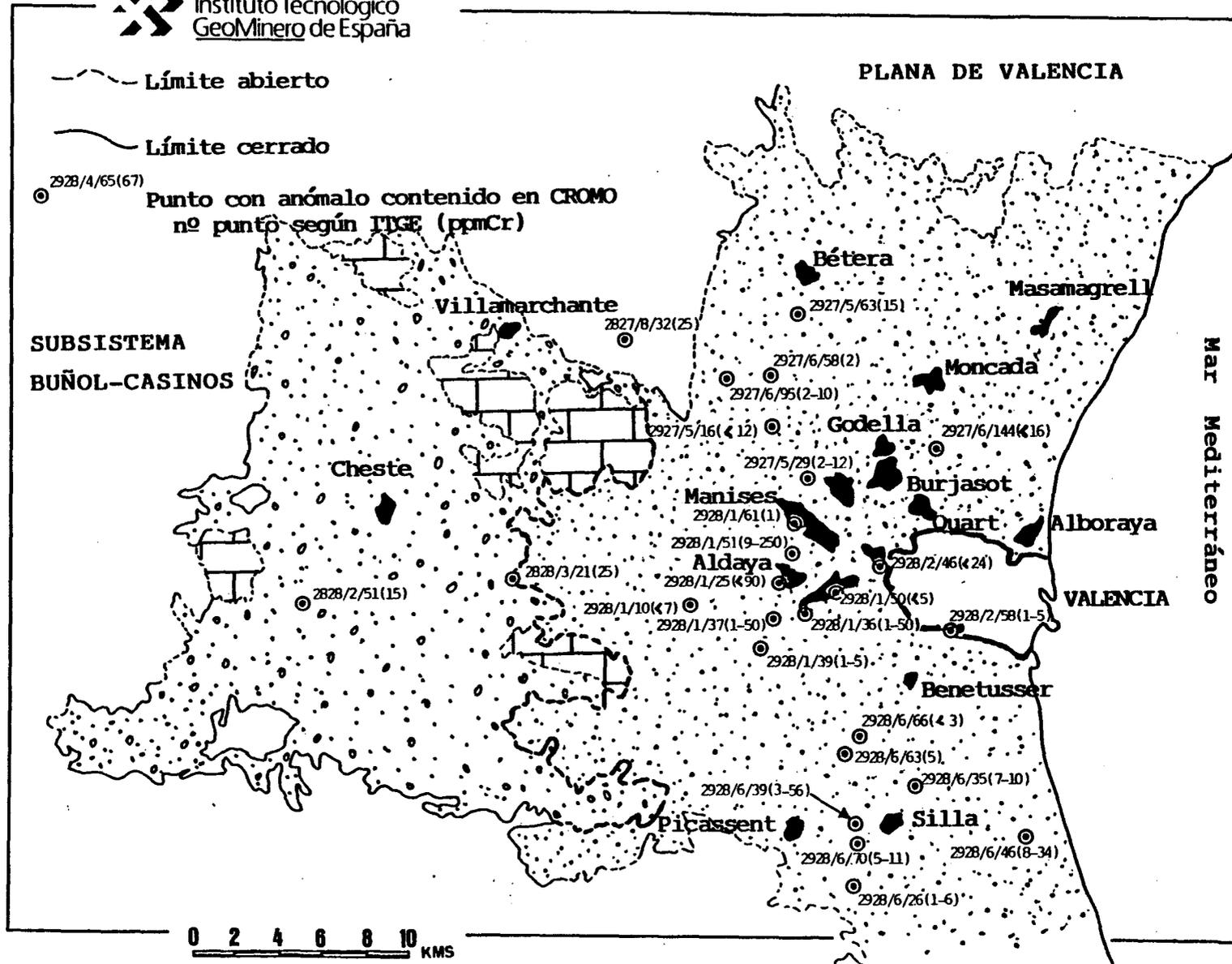
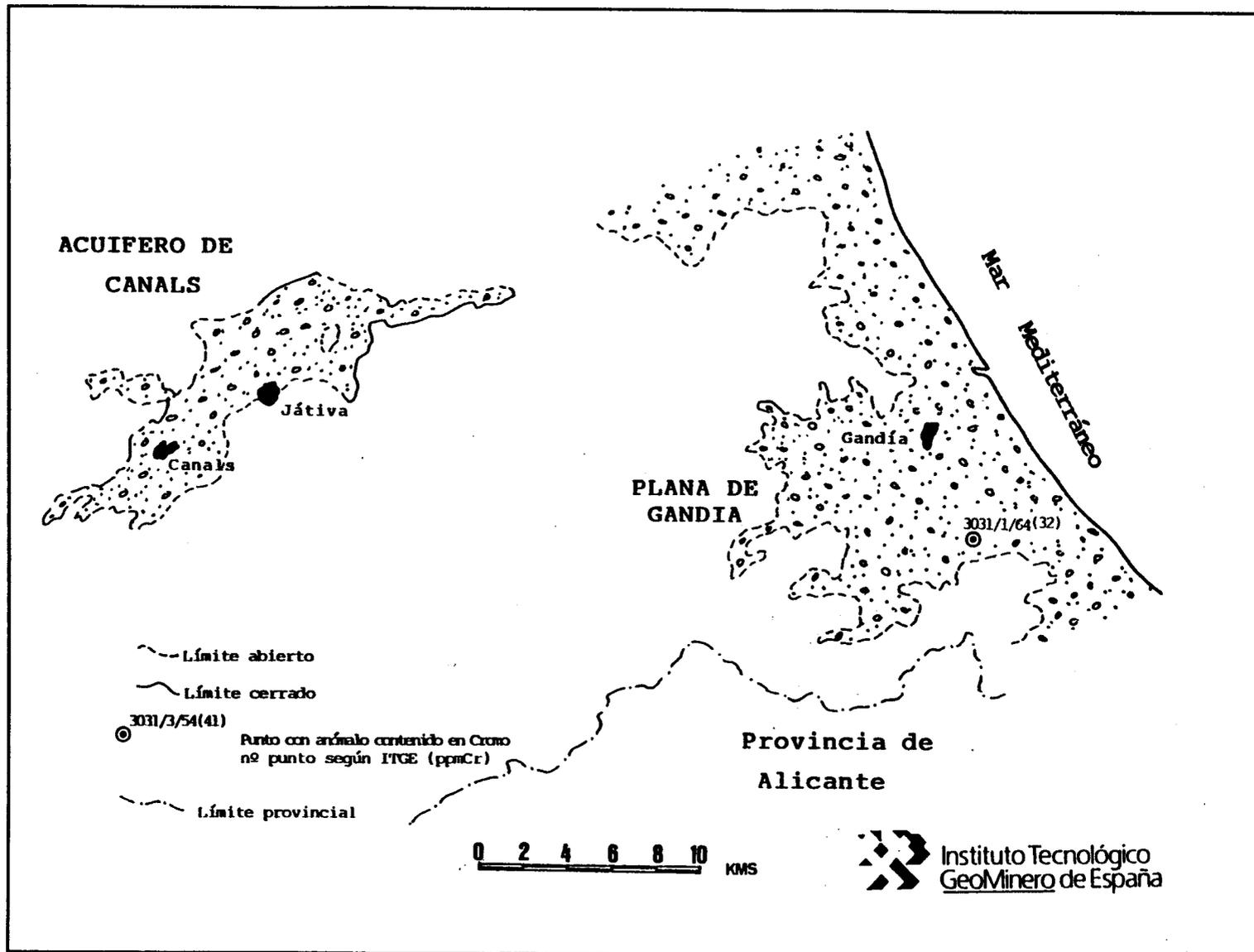


Figura 24. Contenido en Cr en los acuíferos potencialmente afectados por los vertidos de la industria del curtido en los acuíferos de la Plana de Valencia y Buñol-Casinos

Figura 25, Contenido en Cr en los acuíferos potencialmente afectados por los vertidos de la industria del curtido en los acuíferos de Canals y la Plana de Gandía



CODIGO CAE	ACTIVIDAD	TIPO DE RESIDUO	SIMBOLOS
224.9	PRODUCCION Y PRIMERA TRANSFORMACION DE MATERIALES NO FERREOS	Cromo	▼
253.3	FABRICACION DE PINTURAS, BARNICES Y LACAS	Cromo	☆
254	FABRICACION DE PRODUCTOS FARMACEUTICOS	Sulfato de cromo	●
255.5	FABRICACION DE ARTICULOS PIROTECNICOS	Dicromato amónico	▲
313	TRATAMIENTO Y RECOBRIMIENTO DE METALES (Galvanización)	Sales de cromo(VI) Sales de cromo(III)	⊙
316	FABRICACION DE HERRAMIENTAS Y ARTICULOS ACABADOS EN METALES	Sales de cromo(VI)	▲
316.1	Herramientas manuales y agrícolas		▲
316.2	Artículos de ferretería y carrojería		●
316.3	Tornillería y derivados		●
316.4	Artículos metálicos de menaje		□
316.5	Aparatos domésticos		□
316.6	Mobiliario metálico		□
316.9	Otros artículos		□
441	CURTICION Y ACABADO DE CUERO Y PIELÉS	Cromo hexavalente Cromo trivalente	☆
471	FABRICACION DE PASTA PAPELERA	Cromo	✱

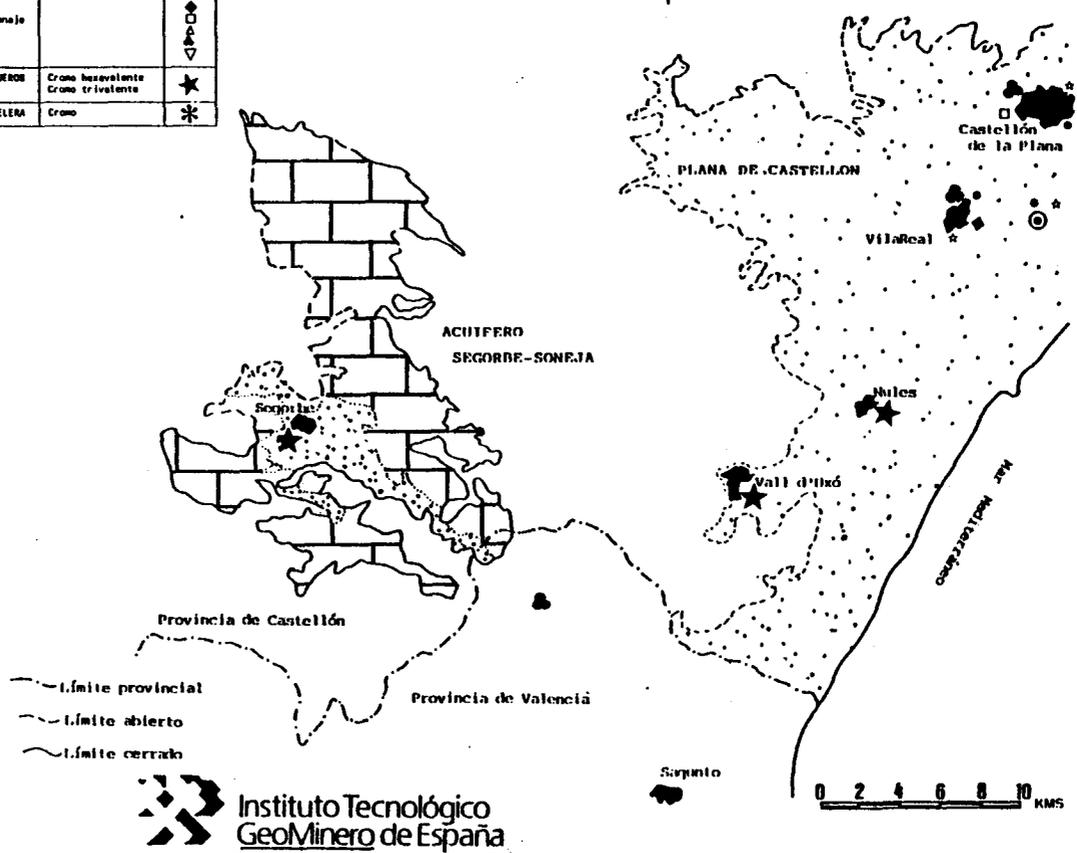
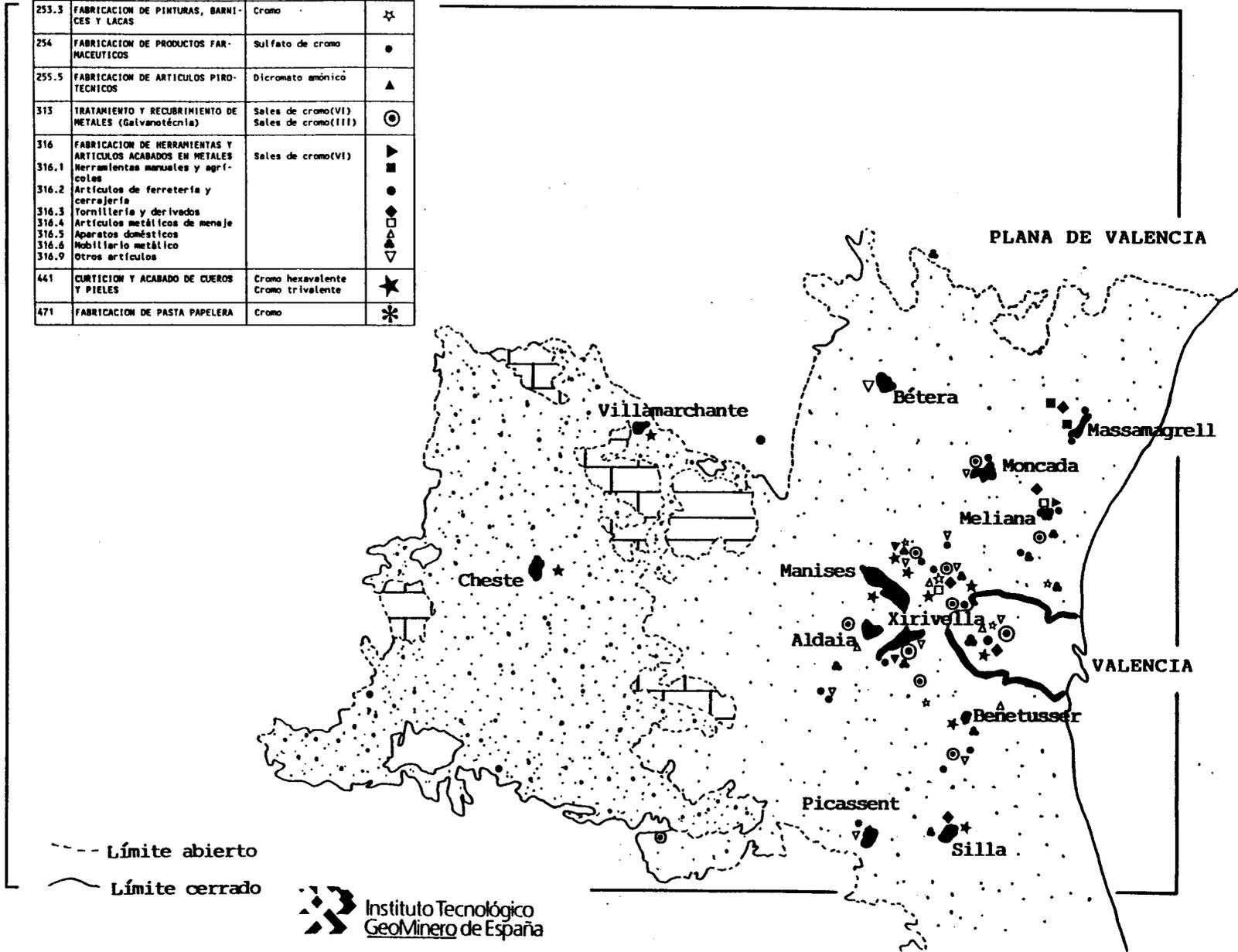


Figura 26, Actividades industriales potencialmente productoras de residuos crómicos en Castellón.

CODIGO CNAE	ACTIVIDAD	TIPO DE RESIDUO	SÍMBOLOS
224.9	PRODUCCION Y PRIMERA TRANSFORMACION DE MATERIALES NO FERREOS	Cromo	▼
253.3	FABRICACION DE PINTURAS, BARNICES Y LACAS	Cromo	☆
254	FABRICACION DE PRODUCTOS FARMACEUTICOS	Sulfato de cromo	●
255.5	FABRICACION DE ARTICULOS PIROTECNICOS	Dicromato amónico	▲
313	TRATAMIENTO Y RECURBIMIENTO DE METALES (Galvanotécnia)	Sales de cromo(VI) Sales de cromo(III)	⊙
316	FABRICACION DE HERRAMIENTAS Y ARTICULOS ACABADOS EN METALES	Sales de cromo(VI)	▼
316.1	Herramientas manuales y agrícolas		■
316.2	Artículos de ferretería y cerrajería		●
316.3	Tornillería y derivados		◊
316.4	Artículos metálicos de menaje		◻
316.5	Aparatos domésticos		▲
316.6	Mobiliario metálico		▽
316.9	Otros artículos		▽
441	CURTICION Y ACABADO DE CUEROS Y PIELS	Cromo hexavalente Cromo trivalente	★
471	FABRICACION DE PASTA PAPELERA	Cromo	*

Figura 27, Actividades industriales potencialmente productoras de residuos crómicos en los acuíferos de la Plana de Valencia y Buñol-Casinos



CODIGO CMAE	ACTIVIDAD	TIPO DE RESIDUO	SIMBOLOS
224.9	PRODUCCION Y PRIMERA TRANSFORMACION DE MATERIALES NO FERREOS	Cromo	▼
253.3	FABRICACION DE PINTURAS, BARNICES Y LACAS	Cromo	☆
254	FABRICACION DE PRODUCTOS FARMACEUTICOS	Sulfato de cromo	●
255.5	FABRICACION DE ARTICULOS PIROTECNICOS	Dicromato anódico	▲
313	TRATAMIENTO Y RECUBRIMIENTO DE METALES (Galvanotécnia)	Sales de cromo(VI) Sales de cromo(III)	⊙
316	FABRICACION DE HERRAMIENTAS Y ARTICULOS ACABADOS EN METALES	Sales de cromo(VI)	▶
316.1	Herramientas manuales y agrícolas		■
316.2	Artículos de ferretería y cerrajería		●
316.3	Tornillería y derivados		○
316.4	Artículos metálicos de menaje		◇
316.5	Aparatos domésticos		▲
316.6	Mobiliario metálico		▽
316.9	Otros artículos		◊
441	CURTICION Y ACABADO DE CUEROS Y PIELER	Cromo hexavalente Cromo trivalente	★
671	FABRICACION DE PASTA PAPELERA	Cromo	✱

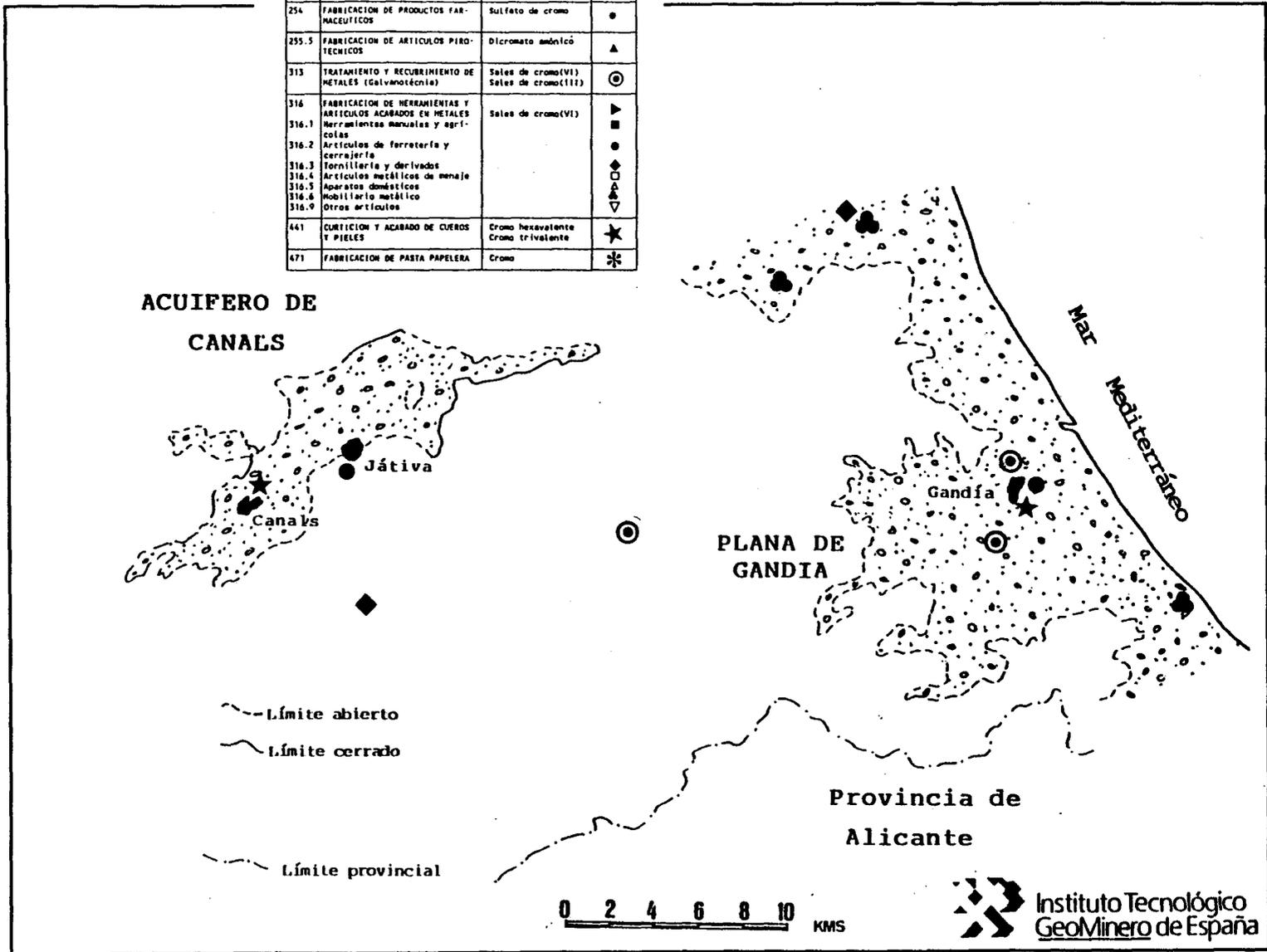
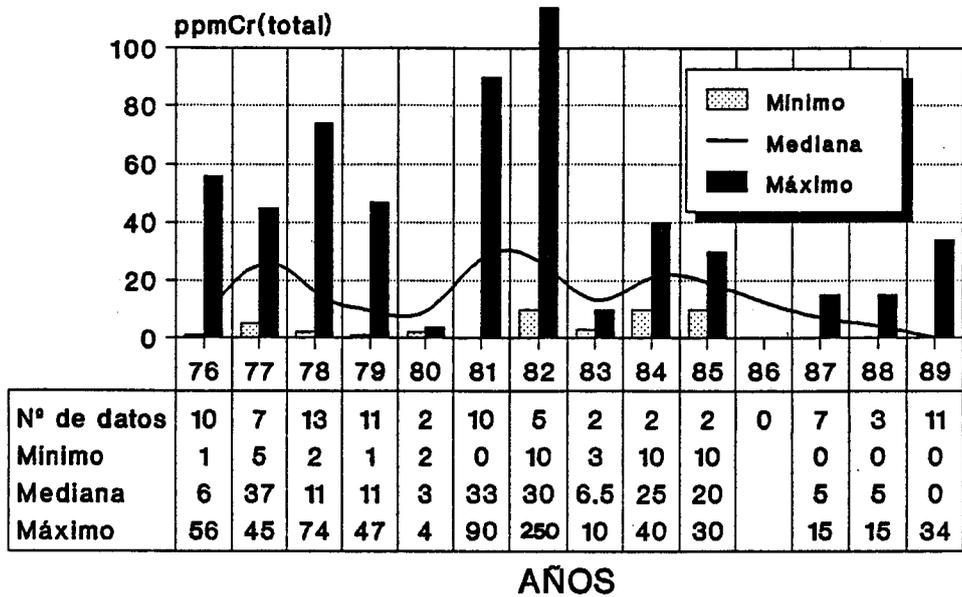


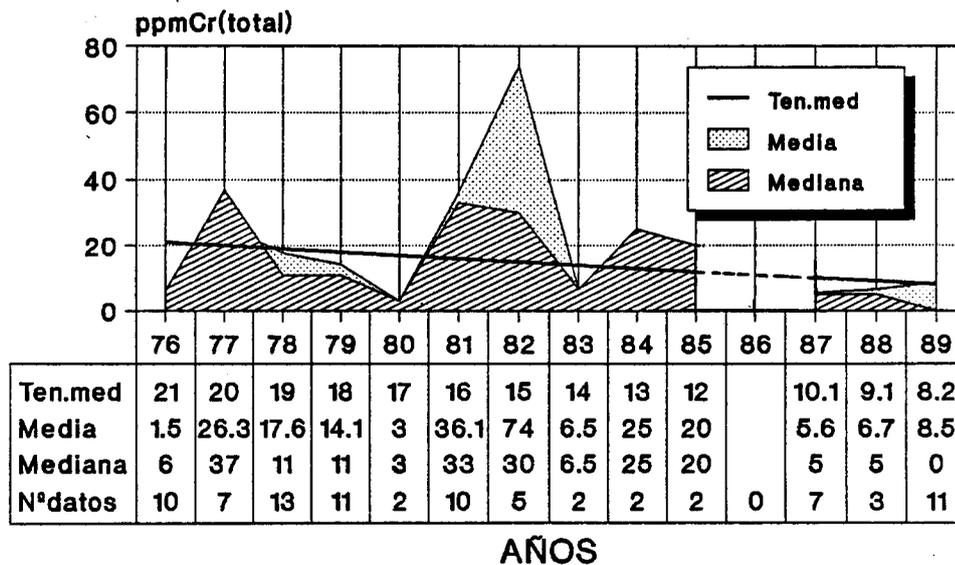
Figura 26, Actividades industriales potencialmente productoras de residuos crómicos en los acuíferos de Canals y la Plana de Gandía.

Conclusiones

- Existen limitaciones restrictivas en los contenidos en Cr tanto para los vertidos, como para las aguas destinadas a consumo humano, agrícola y ganadero.
- Presencia histórica de Cr_{total} (por encima de lo permitido por la legislación) en las aguas subterráneas, en ciertos acuíferos potencialmente afectados por la industria de la curtición y acabado de cueros y pieles.
- La existencia de gran diversidad de actividades industriales potencialmente productoras de residuos crómicos, impiden valorar de forma generalizada la "responsabilidad" de la industria de la curtición en el deterioro que sufren las aguas subterráneas por la presencia particular de Cr. Este punto será sólo demostrable mediante estudios locales y de detalle.
- Parece que los contenidos en Cr_{total} históricos en las aguas subterráneas del acuífero de la Plana de Valencia (zonas de Valencia y Silla-Picassent), han evolucionado positivamente, por término medio, según se pone de manifiesto en la figura 29.



Fuente: Base de datos del ITGE



Fuente: Base de datos del ITGE
Ten.med: Tendencia de la media

 Instituto Tecnológico
GeoMinero de España

Figura 29, Contenidos históricos de Cr_{total} en las aguas subterráneas en la Plana de Valencia (1976-89)

3. IMPACTO POTENCIAL DEL SECTOR DE CURTIDOS SOBRE LAS AGUAS SUBTERRANEAS

3.1 Vulnerabilidad de materiales geológicos aflorantes

3.1.1 Metodología empleada

La evaluación de la vulnerabilidad de los terrenos aflorantes en una determinada zona pasa por el desarrollo de una metodología de trabajo que a continuación se describe:

- El primer paso es la localización más o menos precisa de las industrias de curtidos, al objeto de definir las zonas de estudio. Ha sido por tanto necesario realizar un trabajo previo de definición de los **municipios potencialmente afectados por la actividad industrial asociada a las empresas del sector de curtición y acabado de pieles en la Comunidad Autónoma de Valencia.**
- Se ha determinado que en un radio de 5 km. alrededor de la zona donde se ubican las industrias en cada municipio, se obtiene una información suficiente sobre la geología superficial local. Se toma como documento básico el mapa geológico 1:50.000, sobre el que se superpone una plantilla cuadriculada de forma circular y radio 5 km., que sirve de referencia para el trabajo posterior.
- Para cada municipio potencialmente afectado, se realiza una ficha, en la cual además de anotar el número de hoja geológica de referencia, se indican todas la litofacies que cubre la plantilla cuadriculada, indicando el código MAGNA correspondiente. Para cada litofacies se contabiliza el número de celdillas que comprende y se anota el número total. Posteriormente cada litofacies se incluye en unos de los siguientes tipos de materiales, en función de su vulnerabilidad, y de acuerdo con la siguiente tabla se asigna un coeficiente de vulnerabilidad parcial-CVP-:

TIPOLOGIA DE MATERIAL	COEFICIENTE PARCIAL DE VULNERABILIDAD CVP
IMPERMEABLE	0
SEMIPERMEABLE	3
FISURADO	5
KARSTIFICADO	7
POROSIDAD PRIMARIA	10

Nota: El máximo valor para los materiales permeables por porosidad primaria se debe a:

- la mayor parte de las industrias se asientan sobre este tipo de materiales, y
- los vertidos líquidos suelen efectuarse a los cauces públicos, estando estos asociados a este materiales geológicos

Para cada zona considerada se calcula el valor numérico del **coeficiente de vulnerabilidad**, según la siguiente expresión:

$$CV = \frac{\sum_{j=1}^k S_j CVP_j}{S_t} = \frac{\sum_j 0.25 n_j CVP_j}{0.25 n_t}$$

donde:

- k : número de tipologías de materiales diferentes existentes en el área considerada
- CV : coeficiente de vulnerabilidad
- CVP_j: coeficiente de vulnerabilidad parcial para la litofacies j-ésima
- S_j : superficie aflorante para la litofacies j-ésima
- S_t : superficie total considerada (circulo de 5 km. de radio = 78,54 km²)
- n_j : número de celdillas correspondientes a la litofacies j-ésima
- n_t : número total de celdillas.

La plantilla está dividida en celdillas de 0.25 km² cada una.

3.1.2 Coeficientes de vulnerabilidad por municipios

En la tabla II se ofrece un listado de municipio, con su código INE, y el coeficiente de vulnerabilidad calculado.

Con este trabajo podemos obtener para cada municipio potencialmente afectado, y en un radio de 5 km., el coeficiente de vulnerabilidad, que oscilará entre 1 y 10. Con todos los datos, y para poder evaluar el grado de vulnerabilidad, se procede a realizar un histograma. Se toman intervalos de 0.5 unidades de CV. Teniendo en cuenta este histograma se pueden definir 4 grados de vulnerabilidad, que se han denominado: **ALTO**, **MEDIO**, **ESCASO** y **NULO**, que se definen en base a los siguientes valores límite de coeficiente de vulnerabilidad:

GRADO DE VULNERABILIDAD	COEF. DE VULNERABILIDAD	
	MINIMO	MAXIMO
ALTO	6.75	10.00
MEDIO	3.75	6.75
ESCASO	1.25	3.75
NULO	0.00	1.25

Los resultados de este estudio de vulnerabilidad se reflejan en las figuras 31 a 33, para las tres provincias de la Comunidad Autónoma de Valencia.

Puede ocurrir que zonas que presentan solape en sus radios de influencias, presentan grados de vulnerabilidad diferente, circunstancia que se ha querido reflejar en el mapa, y que ocurre por la existencia de un contacto de dos dominios geológicos diferentes en ese área.

TERMINO MUNICIPAL	COEF. VULN.		
03290	8.9	46231	2.6
03320	9.2	46234	2.7
03250	6.4	46405	2.7
03435	5.7	46243	7.0
03510	6.0	46327	1.8
03515	7.7	46393	6.3
03600	6.2	46477	1.5
12385	3.4	46306	1.5
12395	1.1	46507	1.5
12505	4.9	46492	0.5
12610	5.2	46513	1.8
12660	2.6	46549	6.2
46015	1.5	46570	3.2
46063	1.5	46582	3.7
46039	1.8	46639	3.2
46087	2.3	46642	4.4
46162	0.7	46660	2.3
		46690	0.2
		46001	2.7
		46768	4.2
		46330	2.2

Tabla II, Listado de los valores de coeficientes de vulnerabilidad, para los municipios potencialmente afectados por industrias de curtidos.

