



Instituto Tecnológico
GeoMinero de España

**UTILIZACION DE ESTRUCTURAS GEOLOGI-
CAS PROFUNDAS PARA LA GESTION DE
RESIDUOS LIQUIDOS Y DEVOLUCION DEL
AGUA AL CICLO HIDROLOGICO. PROVINCIA
DE ALICANTE. 3ª FASE. 1992-93.**

**TOMO I. INYECCION Y ELIMINACION DE
RESIDUOS LIQUIDOS**



SECRETARIA GENERAL DE LA ENERGIA Y RECURSOS MINERALES
MINISTERIO DE INDUSTRIA, COMERCIO Y TURISMO

31995

SUPER PROYECTO	AGUAS SUBTERRANEAS		Nº	9005
PROYECTO AGREGADO	ESTUDIOS DE CONTAMINACION DE ACUIFEROS POR ACTIVIDADES AGRICOLAS, INDUSTRIALES Y URBANAS.		Nº	320
TITULO PROYECTO:				
PROYECTO PARA UTILIZACION DE ESTRUCTURAS GEOLOGICAS PROFUNDAS PARA LA GESTION DE RESIDUOS LIQUIDOS E INCORPORACION DEL AGUA AL CICLO HIDROLOGICO. PROVINCIA DE ALICANTE. 3ª FASE.				
Nº PLANIFICACION	SICOAN 92/344	Nº DIVISION AGUAS, G.A.	9	
FECHA EJECUCION	INICIO	06/11/92	FINALIZACION	30/09/93

INFORME (Título):	
TOMO I: INYECCION Y ELIMINACION DE RESIDUOS LIQUIDOS	
CUENCA(S) HIDROGRAFICA(S)	JUCAR Y SEGURA
COMUNIDAD(ES) AUTONOMA(S)	VALENCIANA
PROVINCIA(S)	ALICANTE

RESUMEN Y CONCLUSIONES

Por iniciativa conjunta del Instituto Tecnológico Geominero de España y la Excm. Diputación Provincial de Alicante, se ha llevado a cabo el presente estudio de evaluación de posibilidades de utilización del suelo y subsuelo en la depuración, devolución al ciclo hidrológico y reutilización de las aguas residuales. El contenido del estudio tiene dos partes claramente diferenciadas:

- El estudio de viabilidad técnica de la inyección mediante sondeos profundos (ISP) en cuatro áreas preseleccionadas de la provincia de Alicante.
- El estudio de posibilidades de aplicación de diversas técnicas hidrogeológicas con la finalidad del vertido cero, en el conjunto de la provincia.

La primera de ellas, recogida en el Tomo 1 de este informe, persigue avanzar en la caracterización hidrogeológica de las zonas favorables, con el fin de precisar al máximo la viabilidad técnico-económica de posibles operaciones de inyección, con anterioridad a la realización de inversiones. Para ello se realizaron campañas de reconocimiento en campo de las áreas preseleccionadas (Calpe, Sierras de Orihuela y Callosa, Benidorm-Villajoyosa y Villena-Biar) y se reinterpreto toda la información disponible.

Los estudios realizados en el área de Calpe, apuntan hacia las buenas condiciones de viabilidad técnica referidas en trabajos anteriores. Se ha confirmado la existencia de una formación confinada que contiene agua de elevada salinidad a lo largo de toda la Depresión de Benisa, que presenta buenas características hidráulicas en los afloramientos. Tanto las previsiones de un sondeo piloto, como la delimitación de la zona favorable para su ejecución, han podido establecerse con mayor precisión, lo que redundará en una mejor

estimación de costes de construcción y explotación. De acuerdo con el estado actual del saneamiento en la zona, el coste estimado de construcción de un sistema de inyección que pueda sustituir al emisario es de 93 MPts, que no incluyen el posible pretratamiento necesario. El sistema tendría 2 sondeos de inyección con profundidades máximas próximas a los 500 metros y capacidades del orden de 35 l/s o superiores. El mantenimiento y la explotación del sistema supondría unos costes estimados de unos 6 MPts/año.

El reconocimiento de las Sierras de Callosa y Orihuela ha permitido observar en superficie los materiales que pueden tener mayor similitud con el nivel receptor de la Cuenca Neógena del Sur de Alicante. Las Sierras de Callosa y Orihuela están formadas por masas de carbonatos de buenas características hidráulicas y de gran potencia, que constituirían una buena formación receptora potencial. Sin embargo, la comparación de las características observadas en campo con los datos de los sondeos petroleros que reconocieron el substrato de la Cuenca Neógena, indica que no es posible extrapolación alguna de las observaciones en superficie.

Con el fin de delimitar lo mejor posible el área favorable, se estudió con detalle la disposición estructural del basamento triásico. Las zonas más adecuadas para la perforación son las zonas altas de La Marina, San Miguel, La Mata y su prolongación hasta las estructuras de Rojas y Benejúzar, en las que la profundidad total de un sondeo piloto/inyección puede variar aproximadamente entre 900 y 1500 metros. Dentro del área favorable se dan también variaciones en las características hidráulicas del nivel receptor. En general, la capacidad de los pozos será moderada, por lo que no deben esperarse elevados caudales de inyección. Ambos factores han de tenerse en cuenta a la hora de seleccionar el emplazamiento de un sondeo de ensayo/inyección en esta zona.

En las áreas de Benidorm-Villajoyosa y Villena-Biar, las posibilidades de inyección no son inmediatas con la información existente. La verificación de las condiciones de viabilidad técnica de la ISP, especialmente las de tipo estructural, no puede ser aclaradas sin la ejecución de campañas previas de investigación. En la zona de Benidorm-Villajoyosa, además de la incertidumbre estructural, los escasos datos hidráulicos existentes indican que

el nivel receptor seleccionado no tiene transmisividad suficiente para que un sistema de inyección pueda operarse en condiciones aceptables de caudal y presión.

En el Tomo 2 de la memoria se recogen los resultados del estudio provincial de posibilidades de aplicación de técnicas hidrogeológicas a la reutilización y devolución al ciclo hidrológico de las aguas residuales urbanas. Con la perspectiva de una provincia que sufre un gran desfase entre disponibilidad y demanda de recursos hídricos, se han revisado aspectos del saneamiento y de la hidrogeología provinciales para delimitar zonas favorables y posibles soluciones.

El análisis por comarcas de los recursos disponibles y de la naturaleza y cuantía de la demanda existente, muestra una provincia con un déficit global de 250 hm³/año, en la que habitualmente los usos agrícolas está subordinados a las demandas turística e industrial. El estudio teórico del potencial de reutilización de agua residual regenerada indica que, del total de aguas residuales depuradas (76 hm³/año), en la actualidad podría reutilizarse en medio urbano un volumen anual aproximado de 9 hm³/año, y en riego agrícola 41 hm³/año. Los restantes 26 hm³/año podrían ser reutilizados si se dispusiese de la infraestructura necesaria para su regulación y adaptación a la demanda. En la actualidad la reutilización alcanza a un 30% de las aguas depuradas (24 hm³/año), que se emplean para riego agrícola. La mejora de esta cifra dependerá en gran medida de la posibilidad de aprovechamiento de las aguas residuales tratadas procedentes las grandes depuradoras y de los centros turísticos.

De acuerdo con las características hidrogeológicas y la problemática del agua existentes en las diversas zonas, se ha realizado una síntesis de aplicaciones preferentes y de zonas favorables, que oriente las posibilidades de uso del suelo y subsuelo con el objetivo del vertido cero. Pueden destacarse las aplicaciones dirigidas al almacenamiento temporal de agua regenerada para riego en agricultura, principalmente a lo largo del Vinalopó; el tratamiento avanzado para reutilización urbana en las ciudades y centros turísticos de gran tamaño, y las amplias posibilidades de uso para depuración de aguas en pequeños núcleos, dada la práctica inexistencia de restricciones climáticas.

Así mismo, se han esbozado las principales líneas de actuación para la mejora de los recursos de agua regenerada, incluyéndose dos propuestas que presentan gran interés por su finalidad y carácter demostrativo. La primera de ellas contempla la construcción y ensayo de un sistema piloto de renovación de aguas para reutilización urbana, basado fundamentalmente en la infiltración rápida y en la recuperación con sondeos. La propuesta se sitúa en los límites del acuífero de San Juan-Campello, en las proximidades de Alicante y San Juan, donde no existe uso actual de las aguas subterráneas. El sistema persigue el tratamiento avanzado de las aguas regeneradas y su almacenamiento de forma continua, para ser posteriormente recuperadas y reutilizadas en medio urbano, especialmente en zonas turísticas. Las aguas de alimentación reciben previamente tratamiento secundario en la EDAR de Orgegia y actualmente son vertidas en el mar. El coste total estimado de construcción y ensayo de la planta asciende a 160 MPts.

Una segunda propuesta contempla la investigación y ensayos necesarios para determinar la viabilidad técnico-económica de un almacén regulador confinado para aguas residuales tratadas en el Campo de Elche, con vistas a su reutilización en riego agrícola. La capacidad de un almacén desarrollado con técnica ASR podría alcanzar 1 hm³ o más, dependiendo de las características hidrogeológicas encontradas en el emplazamiento. La disponibilidad de almacenes de estas características permitirían el aprovechamiento de grandes volúmenes de aguas tratadas procedentes de las EDAR de Alicante, Elche y Arenales, para su uso en las zonas de gran demanda de Aspe y Novelda. El coste estimado para las investigaciones y ensayos ASR asciende a 230 MPts.

INDICE

	<u>Pág.</u>
1. INTRODUCCION	1
1.1. ANTECEDENTES	2
1.2. OBJETIVOS Y ALCANCE DE LOS TRABAJOS	3
1.3. REALIZACION	5
2. AREA DE CALPE	6
2.1. MARCO GEOLOGICO	9
2.1.1. Estratigrafía	9
2.1.2. Tectónica	12
2.2. FORMACION RECEPTORA	16
2.2.1. Reconocimiento en campo	17
2.2.2. Otros niveles receptores potenciales	21
2.2.3. Características hidráulicas	23
2.2.4. Calidad del agua	27
2.2.5. Continuidad lateral y capacidad receptora	29
2.3. CONFINAMIENTO	34
2.3.1. Descripción litoestratigráfica	34
2.3.2. Eficacia confinante de los materiales	38
2.4. CARACTERISTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES E INFRAESTRUCTURA DEL SANEAMIENTO	41
2.5. DEFINICION DE UN SISTEMA DE INYECCION DE AGUAS RESIDUALES	43
2.5.1. Situación más favorable	43
2.5.2. Esquemas de funcionamiento	43
2.5.3. Diseño conceptual	45
2.5.4. Valoración económica	48

3.	SIERRAS DE ORIHUELA Y CALLOSA	49
3.1.	MARCO GEOLOGICO	51
3.1.1.	Estratigrafía	51
3.1.2.	Tectónica general de la zona	56
3.2.	LOS CARBONATOS DE LAS SIERRAS DE ORIHUELA Y CALLOSA COMO FORMACION RECEPTORA POTENCIAL	57
3.2.1.	Descripción litológica	58
3.2.2.	Características hidráulicas	61
3.2.3.	Potencia útil	66
3.3.	ESTUDIO DE POSIBLES RELACIONES ENTRE LOS MATERIALES AFLORANTES Y EL SUBSTRATO DE LA CUENCA NEOGENA	67
3.3.1.	Rasgos litológicos	67
3.3.2.	Relación estructural	68
3.4.	REDEFINICION DEL AREA DE FAVORABLE	72
4.	AREA DE BENIDORM-VILLAJYOYOSA	78
4.1.	MARCO GEOLOGICO	79
4.1.1.	Estratigrafía	79
4.1.2.	Tectónica	83
4.2.	FORMACION RECEPTORA	87
4.2.1.	Niveles receptores potenciales	87
4.2.2.	Revisión del inventario del ITGE	89
4.2.3.	Características hidráulicas	94
4.2.4.	Continuidad lateral y capacidad receptora	96
4.3.	CONFINAMIENTO	96
4.3.1.	Descripción cualitativa	96
4.3.2.	Confinamiento vertical y horizontal	99
4.3.3.	Niveles potencialmente vigilables	103

4.4.	LAS AGUAS RESIDUALES Y LAS INFRAESTRUCTURAS DE SANEAMIENTO	103
4.5.	CONCLUSIONES	105
5.	AREA DE VILLENA-BIAR	108
5.1.	MARCO GEOLOGICO	109
5.1.1.	Estratigrafía	109
5.1.2.	Tectónica	114
5.2.	FORMACION RECEPTORA	118
5.2.1.	Niveles receptores potenciales	118
5.2.2.	Revisión del inventario del ITGE	121
5.2.3.	Características hidráulicas	127
5.2.4.	Continuidad lateral y capacidad receptora	129
5.3.	CONFINAMIENTO	131
5.3.1.	Descripción cualitativa	131
5.3.2.	Confinamiento vertical y horizontal	133
5.3.3.	Niveles potencialmente vigilables	135
5.4.	LAS AGUAS RESIDUALES Y LAS INFRAESTRUCTURAS DE SANEAMIENTO	135
5.5.	CONCLUSIONES	137
6.	BIBLIOGRAFIA	142

1. INTRODUCCION

1.1. ANTECEDENTES

De acuerdo con la creciente atención que suscita la gestión de los recursos hídricos, el Instituto Tecnológico Geominero de España (ITGE) y la Excm. Diputación Provincial de Alicante (DPA) vienen desarrollando una serie de trabajos encaminados a introducir técnicas hidrogeológicas en la optimización de los recursos y preservación de su calidad. El objetivo fundamental de estas acciones es orientar las posibilidades de aplicación de diversas técnicas en función de las características del subsuelo, y proponer soluciones alternativas a problemas concretos de la provincia.

Con anterioridad se realizaron dos fases de estudio de posibilidades de utilización de estructuras geológicas profundas para la inyección de residuos líquidos mediante sondeos; una de carácter nacional y otra a escala provincial, en Alicante. Como resultado de estos trabajos se delimitaron diversas zonas de previabilidad técnica, o potencialmente favorables para la instalación de sistemas de inyección, y se perfilaron algunas actuaciones de interés. Ante la posibilidad de que algunas propuestas pudieran ser llevadas a la práctica, ITGE y DPA han llevado a cabo el presente proyecto, mediante el que se completa la fase de estudio previo a la perforación de sondeos piloto, en cuatro zonas preseleccionadas.

Así mismo, durante 1993 el ITGE ha desarrollado su primer estudio metodológico sobre técnicas hidrogeológicas orientadas a la gestión y aprovechamiento de aguas residuales (tratamiento, regulación, devolución al ciclo hidrológico y reutilización). Su finalidad es colaborar a potenciar al máximo los recursos hídricos diponibles, evitando simultáneamente los efectos negativos de los vertidos de aguas residuales (vertido cero). Como continuación de esta nueva línea de actuación, en el presente proyecto se ha incluido un estudio de

alcance provincial destinado a orientar el uso de estas técnicas, de acuerdo con la problemática y características hidrogeológicas de las diferentes zonas.

Son dos, por tanto, los aspectos referentes a la provincia de Alicante que de forma independiente se cubren en este informe:

- Determinación de la viabilidad técnica de la ISP en cuatro áreas preseleccionadas.
- Orientación de la aplicabilidad de diversas técnicas hidrogeológicas con la finalidad del vertido cero, en la totalidad del territorio.

1.2. OBJETIVOS Y ALCANCE DE LOS TRABAJOS

El objetivo general del estudio de posibilidades de utilización de estructuras geológicas para la inyección profunda es avanzar al máximo en la determinación de la viabilidad técnico-económica dentro cuatro zonas preseleccionadas. Su desarrollo se concreta en los siguientes objetivos principales:

- Caracterización del subsuelo.
- Delimitación de las áreas de viabilidad.
- Definición básica de los sistemas de inyección, o en su defecto de las investigaciones previas recomendables.
- Revisión del estado del saneamiento local.
- Valoración económica de las operaciones de inyección.

Esta parte del proyecto persigue agotar totalmente la fase de estudios preliminares, de modo que solamente reste la investigación local directa antes de la construcción de un sistema de inyección. Las labores realizadas han consistido básicamente en la reinterpretación de toda la información hidrogeológica disponible y en el reconocimiento en campo de la hidrogeología local, infraestructuras de saneamiento y emplazamientos favorables.

El estudio provincial de posibilidades aplicación de técnicas de uso del suelo y subsuelo orientadas al vertido cero, tiene como finalidad básica identificar las áreas hidrogeológicamente favorables y orientar soluciones alternativas mediante propuestas de actuación. Los objetivos concretos de esta parte del proyecto pueden resumirse en:

- Analizar a escala provincial la problemática de escasez de recursos hídricos y el estado general del saneamiento de las aguas residuales.
- Determinar las posibilidades de mejora en las prácticas de reutilización y depuración de las aguas residuales.
- Identificar zonas favorables para la aplicación de las técnicas del vertido cero, en función de la problemática y características hidrogeológicas locales.
- Orientar la aplicación de estas técnicas mediante propuestas desarrolladas a nivel de anteproyecto.

Con el fin de cubrir los objetivos anteriores se han recopilado y revisado datos hidrogeológicos y de saneamiento a nivel provincial. Su análisis se ha complementado con visitas de campo, con el fin de proponer soluciones alternativas lo más adaptadas posible a la realidad local de cada caso. El resultado es un informe de posibilidades de carácter provincial, en el que se recogen dos propuestas concretas de actuación.

1.3. REALIZACION

Este estudio ha sido realizado conjuntamente por las empresas Tecnología y Recursos de la Tierra, S.A. (TRT) y Estudios y Tratamiento de la Información, S.A. (ESTRAIN), bajo la supervisión del Instituto Tecnológico Geominero de España y de la Diputación Provincial de Alicante, habiendo actuado como Directores de Proyecto D. Gerardo Ramos González (ITGE) y D. Luis Rodríguez Hernández (DPA).

2. AREA DE CALPE

Durante el estudio de viabilidad hidrogeológica de carácter provincial, se identificó una disposición hidrogeológica profunda favorable para la inyección dentro del Sistema Acuífero de la Depresión de Benisa. Como se muestra en las figuras 1a y 1b, extraídas de dicho informe, se delimitó un área favorable denominada *Area de Calpe* y se definió su modelo de inyección.

El nivel receptor está integrado por formaciones carbonatadas del Oligoceno de elevada transmisividad, a las que se les pueden sumar tramos carbonatados del Cretácico en algunas zonas. Ambos niveles permeables constituyen un acuífero confinado y saturado de agua salada en la mayor parte de la depresión. En la actualidad solamente se explotan en los bordes del sistema acuífero, donde la proximidad de las zonas de recarga posibilita la presencia de agua dulce. El nivel receptor constituye el basamento de una cuenca de materiales miocenos de relleno, fundamentalmente impermeables, que aportan una eficaz cobertera confinante. El Mioceno contiene también algunos niveles permeables de poca importancia, que ocasionalmente contienen agua dulce y son explotados.

Además de la buena disposición hidrogeológica observada en el área favorable, su proximidad al núcleo urbano de Calpe y la inexistencia de un plan de saneamiento definido para la zona, le confieren especial interés de cara al empleo de la inyección profunda. En esta tercera fase del estudio de posibilidades de inyección, se han revisado los aspectos básicos de la viabilidad hidrogeológica y el estado del saneamiento de las aguas residuales en la zona. Los trabajos han incluido labores de gabinete y el reconocimiento en campo de la geología, sondeos de captación e infraestructura de saneamiento. Producto de ello es la puesta a punto de una cartografía geológica de detalle a escala 1:25000 del área de estudio (Plano 1), actualizando la información preexistente con las observaciones de campo.

DATOS BASICOS

Formación receptora:

Edad: Oligoceno.
 Litología: Calizas arrecifales karstificadas.
 Potencia media: 200 m.
 Profundidad aprox.: Variable, > 500 m.
 Salinidad agua: > 10000 mg/l.
 Continuidad: Confirmada. Conexión con Mar Mediterráneo.

Confinamiento:

Edad: Mioceno.
 Litología: Margas impermeables.
 Potencia: Variable, > 500 m.

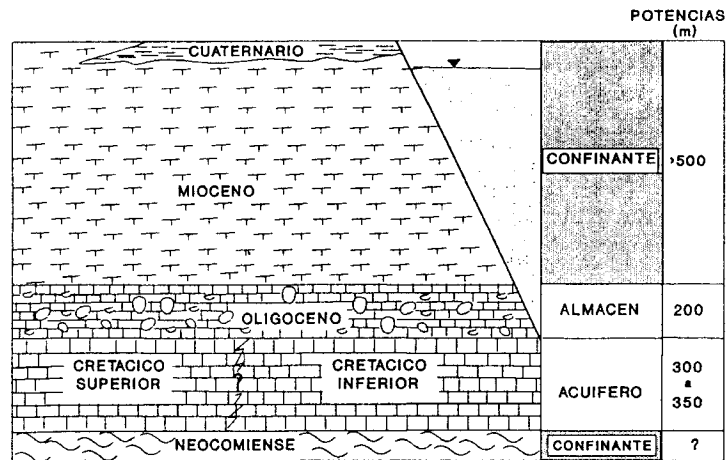
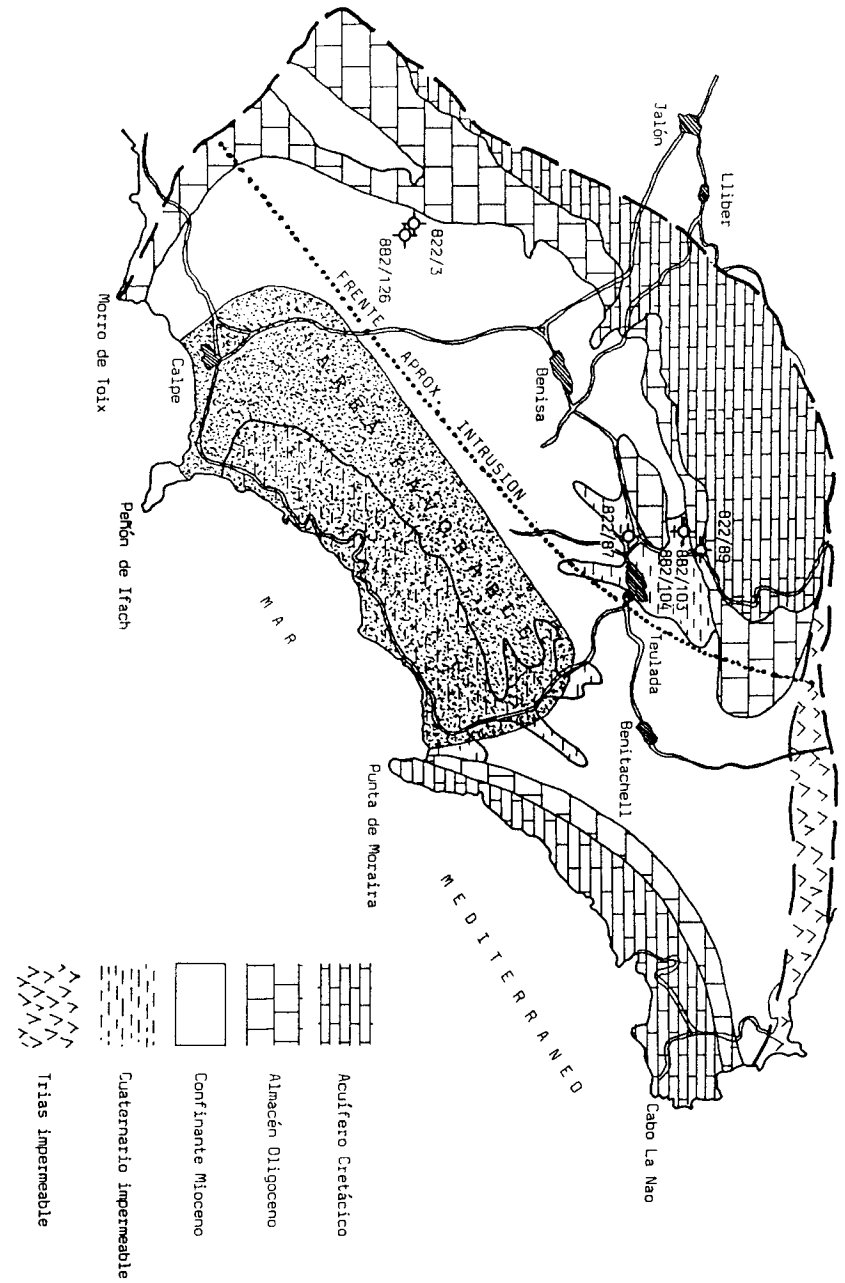


FIGURA 1b. Modelo de inyección para el área de Calpe.

FIGURA 1a. Esquema geológico del área de Calpe (Depresión de Benisa).



Se ha avanzado notablemente en la definición del modelo hidrogeológico profundo y del área más favorable para la implantación de un posible sistema de inyección. El diseño conceptual se ha adaptado incorporando nueva información, lo que ha permitido obtener una valoración económica más precisa de la alternativa de la inyección profunda.

2.1. MARCO GEOLOGICO

La Depresión de Benisa está situada al NE de la provincia de Alicante dentro del dominio Prebético Meridional. Tiene una extensión aproximada de 140 km² y se encuentra limitada al E por el Mar Mediterráneo, al Sur por la Sierra de Toix, al W por la Solana y el Tozallado y al N por las Sierras del Castallar, Benitachell y el Cuaternario de Jávea. Presenta una estructura de fosa tectónica con orientación preferente NE-SW, formada por materiales cretácicos y oligocenos, y rellena por materiales miocenos.

2.1.1. ESTRATIGRAFIA

Los diferentes materiales presentes en el área de estudio han sido cartografiados en el plano nº 1. Su descripción litoestratigráfica en orden de más antiguos a modernos, se resume a continuación:

Triásico

Tiene una pequeña representación dentro de la Depresión de Benisa, concretamente al oeste de la Sierra de Oltá. Se trata de un Keuper diapírico que ha aprovechado para su ascenso una falla de dirección N-S situada entre los sedimentos del mioceno inferior-medio. Los materiales que lo forman son yesos y arcillas varioladas que llevan incluidas en su interior

y de forma caótica (por arrastres ascensionales) calizas tableadas, calizas oscuras dolomíticas y carniolas. También aparecen dentro de ese Keuper y en diversos puntos, pitones ofíticos (diabasas de grano medio) que generalmente están muy alterados.

Cretácico superior

El Cenomaniense (C₁) con el que comienza el Cretácico superior aflora al Suroeste de Gata de Gorgos y en el núcleo del Anticlinal de la Granadella. Está constituido por margas y biomicritas en la base, a las que siguen calizas bien estratificadas, terminando con un conjunto de margas nodulosas con calizas. Su potencia es de unos 100-115 m. y está caracterizado por una abundante fauna de Orbitolinas.

El Turoniense (C₂) aflora al sur de Gata de Gorgos y en el este de Benitachell. En ambas zonas se caracteriza por la ausencia de fósiles determinantes y su datación puede realizarse mediante la identificación del Cenomaniense a su base y del Senoniense a techo. En Gata de Gorgos lo forman unas calizas compactas blanquecinas en la base, seguidas por unas series de calizas tableadas de hasta un metro de potencia y terminando con un banco de calizas color crema tipo "mudstone" de 30 m. de espesor. La potencia total del tramo en esta zona es de 250 m.

Al este de Benitachell, comienza con 50 m. de calizas blanquecinas, terminando por calizas con nódulos de sílex, de unos 10 m. de espesor. Por encima aparece un paquete de calizas que se ha incluido en el Turoniense con lo que el posible límite con el Senoniense queda fijado en las margas y calizas margosas para el afloramiento de Gata de Gorgos y en Benitachell, debajo de los materiales de base del Oligoceno.

El Senoniense inferior (C₃) comienza por una serie margosa que pasa a ser de margo-calizas tableadas con intercalaciones de calizas arenosas. Al norte de Teulada presenta una potencia de 100-150 m. El Senoniense superior (C₄) tiene características más margosas,

presenta faunas de *Inoceramus* y *Globigerinas* y una potencia de unos 150 m. en el Tosal Gros.

Eoceno

Comienza con una facies margosa (similar a la del Cretácico superior) con constantes cambios laterales y asociaciones faunísticas poco determinantes, por lo que es difícil su separación estratigráfica. Este tramo margoso pasa lateralmente a formar un flysch de margas, calizas y areniscas (visibles al Sur del Morro de Toix, seguidas a las calizas Oligocenas), con fauna de *Nummulites*, *Discocyclinas* y *Assilinas*, correspondiéndole una edad de Eoceno inferior-medio. El tramo superior es de naturaleza caliza y aparece cabalgando tanto al Oligoceno en la Sierra de Bernia como al Mioceno en la Sierra de Oltá e Ifach. Estas calizas son de color blanquecino-crema tipo "mudstone", con numerosos restos gruesos y fauna de *Nummulites* y *Assilina*.

Oligoceno

El Oligoceno representado en el área de estudio es netamente carbonatado y suele instalarse de una manera discordante sobre los materiales cretácicos, junto con los cuales conforma el substrato de la Depresión de Benisa. Se trata de calizas detríticas pararrecifales de color blanquecino, oquerosas y con gran contenido fósil (*Lepidocyclinas*, algas, *Miliólidos*, *Nummulites*, erizos y *Pectínidos*). Presenta una gran homogeneidad litológica ya que no se han observado cambios de facies laterales o verticales, ni presencia de niveles margosos o arcillosos intercalados. Presenta en todos sus afloramientos un elevado grado de karstificación y sus espesores se encuentran en torno a los 200 m.

Mioceno

Los depósitos miocenos que constituyen el relleno de la Depresión de Benisa están formados fundamentalmente por materiales margosos impermeables con algunas calizas arenosas y arcillas, típicos de la facies Tap levantina. Sus edades están comprendidas entre el Burdigaliense y Langhiense y sus espesores pueden alcanzar los 1000 m. (sección del Mascarat) o incluso ser superiores. Estos han sido divididos en cinco grupos, según se muestra en el mapa número 1, atendiendo a la clasificación realizada por anteriores estudios del I.T.G.E. (1981, 1982) en los miocenos de la depresión.

Cuaternario

Los materiales cuaternarios comprendidos en la Depresión de Benisa presentan por lo general poco espesor (con la excepción de algunos depósitos de terrazas), pero sin embargo ocupan una extensión importante sobre todo en la zona NE. Los más característicos son los de playa, albufera, ramblas y derrubios de ladera.

2.1.2. TECTONICA

Las diferentes estructuras que pueden encontrarse en el área de estudio son el resultado de la superposición de tres estilos tectónicos diferentes:

- Tectónica Mesoalpina: actúa desde el final del Eoceno hasta principios del Oligoceno y es la responsable de la discordancia entre los materiales Mesozoicos y el Oligoceno así como de amplias estructuras de carácter suave. Su estilo tectónico corresponde a la fase pirenaica.
- Tectónica Neoalpina: se manifiesta desde finales del Burdigaliense hasta el Langhiense.

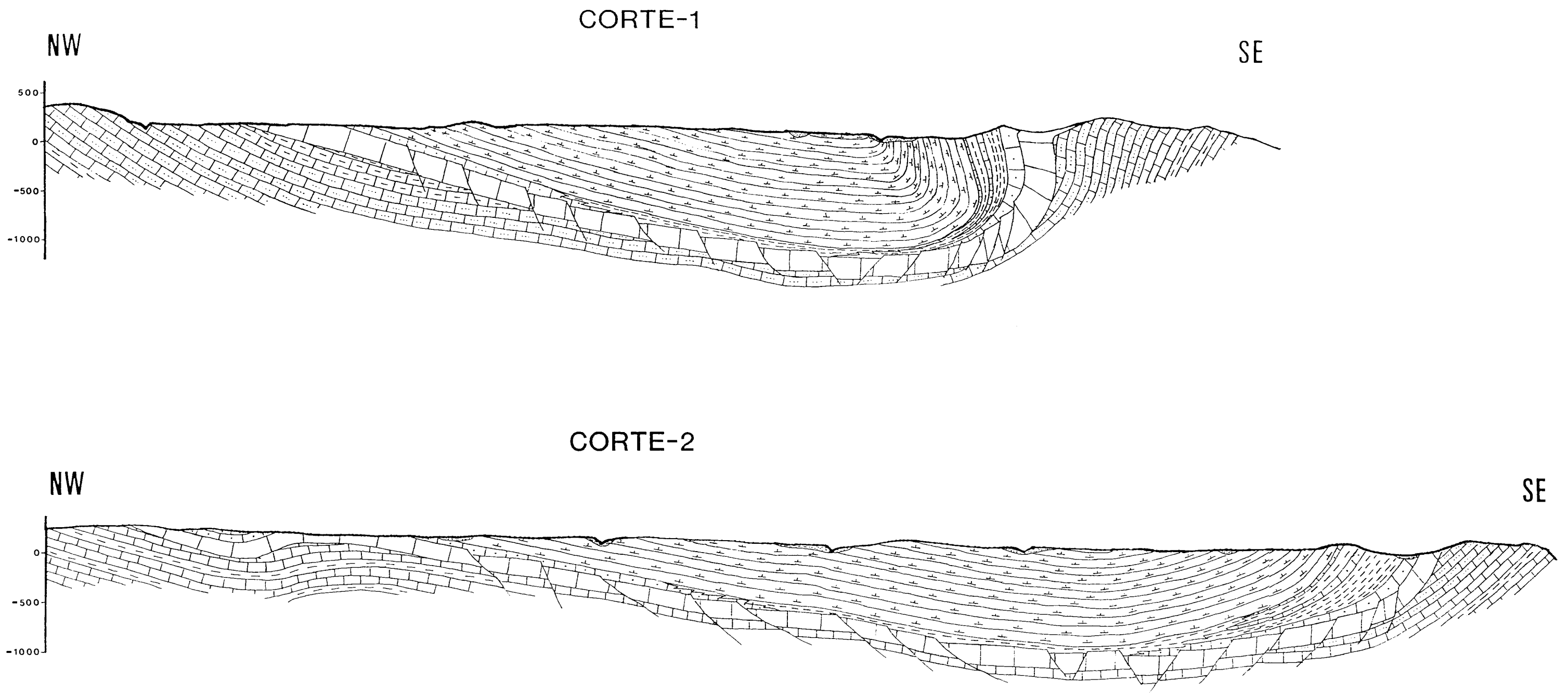
Es una etapa compresiva donde se pliegan los materiales terciarios, se retocan y modifican estructuras anteriores y comienzan los cabalgamientos que darán como resultado los alóctonos de Oltá e Ifach. Estos cabalgamientos están favorecidos por los materiales plásticos del Trías que actúan como nivel de despegue y afectan fundamentalmente donde los espesores del Oligo-mioceno son menores. Debido a esto, en el área del sinclinal de Benisa queda muy amortiguada, actuando con mayor intensidad en sus cierres.

- Tectónica diapírica: tiene lugar durante el Mioceno medio-superior y coincide con los últimos momentos de la fase nealpina. Es una etapa de reajustes isostáticos y de fuerte subsidencia de la cubeta de Calpe. Este hundimiento produce un ascenso de los materiales menos densos del Trías (diapiro de Oltá) por fracturas y zonas de debilidad. Culminan los deslizamientos de los materiales eocenos sobre las margas del Mioceno.

Desde el punto de vista estructural, los accidentes tectónicos más importantes del área estudia son: el graben que conforma la depresión, el diapiro de Oltá y los cabalgamientos de Oltá e Ifach.

La *Depresión de Benisa* es básicamente una estructura sinclinal generada a partir de un sistema principal de fallas normales de dirección NE-SW, que le dan una morfología típica de cubeta subsidente. Tiene unos 9 km de anchura por 16 km de longitud en sus puntos de mayor amplitud y se encuentra rellena por materiales miocenos, que alcanzan en algunos puntos espesores superiores a los 1000 m. Bajo estos subyacen dos niveles carbonatados del Oligoceno y Cretácico, dispuestos sobre un tramo margoso de edad Neocomiense. La morfología del sinclinal de Benisa en diferentes puntos se refleja en los cortes geológicos interpretativos de las figuras 2a y 2b.

El *diapiro de Oltá* está constituido por arcillas, yesos y ofitas de edad triásica. Se formo en la etapa de ajuste isostático postpirenaica e se intruyó después del movimiento estaírico; posteriormente se desarrolla siguiendo una marcada línea de dirección norte, hasta perder



LEYENDA

	T		E		M ₃
	C ₁		O		M ₅
	C ₂		M ₁		Q
	C ₃		M ₂		

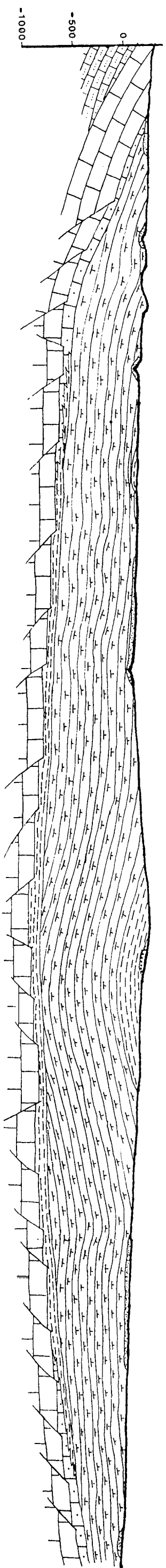
ESCALA H: 1:25.000
V: 1:40.000

FIGURA 2a. Cortes geológicos interpretativos de la Depresión de Benisa.

