

VALORACIÓN DE LA RELACIÓN HIDRÁULICA ENTRE DIVERSOS POZOS DE ABASTECIMIENTO Y EL RÍO EBRO AGUAS ABAJO DE FLIX (TARRAGONA)

Diciembre 2012



RESUMEN

Como consecuencia de las labores de descontaminación previstas en el embalse de Flix, en el año 2007 se elaboró un “Plan de actuación del PROCICAT: emergencias por episodios de contaminación en el Ebro aguas abajo del embalse de Flix”. Dentro del análisis de la vulnerabilidad de la población, se estimaba que la única vía de exposición era la ingestión de agua de abastecimiento, bien desde tomas directas del río o desde acuíferos conectados.

Dado que no se conocía con certeza el grado de conexión del acuífero explotado con el sistema fluvial, se diferenciaban tres categorías de captaciones subterráneas: conectadas con el río (tipo 3), con relación incierta con el río (tipo 4) e independientes del río (tipo 5), optando siempre, ante discrepancias de información, por un criterio conservador.

A fecha de diciembre de 2012 se encuentran a punto de empezar, tras casi tres años de trabajos previos, la extracción de los sedimentos o lodos contaminados del embalse de Flix. En estos cinco años que han transcurrido, algunas localidades han realizado actuaciones de mejora en el sistema de abastecimiento. Esto, unido a nueva información hidrogeológica existente, y a la posibilidad de eliminar ciertas incertidumbres con la realización de aforos y nivelaciones de precisión de las captaciones, ha aconsejado la realización del presente trabajo.

Este trabajo concreta y matiza la clasificación existente de captaciones en el Plan:

Tipo 3: captaciones subterráneas conectadas con el río. Debería quedar integrado por las poblaciones de Ascó, García y Pinell de Brai.

Tipo 4: captaciones subterráneas probablemente conectadas con el río. Debería quedar integrado por las poblaciones de Mora d’Ebre y Tivenys.

Tipo 5: captaciones subterráneas independientes del río Debería quedar integrado por las poblaciones de Aldover, Benifallet, Benissanet, Freginals, Ginestar, Miravet, Mora la Nova, Rasquera, Roquetes, Tivissa, Torre de l’Espanyol, Tortosa (Bitem), Tortosa (Campredó) y Xerta.

La localidad de Vinebre debería pasar al tipo 5 siempre que concluyan con éxito las labores de recuperación del pozo del Barranc dels Horts.

El presente estudio también matiza algún aspecto del Plan de emergencia, en lo referente a los controles a realizar en el agua captada, debido al importante efecto filtrante que sin duda ejercerán los acuíferos. Así para las captaciones tipo 3, situadas a decenas de metros del río, y en las que es previsible la entrada de agua desde el mismo tras unas horas de bombeo, se considera que los controles deberán establecerse en función de la duración de los bombeos y de la situación hidrológica del río. Éstos deberán ser más frecuentes conforme los bombeos sean más largos y el río presente mayor caudal.

Para las captaciones tipo 4, situadas a centenas de metros del río, no es tan previsible la entrada de agua desde el río, y sólo se ha considerado para periodos de bombeo de varios días seguidos. En estos casos se considera suficiente la frecuencia de control de la calidad establecida en el Plan, de al menos una vez al día. Evidentemente esta frecuencia deberá adaptarse a los periodos concretos de bombeo y a la situación hidrológica del río.

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN	1
1.1.	El plan de emergencia de Flix	1
1.2.	Situación actual y objetivo del trabajo	2
2.	CAPTACIONES EN ESTUDIO	3
3.	ESTUDIO DE RELACIONES RÍO-ACUÍFERO	3
3.1.	Fundamentos teóricos y metodología	3
3.2.	Abastecimientos	8
3.2.1.	Aldover	9
3.2.2.	Ascó	12
3.2.3.	Benifallet.....	14
3.2.4.	Benissanet	16
3.2.5.	Freginals	19
3.2.6.	García.....	21
3.2.7.	Ginestar	23
3.2.8.	Miravet	25
3.2.9.	Mora d'Ebre.....	27
3.2.10.	Mora la Nova.....	32
3.2.11.	Pinell de Brai	35
3.2.12.	Rasquera	37
3.2.13.	Roquetes	39
3.2.14.	Tivenys.....	41
3.2.15.	Tivissa	44
3.2.16.	Torre de l'Espanyol.....	46
3.2.17.	Tortosa (Bitem)	49
3.2.18.	Tortosa (Campredó).....	51
3.2.19.	Vinebre.....	54
3.2.20.	Xerta.....	56
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	59
5.	REFERENCIAS	60
	ANEJO 1: FICHAS DE INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA CHE (IPA).....	I-1
	ANEJO 2: CAMPAÑA DE NIVELACIÓN TOPOGRÁFICA DE PRECISIÓN.....	II-1
	ANEJO 3: PRUEBAS DE BOMBEO (ALDOVER, MIRAVET, MORA D'EBRE Y TIVENYS).....	III-1
	ANEJO 4: DOCUMENTACIÓN RECOPIADA (INFORMES MORA D'EBRE Y BENISSANET).....	IV-1

VALORACIÓN DE LA RELACIÓN HIDRÁULICA ENTRE DIVERSOS POZOS DE ABASTECIMIENTO Y EL RÍO EBRO AGUAS ABAJO DE FLIX (TARRAGONA)

1. INTRODUCCIÓN

1.1. El plan de emergencia de Flix

Como consecuencia de las labores de descontaminación previstas en el embalse de Flix, en el año 2007 se elaboró un “Plan de actuación del PROCICAT: emergencias por episodios de contaminación en el Ebro aguas abajo del embalse de Flix”. En este plan se analizaban los riesgos que supondrían las actuaciones de eliminación de la contaminación, se clasificaban los diferentes escenarios accidentales posibles y se preveía la estructura organizativa necesaria para gestionar las posibles emergencias.

Dentro del análisis de la vulnerabilidad de la población, se explicaba que la única vía de exposición relevante era la ingestión de agua de abastecimiento en el tramo del río Ebro situado aguas abajo del embalse de Flix. No obstante se matizaba que un episodio de contaminación fluvial no implicaba necesariamente exposición para la población abastecida con captaciones en el río, ya que los procesos de tratamiento y los controles de calidad llevados a cabo por las entidades distribuidoras del agua garantizaban que la contaminación no llegara a las redes de abastecimiento.

En el Plan se clasificaba a la población vulnerable según la fuente de abastecimiento y la importancia de las captaciones. Así se diferenciaba por un lado las tomas directas del río (Flix y Consorcio de Aguas de Tarragona) y las de acuíferos conectados con el río. En relación con las tomas de pozos se indicaba que no se conocía con certeza el grado de conexión del acuífero explotado con el sistema fluvial, por lo que se diferenciaban tres categorías de captaciones subterráneas: conectadas con el río, con relación incierta con el río e independientes del río. Además se añadía que, ante las discrepancias en la información procedente de distintas fuentes, se había optado por clasificar la situación del municipio atendiendo a la información más conservadora.

En el Anexo 4 del Plan se describían los procedimientos alternativos de suministro de agua para cada una de las localidades. Para aquellas que se suponían conectadas con el río y que no tenían abastecimiento alternativo, el Plan de emergencia establecía que debía controlarse la calidad del agua captada al menos una vez al día, determinando las concentraciones de contaminantes que hubieran originado el episodio.

En función de los análisis, el Grupo de Evaluación del Riesgo para la población, debía decidir si:

- a) se mantenía el servicio
- b) si se mantenía el servicio pero se advertía a la población de que el agua de la red no era apta para el consumo de boca y se proporcionaba un suministro alternativo mediante camiones cisterna o agua envasada
- c) si se cerraba la captación y se mantenía el servicio recargando los depósitos con camiones cisterna
- d) si se cerraba la captación, se cortaba el servicio y se proporcionaba suministro alternativo mediante camiones cisterna o agua envasada.

1.2. Situación actual y objetivo del trabajo

A fecha de diciembre de 2012 se encuentran a punto de empezar, tras casi tres años de trabajos previos, la extracción de los sedimentos o lodos contaminados del embalse de Flix. Han pasado más de cinco años desde que se elaboró el Plan de emergencia y en algunas localidades se han realizado actuaciones de mejora en el sistema de abastecimiento: nuevos depósitos, nuevos pozos, conexiones entre captaciones y depósitos, conexiones a otras redes de abastecimiento, etc.

Además se ha visto que, recopilando información hidrogeológica generada en los últimos años, realizando algunos ensayos de bombeo en los pozos de abastecimiento cercanos al río Ebro y nivelando con precisión las tomas, se podía mejorar el nivel de conocimiento sobre la conexión de ciertos pozos con el río. Esta nueva información sin duda redundará en una toma de decisiones más acertada y en mayor tranquilidad para la población.

Éste ha sido, por lo tanto, el objetivo del presente trabajo, realizado durante los meses de octubre y noviembre de 2012. Se pretende dejar claro qué sistemas de abastecimiento, de entre los que toman agua desde pozos más o menos cercanos al río Ebro, se encuadran dentro de las categorías de “conectados con el río” (tipo 3 del Plan de emergencia) y “captaciones independientes del río” (tipo 5 del Plan de emergencia), dejando lo más vacío posible el tipo 4: “probablemente conectado con el río”.

Para alcanzar el objetivo se ha partido de los datos existentes sobre los pozos que se destinan al abastecimiento. Dicha información (aspectos constructivos, niveles, parámetros hidrodinámicos conocidos o estimados e hidroquímica) se ha recopilado consultando los archivos de la Confederación Hidrográfica del Ebro (Comisaría de Aguas y Oficina de Planificación Hidrológica), de la Agencia Catalana del Agua (Oficina de Tortosa), de los ayuntamientos y de ACUAMED. El conocimiento general ya existente sobre la hidrogeología del tramo final del Ebro y los acuíferos relacionados, ha permitido encuadrar toda esta información.

Tras una primera valoración de la relación entre los pozos y el río Ebro, se ha considerado oportuno profundizar en el conocimiento de algunas captaciones en las que existían dudas. Básicamente había que aclarar si algunos niveles piezométricos podían considerarse estáticos, cuales eran realmente las cotas de los niveles en los pozos con respecto al río, y si se podían estimar con más precisión los radios de influencia de las captaciones o, dicho de otra forma, hasta donde se extienden los conos de descensos cuando se bombea desde los pozos.

Para conseguir esta información ha habido que medir niveles en las captaciones, nivelar con precisión tanto las bocas de los pozos como el río Ebro, y realizar alguna prueba de bombeo al objeto de obtener una aproximación a los parámetros hidráulicos de los acuíferos: transmisividad y porosidad eficaz o coeficiente de almacenamiento.

Dichos trabajos han sido ejecutados por el Área de Calidad de las Aguas de la Confederación Hidrográfica del Ebro, contando con el apoyo de la consultora ESHYG y la inestimable ayuda del agente medioambiental de la CHE en Mora de Ebro.

2. CAPTACIONES EN ESTUDIO

Las captaciones objeto de estudio pertenecen a las siguientes localidades:

L´Aldea	Garcia	Tivenys
Aldover	Ginestar	Tivissa
Amposta	Miravet	Torre de l´Espanyol
Ascó	Mora d´Ebre	Tortosa
Benifallet	Mora La Nova	Tortosa (Barrio de Jesús)
Benissanet	Pinell de Brai	Tortosa (Bitem)
Deltebre	Rasquera	Tortosa (Campredó)
Flix	Roquetes	Vinebre
Freginals	Sant Jaume d´Enveja	Xerta

De todas ellas, L´Aldea, Amposta, Deltebre, Flix, Sant Jaume d´Enveja, Tortosa y Tortosa (Barrio de Jesús), disponen de una alternativa de abastecimiento ya que, o bien disponen de otras tomas, o es posible la conexión de sus respectivas redes a la conducción de abastecimiento proveniente de los nuevos pozos de emergencia del CAT (pozos de Vinallop).

Por tanto, el estudio se centrará sobre el resto de los abastecimientos mencionados en la tabla. En el caso de los abastecimientos de Mora d´Ebre, Miravet, Tivenys y Aldover, se ha realizado un estudio más detallado que en el resto, para poder determinar si existe posibilidad de conexión hidráulica entre sus captaciones y el río Ebro.

3. ESTUDIO DE RELACIONES RÍO-ACUÍFERO

3.1. Fundamentos teóricos y metodología

Para estudiar la aportación de agua que puede realizar un río a un acuífero, o al contrario, la aportación de agua subterránea a un curso de agua superficial, es fundamental conocer el tipo de conexión hidráulica que se establece entre ambos.

El tipo de conexión hidráulica vendrá dada principalmente por dos factores:

- La situación de las formaciones permeables en relación con el cauce del río.
- La situación relativa de los niveles en el río y de los niveles en el acuífero en la zona contigua al cauce.

En la figura 1 se representan la mayor parte de los casos de conexión hidráulica que pueden darse en la naturaleza. En la zona de estudio los regímenes más frecuentes serán efluente, influente, o variable en función de avenidas. Así se define:

- Tramo **efluente** o **ganador** del río (figura 1b). En dichos tramos el río aumenta su caudal por la aportación agua procedente del acuífero, es decir, el acuífero “cede” agua al río.

- Tramo **influyente** o **perdedor** del río (figura 1c). En dichos tramos el río disminuye su caudal por la infiltración de agua desde el cauce al acuífero con el que está en contacto, es decir el acuífero “recibe” agua del río.
- Cambio de efluente a influyente durante una avenida. Un caso particular son aquellos tramos que siendo efluentes en condiciones normales, pasan a ser influyentes durante periodos de avenida en el río (figura 1 d). En estas circunstancias el agua que entra al acuífero queda almacenada en las riberas y vuelve otra vez al río una vez que pasa la crecida.

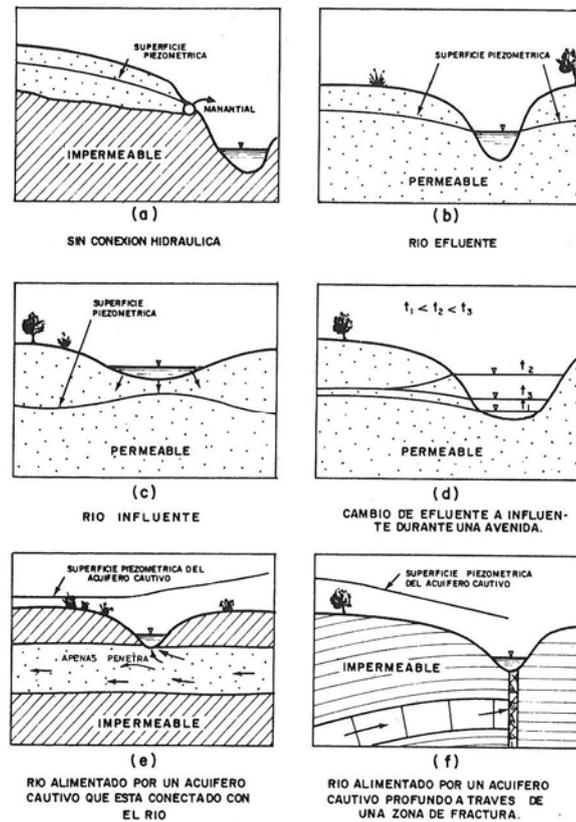


Figura 1. Esquemas de tipos de conexión hidráulica entre río y acuífero (tomada de Custodio y Llamas, 1996)

La evaluación de las relaciones entre el río y las captaciones de los abastecimientos objeto de estudio se realizará de manera individualizada, dado que el alcance de cada uno de los estudios será muy variable en función de la captación, de la geología de la zona, de la distancia al río, etc.

Inicialmente se referirán las características “conocidas” de dichos abastecimientos que obran en las bases de datos de la CHE (anexo 1) o en la información recabada de otras fuentes (ACA, ayuntamientos), para posteriormente comentar su situación hidrogeológica en función del acuífero que explotan, y establecer la posibilidad de conexión o no.

Este análisis vendrá definido fundamentalmente a través de dos factores:

- La situación de las formaciones geológicas permeables en relación con el cauce del río. En este sentido el análisis geológico es la primera herramienta a aplicar.

- La situación relativa de los niveles del río y de los niveles piezométricos del acuífero. En función de dicha relación topográfica, así como de los datos disponibles, se aplicará la formulación que permita obtener una idea cuantitativa sobre la posibilidad de que la captación pueda recibir aguas del río.

Igualmente se tendrá en cuenta el carácter efluente o influente del río en relación al acuífero, ya que dicho carácter establece el régimen de funcionamiento normal entre ambos. Ambos caracteres puede coexistir en los diferentes tramos de un río, y en un mismo tramo puede existir alternancia entre ambos comportamientos, en función de la relación de niveles que se establezca cuando existe la conexión.

Las relaciones río acuífero pueden verse alteradas localmente por actuaciones de tipo antrópico como son los bombeos que se realizan desde pozos de captación, por lo que en estos casos se hace necesario realizar determinaciones adicionales para establecer los radios de influencia de estas captaciones, y determinar si llegan a alcanzar significativamente al río. Para ello se realizará una evaluación teórica a partir de los datos de parámetros hidrodinámicos existentes o estimados, valorando el radio de influencia de dichas captaciones. Se utilizará una formulación sencilla, estimativa, dado que los datos disponibles no permiten realizar otro tipo de aproximación más compleja (modelización numérica).

En general, se carece de datos precisos de descenso y caudal en el tiempo (ensayos de bombeo), por lo que se debe recurrir al criterio de experto para estimar la transmisividad y el coeficiente de almacenamiento, así como a la aplicación de los valores típicos establecidos en la bibliografía para este tipo de medios.

La transmisividad, puede ser muy variable, ya que depende de la permeabilidad y del espesor saturado. No obstante, hay ocasiones en las que se dispone de alguna medida de caudal y descenso, aunque se trate de manera puntual, lo que permite aproximar un caudal específico, y a partir de allí, mediante formulaciones sencillas, estimar la transmisividad. En este informe se ha utilizado la siguiente fórmula de cálculo estimativo (Galofré, 1966)

$$T \left(\frac{m^2}{d \cdot s} \right) \approx 100 \times q \left(\frac{l}{m} \right)$$

Dicha fórmula permite aproximar dicho parámetro de manera suficiente con los datos de que se dispone.

Por lo que respecta al coeficiente de almacenamiento o porosidad eficaz en acuíferos libres, que son los habituales en esta zona, es necesario la realización de ensayos de bombeo con piezómetros de observación para la obtención de sus valores. En este sentido, se dispone de información de aforos previos realizados en los pozos de abastecimiento de Mora d'Ebre, y Benissanet; además, se dispone de datos de una prueba de bombeo realizada específicamente en el marco de este informe, en una de las captaciones de abastecimiento a Mora d'Ebre. No se dispone de datos de aforos para el resto de abastecimientos, sin embargo pueden obtenerse aproximaciones bastante válidas que permiten aplicar las fórmulas hidráulicas más

habituales. Así, en la siguiente tabla pueden observarse algunos de estos valores en % (Sanders, 1998):

TIPO LITOLÓGICO	POROSIDAD EFICAZ (%)
Arcillas	0-5
Limos	3-19
Arenas finas, arenas limosas	10-28
Arena gruesa o bien clasificada	22-35
Gravas	13-26
Pizarra sana	0,5-5
Pizarra fracturada/alterada	
Arenisca	0,5-10
Calizas, dolomías no carstificadas	0,1-5
Calizas, dolomías carstificadas	5-40
Rocas ígneas y metamórficas sin fracturar	0,0005
Rocas ígneas y metamórficas fracturadas	0,00005-0,01

Estimados porosidad eficaz y transmisividad, se pretende averiguar si el cono de descensos producido por el bombeo en el pozo es capaz de alcanzar significativamente el río, es decir, determinar el radio de influencia, ya que en ese caso parte del agua bombeada por el sondeo podría provenir del río al cabo de determinado tiempo.

La variación de dicho radio depende, además de los parámetros hidráulicos anteriores (característicos del acuífero), del tiempo de bombeo, pero no depende del caudal. En este sentido se ha optado en todas las simulaciones por adoptar un tiempo de bombeo de 7 días continuados al objeto de prever la evolución de dicho radio durante un tiempo que supere el de cualquier evento hidrológico que pueda producirse. Teniendo en cuenta que en todos los abastecimientos de la zona el régimen de bombeo de los pozos es discontinuo (varias horas al día), y que éste está condicionado por la evolución de demanda y la capacidad de regulación de los depósitos, se considera que el escenario planteado está muy del lado de la seguridad.

Lógicamente no existen datos suficientes para realizar simulaciones numéricas de la evolución de dicho radio con unas condiciones iniciales en las que se den bombeos y paradas alternativas en función de la demanda.

Para el cálculo del radio de influencia en acuíferos libres en régimen estacionario se utilizará la siguiente aproximación (Custodio y Llamas, 1996),

$$R \approx 1,5 \sqrt{\frac{Txt}{m}}$$

donde R es el radio de influencia, T la transmisividad, t el tiempo de bombeo y m la porosidad eficaz.

Como ya hemos indicado, el radio de influencia R depende de las características del acuífero y en realidad es ligeramente creciente con el tiempo transcurrido desde el comienzo del bombeo, aunque para tiempos muy largos es constante a efectos prácticos. Sus valores

oscilan entre 200 y 10.000 m para acuíferos cautivos, y entre los 10 y 500 m para acuíferos libres (Custodio y Llamas, 1996), que son los más frecuentes en esta zona.

Para el cálculo del radio de influencia en acuíferos cautivos en régimen estacionario se utilizará la fórmula de Thiem,

$$s = 0,366 \frac{Q}{T} \log \frac{R}{r}$$

donde s es el descenso en el punto de observación, R es el radio de influencia, r es la distancia del eje del pozo al punto de observación, T es la transmisividad del acuífero y Q el caudal de bombeo.

3.2. Abastecimientos

A continuación se presenta el análisis realizado en cada uno de los abastecimientos objeto de estudio, estableciendo en cada caso el grado de conexión existente entre el río y el acuífero explotado y valorando la posibilidad de que los puntos de abastecimiento puedan llegar a captar agua del río. En el plano adjunto se recoge la ubicación de las captaciones para abastecimiento incluidas en este informe.



3.2.1. Aldover

La localidad de Aldover presenta tres puntos de abastecimiento de profundidad variable entre 60 y 80 m localizados a unos 640 m de distancia del río.