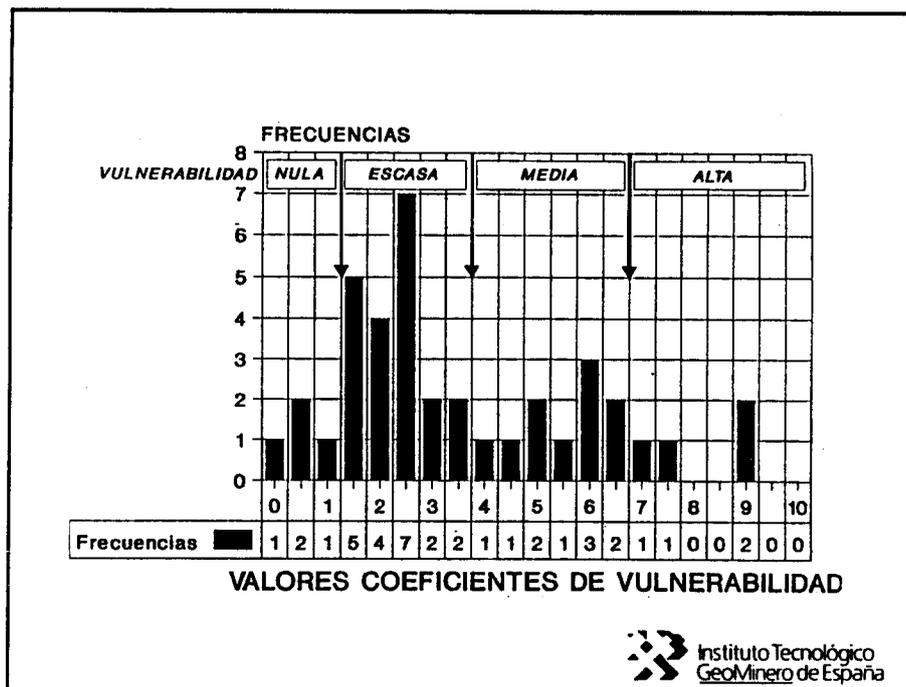


Figura 30, Histograma coeficientes de vulnerabilidad.

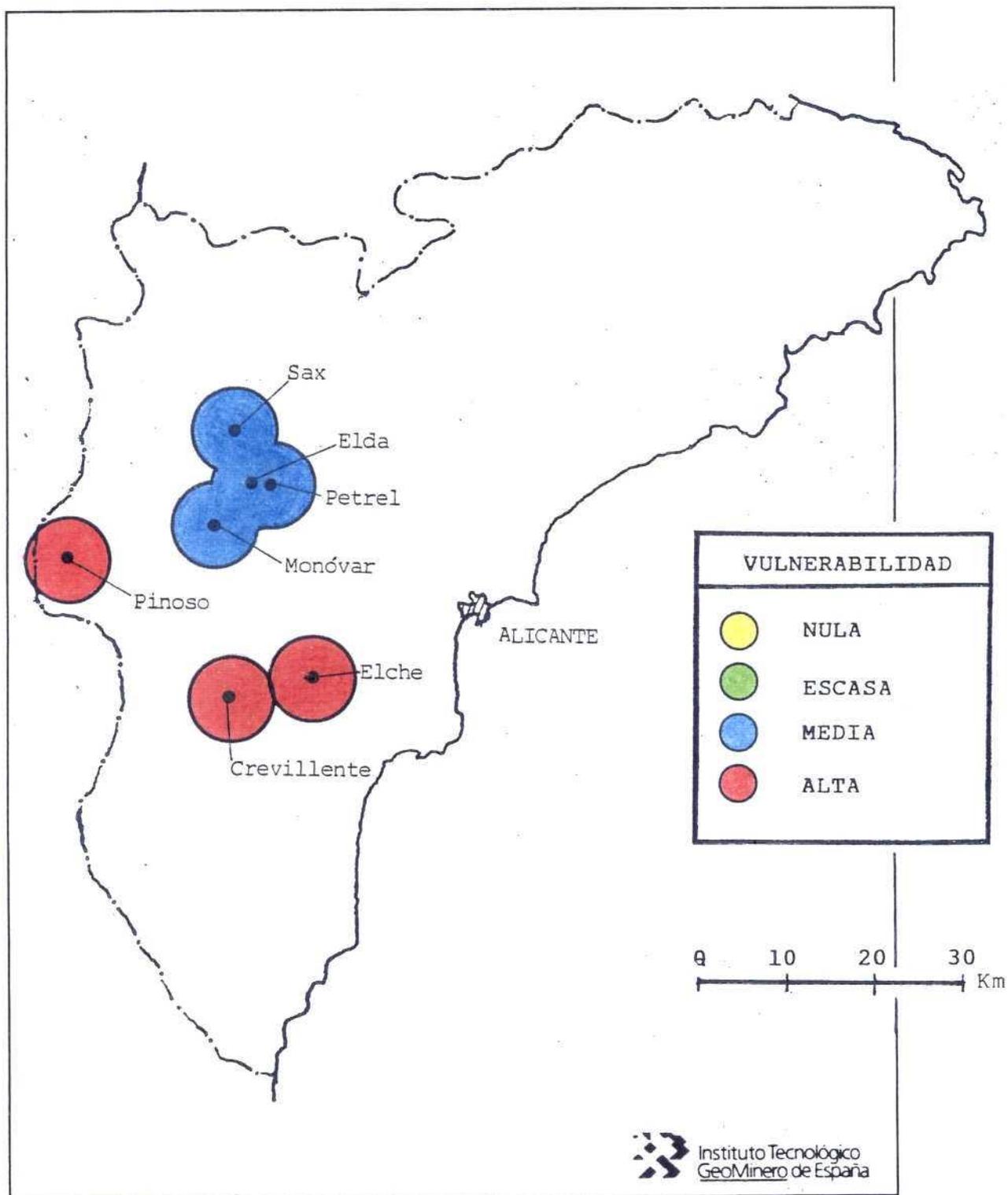


Figura 31, Vulnerabilidad de zonas próximas a los municipios donde existen industrias de curtidos. Provincia de Alicante

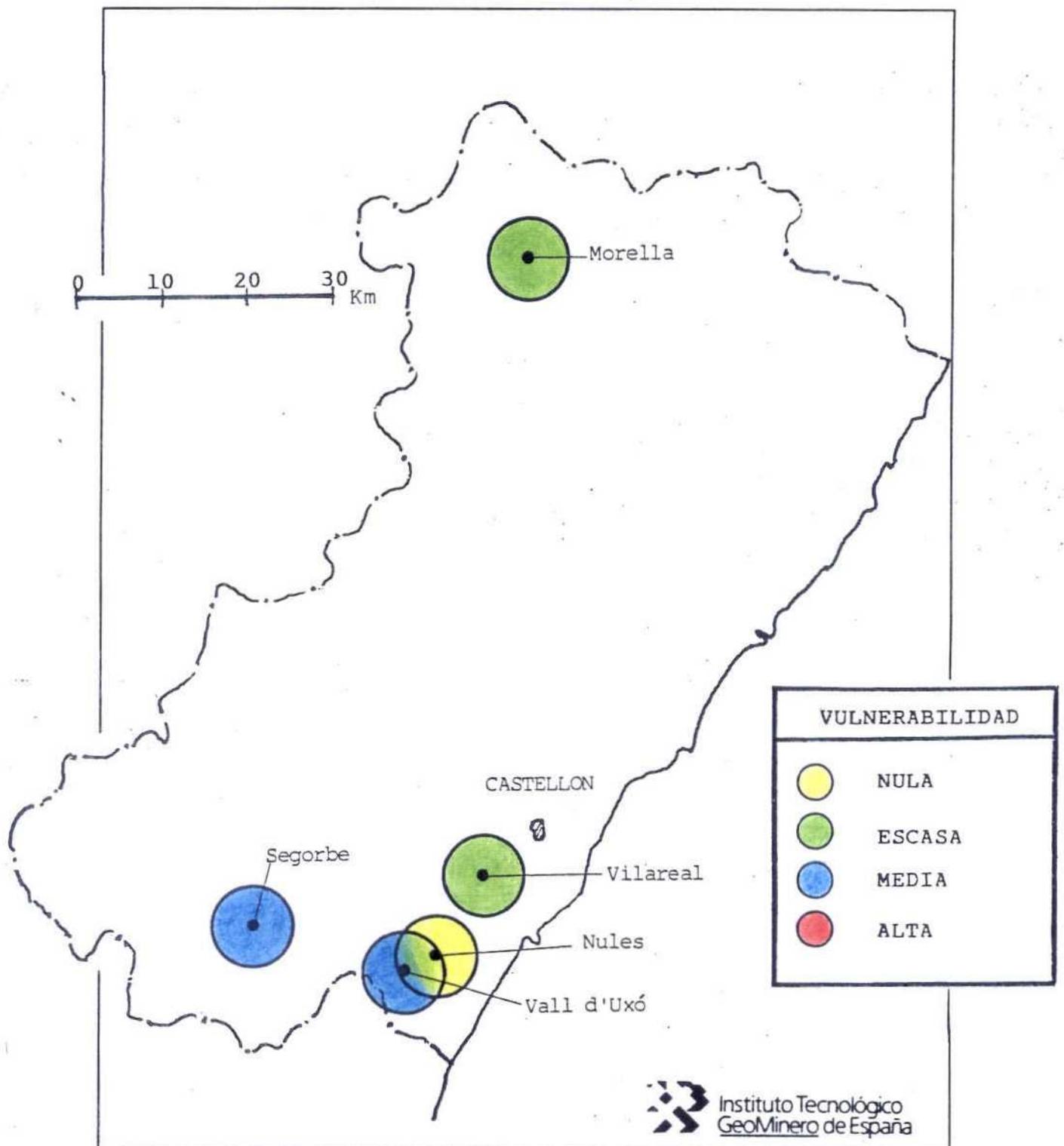


Figura 32, Vulnerabilidad de zonas próximas a los municipios donde existen industrias de curtidos. Provincia de Castellón de la Plana

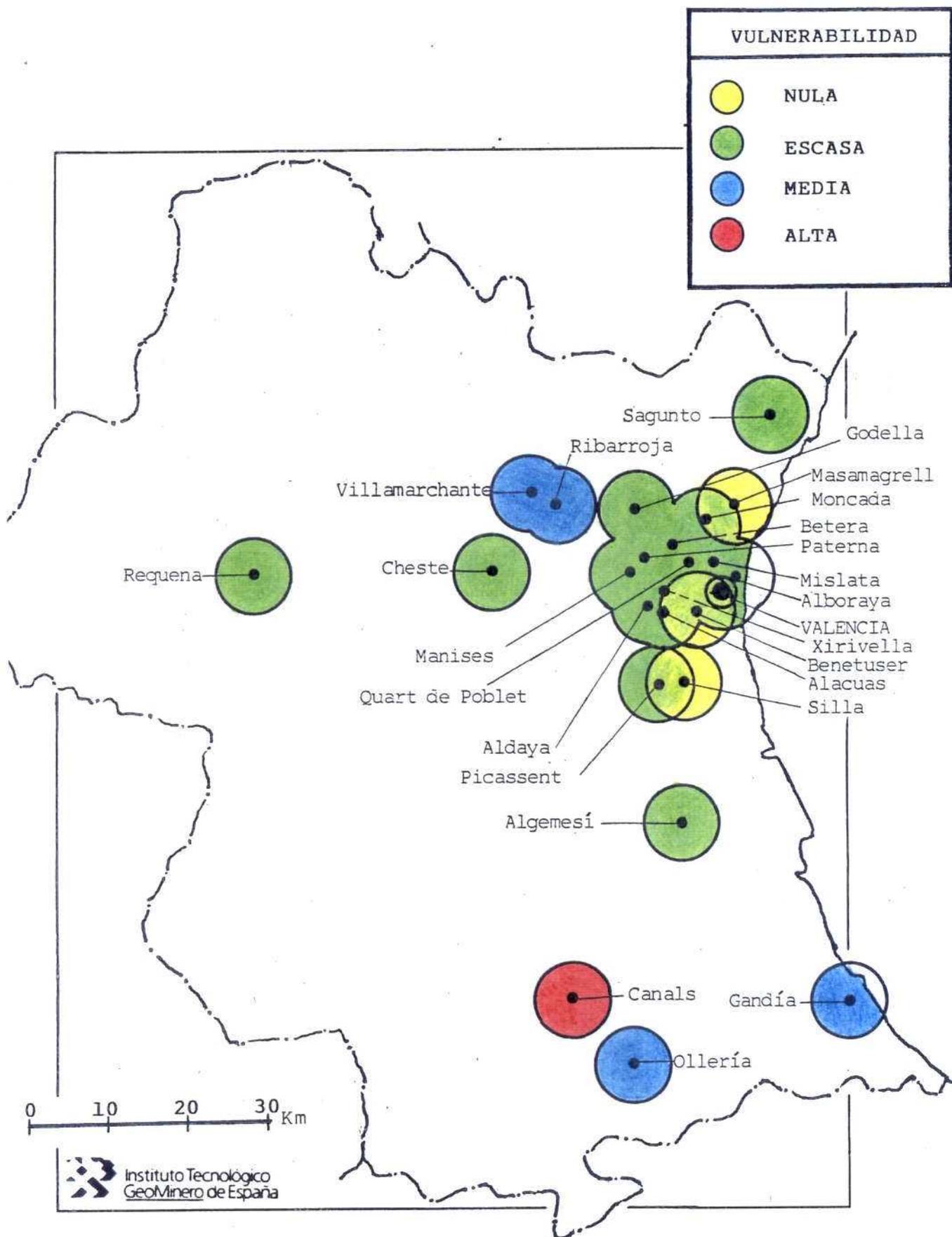


Figura 33, Vulnerabilidad de zonas próximas a los municipios donde existen industrias de curtidos. Provincia de Valencia

3.2 CALCULO DEL POTENCIAL CONTAMINANTE

Se ha elaborado un programa informático de apoyo, ejecutable en GWBASIC, que tomando como base los datos de la encuesta, debidamente informatizados, permite obtener un coeficiente de potencialidad de contaminación, teniendo en cuenta factores relacionados con los residuos sólidos, residuos líquidos y procesos fabriles utilizados, y unos coeficientes de peso definidos en base a la información generada durante la realización del proyecto, con los que se pretende valorar la aportación individual de cada uno de los factores, en la potencialidad de contaminación.

Este programa se estructura de forma que es alimentado en la siguiente manera:

- Datos sobre eliminación y tratamiento de residuos sólidos

Se trata de un fichero o matriz de datos, donde cada fila representa una empresa, y las columnas están ocupadas por valores "1" o "0", en función de que la empresa en cuestión elimine o trate el residuo sólido, conforme a lo que esa columna representa. La estructura general del fichero corresponde:

EMPRESAS	ELIMINACION					TRATAMIENTO		
	NPS	VC	DS	RB	AE	SI	NO	
1	1	0	0	0	0	0	0	NPS: no produce residuos sólidos
2	0	0	1	0	0	1	0	VC : eliminación en vertedero controlado
3	0	0	0	1	0	0	0	DS : eliminación en un descampado
.....								RB : eliminación por el servicio municipal de basuras
j-ésima	0	1	0	0	0	1	0	AE : eliminación por una empresa de gestión de residuos

Así, por ejemplo, la empresa j-ésima elimina sus residuos sólidos en un descampado (vertedero incontrolado) , realizando cierto tratamiento sobre los mismos antes de su

vertido incontrolado.

- Datos sobre eliminación y tratamiento de residuos líquidos

Se trata de un fichero o matriz de datos, donde cada fila representa una empresa, y las columnas están ocupadas por valores "1" o "0", en función de que la empresa en cuestión elimine o trate el residuo líquido, conforme a lo que esa columna representa. La estructura general del fichero corresponde:

EMPRESAS	ELIMINACION				TRATAMIENTOS				
	NPL	AC	ALC	RIO	N	O	Z	X	D
1	1	0	0	0	1	0	0	0	0
2	0	1	0	1	0	0	0	1	0
3	0	0	1	0	1	0	0	0	0
.....									
j-ésima	0	0	1	0	0	0	0	0	1

NPL: no produce residuos líquidos
 AC : las aguas residuales se vierten a una acequia
 ALC: las aguas residuales se vierten al alcantarillado público
 RIO: las aguas residuales se vierten al río
 N : las aguas residuales no reciben tratamiento antes de su vertido
 O : las aguas residuales reciben un tratamiento primario en la propia factoría
 Z : las aguas residuales reciben un tratamiento secundario en la propia factoría
 X : las aguas residuales reciben un tratamiento en la propia factoría, sin especificar
 D : las aguas residuales reciben un tratamiento en la depuradora municipal o del polígono

Así, por ejemplo, la empresa j-ésima elimina sus residuos líquidos al alcantarillado público, realizándose una cierta depuración en la depuradora municipal.

- Datos sobre tamaño, localización y procesos fabriles

Se trata de un fichero o matriz de datos, donde cada fila representa una empresa, y las columnas están ocupadas por valores "1" o "0", en función del tamaño y localización de la empresa, y los procesos fabriles empleados, conforme a lo que esa columna representa. La estructura general del fichero corresponde:

EMPRESAS	TAMAÑOS				LOCALIZA			PROCESOS			
	30	20	11	10	0	1	2	RIB	CUR	ACABH	ACABS
1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1
2	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0
3	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1
.....											
j-ésima	1	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1

30 : tamaño grande (CLASE 30)
20 : tamaño mediano (CLASE 20)
11 : tamaño pequeño (CLASE 11)
10 : tamaño muy pequeño -familiar- (CLASE 10)

0 : está localizada en el casco urbano
1 : está localizada en un polígono
2 : está localizada en las afueras

RIB: realiza procesos de ribera
CUR: realiza procesos de curtición
ACABH: realiza acabado húmedo (tintura, engrasado, etc.)
ACABS: realiza acabado seco

Así, por ejemplo, la empresa j-ésima es de gran tamaño, está ubicada en un polígono industrial o suelo industrial, y realiza procesos de ribera, curtición y acabado (húmedo y seco), o sea el proceso de curtición y acabado completo.

- Matriz de coeficientes o pesos

Se definen una serie de coeficientes con el objeto de "pesar" adecuadamente cada uno de los factores incluidos en las matrices de datos anteriormente explicadas.

La definición de estos pesos se ha efectuado de acuerdo con el objetivo del proyecto (evaluación del potencial contaminante de los residuos de tenería sobre las aguas subterráneas) y el conocimiento general y regional, que del sector se ha ido obteniendo, en el desarrollo del proyecto.

A continuación se especifican los valores de estos coeficientes, dándose en algunos casos una breve explicación de la razón de este valor asignado

Los factores a priori positivos, o sea, que suponen una reducción de la potencialidad, toman un coeficiente negativo, ya que la filosofía general es que el mayor riesgo se represente con el máximo valor y el mínimo riesgo con el mínimo valor.

OBSERVACIONES

RESIDUOS SÓLIDOS	ELIMINAC	RS _{NPS}	-20		No produce residuos sólidos	
		RS _{VC}	-8		En vertedero controlado	
		RS _{DS}	+10		En un descampado(vert.incontr)	
		RS _{RB}	-5		Por el servicio munic. basuras	
		RS _{AE}	-7		Por una empresa de gestión	
	TRA	RS _{SI}	-8	Los tratamientos no son totalmente eficaces	El residuo es tratado	
		RS _{NO}	+10		El residuo no es tratado	
RESIDUOS LÍQUIDOS	ELIMINAC	RL _{NPL}	-20		No produce residuos líquidos	
		RL _{AC}	-4		Vertido a una acequia	
		RL _{ALC}	-2		Vertido al alcantarillado	
		RL _{RIO}	+5		Vertido directo al río	
	TRATAMIENTO	RL _N	+10		No son tratados los efluentes	
		RL _O	-2		Tratamiento primario	
		RL _Z	-8	La depuración no es totalmente eficaz	Tratamiento secundario	
		RL _X	+2		Tratamiento en la factoría sin especificar	
		RL _D	-6	Las depuradoras no son específicas para el tratamiento de aguas residuales de tenería, perdiendo eficacia de forma notable	Tratamiento en la depuradora municipal o del polígono	
		TAMAÑO LOCALIZACIÓN PROCESOS	TAMAÑO	PR ₃₀	10	CF _{tam}
PR ₂₀	7			Tamaño medio		
PR ₁₁	4			Tamaño pequeño		
PR ₁₀	2			Tamaño familiar		
LOCAL	PR ₀		1.0	Existe un mayor riesgo de afección si la factoría está situada en el casco urbano	CF _{loc}	Localizada en el casco urbano
	PR ₁		0.9			Localizada en un polígono
	PR ₂		0.8			Localizada en las afueras
PROCESOS	PR _{RIB}		+10	Estos procesos producen gran cantidad de residuos sólidos y aguas residuales con diversos contaminantes		Procesos de ribera
	PR _{CUR}		+7	Durante la curtición se generan residuos sólidos y aguas residuales de gran poder contaminante, aunque en menor volumen		Procesos de curtición
	PR _{ACABH}		+6	Se producen importantes cantidades de residuos sólidos (recortes, rebajaduras, virutas,etc..) y aguas residuales de tintura, engrase, etc.		Acabado húmedo
	PR _{ACABS}		+2	Dan lugar a residuos sólidos solamente y en escasa cantidad		Acabado seco

En función de todo lo anteriormente expuesto, el que denominaremos **COEFICIENTE DE POTENCIALIDAD DE CONTAMINACION SOBRE LAS AGUAS SUBTERRANEAS**, se define en la forma siguiente:

$$CFPOT_{bruto,j} = (0.6 * CFRS_j + 0.8 * CFRL_j) * 0.04 * CFPR_j$$

$$CFPOT_{final,j} = CF_{loc,j} * CF_{tam,j} \frac{(CFPOT_{bruto,j} - CFPOT_{bruto,min})}{(CFPOT_{bruto,max} - CFPOT_{bruto,min})}$$

El mayor peso dado a procesos es lógico, en función de que este condiciona la producción de contaminantes. El mayor peso asignado a los efluentes líquidos, sobre los sólidos, es en razón que el aporte de contaminantes al medio subterráneo se produciría de forma más directa en el caso de residuos líquidos, que en el de sólidos, donde este proceso contaminante estaría condicionado a su acumulación y producción de lixiviados.

Los coeficientes parciales se definen:

• **CFRS COEFICIENTE DE RESIDUOS SOLIDOS**

$$CFRS_j = (RS_{NPS,j} * NPS_j) + (RS_{VC,j} * VC_j) + (RS_{DS,j} * DS_j) + (RS_{RB,j} * RB_j) + (RS_{AE,j} * AE_j) + (RS_{SI,j} * SI_j) + (RS_{NO,j} * NO_j)$$

Este coeficiente permite evaluar la potencialidad de los residuos sólidos. Presentará un valor máximo, más desfavorable, de +20 (acumulación en un descampado, lo que supone un vertido incontrolado, y sin tratamiento previo), y un valor mínimo de -20 (no se producen residuos sólidos, o es mínima).

CFRL COEFICIENTE DE RESIDUOS LIQUIDOS

$$CFRL_j = (RL_{NPL,j} * NPL_j) + (RL_{AC,j} * AC_j) + (RL_{ALC,j} * ALC_j) + (RL_{RIO,j} * RIO_j) + (RL_{N,j} * N_j) + (RL_{O,j} * O_j) + (RL_{Z,j} * Z_j) + (RL_{X,j} * X_j) + (RL_{D,j} * D_j)$$

Este coeficiente permite evaluar la potencialidad de los residuos líquidos. Presentará un valor máximo, más desfavorable, de +15 (vertido a un río sin tratamiento previo), si bien está pensado de forma que el valor máximo sea +20, para el caso de que se realizase una inyección directa de contaminantes al acuífero, y un valor mínimo de -20 (no se producen residuos líquidos, o es mínima).

CFPR COEFICIENTE DE PROCESOS

$$CFPR_j = (PR_{RIB,j} * RIB_j) + (PR_{CUR,j} * CUR_j) + (PR_{ACABH,j} * ACABH_j) + (PR_{ACABS,j} * ACABS_j)$$

Este coeficiente permite evaluar la potencialidad del proceso fabril, en conjunto. Presentará un valor máximo, más desfavorable, de +25 (realización del proceso de tenería completo), y un valor mínimo de +2 (sólo realiza operaciones de acabado en seco).

Según todo lo expuesto el $CFPOT_{final}$ oscilará entre un valor más desfavorable de +10, máxima potencialidad de contaminación, y un valor mínimo de 0, mínimo riesgo potencial de contaminación.

Es obvio pensar que una modificación de la matriz de coeficientes permitiría obtener la potencialidad contaminante para el suelo, etc.

Los resultados de aplicar esta metodología, a las industrias en las que se dispone de datos suficiente, quedan reflejados en la figura 34. En esta se ha efectuado una valoración del nivel de impacto, quedando clasificadas las industrias en aquellas que presentan elevado, notable, medio, bajo y escaso nivel de potencialidad de contaminación.

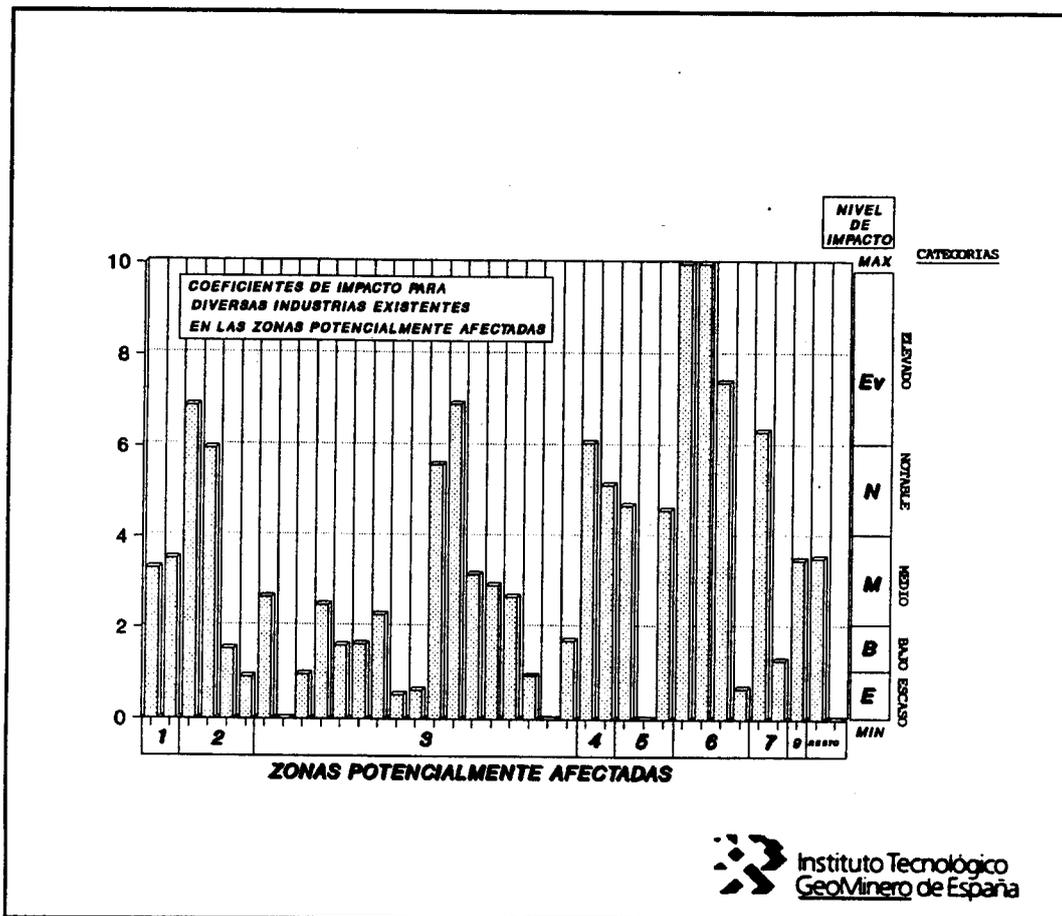


Figura 34, Evaluación del potencial contaminante de las industrias de curtidos en la C.A.Valenciana

3.3 EVALUACION FINAL DEL GRADO DE IMPACTO

Se ha desarrollado una metodología para el cálculo del potencial contaminante de las industrias de curtición y acabado de pieles y cueros sobre las aguas subterráneas, para una zona determinada, en base a una metodología cuantitativa de evaluación de impacto, que se resume en la siguiente expresión:

$$\text{Evaluación de Impacto} = \text{CGI} * \text{CII}$$

donde CGI (coeficiente global de impacto), resume los siguientes aspectos:

- datos sobre tamaños, localización y procesos,
- datos sobre eliminación, gestión y tratamiento de residuos sólidos
- volúmenes de residuos sólidos y líquidos producidos,

y el CII (coeficiente intrínseco de impacto) engloba aspectos relacionados con el medio físico receptor (vulnerabilidad de materiales geológicos aflorantes en un radio de 5 km. de las factorías y grados de afección de los acuíferos ante procesos contaminantes).

El CGI se define a partir de la potencialidad o riesgo de contaminación, definido en el APARTADO 6.2, y que a partir de aquí denominamos coeficiente de potencialidad de impacto -CPI-. La expresión de cálculo del CGI, corresponde a:

$$CGI = CFPOT_{mediana} * (\%RS + \%RL)$$

donde:

CGI: coeficiente global de impacto, que resume los aspectos externos ó "agentes contaminantes".

CFPOT_{mediana}: mediana de los coeficientes de potencialidad definidos para las factorías existentes en una zona.

%RS y %RL: coeficientes que dependen del porcentaje, que con respecto al total de residuos producido por el sector en la C.A.Valenciana, representa el producido en una zona.

Los valores de %RS y %RL, aparecen en el siguiente cuadro:

	ZONAS POTENCIALMENTE AFECTADAS									RESTO
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
%RS	0.60	2.30	2.30	1.60	2.40	2.40	0.08	0.00	0.00	0.50
%RL	0.00	2.20	2.00	1.60	2.00	2.70	0.95	0.00	0.00	1.00

El coeficiente CII, se define de la siguiente forma:

$$CII = CV * CEA$$

donde:

CV: coeficiente de vulnerabilidad del medio geológico (ver apartado 5.2)

CEA: coeficiente del estado del acuífero ante procesos contaminantes (ver apartado 5.3)

Los resultados de esta evaluación de impacto se resumen en la figura 35. En ella se observa como es la zona de Canals la que presenta un mayor impacto, absorbiendo el 70,4% del total que se estima para el conjunto de la Comunidad Autónoma Valenciana, teniendo en cuenta el conjunto de aspectos incluidos en esta evaluación de impacto.

Si bien, las medidas correctoras que se están llevando a cabo en esta zona (depuración de aguas residuales), permitirán una notable disminución del impacto. Al objeto de valorar como disminuiría el grado de impacto ante la eventual mejora en las condiciones de eliminación de residuos sólidos y depuración de aguas residuales, se ha simulado estas hipótesis, representado los resultados en la figura 36.

En esta figura se han representado los valores de los coeficientes $CPI_{mediana}$, CGI y EvImp, para la situación actual, la hipótesis de funcionamiento de la depuradora y la de funcionamiento de la depuradora y existencia de un vertedero

controlado. Observándose como se reduciría notablemente la posibilidad de afección, si bien, aún con estas correcciones ambientales, presentaría esta zona valores del CFPOT_{mediana} por encima de la media de la C.A.Valenciana, lo que informa del potencial contaminante asociado a la industria del curtido en esta zona de Canals.