NW

CORTE-3

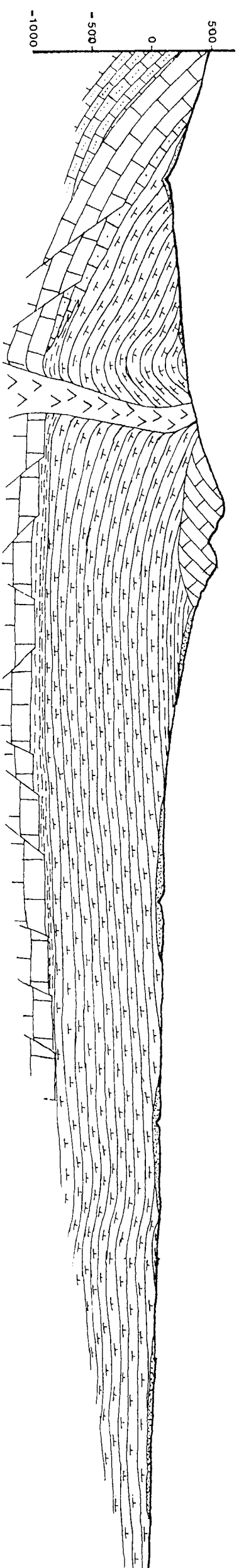
SE



W

CORTE-4

E



LEYENDA

	T		E		M ₃
	C ₁		O		M ₅
	C ₂		M ₁		Q
	C ₃		M ₂		

ESCALA H: 1:25.000
 V: 1:40.000

FIGURA 2b. Cortes geológicos interpretativos de la Depresión de Benisa.

su actividad al final del Mioceno en donde sus únicos movimientos son de reajuste. Debido a la linealidad que presenta en superficie parece posible su asociación a una importante fractura (de dirección N-S) del zócalo Oligoceno-Mesozoico.

Los cabalgamientos de Oltá e Ifach así como otros pequeños afloramientos Eocenos son retazos de un mismo manto de corrimiento, cuya formación posiblemente esté relacionada con deslizamientos gravitacionales producidos por el rápido ascenso de los diapiros triásicos, ayudados por superficies plásticas de despegue, como las margas del Eoceno inferior. Estas margas podemos encontrarlas bajo los carbonatos de Oltá e Ifach y suelen aparecer muy trastocadas y dispuestas de forma caótica.

2.2. FORMACION RECEPTORA

Se ha definido como nivel receptor principal a los bancos carbonatados del Oligoceno. Están formados fundamentalmente por calizas karstificadas transmisivas, cuyo espesor medio supera los 200 m. Afloran a lo largo del borde interno de la depresión y su presencia bajo los sedimentos miocenos de relleno, formando el substrato de la cuenca, ha sido confirmada en diferentes puntos. Constituye un acuífero confinado saturado de agua salada en la mayor parte de la depresión, por lo que solamente es explotado en las zonas de recarga.

En conexión hidráulica con las calizas oligocenas, pueden presentarse otros niveles transmisivos adyacentes, susceptibles de ser integrados dentro del nivel receptor o zona de inyección. Se trata fundamentalmente de niveles permeables del Mioceno Basal y del Cretácico, a techo y muro respectivamente, que podrían aportar capacidad receptora adicional.

En las secciones siguientes se recogen los datos derivados del reconocimiento en campo de

los niveles receptores potenciales y se analizan los factores determinantes de la viabilidad hidrogeológica de la inyección, en el área de mayor interés.

2.2.1. RECONOCIMIENTO EN CAMPO

Debido a que los materiales carbonatados del Oligoceno constituyen la formación receptora en el modelo de inyección propuesto en este informe, éstos han sido objeto de un análisis más preciso y pormenorizado. Dicho estudio ha incluido la realización de numerosos itinerarios de reconocimiento en varios puntos de la depresión. Estos han sido representados en el mapa nº2 (Mapa de situación de secciones litológicas, cortes geológicos y S.E.V.), incluido en este informe. Algunas de estas series son resumidos a continuación:

- Sierra de Toix (Carretera de ascenso a la estación transmisora): En este sector el Oligoceno aparece muy verticalizado con buzamiento en dirección noreste. El techo de la serie lo forman unas calizas blancas *wackstone* con numerosas *Lepidocyclinas*, algas y diversos microforaminíferos. A estas les siguen unas calizas ocre claras *packstone* y *grainstone* formadas por numerosos *Nummulites*, algas (de color lechoso) y diversos microforaminíferos. Intercalados entre ambos paquetes aparecen bancos *mudstone* de color pardo claro, con fractura concoidea y sin fauna identificable. El espesor total de esta serie es de aproximadamente 200 m. Todo el conjunto aparece estratificado en bancos gruesos, homogéneos y sin niveles margosos intercalados. Externamente y a nivel macroscópico presentan algunas fracturas transversales con rellenos calcícticos y oquedades centimétricas generalmente rellenas de arcillas naranja-rojizas. Los fenómenos de karstificación se manifiestan a lo largo de toda la sección, haciéndose más intensos al aumentar la cota.

- Barranco Salado (Corte transversal de la S^a de Toix): La serie que se describe a continuación comienza en la base del Oligoceno y se realizó en el cañón que independiza la S^a de Toix de su prolongación tierra adentro. Las muestras se tomaron a intervalos más o menos regulares y la descripción de cada una de ellas está basada en su litología, color,

textura y contenido fósil.

- * Caliza crema *packstone* con microfósiles.
- * Caliza parda *packstone* con Nummulites, fragmentos de conchas y microfósiles. Rellenos calcíticos en microfracturas.
- * Caliza parda-verdosa *packstone* con Nummulites y microfósiles.
- * Caliza parda *packstone* con Miliólidos y otros microfósiles. Rellenos calcíticos en microfracturas.
- * Caliza parda *mudstone* con Miliólidos. Rellenos calcíticos en microfracturas.
- * Caliza parda clara *mudstone* con escasos Miliólidos. Rellenos calcíticos en microfracturas.
- * Caliza parda *mudstone* con Miliólidos y otros microfósiles.
- * Caliza parda *packstone* con Miliólidos y otros microfósiles. Rellenos calcíticos en microfracturas.
- * Caliza blanca *wackstone* con Miliólidos y otros microfósiles. Rellenos calcíticos en microfracturas.
- * Caliza crema *mudstone* con rellenos calcíticos en microfracturas.
- * Caliza crema *packstone* con Nummulites, algas, Miliólidos y otros microfósiles. Rellenos calcíticos en microfracturas.
- * Caliza crema *mudstone* con Nummulites y algas.
- * Caliza crema *wackstone* con algas y microfósiles.
- * Caliza crema *packstone* con Miliólidos, Nummulites, algas y diversos microfósiles.

La serie en toda la Sierra de Toix se encuentra muy verticalizada y es de destacar la ausencia de niveles margosos intercalados entre las calizas y la presencia de grandes cavernas como resultado de importantes fenómenos de karstificación. En conjunto el Oligoceno de la Sierra de Toix conforma un paquete calizo de una potencia superior a 300 m. de los cuales se han reconocido aproximadamente unos 200 m.

- Carretera Benisa-Jalón (por el Tosal del Aspre): El techo de la serie lo forman unas calizas pardas generalmente *packstone*, con algunos niveles *wackstone*, ambos constituidos por numerosas *Lepidocyclinas*, algas y otros microforaminíferos. Posteriormente y siempre descendiendo en la serie encontramos calizas de color pardo claro *packstone* con numerosas algas, algunos *Nummulites* y diversos microforaminíferos. Calizas de color crema claro *wackstone*, con menor contenido fósil (algunos miliólidos). El techo de la serie lo forman unas calizas de color pardo claro *packstone* con *Nummulites*, algas y otros restos no identificables. Estas descansan sobre el Cretácico de forma claramente discordante. A lo largo de toda la serie se mantiene la homogeneidad litológica (ausencia de niveles margosos intercalados) y son evidentes los fenómenos de karstificación de sus materiales.

- Carretera Benisa-Jalón: En este sector sólo se identificaron los materiales oligocenos del techo de la secuencia, ya que el resto se encontraban cubiertos por los materiales del mioceno basal. Se trata de calizas *packstone* de color pardo formadas por *Lepidocyclinas*, algas y diversos microfósiles. Presentan el mismo aspecto oqueroso que en los anteriores afloramientos.

- Carretera Senija-Lliber: Los materiales oligocenos más cercanos al contacto con el Mioceno basal son unas calizas pardas *packstone* con abundantes algas y microfósiles sin identificar con algunas intercalaciones de calizas *mudstone* de color crema.

- Carretera Teulada-Gata de Gorgos: En esta zona el espesor del Oligoceno es inferior al observado en otras áreas, ya que al presentar un buzamiento muy bajo se encuentra cubierto por materiales miocenos.

Los primeros niveles que afloran son calizas de color crema *packstone* con gran contenido en algas y microfósiles entre los que aparecen algunos *Nummulites*. Hacia base aparecen unas calizas blanquecinas *packstone* con idéntico contenido fosilífero, seguidas por un *packstone* ocre claro con algas y abundantes microfósiles sin identificar. A continuación y claramente discordantes (buzamientos más elevados) aparecen unos niveles de margas y calizas margosas pertenecientes al Cretácico.

- Tosal Gros: Calizas de color ocre claro *grainstone* formadas por algas, fragmentos de grandes conchas, restos de erizos y abundantes microfósiles.

En todo el margen norte de la depresión que abarca desde Senija hasta el Tosal Gros aproximadamente, el Oligoceno reconocido mantiene sus características kársticas y su homogeneidad litológica.

- Carretera Benitachell-Llorensá: La base de la secuencia oligocena en claro contacto discordante con los materiales cretácicos comienza por unos 100 m. de calizas con coloración crema o blanquecinas tipo *packstone* y *grainstone* formadas por abundantes Nummulites, algas, Miliolidos y restos de erizos. La serie continua con unos 60 m. de calizas color crema tipo *packstone* formadas por *Lepidocyclinas*, algas, restos de erizos y numerosos microforaminíferos. El tránsito entre un tramo y otro sólo es reconocible mediante criterios faunísticos. Por encima de estas calizas y de forma aparentemente concordante, aparece una facies flyschoides consistente en una alternancia de margas azules y calizas margosas con una potencia de unos 150 m. Esta secuencia tiene una primera parte, a base, con bancos calizos de 1 m. de espesor separados por niveles centimétricos de margas y una segunda, más basal, donde la proporción de margas azules es superior y los bancos calizos alcanzan unos espesores medios de 20 cm. En el primer caso los bancos duros son de calizas ocre tipo *wackstone* con escasos fósiles, mientras que en el segundo están formados por margocalizas (arenosas al tacto) sin contenido fósil. Morfológicamente este tramo ocupa una zona relativamente deprimida entre las barras calcáreas. Con todas las características mencionadas anteriormente y según lo observado en otros puntos de la depresión, estos depósitos podrían representar al Mioceno de base. La serie finaliza con una barra carbonatada de unos 25 m. de espesor formada por calizas de color crema o gris verdosas tipo *packstone* con abundancia de algas y microforaminíferos.

En conjunto toda la serie aparece muy verticalizada y los procesos de karstificación afectan tanto a las calizas oligocenas, como a los tramos calizos inferiores del supuesto Mioceno basal.

2.2.2. OTROS NIVELES RECEPTORES POTENCIALES

Sobre las calizas oligocenas y de una manera discordante aparecen a lo largo de toda la cuenca los materiales del Mioceno Basal. En sus tramos inferiores están constituidos por bancos calizos (de 1 a 3 metros de espesor), que debido a una bien desarrollada karstificación forman un nivel acuífero captado algunos puntos por pequeños sondeos. Según se observó en diversos afloramientos, no hay niveles importantes que lo independicen del Oligoceno, por lo que si su presencia quedara confirmada por un sondeo piloto, habría de valorarse su incorporación a la zona de inyección.

Bajo el nivel receptor oligoceno aparecen, en función de la zona, las diferentes formaciones carbonatadas del Cretácico. Como muestran los diferentes cortes geológicos de las figuras 2a y 2b, son las calizas del Turoniense (C_2) las que se encuentran en contacto directo con el almacén; tanto en el margen izquierdo de la depresión como en el derecho. Inmediatamente debajo de estas y a veces en contacto directo con el Oligoceno (Tosal del Cosí), aparecen las calizas y margas del Cenomaniense (C_1). Los materiales del Senoniense (C_3 y C_4) afloran únicamente en la zona norte del sinclinal (Tosal Gros y Tosalet) y parecen acuñarse o encontrarse erosionados hacia el sur.

A falta de una comprobación física, es probable que los materiales que descansan bajo el almacén, a lo largo de toda la depresión, sean los cretácicos C_2 y C_1 . Posiblemente también los materiales carbonatados del Cretácico Inferior, tal y como aparecen representados en la columna del Coll de Rates (figura 3).

Estos niveles no se encuentran independizados hidráulicamente del Oligoceno por tramo impermeable alguno. Presentan espesores medios de 300 m. (Cretácico superior) y 350 m. (Cretácico inferior), con lo que podrían aportar capacidad receptora adicional en el caso de inyectarse grandes caudales.

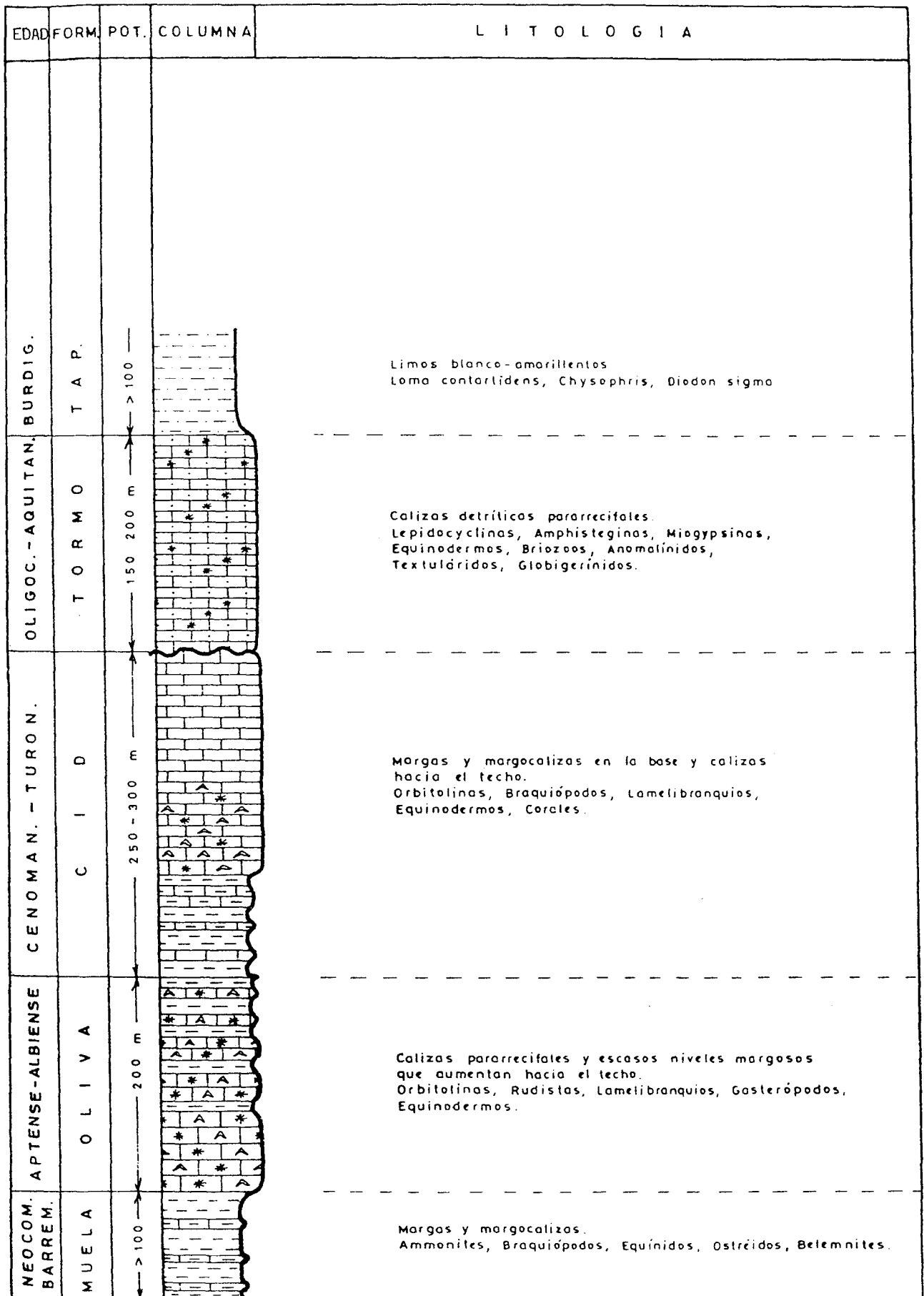


FIGURA 3. Columna litoestratigráfica en Coll de Rates.

2.2.3. CARACTERISTICAS HIDRAULICAS

Tras el reconocimiento en campo de los afloramientos oligocenos y la revisión de toda la información disponible sobre sondeos perforados en la formación receptora, se han confirmado sus buenas características hidráulicas. El hecho de que las calizas oligocenas constituyan un acuífero salino en la mayor parte de la depresión, hace que la información hidrogeológica existente sobre ellas sea muy limitada. Sin embargo, aunque no se disponga de valores calculados de los diferentes parámetros de caracterización hidráulica, las observaciones en superficie y los datos indirectos aislados permiten confirmar la existencia de un karst bien desarrollado en todo el área de estudio.

De la revisión del inventario de puntos de agua del I.T.G.E., de los datos de las redes de control y de las visitas a sondeos, se han podido extraer algunos datos hidrogeológicos de interés. Cabe destacar que en las proximidades de Calpe, donde se dan las condiciones más favorables para la implantación de un sistema de inyección, prácticamente no existe agua subterránea dulce y no hay sondeos que superen las pocas decenas de metros de profundidad. Por lo general en toda la depresión, los sondeos más profundos son también los más antiguos y se encuentran abandonados, por lo que la información directa del acuífero oligoceno confinado es muy escasa. Solamente en el borde de la depresión, en las proximidades del área de recarga, existen sondeos que captan los acuíferos oligoceno y cretácico en la actualidad.

En la tabla 1 se recogen los datos de identificación e hidráulicos correspondientes a los sondeos más significativos situados en el entorno del área de interés. Su localización dentro del contexto regional se refleja en el mapa de la figura 4. La información aportada por los datos de sondeos puede resumirse del siguiente modo:

- En la zona central de la depresión los únicos niveles saturados de agua dulce son algunos tramos permeables del Mioceno.

TABLA 1. Síntesis de datos de inventario correspondientes a los sondeos de mayor interés situados en el área de estudio

HOJA 1:50.000	N° INVENTARIO	RED (¹)	COORDENADAS LAMBERT		COTA SUPERFICIE TERRENO (msnm)	PROF. (m)	ACUÍFERO(S) CAPTADO(S)	NIVEL ESTÁTICO (msnm)	Q PRODUCCIÓN (m ³ /h)	Q _e (l/s.m)
			X	Y						
3032	7001	No	921.900	465.600	230	390	Cretácico	79	3.6	-
	7003	No	923.100	459.250	90	457	Mioceno	26	12.6	0.18
	7006	No	920.500	458.800	245	300	Oligoceno	61	3.6	-
	7013	No	921.800	460.760	120	200	Mioceno	-1	-	-
	7014	No	924.900	466.100	210	325	Cretácico	87	115.2	0.38
	7017	P	923.400	461.500	150	202	Mioceno	38	46.8	1.21
	7019	C	924.830	466.300	200	283	Cretácico	40	19.8	-
	7020	C	924.820	466.200	218	226	Oligoc/Cretác	95	100.8	-
	7033	No	921.500	462.450	280	375	Oligoc/Cretác	42	16.2	0.12
	7036	No	923.550	459.700	70	264	Mioceno	15	18.0	0.13
3032	8011	No	928.100	465.850	170	275	Oligoc/Cretác	29	10.8	0.15
	8015	No	928.000	466.900	155	335	Oligoc/Cretác	10	97.2	0.30
	8020	P+C	927.950	467.100	158	300	Oligoc/Cretác	10	72.0	0.19
	8042	No	926.600	459.300	80	228	Mioceno	10	-	-
3033	3003	No	920.440	458.560	197	-	Oligoceno	27		

(¹) No = no pertenece a las redes de control
P = red piezométrica C = red de calidad

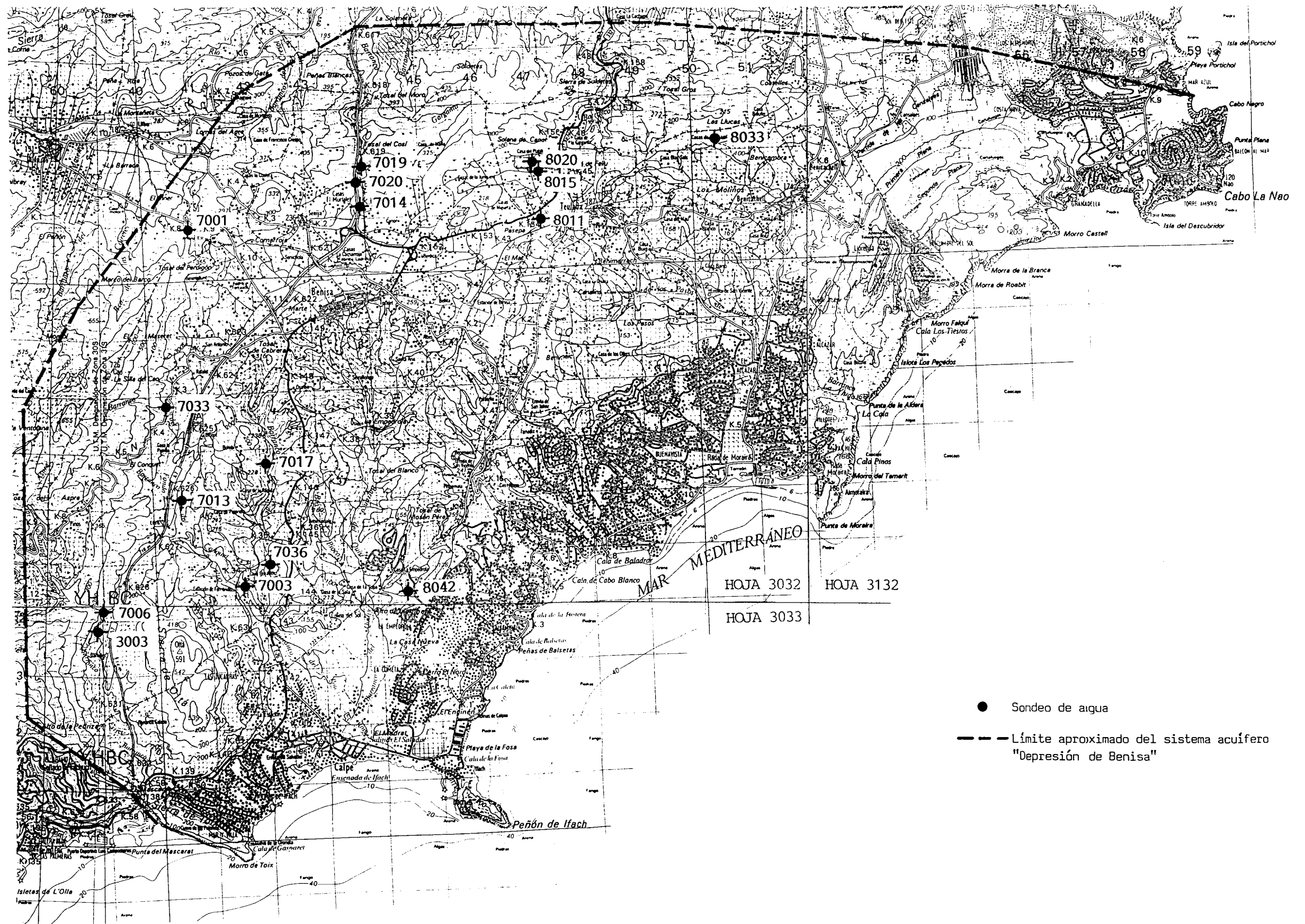


FIGURA 4. Situación de los sondeos de agua seleccionados.

- La diversidad de horizontes acuíferos captados no permite la reconstrucción de superficies piezométricas dentro del área de estudio. Se observan, sin embargo, tendencias en los valores de los niveles estáticos de agua. En el Oligoceno, los niveles son próximos a 10 msnm en las áreas de recarga y se aproximan al nivel del mar hacia el interior. En el Mioceno, los niveles piezométricos oscilan habitualmente entre 10 y 40 msnm en el interior de la depresión.
- Los sondeos que rinden mayores caudales son aquellos que captan las calizas oligocenas y cretácicas cerca de los afloramientos. En los sondeos recogidos en la tabla 1, las cifras de caudal de producción y caudal específico reflejan principalmente las características del Cretácico, puesto que el Oligoceno se encuentra seco o parcialmente saturado en la mayoría de los casos

A pesar de no disponer de datos suficientes para realizar una caracterización hidráulica cuantitativa de la formación receptora, existen datos cualitativos que confirman la potencialidad de las calizas oligocenas. Durante todos los reconocimientos de sus afloramientos en diferentes puntos de la depresión, se observaron fenómenos kársticos bien desarrollados. Los huecos de disolución y el desgajamiento de la roca en pequeños bloques son una constante en aquellos afloramientos más expuestos a la acción de los agentes externos. En general siempre se observaron calizas con una capacidad transmisiva muy elevada, y una total ausencia de materiales limitadores intercalados. Algunos partes de perforación de sondeos que alcanzaron el Oligoceno en zona confinada, reflejan la existencia de cavernas y/o pérdidas de circulación.

Las características litológicas descritas, junto con su potencia superior a 200 m, son indicativos de un buen nivel receptor potencial. A tenor de lo observado, es probable que su capacidad en un punto concreto, esté condicionada en mayor medida por su continuidad lateral (geométrica), que por sus características hidráulicas.

En algunas zonas los niveles permeables cretácicos se sitúan por debajo de las calizas

oligocenas en conexión hidráulica directa. En el borde de cuenca donde se explotan, los sondeos los confirman como un acuífero importante en la región. Si bien los carbonatos cretácicos carecen habitualmente de porosidad primaria importante, frecuentes fenómenos de disolución y, sobre todo, fracturas, les confieren buen potencial transmisivo. Como muestran los datos de la tabla 1, en los sondeos cretácicos más próximos a Calpe, las capacidades específicas observadas oscilan alrededor de los 0.15-0.30 l/sm. De confirmarse su presencia en el punto de perforación de un sondeo de inyección, podrían incorporarse a la formación receptora, aumentando su capacidad.

2.2.4. CALIDAD DEL AGUA

Los datos de calidad del agua referentes al acuífero carbonatado oligoceno son muy escasos. Ello es debido principalmente a que las únicas captaciones existentes en la actualidad se sitúan en los bordes de cuenca. Tras la revisión de la información existente en los inventarios y la procedente de las redes de control, se han recogido en la tabla 2 los datos procedentes de los sondeos más próximos al área de interés para la inyección profunda. Estos corresponden a algunos de los sondeos anteriormente citados y, por lo tanto, reflejan la calidad en puntos de diferentes niveles acuíferos.

Aunque a partir de la información disponible no se puede determinar la distribución espacial de la calidad de las aguas, los datos puntuales junto con las observaciones de campo permiten extraer conclusiones de interés:

- El agua contenida en las calizas oligocenas solamente es aprovechable en las proximidades de las zonas de recarga. En estas zonas la salinidad total varía entre 500 y 800 mg/l, con facies bicarbonatada-clorurada cálcica.
- En la parte interna de la depresión, donde el acuífero es cautivo, el agua es claramente salada y no se explota. Los sondeos más profundos, con posibilidades de alcanzar el Oligoceno, son los más antiguos y se encuentran abandonados.

TABLA 2. Resumen de los datos de calidad del agua referentes a los sondeos de interés

HOJA 1:50.000	Nº INVENTARIO	PROF. (m)	FECHA DEL ANALISIS	COND. (μ S/cm)	RESIDUO SECO (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	SO ₄ ⁼ (mg/l)	HCO ₃ ⁻ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	Ca ²⁺ (mg/l)	Mg ²⁺ (mg/l)	ACUIFERO(S) CAPTADO(S)			
3032	7013	200	08/90	13600	-	4998	-	-	-	-	-	-	-	Mioceno			
	7017	202	04/88	643	483	44	47	314	2	25	3	88	22	Mioceno			
			10/88	753	566	50	77	336	-	29	2	122	22				
			06/92	802	550	75	145	245	13	50	2	130	15	Cretácico			
	7020	226	06/92	820	-	45	160	-	3	-	-	95	20	Oligoc/Cretác			
	7036	264	06/80	1402	-	120	236	354	142	12	3	124	71	Mioceno			
3032	8020	300	07/80	650	388	60	29	281	10	39	2	80	12	Oligoc/Cretác			
			10/81	740	494	99	34	287	13	60	-	88	14				
			04/82	-	461	74	29	238	9	53	2	74	17				
			05/83	740	465	99	34	293	6	62	2	74	23				
			07/83	700	458	85	14	256	20	53	2	70	19				
			10/83	780	485	92	38	274	11	51	2	96	19				
			04/85	850	543	142	39	268	9	71	4	80	36				
			11/85	535	341	100	30	171	3	46	4	40	24				
			05/86	525	335	87	34	156	14	30	4	60	24				
			10/88	995	610	160	70	270	25	85	4	115	17				
			12/88	755	430	90	40	265	15	45	2	95	14				
			01/89	795	465	100	40	295	13	45	3	100	14				
			10/92	638	610	155	60	280	25	75	4	135	15				
			8042	228	06/80		1781	639	187	433	27	414	4		142	61	Mioceno (base)

- En la zona central de la depresión el agua subterránea dulce se encuentra en niveles acuíferos del Mioceno, de productividad muy limitada y situados a escasa profundidad. Los sondeos que se reprofundizan para captar niveles más profundos suelen resultar salinizados, con un contenido en sulfatos importante.
- En el área situada inmediatamente al norte de Calpe no es descartable la influencia directa del agua de mar en las calizas del Oligoceno. Las aguas de los pozos que más se han acercado a este nivel muestran una clara facies clorurada sódica.

Si bien no es posible cuantificar las características del agua contenida en la formación receptora en el área de estudio, puede suponerse con toda probabilidad que su salinidad es lo suficientemente elevada para hacerla inservible para los usos habituales del agua. Desde el punto de vista de la calidad del agua la zona favorable para la inyección no se limita a una banda paralela a la costa, sino más bien a toda el área de la depresión en que el Oligoceno aparece confinado.

2.2.5. CONTINUIDAD LATERAL Y CAPACIDAD RECEPTORA

La presencia de las calizas oligocenas como substrato de la depresión es un hecho confirmado por la disposición de los afloramientos y los datos de sondeos. Mayor incertidumbre presenta el hecho de una posible compartimentación del nivel receptor por presencia de fallas de gran desplazamiento. La continuidad geométrica de la formación receptora se presenta en esta depresión como el mayor factor condicionante de la viabilidad hidrogeológica de la inyección profunda. Tras la revisión de toda la información de subsuelo disponible, se ha reconstruido la estructura de bloques más probable en las proximidades de Calpe. A partir de ella se ha podido delimitar con precisión el área más favorable para la implantación de un sistema de inyección.

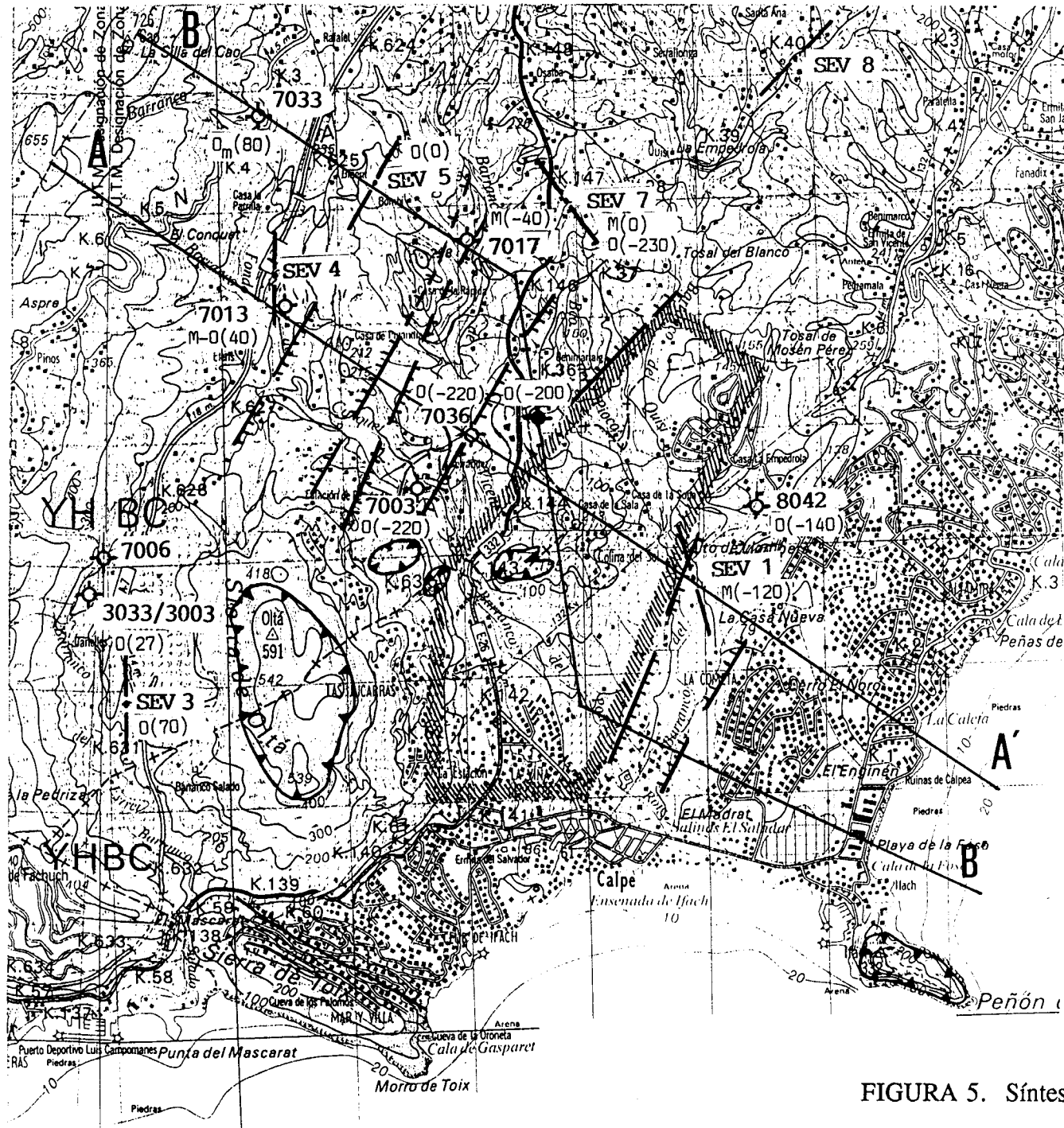
Con el fin de conocer la morfología del substrato de la depresión se ha elaborado el mapa

síntesis de la figura 5. En él se recogen conjuntamente la información estructural derivada de estudios precedentes, los resultados de una campaña previa de sondeos eléctricos verticales (tabla 3) y los datos aportados por sondeos de la zona. Las trazas superficiales de los escalones del substrato reflejan una alineación preferente NE-SW, correspondiente al eje de la depresión, que se va calando hacia el NE.

La disposición de la estructura profunda en las proximidades de Calpe se refleja en las secciones estructurales de la figura 6. En ellas se aprecian las dimensiones y posición relativa de los bloques existentes, así como su profundización en dirección NE. La zona más próxima a la costa muestra una menor subsidencia y la existencia de bloques de mayor extensión superficial. De acuerdo con la reconstrucción geométrica de las secciones AA' y BB', los saltos de falla son del orden de pocas decenas de metros en la mitad este del área estudiada. Sin embargo, en la mitad interior de la depresión se observa el núcleo de la misma, con presencia de saltos de falla del orden de 100 m ó superiores.

De acuerdo con los resultados anteriores se ha delimitado el área más favorable, desde el punto de vista hidrogeológico, dentro del bloque de substrato de mayor amplitud. Los saltos de falla deducidos para dicho bloque no suponen su desconexión hidráulica lateral, por ser notablemente inferiores a la potencia media del nivel receptor (aproximadamente 200 metros). En los reconocimientos litológicos de los afloramientos no se observó el desarrollo de niveles karstificados especialmente asociados a planos de estratificación, por lo que se estima que los saltos de falla deducidos no habrían de suponer una merma sustancial en las características hidráulicas del nivel receptor. Es necesario hacer hincapié en que la delimitación del área más favorable no significa que no exista viabilidad hidrogeológica fuera de ella.

A falta de una confirmación definitiva mediante ensayos hidráulicos en un sondeo piloto, los datos existentes indican la presencia de una formación receptora con características hidráulicas, espesor y continuidad lateral suficientes para aportar la capacidad necesaria para el buen funcionamiento de un sistema de inyección de aguas residuales para el núcleo de Calpe.



- CABALGAMIENTO
- FALLA
- S.E.V.
- POZO
- SONDED DE INVESTIGACION
- SECCION ESTRUCTURAL
- ZONA HIDROGEOLOGICAMENTE MAS FAVORABLE
- M MIOCENO DE BASE
- O OLIGOCENO
- (25) COTA RESPECTO AL NIVEL DEL MAR

ESCALA 1:50.000

FIGURA 5. Síntesis estructural del substrato oligoceno.

TABLA 3. Sondeos eléctricos verticales. Cuadro resumen.

S.E.V. N°	INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS
1	No llega a detectar el conjunto carbonatado sino un sustrato margocalizo a partir de 160 metros de profundidad. Por encima de este horizonte predominan los materiales conductores margosos fundamentalmente.
2	Es enteramente análogo al anterior salvo en que el "basamento" se encuentra más próximo a superficie. Este nivel margocalizo parece corresponder claramente con el tramo de 100 ohm.m. apreciable en el SEV 7 inmediatamente por encima del sustrato calizo.
3	Está en el borde 0 de la cuenca y efectivamente señala la presencia de las calizas resistivas a una profundidad máxima de 120 metros.
4 y 5	<p>A partir de ellos dos se pueden distinguir dos unidades litoelectricas bien diferenciadas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Conjunto Mioceno margoso caracterizado por resistividades inferiores normalmente a 100 ohm.m. aunque puede sobrepasar esta cifra en los tramos calizos más compactos. - Basamento Eoceno-Mesozoico que se caracteriza porque su resistividad es del orden de 500 ohm.m. o mayor, que debe corresponder a calizas compactas.
6	Parece en este punto que el basamento calizo no se llega a detectar, sino que el nivel resistivo de su tramo final a partir de 350 metros puede corresponder, por su relativamente baja resistividad (120 ohm.m), a margocalizas análogas a las de los SEV 1 y 2 así como al tramo intermedio del SEV 7.
7 y 8	Entre ellos se aprecia una discontinuidad lateral de menor entidad y que afecta únicamente al Mioceno.