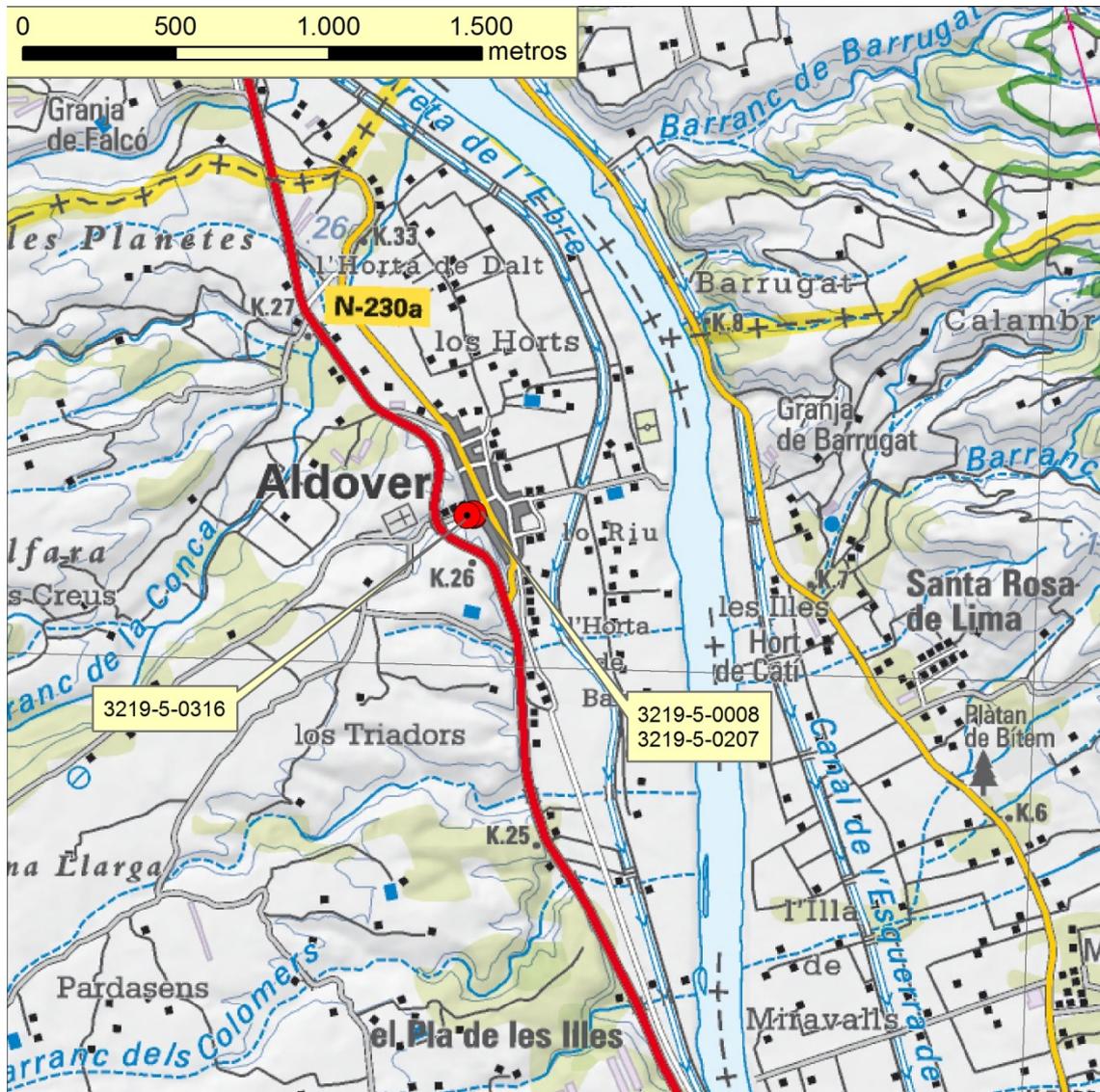


Figura 2. Mapa topográfico de la zona de emplazamiento de los sondeos de abastecimiento a Aldover

Geológicamente, los sondeos se emplazan en la terraza inmediatamente superior a la actual llanura de inundación del río, atravesando materiales detríticos (conglomerados, gravas y arenas).

Por lo que se refiere a la relación de cotas, se ha realizado una nivelación topográfica de precisión, que se recoge en el anejo 2. A partir de ella se puede indicar que el río se encuentra a una cota de 2,93 m.s.n.m. (21-22/11/12) y el nivel estático del agua en los pozos a 3,89 m.s.n.m. Esta diferencia de casi 1 m implica la existencia de un gradiente hidráulico hacia el río. Estos datos están de acuerdo con las observaciones recogidas en estudios precedentes (Servei Geològic de Catalunya, 1986; CHE, 1991; y CHE, 2002).

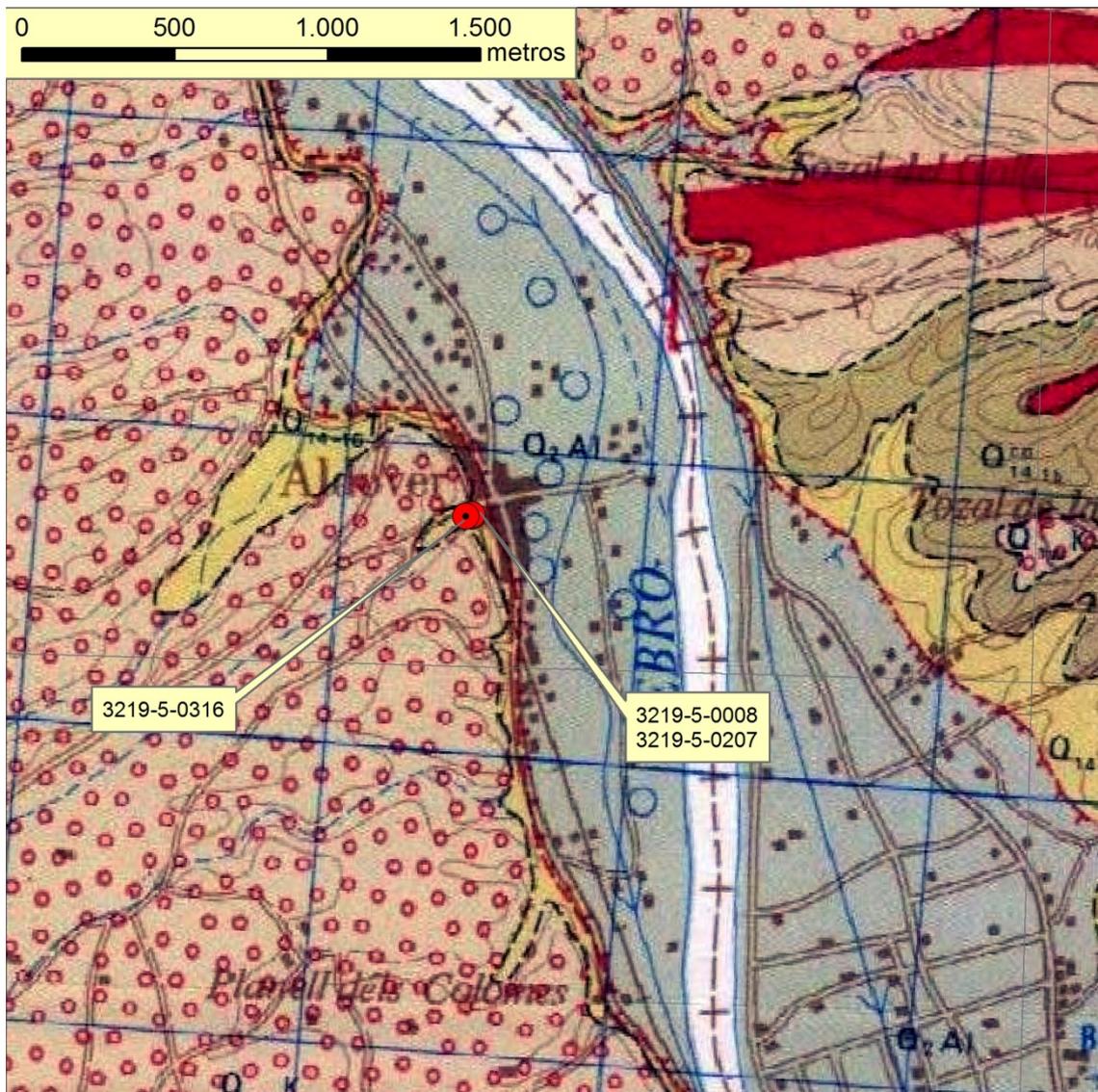


Figura 3. Mapa geològic de la zona de emplaçament de los sondeos de abastecimiento a Aldover

De acuerdo con la información aportada por el Ayuntamiento de Aldover, para un caudal del orden de 13,8 l/s, el descenso en el pozo de bombeo es de unos 2 m, lo que supone un caudal específico de unos 7 l/s/m.

A partir de una muy reducida prueba de bombeo realizada el día 21/11/12 (anexo 3), pudo comprobarse que se inició el bombeo con un nivel en el pozo 1 a 17,65 m y que al cabo de 10 minutos se alcanzó una pseudo-estabilización con un nivel a 19,945 m, es decir el descenso total fue de unos 2,78 m. En el Pozo 2, localizado a 4,84 m de distancia, el descenso medido fue del orden de 1,63 m, es decir en el pozo 2 se experimentó un 40% menos de descenso que, atribuiremos íntegramente a las pérdidas de carga. El caudal de bombeo era desconocido.

Suponiendo que el caudal era del orden de 13,8 l/s y que el descenso teórico podría estimarse en más o menos la mitad del descenso real (que contempla las pérdidas de carga), podemos estimar un caudal específico del orden de 13 l/s/m.

A partir de la fórmula de Galofré, la transmisividad se aproxima a unos 1.300 m²/día

$$T \left(\frac{\text{m}^2}{\text{día}} \right) \approx 100 \times q \left(\frac{\text{l}}{\text{s} \cdot \text{m}} \right)$$

Por tanto el radio de influencia estimado, para una porosidad eficaz del orden de 0,1 a 0,15, y 7 días de bombeo se evalúa en:

$$R \approx 1,5 \sqrt{\frac{T \cdot t}{m}}$$

$$R \sim 452-369 \text{ m}$$

Atendiendo a estos hechos es prácticamente imposible que desde los pozos de bombeo puedan detraerse caudales del río Ebro. Por lo tanto se propone que este abastecimiento pase a incluirse en el tipo 5 del Plan de Emergencia: Captaciones independientes del río.

3.2.2. Ascó

La localidad de Ascó presenta dos puntos de abastecimiento de 50 y 85 m de profundidad, localizados a 60 y 40 m de distancia del río respectivamente.

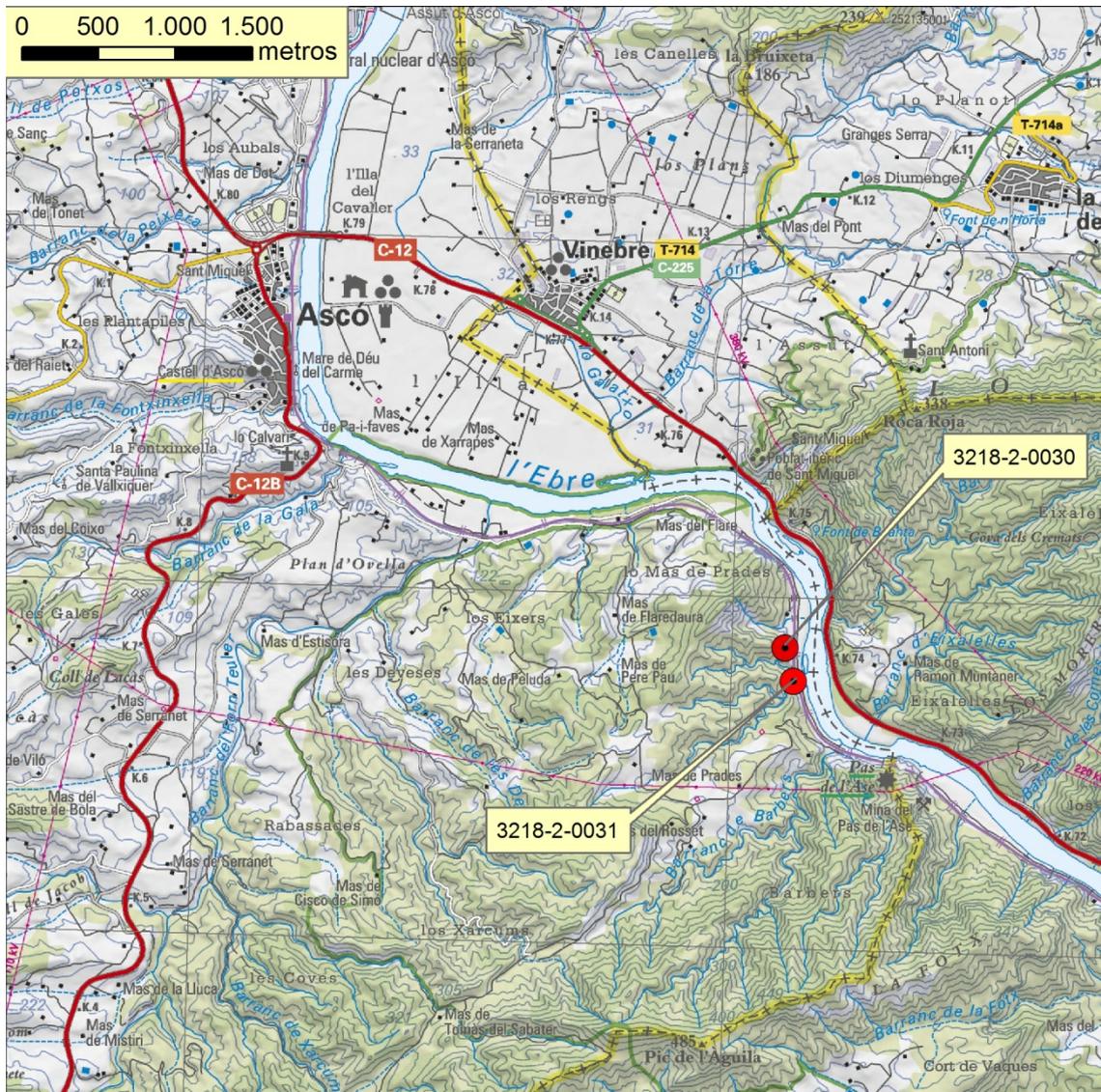


Figura 4. Mapa topográfico de la zona de emplazamiento de los sondeos de abastecimiento a Ascó

Desde el punto de vista geológico ambos sondeos atraviesan los materiales calcáreos liásicos, que en este punto alcanzan el propio cauce del río Ebro sin que exista un aluvial desarrollado.

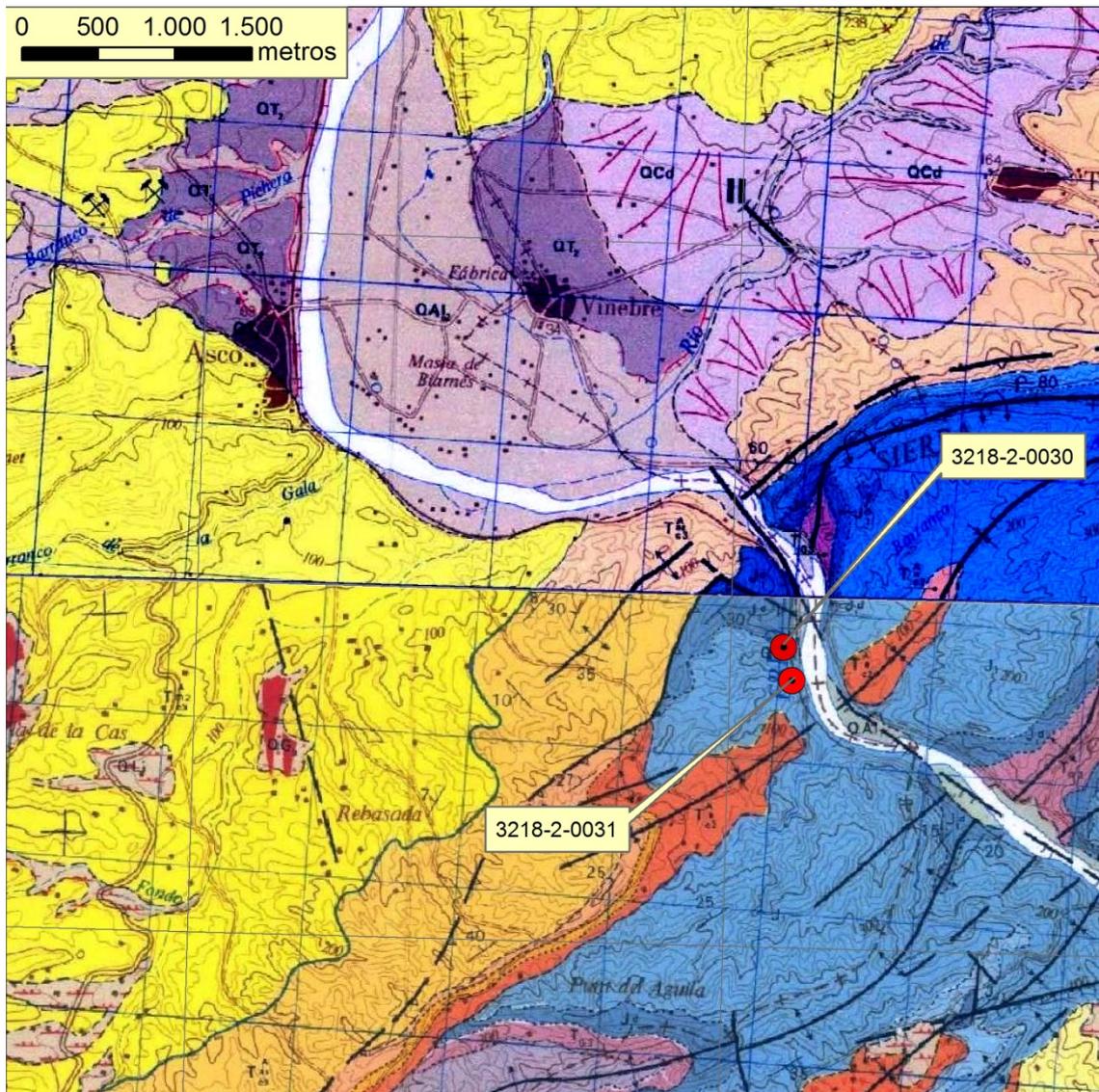


Figura 5. Mapa geològic de la zona de emplaçament de los sondeos de abastecimiento a Asco

Esta configuración geológica, así como los niveles medidos en su construcción, indican un carácter influente del río en este tramo. A todo ello se une el hecho de la muy escasa distancia al río, por lo que no puede descartarse una entrada de agua del río al acuífero que finalmente pudiera ser captada por los pozos de abastecimiento. Por lo tanto se recomienda mantener este abastecimiento en el tipo 3 del Plan de Emergencia: Captaciones conectadas con el río.

3.2.3. Benifallet

La localidad de Benifallet cuenta con un sondeo de abastecimiento de 87 m de profundidad, localizado al NE de la localidad y a una distancia del río Ebro del orden de 540 m.

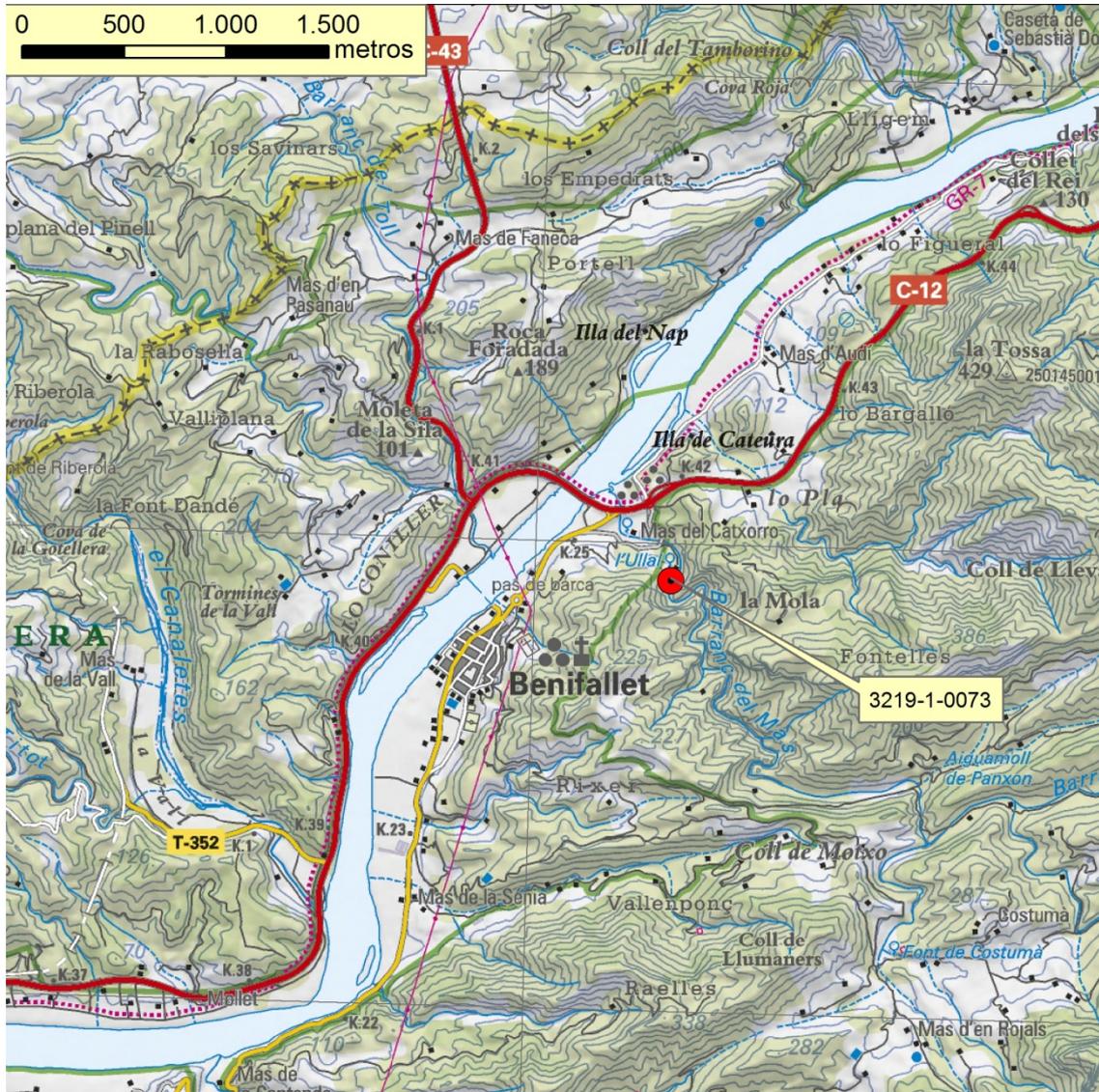


Figura 6. Mapa topográfico de la zona de emplazamiento del sondeo de abastecimiento a Benifallet

Desde el punto de vista geológico el sondeo está emplazado en el flanco NO de una estructura sinclinal compuesta por materiales jurásicos, llegando a aflorar en dicho flanco los materiales de la facies Keuper (arcillas impermeables del Triásico) que están recubiertos por materiales detríticos cuaternarios (conos y terrazas).