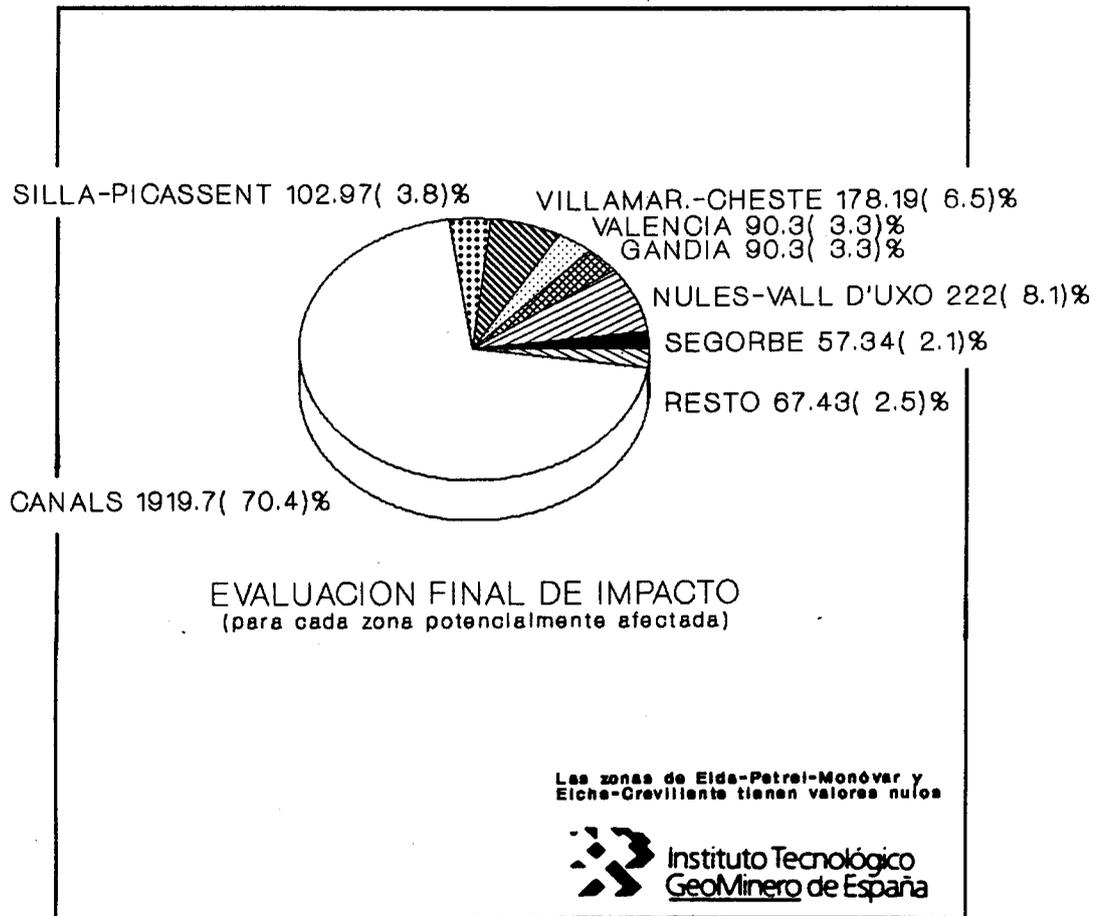


Figura 35, Evaluación del impacto causado por los vertidos de las industrias de curtidos sobre las aguas subterráneas en la C.A.Valenciana

EVALUACION FINAL DE IMPACTO-EMPRESAS CURTIDOS/AGUAS SUBTERRANEAS

CFPOTm	XRS	XRL	CV	CEA	CGI	CII	EvImp	XEvImp
1.98	0.60	0.00	4.90	10.00	1.19	49.00	58.21	2.13
2.66	2.30	2.20	3.52	5.28	11.97	18.58	222.47	8.14
1.52	2.30	2.00	2.20	6.28	6.54	13.82	90.30	3.30
4.51	1.60	1.60	3.00	4.09	14.43	12.27	177.08	6.48
1.96	2.40	2.00	2.53	4.67	8.62	11.82	101.89	3.73
8.15	2.40	2.70	7.00	6.47	41.56	45.29	1882.48	68.89
2.95	0.08	0.95	6.30	7.10	3.04	44.73	135.91	4.97
0.00	0.00	0.00	6.50	2.90	0.00	18.85	0.00	0.00
0.00	0.00	0.00	9.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3.11	0.50	1.00	2.75	5.00	4.66	13.75	64.14	2.35

CFPOTm: Mediana de los valores del CFPOT (Coeficiente del potencial de Impacto) para las distintas empresas de una zona

XRS : Coeficiente de peso que depende de los residuos sólidos

XRL : Coeficiente de peso que depende de los residuos líquidos

CV : Coeficiente de vulnerabilidad de la zona

CEA : Coeficiente del estado del acuífero

CGI : Coeficiente global de impacto = CFPOTm * (XRS+XRL)

CII : Coeficiente de impacto intrínseco = CV * CEA

EvImp : Evaluación final de impacto = CGI * CII

XEvImp: Porcentaje de impacto sobre el total

Influencia de una correcta gestión de los residuos de las industrias de curtidos en la zona de Canals

a) Sin depuradora y vertido incontrolado

$$\left. \begin{array}{l} \text{CFPOTm} = 8.15 \\ \text{XRS} = 2.40 \\ \text{XRL} = 2.70 \end{array} \right\} \text{CGI} = 41.56 \quad \left. \begin{array}{l} \text{CV} = 7 \\ \text{CEA} = 6,47 \end{array} \right\} \text{CII} = 45.29$$

$$\text{EvImp} = \text{CGI} * \text{CII} = 1882.48$$

$$\text{XEvImp} = 68.89$$

a) Con depuradora y vertido incontrolado

$$\left. \begin{array}{l} \text{CFPOTm} = 5.60 \\ \text{XRS} = 2.40 \\ \text{XRL} = 2.70 \end{array} \right\} \text{CGI} = 28.56 \quad \left. \begin{array}{l} \text{CV} = 7 \\ \text{CEA} = 6,47 \end{array} \right\} \text{CII} = 45.29$$

$$\text{EvImp} = \text{CGI} * \text{CII} = 1293.48$$

$$\text{XEvImp} = 60.34$$

a) Con depuradora y vertido controlado

$$\left. \begin{array}{l} \text{CFPOTm} = 3.90 \\ \text{XRS} = 2.40 \\ \text{XRL} = 2.70 \end{array} \right\} \text{CGI} = 19.89 \quad \left. \begin{array}{l} \text{CV} = 7 \\ \text{CEA} = 6,47 \end{array} \right\} \text{CII} = 45.29$$

$$\text{EvImp} = \text{CGI} * \text{CII} = 900.82$$

$$\text{XEvImp} = 51.45$$

4. ESTUDIO DETALLADO SOBRE LA POSIBLE INFLUENCIA DEL SECTOR A LAS AGUAS SUBTERRANEAS EN LA ZONA DE CANALS (Valencia)

4.1 SELECCION DE LA ZONA Y METODOLOGIA DE ESTUDIO

De las zonas potencialmente afectadas resulta ser la de Canals la que presenta, según el estudio de evaluación de impacto realizado, el mayor grado de impacto.

La existencia de acuíferos superficiales posiblemente conectados con el río Cañoles, cauce superficial que recibe los vertidos líquidos, y de vertederos incontrolados de residuos de tenería, permite pensar en esta zona como interesante para la realización del estudio de detalle.

Al mismo tiempo, el acuífero de Canals era un acuífero de funcionamiento poco conocido, lo que permitiría ahondar en los conocimientos que de este se tienen.

Por otra parte junto a las empresas de curtidos, muy importantes en Canals, existe la fábrica de tejidos Ferry's y varias empresas de acabado de ricas ornamentales (mármol principalmente), junto a otras industrias de menor entidad, por lo que no se producirán importantes interferencias en los posibles procesos contaminantes que soporte el acuífero.

Se presenta, por el conjunto de circunstancias que se han señalado, como una zona muy interesante, más aún cuando se ha llevado a cabo un importante esfuerzo municipal en la realización de una instalaciones de depuración de aguas residuales urbanas e industriales, al objeto de reducir notablemente el potencial contaminante sobre las aguas.

Al objeto de estudiar los posibles procesos de contaminación que pudieran estar ocurriendo por la inadecuada gestión y eliminación de los residuos de tenería, se ha desarrollado la siguiente metodología:

- Estudio del sistema hidrológico, para ello se han realizado:
 - aforos diferenciales en el río Cañoles, y
 - aforos en el río de El Santo, al objeto de conocer el aporte del manantial de El Santo al sistema hidrológico.
- Muestreo de aguas subterráneas.
- Estudio de la piezometría del acuífero de Canals.
- Muestreo de aguas superficiales y sedimentos asociados, en el río Cañoles.
- Muestreo de vertidos sólidos y líquidos.

Esta metodología de trabajo está enfocada a la consecución de los siguientes objetivos:

- Aportar cierta información al conocimiento del funcionamiento hidrogeológico del acuífero de Canals.
- Caracterizar la hidroquímica del acuífero.
- Valorar el sistema hidrológico
- Estudiar las relaciones río-acuífero.
- Caracterizar los focos de contaminación
- Valorar la incidencia del vertedero incontrolado sobre la calidad de las aguas subterráneas

4.2 SISTEMA HIDROGEOLOGICO

4.2.1 Relación río-acuífero

A continuación se repasan los datos del sistema hidrológico de la zona en estudio, para el periodo de tiempo considerado (toma de datos en Febrero 1992), constituido por:

- Río Cañoles:
 - * Antes de entrar en el pueblo de Canals presenta un caudal de 123 l/s.
 - * Después de pasar por Canals, presenta un caudal variable, en el periodo considerado: 2090-2345 l/s, estimando un valor medio de 2305 l/s
- Manantial del Santo, que presenta caudales medios de 2580 l/s, siendo su aporte medio al río cañoles de 2035 l/s.
- Aportes de aguas residuales industriales y urbanas que se estiman en:
 - Aguas residuales urbanas..... 39 l/s
Población estimada para los núcleos de población de la zona... 17.968 hab.
 - Aguas residuales de industrias de curtidos... 57 l/s
 - Aguas residuales de otras industrias..... 55 l/s
(Valor estimado teniendo en cuenta la importante actividad industrial existente en la zona CANALS-L'ALCUDIA DE CRESPINS)
- Pérdidas del río Cañoles por evaporación, se consideran insignificantes en esta época del año (Febrero).

L

CANALS

28-31
(794)

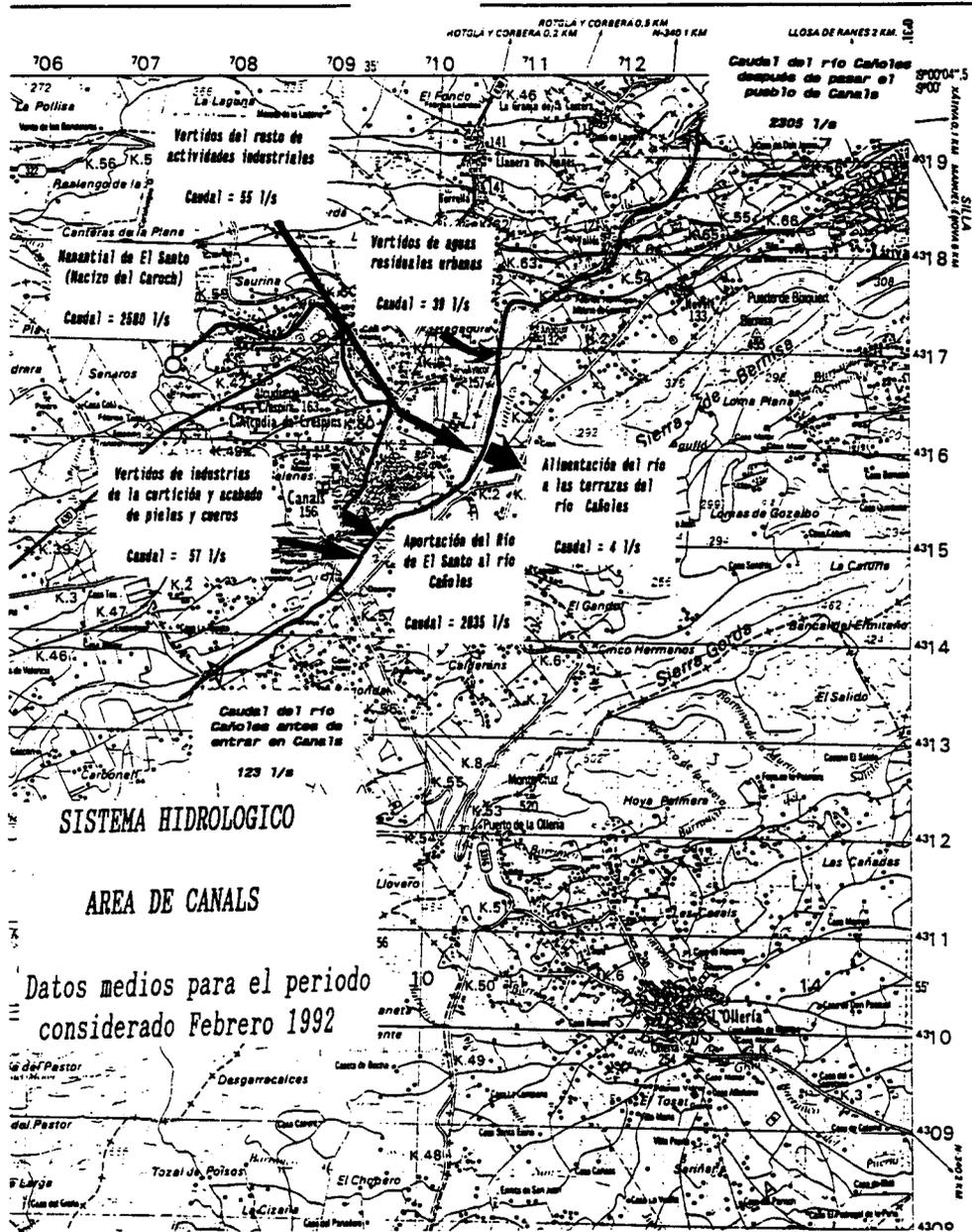


Figura 36, Sistema hidrológico área de Canals

El río Cañoles en la zona de estudio



Río Cañoles aguas arriba de Canals. Afloramiento de calizas intratortonienses



El río Cañoles a su paso por Canals. S^a Bernisa al fondo

Una forma de estimar el almacenamiento de agua del río Cañoles que se produce en las terrazas del mismo, sería mediante la fórmula siguiente:

$$V = \int_t^{3t} q(t) dt = (h_0 - h_c) \sqrt{\frac{2t_0 T S}{\pi}}$$

Mediante la que se calcula el volumen máximo de agua almacenada en el acuífero (de parámetros hidráulicos T y S) por unidad de longitud de río, siendo la oscilación máxima de nivel en el río el valor $2(h_0 - h_c)$, según se muestra en la figura 48.

Igualmente se puede calcular la máxima oscilación que puede presentar el nivel piezométrico a una distancia x del margen del río, mediante la expresión:

$$h_x - h_0 = (h_0 - h_c) \exp\left[-x \sqrt{\frac{\pi S}{t_0 T}}\right]$$

h_x : Altura piezométrica

La aplicación de estas formulaciones pasa por el conocimiento de los parámetros hidráulicos del acuífero (T,S). No existen datos al respecto. Como tampoco existen datos sobre máxima variación de niveles en el río Cañoles. Por tanto, la aplicación de estas fórmula exigen la ejecución de ensayos de bombeos en pozos próximos a las riberas y la toma de datos sobre evolución de niveles en el río.

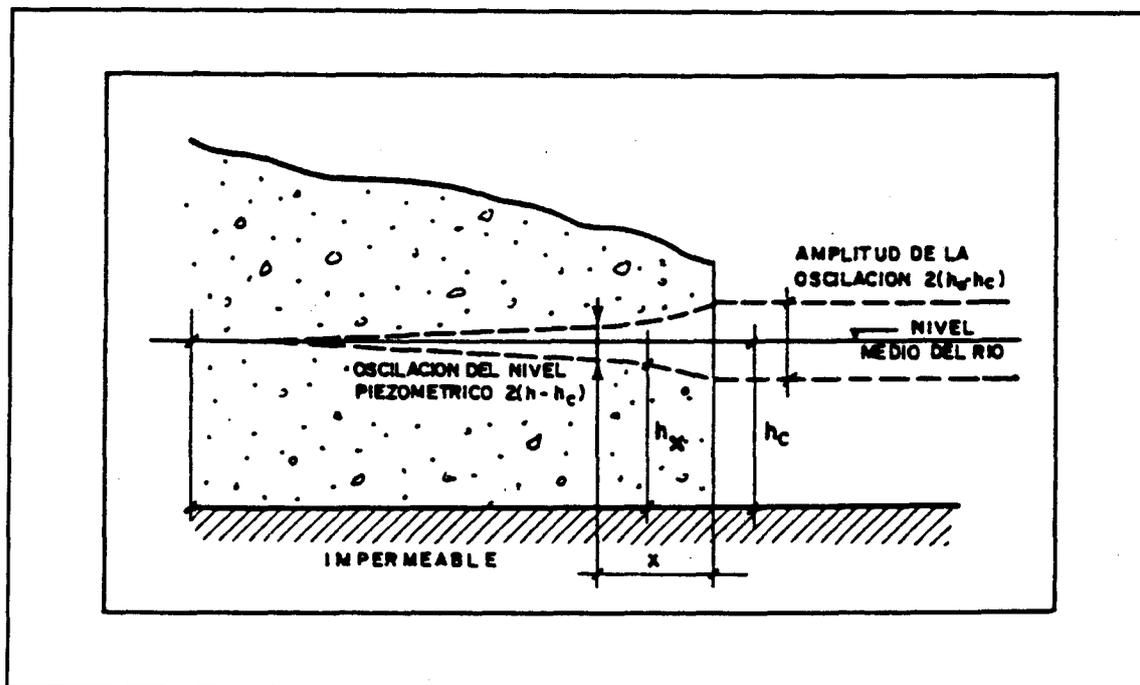
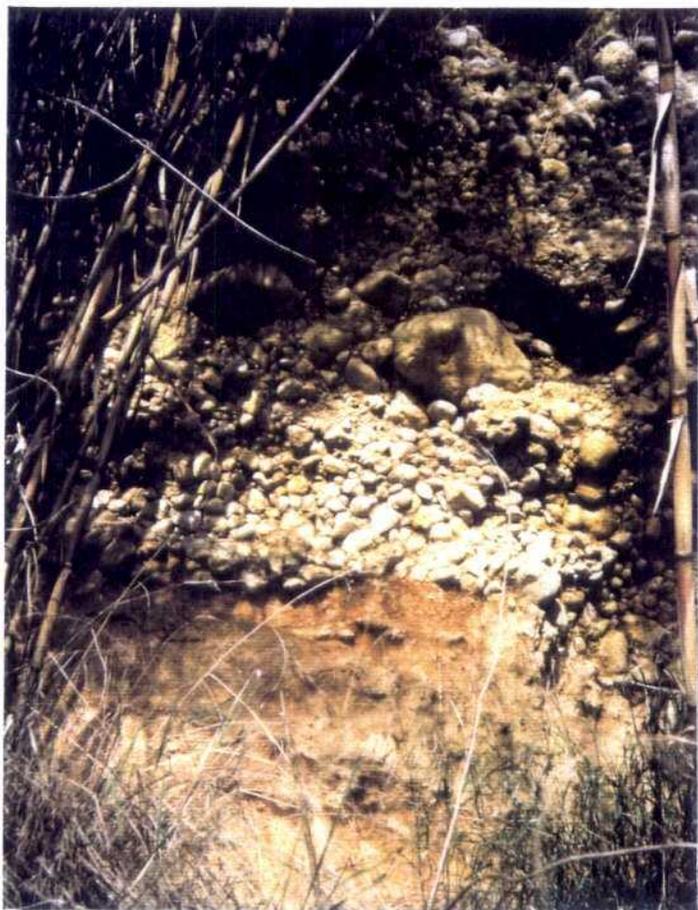


Figura 37, Almacenamiento de agua en las riberas de un río

Una primera estimación de los parámetros hidráulicos del acuífero se podría obtener a partir de los datos de granulometría obtenidos de muestras de sedimento del río, ya que por aplicación de las curvas de Breddin, se podría estimar la permeabilidad, el espesor medio del acuífero instalado en las terrazas del río Cañoles permitiría conocer la transmisividad aproximada del mismo. El coeficiente de almacenamiento podría ser un valor orientativo el ofrecido por Villanueva-Iglesias en su libro POZOS y ACUIFEROS, donde se ofrecen valores de $5 \cdot 10^{-2}$ a $15 \cdot 10^{-2}$ en acuíferos libres constituidos por gravas y arenas. Otro problema es estimar el grado de colmatación que presentan las riberas. Las curvas granulométricas de los sedimentos de río indicarán la proporción de tamaños-arcillas existentes, lo que permitirá estimar el grado de colmatación, y la resistencia que ofrece este fenómeno a las relaciones hidráulicas río-acuífero.

Relaciones río-acuífero. Terrazas del Cañoles



QT1, terraza alta, conglomerados calcáreos, arenas y limos rojos

QT2, terraza baja, limos rojos (más cementada que la QT1)

El río discurre por su aluvial y la QT2

Detalle de las terrazas del Cañoles . Contacto entre QT1 y QT2

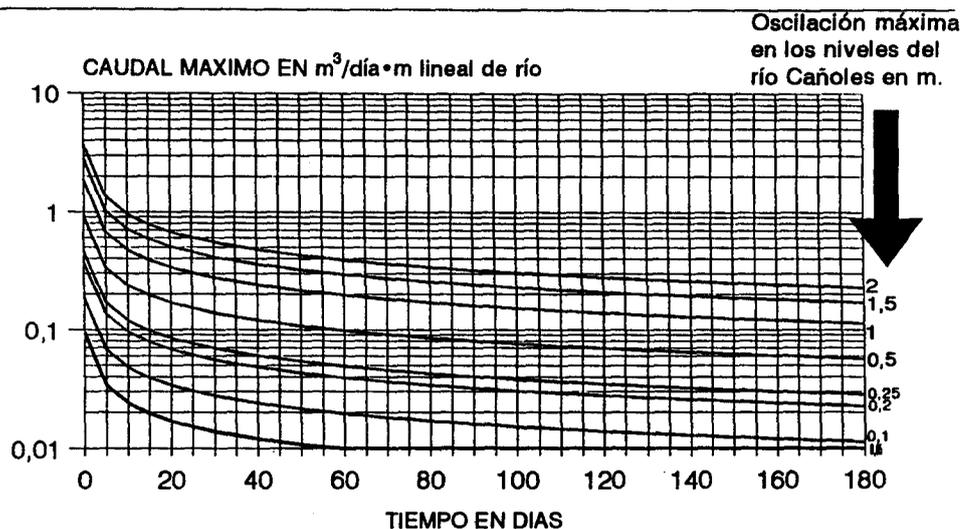


Panorámica del río Cañoles donde se observan las terrazas y el aluvial muy contaminado

Suponiendo que se cumplen las condiciones ideales de Boussinesq (isotropía, inexistencia de recarga o bombeos y escaso gradiente hidráulico), y para unos valores de parámetros hidráulicos estimados para el acuífero constituido por las gravas-arenas y arcillas de las terrazas del río Cañoles, se pueden construir las siguientes gráficas:

**CAUDAL MAXIMO PROCEDENTE DEL RIO HACIA EL ACUIFERO
POR UNIDAD DE LONGITUD DEL RIO**

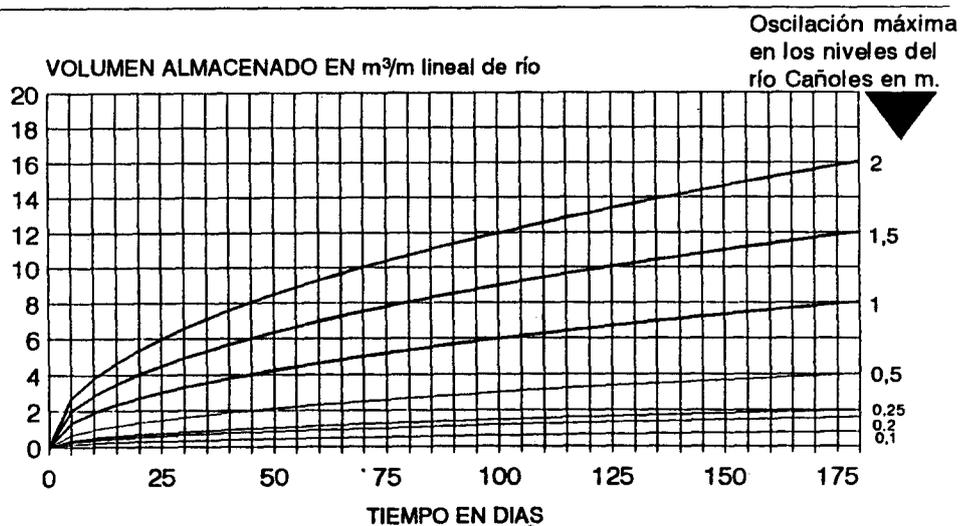
Acuífero en las terrazas del río Cañoles en Canals



Simulación: $T=15 m^2/día$ $S=15 \times 10^{-2}$ (Gravas-arenas)

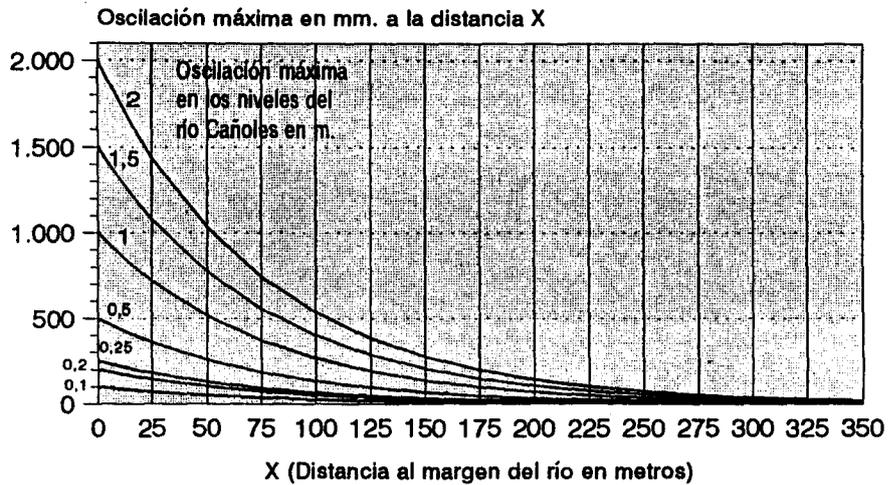
**VOLUMEN MAXIMO DE AGUA ALMACENADO EN EL ACUIFERO
POR UNIDAD DE LONGITUD DEL RIO**

Acuífero en las terrazas del río Cañoles en Canals



Simulación: $T=15 m^2/día$ $S=15 \times 10^{-2}$ (Gravas-arenas)

**OSCILACION MAXIMA EN EL NIVEL PIEZOMETRICO EN EL
ACUIFERO A UNA DISTANCIA X DEL MARGEN DEL RIO**
Acuífero en las terrazas del río Cañoles en Canals



Simulación: $T=15 \text{ m}^2/\text{día}$ $S=15 \times 10^{-2}$ (Gravas-arenas)

Estas gráficas permiten obtener las siguientes conclusiones (desde la hipótesis ideal de que se cumplen las condiciones de Boussinesq):

- A distancias superiores a los 300 m. de las márgenes del río, no existe afección de la posible recarga del río sobre el nivel piezométrico del acuífero instalado en las terrazas del río.
- Suponiendo que la máxima oscilación en el nivel el río fuese de 50 cm. y para el periodo de tiempo existente entre la época seca y húmeda (180 días):
 - * el volumen máximo de agua almacenado en cada ribera del acuífero es de 4 hm^3 por metro lineal de río. Si se considera el tramo de río estudiado -7450 m.-, el volumen máximo almacenado en el acuífero será de $59,6 \text{ hm}^3$ en total, para las condiciones de partida,

además

- * el caudal máximo, o punta, procedente del río Cañoles hacia las terrazas, según las hipótesis de partida, sería de $0,057 \text{ m}^3/\text{día}$ por metro lineal y ribera del río. Para el tramo considerado, se establece un caudal máximo o punta por ribera de 5 l/s .

Teniendo en cuenta los datos obtenidos en los aforos efectuados:

- Oscilación máxima en 3 días ---> 5 cm

Se obtiene un caudal máximo aportado por el río de $0,05 \text{ m}^3/\text{día}$ por metro lineal de río, lo que implica un aporte total máximo o punta de $2,2 \text{ hm}^3$ en el periodo de 3 días considerado (caudal de $4,3 \text{ l/s}$).

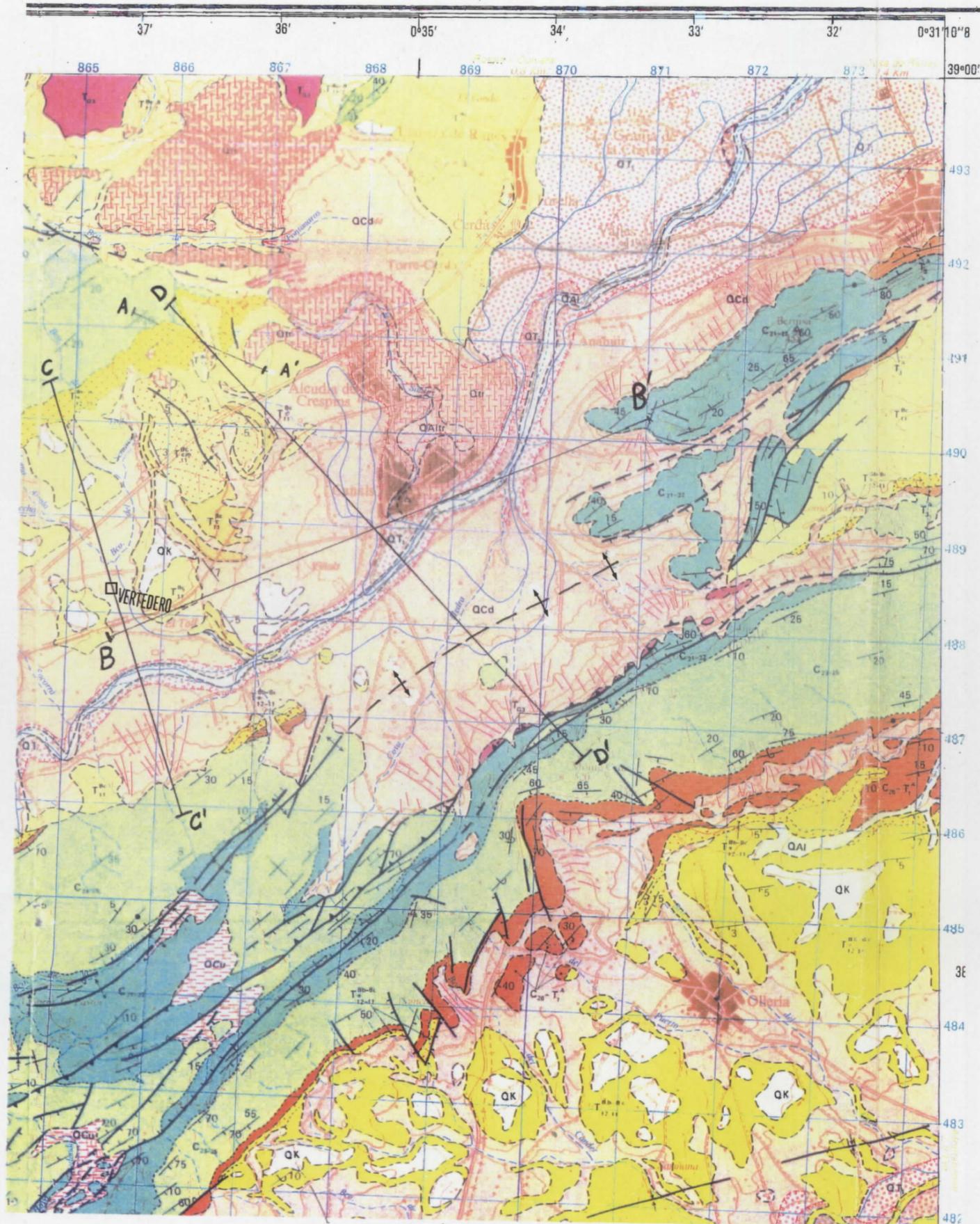
4.2.2 Descripción del soporte geológico

La zona objeto de estudio presenta cuatro unidades bien diferenciadas, como se pone de manifiesto en la reproducción del mapa geológico 1:50.000 de la serie MAGNA.