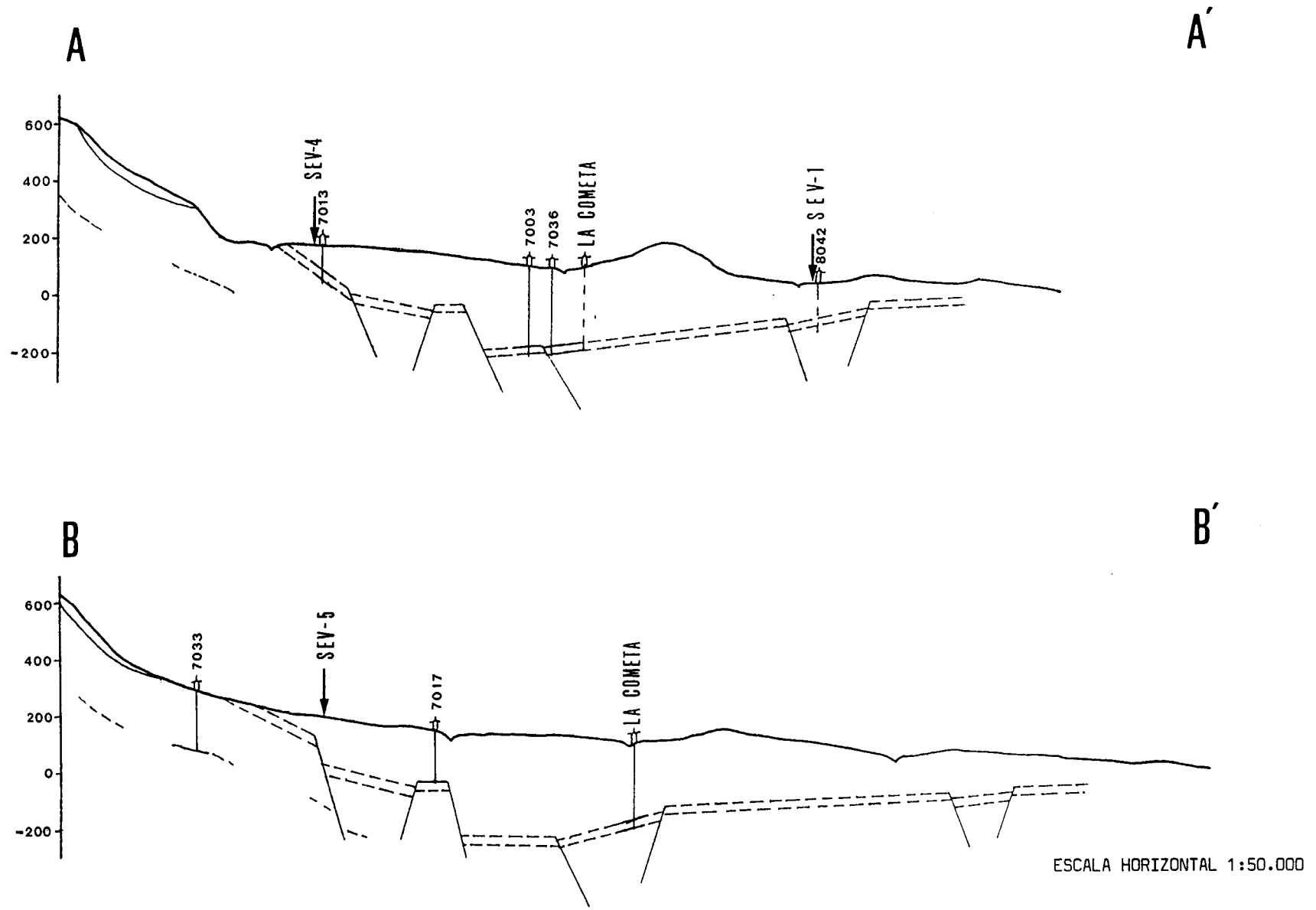


FIGURA 6. Reconstrucción de la disposición estructural del substrato en el área de interés.

2.3. CONFINAMIENTO

La Depresión de Benisa se encuentra rellena principalmente por los materiales miocenos impermeables de la facies Tap levantina. Esta facies y en conjunto todo el Mioceno de la depresión, ha sido objeto de varios estudios detallados por parte del I.T.G.E., debido fundamentalmente a la capacidad que presentan estos depósitos como roca madre en la formación de petróleo. Con este motivo se realizaron numerosas secciones de detalle que son resumidas en la tabla 4 (situación en plano 2). Su correlación se muestra en la figura 7.

Los datos aportados por la geofísica unidos a los que ofrecen estas columnas dan una buena visión de los diferentes materiales que conforman el confinamiento, en cuanto a su naturaleza, extensión, continuidad lateral, espesores y profundidades.

2.3.1. DESCRIPCION LITOESTRATIGRAFICA

En los trabajos geológicos precedentes los materiales miocenos aparecen habitualmente diferenciados en cinco grupos, cuyos rasgos litoestratigráficos se resumen a continuación. Su distribución geográfica a lo largo de la depresión se detalla en los planos 1 y 2.

El Mioceno de base (M_1) presenta dos facies distintas en función de la zonas. En el sector NE comienza con unas calizas de algas que progresivamente y hacia el centro de la cubeta sinclinal pasan a margas, calizas arenosas y arenas, evolucionando por último a margas azules típicas de facies Tap. En el resto del área el Mioceno comienza por un flysch de edad Aquitaniense (descrito en la sección Benitachell-Llorensá), constituido por margas y calizas arenosas con niveles de areniscas calcáreas, de tonos amarillentos y abundante fauna de Péctenes y Equínidos. Los materiales del M_1 se apoyan de manera discordante sobre el Oligoceno a lo largo de toda la depresión.

TABLA 4. Secciones litológicas. Cuadro resumen.

SECCION	POTENCIA (m)	EDAD	DESCRIPCION	AMBIENTE DEPOSICIONAL
F	155	Burdigaliense	Margas nodulosas y hojosas muy organógenas, a techo mayor contenido en carbonatos	Plataforma interna. Plataforma externa en aguas someras
MA	909	Burdigaliense Burdigaliense-Langhiense	Margas a base. Biomicritas con Lepidocyclinas (facies pararrecifal). Hasta el eje del Sinclinal (profundidad de la cuenca en aumento), depósitos de margas con diferentes contenidos en carbonatos, sedimentados en forma continua y monótona.	Plataforma externa.
G	65	Langhiense Inferior	A base margas nodulosas alternantes con areniscas calcáreas y/o calcarenitas, que evolucionan hacia el techo a calizas arenosas con niveles de areniscas calcáreas de grano muy fino.	Plataforma externa hacia zona distal
OL	450	Langhiense Inf-Sup.	Margas nodulosas que rapidamente pasan a alternancias de margas nodulosas y arenosas. Hacia techo aumentan los detriticos, formando una alternancia entre margas y areniscas.	Plataforma externa
A	400	Burdigaliense-Langhiense Langhiense	Alternancia de calizas y margas a las que siguen margas nodulosas y arenosas. A techo 170 m. de margas nodulosas azules.	Plataforma externa hacia zona distal
E	120	Burdigaliense-Langh.Inf. Langhiense Inf.	A base 50 m. de alternancias de margas nodulosas y margas arenosas, seguidas de 20 m. de margas calcáreas. A techo 50 m. de alternancias de margas nodulosas y margas arenosas.	Plataforma externa (zona profunda)

TABLA 4 (Cont.). Secciones litológicas. Cuadro Resumen.

SECCION	POTENCIA (m)	EDAD	DESCRIPCION	AMBIENTE DEPOSICIONAL
B	98	Langhiense Inf.	A base margas azules y alternancias de margas azules con margas muy calcáreas que contienen un nivel de calcilutitas. A techo margas azules nodulosas, bien estratificadas.	Plataforma externa.
H	120	Burdigaliense-Langhiense Langhiense Inf-Sup. Tortonense	Margas azules nodulosas. Margas y areniscas calcáreas que pasan hacia el techo a areniscas calcáreas y calcilutitas. Calizas bioclásticas discordantes con los materiales anteriores.	Plataforma externa.
BQ	600	Langhiense Inf.	Margas nodulosas y margas arenosas a las que siguen 150 m. de margas nodulosas y 100 m. de alternancias de margas nodulosas y margas arenosas. Continúa con 190 m. de alternancias de calizas y margas, terminando la sucesión con 110 m. en las que sucesivamente se superponen calizas bioclásticas, margas nodulosas, margas y areniscas, y margas nodulosas y margas arenosas.	Plataforma externa. Zona distal.
D		Burdigal.-Langhiense Inf. Langhiense Inf.	83 m. de alternancias entre margas nodulosas y margas arenosas con margas nodulosas.	Plataforma Interna (en los 30 primeros metros). Plataforma externa hacia zona distal (en los 53 metros restantes)
C		Burdigal. Sup.-Langh. Inf.	A base margas azules (facies pararrrecifal) seguidas de 100 m. de alternancia entre calcilutitas y calizas y margas. A continuación 50 m. de margas nodulosas, con una intercalación de calcilutitas. Termina la serie con una alternancia de calizas y margas.	Plataforma interna. Transito Plataforma externa (zona proximal)

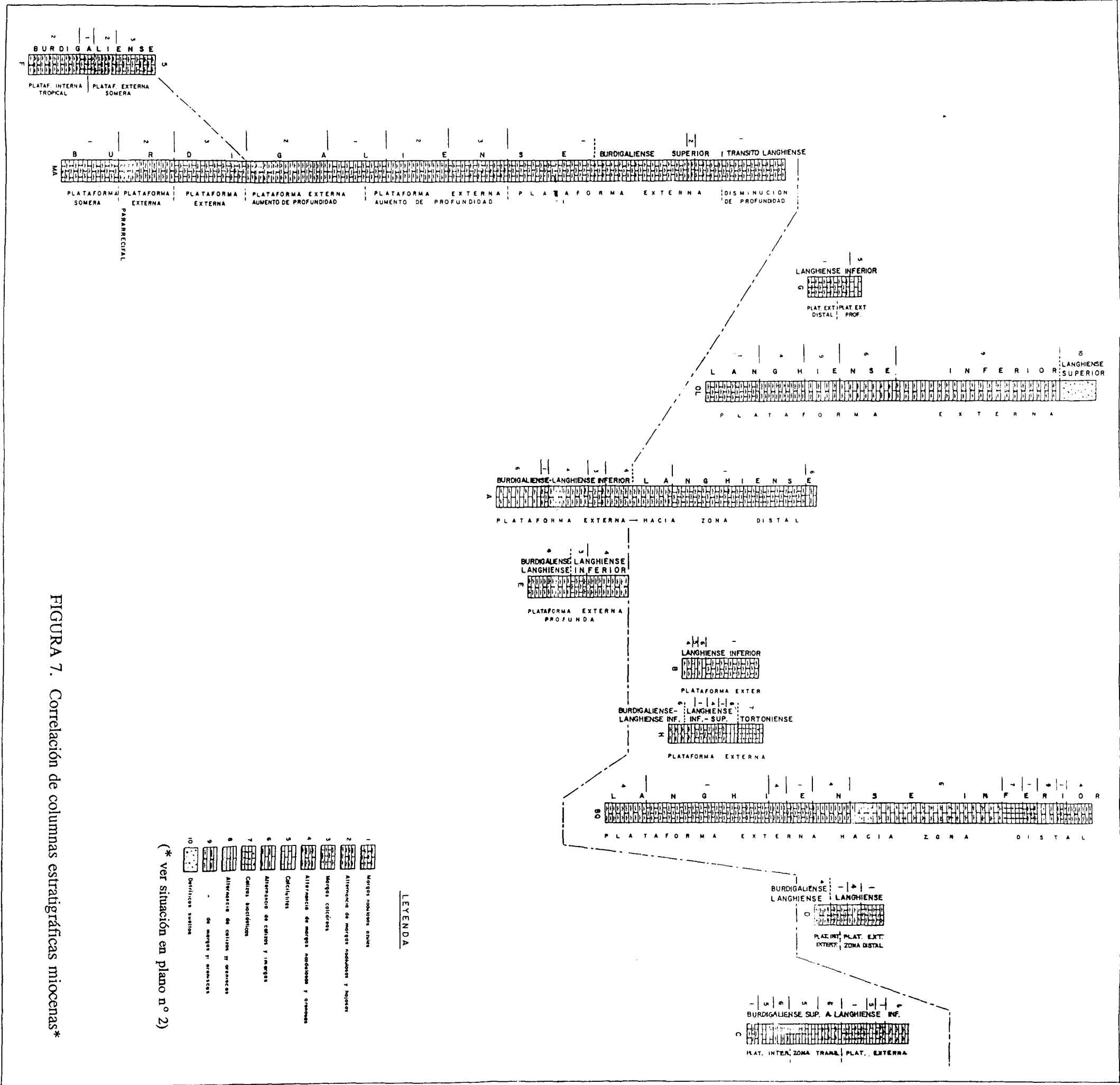


FIGURA 7. Correlación de columnas estratigráficas miocenas*

Las margas azules (M_2) se encuentran situadas por encima del flysch descrito anteriormente y constituyen una potente serie (cerca a los 1000 m.) de margas azuladas y grises, organógenas y fétidas al corte, y que solo varían en los contenidos de carbonato. Se disponen en bancos con espesores que varían entre el medio metro y los cinco o más, con juntas de margas donde abunda la materia orgánica y suelen encontrarse cortados por venillas de calcita o por planos perpendiculares a la estratificación donde se aprecian cristales de calcita (drusas y céspedes).

Los materiales que conforman el M_3 , situados por encima de las margas del Tap (M_2), consisten en unas alternancias de margas y margocalizas, variables en cuanto a su litología y espesores. Su edad estimada es Langhiense y es en la Sierra de Oltá, bajo el Eoceno calizo que la cabalga donde más completa aflora la serie.

Las calizas, areniscas calcáreas y margas (M_4) se encuentran situadas inmediatamente encima de la serie M_3 y son claramente diferenciables de todos los depósitos anteriores ya que presentan un carácter marcadamente continental (estructuras fluviales), con la casi desaparición de restos marinos en las margas.

El Mioceno superior está constituido por calizas bioclásticas (M_5) de color crema con una potencia máxima de 40 m. Estos materiales se apoyan indistintamente sobre los términos inferiores M_2 y M_3 .

2.3.2. EFICACIA CONFINANTE DE LOS MATERIALES

Si bien la series miocenas presentan diversidades geográficas y de facies dentro del área de estudio, puede anticiparse que el conjunto de materiales de relleno de cuenca constituye un excelente cierre confinante de los acuíferos carbonatados Oligoceno y Cretácico. Los materiales margosos altamente impermeables dan lugar a los mayores espesores de recubrimiento, entre los que se intercalan pequeños niveles con permeabilidad, por lo

general aislados hidráulicamente. En los párrafos siguientes se analizan con más detalle las características confinantes de los diferentes grupos miocenos.

El Mioceno basal (M_1) puede presentar dos litologías dominantes, debido a sus cambios de facies en profundidad: hacia el centro de la cuenca parece tener unas características más margosas, con lo que añadiría metros al confinamiento impermeable, mientras que hacia los bordes aparece con claro predominio de materiales carbonatados. Los bancos de calizas situados a su base pueden llegar a alcanzar espesores máximos de 30 m, por lo que en ocasiones pueden llegar a constituir pequeños niveles acuíferos. Generalmente los niveles calcáreos descansan directamente sobre la formación receptora por lo que no se consideran intervalo confinante, sino más bien una pequeña prolongación de ésta, como se indicó al referir los niveles receptores potenciales.

Las margas azules de facies Tap (M_2) son el tramo confinante más importante en cuanto a extensión y potencia. Las características más significativas de esta facies son su naturaleza netamente margosa, ausencia de niveles permeables intercalados, potencias elevadas y continuidad litológica tanto horizontal como vertical. Puede considerarse como el confinamiento principal en el modelo de inyección a aplicar, puesto que constituye por sí solo una barrera hidráulica infranqueable.

El conjunto de materiales denominado M_3 está formado de muro a techo por 60 m de margas, margas arenosas y areniscas calcáreas y margas; 70 m de calcilutitas y margas arenosas; arenas de grano medio y margas nodulosas. De este grupo constituye un tramo fundamentalmente impermeable, donde resaltan litologías como las areniscas calcáreas o las arenas de grano medio que pueden presentar localmente cierto grado de permeabilidad. Estos niveles apenas alcanzan el metro de espesor, como es el caso de las arenas, y se encuentran separados por niveles impermeables de margas con el doble de potencia. De acuerdo con su composición litológica el conjunto se muestra como un tramo impermeable en sentido vertical, con la posibilidad de tener algún nivel con permeabilidad en sentido horizontal, en todo caso aislado y de escasa capacidad transmisiva. En general el conjunto

denominado M_3 está representado solo en algunos lugares de la depresión, de una manera aislada y ocupando las zonas más someras del relleno.

Tanto el conjunto del M_4 (calizas, areniscas calcáreas y margas) como el del M_5 (calizas bioclásticas) están formados por materiales potencialmente permeables. Sin embargo, al ser tramos superficiales totalmente aislados de la zona de inyección y con escasa representatividad en extensión y en potencia el conjunto de la depresión, no constituyen ningún riesgo como vía potencia de migración.

Los depósitos cuaternarios ocupan una extensión importante pero son generalmente poco potentes. Su comportamiento hidrogeológico variará en función del tipo de depósito que se trate, ya que los hay impermeables (llanura aluvial, albufera) o bien con cierto grado de permeabilidad (dunas, terrazas, etc).

De acuerdo con las características hidráulicas de los diferentes tramos que conforman el relleno mioceno de la depresión, el confinamiento de los niveles receptores puede considerarse garantizado. El intervalo confinante principal está formado por la potente secuencia margosa de facies Tap correspondiente al M_2 , que está a su vez recubierto por el tramo fundamentalmente margoso e impermeable del M_3 . En el resto de los niveles mioceno alternan materiales permeables e impermeables según su posición en la cuenca, pero en ningún caso significan merma alguna del poder de aislamiento hidráulico de los tramos M_2 y M_3 . En caso de reconocerse algún tramo permeable captable en los niveles superiores del Mioceno durante la perforación de un sondeo piloto, éstos podrían aportar niveles potencialmente vigilables.

2.4. CARACTERISTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES E INFRAESTRUCTURA DEL SANEAMIENTO

El término municipal de Calpe tiene una importante extensión de superficie urbanizada, debido principalmente al gran número de urbanizaciones de chalets existentes. El procedimiento habitual de saneamiento de aguas negras en estas urbanizaciones es el empleo de fosas sépticas individuales.

La red de saneamiento actualmente existente se limita al núcleo urbano de Calpe, en el que la totalidad de las aguas residuales se recogen en un colector final y son enviadas a un emisario submarino que discurre por la ensenada de Ifach. La situación del colector y la salida del emisario se muestran en la figura 8. Las aguas no reciben tratamiento alguno antes de su vertido al mar. No se dispone de datos sobre los caudales de aguas residuales evacuadas.

En la actualidad no existe un plan de saneamiento para la zona, por lo que tampoco se dispone de estimaciones de caudales y calidad de las futuras aguas residuales tratadas. El consumo total de agua potable en el municipio varía actualmente entre caudales de 140-150 l/s durante 24 horas al día en los meses de julio y agosto, y de unos 100 l/s durante 16 horas al día, el resto del año. Dado que la red de saneamiento existente no cubre la totalidad de la población abastecida, las cifras anteriores marcan un máximo holgado para las previsiones de caudales punta de aguas residuales. Respecto a la calidad previsible, no puede adelantarse nada. Tan sólo a título ilustrativo se recogen en la tabla 5 datos de las aguas residuales tratadas en las E.D.A.R. de Altea y Benidorm. En ambas poblaciones las aguas residuales responden a núcleos urbanos turísticos, sin componente agrícola o industrial, al igual que ocurre en Calpe. Así mismo, ambas depuradoras son del tipo de fangos activados, solución probable para Calpe.

TABLA 5. Características de las aguas residuales depuradas en zonas adyacentes a Calpe

DEPURADORA	AÑO	pH	C.E. ($\mu\text{S/cm}$)	T.S.D. (mg/l)	S.S. (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	SO ₄ ⁼ (mg/l)	HCO ₃ ⁻ (mg/l)	Ca ²⁺ (mg/l)	Mg ²⁺ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	B ⁺ (mg/l)	DETERG. (mg/l)
ALTEA	90	-	1300	1203	10	130	312	449	130	32	124	25	1.2	0.13
	91	7.54	1180	1159	-	125	323	383	119	31	157	19	1.3	0.24
BENIDORM	90	-	1370	1172	20	205	173	491	74	29	178	21	0.8	0.23
	91	-	1270	1114	-	185	152	472	70	29	187	18	1.0	2.38

FUENTE: MORENO CASELLES, J. (1993). Reutilización de aguas y lodos residuales en agricultura. EVITA. Orihuela.

2.5. DEFINICION DE UN SISTEMA DE INYECCION DE AGUAS RESIDUALES

Tras avanzar en el estudio de posibilidades de inyección en el área de Calpe, ha sido posible confirmar las buenas expectativas anteriores y plantear con mayor concreción el anteproyecto de un posible sistema de inyección de aguas residuales. La revisión de la información hidrogeológica existente junto con las observaciones de campo permiten plantear un diseño conceptual más preciso y referido a zonas de mayor probabilidad de implantación. A partir de él se ha realizado una estimación económica de los costes de construcción así como de los gastos anuales de operación y mantenimiento.

2.5.1. SITUACION MAS FAVORABLE

De acuerdo con las observaciones realizadas in situ, y a falta de un plan de concreto de actuación en materia de saneamiento, la ubicación más probable para una futura E.D.A.R. para Calpe corresponde al Barranco del Quisi y zonas adyacentes, donde se encuentran los terrenos más despoblados. El área favorable para la situación de la E.D.A.R. se refleja con trazo continuo en la figura 8. De acuerdo con el área más favorable para la implantación de un sistema de inyección definida desde el punto de vista hidrogeológico con anterioridad (línea discontinua), su intersección delimita la zona sobre la que definir el modelo conceptual de un hipotético sistema de inyección.

2.5.2. ESQUEMAS DE FUNCIONAMIENTO

El empleo de un sistema de inyección profunda para la gestión de las aguas residuales en Calpe admite un planteamiento diverso:

- Eliminación del total de las aguas residuales generadas en cualquier época del año, tras pretratamiento consistente fundamentalmente en la remoción de sólidos en suspensión.

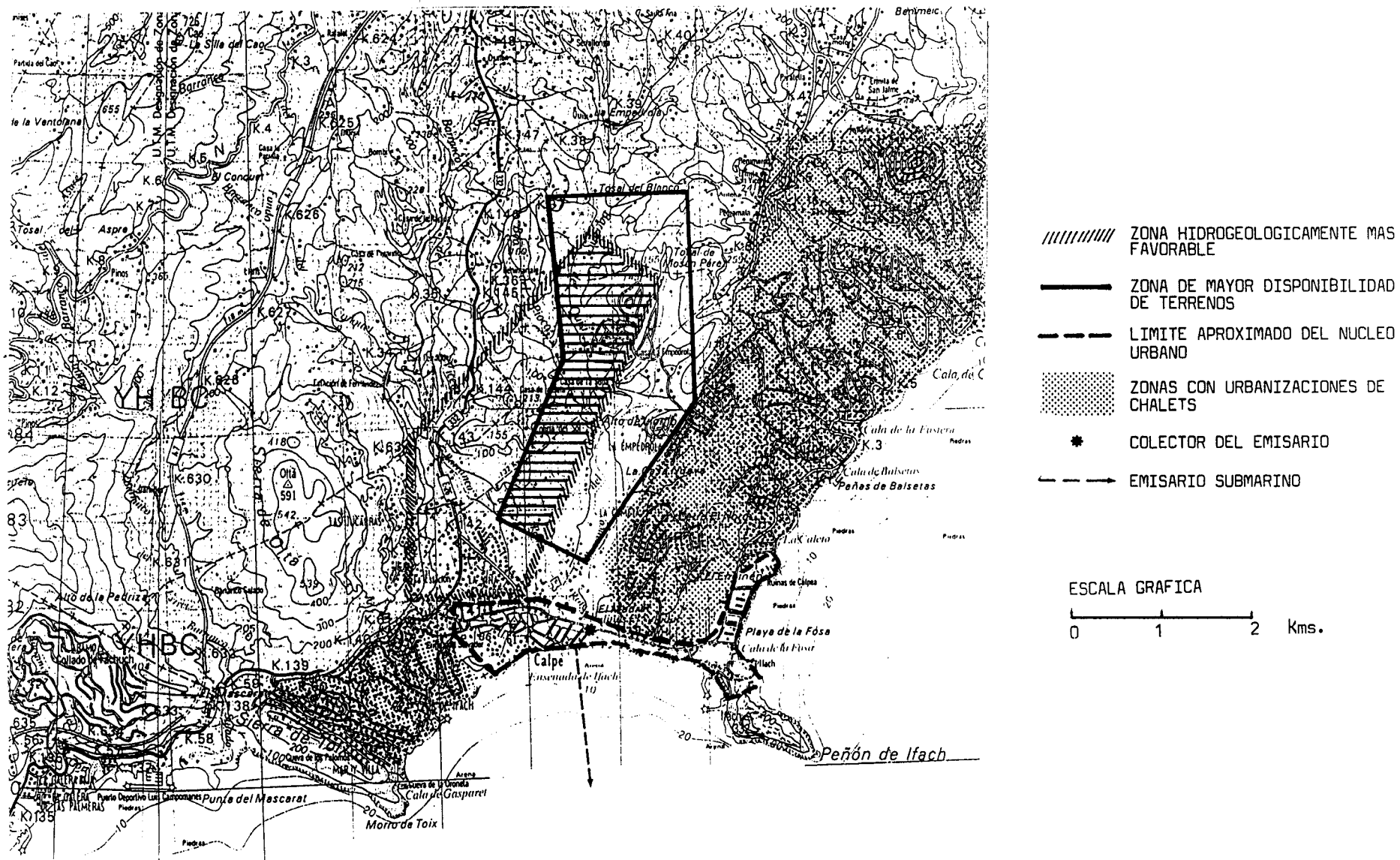


FIGURA 8. Mapa de situación de elementos del saneamiento y zonas a priori más favorables para la instalación de un sistema de inyección.

- Integración en un sistema de reutilización de aguas residuales para eliminación de excedentes y como elemento regulador de caudales que permita obtener el máximo rendimiento de la planta de tratamiento (VERTIDO CERO).
- Sistema de eliminación para casos de parada de los sistemas habituales o para situaciones de emergencia.

En cualquier caso, un sistema de inyección deberá contar con al menos 2 sondeos de inyección, independientemente de la capacidad de cada uno de ellos. De este modo podrá mantenerse la operación en periodos de mantenimiento. Tan sólo ha de hacerse la salvedad de que, cualquiera que sea la finalidad del sistema de inyección y el grado de tratamiento del efluente inyectado, el contenido total de sólidos en suspensión ha de mantenerse preferentemente por debajo de 10 mg/l. Contenidos en sólidos en suspensión superiores podrían redundar en mayores costes de mantenimiento o en un deterioro irreversible de la capacidad de los sondeos de inyección.

2.5.3. DISEÑO CONCEPTUAL

Partiendo de las características de la infraestructura de saneamiento existente en el municipio de Calpe y de la zona más favorable para la implantación se ha definido el diseño conceptual de un sistema de inyección de aguas residuales. Estos dos aspectos condicionan los siguientes parámetros básicos de diseño:

- Caudal punta de 70 l/s, deducido de los caudales de abastecimiento de agua potable. Las puntas actuales de consumo son de 140-150 l/s y la red de colectores de saneamiento cubre una población notablemente inferior al 50% .
- Espesor medio probable del tramo confinante de 250 metros, de acuerdo con la geología del emplazamiento propuesto.
- Espesor medio probable de la zona de inyección de 250 metros, de acuerdo con las características de la formación receptora y las necesidades de evacuación.

De acuerdo con estos parámetros, el diseño de un sistema de inyección para Calpe debería contemplar 2 sondeos de inyección de 500 metros de profundidad total aproximada. El acabado propuesto para los sondeos de inyección (figura 9) consta de doble entubación telescópica sobre el tramo confinante y pozo abierto en la zona de inyección. La tubería superficial de 13^{3/8}" DN, se extiende hasta aproximadamente 50 metros de profundidad; la tubería final de 9^{5/8}" DN, delimita el conducto de inyección desde la superficie hasta una profundidad aproximada de 250 metros. Para ambas tuberías se especifica casing petrolero cementado totalmente hasta superficie. Para la perforación se recomienda una máquina tipo Mayhew-2500 o similares, utilizando técnica rotary con circulación directa y lodo a través del tramo confinante, y circulación inversa con aire para la perforación de la zona de inyección. Tras cada fase de la perforación se recomienda la realización de un juego completo de diagráfias, incluyendo en la testificación final registros de fluido y flowmeter en condiciones estáticas y dinámicas. La construcción deberá incluir un desarrollo final intensivo y ensayos hidráulicos de la zona receptora (al menos un ensayo de inyección).

Dado que en el área señalada para la instalación del sistema de inyección no existen niveles superiores de agua subterránea dulce, se considera opcional la instalación de un sondeo de observación. Si bien, en caso de reconocerse algún tramo permeable de importancia en el relleno mioceno durante la perforación de un sondeo piloto podría ser instalable un sondeo de control de la migración vertical, dadas sus buenas características confinantes y la ausencia de niveles superiores explotables, se estima de mayor interés un sondeo de observación de la migración lateral y control piezométrico que alcance el techo de la formación receptora. En la figura 9 se muestra el diseño conceptual de un sondeo de observación del nivel receptor. Para su acabado se especifica tubería de acero de 8" DN hasta la base del tramo confinante, total o parcialmente cementada. La zona de observación podrá extenderse hasta un máximo de 50 metros en la parte alta de la zona de inyección. En cualquier caso, su diseño final deberá realizarse en función de los resultados obtenidos tras la perforación y ensayo de un sondeo piloto y la selección de su emplazamiento.

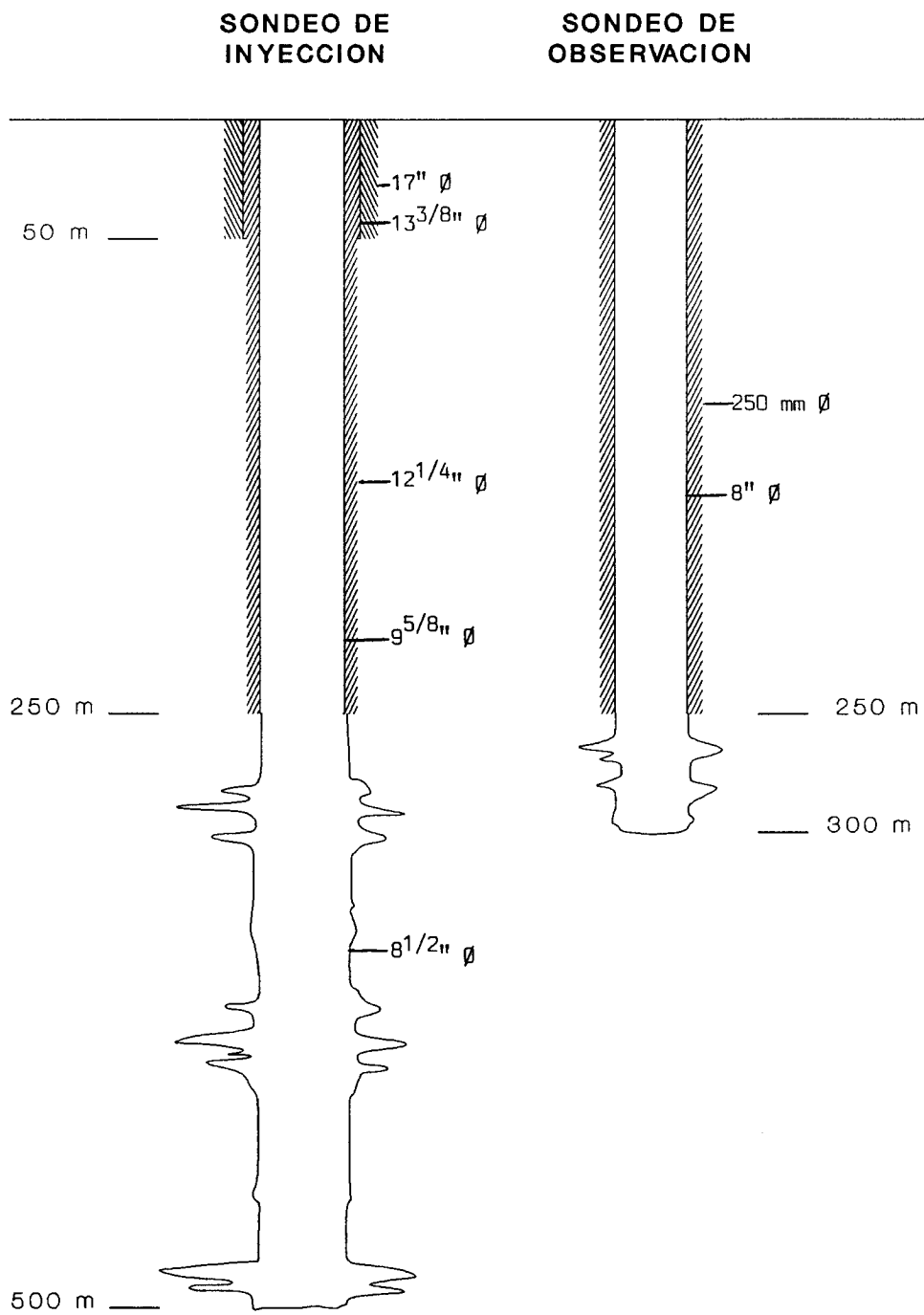


FIGURA 9
 Diagrama de acabado de los sondeos propuestos.

2.5.4. VALORACION ECONOMICA

Para la estimación del presupuesto de construcción y de los costes anuales aproximados de explotación y mantenimiento correspondientes a un sistema de inyección de aguas residuales en Calpe, se ha supuesto un sistema constituido por los siguientes elementos:

- 2 sondeos de inyección de 9^{5/8}" DN y 500 m de profundidad, de acuerdo con el diseño conceptual anteriormente descrito.
- 1 sondeo (opcional) de observación del nivel receptor de 8" DN y 300 m de profundidad total.
- 1 instalación de bombeo.
- Instrumentación de control.

De acuerdo con las especificaciones anteriores, el presupuesto estimado de construcción asciende a 93 Mpts, según el siguiente desglose:

● Sondeos de inyección (2)	78.0 MPts.
● Sondeo de observación (1)	10.5 MPts.
● Instalación de bombeo (1)	2.5 MPts.
● Instrumentación (completa)	2.0 MPts.

Así mismo, se ha estimado un coste anual aproximado de operación y mantenimiento de 5.9 MPts/año, repartido del siguiente modo:

● Energía eléctrica	1.375.000 Pts/año
● Pequeño material	250.000 Pts/año
● Mantenimiento externo	75.000 Pts/año
● Estimulación periódica	3.350.000 Pts/año
● Seguimiento técnico	850.000 Pts/año

3. SIERRAS DE ORIHUELA Y CALLOSA

De acuerdo con los resultados de la segunda fase del estudio de viabilidad de la inyección profunda en Alicante, la Cuenca Neógena del Sur de Alicante representa una amplia zona favorable. La que la formación receptora objetivo está constituida por los carbonatos triásicos que forman el techo del basamento de la cuenca, normalmente designados como Trías Alpujárride. La gran potencia de los materiales neógenos de relleno, que habitualmente supera los 1000 metros, propicia que los únicos datos directos existentes del basamento sean los obtenidos mediante los sondeos de petróleo perforados en la zona, para los que los niveles alpujárrides eran un objetivo secundario.

Con el fin de complementar la información de subsuelo derivada de la investigación de hidrocarburos, se ha estimado de interés el reconocimiento en superficie de los afloramientos que constituyen las Sierras de Callosa y Orihuela, cuyos materiales también triásicos se suponían estrechamente relacionados con el basamento de la cuenca. Si bien la información recabada en superficie no es directamente extrapolable a las condiciones en profundidad, sí aporta datos que pueden aclarar algunos aspectos de la viabilidad técnica de la inyección en la zona.

Los trabajos han incluido labores de gabinete y el reconocimiento en campo de los bloques aflorantes de las Sierras de Callosa y Orihuela y de los sondeos que captan aguas de materiales triásicos. Producto de ello es la puesta a punto de una cartografía geológica de detalle a escala 1:25000 del área de estudio (Plano 3), actualizando la información preexistente con las observaciones de campo. Los resultados de los estudios de campo han sido comparados los datos de los sondeos petroleros más próximos, con el fin de esclarecer posibles relaciones entre ellos.

3.1.- MARCO GEOLOGICO

Las Sierras de Orihuela y Callosa de Segura forman parte de la zona interna de las Cordilleras Béticas (Zona Bética) y están incluidas dentro del Complejo Ballabona-Cucharón. Este complejo representa una diferenciación del Alpujárride para la mitad oriental de la Zona Bética y está situado a techo del Nevado-Filábride y a base del Alpujárride.