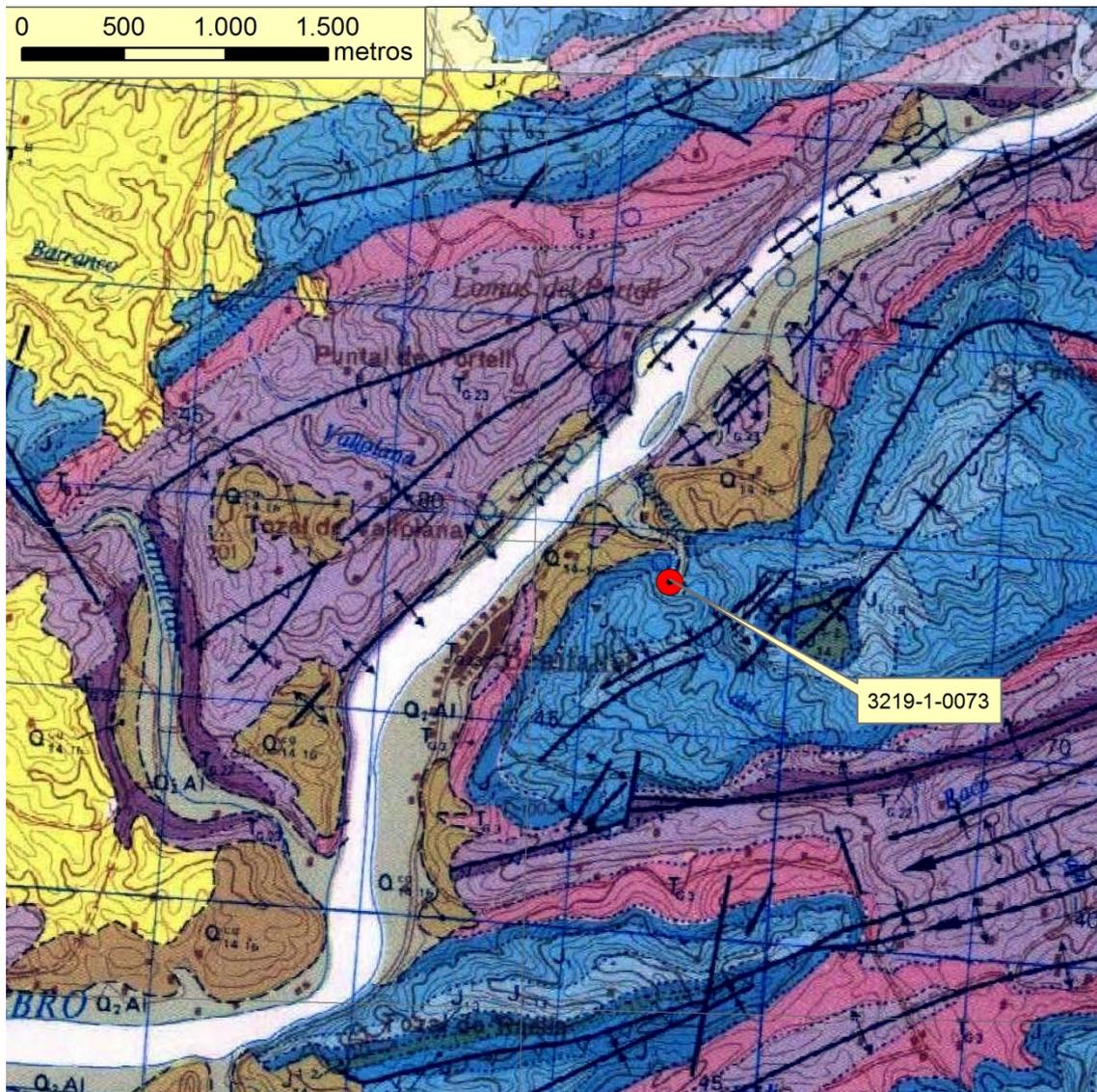


Figura 7. Mapa geológico de la zona de emplazamiento del sondeo de abastecimiento a Benifallet

Por lo que se refiere a las cotas de agua, a partir de la topografía a escala 1:5.000 del Servicio Cartográfico de Cataluña, se deduce que el nivel del agua en el sondeo está a una cota de unos 20 m.s.n.m., y la cota del río Ebro en las inmediaciones (a 540 m) es de 10 m.s.n.m.

A partir de estos datos pueden deducirse las siguientes cuestiones:

- La conexión entre el río y los tramos permeables del sondeo es muy poco probable dado que los materiales acuíferos están independizados de los cuaternarios por la facies Keuper, que hace las veces de capa impermeable
- Los niveles piezométricos son mucho más elevados en el sondeo que en el río, por lo que el gradiente piezométrico no puede invertirse en estas condiciones.

De acuerdo con los datos expuestos se puede indicar que no existe conexión hidráulica entre el río y el acuífero explotado por el pozo de abastecimiento de Benifallet. Por lo tanto se propone que este abastecimiento pase a incluirse en el tipo 5 del Plan de Emergencia: Captaciones independientes del río.

3.2.4. Benissanet

La localidad de Benissanet cuenta con dos puntos de abastecimiento de 67 y 120 de profundidad respectivamente, distantes 86 m entre ellos, y localizados a unos 770 m de distancia del río.

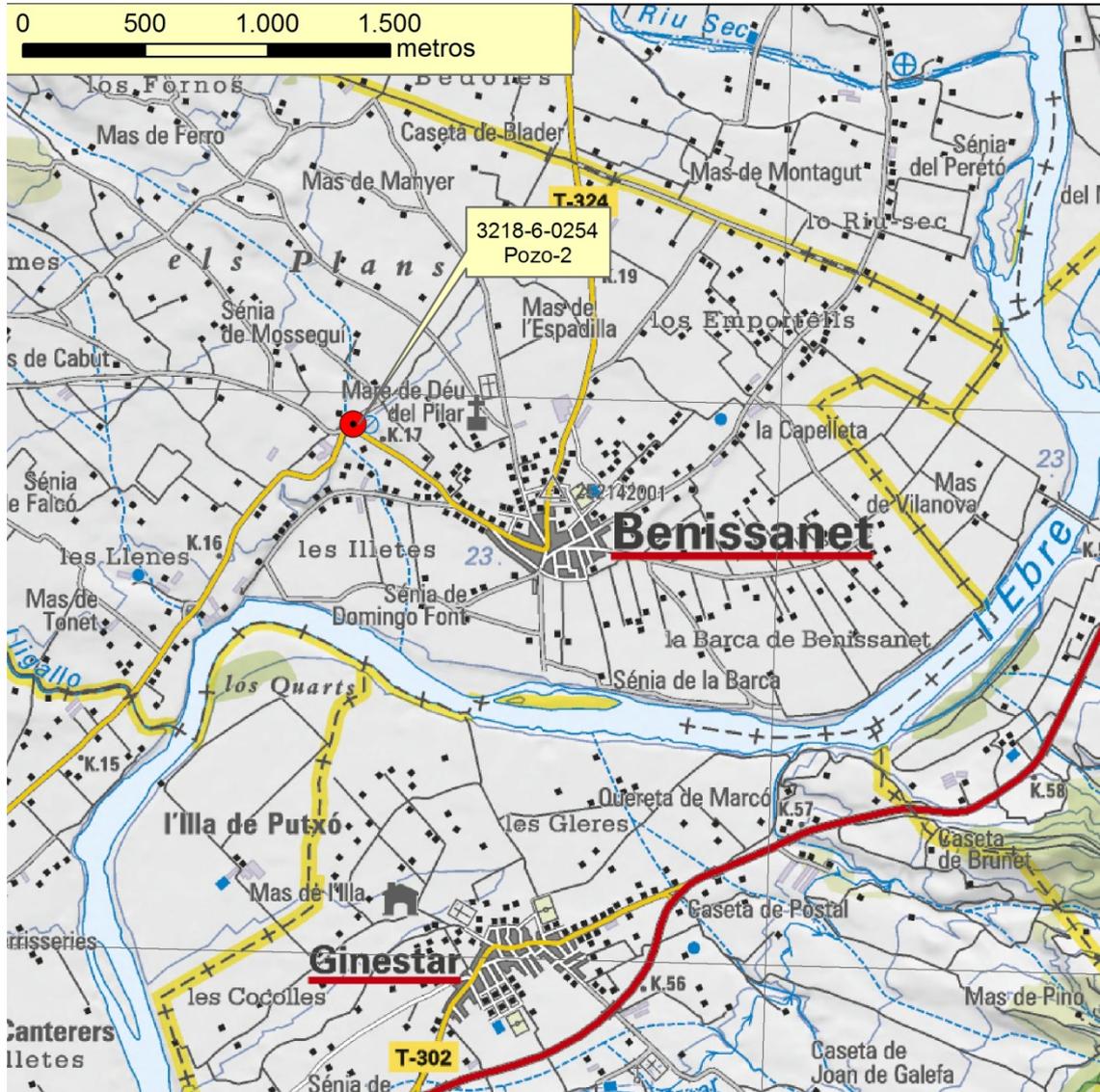


Figura 8. Mapa topográfico de la zona de emplazamiento de los sondeos de abastecimiento a Benissanet

Desde el punto de vista geológico ambos sondeos atraviesan los materiales detríticos de las terrazas del Ebro, si bien en el caso del nuevo (Pozo 2) se ha atravesado un mayor espesor de estos materiales.

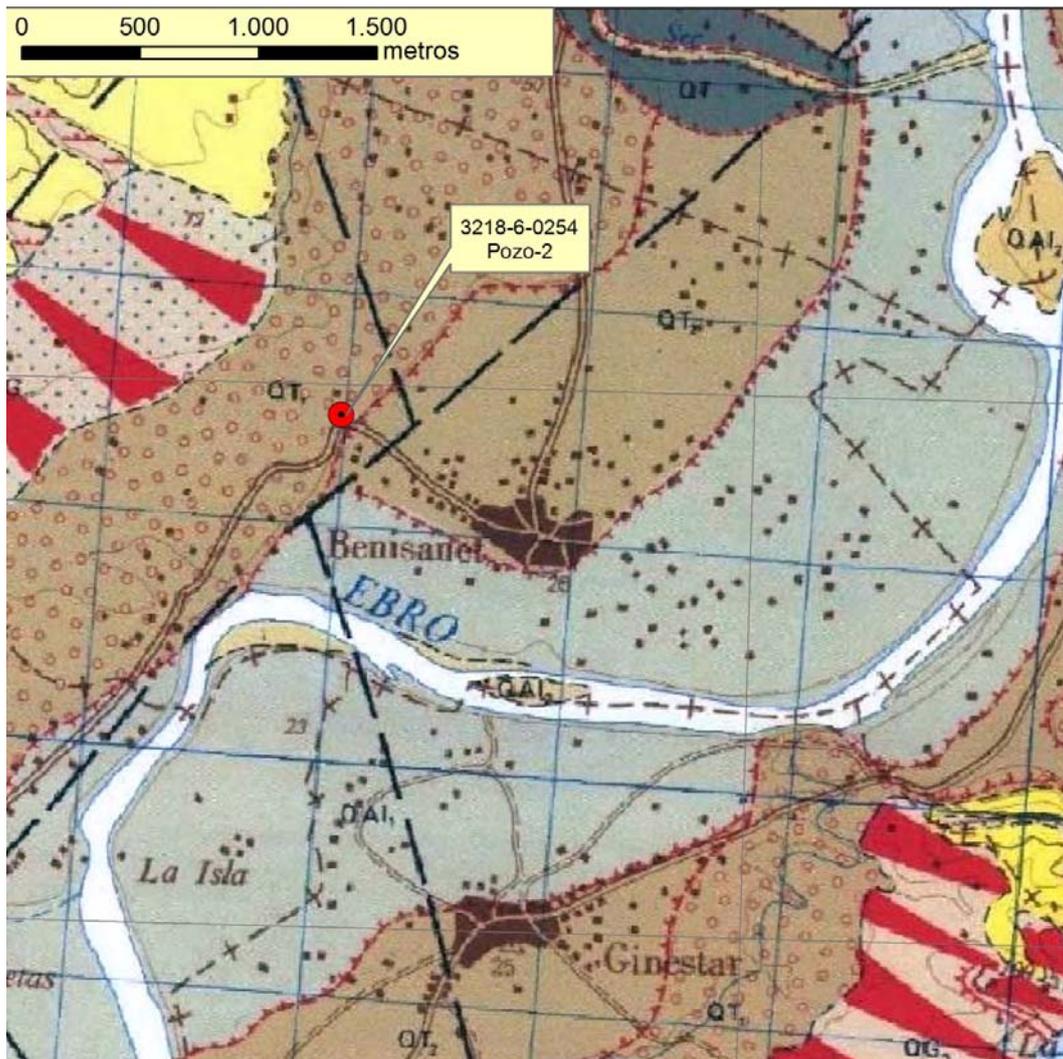


Figura 9. Mapa geológico de la zona de emplazamiento de los sondeos de abastecimiento a Benissanet

De acuerdo con la documentación técnica recogida en el expediente de legalización del pozo nuevo (se adjunta copia en el anejo 4), el río tiene un carácter efluente en esta zona, estableciéndose el flujo de aguas subterráneas en dirección S (Gavilán, 2012; figura 10).

El agua del pozo nuevo de abastecimiento es de tipo bicarbonatada sulfatada cálcica, con una conductividad eléctrica de en torno a los 600 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 20°C (Gavilán, 2012), mientras que el agua del río Ebro presenta una facies hidroquímica de tipo sulfatada clorurada sódico cálcica, con una conductividad eléctrica superior a los 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 20°C.

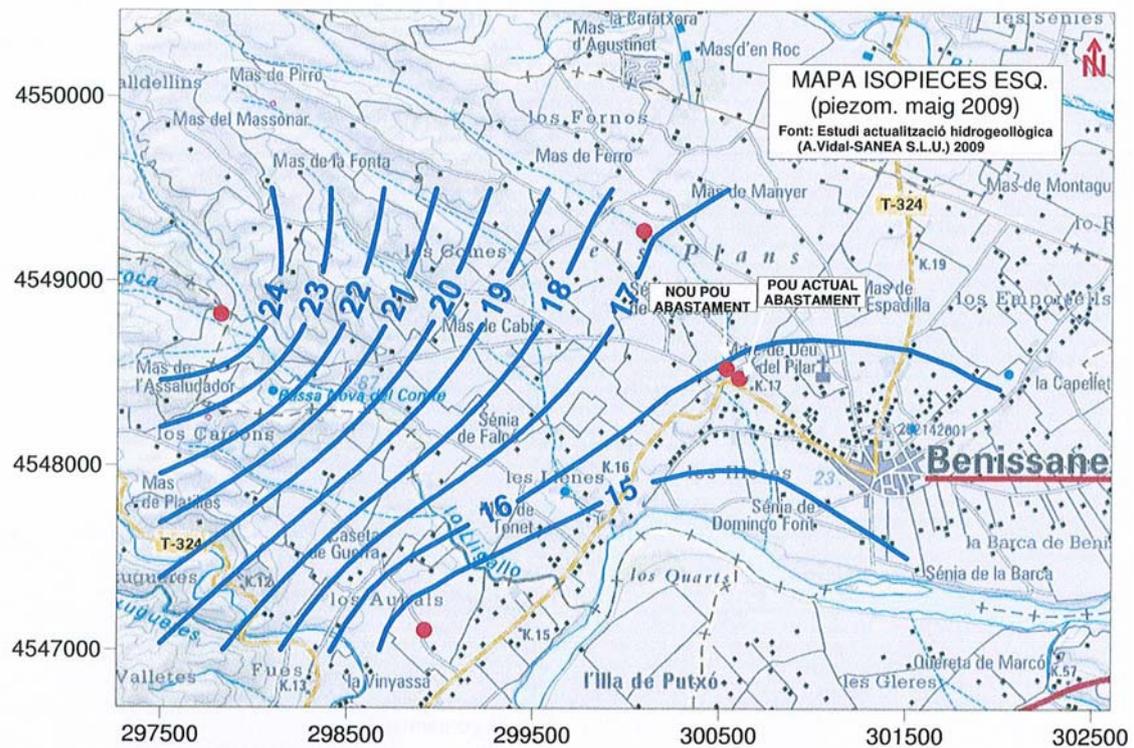


Figura 10. Mapa piezométrico del acuífero aluvial del Ebro en el T.M. de Benissanet (tomada de Gavilán, 2012).

En octubre de 2009 se realizó un ensayo de bombeo escalonado en el pozo nuevo para determinar el caudal óptimo de explotación así como los parámetros hidráulicos del acuífero. Los resultados fueron los siguientes (Gavilán, 2012):

- Transmisividad: 149 m²/día
- Permeabilidad : 3,38 m/día
- Coeficiente de almacenamiento: 0,013

De acuerdo con los valores obtenidos en el aforo y suponiendo una semana de bombeo en continuo, el radio de influencia del cono de descensos del pozo se estima en:

$$R \approx 1,5 \sqrt{\frac{Fxt}{m}}$$

$$R \sim 424 \text{ m}$$

Atendiendo a todo lo indicado es prácticamente imposible que desde los pozos de bombeo puedan detraerse caudales del río Ebro. Por lo tanto se propone que este abastecimiento pase a incluirse en el tipo 5 del Plan de Emergencia: Captaciones independientes del río.

3.2.5. Freginals

La localidad de Freginals presenta un punto de abastecimiento localizado a unos 4.840 m del río.



Figura 11. Mapa topográfico de la zona de emplazamiento del sondeo de abastecimiento a Freginals

Geológicamente, el pozo atraviesa materiales cretácicos, y está emboquillado a una cota muy superior a la del río.

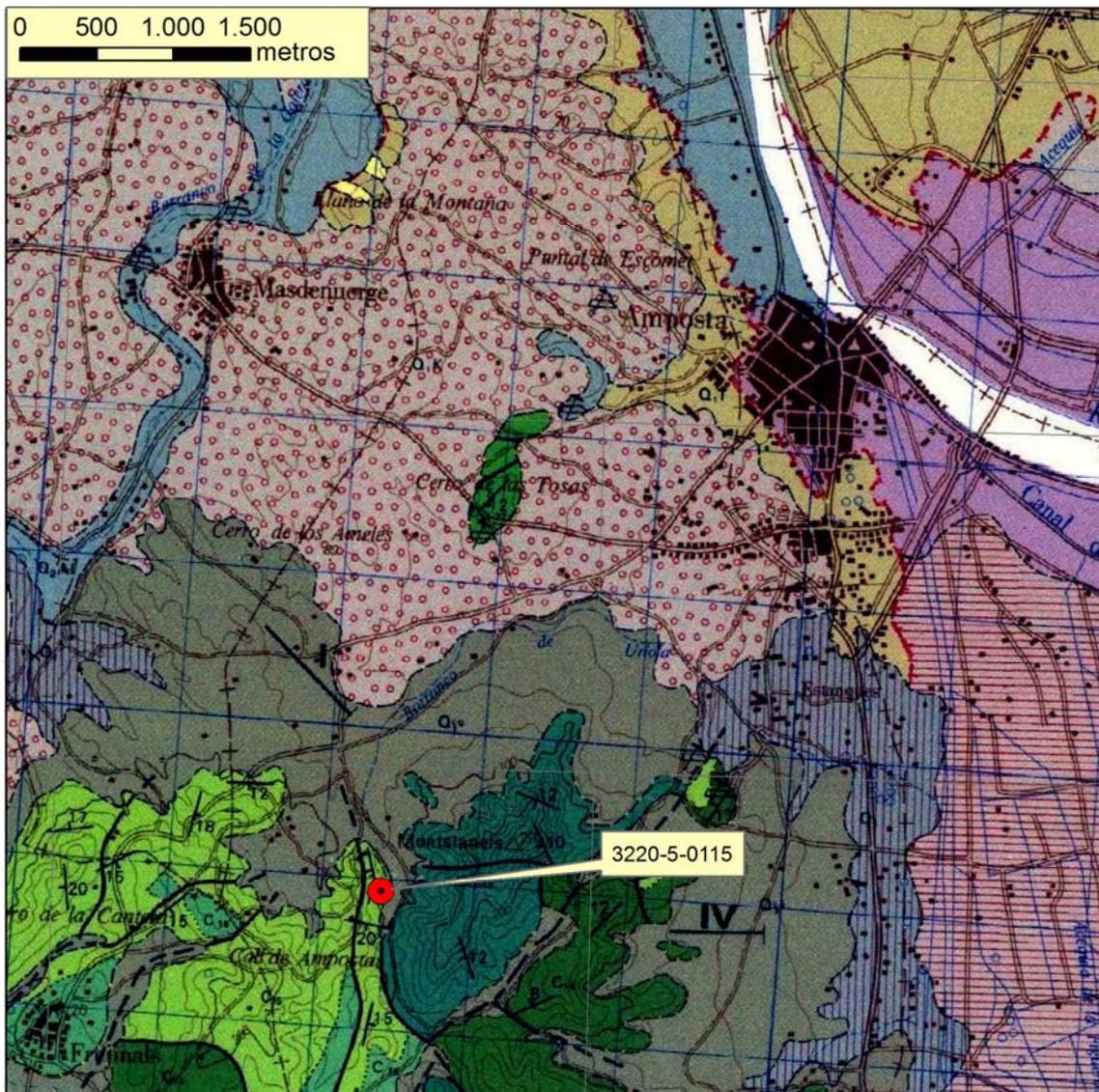


Figura 12. Mapa geológico de la zona de emplazamiento del sondeo de abastecimiento a Freginals

Teniendo en cuenta el esquema geológico que se muestra en la anterior figura y la distancia al río, no existe conexión hidráulica entre el río y el acuífero explotado por el pozo de Freginals. Por lo tanto se propone que este abastecimiento pase a incluirse en el tipo 5 del Plan de Emergencia: Captaciones independientes del río.

3.2.6. García

La localidad de García presenta dos puntos de abastecimiento de 11 y 25 m de profundidad, separados apenas 5 m uno del otro, y localizados a unos 100 m de distancia del río.

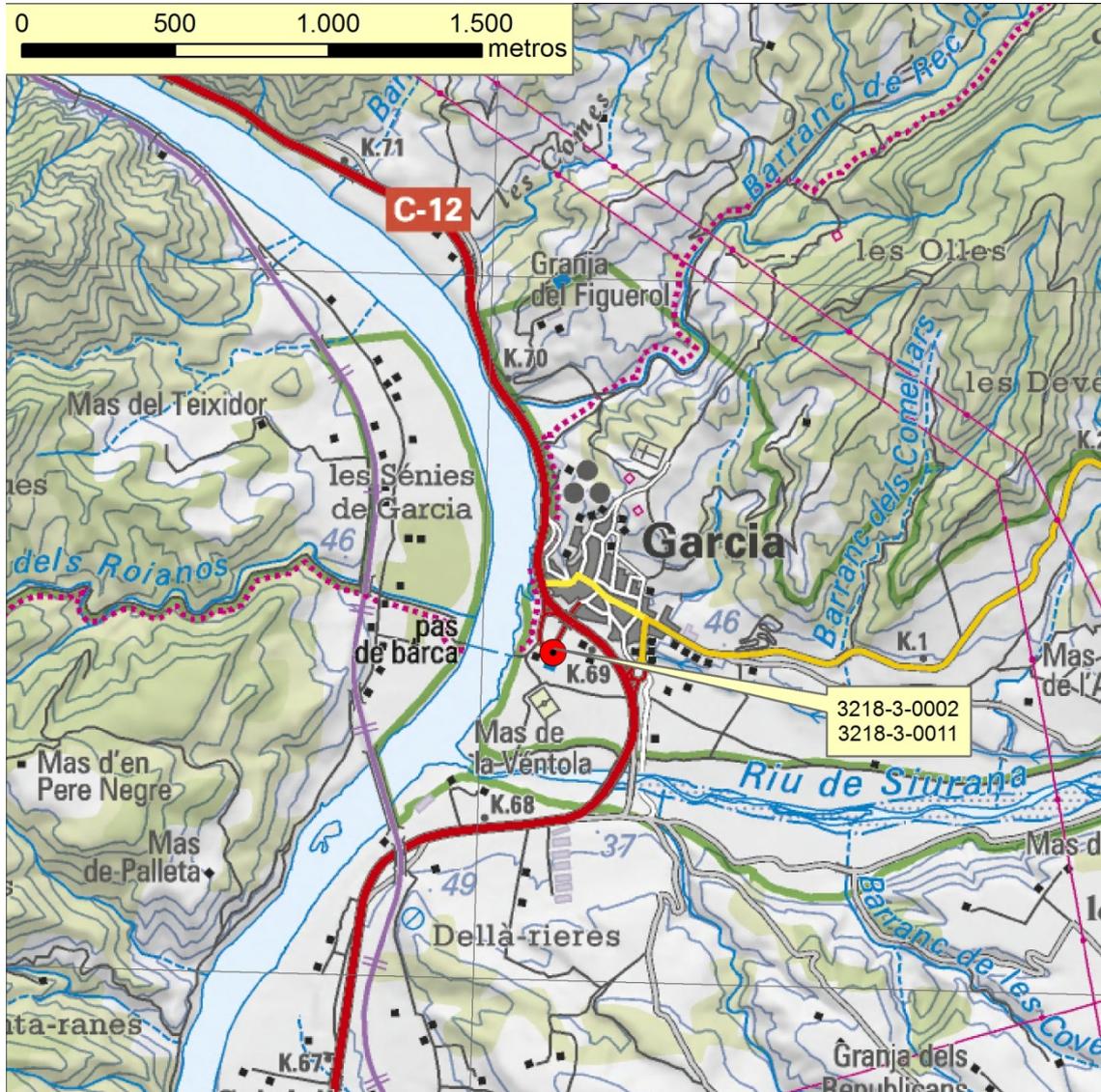


Figura 13. Mapa topográfico de la zona de emplazamiento de los sondeos de abastecimiento a García

Desde el punto de vista geológico ambos sondeos atraviesan los materiales detríticos aluviales del entronque entre el aluvial del Siurana y el del Ebro.