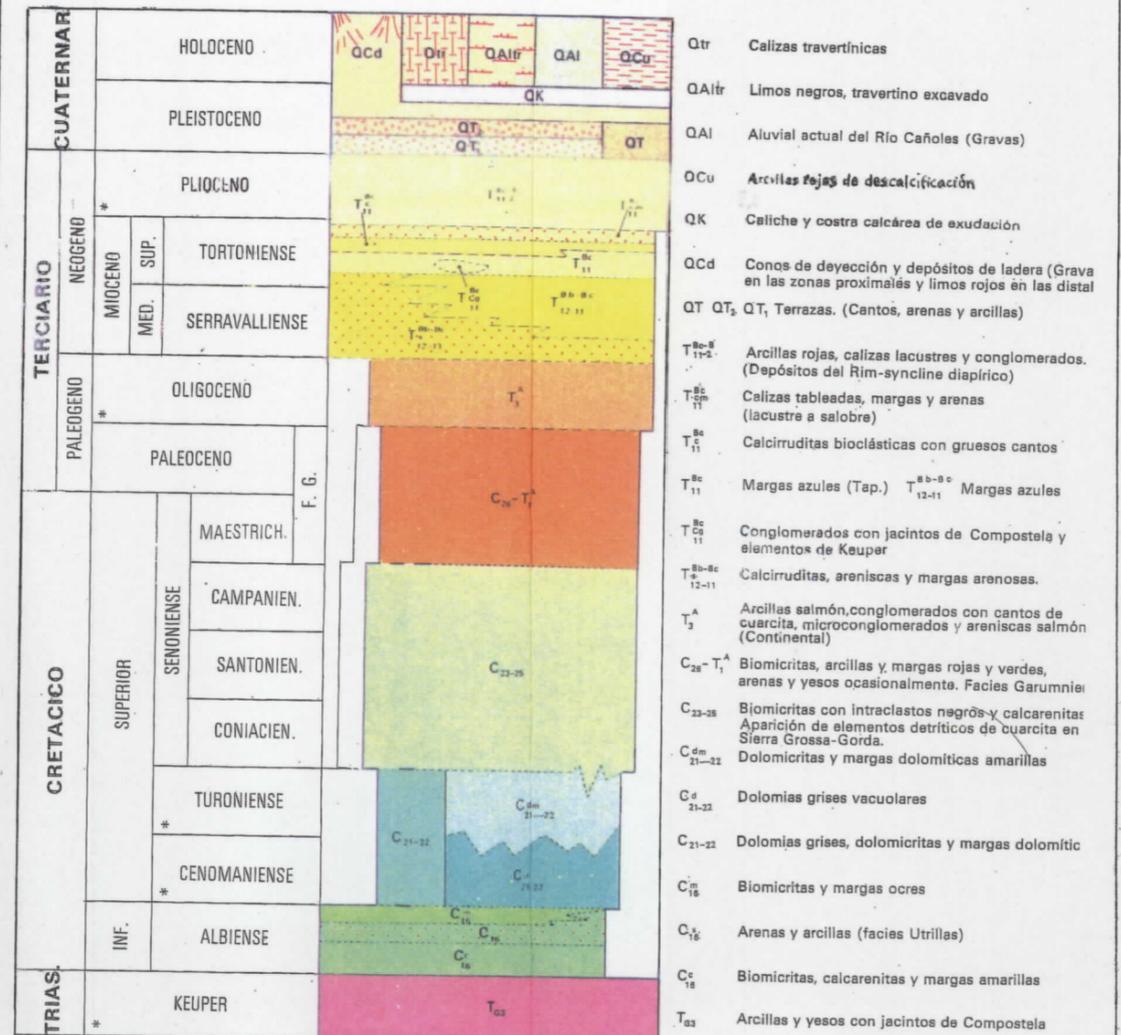
Estas cuatro unidades son:

- Macizo del Caroch,
- Sierra de Mortera-Bernisa,
- Sierra Grossa, y
- Depresión terciaria del Cañoles.

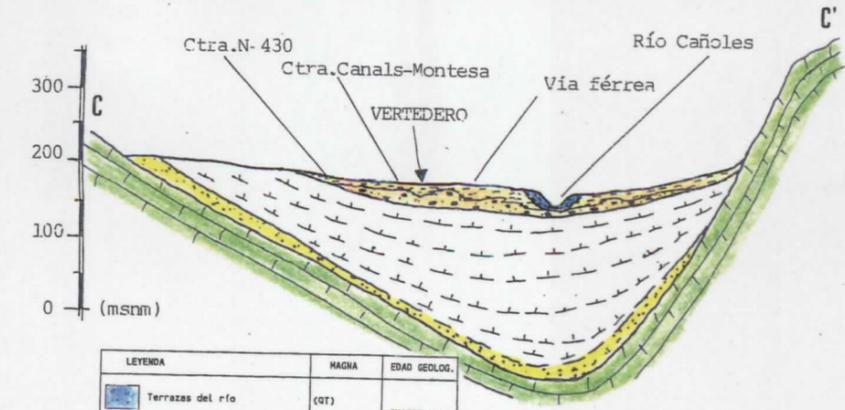
Mapa Geológico 1:50.000 (Zona de Canals)



LEYENDA



*Atribución estratigráfica sin base paleontológica



LEYENDA	MAGNA	EDAD GEOLOG.
Terrazas del río	(QT)	CUATERNARIO
Conglomerados, arcillas y arenas	(QCd)	TORTONIENSE
Margas (facies TAP)	(T ₁₁ ^{bc})	TORTONIENSE
Calcirruditas, areniscas y margas arenosas	(T ₁₁ ^{bc})	SERRAVALLIENSE
Dolomías grises, dolomicitas y margas dolomíticas	(C ₂₃₋₂₅)	SENONIENSE CRETAC. SUP.

Estas cuatro unidades presentan características hidrogeológicas bien diferenciadas.

Macizo del Caroch

Aparece un afloramiento en la zona noroeste de la zona de estudio. Está constituido por dos facies litológicas de edad cretácica:

- Dolomicritas y margas dolomíticas de edad Turonense, que presentan un espesor medio de 60 m.. Es una formación donde alternan las dolomías margosas y las margas dolomíticas, si bien, presenta a techo unas dolomías ocasionalmente muy karstificadas. En conjunto se trata de un material acuífero.
- Biomicritas y calcarenitas de edad Coniaciense-Santonense-Campanense (Senonense), que presenta un espesor de 70 m.. Se trata de una formación acuífera.

En conjunto constituyen materiales acuíferos carbonatados, que son parcialmente drenado en esta zona por el Manantial de El Santo, surgencia que aparece en el contacto con las margas en facies Tap de edad Tortoniense (mioceno Superior) como se observa en el corte de la figura 38.

El funcionamiento hidrogeológico regional, que implica la desconexión entre este acuífero del Caroch y los materiales permeables de la Depresión del Cañoles, así como la distancia a los focos de contaminación, permiten excluir cualquier tipo de afección de la actividad de curtidors sobre este acuífero, por otra parte, no bien regulado, y del que se pierden cerca de 1500 l/s en las épocas húmedas.

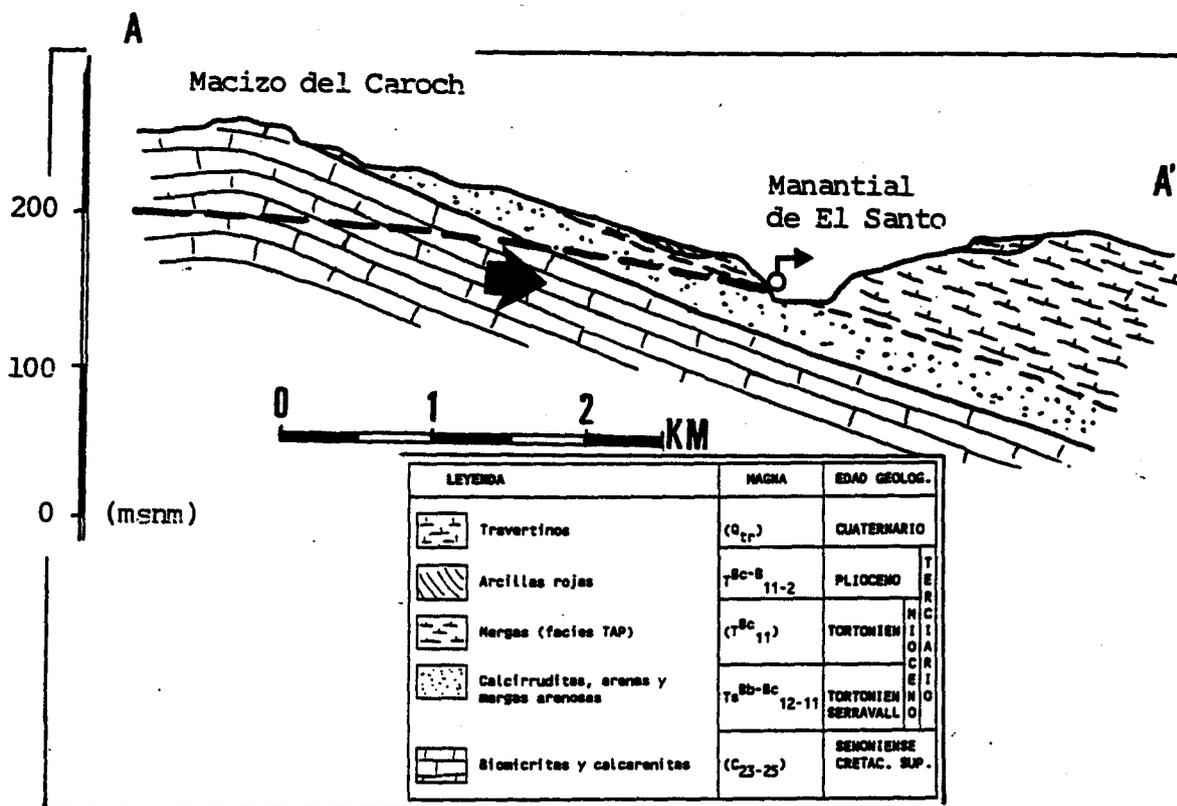


Figura 38, Corte hidrogeológico esquemático-Manantial de El Santo

Sierra de Mortera-Bernisa

El acuífero de Mortera-Bernisa presenta una superficie total de unos 40 km², con una superficie aflorante permeable de 21 km². Aunque no es visible en superficie la continuidad entre la Sierra de Bernisa y la de Mortera, es previsible que a muro de los materiales detríticos terciarios y cuaternarios de la Depresión del Cañoles, exista conexión hidráulica entre ambas formaciones.

La Sierra de Bernisa, más próxima a nuestra zona de estudio, está constituida por dolomías, dolomicritas y margas dolomíticas de edad Cenomanense, con un espesor de unos 500 m. y buena condiciones acuíferas.

Este acuífero carbonatado presenta un contacto, no visible en superficie, con las margas en facies tap, ya que

existe un recubrimiento por materiales cuaternarios de la Depresión del Cañoles, tal y como se muestra en el corte esquemático B-B' que aparece en la figura 39.

Aunque no puede descartarse la posibilidad que este acuífero presente un cierto contacto con los materiales permeables de la depresión del Cañoles, que constituyen el acuífero de Canals, produciéndose una conexión hidráulica entre ambos acuíferos.

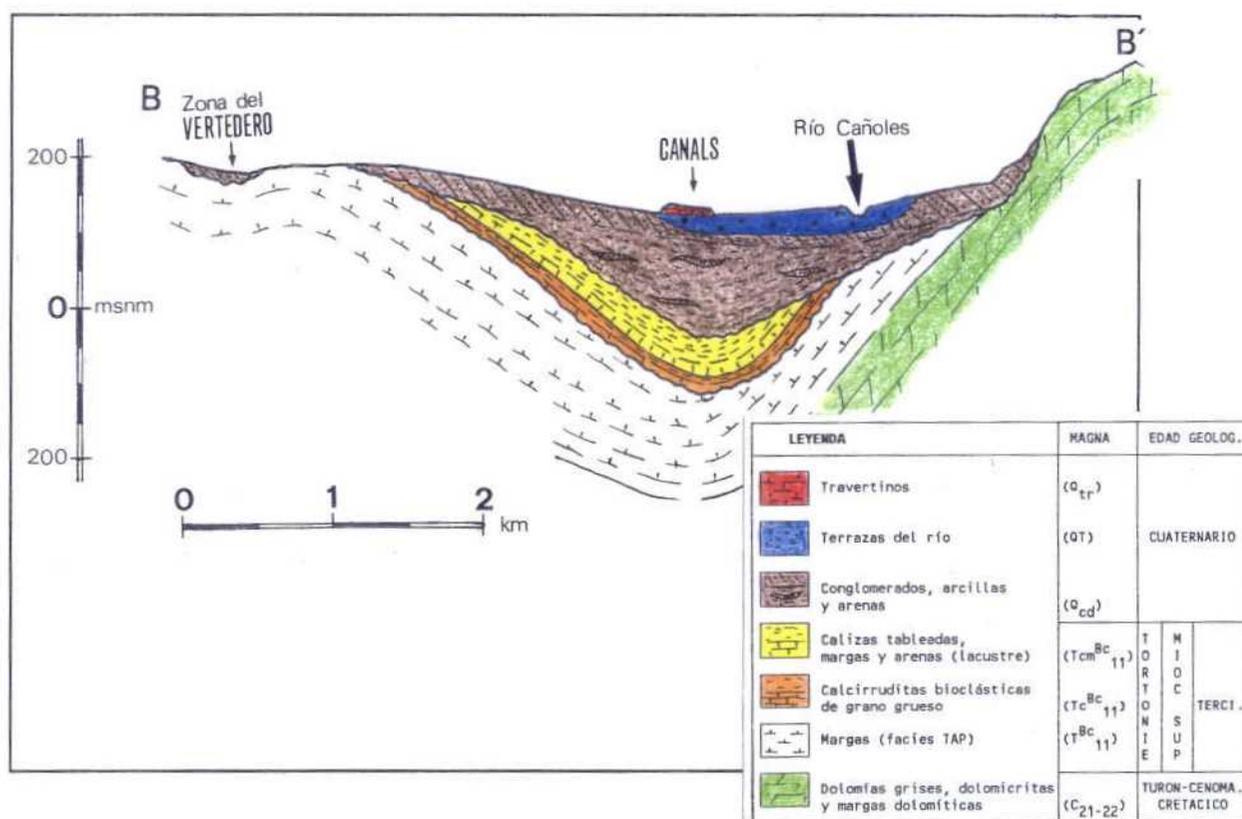


Figura 39, Corte hidrogeológico esquemático-Acuífero de Canals y de la Sierra Bernisa

La Sierra de Mortera está constituida por biomicritas y calcarenitas de edad Coniaciense-Santoniense-Campaniense (Senonense). Se trata de una formación acuífera parcialmente recubierta la sur de la zona de estudio, por la formaciones detríticas de la Depresión del Cañoles. El corte esquemático de la figura 40, indica la posible conexión entre este acuífero y el acuífero de Canals, si bien la existencia de

formaciones impermeables (Facies Garumnienese y Facies Tap), que afloran en la zona Suroeste de la zona, podrían provocar la desconexión entre ambos acuíferos, de forma que la conexión de producirse, quizás sea de forma muy local. Es decir, no parece tan clara la conexión hidráulica entre la Sierra de Mortera y el acuífero de Canals, como entre este último y la Sierra Bernisa.

En conjunto, el acuífero Mortera-Bernisa presenta riesgos de sobreexplotación, al no producirse una recuperación total del nivel piezométrico.

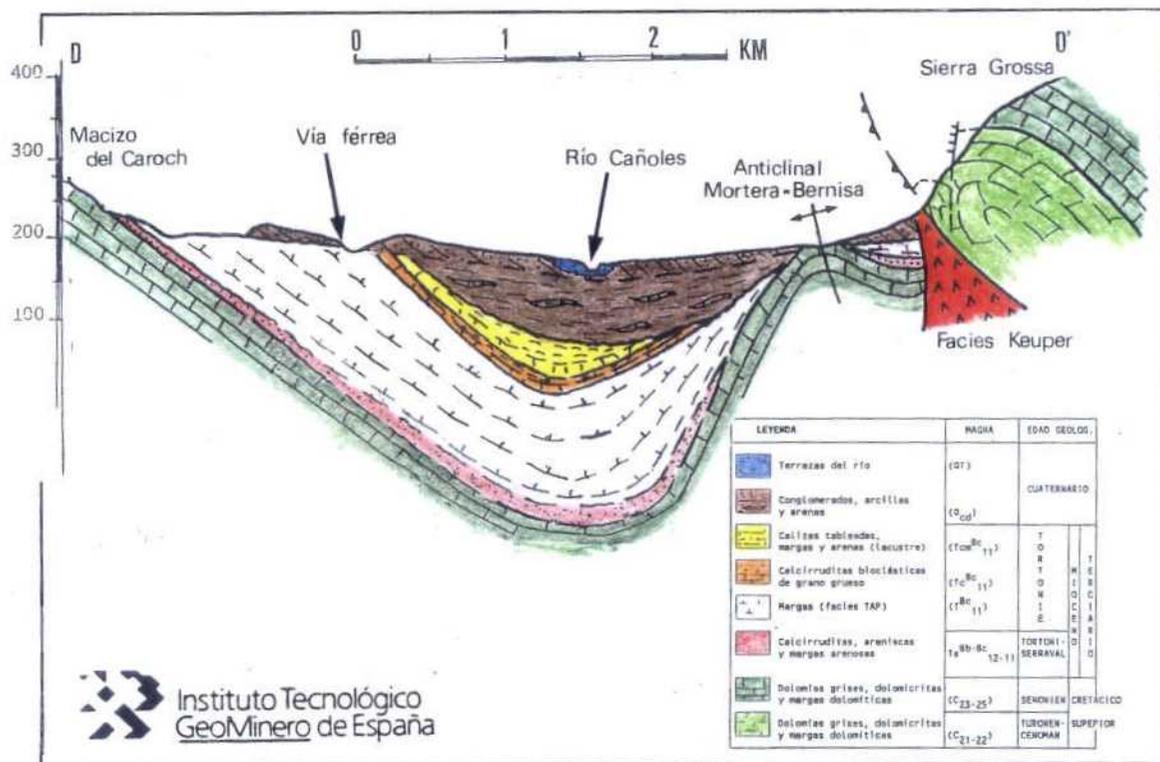


Figura 40, Corte hidrogeológico esquemático de los acuíferos de Canals, de Sierra Mortera y de Sierra Grossa

Sierra Grossa

Al Sur de la zona de estudio aparecen una serie de afloramientos cretácicos pertenecientes al macizo de Sierra Grossa, con una base impermeable constituida por las facies Keuper, que impiden cualquier conexión hidráulica entre este acuífero y el resto de unidades, como se pone de manifiesto en el corte geológico de la figura anterior.

El acuífero de Sierra Grossa está constituido por formaciones calizo-dolomíticas, que presentan una circulación de agua subterránea con dirección preferente SO-NE, con drenaje hacia el río Albaida.

La desconexión existente entre este acuífero y el de Canals, así como la lejanía a los focos de contaminación, impide la posible afección de este acuífero por la actividad de curtidors.

Depresión del Cañoles

Esta unidad está constituida por una alternancia de materiales detríticos de edad Terciaria y Cuaternaria, definiéndose una serie de tramos acuíferos en el conjunto.

La base de la serie está constituida por calcirruditas, areniscas y margas arenosas de carácter acuífero, que descansa sobre los materiales cretácicos que constituyen el resto de unidades. Este tramo presenta pequeños afloramientos tanto en el borde del Caroch como en el borde de Mortera-Bernisa. La potencia es siempre inferior a los 30 m.

A techo de esta formación detrítica basal se encuentra un importante paquete impermeable constituido por las margas en facies tap de edad tortoniense. Estas margas constituyen la base del acuífero de Canals, impidiendo cualquier tipo de conexión hidráulica entre este y el Caroch, y posiblemente con la Sierra de Mortera.

El conjunto de formaciones permeables que constituyen el acuífero de Canals, que se constituye como un acuífero multicapas, se dispone a techo de las margas en facies tap.

La serie detrítica situada a techo de las margas tap, se puede subdividir en dos paquetes bien diferenciados, por una parte los materiales que constituyen la discordancia intratortoniense y por otra el conjunto plio-cuaternario. Cronológicamente, ambos paquetes están separados por una formación pliocena de arcillas rojas, calizas lacustres y conglomerados (serie rym-syncline diapírico) de escasa extensión superficial y que no ha sido cortado por ninguno de los sondeos de captación existente en la zona de canals (figura 41). Sólo aparecen pequeños afloramientos en la zona de contacto de la depresión del Cañoles con el Caroch, al noroeste de la zona de estudio.

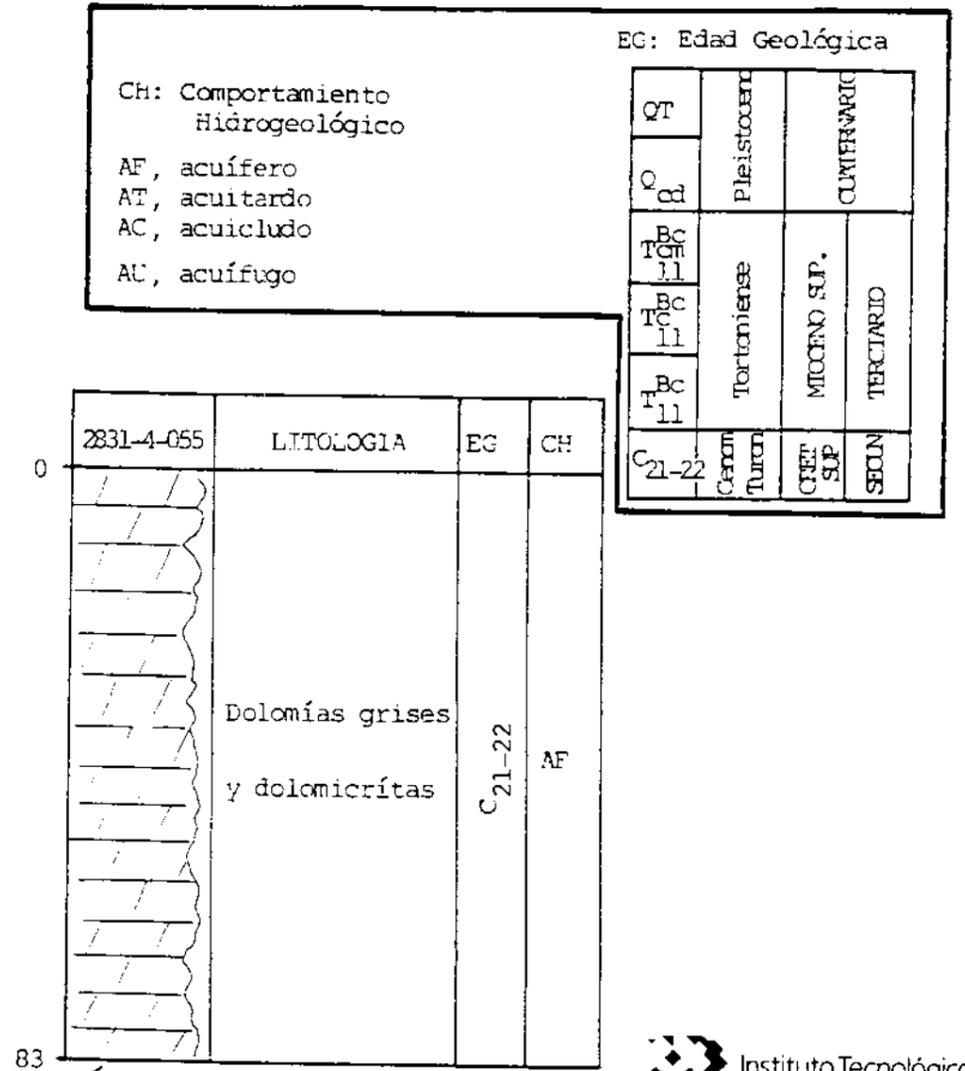
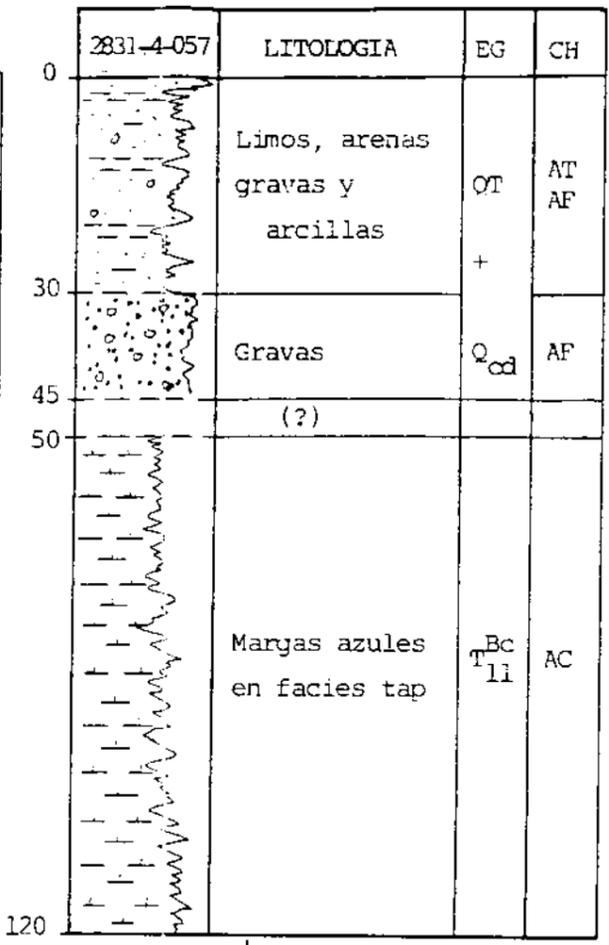
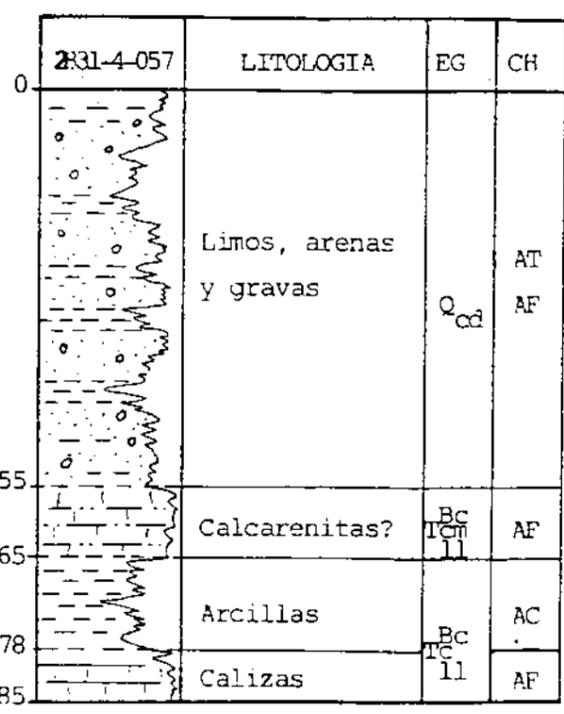
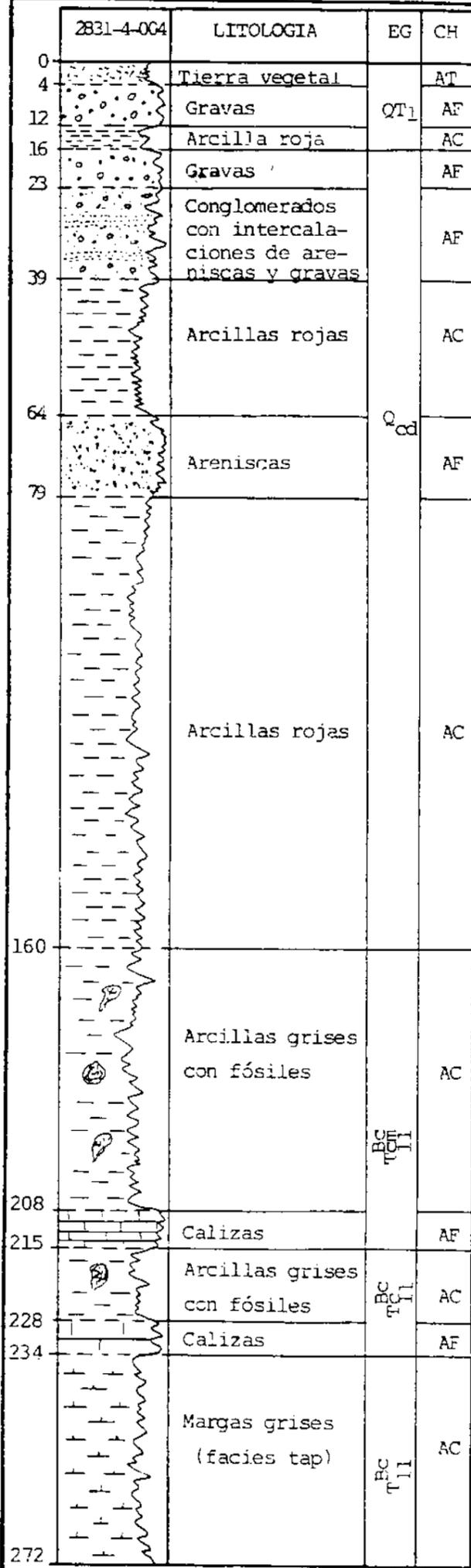
• La discordancia intratortoniense

Este paquete, claramente transgresivo y discordante sobre las margas tap, está constituido por dos tramos. El situado en la base constituye un excelente acuífero, constituyendo un importante recurso, intensamente explotándose del denominado acuífero de Canals.

Este nivel de base está constituido por un tramo de calcirrudita y ocasionalmente margas y arcillas-margas a techo, cuyo espesor aumenta al separarse del paleorelieve mesozoico. Presenta un espesor que oscila entre 5 y 35 m. y superficialmente presenta síntomas de karstificación.

El tramo superior, constituido por depósitos de acusada continentalidad, presenta en su base micritas y biomicritas, que constituyen un material acuífero; y sobre estas, arcillas y margas arenosas con muchos fósiles.