3.1.1. ESTRATIGRAFIA

Las sierras de Orihuela y Callosa están formadas por un conjunto de materiales de edad Permo-Triásica pertenecientes a diferentes unidades tectónicas, cuyas relaciones no son bien conocidas. La intensa tectonización que han sufrido estos materiales ha originado un plegamiento importante de todas las series y ha dado lugar a numerosos cabalgamientos. Estos contactos de naturaleza mecánica provocan la desaparición, en numerosas ocasiones, de tramos basales de series y ponen en contacto materiales de diferentes edades. Todas estas características unidas a la escasez de registro fósil en numerosos tramos hacen de estas sierras una zona de estratigrafía compleja y de difícil correlación. Las diferentes unidades y formaciones que a continuación se describen, aparecen esquematizadas en la figura 10, síntesis bibliográfica del Complejo Ballabona-Cucharón, tomada de la memoria MAGNA, hoja de Murcia (27-37).

SIERRA DE ORIHUELA

a) Unidad Bermejo:

-Formación Mina: Cuarcitas micáceas y pizarras en estratos medianos a laminares con escasas capas de carbonatos. En la parte alta de la formación pueden aparecer

COMPLEJO BALLABONA - CUCHARON

SINTESIS BIBLIOGRAFICA					
	UNIDAD Y PROCEDENCIA	FORMACIONES	LITOLOGIA	ESPESOR	EDAD ATRIBUIDA
S. DE CARRASCOY	CARRASCOY	Filos	Carbonatos	190	TRIAS
		Murta	Filitas, cuarcitas y yesos	150	"
	ROMERO (Carrascoy)	Fuente Aledo Pocito	Carbonatos y pizarras Pizarras y cuarcitas	180 40	LADINIENSE - CARNIEN. PERMO - TRIAS
SIERRA DE ORIHUELA	BERMEJO (Orihuela)	Cantales	Carbonatos	150-200	LADINIENSE - CARNIEN.
		Mina	Cuarcitas y pizarras	300-400	PERMO - TRIAS
	TUNEL (Orihuela)	Carbonatos sup.	Carbonatos	90	LADINIENSE - CARNIEN.
		Pizarras purpura	Pizarras	20	" "
		Carbonatos inf.	Carbonatos	30	" "
	ORIHUELA	Cabezo Ros	Carbonatos	245	LADINIENSE - CARNIEN.
Benferri y Maria		"	165	" "	
Oton y Virginia		"	260	" "	
Muela y Lucia		"	135	" "	
Aguila y Gertrudis Jaime		" Cuarcitas, pizarras metab. y yesos	210 170	" " PERMO - TRIAS	
SIERRA DE CALLOSA	REDOVAN (Callosa del Segura)	Carbonatos	Carbonatos	40	PERMO - TRIAS
		Filita - Cuarcita	Filitas y cuarcitas	20	
	CALLOSA (Callosa del Segura)	Cox	Carbonatos	20	TRIAS Medio y Super.
		Pizarras verdes Callosa San Pedro	Carbonatos y pizarras Carbonatos "	90 115 75	" " " " " " " " "

ESQUEMA DE CORRELACION

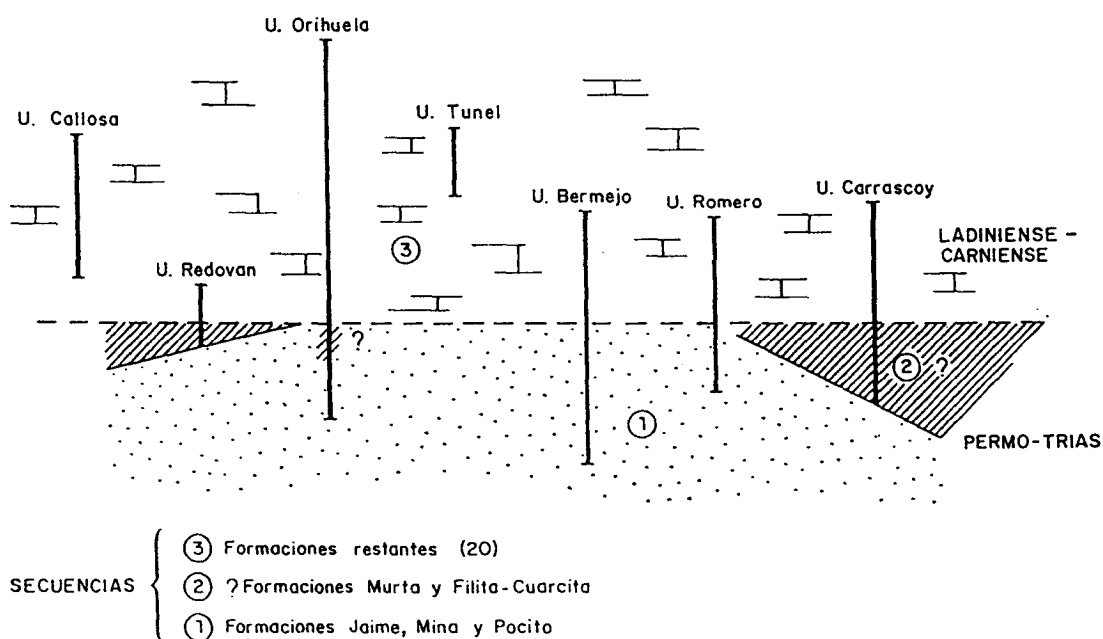


FIGURA 10

conglomerados. Localmente y en contacto con la formación suprayacente se han encontrado masas de metabasita. Los tramos más altos tienen una edad Ladiniense y su espesor se estima en 300-400 m.

-Formación Cantalares: Rocas carbonatadas que en función de la zona pueden alternar con dolomías, margas, pizarras, yeso, grauwacas y cuarcitas. El contenido fósil incluye Placunopsis, Conodontos, Foraminíferos, Crustáceos y restos de peces. Su espesor estimado es de 150-200 m. y su edad Ladiniense-Triásico Superior.

b) Unidad Tunel:

-Formación San Antón: Comprende las secuencias de carbonatos superiores, pizarras púrpura y carbonatos inferiores. La primera de ellas puede presentar intercalaciones de rocas pizarrosas y cuarcíticas, el espesor aproximado es de 90 m. y su edad Landiense Superior- Carniense Inferior. Las pizarras púrpura pueden tener intercalaciones de rocas cuarcíticas y su espesor máximo es de 20 m. La serie carbonatada inferior incluye intercalaciones de rocas pizarrosas, yesos y grauwacas y su espesor es de unas decenas de metros. En algunas áreas el contacto entre las dos series carbonatadas presenta abundantes masas de metabasitas.

c) Unidad Orihuela:

-Formación Jaime: En ella puede distinguirse una serie cuarcítico-pizarrosa (a techo) con abundante mica detrítica y que según las zonas puede presentar intercalaciones de rocas carbonatadas, y otra carbonatada que puede tener tramos de yesos a su base. El contacto entre ambas series es transicional y localmente se han encontrado pequeñas masas de metabasitas en la parte superior de la formación. El máximo espesor expuesto es de 170 m. pero se supone mayor debido a la intensa

tectonización. Según correlaciones la edad de sus tramos superiores puede ser Ladiniense.

-Formación Aguila: Constituye la zona axial de la S^a de Orihuela y esta formada por rocas carbonatadas que dan lugar a grandes escarpes. Su espesor se estima superior a los 100 m.

-Formación Gertrudis: Principalmente formada por carbonatos con alguna intercalación de pizarras en su parte superior, y de dolomías en la inferior. Localmente en el contacto con la formación suprayacente pueden aparecer yesos. Su espesor es del orden de 60 m. y la edad estimada para el techo de la formación es Ladiniense superior.

-Formación Muela: Presenta un espesor que alcanza los 115 m. y esta formada principalmente por materiales carbonatados. La edad del techo de la formación es Carniense Inferior.

-Formación Lucía: Está constituida por una alternancia de carbonatos con grauwacas, carbonatos margosos, dolomías y pizarras, estas últimas en su parte superior. Localmente aparecen pequeñas masas de metabasitas. Su espesor alcanza los 20 m.

-Formación Otón: Consiste en una sucesión monótona de carbonatos que dan lugar a importantes escarpes. En toda la secuencia aparecen mineralizaciones de hierro. El máximo espesor expuesto es del orden de 150 a 200 m.

-Formación Virginia: Está formada por una alternancia de carbonatos con rocas pizarrosas, cuarcitas y carbonatos margosos. El espesor máximo de la formación alcanza unos 60 m.

-Formación Benferri: Constituida principalmente por carbonatos con algunas intercalaciones de pizarras, carbonatos brechoides y localmente pueden aparecer dolomías. Su espesor máximo está comprendido entre los 80 y 100 m. y su edad estimada es Triásico superior.

-Formación María: Está constituida por carbonatos alternantes con importantes tramos de pizarras. En la base suelen aparecer tramos de yesos asociados a grauwacas y cerca del techo se ha encontrado una intercalación cuarcítica entre rocas pizarrosas. Aunque el espesor máximo es de 65 m., solo alcanza los 10 m. debido a la fuerte tectonización. Sus materiales representan al Triásico Superior.

-Formación Cabezo Ros: La parte inferior la forman rocas carbonatadas, a veces brechoides, que dan lugar a escarpes abruptos. La parte central está constituida por carbonatos con niveles a techo de rocas pizarrosas y cuarcitas pizarrosas. El resto de la formación lo forman rocas carbonatadas. El espesor máximo es de 60 m. y su edad Triásico Superior.

SIERRA DE CALLOSA

a) Unidad Redován:(edad Triásica)

-Formación Filita-Cuarcita: Tiene un espesor expuesto de unos 20 m. y se encuentra formada por filitas, pizarras y cuarcitas. Puede presentar pequeñas masas de metabasitas.

-Formación carbonatos: Está formada por rocas carbonatadas con intercalaciones de pizarras y grauwacas, en la parte basal.

b) Unidad Callosa:(edad Triásico Medio-Superior)

-*Formación San Pedro:* Formada por carbonatos con algunas intercalaciones de pizarras en su parte inferior. Su espesor mínimo es de unos 75 m.

-*Formación Callosa:* Constituye el eje de la Sierra de Callosa de Segura y está formada esencialmente por rocas carbonatadas con algunas intercalaciones de rocas pizarrosas calcáreas en su parte media. El espesor mínimo es de unos 115 m.

-*Formación Pizarras Verdes:* Se trata de una alternancia de carbonatos, a veces brechoides, y pizarras verdes. El espesor es de 90 m.

-*Formación Cox:* Está formada principalmente por carbonatos que presentan intercalaciones de carbonatos margosos, grauvacas y pizarras verdosas. El espesor mínimo supuesto es de unos 20 m.

3.1.2. TECTONICA GENERAL DE LA ZONA

Los diferentes procesos que han dado lugar al estilo tectónico de la región son:

- Apilamiento de las unidades corridas béticas durante el Oligoceno terminal.
- Fase de compresión máxima durante el Burdigaliense que afectó a las unidades corridas y autóctonas.
- Elevación epirogénica de conjunto. Aparece así el anticlinorio de fondo bético y tienen lugar amplios deslizamientos gravitatorios a ambos flancos del mismo, destacando la movilización hacia el norte de los mantos subbéticos.

- Fases de distensión y de reajustes epigénicos tardíos. Tienen lugar durante el depósito del Terciario postorogénico que tiende a invadir los relieves. La existencia sobrepuesta a la dirección bética dominante, de ejes altos de dirección NE-SW facilita la compartimentación. Las fallas de hundimiento mantienen la aureola mediterránea dentro del dominio marino.

Estas últimas pulsaciones de acomodación separan los diferentes ritmos (Subgrupos) descritos en la zona. Durante los Subgrupos 1 y 2 donde la inestabilidad del sustrato es aún acentuada, son frecuentes las emisiones volcánicas a lo largo de las líneas de falla definidas. Tras la pulsación de base del Subgrupo-3 comienza a ser definitivo el soterramiento de los relieves. Este reposa en discordancia sobre el sustrato en los puntos altos, mientras que en el centro de las cubetas la ruptura sobre el Subgrupo-2 es mínima. Las cubetas subsidentes mantienen su posición y tendencia hasta esta colmatación casi general. Con el Subgrupo-4 tiene lugar un basculamiento de conjunto (hundimiento del Mediterráneo), la costa adquiere un trazado muy similar al actual y se pierden definitivamente las antiguas direcciones de altos fondos.

3.2. LOS CARBONATOS DE LAS SIERRAS DE ORIHUELA Y CALLOSA COMO FORMACION RECEPTORA POTENCIAL

Independientemente de la similitud o diferenciación entre los materiales aflorantes y los que conforman el basamento de la cuenca neógena, se ha realizado un reconocimiento de las Sierras de Callosa y Orihuela con un enfoque hidrogeológico orientado a la inyección profunda. Durante él se ha tratado de recoger toda aquella información que pueda ser significativa para el mejor conocimiento de los factores hidráulicos y geométricos que definen la viabilidad técnica de una operación de inyección. Desde este punto de vista, el reconocimiento de estas masas aflorantes suponen la observación en un punto complementario, en ningún caso extrapolable a las condiciones que pueden encontrarse

durante la perforación de un sondeo profundo. En las secciones siguientes se recoge la información derivada de las observaciones de campo, con especial énfasis en las características litológicas, hidráulicas y geométricas de las masas carbonatadas alpujárrides.

3.2.1. DESCRIPCION LITOLOGICA

Los materiales que forman las Sierras de Orihuela y Callosa han sido reconocidos en superficie, numerosos puntos. Los itinerarios de reconocimiento seguidos se muestran en el mapa geológico del plano nº 3. Las principales características litológicas y estructurales de estos materiales se resumen a continuación.

SIERRA DE CALLOSA

I) *Carretera Redován-Callosa*: Carbonatos de color oscuro muy cristalinos y compactos. La serie esta fracturada apareciendo en algunos puntos brechas de falla a las que suelen asociarse pequeñas oquedades de tamaño centimétrico. Litológicamente la serie es homogénea y su espesor aproximado es de 40 m.

II) *Cantera en Cox*: Carbonatos de color negro, cristalinos, con un bandeado arcilloso-micáceo de tonalidad rojiza y tramos intercalados de filitas. Los fragmentos de carbonato con forma nodular flotan en la matriz rojiza confiriendo a la roca un aspecto de "pijama" tal y como se describe en la hoja MAGNA de Orihuela. En el frente oeste de la cantera aparecen numerosos niveles triturados (aspecto carniolar) con precipitados calcínicos decimétricos entorno a bloques y rellenando fracturas.

En la parte central de la cantera pueden diferenciarse dos zonas: una inferior más esquistosa y micácea formada por pequeños niveles (5 cm) de filitas negras y carbonatos bandeados como los anteriormente mencionados y otra superior de igual litología con menor grado de esquistosidad y de una potencia superior a los 30 m. En este tramo

superior de aspecto homogéneo y compacto se observan fracturas y oquedades rellenas de precipitados calcínicos de tamaño decimétrico que llegan a presentar morfologías columnares propias de sistemas kársticos bien desarrollados. Es importante señalar que tanto las oquedades como los precipitados presentan un marcado control estructural ya que suelen presentarse asociados a las redes de fracturación.

Se han identificado algunos fragmentos de rocas cuarcíticas caídas de niveles superiores que no pudieron reconocerse "in situ".

III) *Cantera en Redován*: Se trata de carbonatos cristalinos de color negro con pequeñas intercalaciones de niveles más pizarrosos. En conjunto los materiales de esta zona son más masivos y se encuentran menos fracturados.

IV) *Cantera al Oeste de Redován*: Carbonatos cristalinos de color ocre claro y gris, con fenómenos de disolución superficiales (lapiaces) e internos (oquedades centimétricas). En las zonas altas (crestas) estos materiales se hacen más oquerosos y en general el grado de fracturación es mayor.

V) Carbonatos cristalinos de color pardo claro y con un bandeado fino de color rojizo. Algunos tramos son más pizarrosos y se encuentran alterados dando niveles más blandos de color blanquecino.

VI) Pueblo de Redován. La base de la serie comienza por unos carbonatos cristalinos gris-verdosos que en las zonas superiores presentan unas características más oquerosas y coloraciones amarillentas (alteración). Intercaladas en estos materiales aparecen niveles de unos 2 m de potencia formados por pizarras muy plegadas y alteradas. Por encima de estas aparece un nivel de carbonatos cristalinos, exteriormente negros y aparentemente iguales a los descritos en el itinerario (4) de la S^a de Orihuela. Estos forman una banda distinguible en el fuerte escarpe de la vertiente sur de la Sierra y en ellos suele localizarse una alineación de cavidades de gran tamaño. Las zonas superiores del escarpe también presentan un gran desarrollo de estas cavidades.

SIERRA DE ORIHUELA

VII) *Area del Tunel*. En este punto se reconoció una de las masas de rocas ígneas que suelen aparecer con frecuencia entre los materiales triásicos que conforman la Sierra. Se trata de una masa de metabasitas que intruye en unos materiales carbonatados. La zona de contacto se encuentra alterada y en ella los carbonatos presentan unas características más pizarrosas. Estos niveles alterados pasan a carbonatos tipo mudstone de color claro y con cierto grado de recristalización en algunos niveles. Según puede observarse en el corte próximo a la boca del túnel la serie carbonatada presenta intercalaciones pizarrosas que aumentan hacia la base y en general toda la secuencia se encuentra muy fracturada.

VIII) La parte superior de la serie está formada por potentes bancos de carbonatos verdegrisáceos, con intercalaciones de pizarras amarillentas. A continuación aparecen unas pizarras rojizas, seguidas de otras con gran contenido en micas y a base se encuentran unas pizarras amarillo-rojizas. Toda la serie tiene una disposición muy vertical y son frecuentes los pliegues con un tamaño entre flancos de 15-20 m. Estos presentan una fracturación importante en la zona de charnela. Los niveles carbonatados tienen un aspecto oqueroso que se intensifica hacia los tramos superiores en los que pueden observarse cavidades de tamaño decimétrico.

IX) Carbonatos de color ocre claro, cristalinos y que se disponen paralelos a la pendiente dando unas morfologías en "panzas" ligeramente curvadas. Presentan fenómenos de disolución externos (lapiaces) e internos (pequeñas oquedades con precipitados calcícos a su alrededor). Las disoluciones suelen ir asociadas a los planos de estratificación.

X) *Punto A*. Carbonatos de color verde oscuro-gris, muy recristalizados, con un bandeo fino de tonalidad rojiza. En general se encuentran muy fracturados exteriormente y en su superficie suelen aparecer lapiaces. La estratificación está muy marcada y la serie se dispone en bancos de unos 40-50 cms.

PUNTO B. En este lugar la serie tiene una disposición vertical y se encuentra formada por

un nivel de carbonatos claros y de grano fino, seguidos de unos bancos carbonatados de color negro, muy fracturados (algunos rellenos calcícticos en venas) y karstificados. Estos bancos con espesores de 2 a 5 m. alternan con unos carbonatos de laminas milimétricas que se adaptan su morfología.

XI) *Cantera del Rincón de Bonanza*. Carbonatos de color verde oscuro, cristalinos, masivos y con un veteado exterior de color blanco. Interiormente presentan un bandeo milimétrico de color rojizo. La serie está formada por bancos de unos 4 m. de espesor y en conjunto pueden tener una potencia de unos 40 m. Se encuentran fracturados (diaclasado), dando morfologías cúbicas y caras en arista. Estas fracturas se encuentran abiertas y tienen anchuras centimétricas. Ascendiendo en la serie aparecen unos carbonatos de color verdoso con un bandeo fino de tonalidad marrón-rojiza, que confiere a la roca un aspecto de "pijama". Las zonas más elevadas de estos materiales se desarrollan algunas oquedades de importancia. Intercalados entre estos materiales se encuentran unos niveles pizarrosos, replegados (forman los núcleos de pequeños pliegues) y alterados, dando coloraciones amarillo-anaranjadas. Estas características favorecen que sobre ellos se desarrollen fenómenos de disolución importantes.

3.2.2. CARACTERISTICAS HIDRAULICAS

La observación en campo de los materiales presentes en el área de estudio permite realizar una descripción cualitativa de las características hidráulicas ligadas a rasgos litológicos. No existen datos de parámetros hidráulicos referentes al Trías, que hayan sido calculados mediante ensayos. Sin embargo, puede decirse que los carbonatos triásicos son un acuífero de gran productividad, como se desprende de las pequeñas depresiones causadas por los bombeos de caudales importantes, en la mayoría de los pozos que los captan a escasa profundidad.

De la revisión del inventario de puntos de agua del I.T.G.E. y de las visitas a sondeos se

han extraído algunos datos de interés, que se recogen en las tablas 6 y 7. Su localización dentro del contexto regional se refleja en el mapa de la figura 11. Cabe destacar el elevado caudal específico de algunos sondeos de gran diámetro (4005 y 4072), realizados en zonas de roca fracturada. Los niveles de agua observados en los pozos observados son similares a los del acuífero cuaternario, con el que están en contacto directo sin barrera impermeable alguna. En el entorno de la Sierra de Callosa el nivel estático varía habitualmente entre 9 y 12 msnm, mientras que más al oeste los niveles sufren variaciones locales significativas entre 7 y 28 msnm.

Desde el punto de vista cualitativo, la Sierra de Orihuela está constituida fundamentalmente por masas carbonatadas que muestran numerosos rasgos litológicos indicativos de su capacidad transmisora de fluidos. La zona basal está constituida por carbonatos masivos muy limpios, con un fuerte diaclasado geométrico de espaciamientos decimétricos. Las redes de fracturas originan bloques de morfologías cúbicas y aristas marcadas. Las fracturas son por lo general abiertas, por lo que se estima que en condiciones saturadas pueden constituir un acuífero con buena transmisividad. Los tramos superiores de esta formación se encuentran más replegados y muestran abundantes huecos de disolución que forman cavidades de tamaños que oscilan entre algunos centímetros y varios metros. Estos fenómenos kársticos pueden observarse en prácticamente todas las zonas de la sierra y están mejor desarrollados en las áreas más alteradas y plegadas. En los diversos itinerarios realizados en la sierra no se observaron amplios tramos de materiales impermeables que puedan suponer un factor restrictivo de las características hidráulicas del conjunto. Tan sólo los niveles más recientes se contienen niveles pizarrosos intercalados entre bancos calcáreos de varios metros de espesor.

La Sierra de Callosa presenta una gran similitud. Está igualmente formada por grandes tramos carbonatados en los que se observan algunas intercalaciones más metamórficas de filitas, pizarras y cuarcitas. Las zonas fracturadas normalmente contienen importantes huecos de disolución y precipitados calcínicos (costras, estructuras columnares, etc.) propios de sistemas kársticos. Las disoluciones más importantes se producen en las zonas más

TABLA 6. Síntesis de datos de inventario correspondientes a los sondeos de mayor interés situados en el área de estudio

HOJA 1:50.000	N° INVENTARIO	RED (¹)	COORDENADAS LAMBERT		COTA SUPERFICIE TERRENO (msnm)	PROF. (m)	ACUÍFERO(S) CAPTADO(S)	NIVEL ESTÁTICO (msnm)	Q PRODUCCIÓN (l/s)	Q _c (l/s.m)
			X	Y						
2736	2001	No	831.600	392.150	143	178	Trías	16	2	-
2736	3002	P	838.130	397.070	58	82	Trías	7	-	-
	3004	No	840.840	394.500	42	60	Trías	13	45	-
	3005	No	838.880	397.000	56	96	Trías	9	21	-
	3030	No	841.000	393.760	60	40	Trías	28	4	-
	3033	No	835.250	394.320	150	240	Trías	10	-	-
	3034	No	834.550	393.730	187	240	Trías	17	-	-
2736	4002	P	842.120	397.620	42	87	Trías	12	40	8
	4003	P	841.700	397.700	48	37	Trías	14	6	-
	4004	P	844.770	394.550	19	32	Trías	12	300	100
	4005	P	842.600	395.510	36	38	Trías	9	50	71
	4072	No	843.040	397.560	37	55	Trías	12	150	-
	4088	No	844.770	397.120	58	77	Trías	9	45	-
	4096	No	845.870	396.040	60	50	Trías	26	26	-

(¹) No = no pertenece a las redes de control
P = red piezométrica

TABLA 7. Resumen de los datos de calidad del agua referentes a los sondeos seleccionados

HOJA 1:50.000	Nº INVENTARIO	FECHA DEL ANALISIS	COND. (μ S/cm)	RESIDUO SECO (mg/l)	pH	Cl ⁻ (mg/l)	SO ₄ ⁼ (mg/l)	HCO ₃ ⁻ (mg/l)	CO ₃ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	Ca ²⁺ (mg/l)	Mg ²⁺ (mg/l)
2736	3002	06/71	5245	3153	7.75	1150	821	146	6	-	826	8	150	119
	3005	10/72	7140	5170	-	1791	1219	268	-	-	1090	47	336	162
	3030	03/73	1540	340	-	89	60	189	6	-	50	1.4	59	26
2736	4002	09/72	7690	5425	-	1852	1216	323	6	-	1060	24	346	203
	4003	06/71	8070	4882	7.85	1850	1164	250	12	-	1297	12	284	242
	4004	-	9800	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	4005	12/71	9420	4059	7.75	1515	1088	226	6	-	791	12	268	266
	4072	04/73	6718	5302	7	1879	1215	354	-	18.5	1202	111	344	175
	4088	12/71	3675	2222	7.7	800	569	189	3	-	481	8	152	115
	4096	04/85	3270	-	-	586	627	430	-	73	381	52	233	109

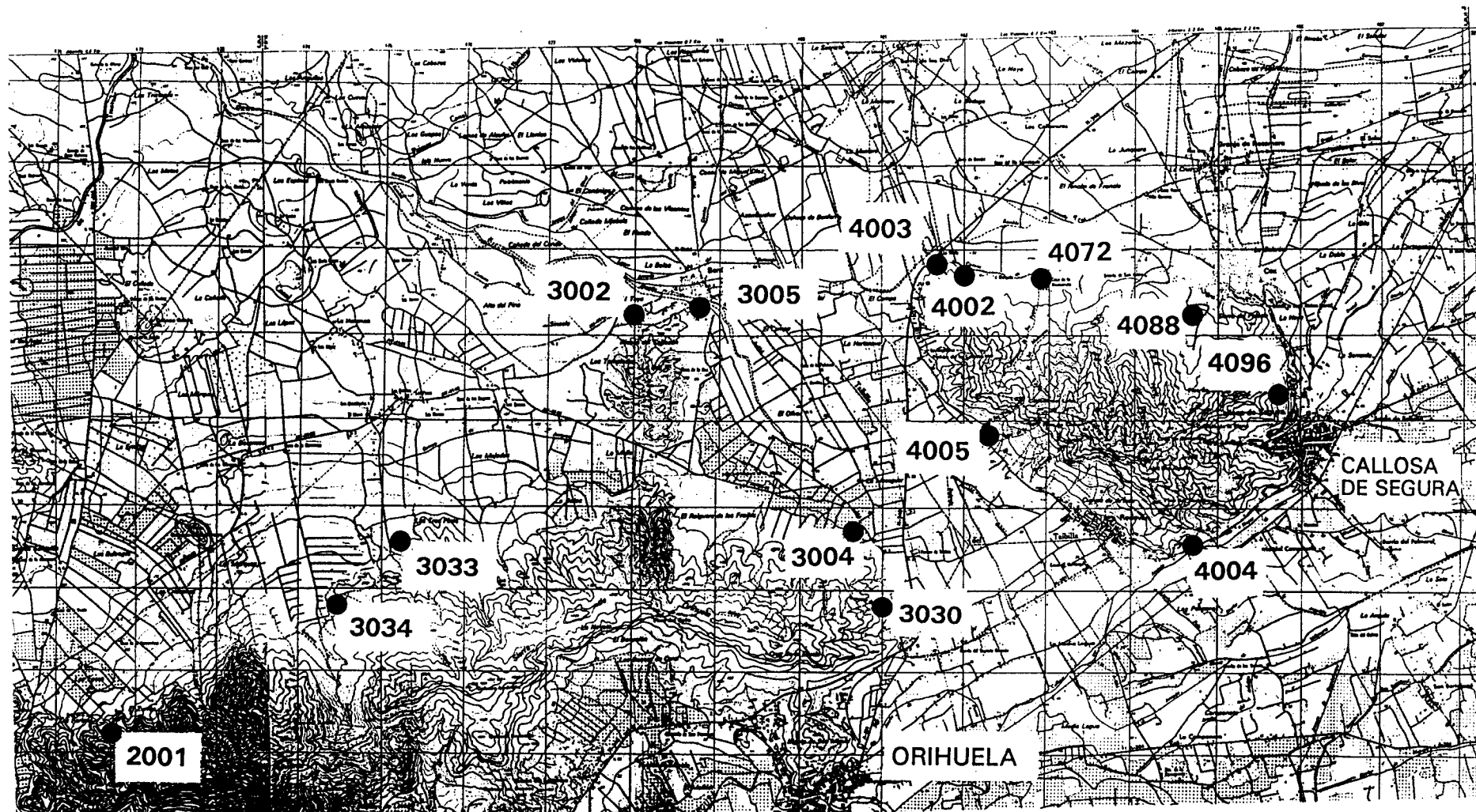


FIGURA 11. Situación de los sondeos de agua seleccionados.

brechificadas, en torno a las grandes fracturas y también siguiendo los planos de estratificación. La magnitud de las oquedades así como de los precipitados dan una idea acerca de la importante circulación de fluidos existente en estos materiales. En los fuertes escarpes al norte de Redován puede observarse una alineación horizontal de cavidades kársticas que ponen de manifiesto el control estructural que siguen estos procesos en la sierra. Los niveles metamórficos aunque litológicamente parecen tener permeabilidad inferior a los carbonatos, no constituyen una merma para las características hidráulicas del conjunto, ya que suelen ser escasos y de poco espesor. Estas filitas y pizarras suelen encontrarse fracturadas y no presentan disoluciones asociadas.

3.2.3. POTENCIAL UTIL

De acuerdo con lo observado durante los itinerarios de campo y con trabajos precedentes, puede aceptarse que las Sierras de Orihuela y Callosa están constituidas por paquetes carbonatados de varios centenares de metros de espesor. Estos niveles calcáreos no presentan intercalaciones importantes de materiales impermeables y muestran una relativa homogeneidad en sus características litológicas, y por tanto hidráulicas.

La unidad más representativa de la Sierra de Orihuela en cuanto a espesor y extensión es la Unidad Orihuela. La potencia global atribuible a las diferentes formaciones carbonatadas que constituyen esta unidad supera los 1000 m. Por otra parte el constituyente principal de la Sierra de Callosa es la Unidad Callosa, a la que se le asigna un espesor aproximado de 300 m. En ambas, la práctica totalidad del espesor de la unidad puede ser considerado potencialmente útil de acuífero. Por todo ello, si en el basamento de la cuenca neógena existieran mantos triásicos de características similares a los observados en las Sierras de Callosa y Orihuela, se dispondría de potencia sobrada en la formación receptora.

3.3. ESTUDIO DE POSIBLES RELACIONES ENTRE LOS MATERIALES AFLORANTES Y EL SUBSTRATO DE LA CUENCA NEOGENA

Con el fin de valorar en qué medida las observaciones en superficie de las Sierras de Callosa y Orihuela aportan información complementaria a los estudios de viabilidad técnica derivados de la información petrolera, se han estudiado las posibles relaciones litológicas y estructurales existentes entre los materiales aflorantes y el substrato de la cuenca neógena en el área delimitada como favorable para la inyección profunda.

Si bien la extrapolación de las observaciones en superficie a las condiciones reales en profundidad es siempre delicada, la intensidad tectónica que presentan las series Béticas y Subbéticas supone una dificultad adicional para el conocimiento del substrato de la cuenca neógena. Como criterios de valoración de las posibles relaciones existentes se han empleado los dos aspectos de los que se dispone una mejor información: las descripciones litológicas y la información estructural.

3.3.1. RASGOS LITOLOGICOS

Las secciones de substrato alpujárride reconocidas por los sondeos de petróleo perforados presentan una gran diversidad de espesores y litologías. Si bien este hecho dificulta la correlación entre ellos y las series de las Sierras de Callosa y Orihuela, es posible establecer las siguientes agrupaciones litológicas entre sondeos: un primer grupo lo formaría solamente el sondeo La Marina-1; el segundo incluye los sondeos Benejúzar-1, Rojales-1 y La Mata-1, y el último estaría formado por los sondeos San Miguel-1 y 2.

El sondeo La Marina-1 atraviesa unos 680 metros de basamento triásico formado principalmente por calizo-dolomías con intercalaciones arcillosas y margosas, y un tramo final de ofitas. Debido al gran espesor de materiales carbonatados reconocidos, así como a la ausencia de yesos y materiales metamórficos (pizarras, cuarcitas), la única posibilidad

de relación entre ésta y los materiales aflorantes, es que se corresponda con la Unidad Orihuela. Las cinco primeras formaciones de las seis que forman la unidad son principalmente carbonatadas, tienen incluidas masas de metabasitas y también carecen de yesos y de niveles metamórficos de importancia. Así mismo, esta unidad es la única dentro del complejo Ballabona-Cucharón o incluso del Alpujárride que alcanza potencias compatibles con las atravesadas por el sondeo.

El grupo formado por los sondeos Benejúzar-1, La Mata-1 y Rojales-1 presenta un tramo superior formado por dolomías o calizas dolomíticas con intercalaciones de arcillas y anhidrita y otro inferior (no aparece en el Rojales), más metamorfozido, constituido por pizarras o micaesquistos. Estos últimos indican un grado de metamorfismo superior al que caracteriza al complejo Ballabona-Cucharón y más bien parecen representar una facies tectónica del plano de cabalgamiento entre grandes conjuntos. La litología predominante (dolomías brechoides) y los buzamientos caóticos medidos en el Benejúzar-1, apoyan esta hipótesis. La ausencia de materiales como micaesquistos y yesos en las sierras, así como la falta de importantes tramos carbonatados en la serie triásica atravesada por Benejúzar-1, revelan que no existe una relación estrecha entre ambas zonas, aún a pesar de que es el sondeo más próximo a las sierras.

Los sondeos San Miguel-1 y 2 presentan gran similitud entre sí. Reconocieron un basamento formado por calizas fracturadas y calizo-dolomías brechoides, respectivamente, ambos con intercalaciones de arcillas y ausencia de yesos. Presentan también un gran parecido con el tramo alpujárride cortado por Rojales-1. El escaso espesor de substrato atravesado en estos sondeos no permite establecer relaciones más concluyentes.

3.3.2. RELACION ESTRUCTURAL

La disposición del basamento triásico en el área de estudio está caracterizada por la alternancia de zonas de relieves altos y cubetas, en ocasiones individualizados por grandes

accidentes tectónicos con orientación Bética (NE-SW). Se ha tratado de reconstruir su morfología con el mayor detalle posible a partir de la información de subsuelo disponible. En el área continental de la Cuenca Neógena del Sur de Alicante no existen perfiles sísmicos que puedan definir secciones estructurales precisas. Básicamente se dispone de síntesis estructurales, de campañas gravimétricas y de una escasa penetración de sísmica marina en la zona costera de Torrevieja.

El esquema tectónico de la figura 12 muestra la estructuración general a nivel de basamento y los accidentes de mayor importancia, a escala regional. En el área de estudio destacan la fractura frontal de la Sierra de Carrascoy y las fallas con actividad sísmica asociada de San Miguel y Benijófar. En la mayoría de los casos estos grandes accidentes tectónicos no tienen una respuesta clara en superficie y han sido interpretados con la ayuda de medios geofísicos.

A partir del mapa gravimétrico detallado de anomalía residual de la figura 13 se ha podido reconstruir la morfología aproximada de la superficie del zócalo triásico. Las isolíneas y sus valores reflejan la situación de las zonas elevadas (sombreadas en la figura) y de las cubetas o zonas deprimidas (dejadas en blanco). De un modo general, la coincidencia de estas zonas con los afloramientos de las Sierras de Callosa y Orihuela y con la situación de los sondeos de petróleo es muy buena. Si bien la distribución de la anomalía suaviza los rasgos morfológicos del basamento, las zonas de mayor gradiente describen claramente la situación de los accidentes estructurales más importantes.