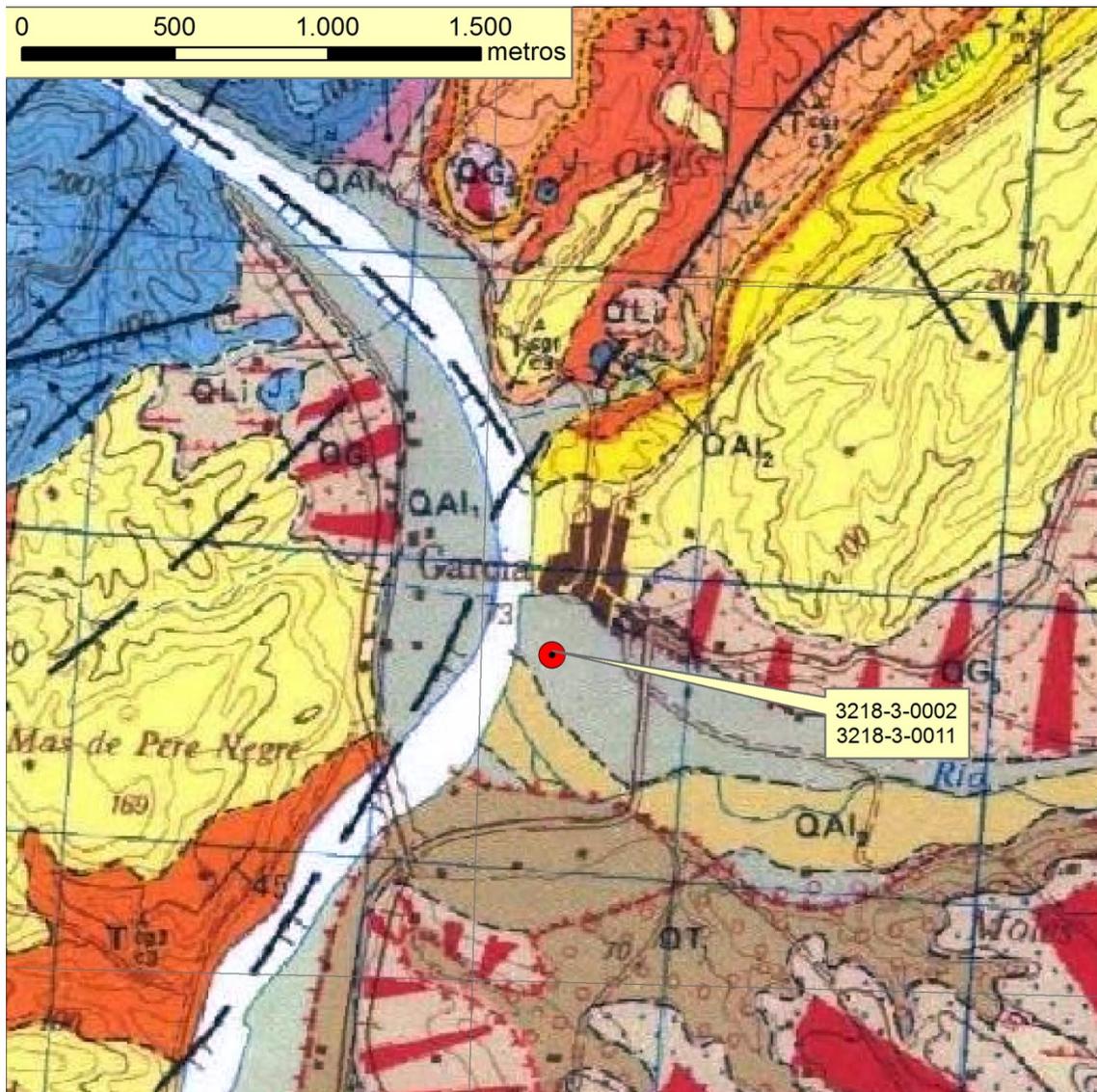


Figura 14. Mapa geológico de la zona de emplazamiento de los sondeos de abastecimiento a García

De acuerdo con los datos recogidos en el estudio del IGME (1985), el río Ebro en este tramo tiene un carácter efluente o ganador.

En cuanto a las cotas de agua, a partir de la topografía a escala 1:5.000 del Servicio Cartográfico de Cataluña, se deduce que los pozos se encuentran a una cota aproximada de unos 26-27 m.s.n.m., lo que supone que el nivel de agua esté entorno a los 21-22 m.s.n.m., coincidente, como era de esperar, con la cota del río en este tramo

Estos hechos, unidos a la escasa distancia de los pozos de abastecimiento al río, hacen que no pueda descartarse una entrada de agua del río al acuífero que finalmente pudiera ser captada por los pozos de abastecimiento. Por lo tanto se recomienda mantener este abastecimiento en el tipo 3 del Plan de Emergencia: Captaciones conectadas con el río.

3.2.7. Ginestar

Se trata de un sondeo de unos 120 m de profundidad, localizado al SE de la localidad y a una distancia del orden de 1.460 m del río Ebro.

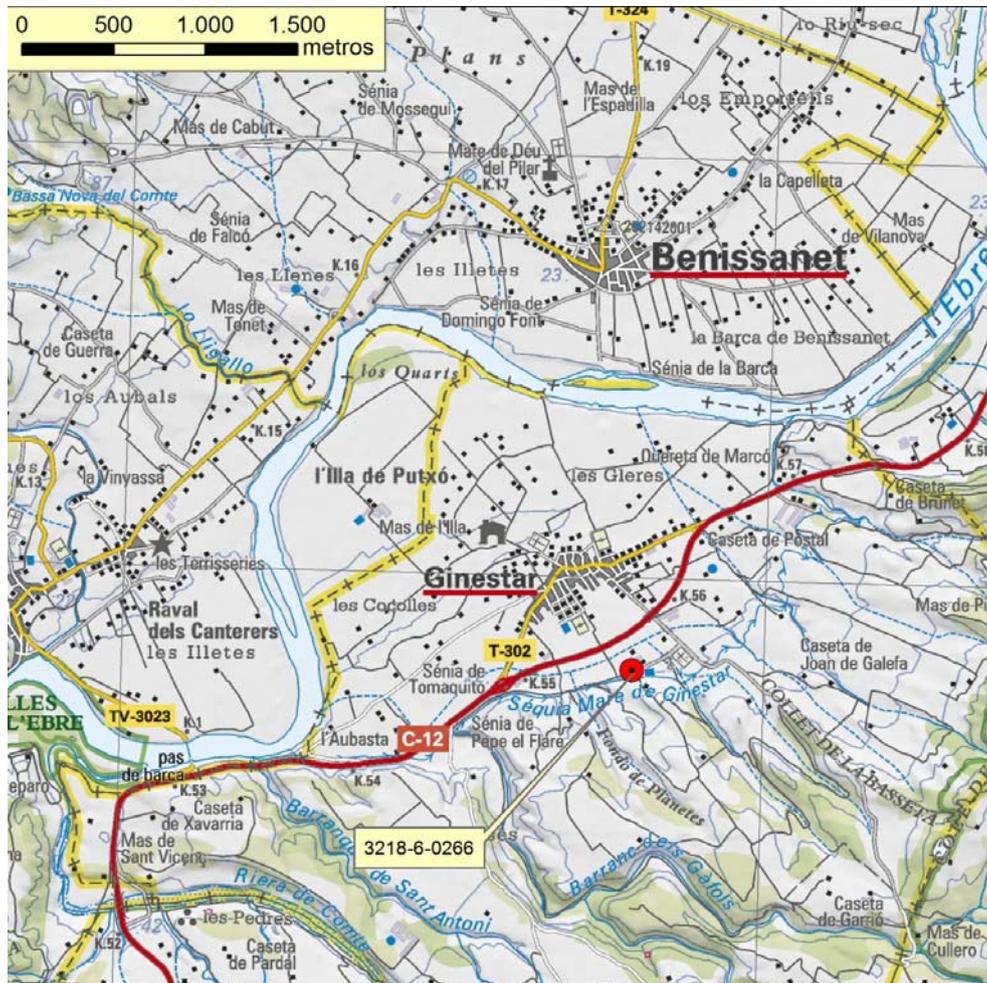


Figura 15. Mapa topográfico de la zona de emplazamiento del sondeo de abastecimiento a Ginestar

Desde el punto de vista geológico, el sondeo está perforado en los materiales detríticos de la terraza T2 del río Ebro, sin que aparentemente se alcanzaran materiales terciarios o incluso jurásicos.

De acuerdo con la información existente, la mayor parte del agua se extrae en la zona inferior del sondeo, por debajo de los 70 m, ya que un pozo en las inmediaciones que tiene esa profundidad, fue abandonado por no aportar el caudal suficiente.

Por lo que se refiere a las características del río en este tramo parece ser efluente de manera bastante continua (IGME, 1985). La cota del río en el tramo más próximo al sondeo es de unos 15 m.s.n.m., y la cota del sondeo del orden de 36 m.s.n.m. (deducidas a partir de la topografía a escala 1:5.000 del Servicio Cartográfico de Cataluña). No hay mediciones del nivel piezométrico.

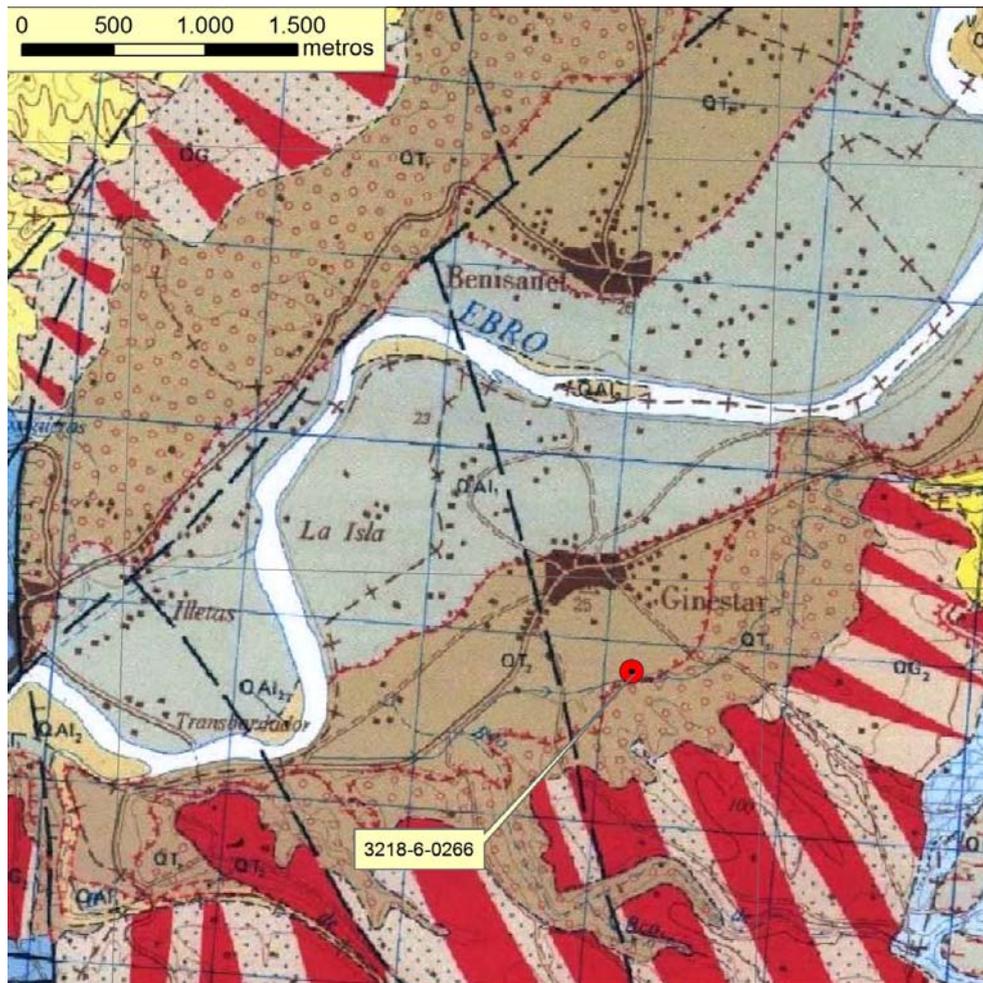


Figura 16. Mapa geológico de la zona de emplazamiento del sondeo de abastecimiento a Ginestar

Sobre el funcionamiento del sondeo, bombea del orden de 28.000 l/h en periodos de 6 a 8 horas dependiendo de la época del año.

A modo de ejercicio teórico se puede estimar una transmisividad que no debería ser muy elevada y que supondremos entorno a los 400-500 m²/día, e igualmente supondremos que estamos ante un acuífero libre con una porosidad eficaz del orden de 0,05-0,1 (podría corresponder a una terraza algo cementada)

En estas condiciones, un posible radio de influencia podría evaluarse en:

$$R \approx 1,5 \sqrt{\frac{P_{xt}}{m}}$$

$$R \sim 355-251 \text{ m}$$

De acuerdo con los datos expuestos, y teniendo en cuenta la distancia entre el río y la captación de abastecimiento (1.460 m), es prácticamente imposible que desde el pozo de bombeo puedan detraerse caudales del río Ebro. Por lo tanto se propone que este abastecimiento pase a incluirse en el tipo 5 del Plan de Emergencia: Captaciones independientes del río.

3.2.8. Miravet

La localidad de Miravet presenta un punto de abastecimiento de 150 m de profundidad localizado a unos 500 m de distancia del río.



Figura 17. Mapa topográfico de la zona de emplazamiento del sondeo de abastecimiento a Miravet

Desde el punto de vista geológico el sondeo atraviesa materiales calcáreos liásicos (Jurásico inferior), en una estructura que parece independizada del río a través de la facies Keuper (arcillas impermeables del Triásico), si bien el contacto con los materiales cuaternarios aluviales en el lado Este es a favor de una fractura normal.

3.2.9. Mora d'Ebre

La localidad de Mora d'Ebre presenta dos puntos de abastecimiento, ambos de unos 170 m de profundidad. El pozo 2 (321820124), más moderno y cercano al río, tiene los filtros situados entre 96 y 110 y de 124 a 164 m de profundidad. No se tienen datos del pozo 1 (321820039).

La distancia entre ambos pozos es del orden de 69,74 m y la distancia entre el pozo 2 y el río es de 420 m, si bien esta distancia se puede reducir a 307 m en relación a la zona de galacho o brazo de muy alta permeabilidad que existe en línea recta, entre éste y los pozos.



Figura 19. Mapa topográfico de la zona de emplazamiento de los sondeos de abastecimiento a Mora d'Ebre

Geológicamente, los sondeos se emplazan en un cono de deyección alcanzando los materiales conglomeráticos, más cementados en profundidad, si bien no se ha dispuesto de una descripción ajustada de la columna litológica.

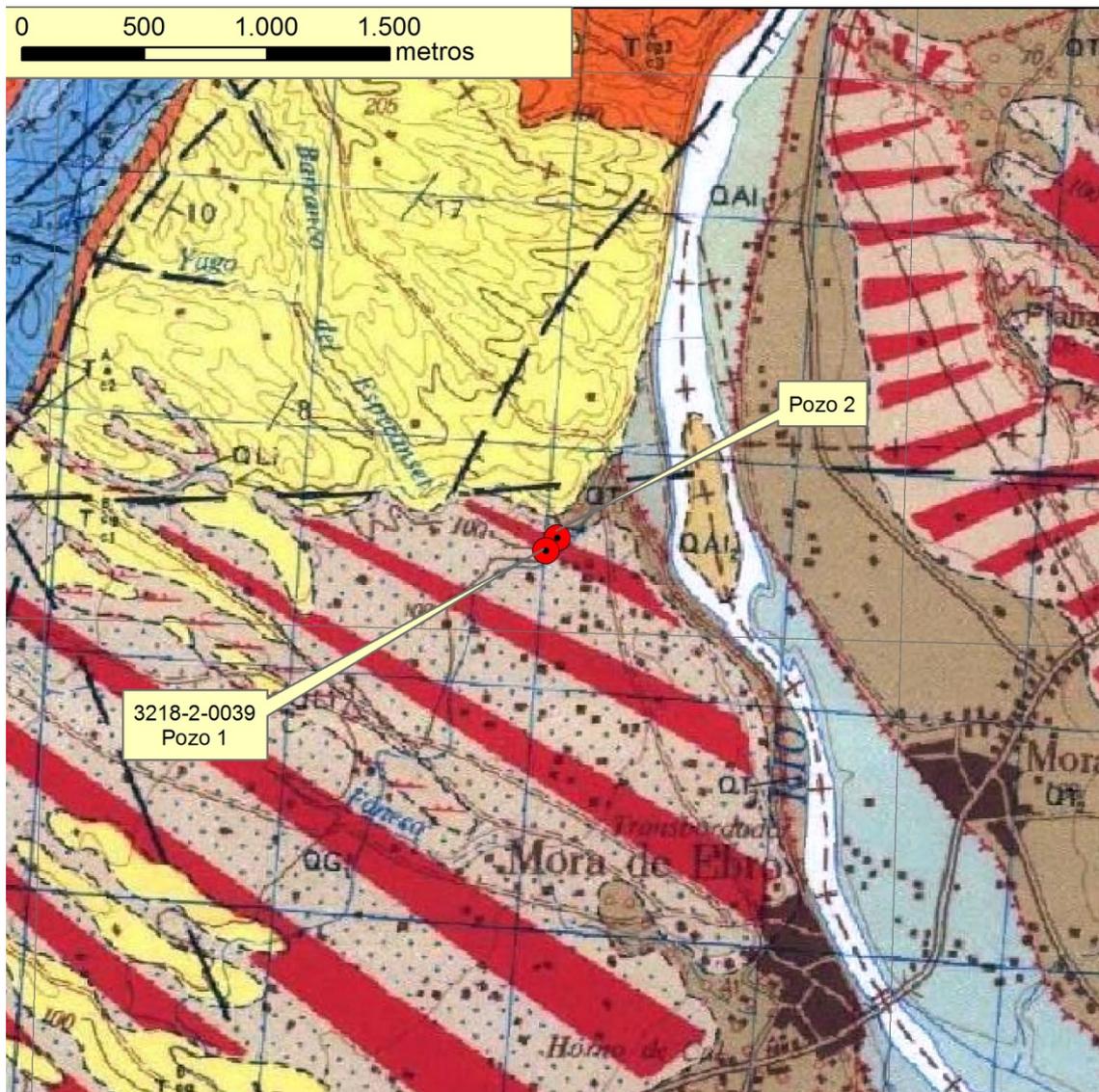


Figura 20. Mapa geológico de la zona de emplazamiento de los sondeos de abastecimiento a Mora d'Ebre

De acuerdo con los datos recogidos en el estudio de la CHE (1991), el flujo de agua subterránea en esta zona es más o menos paralelo al cauce del río Ebro (figura 21).

Por lo que se refiere a la relación de cotas, se ha realizado una nivelación topográfica de precisión que se recoge en el anejo 2. A partir de ella se puede indicar que el río se encuentra a una cota de aproximadamente 19,98 m.s.n.m. (21-22/11/12) y el nivel del agua en los pozos a 19,55 m.s.n.m. en el pozo 1 y 19,57 m.s.n.m. en el pozo 2. No se ha podido determinar que los niveles medidos en los pozos correspondan realmente a un estático no influenciado por el bombeo, por lo que de estos datos no se pueden obtener conclusiones sobre la relación hidráulica entre el río y el acuífero.

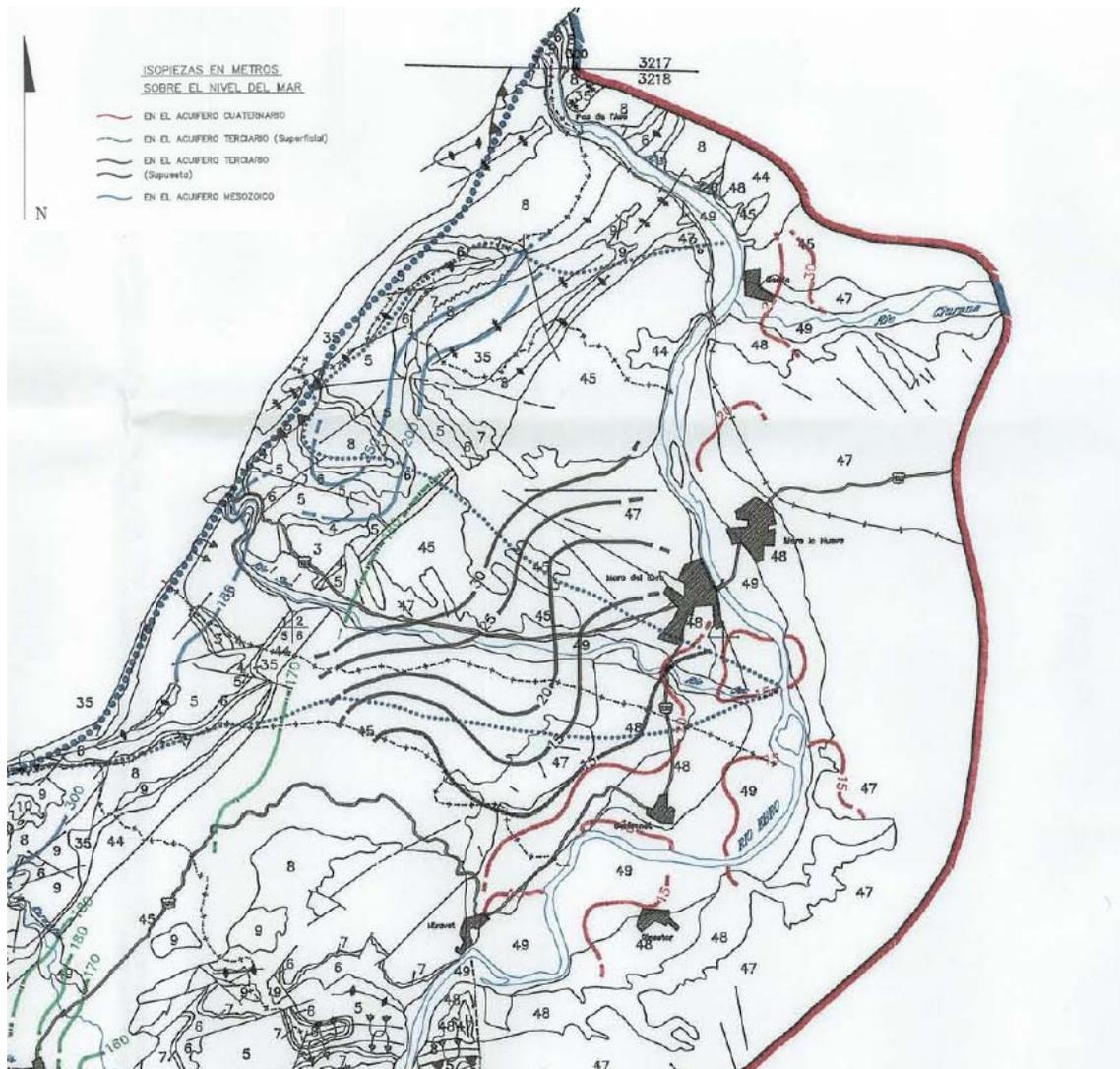


Figura 21. Mapa piezométrico de la Cubeta de Mora correspondiente al año 1990/91 (modificado de CHE, 1991)

A modo de resumen se adjunta un corte hidrogeológico simplificado de la zona, en el que se ha integrado toda la información recabada (figura 22).