Figura 41, Columnas de sondeos en Canals

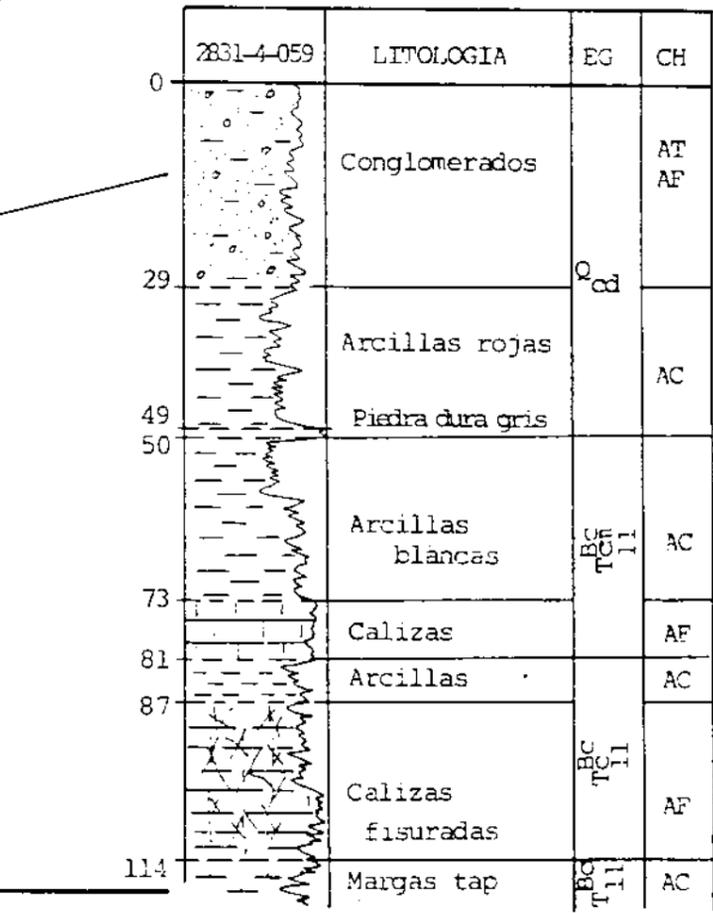
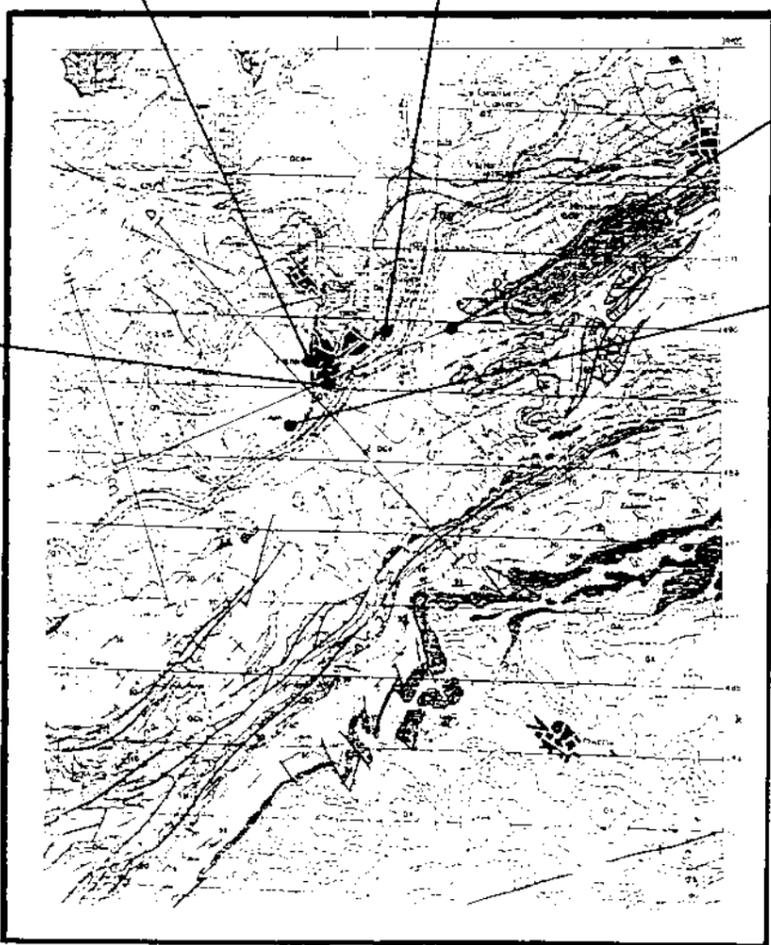
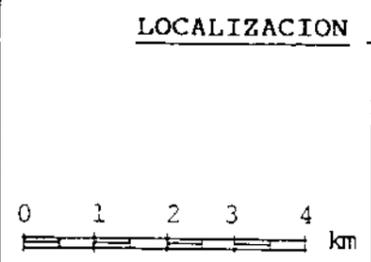


EG: Edad Geológica

QT	Pleistoceno		
Q _{ad}			
T _{bc} T _{cm} T _{ll}	Tortonense	MIOCENO SUP.	TERCIARIO
T _{bc} T _{cm} T _{ll}			
C ₂₁₋₂₂	Cenozoico Terciario	CRET. SUP.	SECUN.

Ch: Comportamiento Hidrogeológico

AF, acuífero
AT, acuitado
AC, acuícluido
AU, acuífugo



• El conjunto cuaternario

Este alcanza importantes espesores en la zona de Canals (hasta 160 en el sondeo 2831-4-004), en lo que sería la zona central de la cuenca.

Está constituido por materiales finos en la base, normalmente arcillas y arcillas arenosas, de mayor desarrollo en la zona central de la cuenca, disminuyendo su espesor hacia los bordes. Bien sobre estas arcillas y arcillas arenosas, o sobre los materiales de la discordancia intratortoniense o sobre las margas en facies tap, se sitúan unas formaciones más groseras (conglomerados, arenas, limos y arcillas), que constituyen un material acuífero, cuya formación corresponde a conos de deyección y depósitos de ladera.

Esta formación presenta granuloselección, de forma que en su base es más conglomerática, mientras que a techo constituyen verdaderas formaciones limosas-arcillosas de marcado carácter continental, que son utilizadas en la fabricación de ladrillos. Este conjunto de formaciones detríticas presentan cambios laterales de facies como corresponde a un medio de en clara regresión.

El conjunto cuaternario queda coronado por las dos terrazas asociadas al río Cañoles, una superior o alta (5-15 m. de espesor), constituida por cantos calcáreos, limos rojos y arenas; y una inferior de escaso desarrollo (1 a 5 m.), que se diferencia de la alta por su mayor cementación. Estos materiales constituyen un interesante acuífero que se encuentra sobreexplotado.

Finalmente aparecen ciertas formaciones de caliches, costras calcáreas y travertinos. Estos últimos tienen su origen en el Manantial de El Santo, a los que se asocian unos limos negros procedentes de la descomposición de los travertinos.

En conjunto, el paquete detrítico existente a techo de las margas tap, se muestra con un conjunto donde alternan los materiales acuíferos, acuitardos y acuicludos, lo que permite pensar en la existencia de un acuífero multicapa, ya que existe conexión hidráulica entre los acuíferos existentes, por contacto directo o a través de los acuitardos existentes entre ellos.

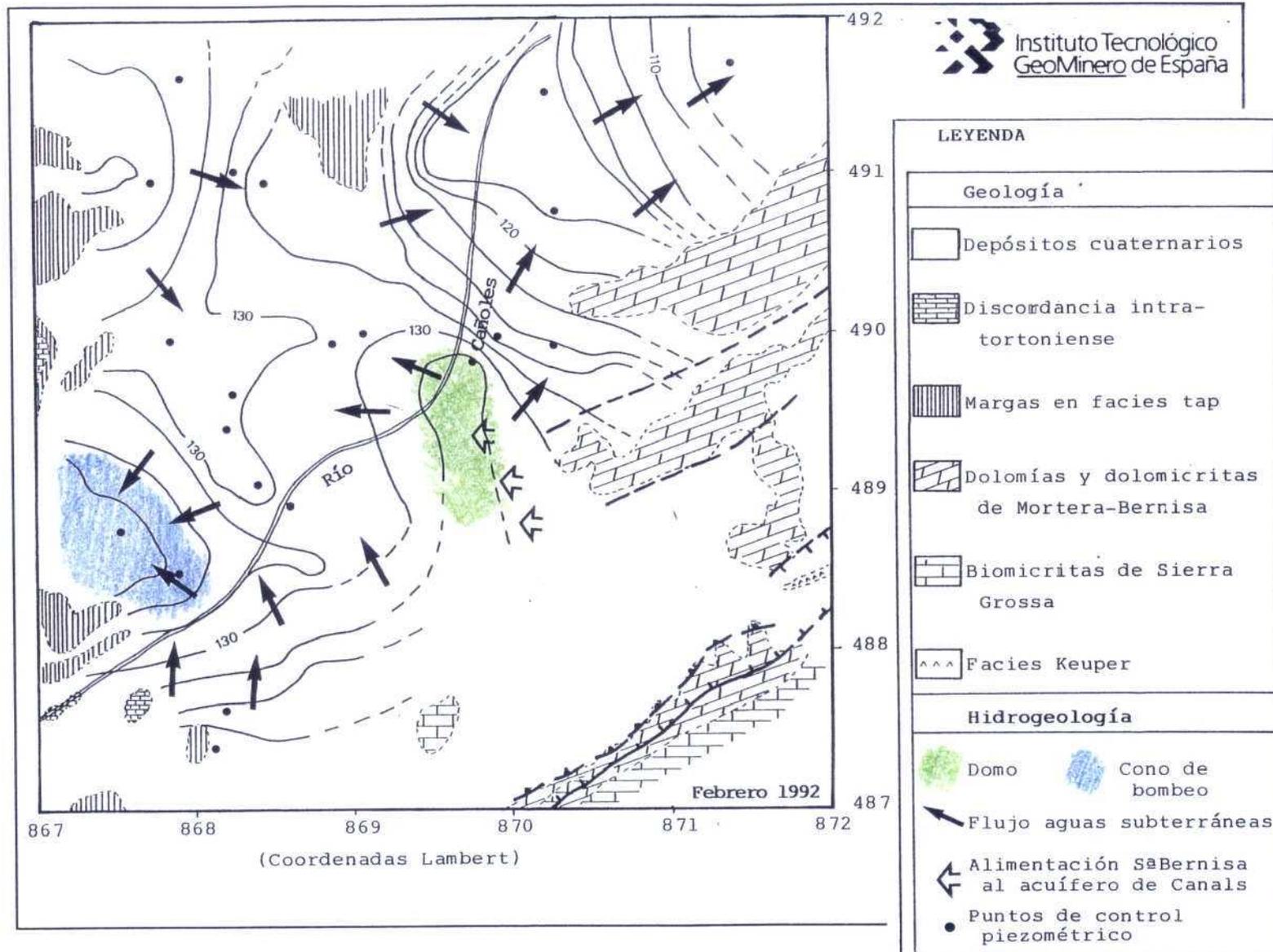
4.2.3 Estudio piezométrico

Al objeto de conocer el movimiento del aguas subterránea en el complicado sistema que constituye el acuífero de Canals, se ha llevado a cabo una campaña de medidas piezométricas, cuyo resultado se muestra en la figura 42.

Este mapa piezométrico permite obtener una serie de conclusiones:

- Existencia de anomalías piezométricas (ver figura 42):
 - Domo positivo en la zona de probable contacto hidráulico entre los acuíferos de la Sierra de Bernisa y el de Canals, debido al contraste de transmisividades entre ambas formaciones en la zona de alimentación del acuífero más transmisivo de la Sierra de Bernisa al menos transmisivo de Canals (ver figura 43).
 - Cono de depresión asociado a la zona de bombeo de las industrias de curtidos (58 l/s).

Figura 42, Mapa piezométrico zona de Canals (Febrero 1992)



- Respecto a la relación hidráulica entre río y acuífero, no se puede generalizar sobre si el primero es influente o efluente, ya que presenta zonas donde una de las riberas se comporta como efluente y la otra como influente. Por tanto, las zonas donde preferencialmente se producirá alimentación del río hacia el acuífero son las marcadas en la figura 44, siendo estas las áreas con mayores posibilidades de eventuales efectos de contaminación propiciados por el río.

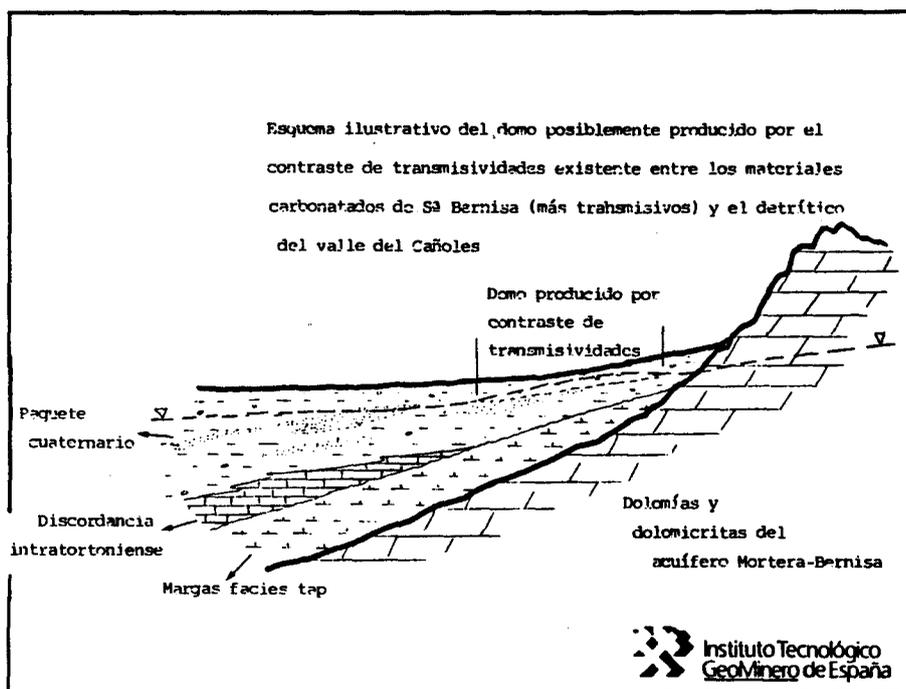


Figura 43, Domo producido por contraste de transmisividades en la zona probable de alimentación del acuífero de Bernisa al acuífero de Canals

- El drenaje general del acuífero se produce hacia el río Cañoles desde las zonas de contacto de la depresión con los macizos circundantes, y hacia el Valle del río Albaida. Los regímenes de bombeo a que este acuífero está sometido en la época seca puede condicionar notablemente la piezometría, dando lugar a modificaciones en los flujos subterráneos, favoreciendo que el río tenga un marcado carácter efluente, lo que favorecería los procesos de contaminación en las

riberas. En cualquier caso, este punto debería ser comprobado mediante una campaña de piezometría en época seca.

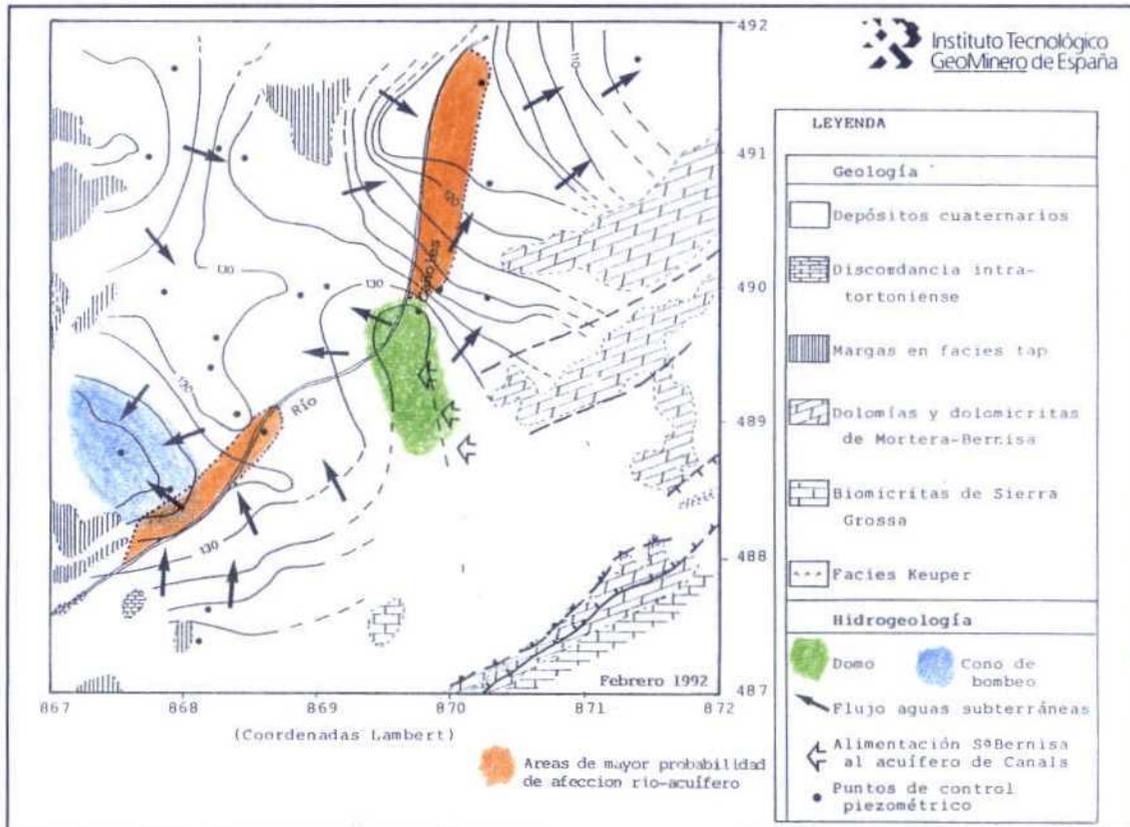


Figura 44, Zona de recarga del río al acuífero

4.3 ESTUDIO HIDROQUÍMICO

En la tabla III se muestran los datos obtenidos del análisis químico de las muestras tomadas.

El estudio hidroquímico se ha efectuado en base al siguiente conjunto de técnicas de tratamientos de datos y métodos hidroquímicos de representación:

- Balance aniones y cationes.
- Descriptiva estadística de los parámetros analizados.

- Estudio de correlaciones entre parámetros.
- Análisis de componentes principales
- Diagrama de Piper-Langelier.
- Trazado de isolíneas para diferentes parámetros.

----) MUESTREO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS Febrero 1.992 (-----
 ACUIFERO DE CANALS (Subsistema Sã Grossa)

NºMu.	DQO	Cl	SO4	HCO3	CO3	NO3	Na	Mg	Ca	K	pH	Cond	NO2	NH4	P2O5	SiO2	Fe	Mn	Cr	Fenoles	SsPp	DATOS DE CAMPO		
																						Tª	Cond	pH
AS-01	1.0	204	88	263	0	32	96	36	94	2	7.6	1136	0.00	0.00	0.00	13.2	0.01	0.000	0.000	0.000	0.21	17.0	1278	7.10
AS-02	0.7	157	87	247	0	43	71	31	96	2	7.5	1017	0.00	0.00	0.00	13.8	0.00	0.000	0.000	0.000	0.31	22.1	1124	7.28
AS-03	0.9	199	100	265	0	47	101	37	103	3	7.5	1207	0.00	0.00	0.00	14.0	0.00	0.000	0.000	-0.005	0.18	20.7	1374	7.25
AS-04	1.0	19	13	146	25	3	7	17	44	1	8.4	384	0.00	0.00	0.00	10.2	0.00	0.000	0.000	0.005	0.06	9.9	459	8.32
AS-05	1.1	280	107	268	0	36	151	39	101	2	7.5	1500	0.00	0.00	0.00	13.8	0.00	0.000	0.000	-0.005	2.27	20.3	1668	7.27
AS-06	1.1	180	128	268	0	72	86	46	113	2	7.6	1292	0.00	0.00	0.00	13.4	0.00	0.000	0.000	-0.005	0.25	15.7	1492	7.27
AS-07	0.8	167	98	231	0	53	68	31	110	1	7.5	1054	0.00	0.00	0.00	12.5	0.01	0.000	0.000	-0.005	0.07	21.0	1215	7.21
AS-08	1.4	228	101	258	0	34	115	37	98	2	7.6	1256	0.00	0.00	0.00	13.6	0.01	0.000	0.000	-0.005	0.35	21.2	1454	7.26
AS-09	1.0	266	142	308	0	50	174	43	111	5	7.4	1617	0.00	0.00	0.00	17.1	0.00	0.000	0.000	-0.005	0.35	15.4	1808	7.24
AS-10	2.0	430	164	343	0	38	288	43	113	7	7.4	2200	1.40	0.00	0.00	20.0	0.00	0.000	0.050	-0.005	0.45	18.7	2390	7.04
AS-11	1.7	920	136	241	0	92	505	46	162	4	7.7	3488	0.00	0.00	0.00	18.6	0.01	0.000	0.000	0.005	1.15	21.0	3980	7.43
AS-12	1.3	390	105	238	0	80	180	40	144	2	7.4	1840	0.00	0.00	0.00	23.4	0.00	0.006	0.000	-0.005	0.55	19.8	2960	7.29
AS-13	1.2	274	109	260	0	45	160	41	107	3	7.5	1510	0.00	0.00	0.00	14.7	0.00	0.000	0.000	-0.005	2.95	22.4	1640	7.34
AS-14	1.2	355	116	256	0	36	205	39	107	3	7.6	1707	0.00	0.00	0.00	13.4	0.01	0.000	0.000	-0.005	0.25	21.5	1890	7.00
AS-15	0.9	368	119	258	0	37	192	37	110	2	7.6	1651	0.00	0.00	0.00	13.6	0.00	0.000	0.000	-0.005	0.40	21.2	1810	7.35
AS-16	1.1	225	101	248	0	37	112	38	101	2	7.5	1274	0.00	0.00	0.00	13.3	0.00	0.000	0.000	-0.005	0.80	23.2	1285	7.28
AS-17	0.8	174	121	263	0	20	100	36	99	3	7.6	1174	0.00	0.00	0.00	12.4	0.00	0.000	0.000	0.005	0.10	16.0	1180	7.37
AS-18	0.7	179	114	254	0	24	96	35	99	3	7.5	1136	0.00	0.00	0.00	12.7	0.01	0.000	0.000	0.005	0.04	19.1	1105	7.18
AS-19	0.7	181	124	271	0	28	88	39	118	2	7.5	1210	0.00	0.00	0.00	13.1	0.01	0.000	0.000	-0.005	0.01	19.1	1140	7.11
AS-20	1.0	129	98	116	0	2	50	30	51	2	7.8	742	0.10	0.20	0.17	2.3	1.85	0.011	0.000	0.000	192.90	17.8	705	7.18
AS-21	1.0	231	116	288	0	43	122	42	113	3	7.7	1382	0.00	0.00	0.00	14.5	0.02	0.000	0.000	-0.005	1.40	20.5	1316	7.19
AS-22	0.7	94	72	234	0	34	38	28	86	1	7.6	781	0.00	0.00	0.00	11.8	0.02	0.000	0.000	0.005	0.40	21.1	733	7.24
AS-23	2.4	332	196	176	0	200	96	54	213	16	7.5	1849	0.10	0.00	0.00	12.3	0.13	0.038	0.000	0.006	1.60	20.2	1705	7.35
AS-24	1.0	169	115	249	0	18	81	35	95	3	7.5	1065	0.00	0.00	0.00	12.0	0.01	0.000	0.000	0.008	0.10	18.9	1086	7.22
AS-25	1.0	289	133	251	0	80	165	44	116	3	7.5	1593	0.00	0.00	0.00	21.2	0.02	0.000	0.000	0.008	0.50	20.5	1550	7.32
AS-26	1.0	160	116	330	0	96	68	48	147	0	7.3	1290	0.00	0.00	0.00	42.2	0.02	0.000	0.000	0.006	0.45	18.3	1270	7.10
AS-27	1.9	136	103	363	0	70	56	47	141	0	7.2	1210	1.12	0.00	0.00	43.8	0.01	0.000	0.000	0.009	0.35	17.4	1164	7.21
AS-28	1.2	189	98	272	0	15	94	37	89	8	7.5	1112	0.00	0.00	0.00	12.0	0.00	0.008	0.000	0.009	0.95	20.4	1120	7.34
AS-29	1.3	168	126	418	0	150	93	63	180	2	7.5	1537	0.12	0.00	0.12	77.0	0.01	0.000	0.000	-0.006	0.70	15.3	1478	7.23
AS-30	2.6	132	109	280	0	50	57	39	118	2	7.9	1081	0.00	0.00	0.00	29.9	0.02	0.000	0.000	-0.005	1.30	12.8	1064	7.94
MR-02	2.5	179	130	280	21	68	121	39	106	5	8.2	1311	0.05	0.00	0.57	24.4	0.01	0.000	0.000	-0.005	0.85	10.1	1450	8.19

Unidades de medida:

- a) DQO, Cl, SO4, HCO3, CO3, NO3, Na, Mg, Ca, K, NO2, NH4, P2O5, Fe, Mn, Cr, Fenoles, SsPp en ppm
- b) Conductividad en µs/cm
- c) Temperatura en °C

Tabla III, Datos análisis químicos de aguas subterráneas

4.3.1 Balance de aniones y cationes

Al objeto de detectar posible anomalías que se hayan podido producir en las determinaciones analíticas efectuadas, se realiza este cálculo basado en la idea, que en un análisis químico la suma de miliequivalentes de aniones debe ser igual a la suma de miliequivalentes de cationes (Custodio-Llamas), definiéndose el error del balance del análisis por la expresión:

$$e (\%) = 200 \frac{\sum \text{cationes} - \sum \text{aniones}}{\sum \text{cationes} + \sum \text{aniones}}$$

En la tabla IV se muestra el balance de iones para las muestras analizadas.

El error admisible depende de la conductividad, como se pone de manifiesto en la tabla IV.

Teniendo en cuenta este error admisible, sólo la muestra nº 4, presenta un error no admisible. Esta muestra posee un valor muy bajo de conductividad (384 μS), y fue tomada en una conducción que trae el agua desde una fuente situada en la Sierra Grossa, quizás esta circunstancia condicione esta situación

El resto de muestras presentan errores admisibles. En conjunto, teniendo en cuenta un valor medio de conductividad de 1407 μS , sin tener en cuenta la muestra 4, el error medio es del 0.197 %, lo cual es admisible.

N°Mues	CONDUCT	Error(%)
1	1136	-4.2020
2	1017	-4.4673
3	1207	-0.9265
4	384	19.0834(*)
5	1500	-1.3692
6	1292	-0.3844
7	1054	-3.0784
8	1256	-2.2729
9	1617	2.9466
10	2200	0.7652
11	3468	-0.6950
12	1840	0.0653
13	1510	5.1431
14	1707	2.0933
15	1651	-4.1589
16	1274	0.0252
17	1174	2.3893
18	1136	1.0206
19	1210	3.2996
20	742	-4.7978
21	1382	1.1128
22	781	-2.8767
23	1849	0.7665
24	1065	-2.5461
25	1593	5.7457
26	1290	2.1619
27	1210	2.3492
28	1112	-2.2664
29	1537	4.3002
30	1081	2.3048
31	1311	3.4682

Error admisible, función de la conductividad

Conduct.(µS)	50	200	500	2000	>2000
Error admis.	30	10	8	4	4

(Custodio-Llamas)

µS

(*) Muestras con error no admisible

Tabla IV, Balance de aniones y cationes. Errores.

4.3.2 Estudio estadístico

Descriptiva de parámetros analizados

Al objeto de conocer los estadísticos que definen las distribuciones que presentan los diferentes parámetros analizados se han calculado los correspondientes descriptores que se muestran en las tabla V.

Las muestras corresponden en su mayoría al acuífero de Canals, si bien también existen muestras de otro acuíferos colindantes:

ACUIFERO		MUESTRA Nº
Acuífero de Bernisa	➔	AS-22
Acuífero de Mortera	➔	AS-12
Sierra Grossa ?	➔	AS-04
Macizo del Caroch	➔	AS-28

Las conclusiones que se pueden obtener de esta tabla son las siguientes:

- Existen valores de cloruros muy elevados, que se deberán a procesos de contaminación agrícola, puesto que no existen formaciones salíferas importantes en la depresión del Cañoles que lo justifique.
- Por otro lado, valores muy alto de nitratos apoyan la tesis anterior, sobre procesos de contaminación agrícola.
- Los valores de pH son netamente básicos, oscilando entre 7,2 y 8,4.
- El escaso coeficiente de variación que presenta el bicarbonato, implica la existencia de un medio hidroquímico natural dominado por esta facies, no marcándose diferencias importantes entre los sistemas carbonatados y el acuífero multicapa de Canals respecto a este ión. Debido, posiblemente, a la importante componente carbonatada del paquete correspondiente a la discordancia intratortoniense y al componente calcáreo de los sedimentos de la depresión, procedentes de la denudación de los macizos calcáreos colindantes.

VARIABLES:	Cl	SO4	HCO3	NO3	Na	Mg
MEDIA	238	112	263	53	124	39
MEDIANA	189	114	260	263	96	39
DES. STANDAR	155	30	56	41	91	8
MINIMO	19	13	116	2	7	17
MAXIMO	920	196	418	200	505	63
Q1 (25%)	166	100	247	32	71	36
Q3 (75%)	274	126	280	70	160	43
KURTOSIS	12.3	4.9	2.6	5.3	-	2.7
ASIMETRIA	2.9	-0.4	0.04	2.0	-	0.2
CF. VARIACION	0.6	0.3	0.2	0.8	0.7	0.2

VARIABLES:	Ca	K	pH	Cond.	SiO2	SsPp
MEDIA	112	3	7.58	1374	18.7	6.85
MEDIANA	107	2	7.50	1274	13.6	0.40
DES. STANDAR	31	3	0.23	528	13.8	34.54
MINIMO	44	0	7.20	384	2.3	0.01
MAXIMO	213	16	8.40	3468	77.0	192.9
Q1 (25%)	98	2	7.50	1112	12.5	0.21
Q3 (75%)	118	3	7.60	1593	20.0	0.95
KURTOSIS	3.2	12.2	5.3	7.8	10.6	4.1
ASIMETRIA	0.9	3.1	1.9	2.0	2.9	1.9
CF. VARIACION	0.27	1.0	0.03	0.38	0.7	5.0

Tabla V, Resultados de análisis muestras de aguas subterráneas
Acuífero de Canals y colindantes (Febrero 1.992)

Correlación entre parámetros analizados

Los coeficientes de correlación se muestran en la tabla VI, de la que se obtienen las siguientes conclusiones:

- correlaciones normales entre Cl/Na/Conductividad y SO₄/Ca/Mg/Conductividad,
- destacar la ausencia de correlación entre el HCO₃ y el Ca y la existencia de correlación entre HCO₃ y el Mg, lo que se explica por la presencia de carbonatos dolomíticos y no calizos.

	DQO	Cl	SO ₄	HCO ₃	NO ₃	Na	Mg	Ca	K	pH	Cond	SiO ₂
Cl	0.248											
SO ₄	0.445	0.479										
HCO ₃	0.162	0.031	0.303									
NO ₃	0.467	0.285	0.603	0.265								
Na	0.217	0.969	0.447	0.130	0.162							
Mg	0.403	0.346	0.745	0.645	0.796	0.308						
Ca	0.472	0.474	0.718	0.385	0.907	0.349	0.835					
K	0.478	0.291	0.654	-0.158	0.474	0.213	0.332	0.461				
pH	0.226	-0.162	-0.416	-0.472	-0.242	-0.123	-0.484	-0.441	-0.036			
Cond	0.350	0.962	0.634	0.241	0.456	0.943	0.564	0.635	0.346	-0.262		
SiO ₂	0.292	-0.051	0.157	0.763	0.556	-0.028	0.684	0.501	-0.182	-0.223	0.152	
SsPp	0.075	-0.125	-0.086	0.483	-0.225	-0.146	-0.205	-0.354	-0.063	0.172	-0.216	-0.220

Tabla VI, Coeficientes de correlación entre parámetros analizados

- Es curiosa la correlación entre el NO₃ y el Ca. Al objeto de estudiar esta correlación se ha elaborado la figura 45, donde se ha dibujado la variación de Ca y HCO₃ con valores crecientes de NO₃ en las aguas subterráneas. Al ubicar las muestras, se observa que corresponden los más altos valores de NO₃ (> 50 ppm) a pozos superficiales instalados sobre materiales detríticos con elevado contenido en carbonato cálcico o en pozos profundos con importante recubrimiento detrítico.

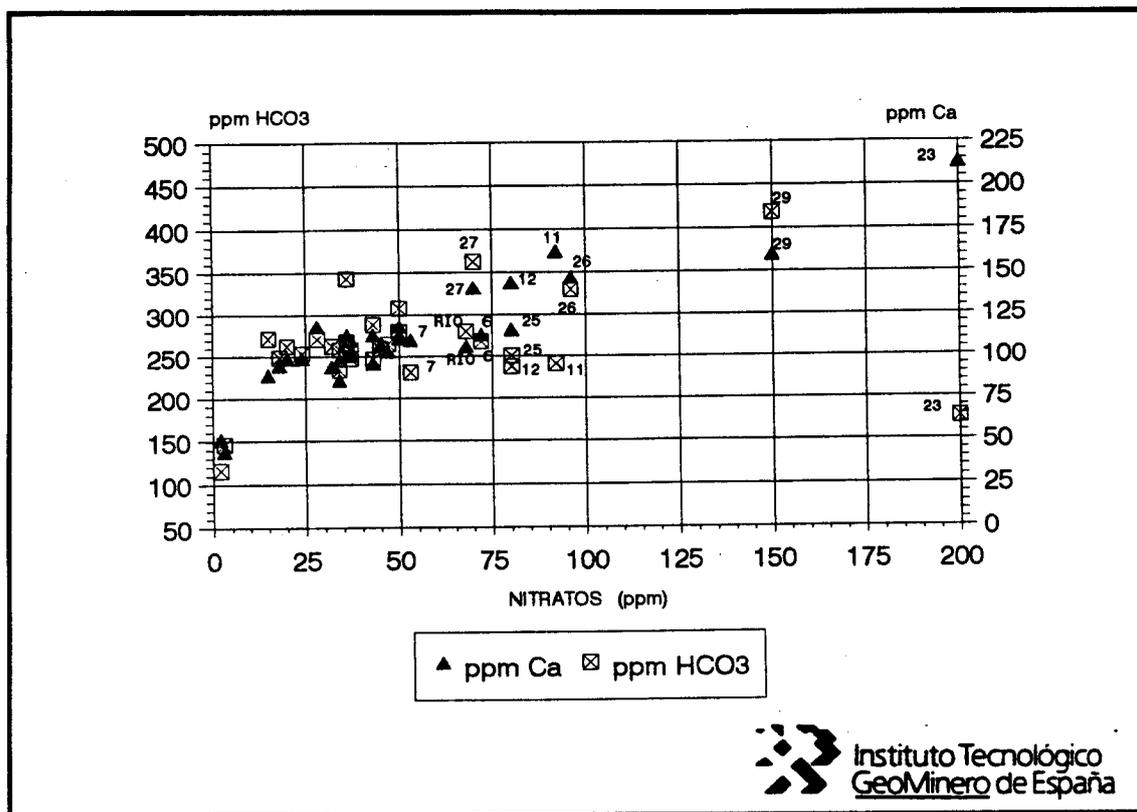


Figura 45, Variación de Nitratos, Bicarbonatos y Ca.