Sobre la diagonal de la figura 13 aparece reflejado claramente un profundo surco de dirección bética contenido entre un gran accidente que delimita las Sierras de Orihuela y Callosa por el Este, y la gran fractura frontal de la Sierra de Carrascoy. Este surco, que entronca con la cubeta de Torrevieja, alcanza una gran profundidad en toda su longitud y asciende progresivamente por el NE hacia la zona alta de La Marina. Completan la morfología general del basamento en la zona, las siguientes zonas elevadas:

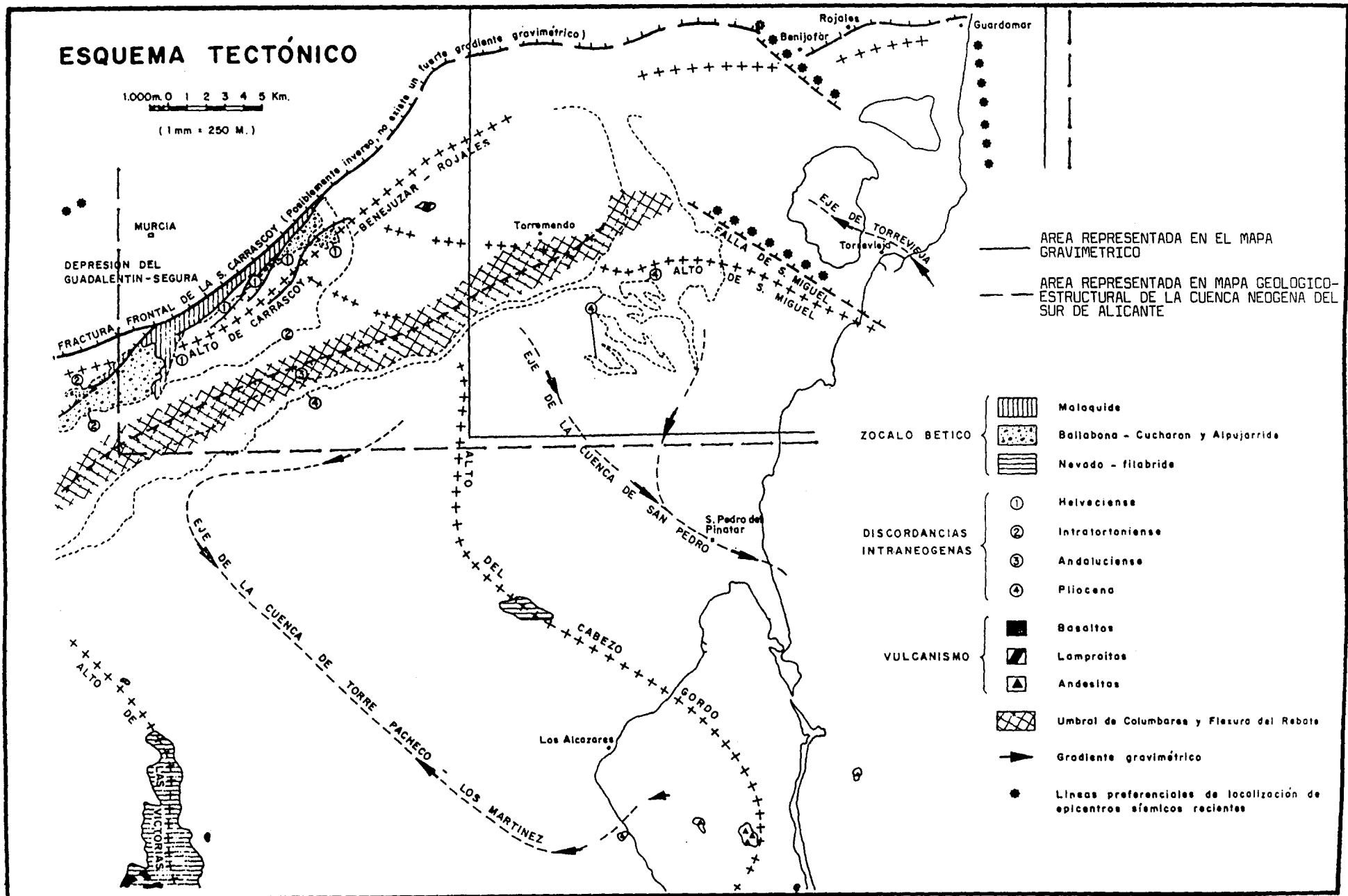


FIGURA 12. Esquema tectónico del basamento alpujarride.
(Fuente: ITGE. Mapa Geológico de España. E:1/50.000. Hoja 27-37. Murcia).

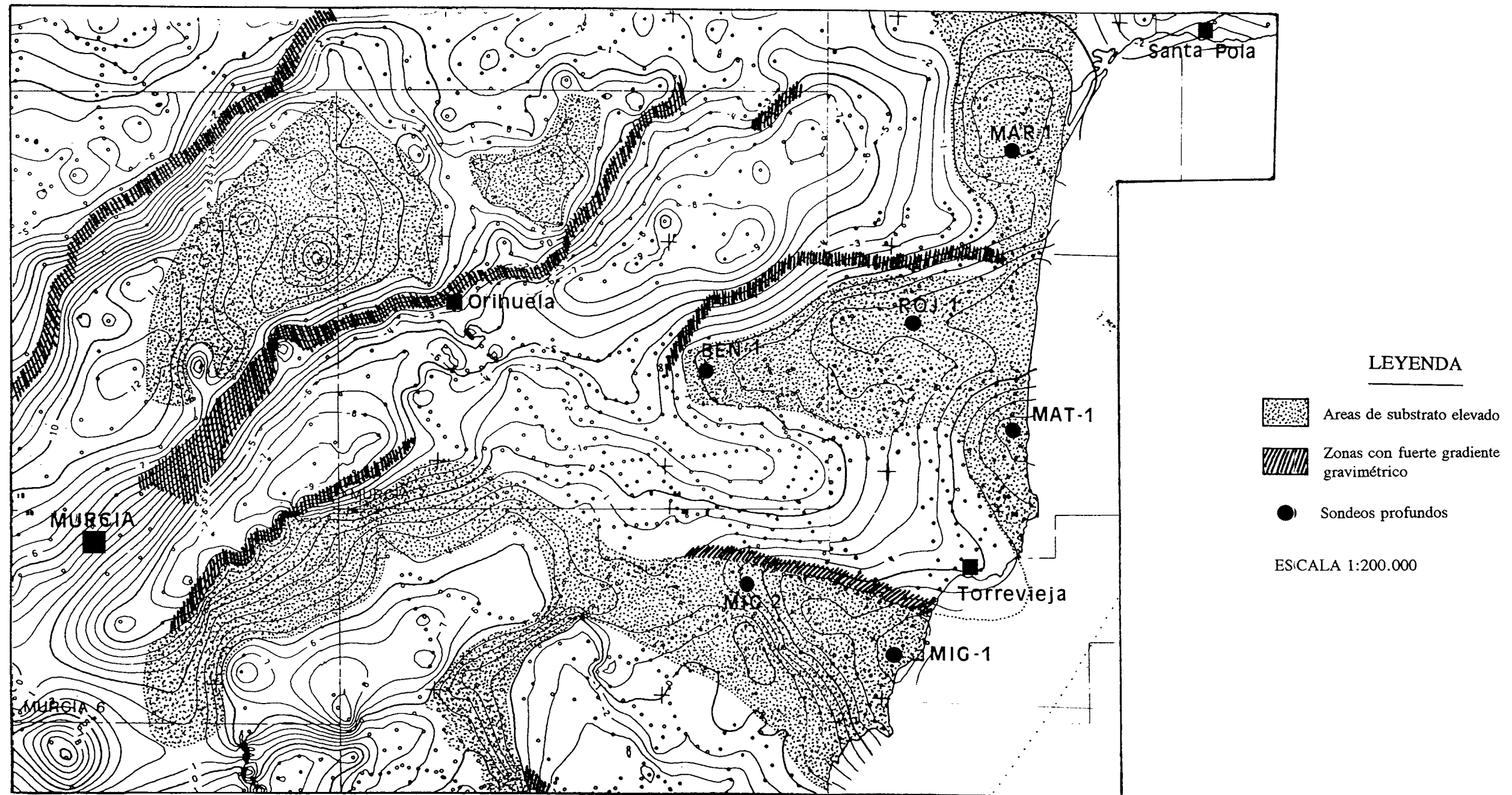


FIGURA 13. Interpretación cualitativa de la morfología del basamento triásico a partir del mapa gravimétrico regional de anomalía residual.

- Altos de la Sierras de Orihuela y Callosa, independizados a ambos lados por grandes accidentes tectónicos.
- Alto de Carrascoy-Benejuzar-Rojales, distorsionado en su zona central por la cubeta de Torrevieja y limitado hacia el norte por la flexura de un frente de avance bético, que lo independiza de las sierras de Orihuela y Callosa.
- Alto de San Miguel, que se prolonga por el NO hasta confluir con el alto de Carrascoy, y se encuentra limitado al norte con la cubeta de Torrevieja por medio de la falla de San Miguel.

De acuerdo con esta disposición del basamento triásico, no existe una relación estructural de continuidad entre los afloramientos de las Sierras de Orihuela y Callosa y el substrato cortado por el sondeo Benejúzar-1. Este último pertenece a un bloque de avance bético (alóctono) y ambos dominios se encuentran separados por un surco profundo cuyo zócalo no ha sido aún reconocido. Una apreciación sismilar puede hacerse para el resto de los sondeos petroleros emplazados al sur del frente de Carrascoy, hecho que está de acuerdo con la disparidad litológica reseñada en la sección anterior. Por contra, la columna litológica del sondeo La Marina-1, único situado al norte del frente de Carrascoy, refleja un basamento mucho más parecido litológicamente a los carbonatos aflorantes. Si bien de ello no puede deducirse que se trate del mismo nivel triásico, se hace notorio que existe una relación más próxima de las sierras reconocidas con el sondeo La Marina-1, que con el resto de los sondeo petroleros de la zona.

3.4. REDEFINICION DEL AREA FAVORABLE

Si bien en la práctica totalidad de la Cuenca Neógena del Sur de Alicante se dan las condiciones básicas que determinan la viabilidad técnica de la inyección profunda

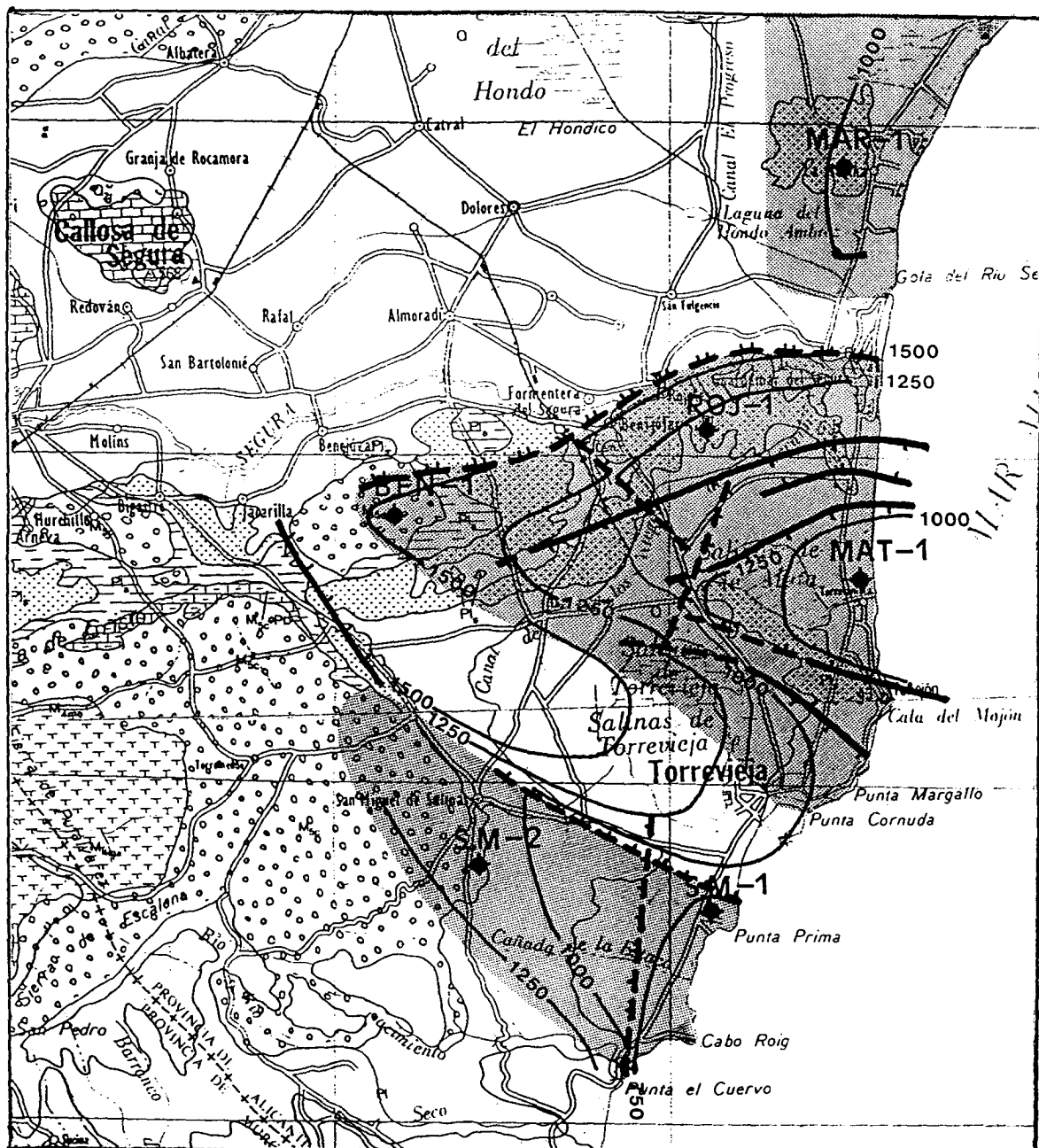
(existencia de formación receptora confinada conteniendo agua de elevada salinidad) según el modelo de inyección propuesto en la segunda fase del estudio de viabilidad, el mejor conocimiento de la morfología del basamento de la cuenca aconseja redefinir con mayor precisión el área más favorable para la instalación de sistemas de inyección. En efecto, la excesiva profundidad que puede alcanzar la formación objetivo triásica en algunas zonas de la cuenca, supone un aumento de coste de los sondeos piloto, que compromete la viabilidad económica de la inyección en estas zonas.

Desde el punto de vista estructural, las áreas más favorables serán las delimitadas por los relieves altos, de modo que los sondeos propuestos estén habitualmente limitados a una profundidad máxima del orden de los 1500 metros. Como muestra el mapa gravimétrico de anomalía residual, existen tres zonas de relieve alto en las que el basamento permanece confinado dentro de la provincia de Alicante:

- La zona alta de La Marina
- La zona alta de La Mata y su continuación hasta el frente de Rojas-Benejúzar.
- La zona alta de San Miguel, limitada al norte por la falla del mismo nombre.

Mediante la incorporación de algunos datos de subsuelo adicionales y los resultados de una campaña sísmica marina con alguna penetración en la zona de la costa, se ha podido reconstruir con relativo detalle la morfología y principales accidentes estructurales del basamento. El resultado se recoge en la figura 14, donde se delimitan las zonas más favorables y en la que se muestran las isobatas aproximadas del techo del Trías. Las áreas favorables son aquellas en las que, además de no existir un basamento demasiado profundo, los datos de geofísica están más apoyados por las observaciones directas en los sondeos.

Puede observarse que el límite norte de las estructuras profundas de Benejúzar y Rojas está formado por el frente de Carrascoy, que las independiza del dominio de La Marina. Entre ellas y las estructuras de San Miguel se encuentra la Cubeta de Torrevieja, donde no



E: 1/200.000

LEYENDA

- ◆ Sondeo petrolero
- Isobatas aprox. del techo del Triás (mbrnm)
- Falla supuesta
- Falla
- Flexura
- Areas más favorables

FIGURA 14. Reconstrucción estructural del basamento alpujárriide en el área más favorable para la inyección profunda.

es aconsejable la perforación debido a que su profundidad no ha sido confirmada en ningún punto. Entre esta cubeta y la de Guardamar se observa el sistema de fracturas asociadas a la zona alta de La Mata. Dentro de las zonas sombreadas la profundidad del techo del basamento oscila aproximadamente entre 750 y 1500 metros bajo el nivel del mar, intervalo que puede suponerse adecuado para sondeos de inyección. A menos que se realicen nuevas campañas previas de investigación del subsuelo, se desaconseja la perforación fuera de las zonas señaladas debido a la gran incertidumbre con que han de hacerse las previsiones de implantación.

Dentro del área señalada existen también notables diferenciaciones de una zona a otra, tanto en espesor y características del relleno neógeno, como en las del basamento triásico. En la figura 15 se esquematizan las columnas litológicas de los sondeos petroleros y se muestran las correlaciones existentes entre los niveles terciarios. En ella se reflejan claramente las diferencias de profundidad del basamento según la implantación de los sondeos, de acuerdo con la interpretación estructural de los párrafos anteriores. Puede observarse que los niveles permeables terciarios del Subgrupo-3 asociados a las zonas altas, sufren fuertes indentaciones y hasta desaparecen lateralmente al alejarse de éstas. Por ello, no es recomendable su empleo como zona de inyección.

Así mismo, la figura 15 muestra claramente las diferencias litológicas existentes entre las secciones triásicas cortadas por los sondeos. En consecuencia, las características hidráulicas observadas en cada uno de ellos son también muy diferentes. Mientras que los sondeos S. Miguel-2 y La Mata-1 no detectaron zonas productivas en el zócalo triásico, los sondeos La Marina-1 y Benejúzar-1 reconocieron tramos con permeabilidades moderadas. Las mejores características hidráulicas observadas en el Trías corresponden al sondeo S. Miguel-1, que es a su vez el que lo cortó a menos profundidad (740 a 805 m). Por su antigüedad, del sondeo Rojales no se tienen datos que puedan ayudar a valorar sus características hidráulicas, a excepción de la columna litológica, que muestra una sección carbonatada de más de 200 m. En general, la capacidad de los pozos será moderada, por lo que no deben esperarse elevados caudales de inyección.

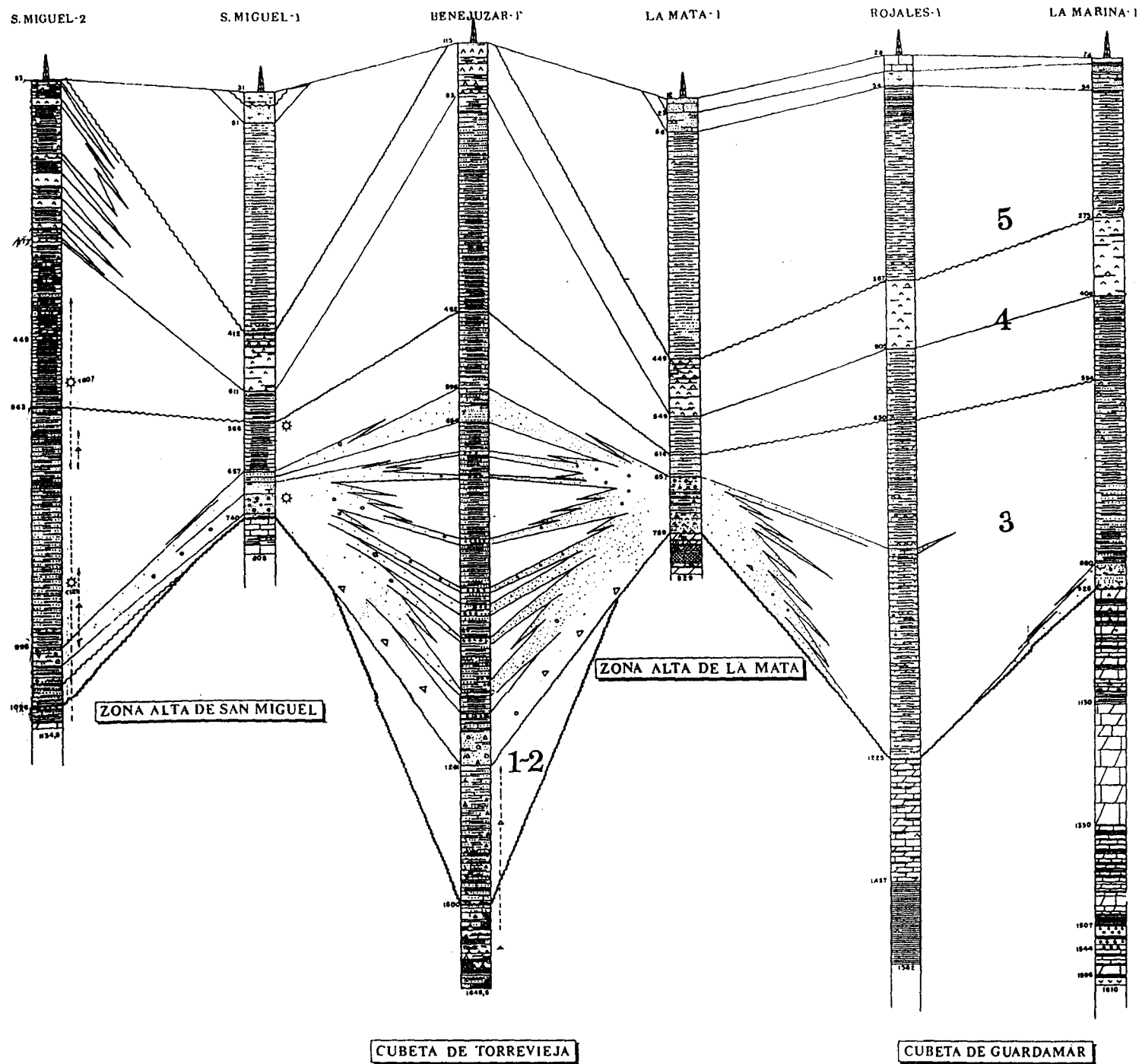


FIGURA 15. Correlación de las columnas litológicas de los sondeos petroleros de la Cuenca Neógena.

Tanto la profundidad, como la variabilidad de las características hidráulicas de la formación receptora, han de tenerse muy en cuenta a la hora de seleccionar el emplazamiento de un sondeo de ensayo/inyección en esta zona. A tenor de los resultados de los sondeos petroleros, la situación óptima de un sondeo de inyección sobre el basamento triásico sería en las proximidades del sondeo San Miguel-1, tanto desde el punto de vista económico, como de expectativas de capacidad alcanzable.

El confinamiento puede considerarse excelente a lo largo de toda la Cuenca Neógena.

4. AREA DE BENIDORM-VILLAJYOSA

4.1. MARCO GEOLOGICO

El área de estudio está situada en la zona externa oriental de las Cordilleras Béticas, en el dominio Prebético de Alicante, dentro del sistema acuífero de Anticlinales de Orcheta. Este se extiende sobre una superficie de 166 km² comprendida entre el eje Rellou-Finestrat, el Mar Mediterráneo y el meridiano de Benidorm, aproximadamente. En él están representados en superficie materiales de edades Cretácico y Terciario fundamentalmente, estructurados de modo sencillo mediante pliegues y fallas normales de dirección preferente N-S.

En los párrafos siguientes se recogen brevemente las descripciones litoestratigráficas de los materiales presentes y los rasgos tectónicos más destacados de la zona.

4.1.1. ESTRATIGRAFIA

En la figura 16 se muestra una columna estratigráfica esquemática para la zona de estudio.

Triásico (T_G)

Se encuentra representado por las facies Keuper (T_G), cuya aparición se asocia a fenómenos de diapirismo. Se trata de un conjunto de arcillas y yesos carentes de fauna.

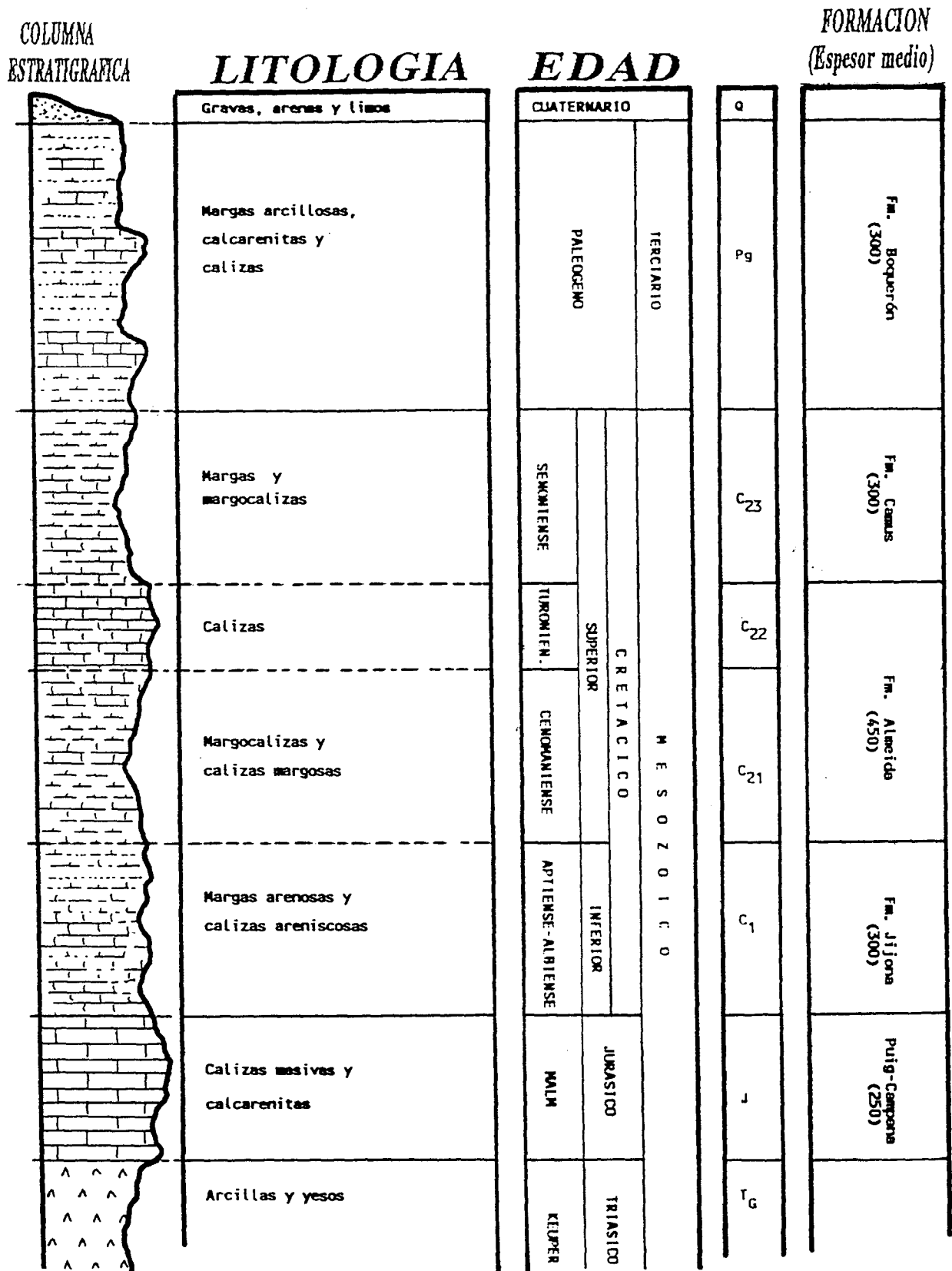


FIGURA 16. Columna estratigráfica tipo para la zona Villajoyosa-Benidorm.

Jurásico (J)

El principal afloramiento se asocia a la estructura del cerro Puig Campana, que corresponde materiales del Malm (Kimmeridgiense-Portlandiense). Se trata de un paquete de calizas y calcarenitas, con una potencia media que se estima en 250 m.

Cretácico Inferior (Aptiense-Albiense) (C₁)

El afloramiento principal en la zona de estudio lo constituye la Sierra Helada y el Peñón de Benidorm, existiendo otros afloramientos en Cabezón de Oro, al oeste del embalse del Amadoiro, aunque fuera de la zona de estudio.

Se trata de un importante paquete (300 m. de espesor) constituido por calizas, areniscas y margas arenosas con abundante fauna. Este paquete se conoce como formación Jijona, y con esta denominación se le hará referencia.

Cretácico Superior

En el conjunto Cretácico Superior se distinguen varios tramos con entidad propia, que corresponden a:

- Cenomanense (C₂₁): el tramo cenomanense está constituido por una importante serie margo-caliza, con pequeños niveles areniscosos. Presenta una potencia media de 300 m.
- Turonense (C₂₂): el paquete turonense corresponde a una formación de calizas con radiolarios, con una potencia que oscila entre 100 y 200 m, constituyendo los afloramientos principales en las estructuras anticlinales de Orcheta y Sierra de la Cortina.

Al conjunto Cenomanense-Turonense se le denomina formación Almeida, cuya principal característica es la variabilidad de espesor del tramo margocalizo inferior (Cenomanense).

- Senonense (C₂₃): el techo del Cretácico está constituido por las margocalizas y margas del Senonense, cuya potencia media es de 300 m. Este paquete se conoce como Formación Camus. Los niveles superiores están constituidos por margas blanquecinas.

Paleógeno (Pg)

Al sur de la estructura anticlinal Sierra de Orcheta-Sierra Cortina, aparece un importante paquete sedimentario asociado a la cubeta sinclinal subsidente, que alcanza importantes espesores en la zona central (de 500 m., en el área oriental a más de 1000m. en el occidental), constituido por una sucesión de margas arcillosas, calcarenitas y niveles calcáreos.

Este paquete sedimentario paleógeno está incluido en el denominado surco flysh Campello-Villajoyosa, denominándose Formación Boquerón.

Cuaternario (Q)

Dentro de los depósitos cuaternarios se distingue entre el cuaternario indiferenciado que aparece coronando la serie paleógena; y los depósitos de ladera y conos de deyección asociados a las estructuras anticlinales de Orcheta-Sierra de la Cortina, y al accidente de Finestrat.

Los sedimentos del cuaternario indiferenciado se componen de gravas, arenas y limos arcillosos y presentan escasa potencia.

4.1.2. TECTONICA

El estilo tectónico del área de estudio se caracteriza por un sistema de plegamientos de cobertera más o menos complejos en sus términos superiores y por la influencia de un nivel de despegue, que diversos autores sitúan en el Senoniense, independientemente de la unidad regional triásica.

La importancia de los movimientos tectónicos que se han producido en esta zona concede una notable complejidad a las estructuras geológicas existentes en el área.

Al objeto de centrar la zona de estudio se describen someramente las estructuras geológicas más importantes que se definen:

Accidente de Finestrat

Corresponde a una importante fractura a favor de la cual se favoreció la extrusión de los materiales plásticos del zócalo triásico. Los fenómenos extrusivos presentan mayor relevancia al noreste de Benidorm (diapiro de Callosa de Ensarriá), poniendo de manifiesto la existencia de un zócalo plástico que da lugar a la formación de diapiros, que en ocasiones, como ocurre con el accidente de Finestrat, constituyen barreras impermeables que propician la desconexión hidráulica de los bloques.

El bloque situado al norte del accidente de Finestrat incluye la estructura del Puig-Campana, que corresponde a una violenta estructura anticlinal de materiales cretácico-jurásicos, y el sinclinal de Amaniellos-Tapiada, constituido por materiales del cretácico superior, que presenta dirección OSO-ENE, con cierre periclinal violento hacia el NE como consecuencia de la actividad halocinética del zócalo triásico. Ambas estructuras no presentan interés para el estudio que nos ocupa, por la desconexión con el área costera, debido al accidente de Finestrat (ver figura 17).

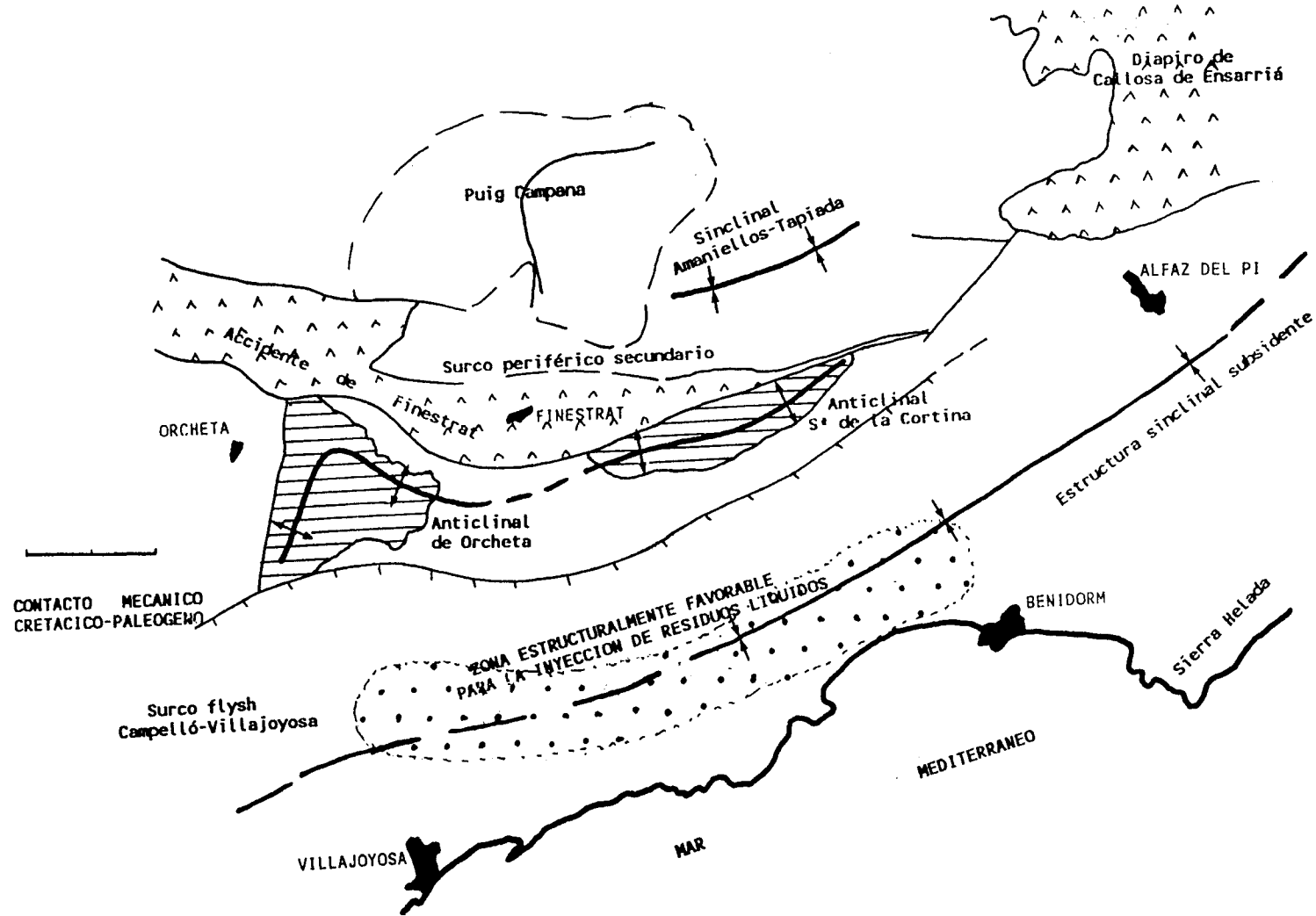


FIGURA 17. Unidades estructurales en la zona Villajoyosa-Benidorm (Escala 1:50.000).

Junto a este accidente diapírico, y en su zona norte, se sitúa el denominado surco periférico secundario que incluye materiales cretácicos, miocenos y cuaternarios, sin interés en el estudio que nos ocupa.

Cubeta sinclinal subsidente

Corresponde a una extensa área cuyo eje presenta dirección SO-NE y plano axial casi vertical con vergencia S. Está limitado, en esta zona, por los anticlinales de Orcheta y Sierra de la Cortina y por la Sierra Helada, enfrentándose al NE con el diapiro de Callosa de Ensarriá.

Esta estructura sinclinal, que incluye una potente serie de materiales mesozoicos y terciarios, se sitúa prácticamente fuera de la zona bética interna e incluso del subbético, ya que los plegamientos no son violentos.

Esto implica que la cubeta sinclinal, a que da lugar esta estructura, no presenta gran tectonización, si bien la inexistencia de datos geológicos no permite establecer la posible presencia de discontinuidades, que de existir serán de menor importancia que las observables en el entorno del accidente de Finestrat.

Asociada a la cubeta sinclinoria subsidente, aparece el sector oriental del denominado surco flysh Campello-Villajoyosa. Su génesis corresponde a una línea de surco rellena por materiales incompetentes que obedecen a una tectónica de zócalo mesozoico fundamentalmente triásico-jurásico.

Según los estudios geológicos realizados, esta estructura corresponde al bloque sur de una falla cuyo desarrollo es más importante al suroeste de la Sierra de Orcheta, dando lugar a una potente serie terciaria en la zona de Villajoyosa.

Anticlinales de Orcheta y Sierra de la Cortina

Esta estructura anticlinal permite el afloramiento de los materiales permeables del cretácico superior que serán objeto de uno de los modelos de inyección que se propone.

Corresponden a una estructura anticlinal sensiblemente paralela al accidente de Finestrat. De forma que presenta una dirección SO-NE en la Sierra de la Cortina, y NO-SE en la parte oriental, a prácticamente N-S en la parte occidental, de la Sierra de Orcheta. La erosión ha desmantelado estos anticlinales permitiendo el afloramiento de los materiales mas resistentes (calizas turonenses).

La estructura anticlinal de Orcheta ha sufrido una más intensa tectonización, como pone de manifiesto la inflexión en el eje anticlinal (ver figura 17).

El anticlinal de Sierra Cortina presenta un cierre periclinal hacia el NE, junto al extremo oriental del accidente de Finestrat, al que se asocian un conjunto de fracturas menores normales debidas, probablemente, a fenómenos de reajuste estructural. El flanco sur de esta estructura presenta importantes buzamientos (mayores de 45°).

Las estructuras geológicas descritas limitan notablemente el área de interés. Así, se describe un arco asociado al flanco sur de las estructuras anticlinales de Orcheta y S^a de la Cortina, dentro de la cubeta sinclinal subsidente, que para Benidorm se concreta en la zona norte de la Playa de Poniente, y para Villajoyosa en la zona norte de la propia localidad, más concretamente en el paraje de Rehoyos, ya que más al sur de la autopista es probable que el los niveles cretácicos se situen a más de 1500 m. de profundidad.

En plano n^o 4 se muestra el mapa geológico de superficie para la zona de estudio, donde se muestra sólo la disposición geológicas de los materiales ubicados en el bloque situado al sur del accidente de Finestrat, incluyéndose, por tanto, las estructuras anticlinales de Orcheta y S^a de la Cortina, el surco flyschoides asociado a la cubeta sinclinal subsidente y el contacto mecánico cretácico-paleógeno.

4.2. FORMACION RECEPTORA

4.2.1. NIVELES RECEPTORES POTENCIALES

La serie estratigráfica descrita anteriormente implica la alternancia de niveles de mayor o menor permeabilidad, que permiten la existencia de acuíferos explotables, cuyo interés está acrecentado por la problemática de abastecimiento asociada a estas zonas turísticas en épocas de estiaje.

El área de estudio considerada se ubica en la unidad hidrogeológica 08.48 (Orcheta), la cual ha sido objeto de numerosos estudios hidrogeológicos por el ITGE para el abastecimiento a las poblaciones del entorno, y sobre todo, a Villajoyosa y Benidorm.

En esta unidad hidrogeológica y atendiendo a la serie estratigráfica (ver figura 18), se pueden establecer los siguientes acuíferos:

- Calizas y areniscas de la formación Jijona: los niveles calizos y areniscosos del Cretácico Inferior pueden tener cierto interés acuífero al noroeste de Sierra Helada, donde estos materiales se hunden bajo la cobertera cuaternario-paleógena (Q-Pg), constituyendo el flanco sur de la estructura sinclinal subsidente.
- Calizas turonenses: paquete calizo del techo de la formación Almeida, que constituye los principales afloramientos en las Sierras de Orcheta y de la Cortina.
- Niveles permeables cuaternario: constituyen un acuífero de escaso interés regional por el menor espesor de los materiales permeables.