Durante los días 21 y 22 de noviembre de 2012 se ha realizado un ensayo de bombeo en el pozo 2 con objeto de recabar información precisa sobre los parámetros hidráulicos del acuífero (anexo 3); asimismo se han recopilado datos anteriores en relación con un ensayo de bombeo escalonado realizado en 2007 tras su construcción (anexo 4).

A partir de los datos obtenidos en el primer aforo escalonado realizado en el año 2007, se obtiene la curva característica del pozo mediante la cual puede obtenerse el descenso teórico en el pozo, que viene a ser del orden de 0,3 m, lo cual está plenamente de acuerdo con el descenso de apenas 10 cm observado en el pozo 1 en el ensayo realizado el día 21/11/2012. Esto implica la existencia de una transmisividad muy elevada.

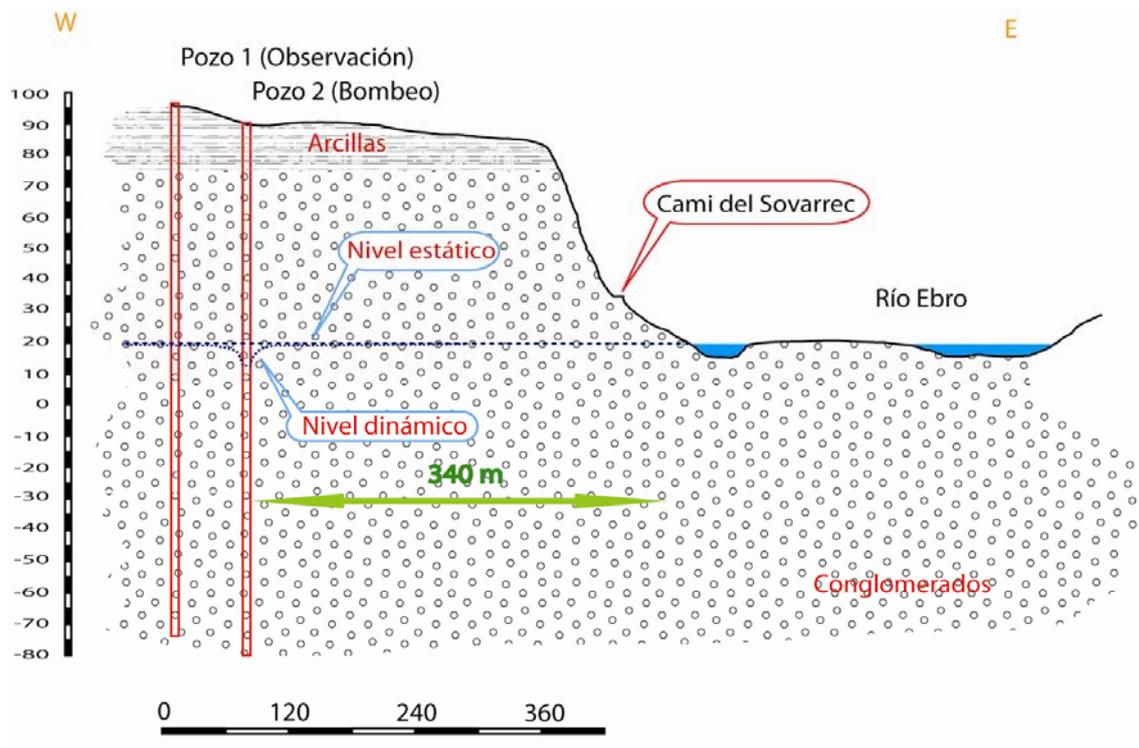


Figura 22. Corte hidrogeológico simplificado entre los pozos de abastecimiento a Mora d'Ebre y el río Ebro.

Así, haciendo una primera aproximación con la fórmula de Galofré, teniendo en cuenta que el caudal específico para 34 l/s es del orden de 111 l/s/m

$$T \left(\frac{\text{m}^2}{\text{día}} \right) \approx 100 \times q \left(\frac{\text{l}}{\text{s} \cdot \text{m}} \right)$$

se obtiene una transmisividad de unos 11.100 m²/día.

Este dato es consistente con la interpretación del ensayo de bombeo realizado el día 21/11/12 (anexo 3), en el que llegan a obtenerse valores de más de 18.000 m²/día en el bombeo y de 12.600 m²/día en la recuperación.

Los valores del coeficiente de almacenamiento obtenidos en este mismo ensayo son del orden de 6,99x10⁻³ a 1,26x10⁻⁴.

A partir de estos datos puede obtenerse un valor más ajustado del radio de influencia utilizando la fórmula de Thiem, considerando un acuífero cautivo en régimen estacionario.

$$s = 0,366 \frac{Q}{T} \log \frac{R}{r}$$

Para el pozo 2, con valores de descenso de 0,3 m, un caudal de 34 l/s, una transmisividad de 12.000 m²/día y un radio de pozo de 0,25 m, el valor de R es del orden de 557 m. Este radio de influencia sería del orden de 154 m en el caso de que la transmisividad fuera de 10.000 m²/día.

Con todos estos datos, tanto de estimaciones realizadas a partir de los bombeos, como a partir de los datos de niveles y de la estructura geológica, no puede descartarse una entrada de agua del río al acuífero que finalmente pudiera ser captada por los pozos de abastecimiento. Por lo tanto se recomienda mantener este abastecimiento en el tipo 4 del Plan de Emergencia: Captaciones probablemente conectadas con el río y establecer una estrategia de abastecimiento de la población que se ajuste a los criterios indicados en las conclusiones de este documento.

3.2.10. Mora la Nova

Se trata de un sondeo de 110 m de profundidad, localizado al NE de la localidad y a unos 1.370 m del río Ebro.

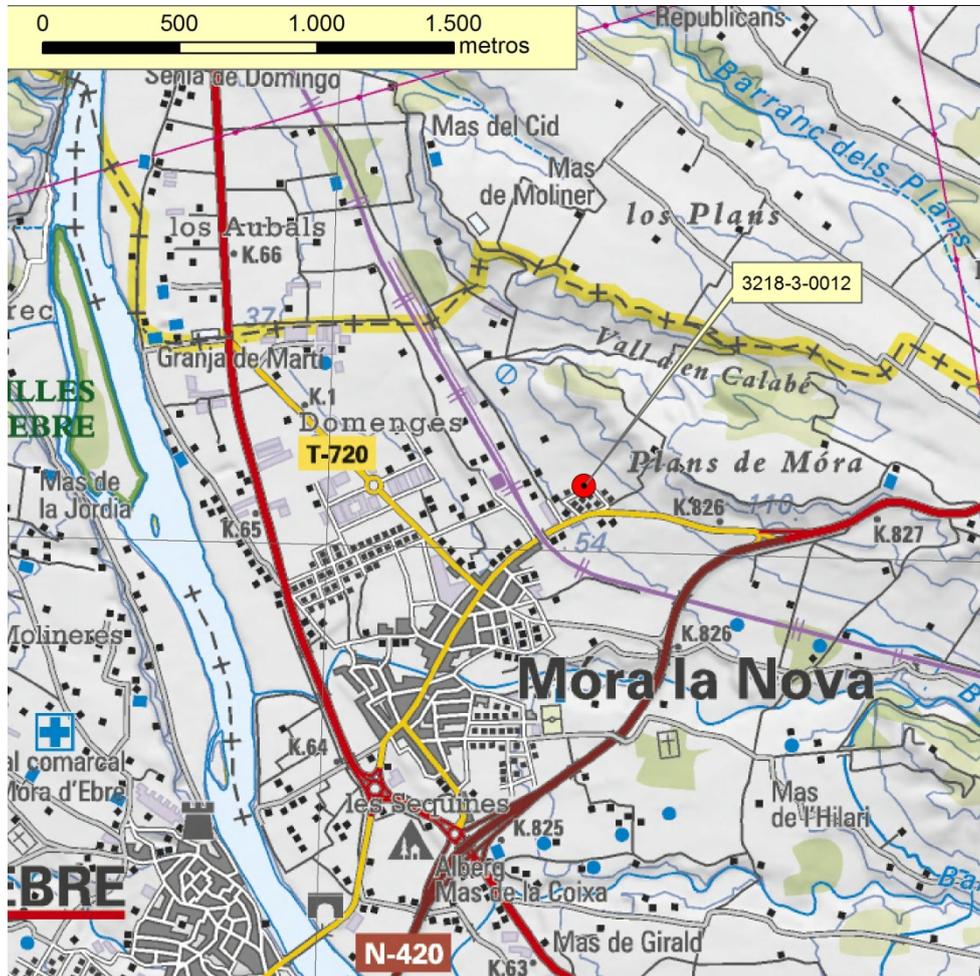


Figura 23. Mapa topográfico de la zona de emplazamiento del sondeo de abastecimiento a Mora La Nova

El sondeo se ha perforado en materiales detríticos (arenas y gravas) de un cono aluvial y en las terrazas subyacentes T1 y T2 del río Ebro.

De acuerdo con los datos del estudio del IGME (1985), el río Ebro en este tramo tiene un carácter efluente o ganador.

En lo que se refiere a la cota del río, se ha realizado una nivelación topográfica de precisión (los datos se recogen en el anejo 2) en la que se ha obtenido una cota de 19,98 m.s.n.m. (21-22/11/12). La profundidad del nivel de agua en el pozo, de acuerdo con la información existente es de 51 m, lo cual supone que la cota absoluta aproximada de dicho nivel es del orden de 19 m.s.n.m (deducida a partir de la topografía a escala 1:5.000 del Servicio Cartográfico de Cataluña). No se ha podido determinar que el nivel medido en el pozo

corresponda realmente a un estático no influenciado por el bombeo, por lo que de estos datos no se pueden obtener conclusiones sobre la relación hidráulica entre el río y el acuífero.

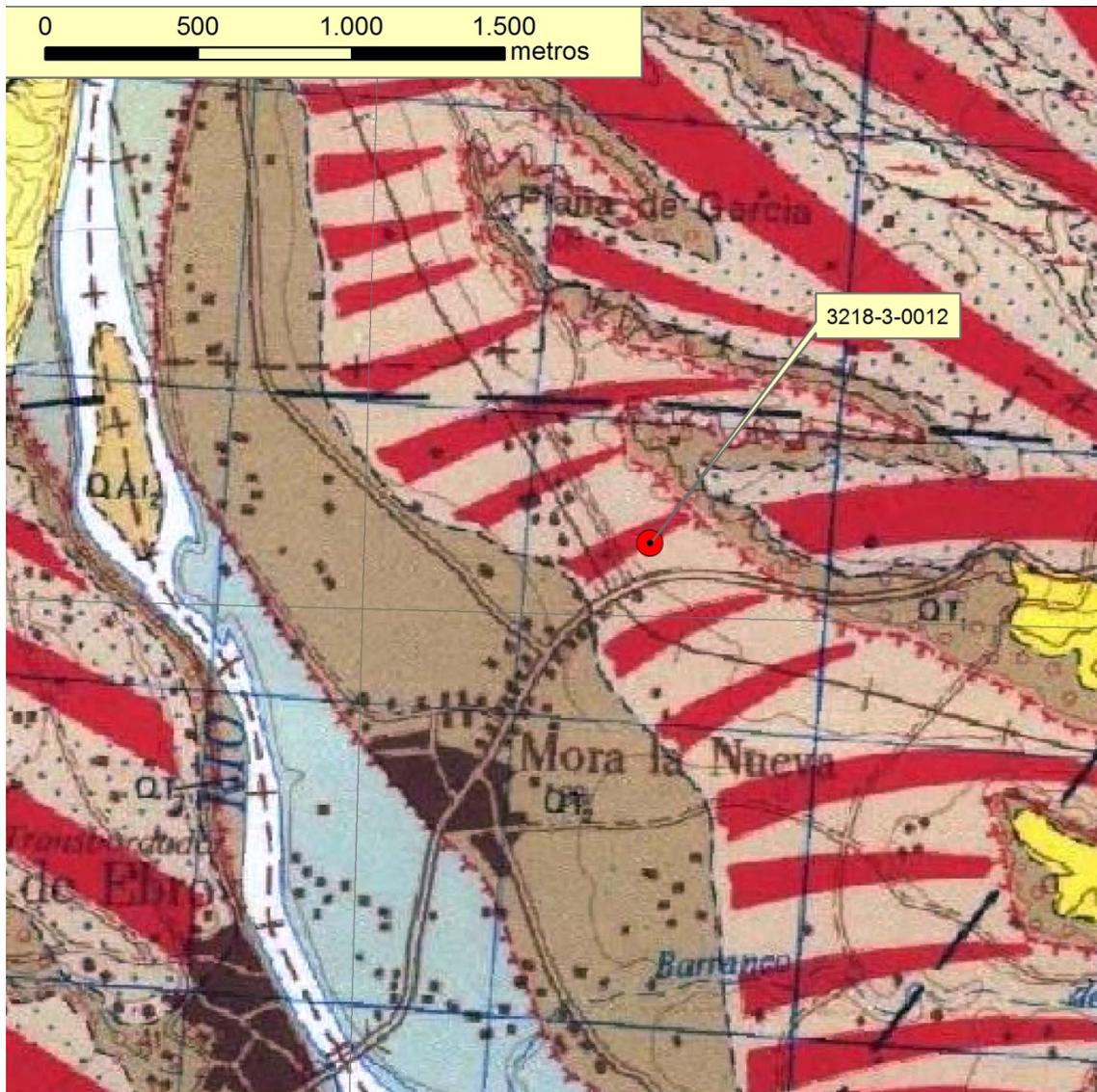


Figura 24. Mapa geológico de la zona de emplazamiento del sondeo de abastecimiento a Mora La Nova

Partiendo de esta premisa, y aunque la distancia entre el río y el pozo es del orden de 1.370 m, se analiza, aunque sea desde el plano teórico, la posible relación entre ambos.

El pozo, aforado en el año 1.979, dio un caudal del orden de 28 l/s con 4 metros de descenso.

A partir de estos datos supuestos, podemos estimar una transmisividad a partir de la Fórmula de Galofré del orden de:

$$T \left(\frac{\text{m}^3}{\text{día}} \right) \approx 100 \times q \left(\frac{\text{l}}{\text{m}^2} \right)$$

$$T = 100 \times 7 \sim 700 \text{ m}^3/\text{día}$$

Suponiendo igualmente una porosidad eficaz del orden de 0,1-0,2, se puede estimar un radio de influencia del cono de descensos del pozo para un periodo de una semana de bombeo en continuo del orden de:

$$R \approx 1,5 \sqrt{\frac{T \times t}{m}}$$

$$R \sim \underline{332-235 \text{ m}} \text{ (para la horquilla de porosidad eficaz)}$$

Atendiendo a estos hechos es prácticamente imposible que desde el pozo de bombeo puedan detraerse caudales del río Ebro. Por lo tanto se propone que este abastecimiento pase a incluirse en el tipo 5 del Plan de Emergencia: Captaciones independientes del río.

3.2.11. Pinell de Brai

La localidad de Pinell de Brai presenta dos pozos de abastecimiento prácticamente iguales de 18 y 17 m de profundidad, separados apenas 10 m uno del otro, y localizados a unos 100 m de distancia del río. El abastecimiento se complementa con un manantial localizado a más de 2 km del río, que no presenta ninguna relación hidráulica con él (sinclinal colgado en calizas jurásicas), y que, de acuerdo con la información obrante en las bases de datos de la CHE, presenta un caudal entre 0,5 y 0,7 l/s (anexo 1).

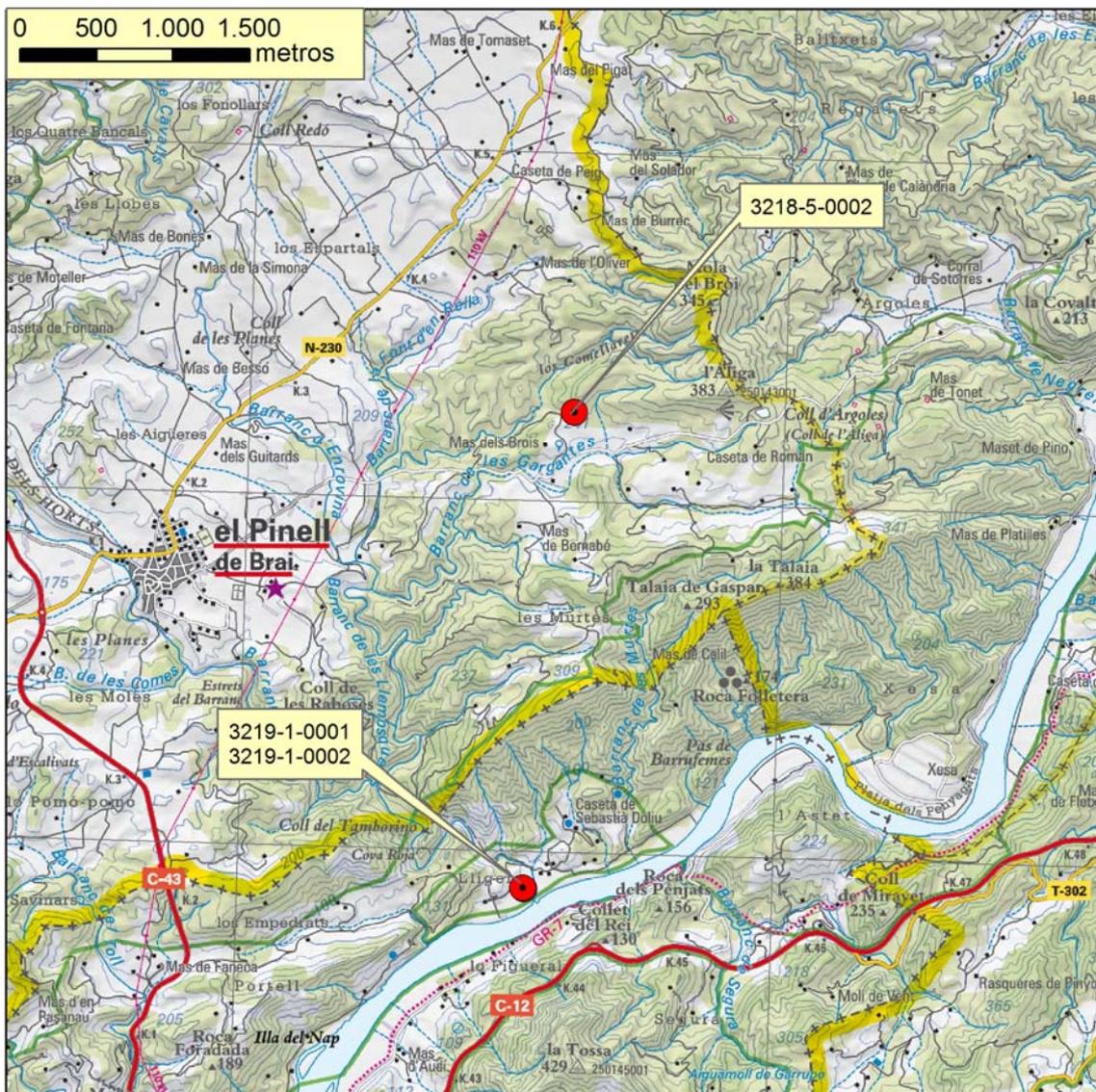


Figura 25. Mapa topográfico de la zona de emplazamiento de las captaciones de abastecimiento a Pinell de Brai

Desde el punto de vista geológico ambos pozos atraviesan los materiales detríticos de un pequeño cono de deyección que llega al río Ebro.

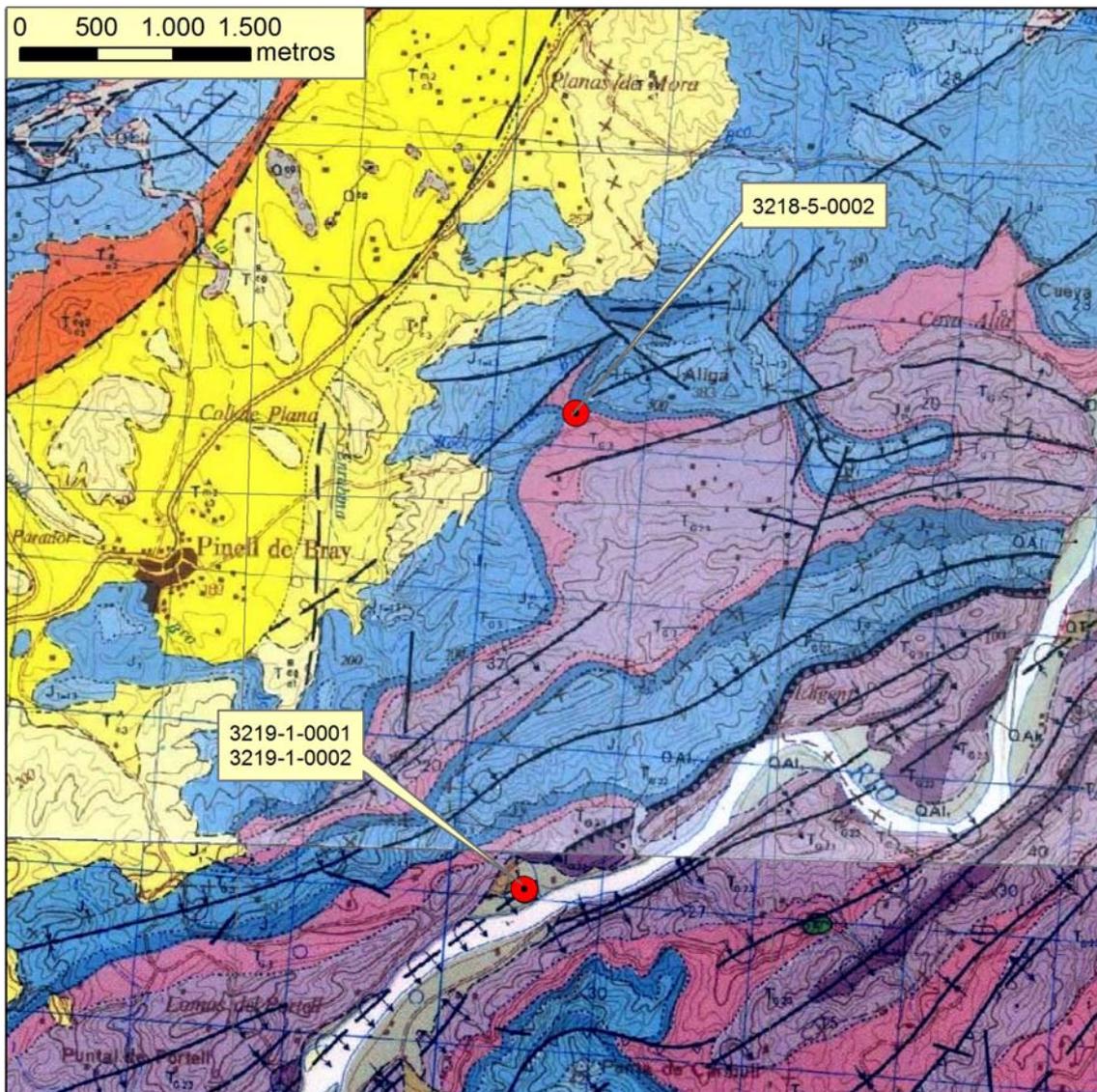


Figura 26. Mapa geológico de la zona de emplazamiento de las captaciones de abastecimiento a Pinell de Brai

Por lo que se refiere a las cotas de agua, a partir de la topografía a escala 1:5.000 del Servicio Cartográfico de Cataluña, se deduce que los pozos se encuentran a una cota aproximada de unos 17-18 m.s.n.m, lo que supone que el nivel de agua esté entorno a los 13 m.s.n.m. Este nivel es coincidente con la cota del río en este tramo. En condiciones de bombeo la cota del nivel de agua en el pozo se situaría por debajo de la del río.