Análisis de componentes principales

Mediante este análisis estadístico multivariable, se obtiene unos nuevos parámetros químicos hipotéticos, que reciben el nombre de componentes principales.

Tomando como variables de partida los aniones principales, es decir, Cl , SO_4 , HCO_3 y NO_3 , y en base a los valores en miliequivalentes, y eliminando las muestras pertenecientes a otros acuíferos, se construyen estos componentes principales. Representando las muestras tomadas en el espacio bidimensional correspondiente a los dos componentes principales se obtiene la figura 46, donde se observa como las muestras se agrupan según tendencias.

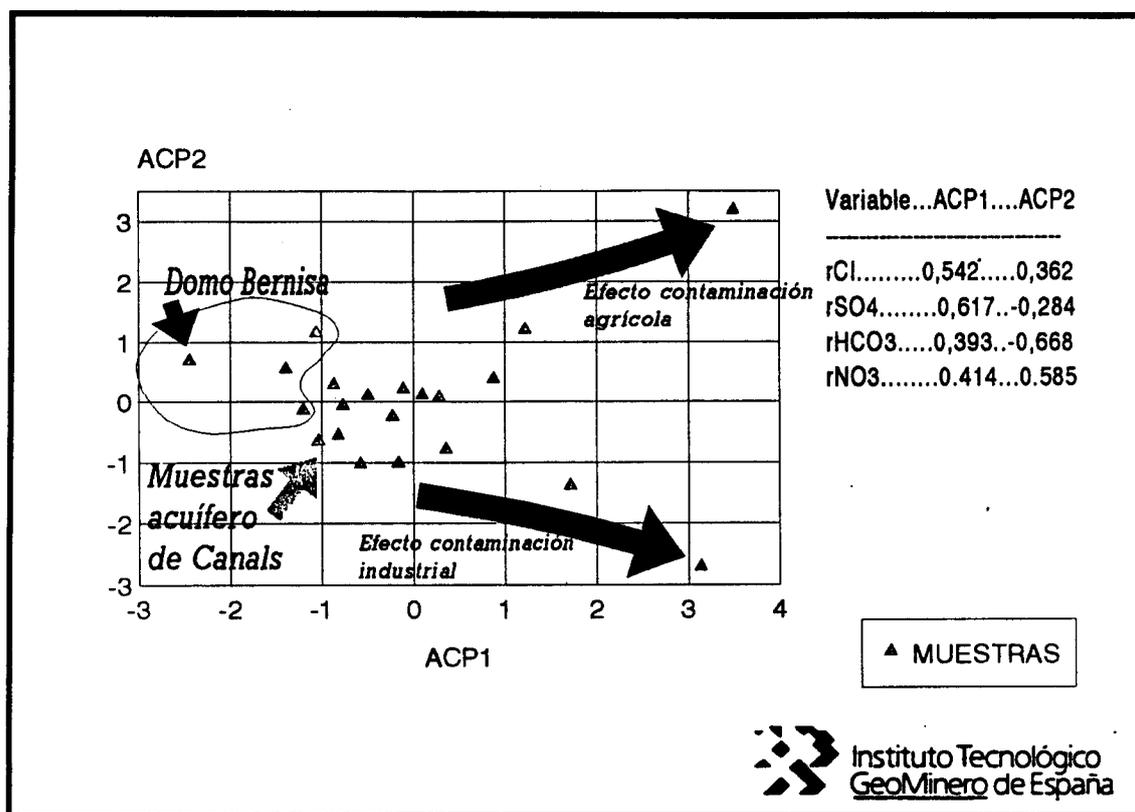


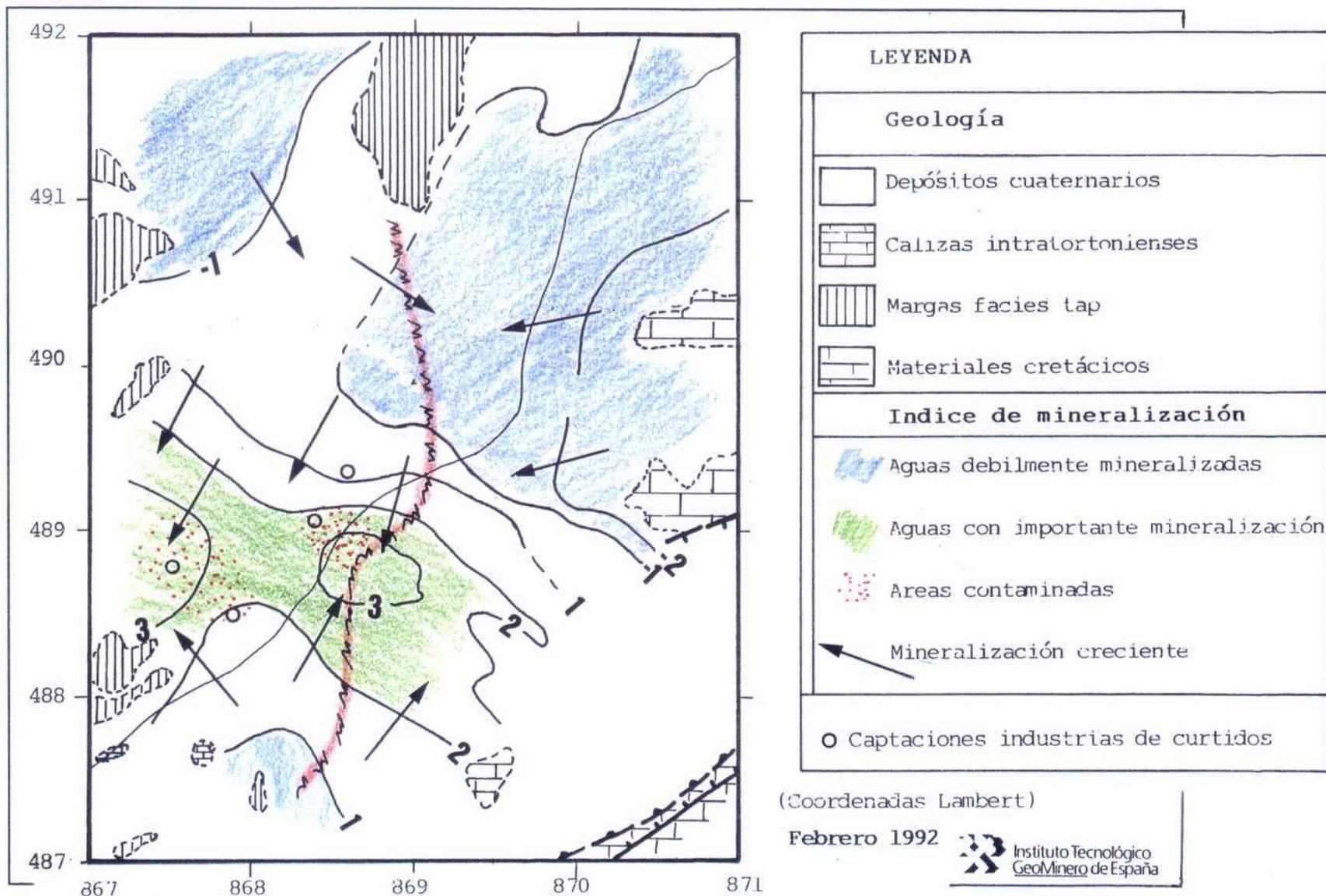
Figura 46, Representación de muestras en el espacio bidimensional definido por los dos componentes principales

En esta figura 46 se definen dos tendencias muy claras, por un parte el efecto de contaminación agrícola y por otro el efecto de contaminación industrial. Asimismo se definen los puntos de muestreo que pertenecen a la zona que se ha denominado domo Bernisa.

Estas tendencias vienen marcadas por el segundo factor principal, que implica la relación entre aniones SO_4 y HCO_3 , y entre rCl y rNO_3 .

El primer componente principal o variable química hipotética está relacionada con el fenómeno mineralizador, ya un aumento de este parámetro hipotético, que se denomina ACP1, significa la presencia de muestras más mineralizadas.

Figura 47, Índice de mineralización (ACP 1)



 Situación más probable del contacto profundo entre los materiales de la discordancia intratorconiense y las margas tap.

Si se toma este ACP1, y representamos un mapa de isolíneas del mismo, para la zona de estudio (ver figura 47), se pueden definir áreas contaminadas y como se desarrolla el proceso mineralizador en el acuífero, delimitando zonas de débil mineralización y zonas muy mineralizadas. Estas líneas de mineralización se corresponden con las direcciones de flujo subterráneo.

4.3.3 Caracterización hidroquímica

Diagrama Piper-Langelier

El correspondiente diagrama aparece en la figura 48. Esta indica que la facies hidroquímica predominante es la sulfatada y/o clorurada cálcica y/o magnésica.

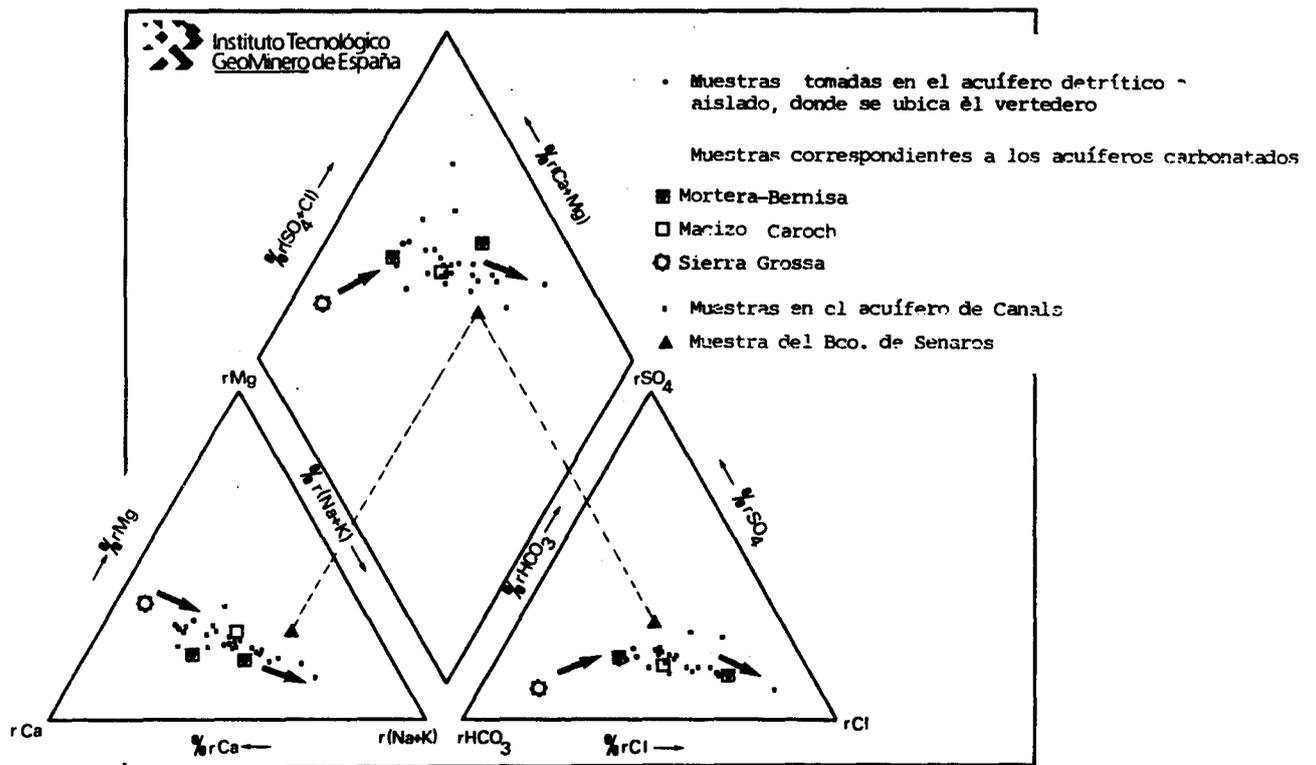


Figura 48, Diagrama Piper-Langelier

Trazado de isolíneas

Al objeto de conocer la distribución espacial de varios parámetros analizados, se han trazado los mapas de isolíneas.

Las variables representadas son CLORUROS, BICARBONATOS, SULFATOS Y NITRATOS, junto a estas se han elaborado mapas de isolíneas para ratios hidroquímicos tales como K_r y Cl/HCO_3 .

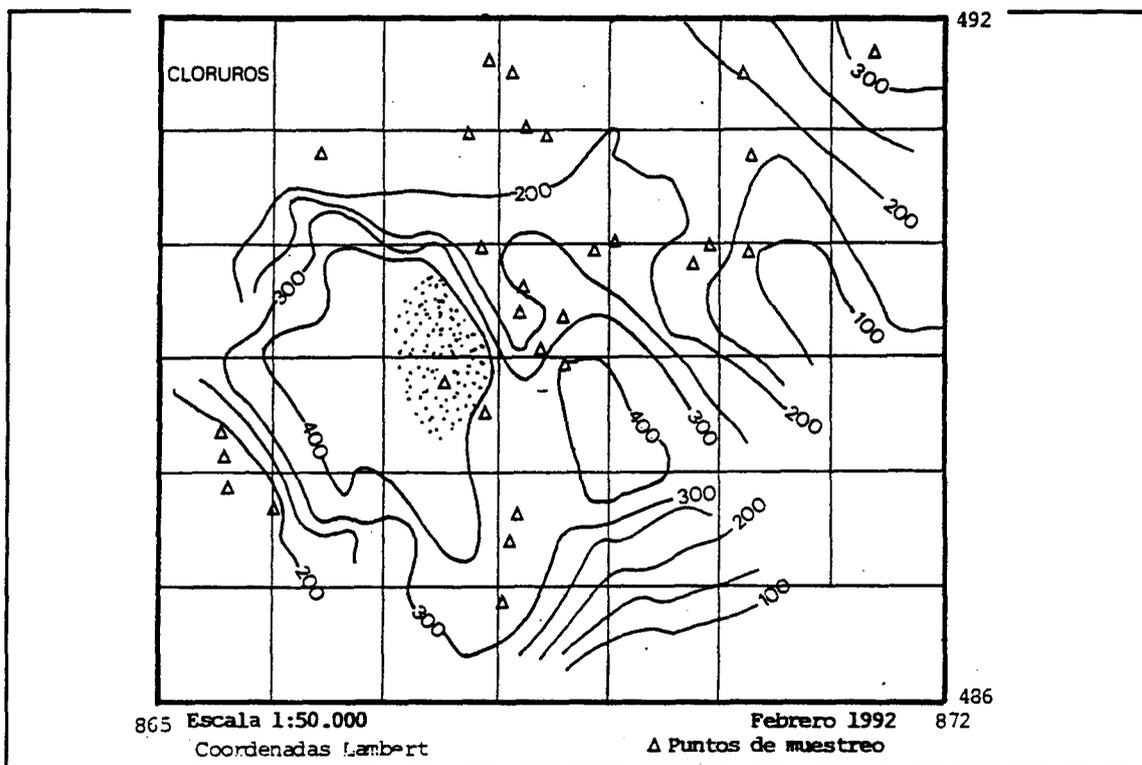


Figura 49, Mapa de isocloruros
Acuífero de Canals (Febrero 1992)

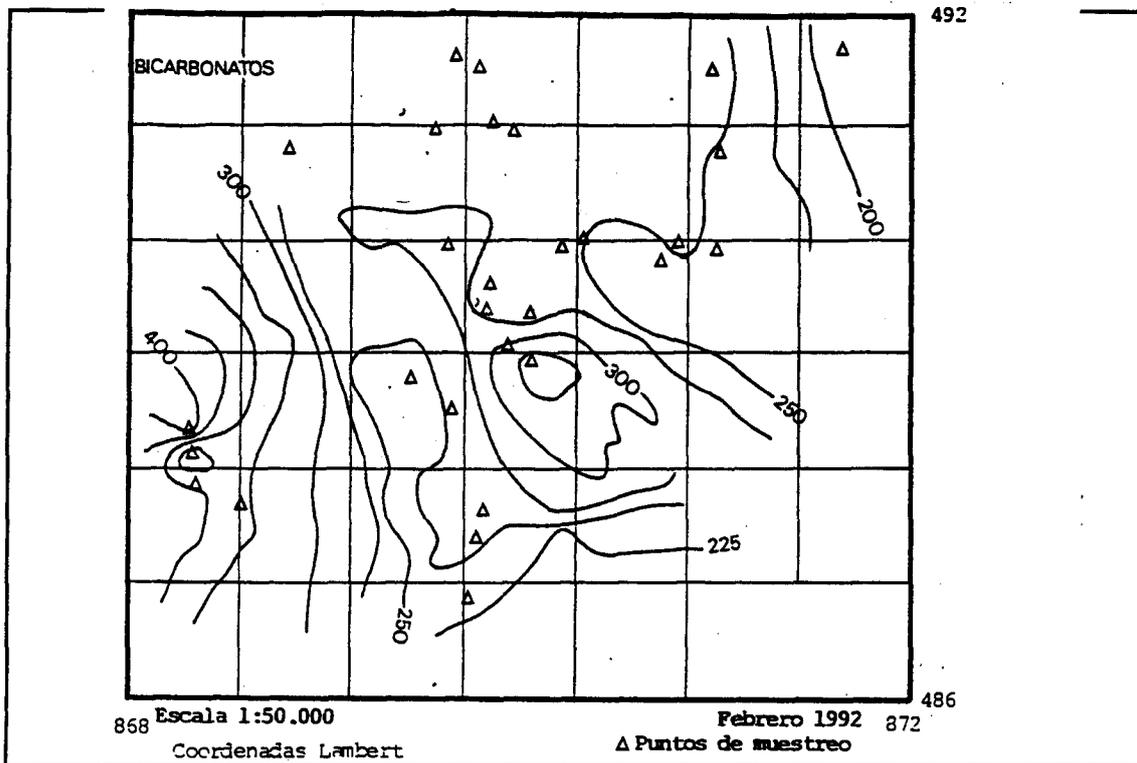


Figura 50, Mapa de isobicarbonatos
Acuifero de Canals (Febrero 1992)

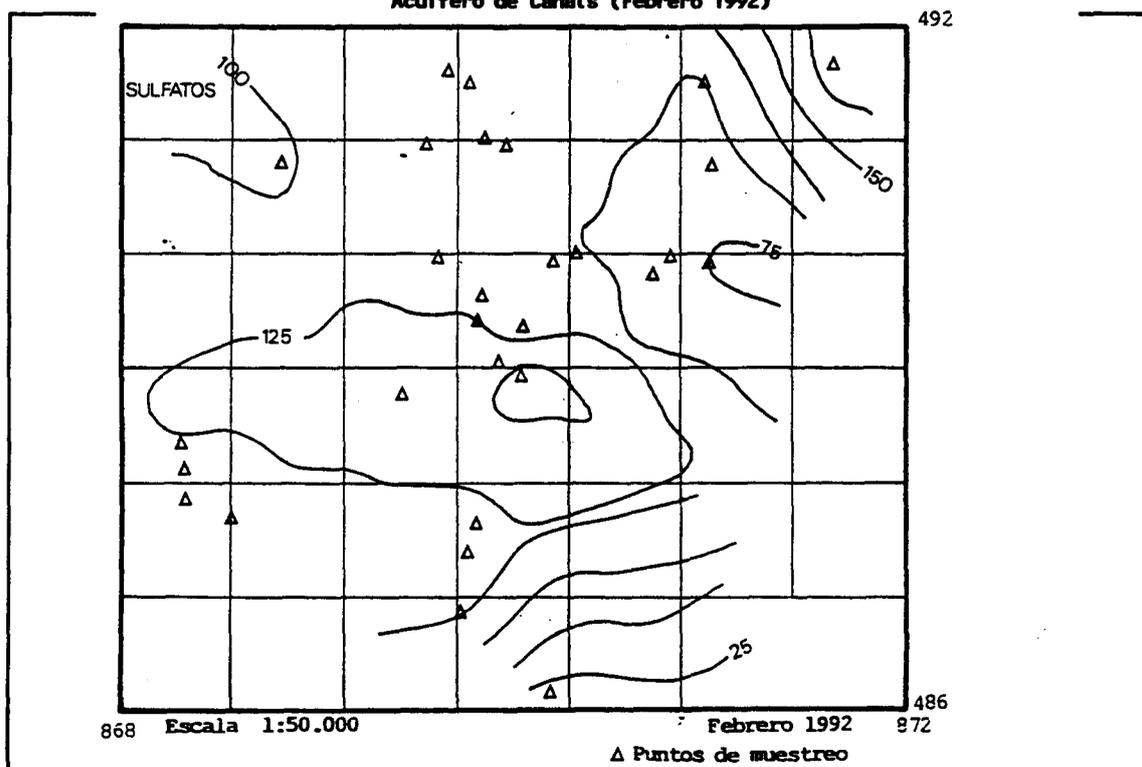


Figura 51, Mapa de isosulfatos
Acuifero de Canals (Febrero 1992)

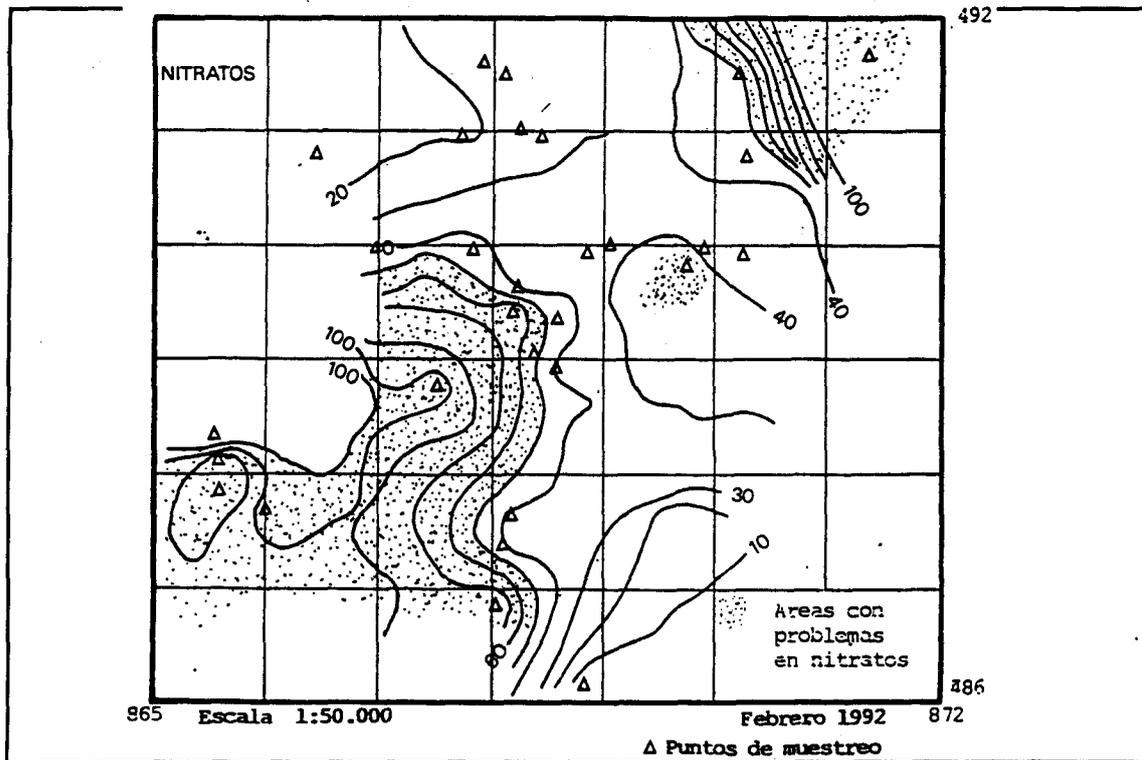


Figura 52, Mapa de isonitratos
Acuifero de Canals (Febrero 1992)

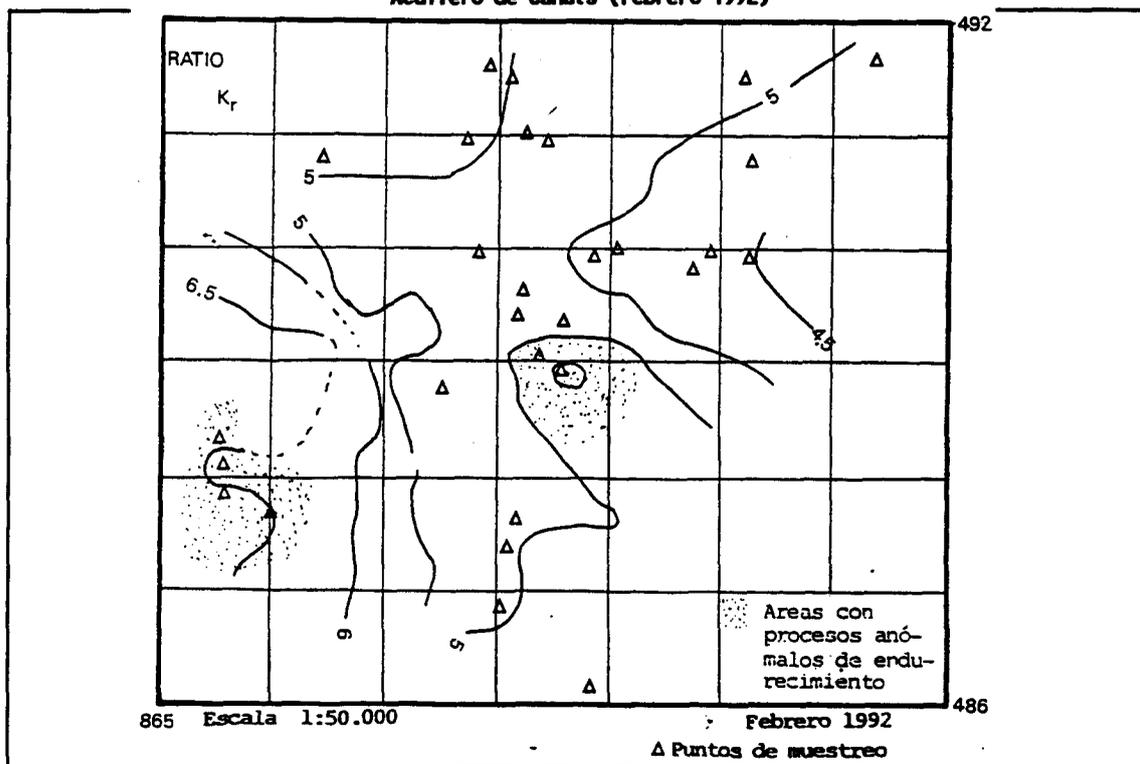


Figura 53, Mapa de isoclinas para K_r
Acuifero de Canals (Febrero 1992)

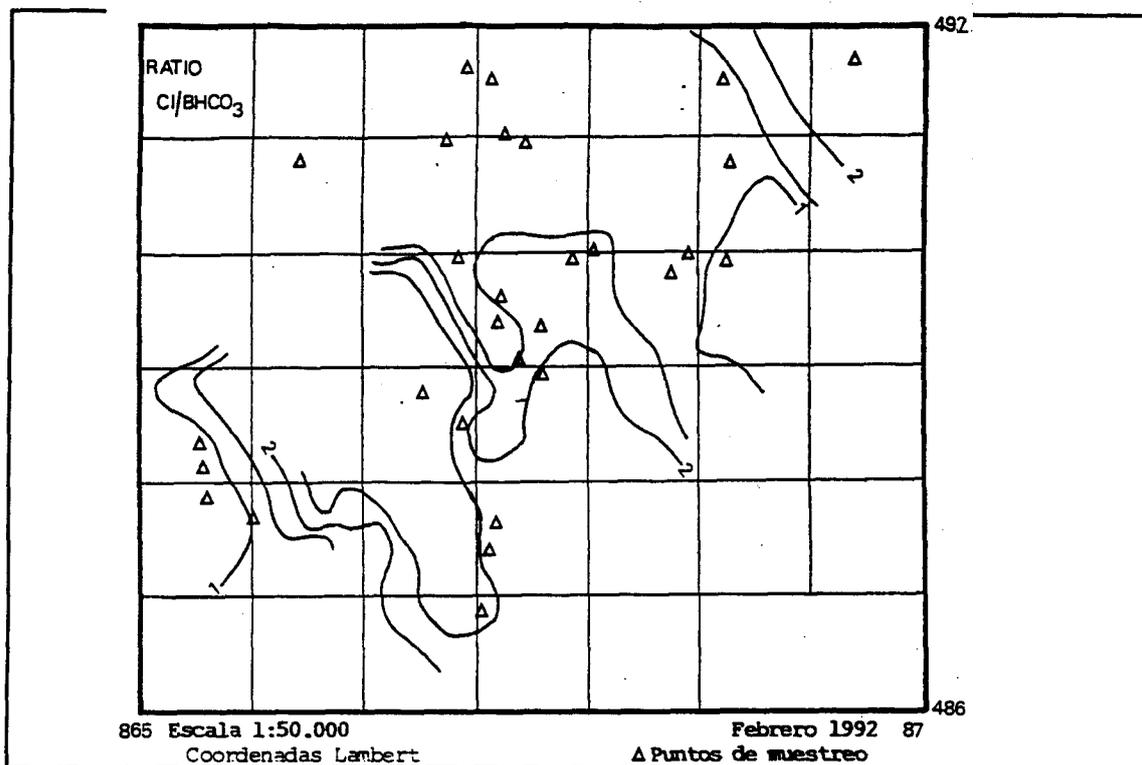


Figura 54, Mapa de isolíneas Cl/HCO₃
Acuífero de Canals (Febrero 1992)

4.4 PROBLEMÁTICA ASOCIADA AL VERTEDERO

El vertedero de residuos de curtición está situado en el término municipal de Montesa, a unos 250 m. del margen izquierdo de la carretera Canals-Montesa en su punto kilométrico 3.300, pasado el pequeño puente del Bco de Senaros.

Está situado junto al Bco. de Senaros, ocupando una extensión de aproximadamente 0,5 ha, instalado en una excavación sobre los materiales pliocuaternarios de la serie detrítica final de la depresión del Cañoles.

El volumen de hueco de este vertedero se puede estimar en 10000 m³.

El vertedero de Canals



Panorámica del vertedero



En la figura 55 se muestra un esquema de las dimensiones del vertedero.