Aparte de estos acuíferos se definen niveles permeables en la base de la formación Camus (Senonense), así como los asociados a los tramos calizos y areniscosos de la formación Boquerón, alternantes con niveles margosos impermeables.

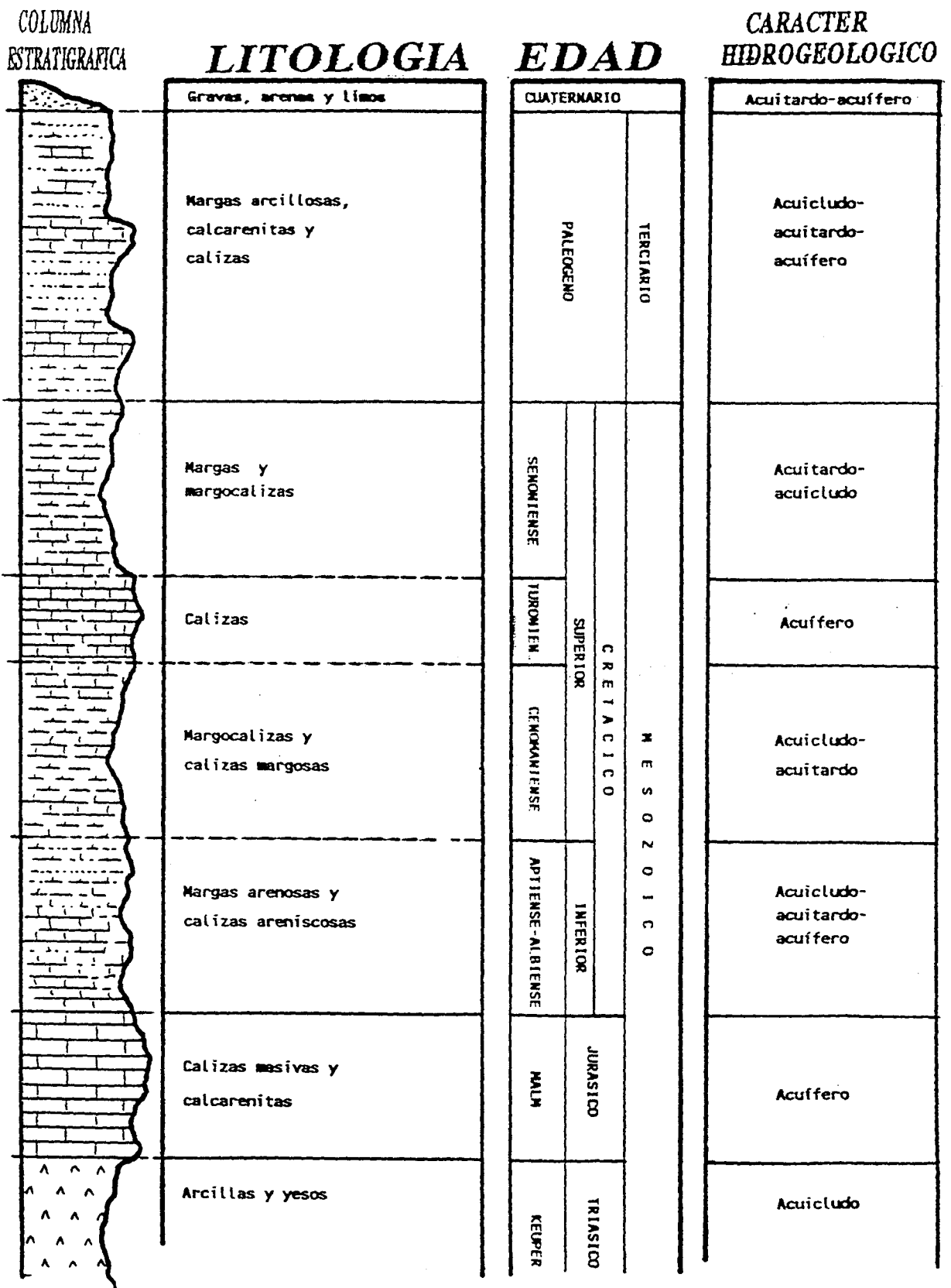


FIGURA 18. Características hidrogeológicas de los materiales geológicos existentes en el área Villajoyosa-Benidorm.

De los acuíferos anteriormente reseñados el más interesante, por su extensión y características hidrogeológicas, lo constituyen las calizas turonenses (C₂₂), en base al cual se definió el Sistema Acuífero Anticlinales de Orcheta.

Junto a los niveles permeables descritos se definen un conjunto de tramos de carácter semipermeables e impermeables que se especifican en la figura 18.

El tramo de edad jurásica, que aflora en el estructura del Puig-Campana donde presenta buenas características hidráulicas, puede presentarse en los niveles inferiores de la cuenca sinclinal subsidente a grandes profundidades (> 1500 m), lo que limitaría su utilidad como objetivo para la inyección. Si bien, en Sierra Helada las condiciones estructurales parecen más favorables, no existen datos que indique su presencia a muro de la formación Jijona, cuyo afloramiento da lugar a los escarpes de la sierra.

4.2.2. REVISION DEL INVENTARIO DEL ITGE

El sistema Anticlinales de Orcheta, aunque se define en base a las calizas turonienses, comprende una serie de tramos con relativa permeabilidad tanto en la base de la formación Camus (Senoniense) como en el tramo cenomanense de la Fm. Almeida. Sin embargo, los sondeos realizados para abastecimiento muestran como los niveles permeables de la base de la Fm. Camus presentan niveles piezométricos diferentes de los obtenidos para las calizas turonienses (techo de la Fm. Almeida). Lo cual se explicaría por el efecto de barrera hidráulica que constituyen los niveles más margosos de la Fm. Camus.

Por otra parte, este acuífero está totalmente desconectado de las calizas jurásicas asociadas al Puig-Campana, que se incluyen dentro de la unidad hidrogeológica Sierra de Aitana (08.45), y que son drenadas por la Font del Molí (Finestrat).

En la figura 19 se muestran las columnas estratigráficas obtenidas en los sondeos realizados en la zona para la captación de aguas subterráneas, con indicación del nivel piezométrico y parámetros hidráulicos, en aquellos que estos datos existen.

A esta unidad hidrogeológica se asocian unos recursos renovables de 1 hm³/año. La alimentación se produce, principalmente, por infiltración de aguas de lluvia y por la recarga del Embalse del Amadoiro y del río Amadoiro, en las proximidades de Orcheta. La descarga se produce a favor de los bombeos (0,6 hm³/año) y las surgencias por manantiales (0,35 hm³/año).

Los datos piezométricos existentes indican que el acuífero se mantiene en equilibrio, ya que las principales explotaciones se centran en dos sondeos situados en cabecera del embalse de Amadorio, de forma que la conexión hidráulica existente entre este y el acuífero, permite, siempre que existe esta conexión, la recarga con aguas del embalse.

El análisis de datos hidroquímicos existentes en la base de datos AGUAS del ITGE, permite establecer que las aguas asociadas al surco terciario-cuaternario presentan una mayor salinización que las asociadas al anticlinal de Orcheta.

Así, las aguas de pozos y sondeos situados en el surco terciario-cuaternario presentan conductividades que oscilan entre 620 y 5120 $\mu\text{S}/\text{cm}$, con un valor medio de 2823 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Las muestras tomadas en los sondeos de abastecimiento a Villajoyosa, situados en cabecera del embalse del Amadoiro, presentan salinidades que oscilan entre 355 y 1580 $\mu\text{S}/\text{cm}$, con un valor medio de 1187 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Reseñar que la conexión hidráulica existente entre estas captaciones y el embalse propicia la alimentación del acuífero con aguas del embalse, por lo que los resultados de los análisis se ven afectados por esta situación. Si bien, en el sondeo El Realet, que capta las calizas turonienses pero más al norte, ya en la unidad hidrogeológica de S^a Aitana, en el borde oeste de la estructura de Puig-Campana, se obtuvieron muestras de agua con valores de

conductividad de 560 a 580 $\mu\text{S}/\text{cm}$, muy similares a los obtenidos en las primeras muestras tomadas en los sondeos de abastecimiento a Villajoyosa al efectuar el ensayo de bombeo (570 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

En cualquier caso, se establece una clara diferencia hidroquímica entre las aguas del surco terciario-cuaternario y las del sistema anticlinales de Orcheta. Debido fundamentalmente, al mayor tiempo y superficie de contacto entre el agua y la roca en el sistema detrítico que el acuífero carbonatado.

Datos relativos a sondeos asociados al anticlinal de Sierra de la Cortina ofrecen valores de conductividad medios de 1870 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en, en las captaciones situadas en el flanco S, y de 2610 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el norte, donde la proximidad de los materiales salíferos del Keuper condiciona notablemente la salinidad de las aguas subterráneas.

A su vez, estos sistemas hidrogeológicos situados al sur del accidente de Finestrat, presentan mayores contenidos salinos en sus aguas que los materiales acuíferos jurásicos de Puig-Campana, drenados por la fuente del Molí(2933-8-93), la cual presenta valores de conductividad que oscilan entre 200 y 350 $\mu\text{S}/\text{cm}$., con un valor medio de 174 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Estos valores de conductividad tan bajos en relación al resto de sistemas hidrogeológicos de la zona, tiene en parte explicación por la baja inercia de este sistema hidrogeológico, lo que implica tiempos de residencia muy cortos del agua en el acuífero.

Estos datos hidroquímicos se han resumido en la figura 19, con indicación de los valores de conductividad por sectores.

La piezometría asociada al sistema hidrogeológico constuido por las calizas y margocalizas de las formaciones Camus y Almeida, en base a datos obtenidos en diferentes informes del ITGE, presentan los valores que se muestran en la figura 20. No se ha estimado conveniente reconstruir la superficie piezométrica por la escasez de datos. Si bien se muestra la existencia de un flujo de dirección N-S, que implica una cierta descarga desde

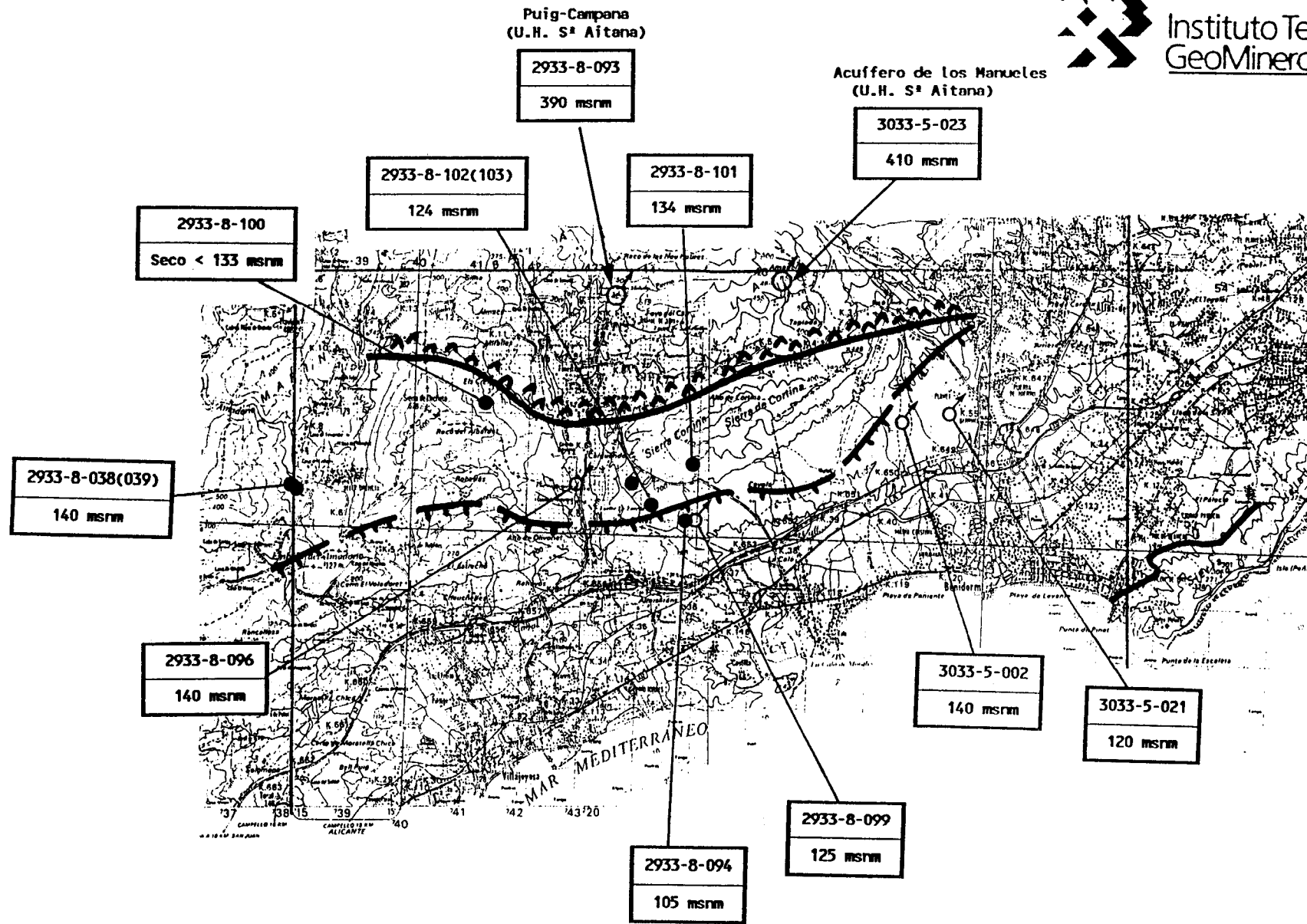


FIGURA 20. Piezometría del acuífero cretácico de la unidad hidrogeológica de Orcheta.

los materiales cretácicos aflorantes en Orcheta y Sierra de la Cortina, hacia los detríticos paleógenos del surco terciario-cuaternario, en base a la fractura que limita ambas estructuras, como se pone de manifiesto por la existencia de manantiales instalados en los materiales paleógenos que drenan el acuífero cretácico (Fte. Bco. del Molí "2933-8-099", Fte. del Mortal "3033-5-002" o Foya del Cart "3033-5-021", cuyas cotas de surgencia se sitúan entre 120 y 140 msnm.

Esto puede suponer la existencia de un flujo subterráneo de carácter regional desde los acuíferos cretácicos hacia la serie paleógena, conformada por una alternancia de materiales permeables, semipermeables e impermeables, que se constituye como un acuífero multicapa complejo.

Esta posible alimentación en la zona de contacto no presenta importancia para la inyección, ya que los niveles impermeables existente, tanto en la formación Boquerón (de edad terciaria) como en la formación Camus (Senoniense), implican una desconexión hidráulica entre los materiales permeables terciarios, explotados mediante pozos y sondeos en las proximidades de Benidorm-Villajoyosa, y las calizas cretácicas.

Por otra parte, en el flanco norte de Sierra Helada existen una serie de sondeos que captan aguas subterráneas asociados a tramos permeables de la formación Jijona (cretácico inferior), si bien presentan elevada salinidad.

Dada la profundidad de estos sondeos, inferior a 100 m., es previsible que no alcancen la formación jurásica, por lo no existe información sobre este paquete.

4.2.3. CARACTERISTICAS HIDRAULICAS

Los datos hidráulicos referentes a las calizas turonenses no son muy favorables. Los valores de transmisividad obtenidos en los bombeos de ensayo efectuados en sondeos para

abastecimiento urbano, donde este tramo permeable ha sido captado en condiciones de cautividad, están comprendidos entre 2 y 10 m²/día, oscilando los caudales de explotación entre 1 y 5 l/s. Estos valores se muestran desde todo punto insuficientes para la inyección de caudales moderados de fluido sin que se presenten problemas operacionales o de fracturación hidráulica.

Por otra parte, las peores condiciones corresponden a los sondeos asociados al anticlinal Sierra de la Cortina, lo cual es función del menor grado de tectonización que presentan las calizas turonenses en esta zona, respecto al anticlinal de Orcheta, donde la roca aparece más triturada en los afloramientos. Un somero estudio de los afloramientos, realizado durante los trabajos de campo efectuados en el presente proyecto, indica la existencia de numerosos tectoglifos de origen distensivo, a favor de los cuales puede desarrollarse el flujo subterráneo, cuya dirección predominante es la N-S (aproximadamente N-170-E), que coincide con la dirección de flujo subterráneo deducible de la escasa piezometría disponible.

Por otra parte, en los afloramientos, sobre todo del anticlinal de Sierra de la Cortina, se observa la presencia de un lapiaz, aunque, no muy desarrollado. Esta observación es menos perceptible en el anticlinal de Orcheta debido a la mayor tectonización existente en esta estructura. Estas apreciaciones indican la existencia de un desarrollo kárstico incipiente, que impide albergar esperanzas sobre favorables condiciones de conductividad hidráulica en estos materiales.

Las características del Jurásico no pueden ser valoradas por la inexistencia de datos puntuales. No obstante, la Font del Molí, por si misma, indica la existencia de un acuífero con interesante permeabilidad.

La inexistencia de datos concretos en la zona definida como favorable para la inyección impide valorar objetivamente las posibilidades de almacenamiento de los paquetes permeables descritos. Sólo la realización de sondeos de reconocimiento, y las pruebas y

ensayos a ellos asociados, permitirían evaluar de forma exhaustiva sus características hidráulicas.

4.2.4. CONTINUIDAD LATERAL Y CAPACIDAD RECEPTORA

El conjunto de datos geológicos e hidrogeológicos recopilados permiten realizar un corte hidrogeológico perpendicular a la costa (ver figura 21), que describe de un modo interpretativo la geología del subsuelo en la zona definida como de interés para la inyección en la figura 16 y muestra la disposición aproximada del nivel piezométrico.

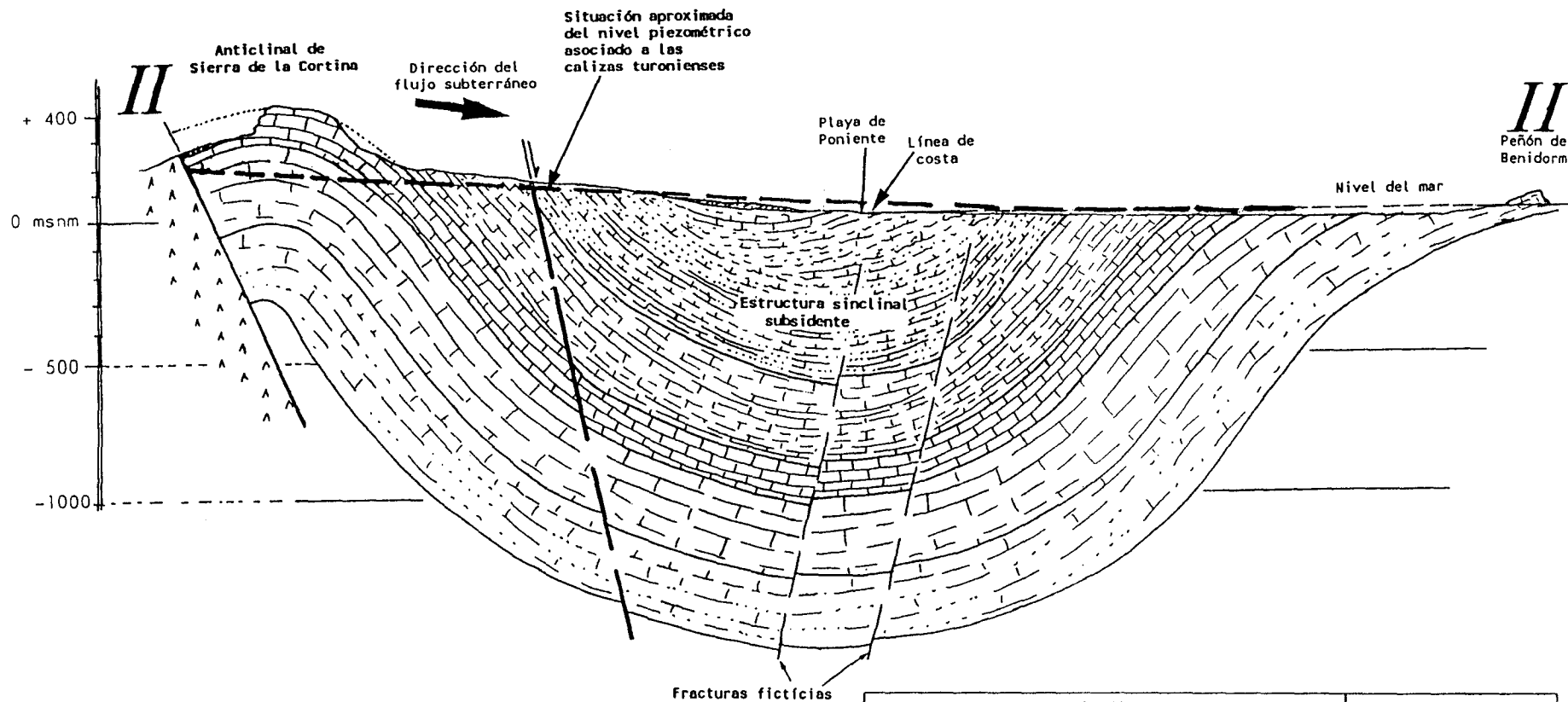
En esta figura se muestra como la dirección del flujo subterráneo existente en el sistema anticlinales de Orcheta es la NNO-SSE, o sea, desde las formaciones montañosas hacia el mar, con un gradiente hidráulico medio aproximado del 0.028%. Asimismo, en la figura 22 se muestra un esquema geológico del subuelo para la zona de Villajoyosa.

Estos cortes y croquis suponen la continuidad lateral de los niveles carbonatados objetivo, hecho que habría de comprobarse previamente mediante una investigación. Además, la limitada transmisividad de las calizas turonienses en la zona de estudio, permite anticipar que la formación receptora no ha de tener un buen comportamiento hidráulico ante la inyección de fluido.

4.3. CONFINAMIENTO

4.3.1. DESCRIPCION CUALITATIVA

En la serie estratigráfica descrita en la zona de estudio se asocian una serie de materiales geológicos de características permeables y semipermeables (ver figura 18).




 Instituto Tecnológico
 GeoMinero de España








LITOLOGIA		CARACTER HIDRAULICO
	Depósitos cuaternarios	Acuitardo-acuífero
	Formación Boquerón (margas arcillosas, calcarenitas y calizas)	Acuícludo-acuitardo-acuífero
	Formación Comus (margas y margocalizas)	Acuitardo-acuícludo
	Calizas turonienses (calizas)	Acuífero
	Tramo cenomaniense (margocalizas y calizas margosas)	Acuícludo-acuitardo
	Formación Jijona (margas arenosas y calizas areniscosas)	Acuícludo-acuitardo-acuífero
	Facies Keuper	Acuícludo

FIGURA 21. Corte hidrogeológico interpretativo perpendicular a la costa.

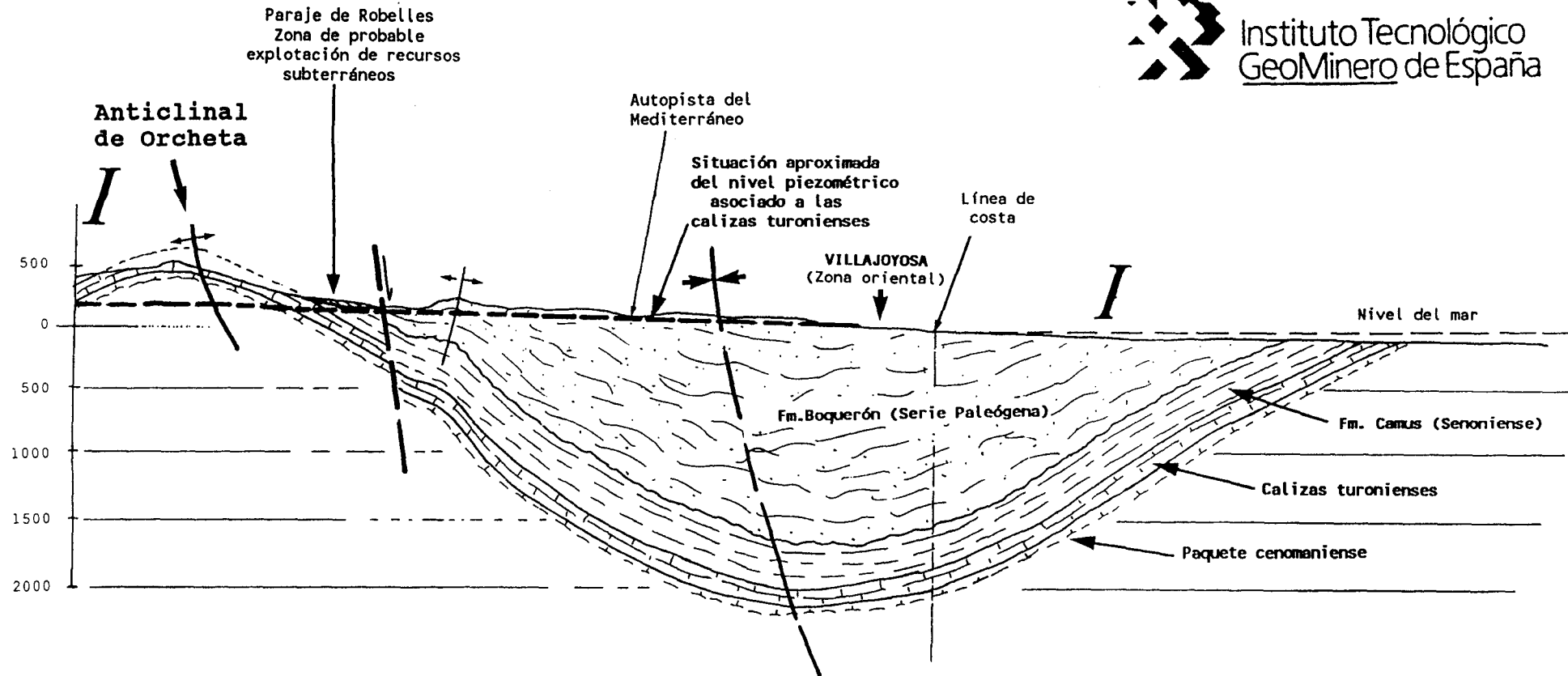


FIGURA 22. Esquema hidrogeológico interpretativo zona de Villajoyosa.

Estos niveles, que en función de sus características de impermeabilidad, pueden constituir los confinantes en el modelo de inyección corresponden a:

- Niveles margoso-arcillosos el paquete terciario, en base a tramos de carácter impermeable existentes en el conjunto sedimentario terciario, como ponen de manifiesto los sondeos existente en este área (ver figura 19).
- Margas y margocalizas senonienses, corresponden a la formación Camus, que en su tramo superior presentan margas de color blanco, observables en el flanco sur de la estructura anticlinal de S^a de la Cortina, por cada carácter impermeable. En el tramo inferior alternan los niveles acuitardo-acuicludo, si bien, los impermeables implican la desconexión con las calizas turonienses situadas en su base.
- Margas y margocalizas de la Fm. Almeida, la base de esta formación está constituida por un conjunto de materiales de carácter acuitardo a acuicludo, que se definen como la base impermeable del principal acuífero de la U.H. Anticlinales de Orqueta, constituido por las calizas turonienses del techo de la Fm. Almeida.
- Margas del techo de la formación Jijona, esta formación que constituye el afloramiento de la S^a Helada, presenta en su techo una formación, que ciertos autores datan de edad Aptiense sup.-Albiense, correspondiente a una alternancia de margas y calizas arenosas que podrían constituir un confinante interesante para las formaciones calizo-areniscosas de la base de la propia Fm. Jijona.

4.3.2. CONFINAMIENTO VERTICAL Y HORIZONTAL

La litología asociada a los tramos confinantes anteriormente descritos asegura la capacidad de confinamiento vertical de estas formaciones, por otra parte, de continuidad lateral contrastada, según se desprende de los estudios geológicos efectuados en la realización de

los mapas MAGNA 1:50.000 y diversos estudios hidrogeológicos.

La capacidad confinante vertical de las margas y margocalizas de la Fm. Camus se pone de manifiesto en ciertos sondeos efectuados en el flanco sur de S^a de la Cortina, por el diferente nivel piezométrico asociado a los tramos acuitardos de la base de la formación Camus y las calizas turonienses de la formación Almeida.

Por otro lado, el paquete de margas y margocalizas del tramo inferior de la Fm. Almeida, de edad cenomaniense, como ya se ha apuntado, constituye el impermeable de las calizas turonienses, como se pone de manifiesto en el sondeo 2933-8-100, situado en el flanco noroeste de S^a Orcheta, que interceptó las calizas turonienses y las margocalizas cenomanienses, siendo su resultado negativo, puesto que el nivel piezométrico en esta área, se encuentra por debajo del contacto turoniense-cenomaniense, constituyendo este punto, por tanto, una prueba inequívoca de la impermeabilidad del tramo cenomaniense.

La capacidad de confinamiento horizontal determina el grado de aislamiento de la zona de inyección propuesta en relación a las áreas de posible explotación, lo cual depende de aspectos estructurales e hidráulicos.

El análisis y estudio de aspectos geológicos, hidrogeológicos y estructurales existentes en la cuenca sinclinal donde se instalan los materiales terciarios del surco flysch Campello-Villajoyosa, indica que las calizas turonienses aportan el tramo permeable de mejores características y, por tanto, el considerado de cara a la inyección profunda. Su cobertera estaría constituida por los materiales impermeables de la formación Camus y del conjunto paleógeno (Fm. Boquerón).

A su vez, los tramos semipermeables-impermeables del paquete cenomanense (base de la formación Almeida) y de la formación Jijona aportan confinamiento inferior. Por tanto, el modelo de inyección planteado en la zona de Benidorm-Villajoyosa se describe en la figura 23.


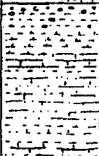
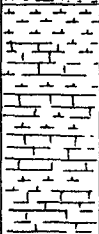
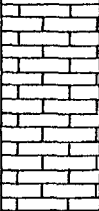

		FORMACION	LITOLOGIA	CARACTERISTICAS	ESPESOR APROX.	
					BENIDORM (Playa de Poniente)	VILLAJOYOSA (Paraje de Rehojos)
		Cuaternario	Cravas, arenas y limos			
		Fm. Doquerón Serie Paleógena	Conglomerados, arcillas, margas margas arcillosas, calcarenitas y calizas arenosas	Alternancia de niveles permeables, semipermeables e impermeables. Desconectado del nivel almacén.	600	800
		Fm. Camus Paquete Senoniense	Margas, margocalizas y calizas margosas	COBERTERA Tramos permeables en la base de esta formación, desconectados del nivel almacén.	300	300
		Fm. Almeida	Calizas turonienses	ALMACEN Calizas con baja transmisividad (< 10 m ² /d) y escaso desarrollo kárstico.	100	100
			Paquete cenomaniense	Margas y margocalizas	BASE IMPERMEABLE Alternancia de materiales semipermeables e impermeables que sirven de cobertura inferior para el nivel almacén.	

FIGURA 23. Modelo de inyección propuesto en la zona Benidorm-Villajoyosa.

Las condiciones estructurales favorables obedecen a la existencia de una forma sinclinal, que permite que el nivel almacén se recubra progresivamente y en dirección hacia el mar, de niveles impermeables y semipermeables (margas-margocalizas de la fm. Camus y margas-arcillas del paquete Paleógeno), que aíslan este nivel almacén de los niveles permeables del paquete terciario, explotados en las proximidades de la costa.

Por otra parte, la zona de inyección propuesta se inscribe dentro de un área de relativa mayor "tranquilidad" tectónica que las áreas más próximas al accidente de Finestrat y estructura de Orcheta. Es desconocida la existencia y disposición de posibles fracturas en la zona de inyección propuesta. Sólo la realización de perfiles sísmicos podrían arrojar luz sobre este particular. Si bien, la disposición de la cuenca en una estructura sinclinal subsidente implica que las posibles fracturas serán distensivas como se ha querido representar en la figura 21, en la que se han dibujado dos fracturas hipotéticas que ponen de manifiesto como discontinuidades de estas características propician el enfrentamiento del nivel almacén propuesto (calizas turonienses), con paquetes más impermeables a techo y muro, por lo que es previsible que estas fracturas estén selladas impidiendo la posible fuga de fluidos.

La mayor tectonización asociada al anticlinal de Orcheta, junto a la previsible mayor profundidad a que se encontrarán los niveles permeables cretácicos en el surco terciario-cuaternario, limitan notablemente cualquier actuación en las proximidades de Villajoyosa.

La estructura sinclinal puede ser, en cierta medida, desfavorable o favorable para llevar a cabo la inyección, en función del efecto que tendría el contraste de densidades entre el agua residual inyectada y el agua intersticial.

Por la inexistencia de recarga superficial en esta zona del almacén, el agua intersticial debe presentar una salinización importante, si bien, los datos de salinidad obtenidos en la zona de recarga-explotación oscilan entre 1870-2610 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (correspondiendo los valores más altos a sondeos próximos al accidente de Finestrat, flanco norte del anticlinal de Sierra de

la Cortina), la distancia entre la zona favorable para la inyección, unos 2 km., y la desconexión en este área con el nivel Keuper profundo, no permiten pensar que la salinidad deba ser muy elevada, si bien el agua no será utilizable para consumo, por lo que no se compromete recurso alguno, que los escasos caudales no serian aprovechables para riego.

4.3.3. NIVELES POTENCIALMENTE VIGILABLES

Para el modelo de inyección propuesto en la cuenca sinclinal el nivel vigilable es el propio almacén en los flancos sur de S^a Orcheta y de la Cortina.

La existencia de conexión hidráulica entre el embalse del Amadoiro y el acuífero presenta una especial importancia en la posible utilización de las calizas turonienses como almacén de residuos líquidos, limitando la zona favorable de inyección en la zona de Villajoyosa al paraje de Rehoyos (ver figura 24) y el área al oeste del Bco. de Torres.

Para el municipio de Benidorm las zonas favorables están condicionadas por los niveles permeables vigilables. Para el modelo asociado a las calizas turonienses, las escasas explotaciones sobre sondeos en el flanco sur de S^a de la Cortina y manantiales asociados al contacto cretácico-paleógeno, implica que la zona favorable se sitúe lo más alejada posible de esta zona de contacto geológico (ver figura 24).

4.4. LAS AGUAS RESIDUALES Y LAS INFRAESTRUCTURAS DE SANEAMIENTO

En lo que respecta al municipio de Benidorm genera un volumen anual de aguas residuales de 13 hm³, con un problema de estacionalidad asociado al incremento de población que sufre en periodo turístico, unos 210.000 habitantes, que se unen a los 50.000 residentes durante el resto del año.

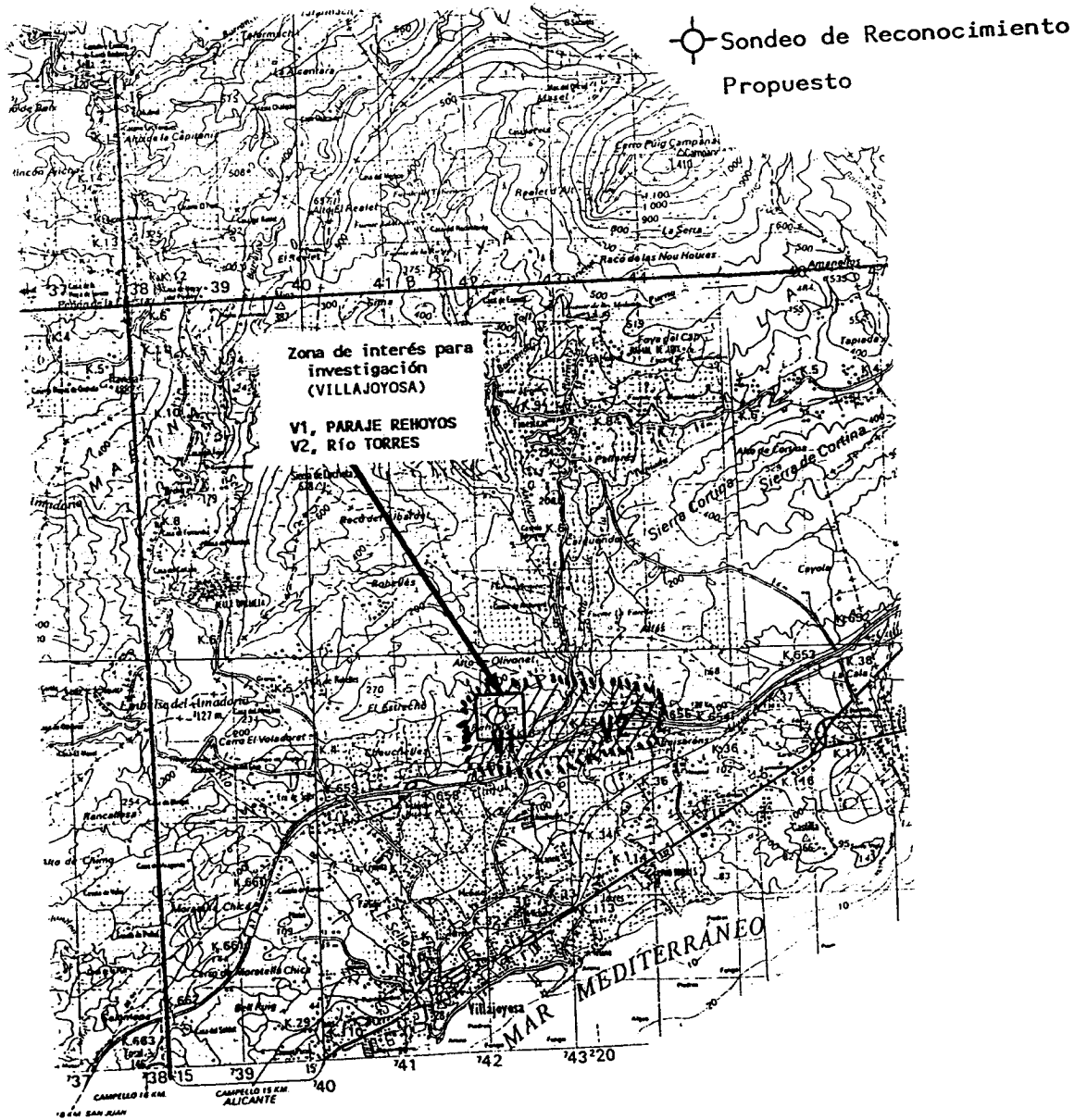


FIGURA 24. Situación propuesta para los sondeos de reconocimiento y ejecución de las operaciones de inyección.