Todo ello, unido a la escasa distancia que existe entre los sondeos y el río hace que no pueda descartarse una entrada de agua del río al acuífero que finalmente pudiera ser captada por los pozos de abastecimiento. Por lo tanto se recomienda mantener este abastecimiento en el tipo 3 del Plan de Emergencia: Captaciones conectadas con el río.

3.2.12. Rasquera

Existen dos sondeos próximos para el abastecimiento pero solo se utiliza el antiguo de 65 m de profundidad (3218-6-0139). La distancia más corta al río es del orden de 1.500 m.

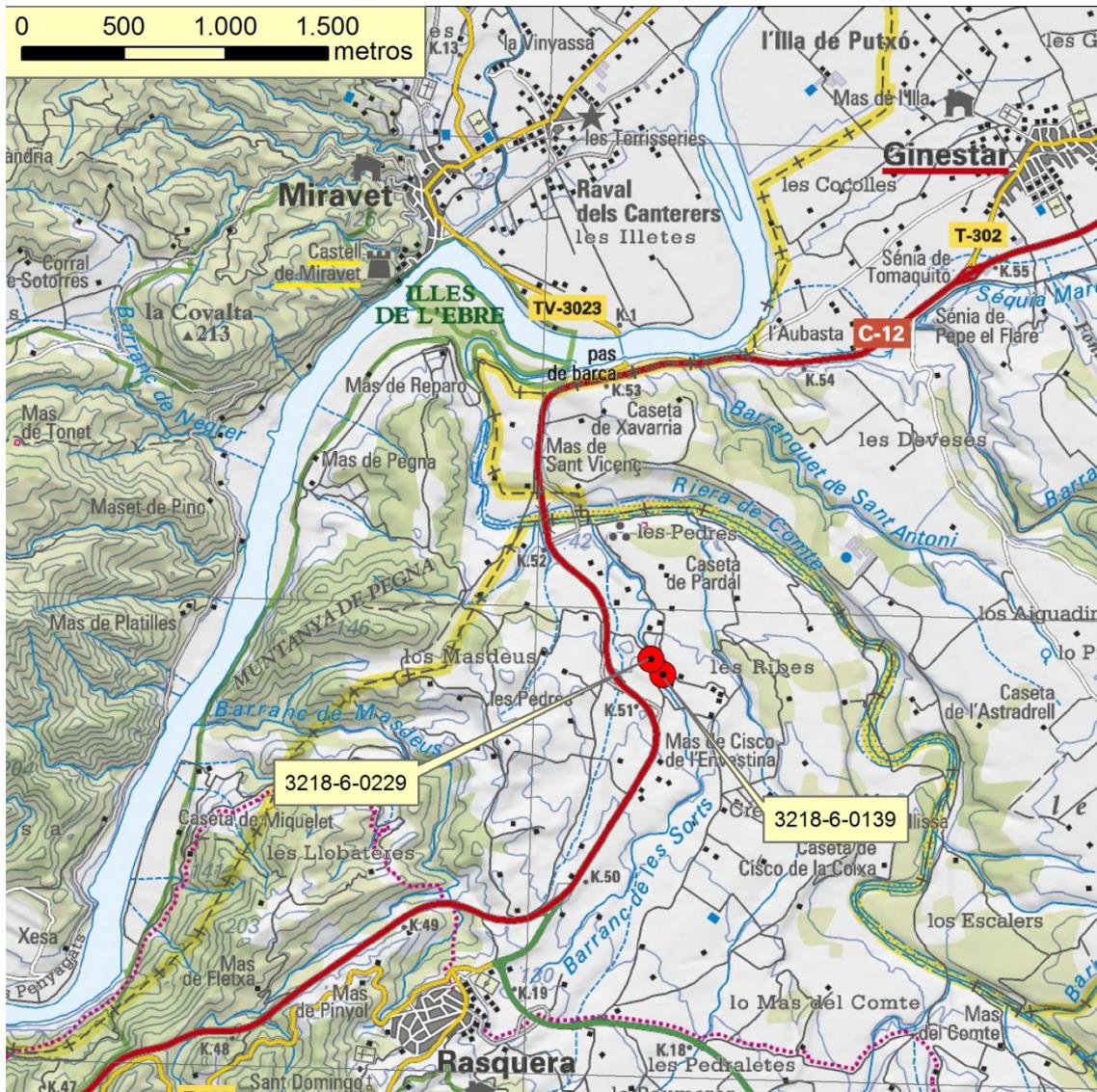


Figura 27. Mapa topográfico de la zona de emplazamiento de los sondeos de abastecimiento a Rasquera

Geológicamente los pozos se han perforado en materiales detríticos cuaternarios, pertenecientes a conos de deyección, fundamentalmente conglomerados y tramos más sueltos de gravas silíceas finas con arenas. Dichos conos conectan geológicamente con las terrazas del río.

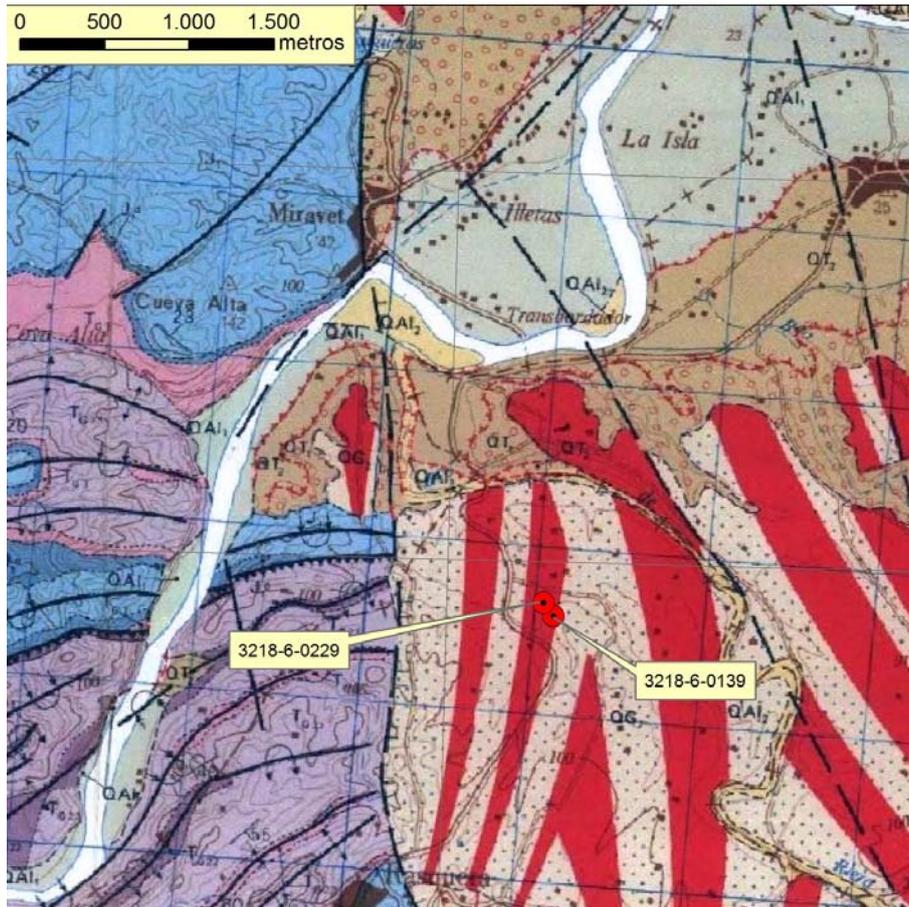


Figura 28. Mapa geológico de la zona de emplazamiento de los sondeos de abastecimiento a Rasquera

Por lo que se refiere a las cotas, el río se encuentra a una cota del orden de los 15 m.s.n.m. y el brocal del pozo sobre los 60 m.s.n.m (deducidas a partir de la topografía a escala 1:5.000 del Servicio Cartográfico de Cataluña). No hay datos de nivel del pozo de abastecimiento, aunque se conoce el nivel en un pozo cercano (menos de 100 m), y tiene una cota similar a la del río.

En el sondeo cercano, mediante un ensayo de bombeo se calculo una transmisividad del orden de $86 \text{ m}^2/\text{día}$, que puede resultar algo baja para este tipo de medios, por lo que se considerará del orden de $200\text{-}300 \text{ m}^2/\text{día}$ para realizar las estimaciones. Según los materiales atravesados se supone una porosidad eficaz del orden de 0,05 a 0,1.

Con estos datos puede estimarse un radio de influencia para un periodo de tiempo de 7 días es el siguiente:

$$R \approx 1,5 \sqrt{\frac{T \cdot t}{M}}$$

$$R \sim 307\text{-}217 \text{ m}$$

Atendiendo a estos hechos es prácticamente imposible que desde los pozos de bombeo puedan detraerse caudales del río Ebro. Por lo tanto se propone que este abastecimiento pase a incluirse en el tipo 5 del Plan de Emergencia: Captaciones independientes del río.

3.2.13. Roquetes

La localidad de Roquetes presenta un punto de abastecimiento de 30 m de profundidad localizado a unos 1.440 m del río.



Figura 29. Mapa topográfico de la zona de emplazamiento del sondeo de abastecimiento a Roquetes

Desde el punto de vista geológico el sondeo se emplaza sobre los materiales detríticos de la llanura aluvial del río Ebro, constituido por gravas, arenas y conglomerados.

De acuerdo con los estudios previos que se han podido consultar (Servei Geològic de Catalunya, 1986; CHE, 1991; y CHE, 2002), el río Ebro en este tramo tiene un carácter efluente o ganador, si bien las cotas de río y acuífero obtenidas a partir de la topografía del Servicio Cartográfico de Cataluña indicarían un flujo local más o menos paralelo al río.

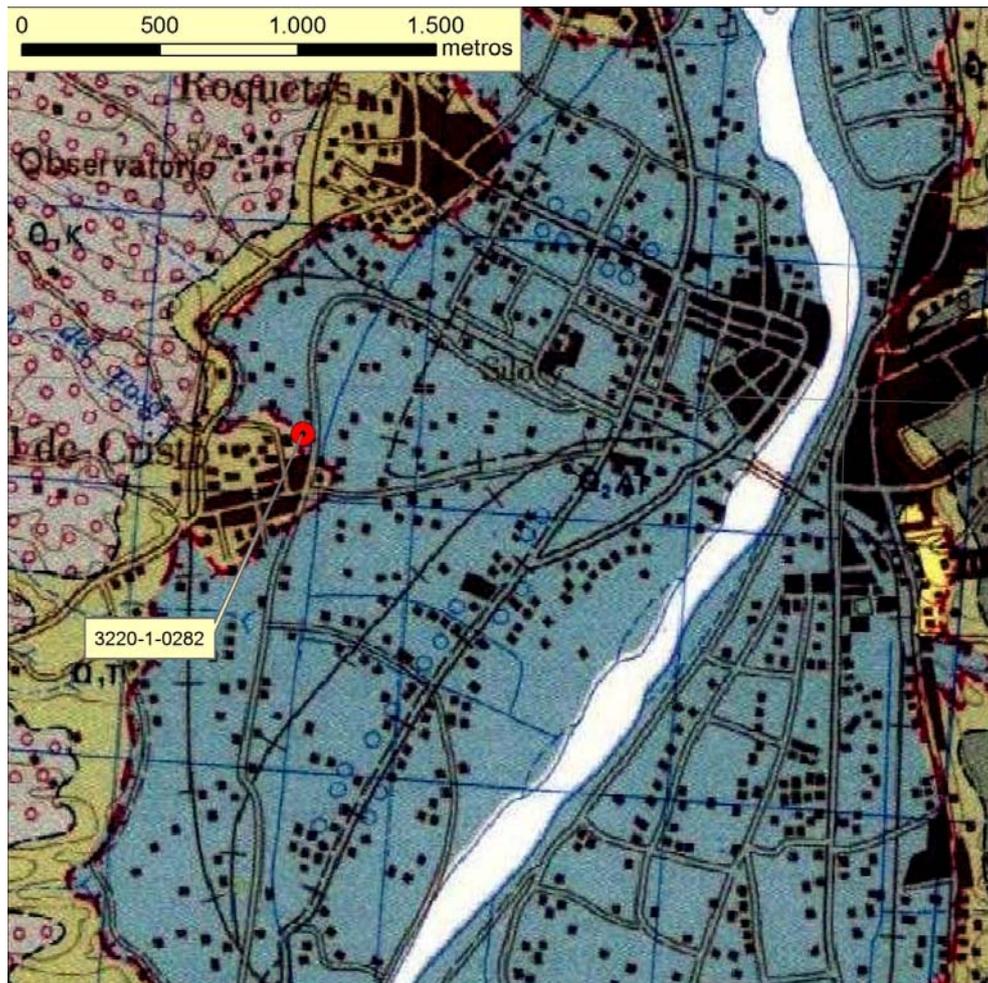


Figura 30. Mapa geológico de la zona de emplazamiento del sondeo de abastecimiento a Roquetas

No se disponen de datos de caudales, descensos o transmisividad en esta zona, si bien la importante distancia existente entre el punto de bombeo y el río, y tratándose de un acuífero libre, hacen bastante improbable la captación de agua del río desde el pozo de abastecimiento.

Puede realizarse un cálculo teórico sobre el radio de influencia, aplicando una transmisividad elevada, del orden de 700-900 m²/día, y una porosidad eficaz para arenas y gravas poco cementadas suponiendo que el pozo está perforado en el aluvial, del orden de 0,1-0,35.

Con estos datos, el radio de influencia puede estimarse en:

$$R \approx 1,5 \sqrt{\frac{T \cdot t}{m}}$$

$$R \sim 376-178 \text{ m}$$

Atendiendo a estos hechos es prácticamente imposible que desde el pozo de bombeo puedan detraerse caudales del río Ebro. Por lo tanto se propone que este abastecimiento pase a incluirse en el tipo 5 del Plan de Emergencia: Captaciones independientes del río.

3.2.14. Tivenys

La localidad de Tivenys presenta dos puntos de abastecimiento de 25 y 130 m de profundidad localizados a 150 y 390 m de distancia del río respectivamente.



Figura 31. Mapa topográfico de la zona de emplazamiento de los sondeos de abastecimiento a Tivenys

Desde el punto de vista geológico ambos sondeos atraviesan materiales detríticos cuaternarios. El 3219-5-0032 prácticamente atraviesa materiales de la llanura de inundación actual, mientras que el 3219-5-0325 parece emboquillado en los materiales del cono de deyección que se desarrollan sobre una de las terrazas del río.

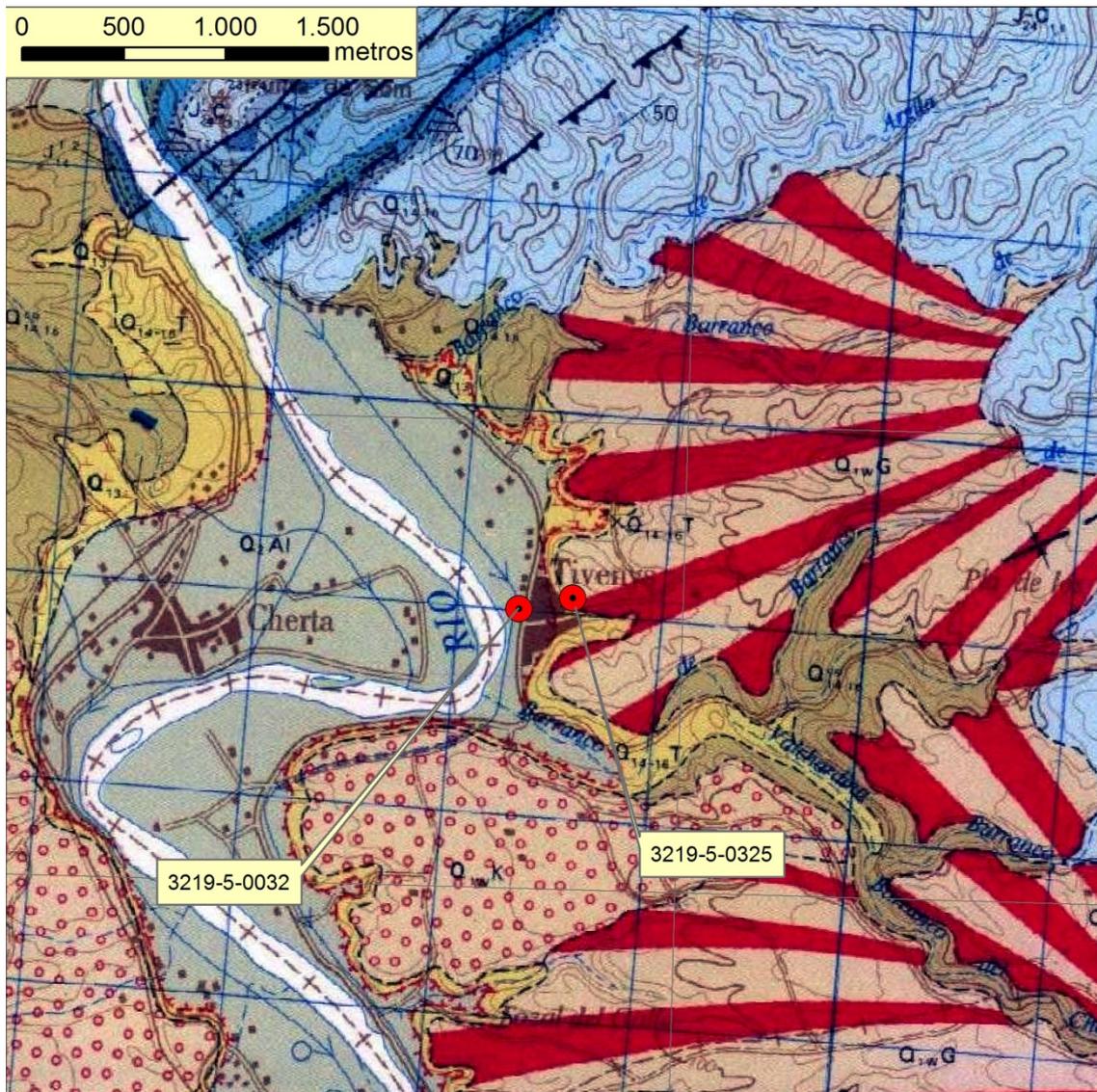


Figura 32. Mapa geológico de la zona de emplazamiento de los sondeos de abastecimiento a Tivenys

Por lo que se refiere a las cotas, se ha realizado una nivelación topográfica de precisión en esta zona (anexo 2). Los datos indican que la cota aproximada del río es de 4,23 m.s.n.m. (21-22/11/12) y la cota del nivel estático del acuífero en el pozo 3219-5-0325 era de 4,39 m.s.n.m. Con estos datos puede concluirse que ambos niveles son prácticamente coincidentes. Idénticas consideraciones pueden realizarse para el sondeo 3219-5-0032, con un nivel estimado entre 6 y 12 m, presentaría un nivel de agua entre 0 y 6 m.s.n.m.

En estas circunstancias la conexión hidrogeológica del río con el sondeo 3219-5-0032 resulta bastante plausible. No obstante, en la actualidad dicho sondeo no se utiliza por lo que los siguientes comentarios se centrarán exclusivamente en la captación 3219-5-0325.

En el caso de la captación 3219-5-0325, con los datos existentes también se puede prever dicha conexión hidráulica, si bien en este caso, dada la distancia existente conviene evaluar si dicha conexión puede producirse, a los efectos de detracción de caudales.

Se dispone de datos de un aforo realizado en el año 2009 en este sondeo (ver ficha IPA en anejo 1) y han podido obtenerse unos descensos teóricos en el pozo que son sensiblemente similares a los medidos, por lo que en principio podemos aplicar la aproximación de Galofré. También se han realizado algunas medidas “in situ” (anejo 3) a partir de un bombeo de corta duración, aunque únicamente se han utilizado para comprobar las mediciones anteriores.

Con la siguiente fórmula se puede obtener una estimación inicial de la transmisividad:

$$T \left(\frac{\text{m}^2}{\text{día}} \right) \approx 100 \times q \left(\frac{\text{l}}{\text{s} \cdot \text{m}} \right)$$

Teniendo en cuenta que existe un ensayo de bombeo en el que los datos eran los siguientes:

- Nivel estático:	69,1 m	69,1 m
- Nivel dinámico:	83,55 m	73,5 m
- Caudal:	12,11 l/s	5,78 l/s

se puede establecer un caudal específico variable entre 0,84 y 1,3 l/s/m (siempre teniendo en cuenta que los cálculos se realizan con descensos reales y no teóricos).

Así, la transmisividad estimada es del orden de

$$T = 100 \times (1,3 - 0,84) \sim 130 - 84 \text{ m}^2/\text{día}$$

En estas condiciones, el radio de influencia puede evaluarse, para una porosidad eficaz del orden de 0,05 a 0,1 y un periodo de 7 días en:

$$R \approx 1,5 \sqrt{\frac{T \times t}{m}}$$

$$R \sim 202 - 115 \text{ m}$$

Teóricamente no es esperable que el cono de descensos producido por el pozo alcance el río en un periodo de bombeo de 7 días, no obstante, dado que la distancia al río es del orden de 390 m y dado que no existe un gradiente claramente definido desde el acuífero hacia el río no puede descartarse una entrada de agua del río al acuífero que finalmente pudiera ser captada por los pozos de abastecimiento. Por lo tanto se recomienda mantener este abastecimiento en el tipo 4 del Plan de Emergencia: Captaciones probablemente conectadas con el río y establecer una estrategia de abastecimiento de la población que se ajuste a los criterios indicados en las conclusiones de este documento.

3.2.15. Tivissa

Se trata de un sondeo de 200 m de profundidad, localizado al SE de la localidad y a una distancia de más de 7.000 m del río Ebro.



Figura 33. Mapa topográfico de la zona de emplazamiento del sondeo de abastecimiento a Tivissa

A tenor de los datos existentes el sondeo está perforado en materiales de la facies Muschelkalk (calizas del Triásico), tras atravesar un importante espesor de materiales margoso-arcillosos, que probablemente pertenezcan a la facies Keuper (arcillas impermeables del Triásico). La mineralización del agua, muy sulfatada, avalaría esta situación.

El sondeo se ha perforado en una estructura plegada con los ejes pseudo-paralelos al río Ebro, donde se reconocen dos grandes sinclinales separados por un anticlinal en cuyo eje aflora la facies Keuper, presente en toda la zona. Hacia el río, la estructura se hunde estando recubierta además por los materiales terciarios.