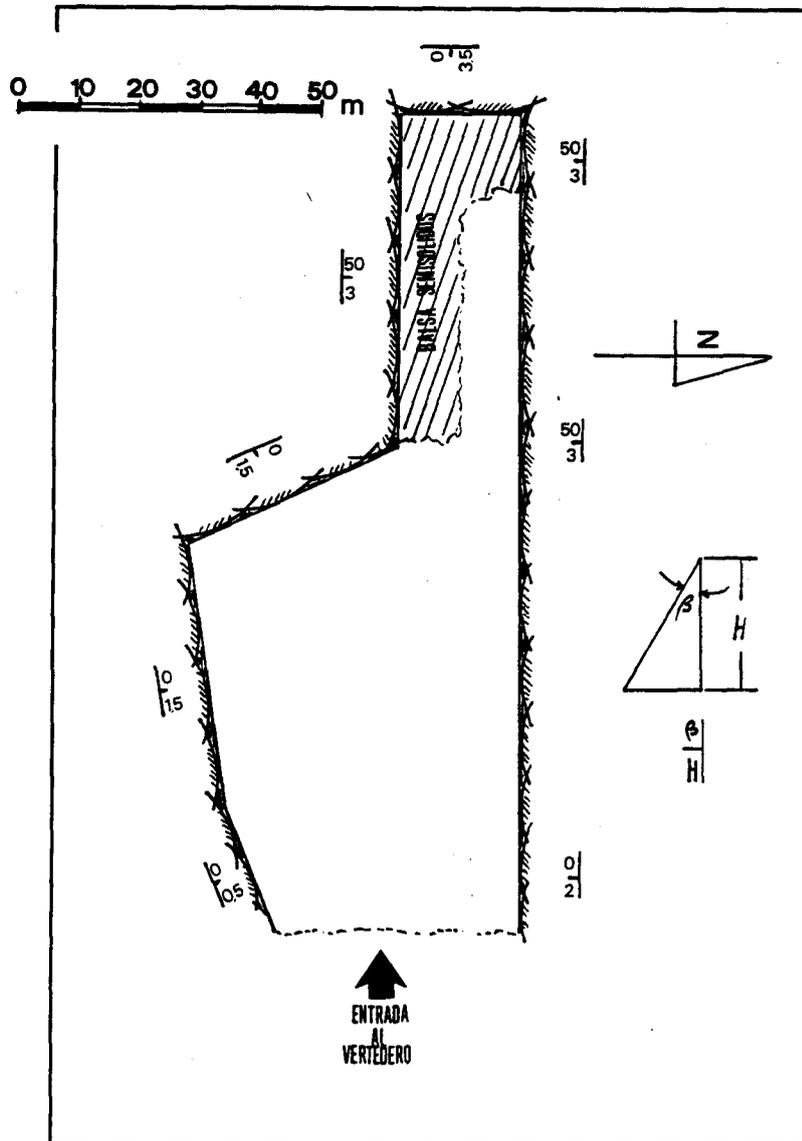


Figura 55, Esquema en planta de las dimensiones del vertedero

En este vertedero se observan diferentes tipos de residuos de curtición. Existe una balsa de unos 800 m² donde se acumula un residuo en estado semisólido (carnazas, sebos,...) procedente de los procesos de ribera. Esta balsa se soterra periódicamente cuando el residuo está seco.



Balsa de acumulación de residuos semisólidos



Residuo semisólido reseco e incorporado al terreno

También aparecen otros tipos de residuos (borra, restos de pieles, carnaza sólida, plásticos y sacos de productos químicos diversos, etc.).

Geológicamente, el vertedero está situado sobre materiales pliocuaternarios que se apoyan sobre las margas "tap", base impermeable del sistema acuífero de Canals.

Estos materiales plicuaternarios presentan dos litologías bien diferenciadas:

- tramo superior, limos y arcillas rojizas, con elevado contenido carbonatado,
- tramo inferior, conglomerado calcáreo con limos y arenas

El tramo inferior constituye un acuífero de interés local que es aprovechado. Asociado a este acuífero aparecen una serie de manantiales topográficos, como es el caso del Manantial existente en la poceta del Bco. de Senaros a escasamente 200 m. del vertedero.

En un radio de menos de 1,5 km. del vertedero se han observado diversas captaciones de este acuífero detrítico.

En la figura 56 se muestra un mapa de localización de la zona, así como un corte geológico esquemático.

Como se observa en este esquema geológico, el vertedero corta tanto los materiales acuitardos del tramo superior como el acuífero constituido por el tramo inferior, estando apoyados los residuos sobre estos conglomerados.

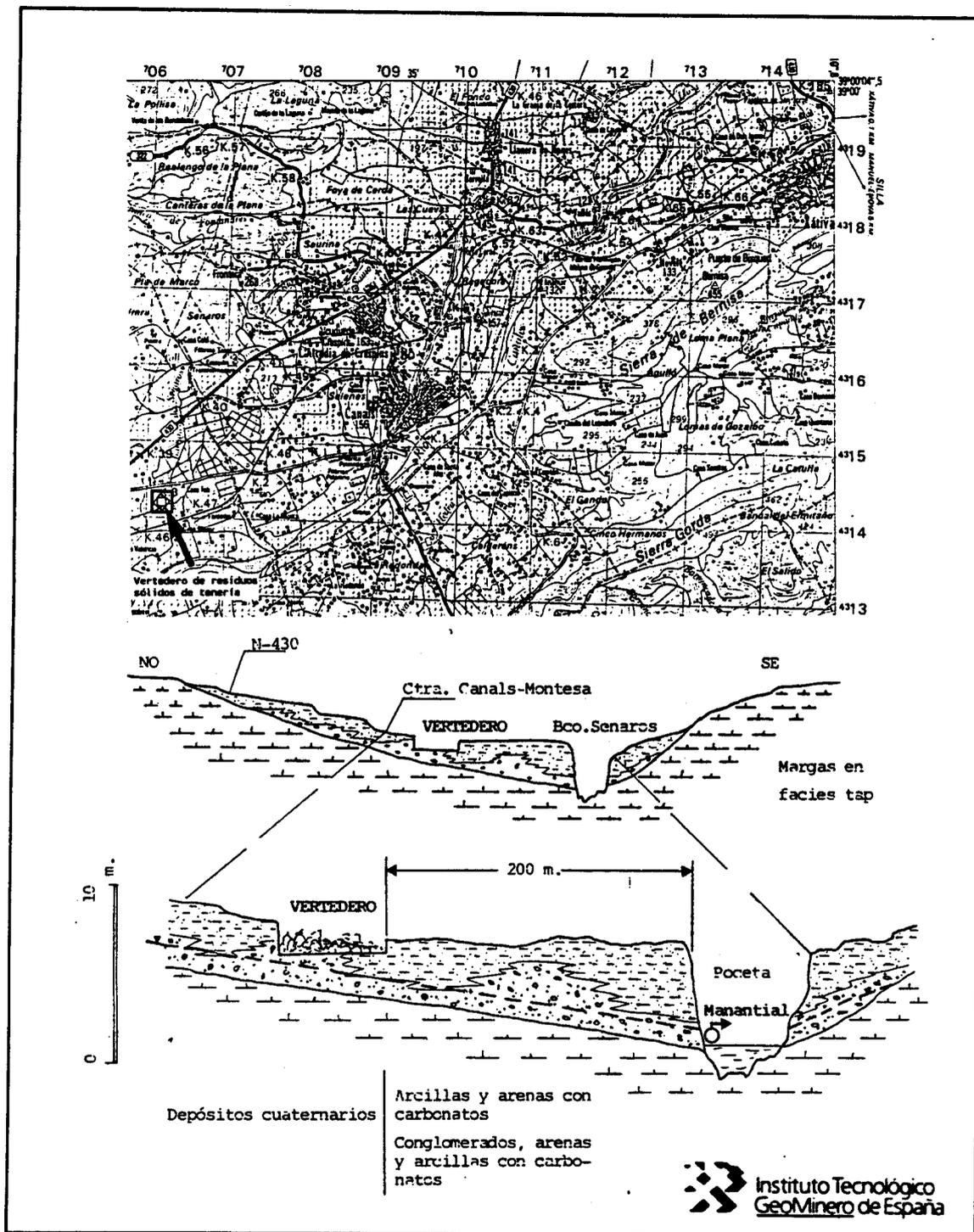


Figura 56, Mapa de situación del manantial del Barranco de Senarros, y su posición relativa respecto al vertedero. Corte geológico esquemático de la zona.



Formación de lixiviados



Serie detrítica sobre la que se instala el vertedero

Se efectuó un muestreo en los pozos próximos al vertedero observándose los siguientes datos:

- Ausencia de contaminación por Cr en las aguas subterránea asociadas al nivel conglomerático basal en la zona.
- Facies bicarbonatada cálcica, más acusada que el resto de muestras tomadas en el acuífero de Canals.
- Contaminación por nitratos (actividad agrícola)

No presentan peculiaridades importantes ni indicios de contaminación mineral procedente del vertedero, si bien sería conveniente un análisis microbiológico de las aguas, ya que puede existir una contaminación orgánica debida al vertedero.

Hidrogeologicamente el acuífero local sobre el que se apoya este vertedero, está desconectado del acuífero de Canals por razones geológicas, como se puso de manifiesto en la descripción del soporte geológico (apartado 4.2.2), por lo que la posible contaminación que pudiera existir no afectaría al acuífero más intensamente explotado constituido por las calizas intratortonienses.

La cercanía del manantial que aparece asociado a la poceta del Bco. de Senaros, implica la importancia de caracterizar la hidroquímica del agua subterránea a este asociada.

Se ha tomado una muestra de este manantial, que mana agua a favor de un superficie libre asociada a una poceta natural, en base al afloramiento de los conglomerados de base de la serie pliocuaternario existente a techo de las margas en facies tap, existentes en el área.

El sistema configurado por el foco de contaminación y el soporte geológico, constituye un modelo muy interesante para estudiar el movimiento de contaminantes procedentes de los residuos sólidos de la industria del curtido en el medio. Ya que los residuos se sitúan sobre el material acuífero, propiciando el aporte directo de contaminantes por lixiviación a favor del agua

de lluvia.

A continuación se muestran los resultados de los análisis químicos efectuados sobre esta muestra:

Muestra: MANANTIAL Bco. DE SENAROS			
PARAMETROS	CONTENIDOS mg/l	PARAMETROS	CONTENIDOS mg/l
SODIO	67	CLORUROS	160
POTASIO	1	SULFATOS	174
AMONIO	0	BICARBONATOS	249
MAGNESIO	47	CARBONATOS	0
CALCIO	135	NITRATOS	98
HIERRO	0,019	NITRITOS	1,24
MANGANESO	0,016	FOSFATOS	<0,05
COBRE	<0,05	FLUORUROS	0,6
CINC	<0,05	CIANUROS	<0,0025
CROMO	0,005	SULFUROS	0
CADMIO	<0,001	SILICE	36,3
PLOMO	0,039	FENOLES	<0,01
ARSENICO	<0,005	RESIDUO SECO	852
SELENIO	<0,001	OXIDABILIDAD	
MERCURIO	<0,0005	AL PERMANGANATO	2,8
CONDUCTIVIDAD		1258 μ mohs/cm	

Este análisis efectuado indica que se trata de una muestra no contaminada, sólo la presencia de elevados de nitratos (por encima de 50 mg/l) propiciada por la actividad agrícola (frutales) existente en la zona, introduce una anomalía hidroquímica significativa.

El valor de sulfatos obtenidos es algo más elevado que los obtenidos en el resto de muestras:

Pozos de la zona: 103-126 ppm SO_4
Manantial Bco. Senaros: 174 ppm SO_4

El valor de Cr muestreado indica la posible existencia de fenómenos de dispersión de este contaminante en este acuífero constituido por conglomerados, arenas y arcillas con altos contenidos en carbonatos, procedente de los vertidos de la

industria del curtido, ya que en muestra tomadas en el mismo área no han sido detectados contenidos significativos en Cr total.

El cromo existente en los vertidos sólidos debe estar en forma de Cr^{3+} estable, si bien este puede ser movilizado, pasando a las aguas subterráneas, en forma de complejo o por oxidación a Cr^{6+} , más móvil.

Las condiciones del medio suelo-roca son notablemente básicas (medio carbonatado), por lo que en estas condiciones no es posible que el Cr^{3+} pase a las aguas subterráneas. La formación de complejos pasaría por la existencia de estos compuestos en el suelo (ácidos orgánicos de bajo peso molecular, como gálico o cítrico), si bien serían necesarias ciertas condiciones de acidez y la existencia de estos complejos orgánicos, lo cual no ha podido ser constatado.

La existencia de un medio eminentemente básico así como un ambiente oxidante, favorecería la movilidad del Cr^{6+} . Lo primero está asegurado por la existencia de un medio carbonatado. La presencia de materia orgánica en descomposición, procedente de los residuos de curtidería, propicia un ambiente eminentemente reductor, lo que no favorecerá la oxidación del Cr^{3+} en aquellas zonas donde los residuos crómicos se eliminan junto con materia orgánica y si la adsorción por arcillas de este Cr^{3+} . Sin embargo, James y Bartlett descubrieron que es posible la oxidación del Cr^{3+} de los residuos de tenería, a pesar de los agentes reductores existentes tanto en el residuo como en suelo donde se vierte. Si bien el ratio de oxidación del Cr^{3+} de esta fuente es menor que en los casos de compuestos químicos puros, tales como $\text{Cr}(\text{OH})_3$. Por otra parte, está demostrado que cuando mayor disponibilidad de Cr^{3+} existe, más desarrollo presenta el proceso de oxidación.

Barlett and James descubrieron que se produce oxidación de una parte de la sal o hidróxido de Cr^{3+} añadido a casi la totalidad de los suelos que posean un pH por encima de 5.

Por otra parte la posible materia orgánica que exista en el suelo facilitaría la reducción del Cr^{6+} que se produzca por oxidación del Cr^{3+} , si bien estos procesos de reducción se desarrollan con más facilidad en suelos ácidos que en los

alcalinos, como es el caso que nos ocupa. De hecho, Sheppard y sus colaboradores descubrieron que cuando el Cr^{3+} es aplicado a suelos alcalinos, permanece reducido durante períodos de tiempo considerablemente grandes.

En definitiva, aunque el Cr^{3+} puede ser oxidado a Cr^{6+} en suelos (con lo que se favorece la movilización del Cr y su posible incorporación a las aguas subterráneas), este proceso es difícil. Por otra parte, cuando Cr^{6+} es vertido en el suelo, es esperable que rápidamente se reduzca a Cr^{3+} . Por esta razón, el Cr presente en los suelos es más probable que se encuentre en su menor estado de oxidación.

Por otra parte, la presencia de agentes reductores como Fe^{2+} favorecerían la reducción del Cr^{6+} inmovilizándose en forma de hidróxido de Cr. Long descubrió que el óxido de Mn, y en menor medida el óxido de Fe, constituyen una causa fundamental en la adsorción de Cr en los sedimentos.

En la figura 68 se muestra un cuadro resumen sobre la presencia de Cr en suelos con condiciones de pH entre 6 y 7,5, propuesto por Long.

Resumiendo toda la información bibliográfica expuesta, y teniendo en cuenta las condiciones de la zona de acumulación de residuos de tenería en la zona de Canals, donde las características de los suelos y matriz del acuífero sobre el que se producen los vertidos corresponden a suelos alcalinos, con baja proporción de materia orgánica disponible, importante contenido arcilloso y formas oxidadas, sobre todo Fe_2O_3 , se puede concluir que el Cr_3 aportado por estos residuos tiende principalmente a permanecer en forma estable o adsorbido por los minerales arcillosos, y en menor proporción es oxidado a Cr^{6+} aumentando las posibilidades de su incorporación a las aguas subterráneas.

Por tanto el Cr disponible aportado por los residuos almacenados en el vertedero incontrolado de Canals, y que puede ser lixiviado de estos por el agua de lluvia, según se desprende de los tests de lixiviación efectuados (apartado 4.6.2), puede incorporarse a las aguas subterráneas, si bien de forma reducida.

Al objeto de estudiar el movimiento del Cr que pudiese alcanzar la zona saturada y ser transportado por las aguas subterráneas se ha aplicado un modelo lineal de dispersión, que partiendo de una serie de consideraciones previas, permite conocer la velocidad de circulación del contaminante y estimar el tiempo invertido en llegar a las captaciones o manantiales.

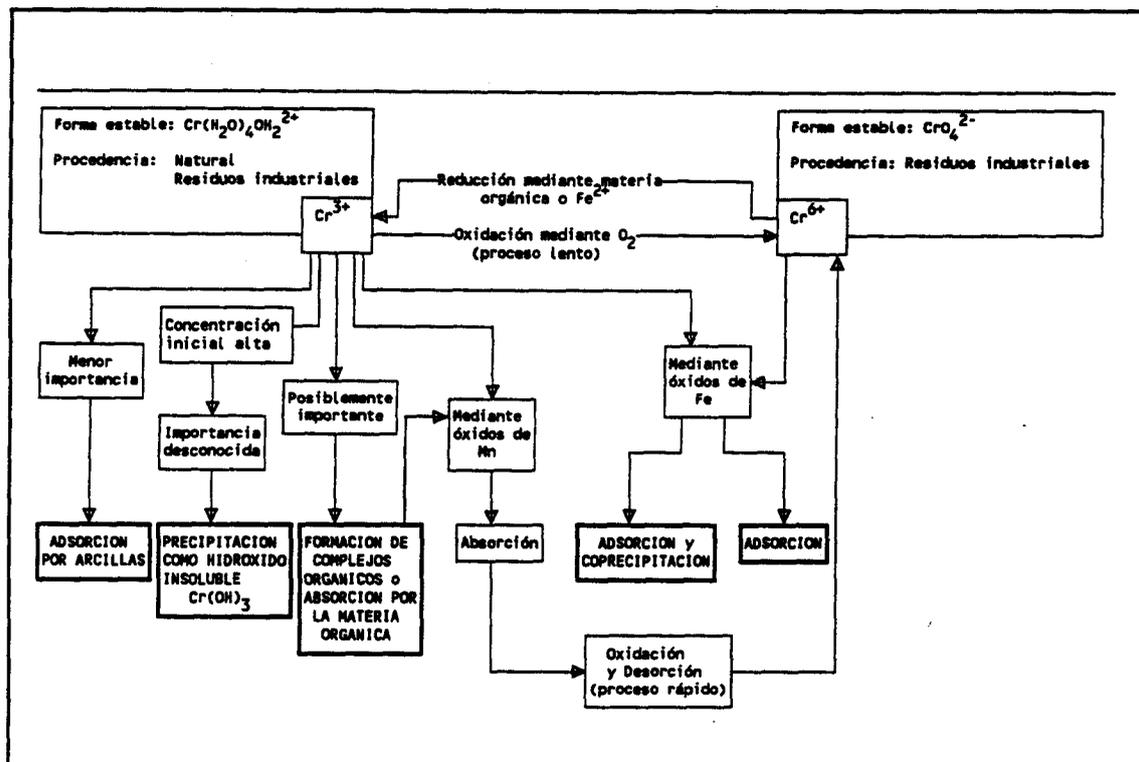


Figura 57, Cuadro resumen de la presencia de Cr en suelos (condiciones de pH 6-7,5) de LONG

En el caso que nos ocupa, se han realizado los siguientes supuestos:

• Material acuífero:

LITOLOGIA: conglomerados arcillas y arenas, con carbonatos

PERMEABILIDAD: 10-100 m/día

RATIO DENS./POROS.: 10

- Ratio de partición: Cr^{6+} : < 15
 Cr^{3+} : 200-1000

Con estos datos y aplicando el modelo de dispersión lineal, podemos obtener la siguiente tabla:

CATION de Cr	K_d	d_b/ϕ	R	VELOCIDAD DEL PENACHO en m/d		TIEMPO EN AÑOS EN ALCANZAR EL MANANTIAL Bco Senaros	
				k = 10 m/d	k = 100 m/d	k=10 m/d	k=100 m/d
Cr^{3+}	200-1000	10	$2000 \cdot 10^4$	$10^{-3} - 5 \cdot 10^{-3}$	$10^{-2} - 3 \cdot 10^{-2}$	110-550	11-55
Cr^{6+}	< 15	10	< 150	0.07	0.7	8	0.75 (9 meses)

K_d : ratio de partición

d_b : densidad del material acuffero

ϕ : porosidad del material acuffero

R: coeficiente de retardo

k: permeabilidad del material acuffero

v_p : velocidad del penacho

$$v_p = (1/R) * k$$

$$R = 1 + \frac{d_b}{\phi} k_d$$

Aunque se parte de datos aproximados y un modelo conceptual, se puede obtener una idea aproximada del movimiento de estos contaminantes en el medio saturado.

4.5 CONCLUSIONES

- De los 2309 l/s en que se estima el aporte al sistema hidrológico en la zona de estudio, el 6,5% corresponde al conjunto de vertidos de aguas residuales y sólo el 2,5% procede de la industria del curtido. Por lo que se produce una importante dilución de los contaminantes en el sistema hidrológico. De aquí que no hayan sido detectados ciertos contaminantes en las aguas superficiales y subterráneas. Aunque si se produce una degradación del cauce por

precipitación de los contaminantes y su incorporación a los sedimentos del lecho del río, donde si se han detectados importantes cantidades de estos.

- Se han efectuado cálculos sobre relación río-acuífero, estimándose que a distancias superiores a los 300 m. de las márgenes del río, no existe afección de la posible recarga del río sobre el nivel piezométrico del acuífero instalado en las terrazas del río. El movimiento de estos posibles contaminantes que puedan pasar del río a las terrazas, hacia el acuífero carbonatado de Canals, estaría controlado por el acuicludo existente entre ambas formaciones.

Aunque los cálculos arrojan caudales máximo aportados por el río de $0,05 \text{ m}^3/\text{d}$ por metro lineal de río en el periodo del estudio (4-6 Febrero 1992), lo que implica un aporte total máximo o punta de $2,2 \text{ hm}^3$ en el periodo de 3 días considerado (caudal de $4,3 \text{ l/s}$).

- El estudio sobre la zona de Canals ha permitido aportar cierta luz sobre el funcionamiento del acuífero existente en esta zona. En resumen se puede decir que en la depresión del Cañoles se establece un sistema hidrogeológico multicapa, donde se estratifican materiales impermeables, semipermeables y permeables en diferente grado, con comunicación entre ellos, destacando como niveles acuíferos los niveles carbonatados-detriticos (facies netamente regresiva) de la discontinuidad intratortoniense, que son intensamente explotados; y los depósitos cuaternarios y terrazas del Cañoles, estos últimos muy explotados e incluso sobreexplotados. Constituyendo la base impermeable las margas en facies tap. Si bien existe conexión hidráulica con acuíferos colindantes (Mortera-Bernisa).
- El mapa piezométrico obtenido en la zona de estudio permite establecer las siguientes conclusiones:
 - domo positivo en la zona de probable contacto hidráulico entre los acuíferos de la Sierra de Bernisa y el de Canals, debido al contraste de transmisividades entre ambas formaciones en la zona de alimentación del

acuífero más transmisivo de la Sierra de Bernisa al menos transmisivo de Canals.

- Cono de depresión asociado a la zona de bombeo de las industrias de curtidos.
 - Respecto a la relación hidráulica entre río y acuífero, no se puede generalizar sobre si el primero es influente o efluente, ya que presenta zonas donde una de las riberas se comporta como efluente y la otra como influente.
 - El drenaje general del acuífero se produce hacia el río Cañoles desde las zonas de contacto de la depresión con los macizos circundantes, y hacia el Valle del río Albaida. Los regímenes de bombeo a que este acuífero está sometido en la época seca puede condicionar notablemente la piezometría, dando lugar a modificaciones en los flujos subterráneos, favoreciendo que el río tenga un marcado carácter efluente, lo que favorecería los procesos de contaminación en las riberas. En cualquier caso, este punto debería ser comprobado mediante una campaña de piezometría en época seca.
- El estudio hidroquímico pone de manifiesto la existencia de dos tendencias hidroquímicas, una corresponde a la progresiva degradación de la calidad del acuífero por la actividad agrícola; y otra asociada a zonas muy próximas a los puntos de vertido industrial en el río Cañoles.
 - La ubicación del vertedero de residuos de tenería no permite la contaminación del acuífero carbonatado profundo de Canals, por razones geológicas, quedando este acuífero aislado de la zona de vertido por el impermeable que constituyen las margas en facies tap. Si bien, este vertedero está situado sobre una zona acuífera constituida por los conglomerados de la serie cuaternaria y terrazas del Cañoles, de menor interés, aunque con cierta explotación. Al objeto de estudiar la posible influencia de este vertedero sobre este acuífero se han realizando una serie de trabajos

de campo y gabinete, que permiten establecer la escasa influencia de este vertedero sobre las aguas subterráneas, al menos en las explotaciones existentes (hasta unos 1500 m. del vertedero). La contaminación detectada en los puntos de agua muestreados próximos al vertedero, es de origen agrícola (NITRATOS), y escasa contaminación mineral (Cr 0,005 ppm, contenidos anómalos en sulfatos), en el manantial situado a 200 m. del vertedero, posiblemente procedente de los residuos sólidos. También ha sido detectado en la muestra del manantial próximo al vertedero, valores anómalos de la DQO (2,8 ppm). Si bien no ha podido ser constatada la posible contaminación orgánica que pueda estar desarrollándose. Siendo necesario el análisis microbiológico de las aguas subterráneas de la zona, para discriminar la existencia o no de contaminación orgánica en el acuífero local sobre el que se instala el vertedero.

- Aunque las disponibilidades de Cr aportado por los residuos vertidos sobre el acuífero es elevada, las condiciones del material geológico que constituye el suelo y el acuífero (escasez de materia orgánica, condiciones de basicidad, condiciones reductoras por la existencia de materia orgánica en descomposición, presencia de arcillas), junto con un material de transmisividad muy variable, dan lugar a que la velocidad de propagación del penacho sea escasa. Ciertos cálculos realizados, apoyados en una serie de hipótesis de partida, permiten obtener una idea aproximada sobre el movimiento de los iones de Cr (Cr^{3+} y Cr^{6+}) en el acuífero. Según estos cálculos, la velocidad de posible penacho de Cr^{3+} oscilaría entre 10^{-3} y $3 \cdot 10^{-2}$ m/d, según la permeabilidad del acuífero. Si apareciese Cr^{6+} , por oxidación del Cr^{3+} , la velocidad de propagación de este ión oscilaría entre 0.07 y 0.7 m/d, o sea viene a ser unas 70 veces mayor que para el Cr^{3+} .

5. RESUMEN DEL PROYECTO

Aspectos generales DEL SECTOR

- El sector de la curtición y acabado de cueros y pieles (CNAE 441), está representado en la Comunidad Autónoma de Valencia por unas 60 empresas en funcionamiento, de diversa actividad y tamaño. En conjunto suponen una potencia global instalada de 25000 kw y absorbe una plantilla de unos 3000 empleados de diversa categoría profesional (incluyendo datos de IMEPIEL 1991).
- La encuesta postal enviada a las distintas empresas recogidas en los diversos listados administrativos y asociativo, ha sido contestado en un 51,4 % (se enviaron a un total de 214 empresas distintas que estaban recogidas en los diferentes listados). Esta encuesta ha sido complementada con visitas a 26 empresas seleccionadas. Los datos de la encuesta postal y de las visitas directas han sido informatizados, mediante la inclusión de los mismos en bases de datos temáticas, que permiten el fácil acceso, manejo y modificación de esta información, la cual ha sido complementada con aspectos generales de tipo hidrogeológico y socioeconómico de los municipios donde se instalan las distintas empresas.
- Se estima un total de residuos sólidos producidos de 22635 Tm/año en el conjunto de la C.A. Valenciana, y un caudal de efluente de 2,7 hm³/año. Antes de la puesta en funcionamiento de la depuradora mixta de Canals, un 34% están sujetos a algún tipo de depuración más o menos efectiva, en un 26% en la propia factoría (0,7 hm³/año), en depuradoras municipales algo más del 1% (0,03 hm³/año), y el resto de forma mixta. Con la puesta en marcha de la depuradora de Canals, un 92% de los efluentes líquidos de tenería en la Comunidad Valenciana reciben algún tipo de tratamiento antes de su vertido. En escasas factorías se procede al tratamiento de residuos sólidos (sólo un 25% de la producción total de residuos).

- El abastecimiento que poseen las industrias de curtidos en la C.A. Valenciana es en un 99% procedente, directamente y mediante captaciones propias, de aguas subterráneas (unos 2,67 hm³/año), y el 1% restante de la red municipal. Parece obvio pensar en el compromiso moral de protección de este importante recurso, máxime cuando la práctica totalidad de los procesos se realizan en vía húmeda. Debiendo procurarse que esta actividad industrial, no comprometa la utilización de este recurso para otros usos o para el aprovechamiento propio.

Residuos líquidos

- Los efluentes de la industria del curtido procedentes de los diversos procesos presentan importantes cargas contaminantes, si bien, la mezcla y consiguiente neutralización de los mismos se muestra eficaz en la reducción de esta carga. Así la simple modificación en las condiciones de pH produce una notable disminución de los contenidos en Cr de los efluentes.
- Los procedimientos de depuración utilizados se muestran eficaces en la reducción de la contaminación orgánica y mineral, si bien producen enriquecimientos sobre los efluentes en otros parámetros nocivos (nitrogenados sobre todo).
- El cambio de condiciones que se produce en el contacto del efluente con las aguas superficiales, implica la deposición de importantes cantidades de contaminantes minerales, que pasan a los sedimentos de los ríos, constituyendo una "reserva" de contaminantes de cierta importancia.
- Teniendo en cuenta los resultados de los análisis realizados sobre muestras de aguas residuales de empresas de curtidos, se observa un elevado potencial contaminante, tanto orgánico como mineral, si bien la incorporación de estos residuos al medio acuático superficial está condicionado a los instantes en que se produce el vertido, no produciendo una

contaminación mineral perenne en los cursos de agua, por lo que pueden tener efectos nocivos sobre acuíferos muy permeables asociados a ríos claramente influentes. Por otra parte el aporte de contaminantes a los sedimentos de los ríos puede constituir un factor de riesgo importante para la contaminación de las aguas subterráneas, en casos de ríos conectados hidráulicamente con los acuíferos, ya que eventuales condiciones ambientales pueden producir una incorporación de contaminantes contenidos en los sedimentos hacia las aguas subterráneas, sobre todo en casos de ríos influentes, o de efluentes asociados a acuíferos intensamente explotados en los márgenes del río.

- Según estas apreciaciones, las posibilidades de contaminación de aguas subterráneas por vertidos de la industria del curtido se reducen a tres:
 - * posibles inyecciones directas sobre los acuíferos, práctica no utilizada por las empresas del sector (según se desprende de las encuestas y visitas directas) **-CONTAMINACION DIRECTA-**,
 - * vertidos a ríos influentes conectados a acuíferos muy permeables, que permiten el transporte e incorporación de cargas contaminantes puntuales de las aguas del río al acuífero **-CONTAMINACION INDIRECTA-**,
 - * cambio en las condiciones que permitan la movilidad y transporte de contaminantes existentes en los sedimentos asociados a los lechos de los ríos que sufren vertidos de industrias de curtidos, en zonas de ríos influentes o efluentes sometidos a intensas explotaciones en las márgenes **-CONTAMINACION POR REDISOLUCION-**.

Residuos sólidos

- Ante la posibilidad de contaminación que sobre las aguas subterráneas presenta la eliminación incontrolada de residuos sólidos procedentes de la industria del curtido, se

aconseja la caracterización de estos residuos. Para ello se proponen dos líneas de actuación:

- * Caracterización fisico-química de los diferentes tipos de residuos sólidos producidos,
- * caracterización química de los lixiviados que estos producen.

Para la obtención de los lixiviados se propone el siguiente test de lixiviación (de acuerdo con las normas que aparecen en el apéndice 3 de la Orden 13/10/89 sobre método estándar de lixiviación referentes al método 1 o "EP"):

- extracción durante 24 horas de la muestra de residuo (100 g.) con agua desionizada, manteniéndose toda la masa en suspensión gracias a un agitador y midiendo el pH hasta llevarlo a 5.0 ± 0.2 con ácido acético,
- después de 24 horas de agitación, se procede a una filtración a presión a través de un filtro de $0.45 \mu\text{m}$,
- sobre el líquido obtenido se efectúan los análisis químicos.

Los análisis de Cr total efectuados sobre estos lixiviados permiten establecer los siguientes estadísticos:

	Media	Mediana	Des.stan	Mínimo	Máximo	
Cr _{total} el Lixiviados	9,36	4,89	11,21	0,44	41,9	(ppm Cr)

- La principal conclusión que se obtiene es que los valores importantes de Cr obtenidos corresponden a medios muy ácidos ($\text{pH} < 4$). Teniendo en cuenta el diagrama Eh-pH del Cr, la especie predominante será el Cr^{3+} . Esto implica que los lixiviados derivados de los residuos crómicos de tenería, producen lixiviados de Cr trivalente. Si bien este punto debe ser comprobado analíticamente.