Actualmente, existe una depuradora de lechos bacterianos, situada en la falda norte de Sierra Helada (ver figura 25). En esta estación se consigue una reducción eficaz en la carga orgánica de las aguas residuales, con un coste anual de mantenimiento próximo a los 21 MPTas. El canon de vertido se cifra en 6,5 Mptas/año, produciéndose una cantidad media anual de lodos de depuración de 13000 tm. Las aguas residuales tratadas, parte se reutilizan en riego, y otra parte se vierte al mar.

Por otra parte, las aguas residuales del municipio de Villajoyosa reciben tratamiento por lagunaje, antes de su vertido al río Sella. Se pretende la reutilización de las aguas tratadas para riego. El volumen de aguas residuales se estima en 2,18 hm³/a, con un problema de estacionalidad menos acusado que Benidorm.

El deficiente funcionamiento de esta planta, que los responsables achacan a las aguas residuales que reciben de una industria de chocolates próxima, ha propiciado numerosas críticas por parte de ciertos sectores.

La infraestructura de saneamiento de esta zona se incluye dentro de la infraestructura hidráulica existente en la comarca de la Marina Baja, que aparece representada en la figura 25. Además de las actuales infraestructuras se está construyendo una estación depuradora para la zona Poniente de Benidorm y las urbanizaciones situadas entre Villajoyosa y Benidorm.

4.5. CONCLUSIONES

La escasez de datos de subsuelo en la zona de Villajoyosa-Benidorm impide la caracterización estructural del área definida inicialmente como favorable. Tan sólo, a partir de información fundamentalmente hidrogeológica, ha sido posible una reconstrucción interpretativa de la estructura profunda. Existe, por tanto, una gran incertidumbre estructural que no puede despejarse a menos que se lleven a cabo campañas geofísicas al efecto.

Así mismo, los datos hidrogeológicos disponibles muestran una formación objetivo con características hidráulicas muy limitadas. De mantenerse estas mismas características en profundidad, el nivel receptor no tendría capacidad de admitir fluidos en condiciones operativas adecuadas.

De acuerdo con los resultados del presente estudio, no puede confirmarse la viabilidad técnica en el área propuesta de Benidorm-Villajoyosa, por lo que no se incluyen propuestas de operación. No debe, sin embargo, descartarse totalmente la posibilidad de llevar a cabo investigaciones directas de subsuelo si tuviera interés la inyección profunda. A este respecto se definen las siguientes zonas de implantación de posibles investigaciones de subsuelo, en el término municipal de Villajoyosa (figura 24):

- * Paraje de Rehoyos
- * Paraje entre el río Torres-La Cala

Para estos emplazamientos, las columna geológica probable sería:

0- 800 m.	Arcillas, areniscas, margas arcillosas, margas, calcarenitas y calizas arenosas del Palógeno.
800-1100 m.	Margas, margocalizas y calizas margosas del Senoniense (Fm. Camus).
1100-1200 m.	Calizas turoniense.
1200-1300 m.	Margas y margocalizas cenomanienses.

5. AREA DE VILLENA-BIAR

5.1. MARCO GEOLOGICO

El área de Villena-Biar está situada al NO de la provincia de Alicante, en el tramo alto del río Vinalopó. Geológicamente está contenida dentro del Prebético de Alicante, a caballo entre el denominado Prebético Externo, al norte, y el Prebético Interno, al sur. El límite se sitúa en el norte de las sierras de Peñarrubia y Fontanella, y está constituido por un cabalgamiento de más de 30 km de desplazamiento. Existe una gran variedad de litofacies representadas en la zona de estudio, que abarca desde los depósitos cuaternarios más recientes, hasta la base impermeable constituida por el Keuper.

5.1.1. ESTRATIGRAFIA

A continuación se describen, muy someramente, las características estratigráficas de los distintos tramos geológicos objeto de análisis. Si bien, por encontrarse en el área de contacto entre el Prebético Externo y el Interno de Alicante se producen cambios laterales de facies en el Cretácico Superior.

Triásico (T_{G3})

Representado por las facies Keuper, formación roja, arcillo-yesífera, aprovechada como roca industrial mediante numerosas canteras.

Hidrogeológicamente su carácter acuicludo la convierte en el substrato impermeable del conjunto de paquetes permeables del jurásico y cretácico.

Jurásico (J₃)

Los materiales jurásicos no afloran en la zona de estudio. Incluso en la zona más occidental (zona de la autovía Madrid-Alicante entre Villena y Peñarrubia), los sondeos indican que el jurásico, como tal, no existe, apoyándose las margocalizas de transición jurásico-cretácico sobre el Keuper.

En sondeos efectuados en la falda norte de S^a de la Fontanella han sido atravesados materiales datados como Portlandiense (Malm), que corresponden a calizas grises gravelosas y calcarenitas, margocalizas arenosas y margas.

La potencia del paquete jurásico se supone superior a los 500 m.

Cretácico Inferior

Neocomiense

El paquete neocomiense esta constituido por dos tramos:

* Calcarenitas, calizas recifales, areniscas y margas azuladas, que corresponden al tránsito jurásico-cretácico y a la base cretácica. La potencia media se estima en 150-200 m. La edad de este tramo, en su componente cretácica, se considera Berrasiense-Valangiense.

* Margas pardas con biomicritización, con una potencia media de 50 m.

Barremiense-Aptiense-Albiense

Se trata de una serie de materiales constituidos por biomicritas, calcarenitas y margas amarillas de 150-200 m. de espesor medio. La dolomitización que presenta es irregular.

Cretácico Superior

En este tramo se desarrolla la denominada dolomitización de S^a Mariola, si bien, las litologías son diferentes en las formaciones correspondientes al prebético externo que aflora en la Sierra de la Villa, y el prebético interno de Pinar de Camus.

PREBETICO EXTERNO:

Cenomaniense-Turoniense

Corresponde a una alternancia de dolomías margosas y margas dolomíticas, cuya potencia media se cifra en 80 m., si bien, los sondeos para captación de aguas subterráneas han mostrado potencias de 200-250 m.

Senoniense

Se presenta como una masa calcárea biomicrítica, algo dolomítica en la base, con escasos intervalos margosos. La potencia media es de 100 m.

PREBETICO INTERNO

Cenomaniense-Turoniense

Se presenta como una masa dolomítica negra con estratificación difusa y alguna

pasada calcarenítica. La potencia media se cifra en 200-250 m.

Senoniense

El principal afloramiento se observa en S^a Fontanella, se trata de una sucesión de calizas biomicríticas arcillosas y margas. La potencia media es de 100 m.

Eoceno

El conjunto eoceno se asocia a Peñarrubia, correspondiendo a un klippe gravitacional que se ha trasladado hacia el norte, gracias al efecto lubricante del Trías (Keuper). A su vez, estos materiales eocenos presentan cabalgamientos de vergencia norte. En el afloramiento de Peñarrubia se distinguen dos tramos:

- Conjunto de arcillas margosas de tonalidad verde (Arcillas verdes), cuya potencia (100 m.) se mantiene prácticamente constante.
- Serie carbonática (Eoceno recifal) constituida por calizas y dolomías, donde se distinguen dos tramos, uno inferior que corresponde a una barra casi masiva de calcarenitas bioclásticas a calizas parracifales, y uno superior constituido por biomicritas fuertemente dolomitizadas. En conjunto, este Eoceno recifal presenta una potencia media de 100-150 m.

Mioceno

Aquitaniense (Caliza de Algas)

Tramo de calcarenitas fuertemente bioclásticas de unos 20 m. de potencia media, cuyos

principales afloramientos aparecen en el flanco sur del anticlinal de S^a de la Fontanella.

Mioceno de Base (Infra-Burdigaliense)

Aunque no aflora en la zona de estudio, es previsible su presencia en la serie terciaria del valle de Biar o Alto Vinalopó. Los afloramientos situados más al sur, están constituido por una serie de calizas margosas y margas calcáreas algo arenosa y generalmente fétida. La potencia media es de 50 m.

Burdigaliense-Helvetiense (Tap-1)

Tampoco este tramo aflora en la zona de estudio, aunque como el mioceno de base, es previsible que esté presente en la serie terciaria existente en el valle de Biar.

Los afloramientos de este tramo corresponden a una serie monótona de margas blancas, cuya potencia es variable, aunque puede asegurarse que pasa de los 300 m.

Transgresión Serravalliense

Estos depósitos, constituidos por facies detríticas que varían desde calcarenitas bioclásticas arenosas hasta conglomerados con intercalaciones de arcillas margosas, cobijan el Tap-1, apoyándose directamente sobre el Mioceno de base o el cretácico. La potencia media de este tramo se cifra en 50 m.

Serravalliense-Tortoniense (Tap-2)

Este paquete presenta características similares al Tap-1, estando constituido por margas. Calcular la potencia del Tap-2 es imposible, no sólo por la ausencia de cortes, sino también porque al tratarse de una discordancia progresiva cualquier estimación media sería errónea. Apuntar que en el sinclinal de Onteniente (situado al noreste de la zona de estudio), se

comenzó un sondeo sobre estas margas, llegándose a los 1350 m de profundidad sin encontrar la base. Es esperable que la cuenca terciaria del valle de Biar estas margas alcancen espesores considerables (500 m).

Plio-Cuaternario

A parte de las formaciones detríticas recientes (aluviales, depósitos de ladera y conos de deyección, en la cuenca detrítica del valle de Biar o Alto Vinalopó, aparece una potente serie de conglomerados, gravas, arenas y arcillas (20-120 m de espesor) de edad pliocuaternaria, que recubre toda la serie miocena, y que presenta una cierta importancia hidrogeológica.

En la figura 26 se muestra un cuadro resumen geológico de la estratigrafía existente en la zona de estudio, denominada de Villena-Biar, donde se indican aspectos hidrogeológicos relacionados con las litofacies anteriormente descritas, así como los principales acuíferos explotados en las diferentes unidades hidrogeológicas interesadas en este estudio.

5.1.2. TECTONICA

El estilo tectónico asociado al Prebético de Alicante se revela como un país afectado por un plegamiento de cobertera más o menos complejo, destacando la irregular distribución de las direcciones de ejes de plegamiento y fractura respecto a la directriz general (SO-NE).

Las principales estructuras que se definen en este área se describen a continuación (ver figura 27).

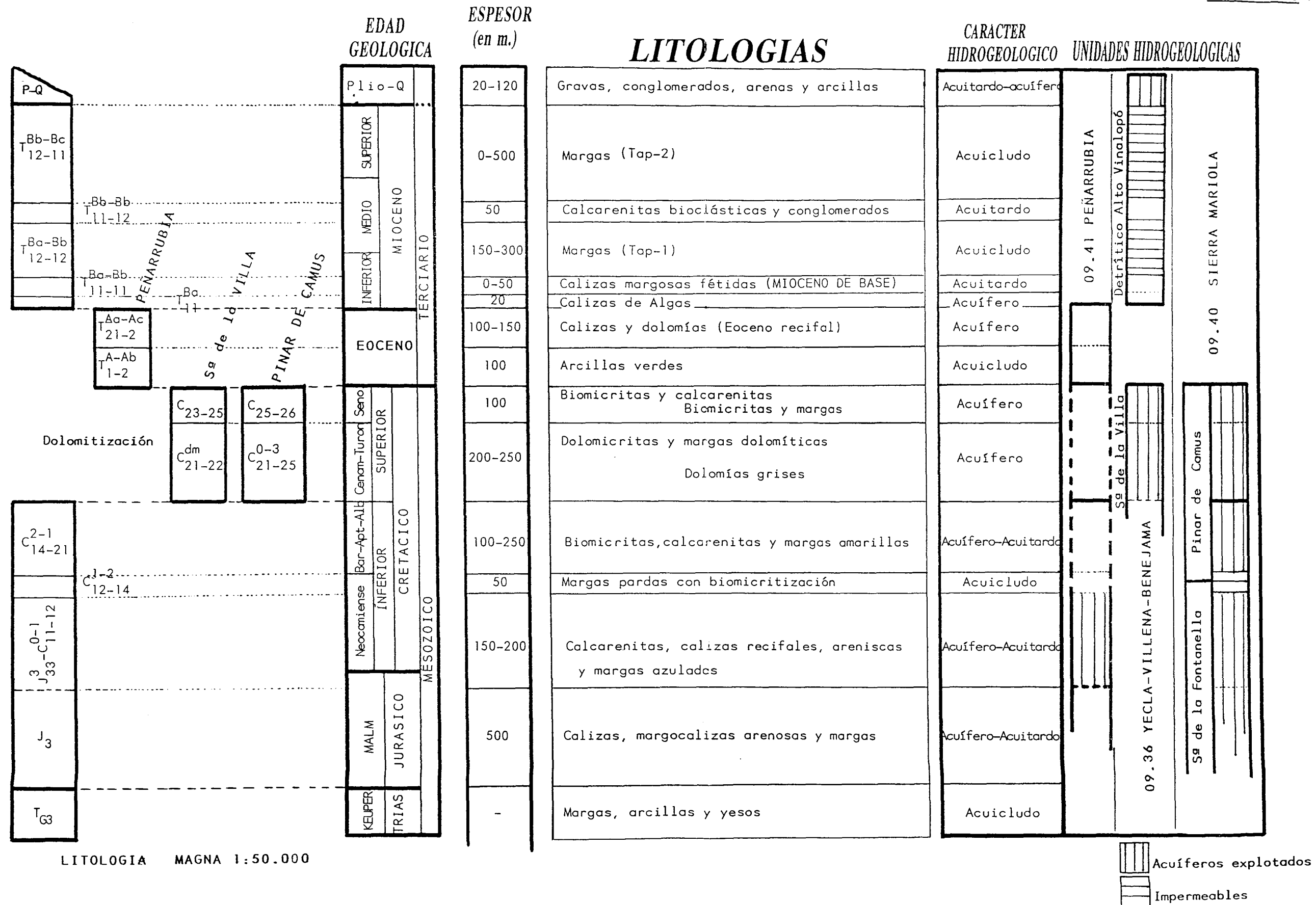


FIGURA 26. Cuadro resumen geológico-hidrogeológico de la zona de Villena-Biar.

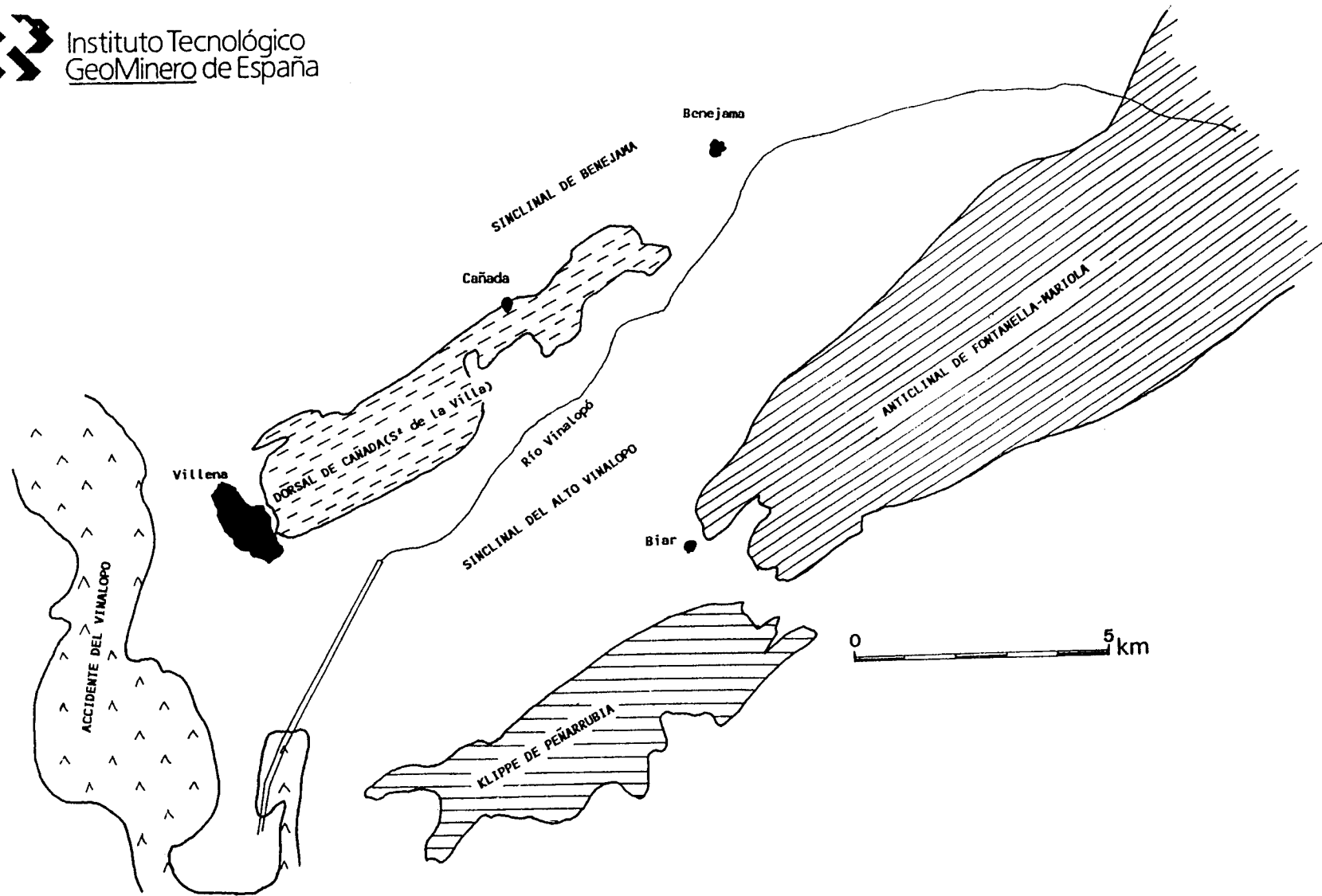


FIGURA 27. Esquema estructural de la zona de Villena-Biar.

Area Sinclinal de Villena-Bocairente-Agres

Corresponde a una estructura con valor sinclinal situada entre los anticlinales de la Solana y Fontanella. En el eje de este sinclinal aparece un levantamiento topográfico (S^a de la Villa), motivado por un anticlinal en cretácico superior, que muestra el típico estilo encofrado con rápida verticalización del flanco.

Este sinclinal está relleno de potentes formaciones margosas del mioceno medio-superior, que por datos de geofísica, se estiman espesores superiores a 800 m. al norte de S^a Fontanella.

Dentro de este área sinclinal se distinguen tres estructuras, el sinclinal de Benejama, al norte de nuestra zona de estudio, la dorsal de Cañada (S^a de la Villa) y la cubeta del Vinalopó (valle de Biar o del Alto Vinalopó), donde se instala la serie terciaria-cuaternaria descrita en la estratigrafía

Anticlinal de Fontanella-Mariola

Corresponde a una alargada estructura anticlinal, con un cierre periclinal en Biar. En su extremo oriental esta estructura es bruscamente interrumpida por la fractura de Alcoy (Muro de Alcoy).

Se trata de un pliegue en champiñón con el flanco septentrional cabalgado y meridional verticalizado, incluso invertido.

Existen fallas normales paralelas al eje de la estructura que hundan este.

Klippe de Peñarrubia

La S^a de Peñarrubia corresponde a un klippe gravitacional que ha propiciado el levantamiento y traslado hacia el norte de materiales del Eoceno. El material plástico del

Keuper ha propiciado esta estructura, sirviendo de lubricante en la base. El autóctono relativo es el Mioceno.

Accidente del Vinalopó

Constituido por un extenso afloramiento presente en la zona occidental de la zona de estudio. Su origen está asociado a una gran falla de transformación que desde más al norte de Almansa, y con dirección NNO-SSE, llega hasta la costa alicantina.

Diferentes autores consideran esta falla como un accidente de desgarre que separa distintos dominios como consecuencia del desplazamiento de la componente horizontal.

Lo que parece claro es que este accidente obedece a una falla a favor de la cual, y probablemente en etapa distensiva, se inyecta el Keuper. Posteriormente, y en relación con los distintos momentos de deformación, esos materiales ofrecen un comportamiento diapírico que motiva deformaciones, cobijaduras, etc.

En el plano nº 5 se muestra un mapa geológico donde se indican las principales estructuras y los afloramientos correspondientes a la columna estratigráfica descrita para la zona de Villena-Biar.

5.2. FORMACION RECEPTORA

5.2.1. NIVELES RECEPTORES POTENCIALES

Del análisis detallado de la columna estratigráfica que aparece en la figura 26, donde se describe el carácter hidrogeológico de los diferentes tramos, pueden definirse los niveles

permeables siguientes:

- Paquete dolomítico: en este se incluye el tramo senoniense, constituido por biomicritas y margas dolomíticas en el dominio Prebético Externo, y por biomicritas y margas en el Interno; y el tramo cenomaniense-turonense, definido por dolomicritas y margas dolomíticas en el Prebético Externo, y por las dolomías negras del Dominio Interno, de estos dos tramos, es el inferior el que presenta mejores características hidráulicas, constituyendo el principal acuífero en las unidades 09.36 (Yecla-Villena-Benejama) y 09.40 (Sierra Mariola).
- Base carbonático-detrítica del Cretácico y techo Jurásico, se define en base a las formaciones de calizas, margocalizas, calcarenitas, calizas recifales y areniscas existentes en el tránsito jurásico-cretácico y en la base neocomiense del cretácico inferior. Este paquete presenta interesantes condiciones, aunque relativamente más desfavorables que el paquete dolomítico anteriormente reseñado. Constituye un importante acuífero en la unidad 09.40 (Sierra Mariola) y el principal acuífero explotado en la unidad 09.41 (Peñarrubia).

A parte de estos tramos acuíferos, que son los principales, tanto por su extensión como por sus características hidráulicas, existen otra serie de tramos de cierto interés, tales como:

- Tramo carbonático-detrítico de la transgresión serravaliense, constituido por una serie calcoarenítica-conglomerática situada en la base del Tap-2, que puede tener cierto interés como almacén en la cuenca detrítica del Alto Vinalopó (valle de Biar).
- Mioceno de Base y calizas de algas, conjunto constituido por las calizas margosas del mioceno de base, a muro del Tap-1, y las calizas recifales. Este acuífero puede tener interés en el valle de Biar. Si bien, estratigráficamente se sitúa a techo de las formaciones dolomíticas del Cretácico Superior (que se ha definido con el principal almacén), sin que exista ninguna formación impermeable que los separe

hidráulicamente. Por lo que en el subsuelo es previsible que estos materiales del mioceno inferior y los del cretácico superior constituyan un sólo nivel permeable.

- Conjunto Barremiense-Aptiense-Albiense, constituido por biomicritas, calcarenitas y margas, que presenta cierto interés como formación objetivo, y que de hecho es relativamente explotado en la unidad 09.40 (Sierra Mariola), en el denominando acuífero de Rosario, situado al sur de Biar.

En el subsuelo es previsible que este material se encuentre en contacto directo con el paquete dolomítico cenomaniense-turonense, sin que exista ningún impermeable entre ambos, por lo que constituirá una misma unidad hidráulica.

A su vez, el paquete margoso del techo Neocomiense, sirve de barrera impermeable con la base carbonático-detrítica del Cretácico y techo Jurásico.

En conjunto, y para la zona de interés definida (valle de Biar) existe dos importantes niveles objetivo. Uno abarca desde la base miocena hasta el Barremiense (Cretácico Inferior), que acoge varios tramos con diferentes características hidráulicas:

- Mioceno de Base y calizas de Algas,
- paquete dolomítico del cretácico superior, y
- conjunto Barremiense-Aptiense-Albiense.

El otro conjunto que podría aportar un tramo receptor, acoge las formaciones carbonático-detríticas del techo Jurásico, tránsito Cretácico-Jurásico y base Neocomiense del Cretácico Inferior. Ambos conjuntos almacén están hidráulicamente separados gracias a la barrera impermeable que constituyen las margas del techo Neocomiense.

5.2.2. REVISION DEL INVENTARIO DEL ITGE

El área Villena-Biar se ubica en una zona donde se han definido varias unidades hidrogeológicas, en virtud del interés como acuífero de ciertas formaciones. En la figura 28 se muestra un mapa con las unidades hidrogeológicas relacionadas con la zona favorable para la inyección de Villena-Biar.

En función de estas unidades hidrogeológicas, se ha llevado a cabo la recopilación y análisis de los datos inventariados en el ITGE y existentes de los diversos estudios hidrogeológicos llevados a cabo por este y otros organismos competentes.

Sin atender a divisiones hidrogeológicas, se ha elaborado el mapa de la figura 29, donde se muestran la estratigrafía asociada a los sondeos, que para captación de aguas subterráneas, existen en la zona.

En esta figura se observa como en las zonas centrales del valle de Biar no existen captaciones que alcancen los acuíferos cretácicos, debido a la profundidad a las que estos deben encontrarse (500 m.). En la figura 29 se muestran, a modo de resumen, los datos piezométricos y de conductividad recopilados.

UNIDAD HIDROGEOLOGICA 09.36 YECLA-VILLENA-BENEJAMA

Existen ciertos acuíferos explotados de esta unidad, relacionados con la zona de estudio. Estos son los siguientes:

- Acuífero dolomítico del Cretácico Superior de la dorsal de Cañada (S^a de la Villa).
- Acuífero plio-cuaternario del detrítico del Alto Vinalopó (valle de Biar).

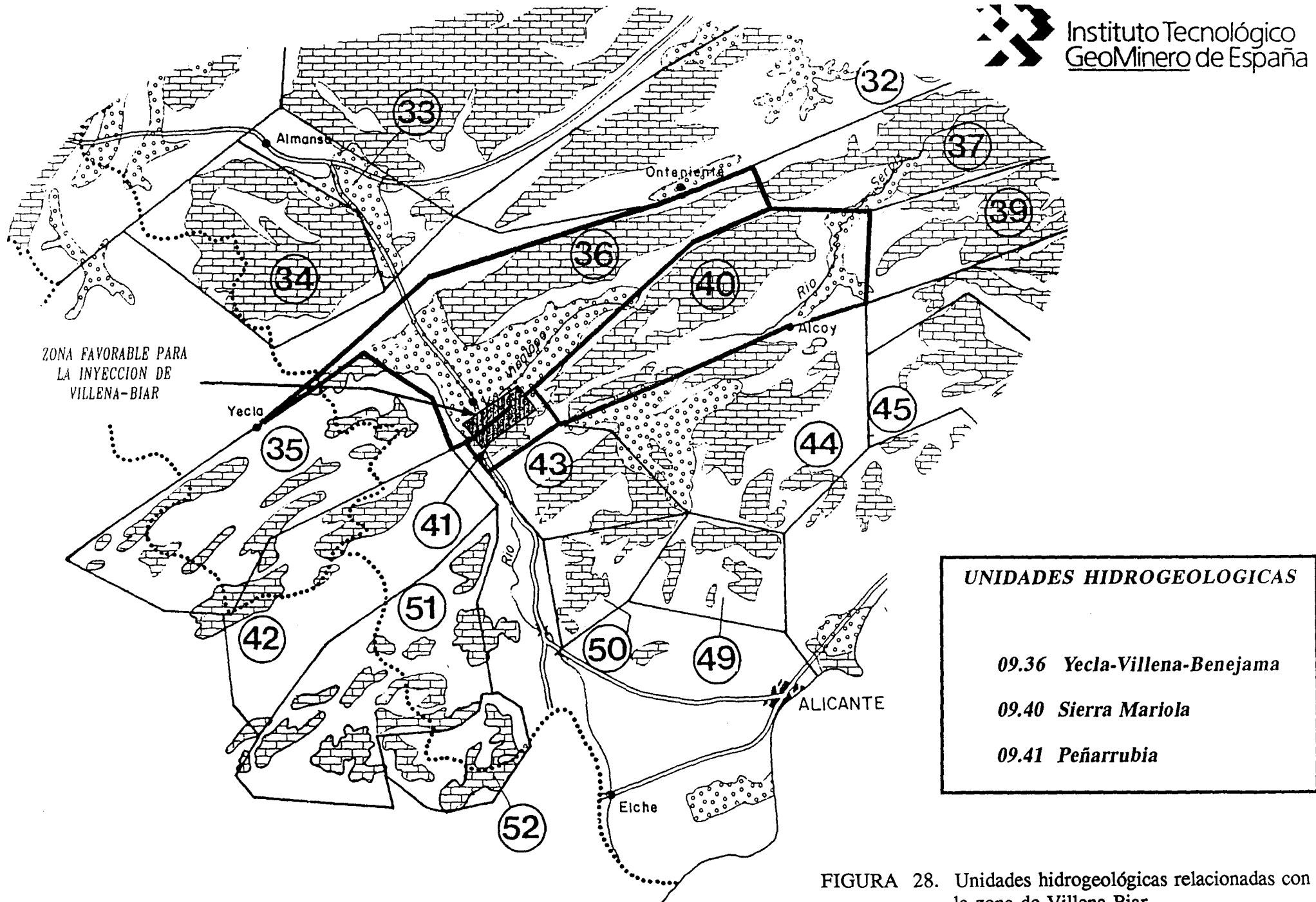


FIGURA 28. Unidades hidrogeológicas relacionadas con la zona de Villena-Biar.

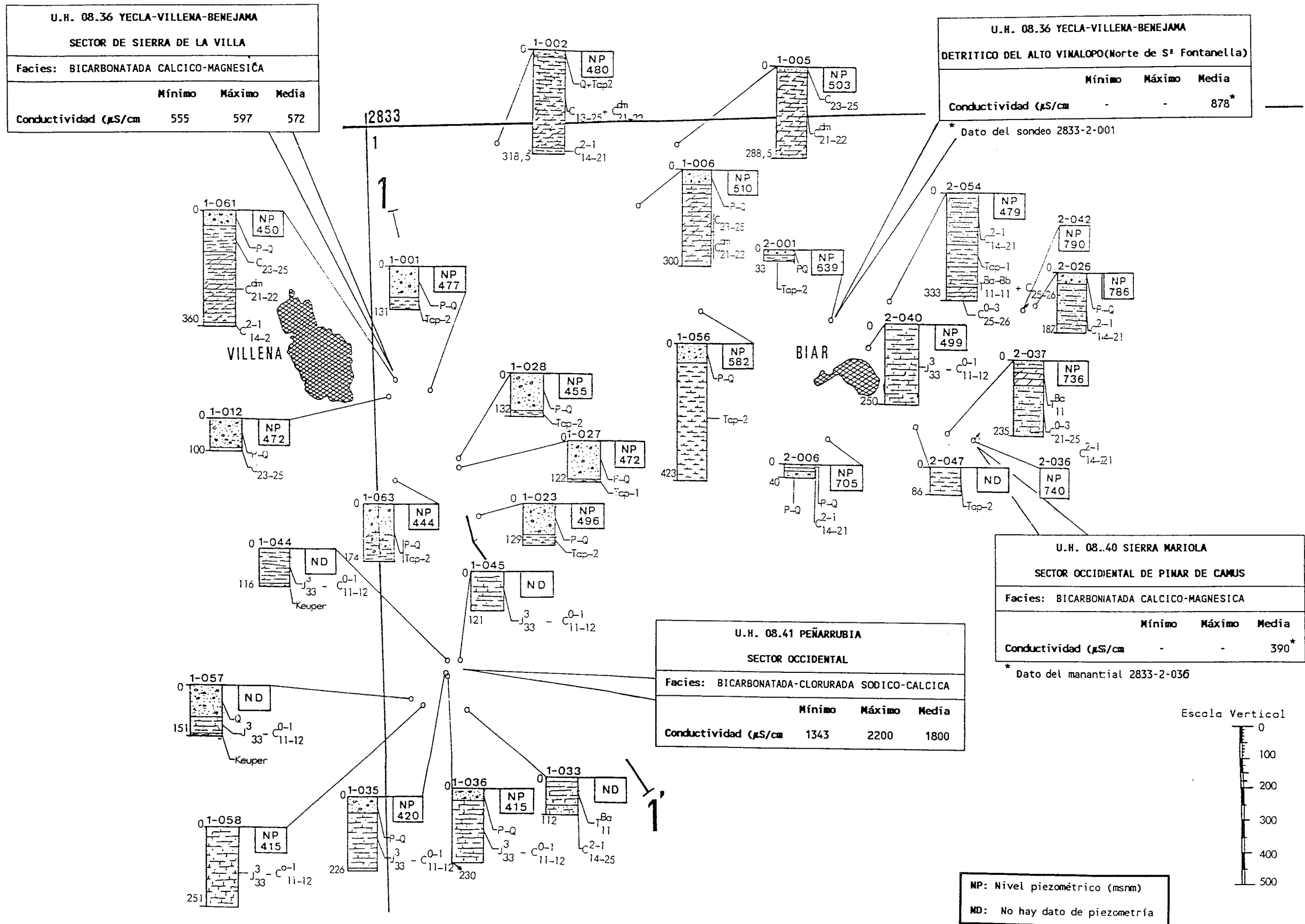


FIGURA 29. Sondeos para la captación de aguas subterráneas en la zona Villena-Biar.

Para el acuífero dolomítico (S^a de la Villa) se establece una piezometría que oscila entre 510 y 450 msnm, con un gradiente hidráulico importante, lo que permite interpretar unas condiciones hidrodinámicas deficientes en el acuífero.

Los valores de conductividad existentes en el inventario del ITGE muestran valores que oscilan entre 555 y 597 $\mu\text{S}/\text{cm}$, con un valor medio de 572 $\mu\text{S}/\text{cm}$. La facies es bicarbonatada cálcico-magnésica de mineralización media.

Es previsible que al sur de la S^a de la Villa el acuífero cretácico descargue hacia el acuífero plio-cuaternario.

Actualmente el acuífero cretácico superior se encuentra sobreexplotado, lo que ha supuesto importantes descensos en los niveles piezométricos. El agua captada se destina a abastecimiento urbano y regadío. De hecho el ITGE realizó en 1981 un sondeo para abastecimiento a Villena (2833-1-61), que explota un caudal de 120 l/s con un descenso de 2 m por cada 12 horas de bombeo.

El acuífero plio-cuaternario, instalado en el detrítico del Alto Vinalopó, presenta un piezometría que oscila entre 639 msnm, en las proximidades de Biar, a los 444 msnm de los sondeos más próximos a Villena. Los datos piezométricos muestran que este acuífero no se encuentra tan intensamente explotado como el Cretácico Superior.

No existen datos concretos de la calidad de este acuífero plio-cuaternario, si bien un dato puntual en las proximidades de Biar indica un valor de conductividad de 878 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Es previsible que a medida que sea más próxima la presencia del Keuper, la salinidad de las aguas subterráneas será mayor.

UNIDAD HIDROGEOLOGICA 09.40 SIERRA MARIOLA

Dentro de esta unidad hidrogeológica se definen varios acuíferos en función de la diversa

litología que abarca desde el techo Jurásico al Mioceno.

Respecto a la zona de estudio Villena-Biar, los acuíferos con esta relacionados corresponden a:

- Acuífero jurásico-cretácico de Mariola (S^a de la Fontanella).
- Acuífero calizo-dolomítico del Cretácico Superior (Sector occidental del denominado acuífero de Pinar de Camus).
- Calizas aptienses del denominado acuífero Rosario.

El acuífero jurásico-cretácico de Mariola (S^a Fontanella) corresponde a los materiales calizo margosos del techo jurásico y los calcáreo-detríticos de la base neocomiense del cretácico inferior. Existen escasas explotaciones en la zona, por lo que los datos son escasos. Sólo el sondeo 2833-2-039 presenta datos piezométricos. Presentaba, al concluir su ejecución en 1976, una piezometría de 505 msnm. Como consecuencia de las escasas precipitaciones y el bombeo continuado, se estima que el descenso progresivo en este sondeo es de entre 2-3 m/año, con una explotación media anual de 2 hm³. Las aguas son de buena calidad, aptas para riego y abastecimiento urbano.

El acuífero de Pinar de Camus, en su sector occidental, presenta como impermeable de base las margas del techo neocomiense, que supone una barrera impermeable entre este y el jurásico de S^a Fontanella.

En este sector occidental los dos manantiales 2833-2-38 (12 l/s) y 2833-2-42 (2 l/s), constituyen la descarga natural del acuífero. Los sondeos existentes permiten el aprovechamiento del agua subterránea para riego y abastecimiento a Biar. También los manantiales son aprovechados para estos usos. Las cotas de emergencia de estos manantiales corresponden a 740 y 790 msnm, respectivamente. Con lo que el flujo es previsible que

presente dirección NE-SW.

Datos de calidad en el manantial 2833-2-38 indican valores medios de conductividad de 390 $\mu\text{S/cm}$, con una facies bicarbonatada cálcico-magnésica.

El acuífero de Rosario es una pequeña unidad situada al sur de Biar, constituido por calizas aptienses, actuando las margas del techo neocomiense como base impermeable. De hecho el material geológico es el mismo que la base del acuífero Pinar de Camus, sólo que está hidráulicamente desconectado de este por una falla que ocasiona una clara diferenciación piezométrica.

Este acuífero no aflora directamente, estando recubierto por materiales cuaternarios, estimándose la alimentación anual en 0,2 hm³. El único punto representativo es el sondeo 2833-2-008 que es utilizado por el ayuntamiento de Biar para abastecimiento. Este presentaba una cota piezométrica de 650 msnm en 1989, muy diferente de los 740 msnm que presenta la surgencia 2833-2-38 del acuífero de Pinar de Camus.