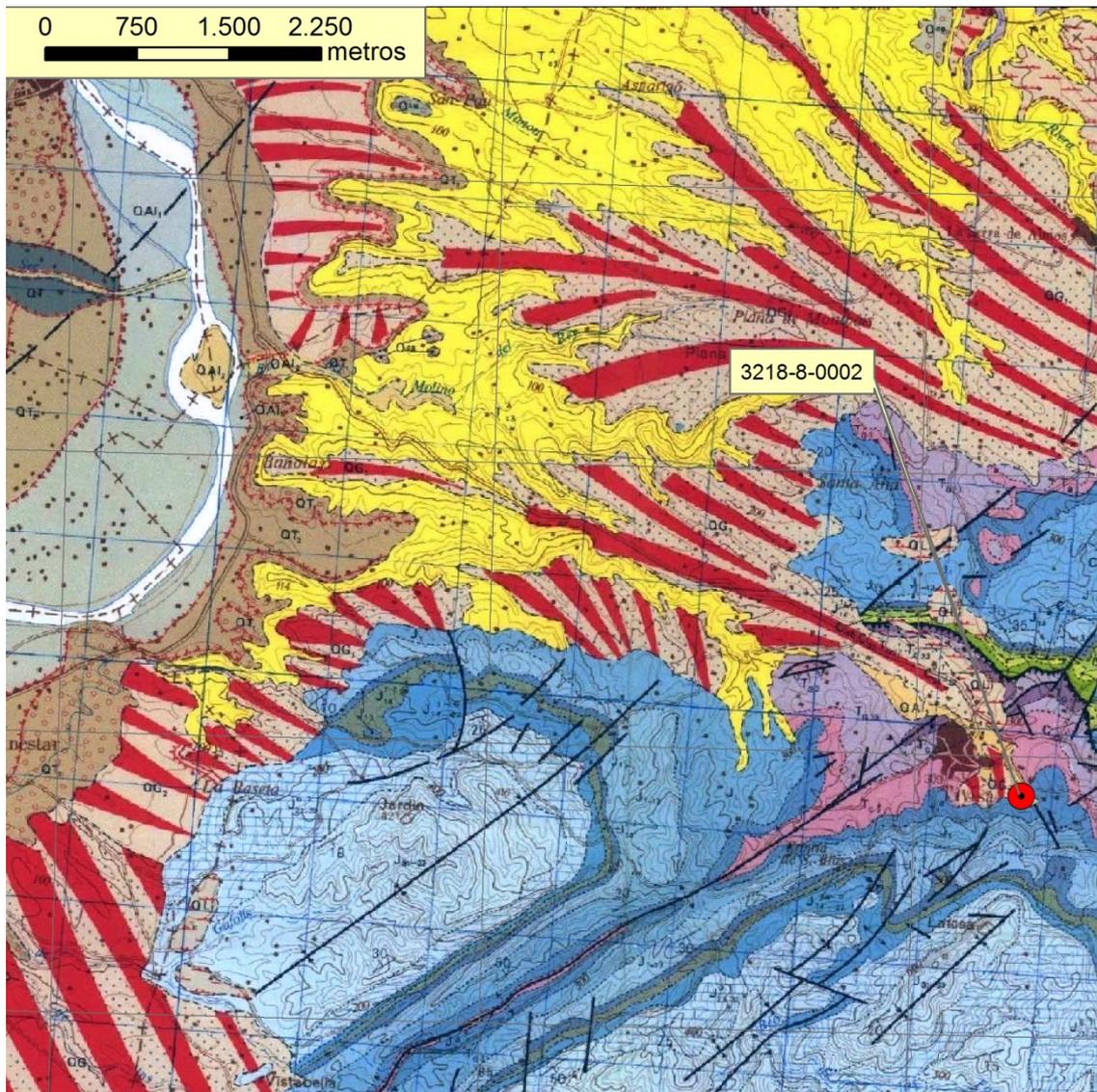


Figura 34. Mapa geológico de la zona de emplazamiento del sondeo de abastecimiento a Tivissa

Desde un punto de vista hidrogeológico no hay posibilidad alguna de conexión entre el río y el pozo. A los más de 7.000 m de distancia hasta el río se suma una estructura geológica totalmente desfavorable para verificar dicha conexión, así como la presencia de numerosos tramos prácticamente impermeables que impiden la existencia de cualquier tipo de conexión hidráulica en entre el río y el acuífero explotado por el pozo de abastecimiento a Tivissa. Por lo tanto se propone que este abastecimiento pase a incluirse en el tipo 5 del Plan de Emergencia: Captaciones independientes del río.

3.2.16. Torre de l'Espanyol

Se trata de un sondeo de 221 m de profundidad, localizado al Este de la localidad y a unos 2.150 m del río Ebro.

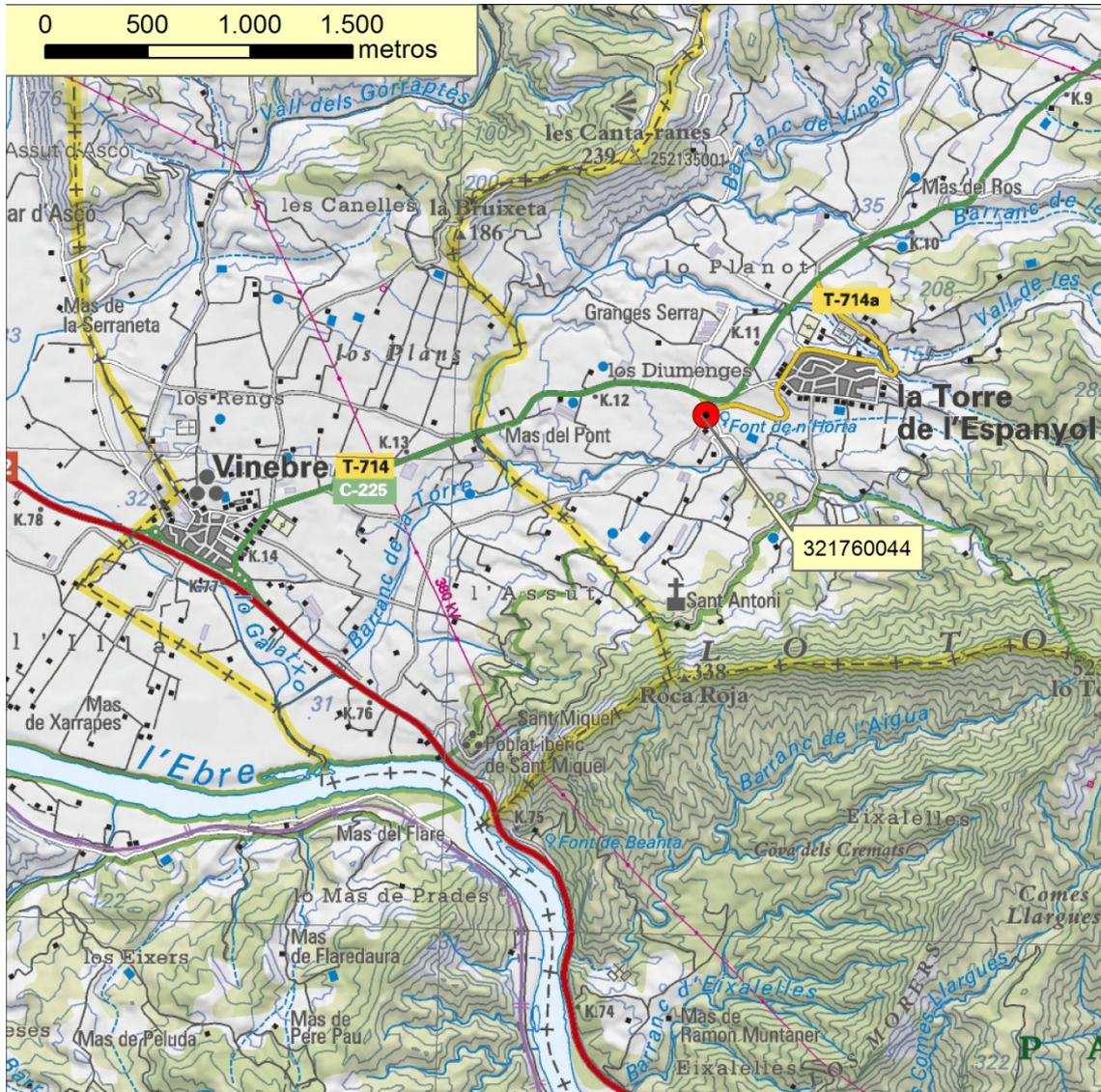


Figura 35. Mapa topográfico de la zona de emplazamiento del sondeo de abastecimiento a Torre del Español

El sondeo atraviesa la serie Oligocena llegando hasta los materiales calcáreos eocenos. La primera parte de la serie hasta los 63,5 m es de carácter detrítico arcilloso, si bien hay tramos conglomeráticos por donde puede circular agua; a partir de los 116 m, la serie es predominantemente calcárea, algo margosa en el tramo oligoceno, hasta hacerse calcárea en el Eoceno.

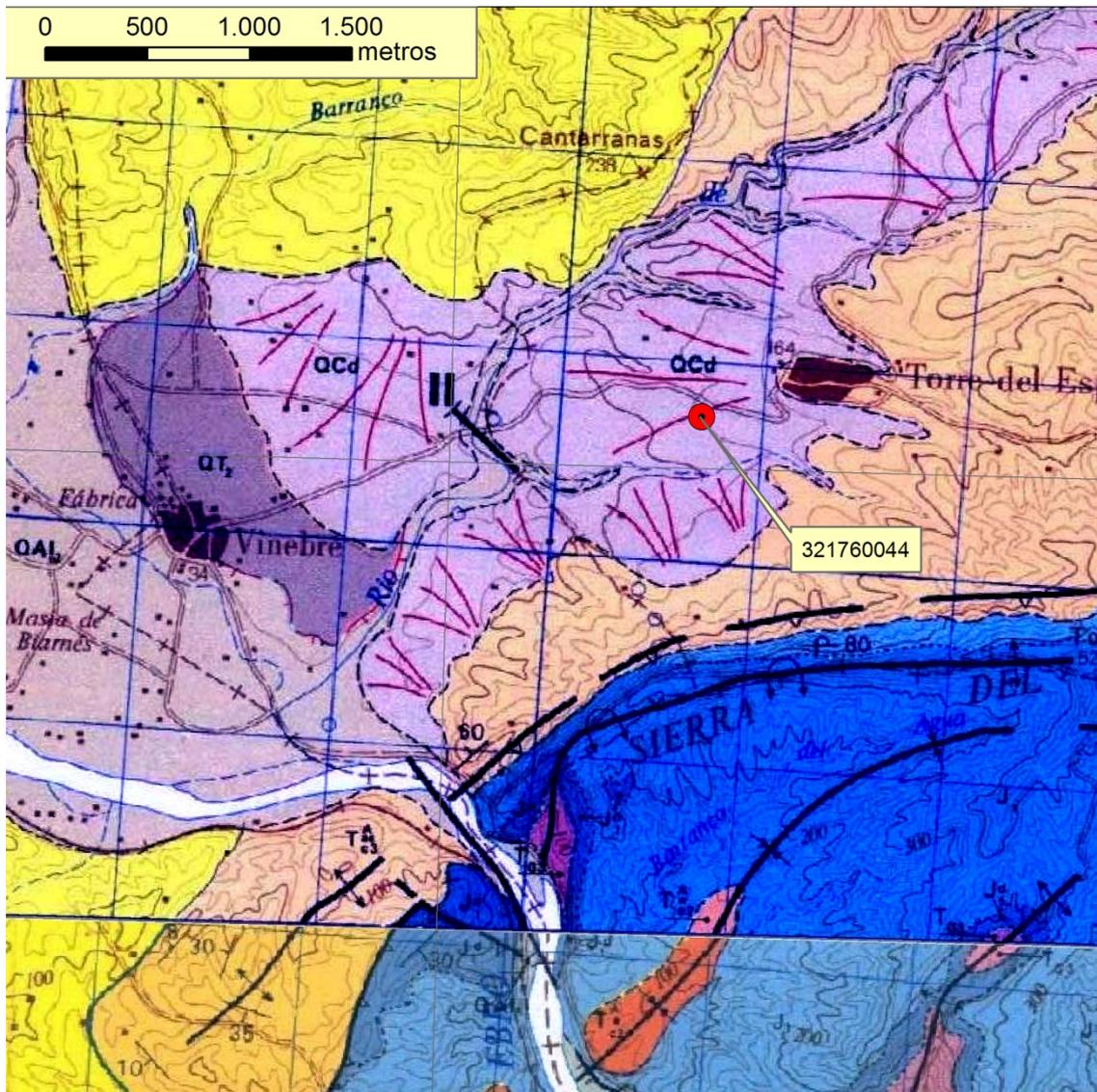


Figura 36. Mapa geológico de la zona de emplazamiento del sondeo de abastecimiento a Torre del Español

El sondeo fue surgente en el momento de la perforación. La surgencia fue aumentando de caudal paulatinamente hasta el final de la perforación en la que se obtuvo un caudal de unos 5 l/s. A la profundidad de unos 140 m, la presión del agua era de 25 atm (es decir el equivalente a unos 250 m de columna de agua). Se cementó hasta los 101 m de profundidad.

En el año 2008 seguía siendo surgente, siendo necesario su bombeo en caso de emergencia o para el llenado de las piscinas.

Por lo que se refiere a las cotas de agua, a partir de la topografía a escala 1:5.000 del Servicio Cartográfico de Cataluña se deduce que el nivel del agua en la actualidad en el sondeo es cuando menos el de la boca de éste, es decir 115,5 m.s.n.m. En el momento de la perforación se localizaba aproximadamente unos 250 m por encima de la boca, es decir a una cota aproximada de 365,5 m.s.n.m. En cuanto a la cota del río Ebro en la zona más cercana, a

unos 2.250 m, se localiza entorno a los 25 m.s.n.m. Estas observaciones están de acuerdo con los datos recogidos en el estudio del Servei Geologic de Catalunya (1986).

A partir de estos datos pueden deducirse las siguientes cuestiones:

- La conexión entre el río y los tramos permeables del sondeo es muy poco probable dado que la mayor aportación de caudal se produce en el tramo calcáreo, a partir de los 140 m de profundidad.
- El sondeo se cementó hasta los 101 m de profundidad.
- Los niveles piezométricos son mucho más elevados en el sondeo que en el río por lo que el gradiente piezométrico no puede invertirse en estas condiciones.
- Por otra parte, la distancia al río es muy elevada (2.250 m)

De acuerdo con los datos expuestos se puede indicar que no existe conexión hidráulica entre el río y el acuífero explotado por el pozo de abastecimiento de Torre del Español. Por lo tanto se propone que este abastecimiento pase a incluirse en el tipo 5 del Plan de Emergencia: Captaciones independientes del río.

3.2.17. Tortosa (Bitem)

La localidad de Bitem presenta un punto de abastecimiento de 122 m de profundidad localizado a unos 1.750 m de distancia del río.

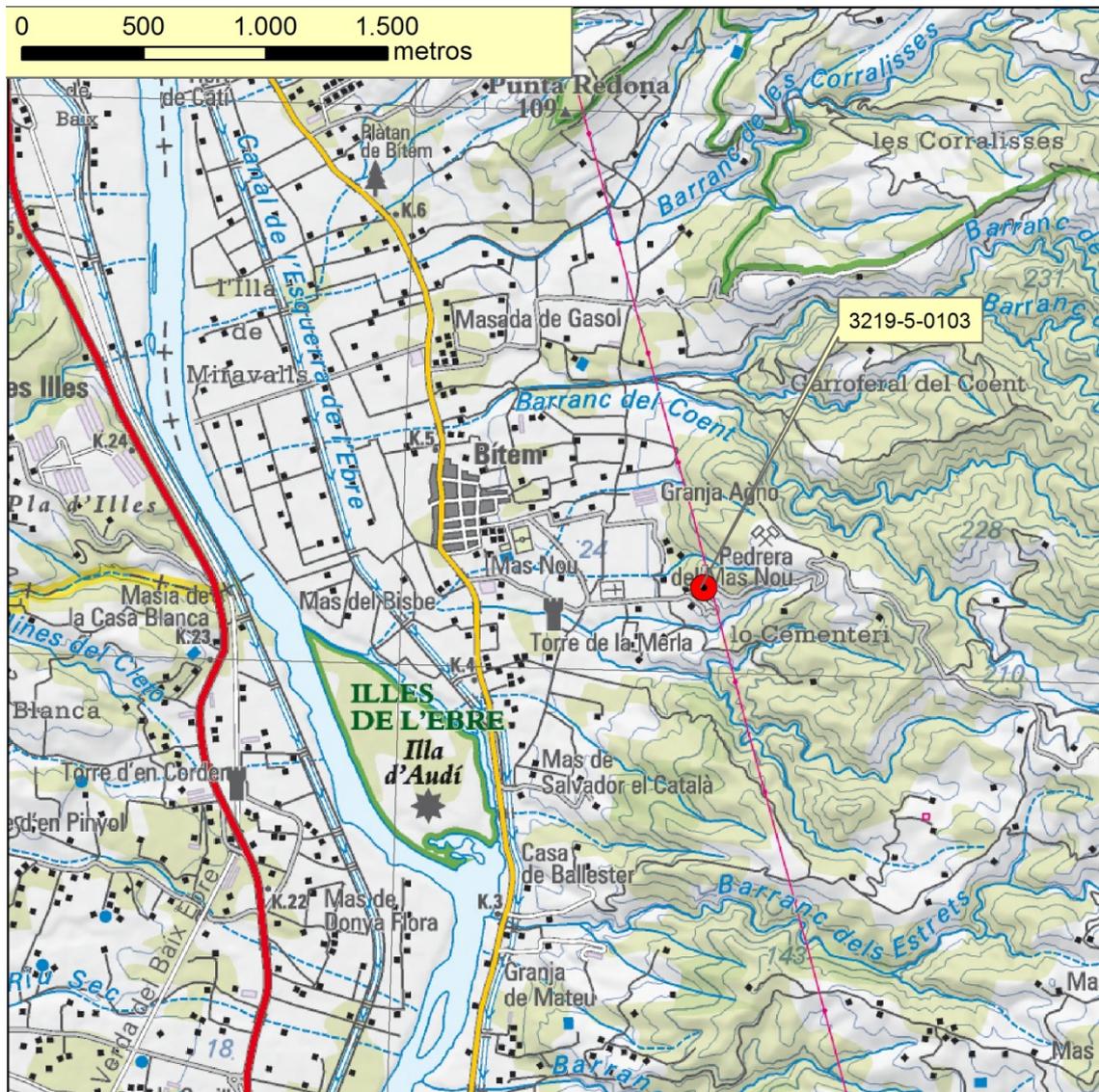


Figura 37. Mapa topográfico de la zona de emplazamiento del sondeo de abastecimiento a Bitem

Desde el punto de vista geológico la práctica totalidad del sondeo se ha perforado en los materiales calcáreos (alternancia de calizas y margas) del Cretácico inferior.

Esta configuración geológica, así como la relación de cotas existente entre el río y el acuífero, indican un carácter efluente del río en este tramo. Así, la cota del río en este tramo es del orden de 5 m.s.n.m. y el sondeo se emboquilla a una cota aproximada de 83 m.s.n.m., lo cual supone que el nivel piezométrico en el acuífero es del orden de 27 m.s.n.m (deducidas a partir de la topografía a escala 1:5.000 del Servicio Cartográfico de Cataluña). Con este esquema, son los materiales cretácicos los que ceden agua a los cuaternarios lateralmente

adosados, y éstos a su vez al río. Estas observaciones están de acuerdo con los datos recogidos en estudios precedentes (Servei Geològic de Catalunya, 1986; y Gimeno y Mañé, 2000).

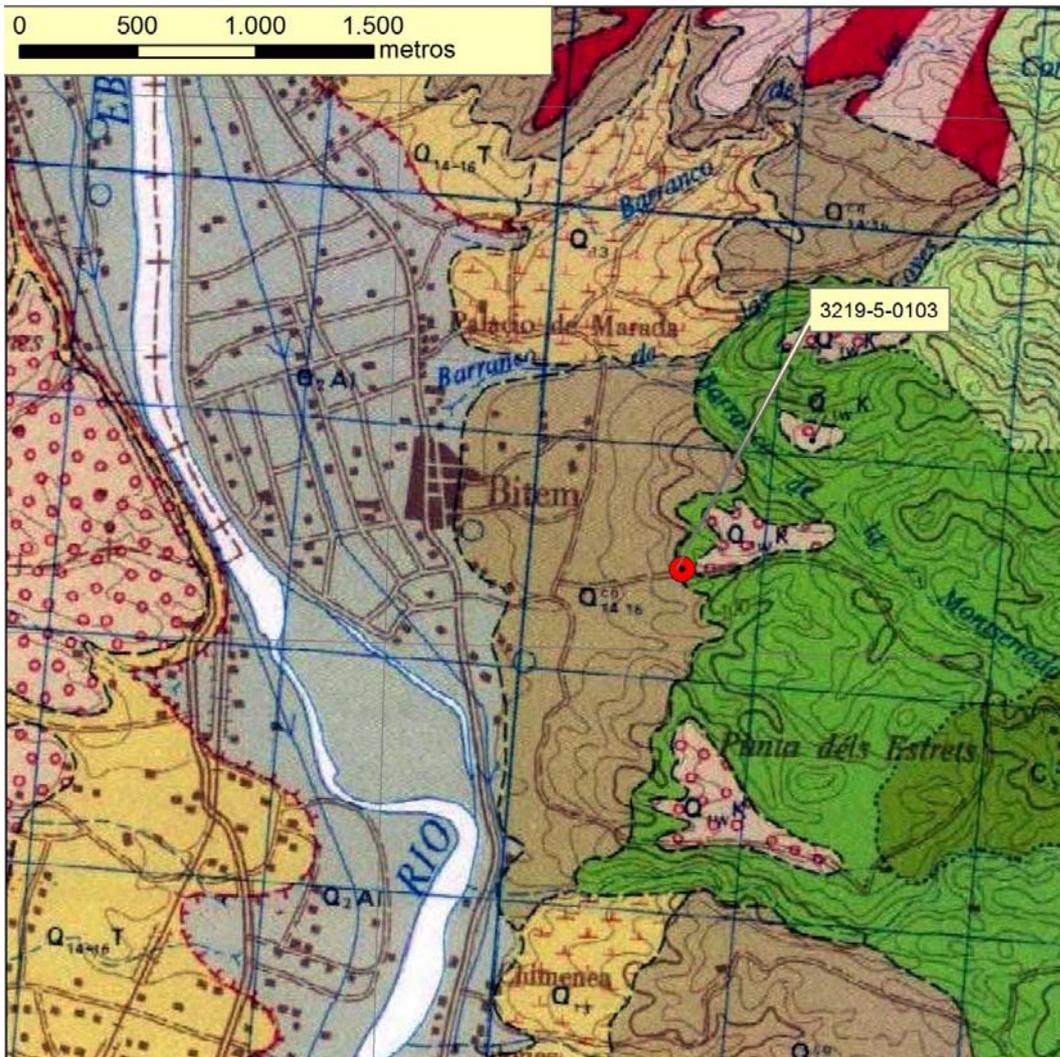


Figura 38. Mapa geológico de la zona de emplazamiento del sondeo de abastecimiento a Bitem

Por otra parte, el aforo realizado en el momento de su construcción en 1991 indicó que para caudales del orden de 45 l/s el nivel prácticamente no descendía.

Se observan diferencias notables entre la hidroquímica del agua del acuífero y la del río, que refuerzan lo expuesto anteriormente.

Atendiendo a estos hechos es prácticamente imposible que desde el pozo de bombeo puedan detraerse caudales del río Ebro. Por lo tanto se propone que este abastecimiento pase a incluirse en el tipo 5 del Plan de Emergencia: Captaciones independientes del río.