- Por otra parte, según la tabla que aparece en el Anexo III de la propuesta de Directiva (91/C190/01) relativa al vertido de residuos, los test de lixiviación o eluato efectuados, **permiten clasificar los residuos sólidos de tenería, en lo que respecta al Cr, como residuos peligrosos.**
- Un análisis completo sobre estos lixiviados, permitirá establecer la peligrosidad conjunta de estos residuos. Y por tanto, una correcta catalogación, que implicará la forma correcta de eliminación de los mismos.
- Asimismo, se concluye que la cantidad de Cr lixiviado, no depende del tipo de residuo (recortes, borra, etc.), sino de las disponibilidades de este elemento en los residuos, lo cual es función del proceso productivo.
- Las posibilidades de contaminación de las aguas subterráneas por vertidos inadecuados de residuos sólidos se reducen a dos:
 - * eliminación en vertederos incontrolados, si estos se sitúan en área acuíferas o con existencia de acuitardos, dando lugar a procesos de **CONTAMINACION DIFUSA.**
 - * utilización incontrolada de lodos de depuradora en agricultura, pudiendo ocasionar **CONTAMINACION AREAL.**

Lodos de depuradora y su uso en agricultura

- Según Gunsé Forcadell, la aplicación de lodos de depuradoras con un elevado contenido en cromo (como es el caso de los procedentes de tenerías) es únicamente beneficioso a corto plazo, pero no a medio y largo plazo. Una posible solución sería el compostaje o digestión de estos fangos en presencia de virutas de madera o paja, puesto que estos propician la inmovilización del cromo, a la vez que se incrementa la actividad microbiana del suelo, produciéndose una mayor disponibilidad de nutrientes así como una mejora en la

estructura del mismo.

- No existe una legislación específica, ni a nivel europeo ni a escala nacional, si bien se establecen por diferentes autores valores máximos de contenidos de Cr en suelos (1000 ppm), en los lodos a aplicar (0,2 %) y en la dosificación (2 kg/ha/año).
- El Cr existente en los lodos es Cr^{3+} , de menor movilidad, si bien ante ciertas condiciones, existencia de ácidos orgánicos capaces de formar complejos, condiciones de gran acidez ($pH < 4$) o de fuerte oxidación (presencia de Mn), este Cr^{3+} podría incorporarse a las aguas subterráneas, en forma de Cr^{3+} acomplejado o de Cr^{6+} más tóxico y peligroso por su movilidad sobre todo en acuíferos muy transmisivos.
- Se calcula una aplicación máxima de lodo de tenería procedente de curtición al cromo o mineral, con un contenido medio en Cr de 2,05%, de 97,5 Kg/ha/año. Si bien cada tipo de suelo y planta agrícola debe estudiarse como un caso diferente. La gran variabilidad de posibilidades queda reflejada por los amplios márgenes que se indican para la cantidad de lodo de tenería que podrían ser aplicado a un suelo agrícola (40 a 97,5 kg/ha/año de lodos de curtición mineral y hasta 205 kg/ha/año de lodos de curtición vegetal, para una aplicación máxima de Cr al suelo de 2 kg/ha/año).
- Sería aconsejable tener en cuenta todos los condicionantes que influyen en el posible proceso de incorporación del Cr a las aguas subterráneas, procedente de los lodos de tenería aplicados a suelos agrícolas, antes de su aplicación, ya que estos se convierten en fuentes con gran potencialidad de contaminación areal de los acuíferos. Al mismo tiempo que valorar la cantidad de lodo que puede ser aplicado y la efectividad del aporte de nutrientes a los suelos.

EVALUACION CUALITATIVA DE LOS RIESGOS DE CONTAMINACION EN LAS AGUAS SUBTERRANEAS POTENCIALMENTE PRODUCIDA POR LOS RESIDUOS DE TENERIAS

TIPO DE RESIDUO	RIESGOS DE CONTAMINACION DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS	POSIBLES AFECCIONES EN LA CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS BAJO CIERTAS CONDICIONES DESFAVORABLES
RESIDUOS SOLIDOS	Eliminación en vertederos incontrolados sobre materiales geológicos permeables	
Lodos de depuradora	ALTO	Utilización inadecuada en agricultura Contaminación orgánica y mineral
Recortes piel sin curtir, pelos, sebos, ...	BAJO-MEDIO	Contaminación orgánica
Recortes de piel curtida, borra, ...	BAJO	Contaminación mineral -en particular de Cr, ante condiciones favorables para la lixiviación del Cr(III) o la oxidación de este a Cr(VI)-
AGUAS RESIDUALES NO DEPURADAS	ALTO	Eliminación a ríos conectados hidráulicamente con acuíferos (práctica usual) Vertido a manta en terrenos permeables o inyección directa (prácticas inusuales) Contaminación orgánica y mineral
AGUAS RESIDUALES CON TRATAMIENTO PRIMARIO (Cribado, homogeneización, neutralización y decantación)	MEDIO	
AGUAS RESIDUALES DEPURADAS (Tratamiento secundario)	BAJO-MEDIO	

Zonas acuíferas potencialmente afectadas

- La distribución geográfica de las industrias de curtición y acabado de pieles en la C.A. Valenciana permite establecer que acuíferos están potencialmente afectados por esta actividad industrial. Estos y la denominación de las zonas a ellos asociadas, se expresa en el siguiente cuadro:

ACUIFEROS	ZONAS	NUMERO
Segorbe-Soneja.....	Segorbe	1
Plana de Castellón.....	Nules-Vall d'Uxó	2
Plana de Valencia.....	Valencia capital y periferia	3
	Silla-Picàssent	5
Buñol-Cheste.....	Villamarxant-Cheste	4
Canals.....	Canals	6
Plana de Gandía.....	Gandía	7
Sierra del Cid y Subsistema Argüeña-Maigmó y Acuífero de Quibas.....	Elda-Petrel-Monóvar	8
Materiales permeables aislados del norte de Elche..	Elche-Crevillente	9

- Teniendo en cuenta diversos aspectos relativos a características hidrogeológicas de estos acuíferos, tales como rendimientos de las captaciones, explotación a que se ve sometido, calidad hidroquímica de las aguas subterráneas e información disponible para observar variaciones en la calidad, se estimó el impacto que actividades potencialmente contaminadoras de las aguas subterráneas podrían tener sobre estos acuíferos.
- Según los resultados ofrecidos por el estudio de impacto desarrollado y mediante la valoración de los coeficientes que se ha denominado del estado del acuífero, se pueden establecer tres grupos o categorías de zonas:

* **Zonas con elevado a importante impacto, estas son:**

Zona 1	Segorbe
Zona 7	Gandía
Zona 6	Canals
Zona 3	Valencia

* **Zonas con importante a escaso impacto, estas son:**

Zona 2	Nules-Vall d'Uxó
Zona 5	Silla-Picassent
Zona 4	Villamarchante-Cheste

* **Zonas con escaso o nulo impacto, estas son:**

Zona 8	Elda-Petrel-Monóvar
Zona 9	Elche-Crevillente

Esta clasificación de las zonas viene condicionada por el conjunto de procedimientos de cálculo desarrollados, y es en la detallada interpretación de estos donde se explica la razón de esta clasificación, que permite valorar como impactaría la existencia de procesos contaminantes en las zonas acuíferas definidas, afectadas, a priori, por la actividad industrial de las empresas de curtición.

Contaminación de las aguas subterráneas por CROMO

- Existen importantes restricciones en los contenidos en Cr tanto para los vertidos, como para las aguas destinadas a consumo humano, agrícola y ganadero.
- La contaminación por cromo de las aguas subterráneas exige acuíferos muy permeables. En acuíferos poco permeables pueden ocurrir procesos de contaminación por cromo, si bien estos no se extenderán desde la fuente.
- El Cr^{6+} tiende a ser moderada a altamente móvil en acuíferos libres, con nivel piezométrico próximo a la superficie, debido a la ausencia de condicionantes de solubilidad y la baja a moderada adsorción de las formas aniónicas $-\text{CrO}_4^{2-}$ y HCrO_4^- por óxidos e hidróxidos en zonas con aguas naturales o alcalinas. Para condiciones de pH superiores a 8,5, los fenómenos de absorción no son probables que ocurran. La adsorción del Cr^{6+} crece con la disminución del pH, pudiendo ser muy importante en aguas subterráneas ácidas ($\text{pH} < 7$).
- La adsorción de Cr^{6+} sigue una ley no lineal, pues la adsorción decrece con el aumento de la concentración de Cr^{6+} , es decir, el aumento en la disponibilidad de Cr^{6+} reduce la movilidad de este catión. Es también muy importante la cinética del fenómeno de adsorción, sobre todo en acuíferos muy permeables.
- El Cr^{3+} tiende a ser bastante inmóvil en las aguas subterráneas, debido a la baja solubilidad de sus compuestos en condiciones de pH superiores a 4, y por la alta adsorción del Cr^{3+} en los suelos arcillosos no ácidos ($\text{pH} > 4$). La adsorción del Cr^{3+} aumenta con el pH, si bien puede ser móvil al formar complejos con ciertos ácidos presentes en el suelo (ácidos flúvicos, oxalatos, compuestos cianurados, fluoruros y sulfatos) . La presencia de ácidos húmicos propicia la retención en los suelos.
- Aproximadamente es de 30 a 300 veces mayor la adsorción de Cr^{3+} que la de Cr^{6+} , en las mismas condiciones.

El Cr en las aguas subterráneas de los acuíferos potencialmente afectados por la industria del curtido en la C.A. de Valencia

- Presencia histórica de Cr_{total} (por encima de lo permitido por la legislación) en las aguas subterráneas, en ciertos acuíferos potencialmente afectados por la industria de la curtición y acabado de cueros y pieles.
- La existencia de gran diversidad de actividades industriales potencialmente productoras de residuos crómicos, impiden valorar de forma generalizada la "responsabilidad" de la industria de la curtición en el deterioro que sufren las aguas subterráneas por la presencia particular de Cr. Este punto será sólo demostrable mediante estudios locales y de detalle.
- Parece que los contenidos en Cr_{total} históricos en las aguas subterráneas del acuífero de la Plana de Valencia (zonas de Valencia y Silla-Picassent), han evolucionado positivamente, por término medio. Si bien, sería interesante una macrocampaña de muestreo de los acuíferos potencialmente afectados para saber el estado actual de los mismos y establecer posibles procesos de degradación de la calidad, o ratificar la inexistencia de estos procesos.
- La presencia de Cr_{total} en las aguas subterráneas de los acuíferos potencialmente afectados no puede ser exclusivamente asignada a las empresas de curtidos, puesto que ciertos acuíferos muy afectados (Plana de Valencia), soportan un conjunto de empresas productoras de residuos crómicos de diversa índole. En cualquier caso, el Cr, como una de las sustancias contaminantes presentes en los residuos de tenerías, condiciona la utilización de las aguas subterráneas en concentraciones superiores a 1 ppm, siendo la mediana histórica de los puntos de muestreo afectados de 10 ppm. Si bien, la contaminación de las aguas subterráneas por esta actividad debe basarse no sólo por la presencia de Cr, sino por otras sustancias, tales como sulfatos, sulfuros, cloruros, bicarbonatos, fenoles, aceites y grasas, DBO, DQO o COT y materia orgánica, así como por agentes microbiológicos derivados de la importante carga orgánica.

Potencial contaminante y Evaluación del grado de impacto del sector sobre las aguas subterráneas

- Existe un importante potencial contaminante (residuos sólidos y líquidos), cuya gestión, de no hacerse convenientemente, podría resultar inadecuada y agresiva para las aguas subterráneas. Por otra parte, existe de una regulación legal-medioambiental, que debe tenerse en cuenta.
- Se ha desarrollado una metodología de evaluación del potencial contaminante, en base a la información recopilada que permite valorar este potencial a nivel de empresas, siendo las situadas en la zona de Canals las que presentan un mayor potencial.
- Asimismo, se ha desarrollado una metodología de impacto sobre las aguas subterráneas, que tiene en cuenta aspectos del medio receptor: vulnerabilidad del medio geológico y estado del acuífero ante procesos contaminantes; y del potencial contaminante del conjunto de empresas instaladas. La metodología ha permitido establecer que es la zona de Canals la que presenta un mayor potencial, absorbiendo un 70,4% del total existente en la C.A. Valenciana. Si bien las últimas actuaciones que se están llevando a cabo en esta zona (depuradora de aguas residuales urbanas e industriales), posibilitarán una notable disminución de los riesgos.

Estudio detallado en la zona de Canals

- De los 2309 l/s en que se estima el aporte al sistema hidrológico en la zona de estudio, el 6,5% corresponde al conjunto de vertidos de aguas residuales y sólo el 2,5% procede de la industria del curtido. Por lo que se produce una importante dilución de los contaminantes en el sistema hidrológico. De aquí que no hayan sido detectados ciertos contaminantes en las aguas superficiales y subterráneas. Aunque si se produce una degradación del cauce por precipitación de los contaminantes y su incorporación a los sedimentos del lecho del río, donde si se han detectado importantes cantidades de estos.

- Se han efectuado cálculos sobre relación río-acuífero, estimándose que a distancias superiores a los 300 m. de las márgenes del río, no existe afección de la posible recarga del río sobre el nivel piezométrico del acuífero instalado en las terrazas del río. El movimiento de estos posibles contaminantes que puedan pasar del río a las terrazas, hacia el acuífero carbonatado de Canals, estaría controlado por el acuífero existente entre ambas formaciones.

Aunque los cálculos arrojan caudales máximos aportados por el río de $0,05 \text{ m}^3/\text{d}$ por metro lineal de río en el periodo del estudio (4-6 Febrero 1992), lo que implica un aporte total máximo o punta de $2,2 \text{ hm}^3$ en el periodo de 3 días considerado (caudal de $4,3 \text{ l/s}$).

- El estudio sobre la zona de Canals ha permitido aportar cierta luz sobre el funcionamiento del acuífero existente en esta zona. En resumen se puede decir que en la depresión del Cañoles se establece un sistema hidrogeológico multicapa, donde se estratifican material impermeables, semipermeables y permeables en diferente grado, con comunicación entre ellos, destacando como niveles acuíferos los niveles carbonatados-detríticos (facies netamente regresiva) de la discontinuidad intratorroniense, que son intensamente explotados; y los depósitos cuaternarios y terrazas del Cañoles, estos últimos muy explotados e incluso sobreexplotados. Constituyendo la base impermeable las margas en facies tap. Si bien existe conexión hidráulica con acuíferos colindantes (Mortera-Bernisa).
- El mapa piezométrico obtenido en la zona de estudio permite establecer las siguientes conclusiones:
 - domo positivo en la zona de probable contacto hidráulico entre los acuíferos de la Sierra de Bernisa y el de Canals, debido al contraste de transmisividades entre ambas formaciones en la zona de alimentación del acuífero más transmisor de la Sierra de Bernisa al menos transmisor de Canals.

- Cono de depresión asociado a la zona de bombeo de las industrias de curtidos.
- Respecto a la relación hidráulica entre río y acuífero, no se puede generalizar sobre si el primero es influente o efluente, ya que presenta zonas donde una de las riberas se comporta como efluente y la otra como influente.
- El drenaje general del acuífero se produce hacia el río Cañoles desde las zonas de contacto de la depresión con los macizos circundantes, y hacia el Valle del río Albaida. Los regímenes de bombeo a que este acuífero está sometido en la época seca puede condicionar notablemente la piezometría, dando lugar a modificaciones en los flujos subterráneos, favoreciendo que el río tenga un marcado carácter efluente, lo que favorecería los procesos de contaminación en las riberas. En cualquier caso, este punto debería ser comprobado mediante una campaña de piezometría en época seca.
- El estudio hidroquímico pone de manifiesto la existencia de dos tendencias hidroquímicas, una corresponde a la progresiva degradación de la calidad del acuífero por la actividad agrícola; y otra asociada a zonas muy próximas a los puntos de vertido industrial en el río Cañoles.
- El estudio hidroquímico pone de manifiesto la existencia de dos tendencias hidroquímicas, una corresponde a la progresiva degradación de la calidad del acuífero por la actividad agrícola; y otra asociada a zonas muy próximas a los puntos de vertido industrial en el río Cañoles.
- La ubicación del vertedero de residuos de tenería no permite la contaminación del acuífero carbonatado profundo de Canals, por razones geológicas, quedando este acuífero aislado de la zona de vertido por el impermeable que constituyen las margas en facies tap. Si bien, este vertedero está situado sobre una zona acuífera constituida

por los conglomerados de la serie cuaternaria y terrazas del Cañoles, de menor interés, aunque con cierta explotación. Al objeto de estudiar la posible influencia de este vertedero sobre este acuífero se han realizando una serie de trabajos de campo y gabinete, que permiten establecer la escasa influencia de este vertedero sobre las aguas subterráneas, al menos en las explotaciones existentes (hasta unos 1500 m. del vertedero). La contaminación detectada en los puntos de agua muestreados próximos al vertedero, es de origen agrícola (NITRATOS), y escasa contaminación mineral (Cr 0,005 ppm, contenidos anómalos en sulfatos), en el manantial situado a 200 m. del vertedero, posiblemente procedente de los residuos sólidos. También ha sido detectado en la muestra del manantial próximo al vertedero, valores anómalos de la DQO (2,8 ppm). Si bien no ha podido ser constatada la posible contaminación orgánica que pueda estar desarrollándose. Siendo necesario el análisis microbiológico de las aguas subterráneas de la zona, para discriminar la existencia o no de contaminación orgánica en el acuífero local sobre el que se instala el vertedero.

- Aunque las disponibilidades de Cr aportado por los residuos vertidos sobre el acuífero es elevada, las condiciones del material geológico que constituye el suelo y el acuífero (escasez de materia orgánica, condiciones de basicidad, condiciones reductoras por la existencia de materia orgánica en descomposición, presencia de arcillas), junto con un material de transmisividad muy variable, dan lugar a que la velocidad de propagación del penacho sea escasa. Ciertos cálculos realizados, apoyados en una serie de hipótesis de partida, permiten obtener una idea aproximada sobre el movimiento de los iones de Cr (Cr^{3+} y Cr^{6+}) en el acuífero. Según estos cálculos, la velocidad de posible penacho de Cr^{3+} oscilaría entre 10^{-3} y $3 \cdot 10^{-2}$ m/d, según la permeabilidad del acuífero. Si apareciese Cr^{6+} , por oxidación del Cr^{3+} , la velocidad de propagación de este ión oscilaría entre 0.07 y 0.7 m/d, o sea viene a ser unas 70 veces mayor que para el Cr^{3+} .

Tipos de análisis y ensayos recomendados

- En próximos estudios se aconseja la realización de los siguientes análisis y parámetros de residuos y aguas subterráneas:

- * Aguas subterráneas, parámetros a analizar:

Potencial Redox, pH, cloruros, sulfatos, cromo (hexavalente y trivalente), DQO, carga orgánica (aceites y grasas, proteínas, tensoactivos, etc.) y análisis microbiológico.

- * Residuos sólido:

Analizar la posibilidad de que exista materia orgánica que puedan dar lugar a complejos de Cr^{3+} .

Test de lixiviación, parámetros a analizar en los lixiviados que se obtengan:

Potencial Redox, pH, sulfatos, cloruros, sulfuros, cromo (trivalente y hexavalente), elementos traza (Pb, Zn, Mn y Zn), DQO-DBO ó COT y carga orgánica (aceites y grasas, proteínas, tensoactivos, etc.)

- * Suelos sobre los que se van a almacenar los residuos sólidos:

pH, Redox, Materia Orgánica y caracterización, relaciones MnO/MnO_2 y $\text{FeO}/\text{Fe}_2\text{O}_3$, permeabilidad, y contenido en arcillas y caracterización.

6. PROPUESTAS DE ACTUACION PARA LA PROTECCION DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS

Al objeto de proteger las aguas subterráneas de la potencial contaminación derivada de la incorrecta gestión y eliminación de los residuos producidos por la industria del curtido, se proponen una serie de actuaciones sobre:

OBJETIVOS

Aguas residuales Residuos sólidos Lodos de depuradoras	Reducción del potencial contaminante
Aguas subterráneas	Control de la calidad
Otras actuaciones	Recuperación de medios afectados

Las actuaciones se han clasificado como de corto plazo o prioritarias, de medio plazo y de largo plazo. En la figura 68 se muestra un cuadro-resumen de todas las actuaciones propuestas.

Actuaciones a corto plazo o prioritarias

Se pueden enumerar algunas actuaciones no reflejadas en el cuadro-resumen, que por resultar obvias no se mencionan, estas pueden ser:

- * prohibir el vertido de aguas residuales en zonas permeables o a cauces superficiales hidráulicamente conectados con sistemas acuíferos,
- * estudiar la transmisión de ciertos contaminantes a las aguas subterráneas de los que no poseen conocimientos (proteínas, etc.), o
- * realización de estudios hidrogeológicos de detalle, similares al realizado en la zona de Canals durante la ejecución del presente proyecto.

Las propuestas de actuación para aguas residuales son:

- Adopción de medidas para la reducción de volúmenes de aguas residuales, favoreciendo los métodos de reciclaje y agotamiento presentados en el apartado 4.5.2.
- Adopción de medidas para la disminución de carga contaminante.

Las propuestas de actuación para residuos sólidos son:

- Estudios previos para la selección de zonas donde ubicar vertederos controlados, donde se deben tener en cuenta aspectos ambientales, económicos y de rechazo social.
- Caracterización de lixiviados producidos por estos residuos, para lo que se propone la puesta a punto de una metodología de obtención de lixiviados, que puede ser similar a la existente para residuos peligrosos, de la que existe normativa legal.
- Control sobre las empresas que actualmente están procediendo a la gestión y eliminación de los residuos sólidos de tenería.

Las propuestas de actuación para lodos de tenería son:

- Caracterización y valoración del potencial contaminante de estos para cada tipología de residuos producidos (orgánicos, crómicos, asimilables a urbanos, etc.).
- Al igual que para los residuos sólidos, se propone la caracterización de lixiviados producidos por estos residuos, para lo que se propone la puesta a punto de una metodología de obtención de lixiviados, que puede ser similar a la existente para residuos peligrosos, de la que existe normativa legal.

PROPUESTAS DE ACTUACION PARA LA PROTECCION DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS

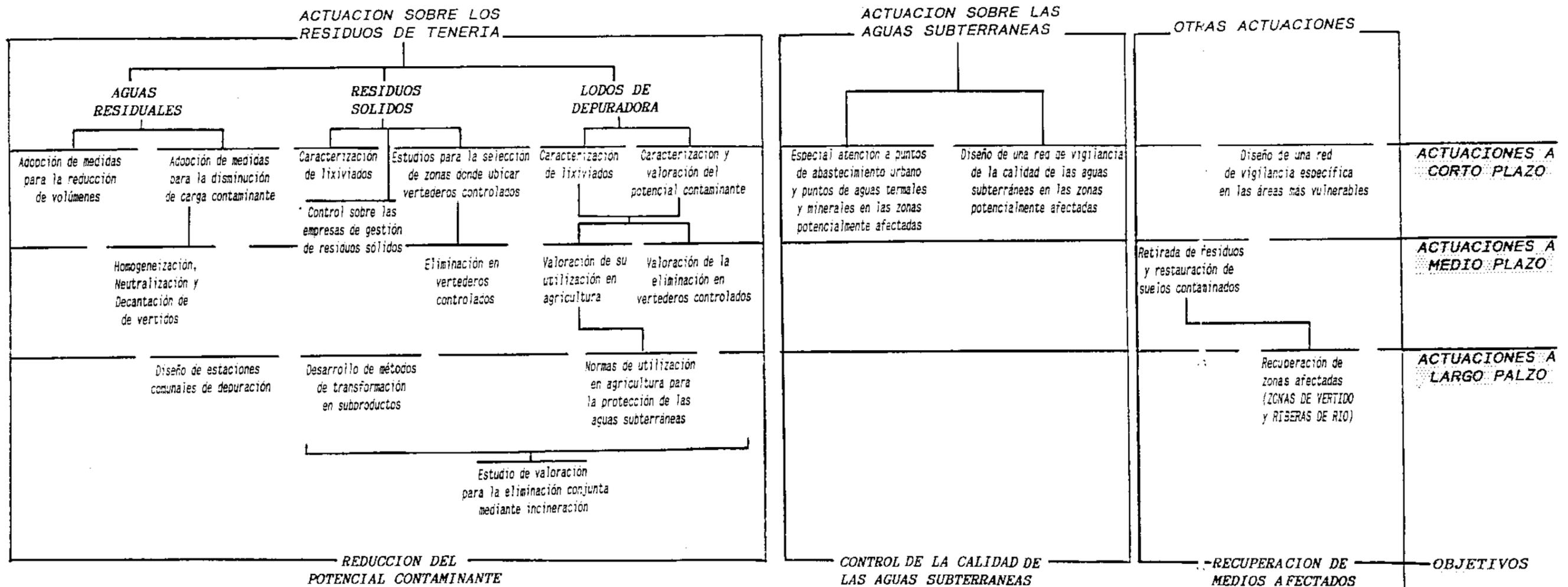


Figura 57, Plan de actuaciones para la protección de la aguas subterráneas

Las propuestas de actuación sobre las aguas subterráneas son:

- Control especial sobre puntos de abastecimiento urbano y puntos de aguas minerales y termales, existentes en las zonas potencialmente afectadas.
- Diseño de una red de vigilancia de la calidad de las aguas subterráneas en las zonas potencialmente afectada. A lo que se asociaría la puesta a punto de la metodología de análisis de Cr^{3+} y Cr^{6+} , del potencial Redox, de la DBO y análisis de componentes orgánicos (proteínas, etc.) en los laboratorios del ITGE, así como medidas in situ del pH y la conductividad en las muestras de aguas subterráneas que sean tomadas de la red de vigilancia que se proponga.

Otras actuaciones a corto plazo:

- Diseño de una red integral de vigilancia de las áreas más vulnerables, que en conjunto resume diversas actuaciones anteriormente propuestas (estudios hidrogeológicos de detalle, redes de vigilancia de la calidad de las aguas subterránea y suelos, control de empresas de gestión de residuos, etc.)

Actuaciones a medio plazo

Las propuestas de actuación para aguas residuales son:

- Una primera actuación encaminada a reducir carga contaminante sería la puesta a punto de una metodología sencilla de depuración consistente en Homogeneización, Neutralizado y Decantación de los vertidos, método de depuración que se puede considerar solución suficiente para empresas de tamaño pequeño y medio, y aquellas que sólo realicen procesos de acabado.

Las propuestas de actuación para residuos sólidos son:

- Estudios específicos para la eliminación de residuos sólidos de tenería en vertederos controlados.

Las propuestas de actuación para lodos de tenería son:

- Valoración de su utilización en agricultura, tomando como punto de partida lo expuesto en el apartado 4.5.3.
- Valoración de su eliminación en vertederos controlados.

Otras actuaciones a medio plazo:

- Retirada de residuos y restauración de suelos contaminados en vertederos incontrolados y riberas de ríos.

Actuaciones a largo plazo

Las propuestas de actuación para aguas residuales son:

- Diseño de plantas de tratamiento comunales para la depuración de las aguas residuales.

Las propuestas de actuación para residuos sólidos son:

- Desarrollo de métodos de transformación de los residuos sólidos en subproductos.

Las propuestas de actuación para lodos de tenería son:

- Elaboración de normas de utilización de lodos de tenería en agricultura para la protección de las aguas subterráneas.
- Estudiar la posible eliminación conjunta de residuos y lodos mediante incineración.

Otras actuaciones a largo plazo:

- recuperación de zonas afectadas (riberas de ríos y zonas de vertido incontrolado).

BIBLIOGRAFIA

ADRIANO, D.C.: "Trace elements in the terrestrial environment", Springer-Verlag, New York

ADZET ADZET.J.M. et all, (1985): "Química Técnica de Teneria", Escola Superior d'Adoberia. Igualada (Barcelona).

AUXINI, (1986): "Estudio sobre propuesta de directiva relativa a la protección del medio ambiente y en particular de los suelos, en relación a la utilización de lodos de depuración en agricultura".

CLOTA FONT, P. (1985): "Las aguas residuales de tenería", Química Técnica de Tenería, Escola Superior d'Adoberia. Igualada (Barcelona).

ENADIMSA (1986): "Plan Nacional de Residuos" , MOPU

GUNSE FORCADELL, B.: "Influencia de metales pesados (CROMO) derivados de los fangos de depuradora sobre especies cultivables" MOPU (1987)

MINERCO (1989), "La industria del curtido", Informe interno elaborado por la Subdirección General de Industrias Textiles, de la Piel y la Joyería.

NRIAGU, J.O. and NIEBOER, E.: "Chromium in the natural and human environments", Wiley Series.

ORGILES BARCELO, A.C. et all (1990), "Alternativas para la eliminación controlada de residuos industriales de piel curtida", I Congreso Internacional de Química de la ANQUE, Puerto de la Cruz (Tenerife).

QUINTANA, I. (1989): "Estabilización de lodos de cromo. Problemática en el País Vasco", RETEMA nº 13.

VALERIO, E. (1991) "La legislación europea del Medio Ambiente: Su aplicación en España", Editorial COLEX.

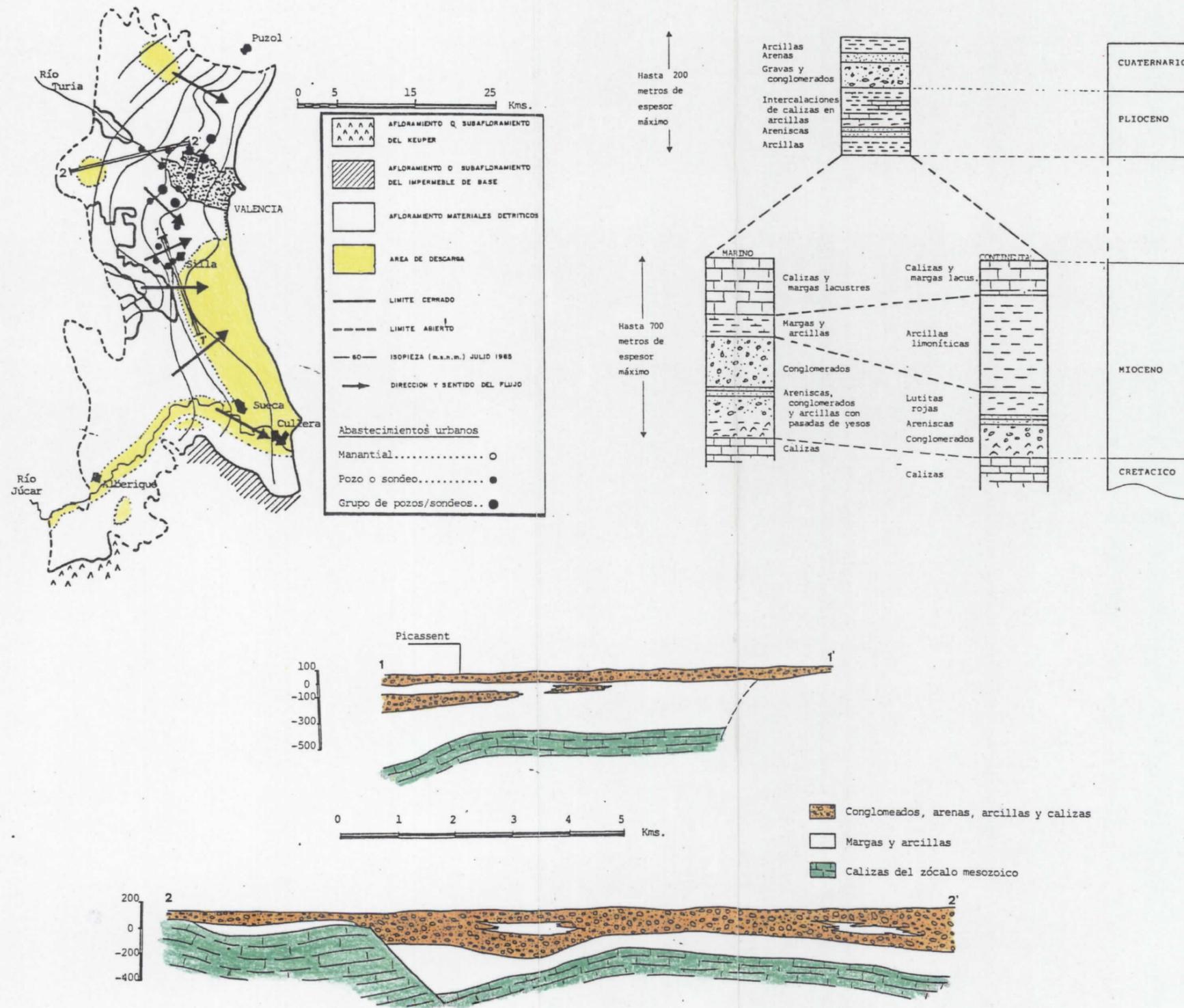


Figura 4, Hidrogeología acuífero Plana de Valencia.