UNIDAD HIDROGEOLOGICA 09.41 PEÑARRUBIA

Aunque el principal afloramiento de Peñarrubia corresponde a materiales cabalgantes de edad eocena, son litologías correspondientes a edad geológicas más antiguas las que constituyen el principal acuífero en esta unidad.

En concreto, es la formación carbonático-detritica del tránsito jurásico-cretácico y base del neocomiense cretácico, la que constituye el acuífero explotado.

Las principales explotaciones se sitúan en la falda occidental de la elevación topográfica que constituye Peñarrubia, mediante sondeos para abastecimiento urbano e industrial.

En un principio, la excesiva explotación de las aguas subterráneas asociadas a esta unidad, por otra parte, con escasos recursos renovables (media anual de 4 hm³), provocó una clara sobreexplotación, que condujo a que numerosos sondeos se secaran. Una nueva ordenación de las explotación ha permitido establecer una situación de equilibrio, como lo demuestra el único piezómetro existente (2833-1-019), en el que se observan oscilaciones estacionales de 13 m. El nivel piezométrico en este sector del acuífero jurásico-cretácico, se sitúan entre 415-420 msnm.

En esta zona, según demuestran los sondeos existentes, el tramo carbonatado-detrítico de la base cretácica y tránsito jurásico-cretácico, se apoya directamente sobre la base impermeable que constituye el Keuper, no existe un jurásico como sucede en el acuífero jurásico-cretácico de S^a Fontanella (U.H. 09.40 S^a Mariola).

Los datos hidroquímicos recopilados en sondeos del sector occidental de Peñarrubia, indican valores de salinidad oscilan entre 1343 y 2200 $\mu\text{S}/\text{cm}$, con una media de 1800 $\mu\text{S}/\text{cm}$, siendo la facies bicarbonatas-clorurada sódico-cálcica, sin duda debido a la influencia del Keuper.

5.2.3. CARACTERISTICAS HIDRAULICAS

Una vez revisados las posibles formaciones receptoras, se van a detallar los datos de parámetros hidráulicos existentes para las más importantes de ellas, que son:

- Conjunto constituido por la Base Miocena-Paquete Dolomítico Cretácico superior y Formación carbonática del Barremiense-Aptense-Albiense, que denominaremos como FORMACION ALMACEN MIOCENO-CRETACICA
- Base carbonático-detrítica del Cretácico y techo Jurásico, que denominaremos FORMACION ALMACEN CRETACICO-JURASICA.

En la formación almacén mioceno-cretácica se distinguen varios tramos con características hidráulicas diferentes. No para todos los tramos se dispone de datos, si bien para el más interesante, según la capacidad almacén (dolomías Cenomanense-Turonienses), se tienen datos muy concretos, dado que en las diferentes unidad hidrogeológicas relacionadas con la zona Villena-Biar, constituyen el principal acuífero explotado.

Para la base miocena (calizas margosas del mioceno de base y las calizas recifales o calizas de Algas), no se disponen de datos concretos. Los trabajos de campo efectuados en la zona han permitido reconocer las formación recifal, ya que el mioceno de base no aflora en el área de estudio. Los afloramientos de las calizas de Algas, permiten observar una roca en ocasiones muy tectonizada, probablemente debido a los afloramientos de encuentran en el frente de desplazamiento de los materiales eocenos de Peñarrubia, y con una morfología superficial en lapiaz muy desarrollada, sin duda, favorecida por la intensa tectonización.

Estas apreciaciones en superficie quizás no se correspondan con la realidad de esta formación recifal bajo la potente serie miocena en el valle de Biar, donde la fracturación será menos intensa, y por tanto, las condiciones almacén más desfavorables.

Las dolomías del Cretácico Superior presentan dos facies, una asociada al Prebético Externo (S^a de la Villa, U.H. 09.36 Yecla-Villena-Benejama) y otra al dominio Interno (Pinar de Camus, U.H. 09.40 S^a Mariola).

Las dolomías de S^a de la Villa presentan valores de transmisividad muy variables. Los ensayos de bombeo efectuados en los sondeos existentes arrojan valores que oscilan entre 80 y 1500 m²/día. El coeficiente de almacenamiento se cifra entre 2-4% .

No existen datos de parámetros hidráulicos sobre el acuífero dolomítico de Pinar de Camus. Los manantiales existentes en el sector occidental del acuífero muestran caudales que oscilan entre 2 y 12 l/s. Las captaciones de aguas subterráneas presentan caudales de explotación sensiblemente inferiores a los existentes sobre las dolomías de S^a de la Villa.

Así, mientras en el sector occidental de Pinar de Camus los caudales son de 2 a 6 l/s, en S^a de la Villa los caudales oscilan entre 30 y 120 l/s.

De la formación carbonatada del Barremiense-Aptiense-Albiense, no existen datos concretos, sólo apuntar que en el sondeo de abastecimiento a Biar existente en la unidad de Rosario, se explota un caudal de 8 l/s.

De la formación almacén cretácico-jurásico, que constituye el acuífero explotado en el extremo occidental e Peñarrubia, no existen datos concretos sobre parámetros hidráulicos. Sólo apuntar que los caudales de explotación a que fué sometido el acuífero (35-45 l/s en diversos sondeos) provocó una sobreexplotación, con importantes descensos de los niveles piezométricos, si bien, la escasa recarga que recibe esta unidad pueda explicar esta situación, que actualmente ha sido corregida.

5.2.4. CONTINUIDAD LATERAL Y CAPACIDAD RECEPTORA

Dentro del área de estudio, la zona más favorable para la inyección se centra en el valle de Biar, donde la potente serie margosa miocena del detrítico del Alto Vinalopó constituye una importante cobertera para los principales almacenes existentes.

Los límites del valle de Biar están constituidos por la S^a de la Villa, al norte y las Sierra de Peñarrubia y Fontanella al sur y sureste, respectivamente. En estas elevaciones topográficas afloran los principales almacenes, debido a fenómenos de plegamiento de gran intensidad y diversa morfología.

La continuidad lateral de los principales almacenes está en función de una interpretación estructural de estos accidentes geológicos, que permiten esbozar, junto con la información derivada de los numerosos sondeos existentes en el valle de Biar, un corte geológico del subsuelo (ver figura 30) donde se explicita la continuidad lateral de estas unidades receptoras.

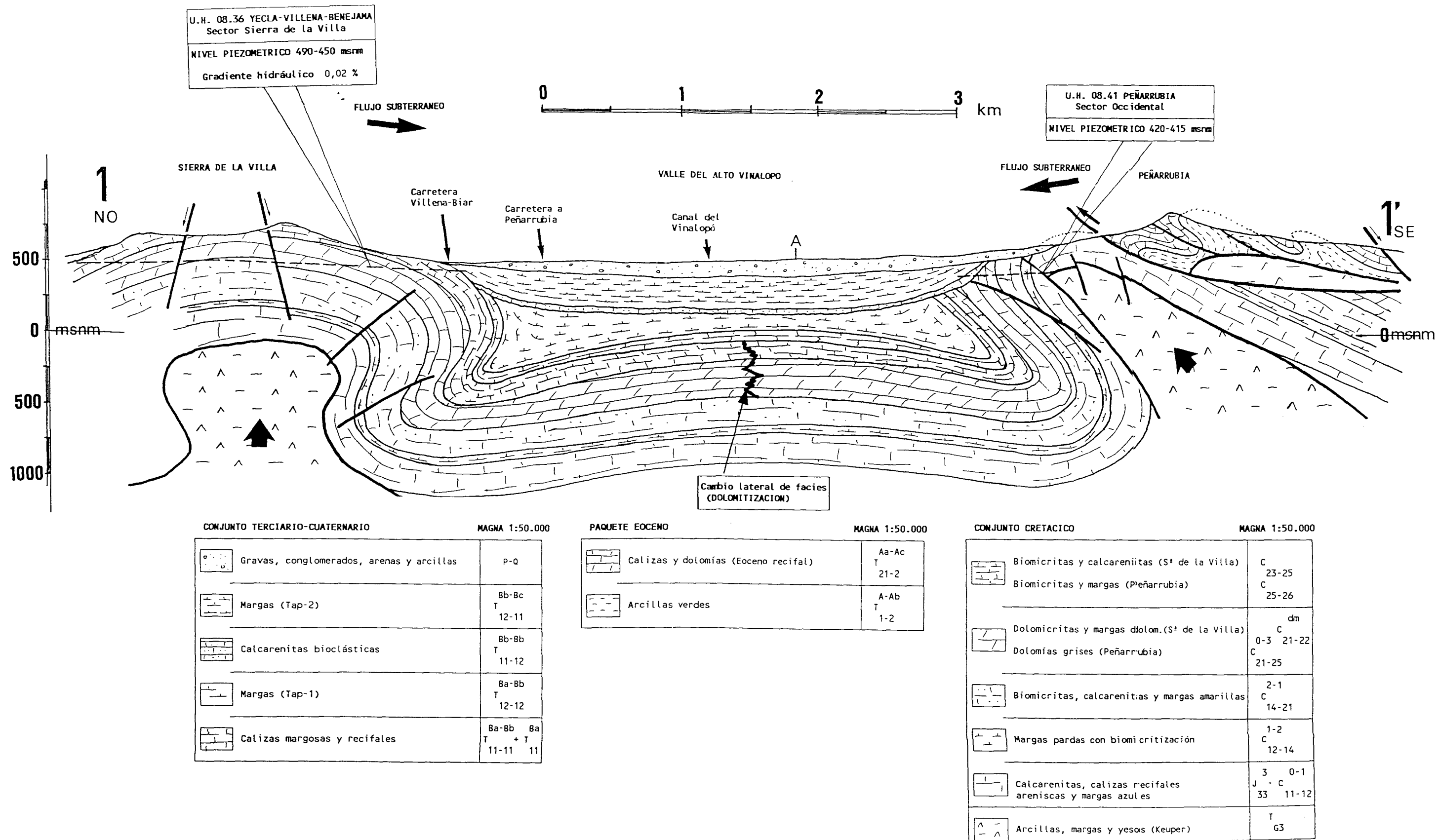


FIGURA 30. Corte geológico en la zona favorable para inyección Villena-Biar. Corte de dirección NNO-SSE del valle de Biar, entre S^a de la Villa y Peñarrubia. (Fuente: ITGE, MAGNA 1:50.000, Hoja 846 - Castella).

El valle de Biar presenta una morfología rectangular, de forma que su eje menor es de unos 3500 m, mientras el eje mayor presenta una extensión de unos 15 kms.

La presencia de una potente serie de materiales geológicos con capacidad receptora bajo la serie detrítica terciaria, y la extensión superficial del valle de Biar, permiten pensar que la estructura estudiada presenta una gran capacidad de almacenamiento.

Si bien, en función de los aprovechamientos hidrogeológicos existentes sobre los recursos asociados a ciertas litofacies con características acuíferas que han sido declaradas como posibles formaciones receptoras, la zona favorable para la inyección debe ser restringida siendo necesario vigilar ciertos niveles.

Apuntar que en la formación dolomítica del Cretácico Superior, que constituye los principales acuíferos en las unidades Yecla-Villena-Benejama y Pinar de Camus, se produce un cambio lateral de facies entre las litofacies aflorantes en la S^a de la Villa y las probablemente existentes bajo las formaciones detríticas en las proximidades de Peñarrubia, asociadas al anticlinal Fontanella-Mariola. Este cambio lateral de facies, como ponen de manifiesto los estudios geológicos, se manifiesta en una mayor componente margosa para la formación dolomítica de S^a de la Villa (Dorsal de Cañada) con respecto a la del Pinar de Camus.

5.3. CONFINAMIENTO

5.3.1. DESCRIPCION CUALITATIVA

Al igual que en anteriores apartados se han descritos los niveles con capacidad almacén dentro de la potente serie terciaria-mesozoica existente en la zona de estudio, a continuación se pasan a describir someramente los niveles, que por sus características

hidrogeológicas pueden ser considerados como confinantes.

Las litofacies confinantes, que corresponden a acuicludos, quedan reseñadas escuetamente en la figura 26, detallándose a continuación:

- Margas del Tap-2, potente paquete de carácter claramente acuicludo que por su importante potencia, constituye un importante confinante en la zona del valle de Biar.
- Margas del Tap-1, corresponde a una importante formación margosa, de menor potencia que el Tap-2, pero de indudable interés como confinante en el valle de Biar. Dada la posición estratigráfica relativa del Tap-1 y Tap-2, separados ambos por los materiales calcáreo-detríticos de la transgresión serravalliense (50 m de potencia), constituyen, en conjunto, un importantísimo paquete confinante, que en zonas centrales del valle de Biar pueden alcanzar espesores de hasta 800 m.
- Margas pardas del Neocomiense, formación margosa de unos 50 m de potencia media, que situada estratigráficamente en el techo neocomiense, constituye el impermeable de los materiales acuíferos-acuitardos de la serie cretácica situada a techo, y el techo impermeable de las formaciones acuíferas de la base cretácica, tránsito cretácico-jurásico y techo jurásico.
- Formación margo-yesífera del Keuper, este paquete del techo triásico, aflorante en la banda occidental de la zona de estudio (accidente del Vinalopó), constituye la base impermeable del conjunto de almacenes descritos en el jurásico-cretácico, y supone la desconexión hidráulica de la zona favorable para la inyección en Villena-Biar de las unidades hidrogeológicas situadas al oeste de Villena (09.35 Jumilla-Villena y 09.42 Carche-Salinas).

5.3.2. CONFINAMIENTO VERTICAL Y HORIZONTAL

Los dos factores que condicionan el confinamiento vertical y lateral, y por tanto, la estanqueidad de las formaciones receptoras, son, a parte de las propias características impermeables, la potencia y la continuidad lateral de estas litofacies de carácter acuicludo descritas en el apartado anterior.

Respecto a las formaciones margosas del mioceno, Tap-2 y Tap-1, bien tomadas como unidades independientes, o en su conjunto, constituyen un paquete impermeable de gran potencia y continuidad lateral en el valle de Biar, si bien, los afloramientos cretácicos existentes en las serranías que limitan este valle ponen de manifiesto una disminución de potencia en las proximidades de los afloramientos mesozoicos como consecuencia de la propia sedimentación, por lo que si bien, estas formaciones margosas aseguran el confinamiento vertical, es decir, impedirían que los fluidos inyectados en las formaciones de la base terciaria o cretácico superior alcancen la superficie, no suponen el confinamiento horizontal o lateral.

Sin embargo, la formación margosa del techo neocomiense, que presenta una potencia (50 m) y continuidad lateral, sí implicaría el confinamiento vertical y horizontal de las formaciones almacén descritas en la base neocomiense, tránsito cretácico-jurásico y techo jurásico, asegurando la estanqueidad de estas formaciones receptoras. Si bien las condiciones estructurales asociadas al anticlinal tumbado de Fontanella-Mariola en el sector de Peñarrubia, provoca que la estanqueidad no sea total, ya que el confinamiento horizontal no es efectivo en este sector (ver figura 30). Por otra parte, la escasa recarga que recibe la unidad de Peñarrubia y la intensa explotación de la misma, limita la posible barrera hidráulica que supondría el flujo subterráneo, de dirección SSE-NNW, asociado a esta unidad hidrogeológica.

Por tanto, de los dos modelos de inyección posibles, descritos a continuación, se pueden establecer las siguientes conclusiones referentes a la estanqueidad ofrecida por las

formaciones confinantes.

MODELO 1	Litofacies	Espesor (en m.)
Confinante	Margas Tap-1 + Tap-2	0-800
Almacén	Base del Mioceno: Mioceno de Base + calizas de Algas	20- 70
	Formación dolomítica del cretácico superior	420-670
	Paquete carbonatado del Barremiense-Aptiense-Albiense	100-250

MODELO 2	Litofacies	Espesor (en m.)
Confinante	Margas pardas del techo Neocomiense	50
Almacén	Formación carbonática-detritica de la base Neocomiense, tránsito cretácico-jurásico y techo jurásico	200- 250

Según las condiciones de estanqueidad, el modelo 1 presenta unas condiciones de confinamiento vertical muy importantes, aunque el confinamiento horizontal-lateral no está asegurado. Si bien, el flujo subterráneo de dirección NNO-SSE existente en la unidad Yecla-Villena-Benejama, y en particular en las dolomías cretácicas de S^a de la Villa hacia la serie pliocuaternaria, junto al elevado gradiente hidráulico, supondría una importante barrera hidráulica al movimiento de posibles fluidos inyectados en el conjunto almacén contemplado en este modelo 1 de inyección.

El modelo 2 presenta confinamiento vertical y horizontal casi general en el valle de Biar, si bien en el sector occidental de Peñarrubia, como se ha indicado anteriormente, las condiciones geológicas impiden la estanqueidad de las formaciones almacén.

5.3.3. NIVELES POTENCIALMENTE VIGILABLES

Las deficientes condiciones de estanqueidad existentes para ambos modelos descritos implica que existan diversos niveles vigilables.

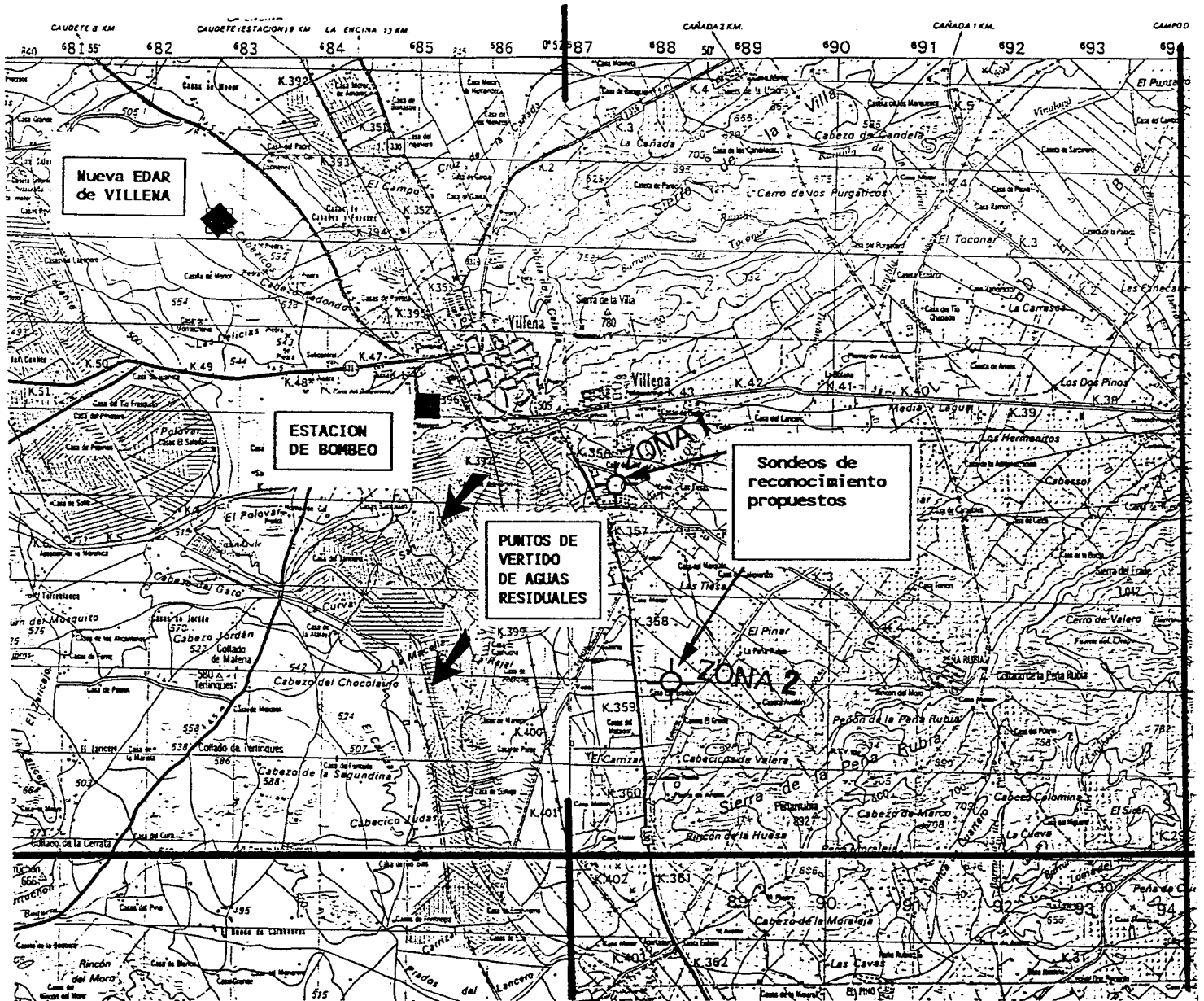
Los niveles vigilables coinciden con las formaciones, que por sus características acuíferas y la buena calidad hidroquímica de sus recursos, constituyen reservorios de gran interés en la planificación hidráulica.

A continuación se describen estos niveles:

- Formación dolomítica del cretácico superior en la Unidad Hidrogeológica de Yecla-Villena-Benejama, y más concretamente, en la Dorsal de Cañada (S^a de la Villa).
- Formación carbonático-detritica del cretácico-jurásico, que constituye el principal acuífero explotado en el sector occidental de la Unidad Hidrogeológica de Peñarubia.

5.4. LAS AGUAS RESIDUALES Y LAS INFRAESTRUCTURAS DE SANEAMIENTO

En la zona de estudio es el municipio de Villena el más importante de los existentes. Se estima una producción anual de aguas residuales de 1,7 hm³, que se vierten al río Vinalopó (Acequia del Rey). Actualmente se está realizando una estación depuradora, cuya ubicación se muestra en la figura 31, que se describe como lagunaje con aireación por microburbuja. Los parámetros de diseño corresponden a:



↙ Puntos de vertido de aguas residuales
(antes de que entre en funcionamiento la EDAR)

FIGURA 31. Situación de las nuevas infraestructuras de saneamiento en el municipio de Villena, actualmente en construcción.

Caudal punta: 24000 m³/día

Caudal medio: 8000-8500 m³/día

Reducción DBO 95%

Reducción sólidos suspensión 100%

El pretratamiento consiste en 4 tamices y un desengrasador. Se pretende el aprovechamiento para riego de las aguas residuales tratadas, para ello se construirán 2 balsas de almacenamiento de 0.5 hm³ cada una.

En esta planta se van a tratar conjuntamente las aguas residuales urbanas y las industriales procedentes de los polígonos industriales existentes en Villena.

De las industrias existentes, sólo la del sector textil (tintes), produce residuos líquidos que podrían provocar alteraciones en el funcionamiento de la EDAR.

La nueva infraestructura de saneamiento consta de una estación de bombeo (ver figura 30), desde donde se transportarán las aguas residuales hasta la planta depuradora (unos 3 kms. de distancia).

Otro municipio relacionado con la zona de estudio es el de Biar, el cual produce un volumen anual de aguas residuales de algo más de 200000 m³. El sistema actual de depuración consiste en un filtro verde.

5.5. CONCLUSIONES

De los estudios efectuados se obtienen dos conclusiones:

- a) la existencia de importantes formaciones con posibilidades de ser empleadas como almacén, que se han agrupado en dos:

FORMACION RECEPTORA MIOCENO-CRETACICA, y
FORMACION RECEPTORA CRETACICO-JURASICA

cuya capacidad receptora es muy interesante para llevar a cabo las operaciones de inyección.

- b) las condiciones de confinamiento vertical están aseguradas para los dos modelos de inyección propuestos, por la potencia y características de los impermeables existentes, tanto en la serie detrítica miocena como en el techo neocomiense de carácter margoso. Si bien, el confinamiento horizontal no está asegurado por razones estructurales, lo que puede limitar la utilización de la estructura profunda del valle de Biar para la inyección, dada la posibilidad de no estar totalmente cerrada.

Ante la limitación que supone la utilización de las formaciones receptoras descritas para la eliminación de residuos líquidos, en función de las negativas condiciones de confinamiento horizontal en el valle de Biar, pudiendo ocasionar el deterioro de los recursos subterráneos actualmente aprovechados, no se aconseja la utilización de esta técnica en la zona de estudio, sin una detallada caracterización estructural previa.

El esclarecimiento de la disposición estructural en profundidad permitiría conocer la continuidad y dimensiones de las formaciones objetivo, tanto de los niveles receptores como de los de cierre. Así mismo, se podrían precisar las previsiones de implantación para posibles sondeos piloto, sin incurrir en un gran riesgo de no encontrar los objetivos previstos debido a un escaso conocimiento estructural. La complejidad del área, y en general de todo el Prebético de Alicante, aconseja precisar estos aspectos con anterioridad al planteamiento de sondeos de investigación.

De acuerdo con la información geológica actualmente disponible, se han elaborado las previsiones para sondeos de investigación emplazados para reconocer cada uno de los modelos de inyección mencionados. Su situación se muestra en la figura 30.

Sondeo n°1:

En esta zona la formación receptora correspondería a la cretácico-jurásica, que aparecería previsiblemente entre 1350 y 1500 m de profundidad. El sondeo de reconocimiento propuesto presentaría la siguiente columna litológica:

0- 80 Gravas, conglomerados, arenas y arcillas (Plio-Q)

80- 700 Margas Tap-2 + Margas Tap-1, con un nivel calcáreo-detrítico correspondiente a la transgresión serravalliense (50 m.)

700- 750 Mioceno de Base+Calizas de Algas

750-1125 Formaciones dolomíticas del cretácico superior

1125-1300 Conjunto calcáreo-detrítico de Barremiense-Aptiense-Albiense

1300-1350 Margas pardas del techo neocomiense

1350-1500 Conjunto carbonático-detrítico de la base neocomiense y tránsito cretácico-jurásico.

En este sondeo centra el interés almacén en la formación receptora cretácico-jurásica,

constituyendo el conjunto formado por la base miocena y el techo dolomítico cretácico los niveles vigilables.

Sondeo n°2:

En esta zona la formación receptora correspondería a la mioceno-cretácica, cuyo techo, constituido por el mioceno de base, aparecería a los 650 m, y la base, constituida por el muro de la formación calcáreo-detritica del Barremiense-Aptiense-Albiense, a los 1250 m de profundidad. El tramo más permeable, correspondiente a las calizo-dolomías cenomanienses-turonenses (facies Pinar de Camus), aparecerían a los 850 m.

El sondeo de reconocimiento propuesto (ver figura 30) presentaría aproximadamente la siguiente columna litológica:

- 0- 125 Gravas, conglomeraos, arenas y arcillas (Plio-Q)

- 125- 650 Margas Tap-2 + Margas Tap-1, con un nivel calcáreo-detritico correspondiente a la transgresión serravallense (50 m.)

- 650- 700 Mioceno de Base+Calizas de Algas

- 700-1110 Formaciones dolomíticas del cretácico superior

- 1100-1250 Conjunto calcáreo-detritico de Barremiense-Aptiense-Albiense

- 1250-1300 Margas pardas del techo neocomiense

En este sondeo, las margas pardas del techo neocomiense constituirían la barrera impermeable entre la formación almacén y el acuífero cretácico-jurásico explotados en la zona occidental de U.H. de Peñarubia.

Por todo lo anterior, en el estado actual de conocimientos no se puede proponer la utilización de esta zona como un objetivo inmediato de inyección. Es necesario realizar sondeos de reconocimiento como los expuestos antes de definir la viabilidad de una posible operación.

6. BIBLIOGRAFIA

CHEVRON OIL COMPANY OF SPAIN (1984). *Residual gravity map (South-eastern Spain - Murcia Permits).*

CHEVRON OIL COMPANY OF SPAIN (1984). *Bouguer gravity map (South-eastern Spain - Murcia Permits).*

DIPUTACION PROVINCIAL DE ALICANTE-I.T.G.E. (1982). *Las aguas subterráneas en la provincia de Alicante.*

HISPANOIL-AUXINI (1974). *Plan de exploración de España. Síntesis Mediterráneo Suroriental.*

I.T.G.E.-CENTRO DOCUMENTAL. Información de subsuelo del Archivo de Hidrocarburos.

I.T.G.E. (1971). *Pruebas de bombeo realizadas en el pozo ubicado en el paraje de Casas de S. Juan, Benezama (Alicante).*

I.T.G.E. (1974-82). *Mapa Geológico de España, E 1:50.000, Hojas 823 (Jávea), 845 (Yecla), 846 (Castalla), 847 (villajoyosa), 848 (Altea) y 913 (Orihuela).*

I.T.G.E. (1980). *Bombeo de ensayo en el sondeo 847/151 "El Realet".*

I.T.G.E. (1982). *Mapa Geológico de España, E 1:200.000, Hojas 72 (Elche) y 79 (Murcia), 2ª edición.*

I.T.G.E. (1982). *Investigación de pizarras bituminosas en el sinclinal de Benisa.*

I.T.G.E. (1982). *Informe sobre el bombeo de ensayo realizado en Villena (Alicante).*

I.T.G.E. (1983-84). *Estudios para la planificación, gestión y conservación de acuíferos en la Cuenca Baja del Segura y Costeras de Alicante.* Informe sobre la calidad de las aguas en 1983-84.

I.T.G.E. (1984). *Plan de abastecimiento a núcleos urbanos en la provincia de Alicante. Distintas soluciones de explotación de aguas subterráneas para resolver el abastecimiento público a Benidorm (Alicante).*

I.T.G.E. (1985) *Plan de gestión de los recursos hidráulicos en los subsistemas hidrogeológicos de Mariola y Barrancones-Carrasqueta. Comarcas de L'Alcoia y El Comtat. Alicante.*

I.T.G.E. (1987). *Informe sobre el bombeo de ensayo realizado en el sondeo de Orcheta (Alicante).*

I.T.G.E. (1987). *Nota técnica sobre el bombeo de ensayo realizado en el sondeo Finestrat (Alicante).*

I.T.G.E. (1987). *Posibilidad de captación de agua subterránea en los materiales jurásicos de Sierra Mariola, dentro del término municipal de Cocentaina (Alicante).*

I.T.G.E. (1987). *Estudio hidrogeológico para la mejora del abastecimiento a Benejama (Alicante).*

I.T.G.E. (1989). *Mapa de vulnerabilidad de acuíferos a la contaminación y modelo de calidad de las aguas subterráneas en el término municipal de Villena.*

I.T.G.E. (1991). *Informe Técnico sobre las características hidrogeológicas del acuífero de Pinar de Camus (Alicante-Valencia)*.

I.T.G.E. *Estudio hidrogeológico del término municipal de Finestrat (Alicante)*.

I.T.G.E. *Informe final del sondeo "Arch" para abastecimiento público a Benidorm (Alicante)*.

I.T.G.E. *Estudio hidrogeológico de abastecimiento a Villajoyosa (Alicante)*.

I.T.G.E. *Estudio hidrogeológico de la provincia de Alicante. Términos municipales de Bañeres, Benejama, Campo de Mirra y Cañada*.

I.T.G.E. *Posibilidades de captación de aguas subterráneas para abastecimiento público a Villena (Alicante)*.

I.T.G.E. *Estudio de los recursos hídricos de Biar (Alicante)*.

REPSOL EXPLORACION. Información de subsuelo procedente del fondo documental.

SERVICIO DE HIDROCARBUROS (Ministerio de Industria y Energía). Información de subsuelo procedente del fondo documental.

PLANOS

INDICE DE PLANOS

Nº 1. AREA DE CALPE. MAPA GEOLOGICO.

Nº 2. AREA DE CALPE. SITUACION DE CORTES GEOLOGICOS,
COLUMNAS LITOLÓGICAS Y SEV.

Nº 3. SIERRAS DE CALLOSA Y ORIHUELA. MAPA GEOLOGICO.

Nº 4. AREA DE BENIDORM-VILLAJYOYOSA. MAPA GEOLOGICO.

Nº 5. AREA DE VILLENA-BIAR. MAPA GEOLOGICO.



LEYENDA

CUATERNARIO		Q	
TERCIARIO	MIOCENO SUPERIOR	M ₄	Calizas crema bioclásticas y margas
		M ₃	TAP-2. Margas y margas calcáreas
	MIOCENO MEDIO	M ₂	TAP-1. Margas azules
		M ₁	Facies flyscholide
MIOCENO INFERIOR		M ₀	Calizas
OLIGOCENO		O	Calizas
EOCENO		E	Calizas
CRETACIO SUP.	SENOIENSE	SUP. C ₁	Margas y margas calcáreas
		INF. C ₂	Calizas margosas
	TUROMIENSE	T ₁	Calizas
CENOMANIENSE		C ₁	Calizas y margas con Orbitolinas
TRIASICO		T	Arcillas, margas y yesos (ofitas)

SIMBOLOS CONVENCIONALES

- Contacto discordante
- Contacto concordante
- Contacto tectónico o diapírico
- Dirección y buzamiento
- Falta con indicación del hundimiento
- Falla
- Cabalgamiento
- Sinclinal
- Anticlinal

		DIRECCION DE AGUAS SUBTERRANEAS	
COMPROBADO POR: G.R.G.	PROYECTO: UTILIZACION DE ESTRUCTURAS GEOLÓGICAS PROFUNDAS PARA LA GESTION DE RESERVUOS LOCOSOS E INCORPORACION DEL AGUA AL CICLO MEDITERRANEO. PROVINCIA DE ALICANTE. 3ª FASE. 1992-93.	ESCALA: 1:25.000	
FECHA: SEP-93	DENOMINACION: AREA DE CALPE	Nº DE PLANO: 1	
EMPRESA CONSULTORA: T.R.T.	MAPA GEOLÓGICO		



LEYENDA

CUATERNARIO		Q	
TERCIARIO	MIOCENO SUPERIOR	M ₄	Calizas crema bioclasticas
		M ₃	Calizas areniscas calcareas y margas
	MIOCENO MEDIO	M ₂	TAP-2. Margas y margas calcareas
		M ₁	TAP-1. Margas azules
	MIOCENO INFERIOR	M ₀	Facies flyschoides
CRETACICO SUP.	OLIGOCENO	O	Calizas
		E	Calizas
	SENONIENSE	SUP. C ₄	Margas y margas calcareas
		INF. C ₃	Calizas margosas
TURONIENSE	C ₂	Calizas	
CENOMANIENSE	C ₁	Calizas y margas con Orbitolinas	
TRIASICO	T	Arctitas, margas y yesos (olitas)	

SIMBOLOS CONVENCIONALES

- Contacto discordante
- Contacto concordante
- Contacto tectónico e diáspirico
- Dirección y buzamiento
- Falla con indicación del hundimiento
- Falla
- Cabalgamiento
- Sinclinal
- Anticlinal
- SEV. Sondeo eléctrico vertical
- Sección litológica
- Itinerario de reconocimiento

Instituto Tecnológico Geomínero de España		DIRECCION DE AGUAS SUBTERRANEAS	
COMPROMISO IBER G.R.G. FECHA SEP-93	PROYECTO UTILIZACION DE ESTRUCTURAS GEOLOGICAS PROFUNDAS PARA LA GESTION DE RESERVOIR LIQUIDOS E INYCCION DE AGUAS AL CICLO HIDROLOGICO PROVINCIA DE ALICANTE. 3ª FASE. 1992-93.	ESCALA 1:25.000	Nº DE PLANO 2
T.R.T.	DENOMINACION AREA DE CALPE SITUACION DE CORTES GEOLOGICOS, COLUMNAS LITOLÓGICAS Y SEV.		



LEYENDA

CUATERNARIO	Q	Q	Indiferenciado
COMPLEJO BALLABONA-CUCHARON			
UNIDAD DE ORIHUELA			
TRIASICO	CARNIENSE	T ₁	Rocas carbonatadas
	LADINIENSE	T ₂	Calizas con nódulos y pizarras
		T ₃	Rocas carbonatadas y pizarras
		T ₄	Calizas y dolomías
PERMICO	P-T ₁	Rocas carbonatadas	
	P-T ₂	Calizas, cuarcitas y pizarras	
	P-T ₃	Metabasaltos	
UNIDAD DEL TUNEL			
TRIASICO	SUP. CARNIENSE	T ₁	Rocas carbonatadas y pizarras
	MED. LADINIENSE	T ₂	Metabasaltos
UNIDAD DE BERMEJO			
TRIASICO	SUPERIOR	T ₁	Rocas carbonatadas
	MEDIO	T ₂	Cuarcitas y pizarras
PERMICO	P-T ₁	Metabasaltos	
COMPLEJO DE LA SIERRA DE CALLOSA DEL SEGURA			
UNIDAD DE CALLOSA			
TRIASICO	SUPERIOR	T ₁	Calizas y pizarras
	INFERIOR	T ₂	
UNIDAD DE REDOWAN			
TRIASICO	T ₁	P-T ₁	Cuarcitas, filitas y arenitas
PERMICO	P-T ₁	P-T ₂	Metabasaltos
UNIDADES INDEFERENCIADAS			
TRIASICO	P-T ₁	P-T ₁	Cuarcitas, pizarras y carbonatos
PERMICO	P-T ₁	P-T ₁	

SIMBOLOS CONVENCIONALES

- Contacto discordante
- Contacto concordante
- Contacto tectónico o diapírico
- Dirección y buzamiento
- ||||| Falla con indicación del hundimiento
- Falla
- ▲ Cabalgamiento
- ∩ Sinclinal
- ∪ Anticlinal
- Itinerario de reconocimiento

		DIRECCION DE AGUAS SUBTERRANEAS	
COMPROMISO DEL G.R.G. FECHA: SEP-93 EMPRESA CONSULTORA: T.R.T.	PROYECTO UTILIZACION DE ESTRUCTURAS GEOLÓGICAS PROFUNDAS PARA LA GESTION DE RESERVUOS LIQUIDOS E INCORPORACION DEL AGUA AL CICLO HIDROLOGICO. PROVINCIA DE ALICANTE. 3ª FASE. 1992-93.	ESCALA: 1:25.000 Nº DE PLANO: 3	DENOMINACION: SIERRAS DE CALLOSA Y ORIHUELA MAPA GEOLOGICO

MAPA GEOLOGICO AREA BENIDORM-VILLAJOYOSA AREA GEOLOGICA ASIM