3.2.18. Tortosa (Campredó)

La localidad de Campredó se abastece a partir de dos pozos de agua subterránea de 60 m de profundidad, localizadas a 740 m de distancia del río.

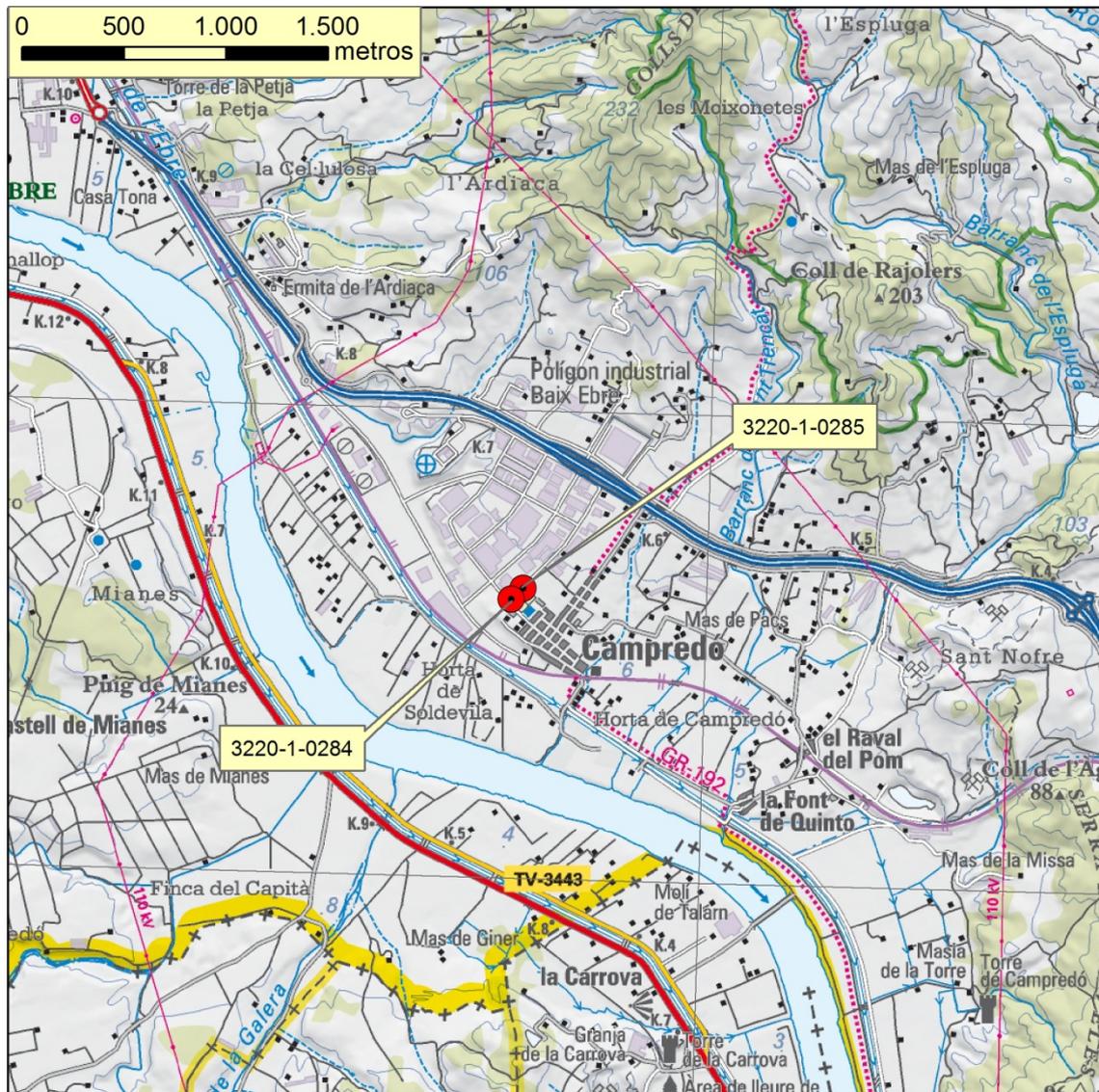


Figura 39. Mapa topográfico de la zona de emplazamiento de los sondeos de abastecimiento a Campredó

Desde el punto de vista geológico ambos sondeos atraviesan materiales detríticos cuaternarios, en concreto los pertenecientes a la terraza cuaternaria (se desconoce si alcanzan materiales cretácicos en profundidad).

De acuerdo con los estudios previos que se han podido consultar (Servei Geologic de Catalunya, 1986; Gimeno y Mañé, 2000; CHE, 2005; y ACUAMED, 2007), el río Ebro en este tramo tiene un carácter efluente o ganador. En este sentido, en la figura 41 se puede consultar la piezometría correspondiente a septiembre-octubre de 2006, realizada en el marco del proyecto para la construcción de los pozos de emergencia del CAT - pozos de Vinallop (ACUAMED, 2007).

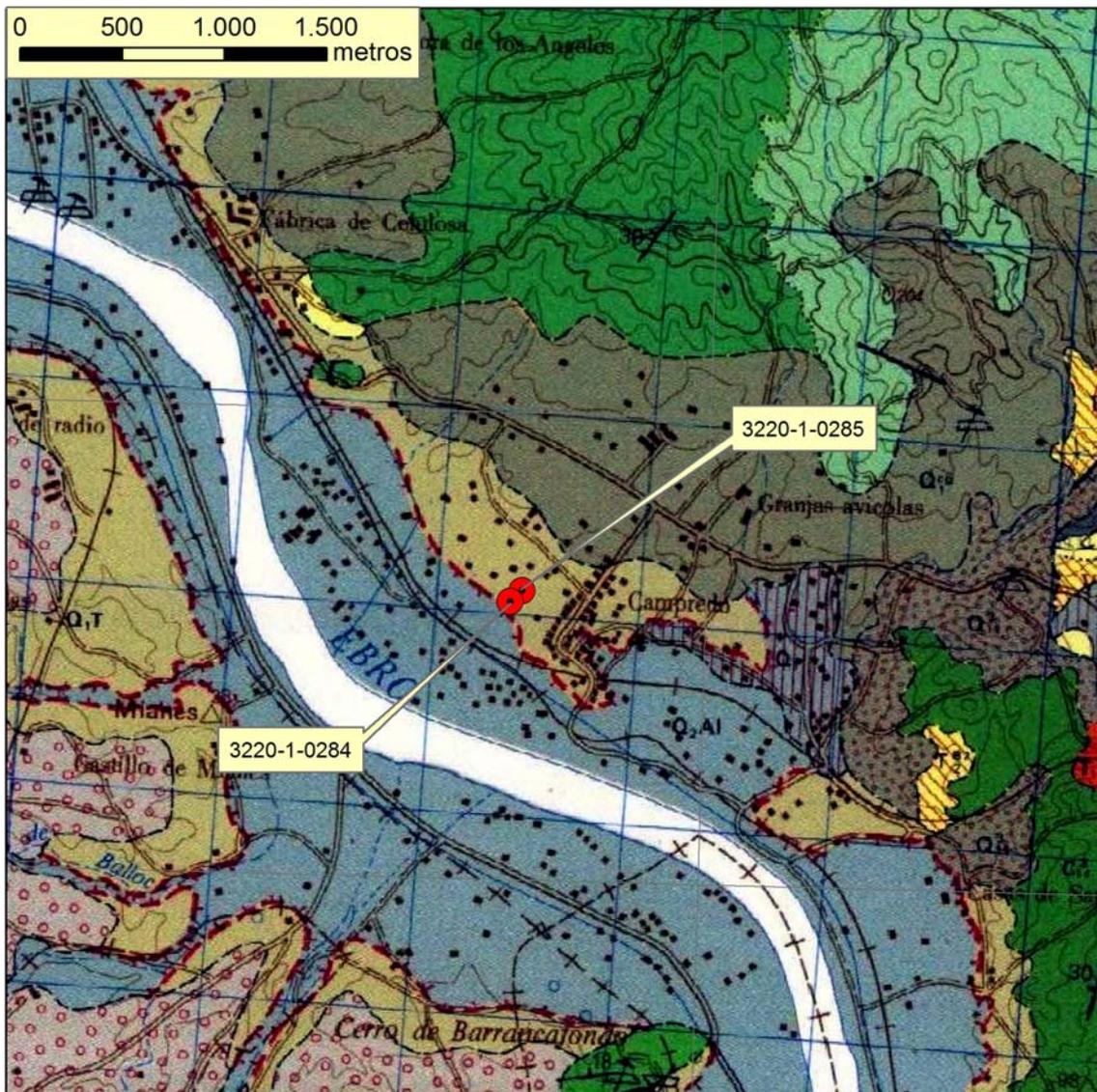


Figura 40. Mapa geológico de la zona de emplazamiento de los sondeos de abastecimiento a Campredó.

Por lo que se refiere a las cotas, los datos indican que la cota aproximada del río es del orden de 1 m.s.n.m., y la cota del nivel estático del acuífero en los pozos es del orden de 2,5 m.s.n.m. (estimación realizada a partir del mapa topográfico 1:5.000 del Instituto Cartográfico de Cataluña). Estos datos indican que se mantiene el gradiente hidráulico en dirección al río, a pesar de la explotación del acuífero para el abastecimiento de Campredó y su polígono industrial.

De acuerdo con todo lo indicado, y teniendo en cuenta la distancia de los pozos al río (740 m), es prácticamente imposible que desde los pozos de bombeo puedan detraerse caudales del río Ebro. Por lo tanto se propone que este abastecimiento pase a incluirse en el tipo 5 del Plan de Emergencia: Captaciones independientes del río.

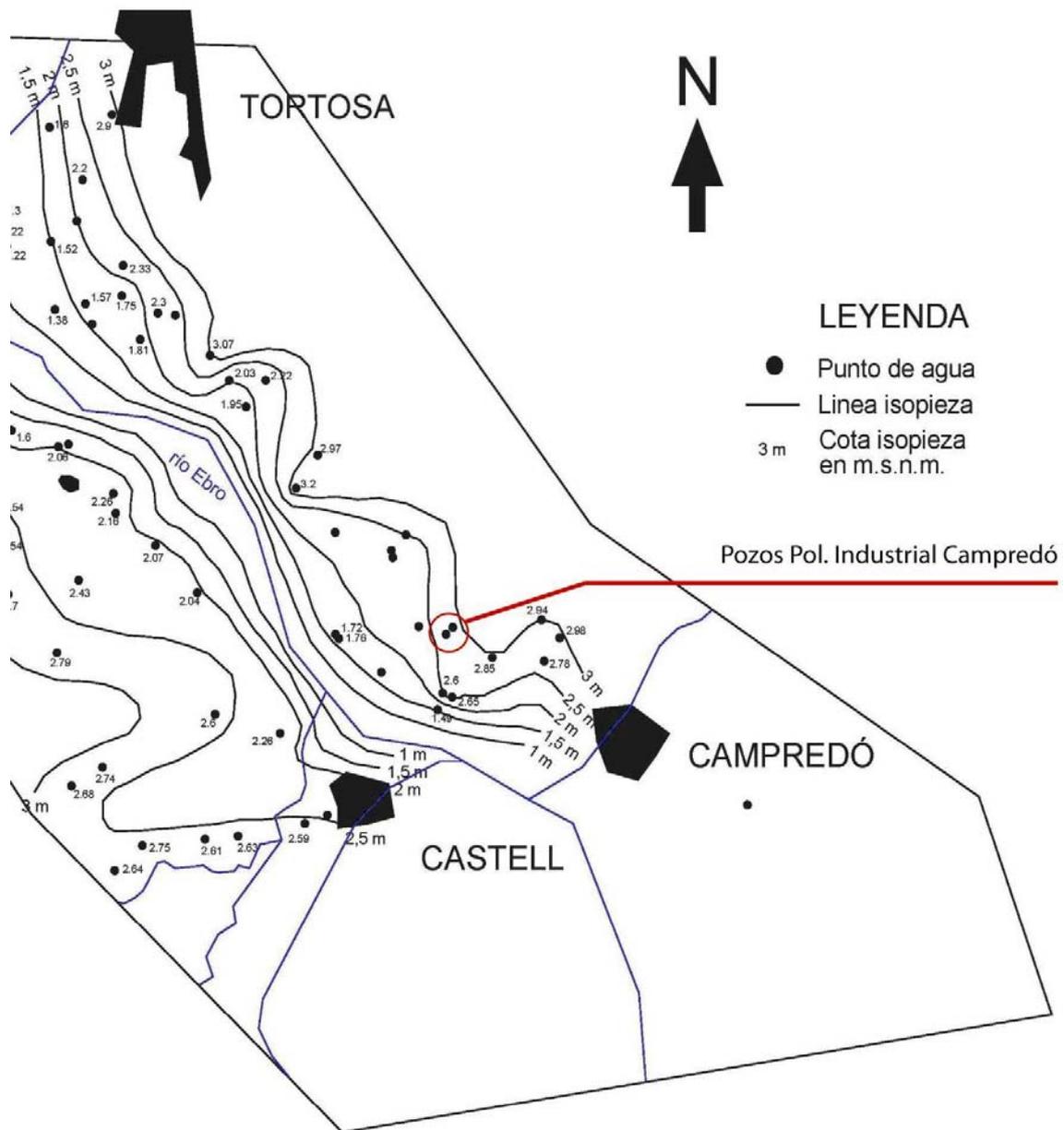


Figura 41. Mapa piezométrico del acuífero aluvial del Ebro aguas debajo de Tortosa (modificado de ACUAMED, 2007).

3.2.19. Vinebre

La localidad de Vinebre dispone de tres puntos de abastecimiento:

- Una captación directa del río que evidentemente no puede ser utilizada en caso de que se produzca un episodio de contaminación.
- Una captación en la margen izquierda del Ebro en el término municipal de García (3217-6-0058) que constituye el punto de abastecimiento principal, de 130 m de profundidad.
- Una captación (3217-6-0045) en el Barranc dels Horts, de 472 m de profundidad

En relación con estos dos últimos, el 3217-6-0058 se encuentra a apenas 10 m del cauce del río, y el segundo 3217-6-0045, se localiza a unos 560 m del río



Figura 42. Mapa topográfico de la zona de emplazamiento de los sondeos de abastecimiento a Vinebre

Desde el punto de vista geológico el sondeo próximo al río se ha perforado en los materiales de Lias (Jurásico inferior). La escasísima distancia entre el sondeo y el río hacen que dicho abastecimiento deba descartarse ante un episodio de contaminación de cualquier tipo.

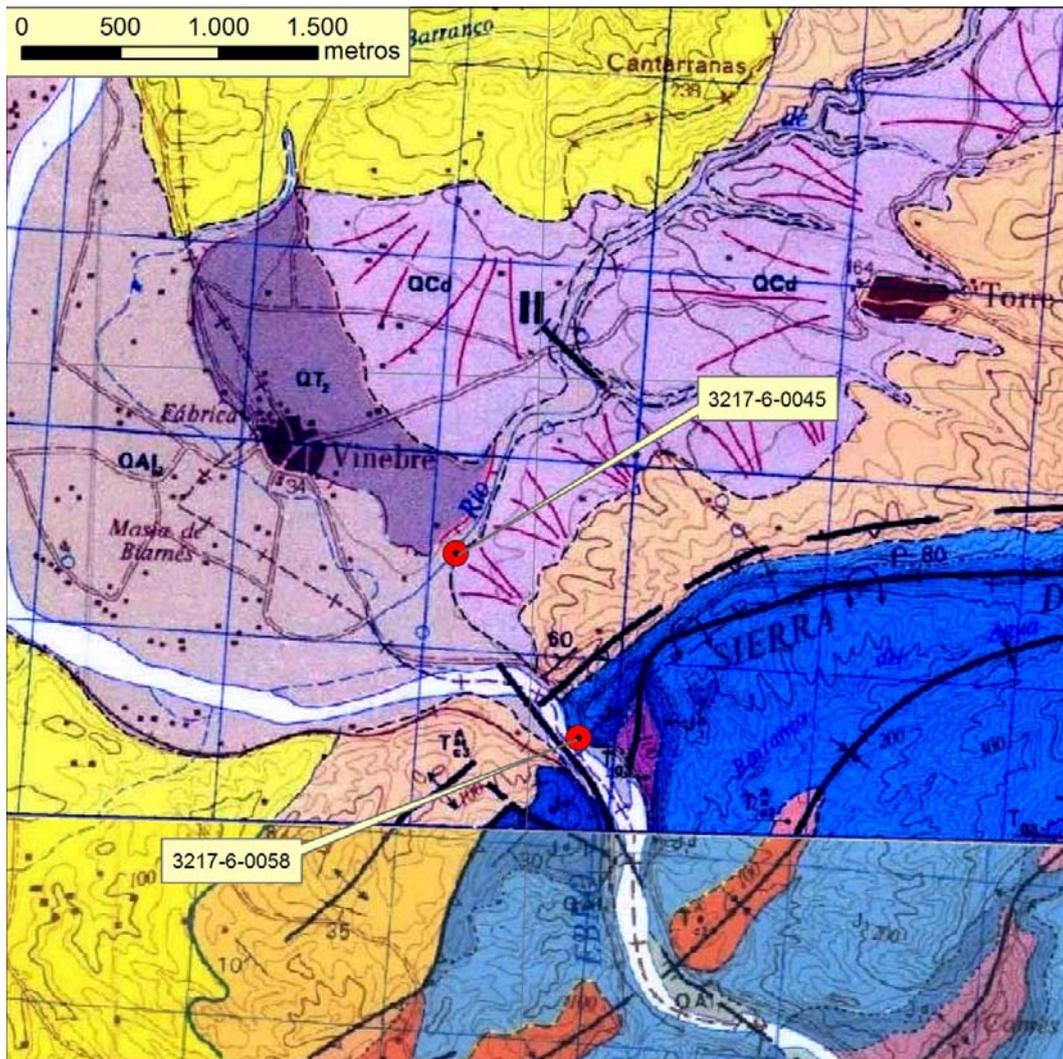


Figura 43. Mapa geológico de la zona de emplazamiento de los sondeos de abastecimiento a Vinebre

Por lo que respecta al sondeo 3217-6-0045, se trata de un sondeo que tras atravesar del orden de 215 m de arcillas terciarias, alcanza los 355 m con materiales conglomeráticos. El agua procede de los materiales liásicos inferiores, entre los 355 y los 450 m de profundidad. El sondeo alcanzó la facies Keuper.

Se trata de un sondeo surgente, que en su momento arrojó la cifra de $14,5 \text{ kg/cm}^2$ en boca, lo cual supone una cota piezométrica aproximada de 180 m.s.n.m. frente a la cota del río, que en esta zona es del orden de 25 m.s.n.m (estimación realizada a partir del mapa topográfico 1:5.000 del Instituto Cartográfico de Cataluña).

De acuerdo con los datos expuestos, esta última captación está desconectada hidráulicamente del río, por lo que si tras los trabajos de recuperación previstos, se obtiene un caudal suficiente, similar al de los primeros años, se podría suplir el abastecimiento en caso de una hipotética emergencia. Por lo tanto se propone que este abastecimiento pase a incluirse en el tipo 5 del Plan de Emergencia: Captaciones independientes del río, siempre pendiente de los resultados de los trabajos de recuperación del pozo del Barranc dels Horts.

3.2.20. Xerta

El punto de abastecimiento principal a Xerta es el manantial de Pauls (3219-4-0003), que se localiza a más de 4.500 m del río y no tiene ninguna relación con él. El punto de abastecimiento secundario es un sondeo de 57 m de profundidad, localizado al N del casco urbano, y a una distancia del río Ebro del orden de 850 m.

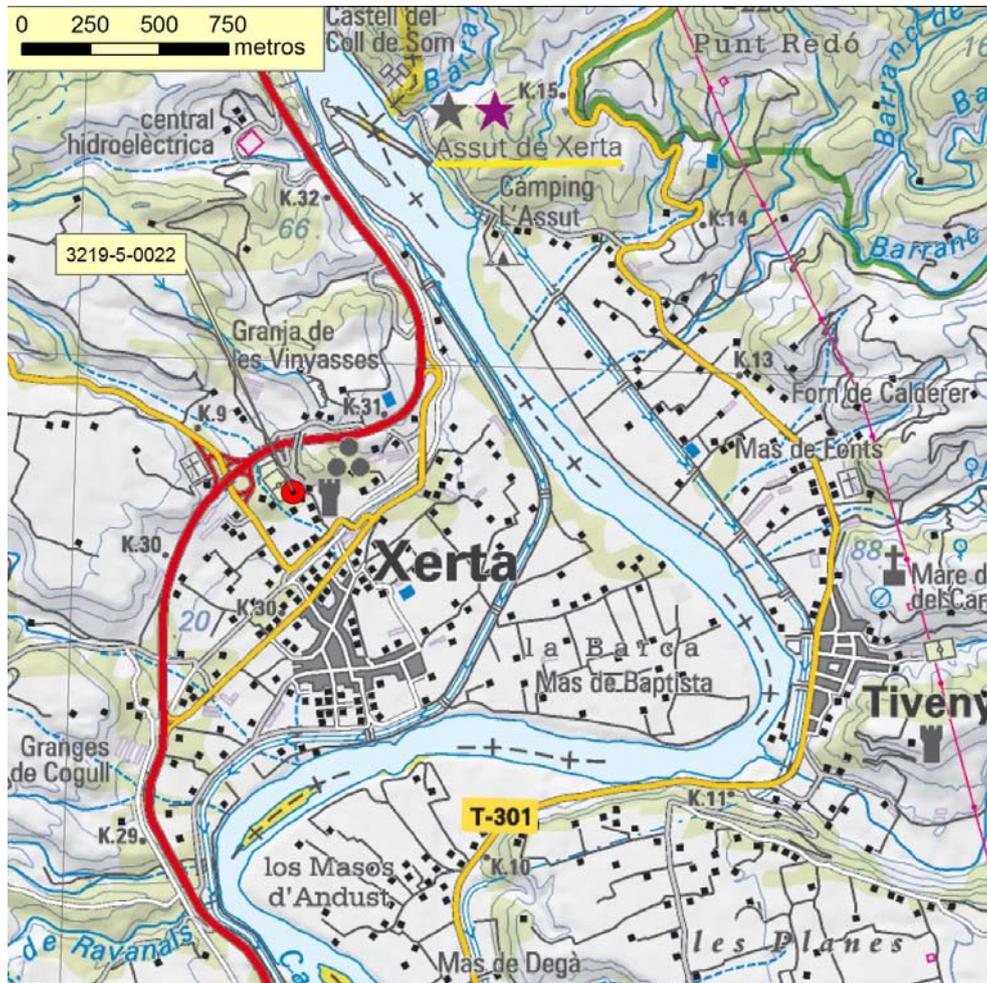


Figura 44. Mapa topográfico de la zona de emplazamiento del sondeo de abastecimiento a Xerta

Desde el punto de vista geológico el sondeo explota materiales detríticos cuaternarios de los conos y terrazas del río Ebro. Se trata de una alternancia de gravas y arcillas.

De acuerdo con los estudios previos que se han podido consultar (Servei Geologic de Catalunya, 1986; CHE, 1991; y CHE, 2002), el río Ebro en este tramo tiene un carácter efluente o ganador.

En cuanto a las cotas de agua, a partir de la topografía a escala 1:5.000 del Servicio Cartográfico de Cataluña, se deduce que la cota del río es de 10 m.s.n.m. y la del nivel piezométrico en el pozo oscila entre los 4 y los 6 m.s.n.m. No se ha podido determinar que los niveles medidos en el pozo correspondan realmente a un nivel estático no influenciado por el bombeo, por lo que de estos datos no se pueden obtener conclusiones en relación con la relación hidráulica local entre el río y el acuífero.

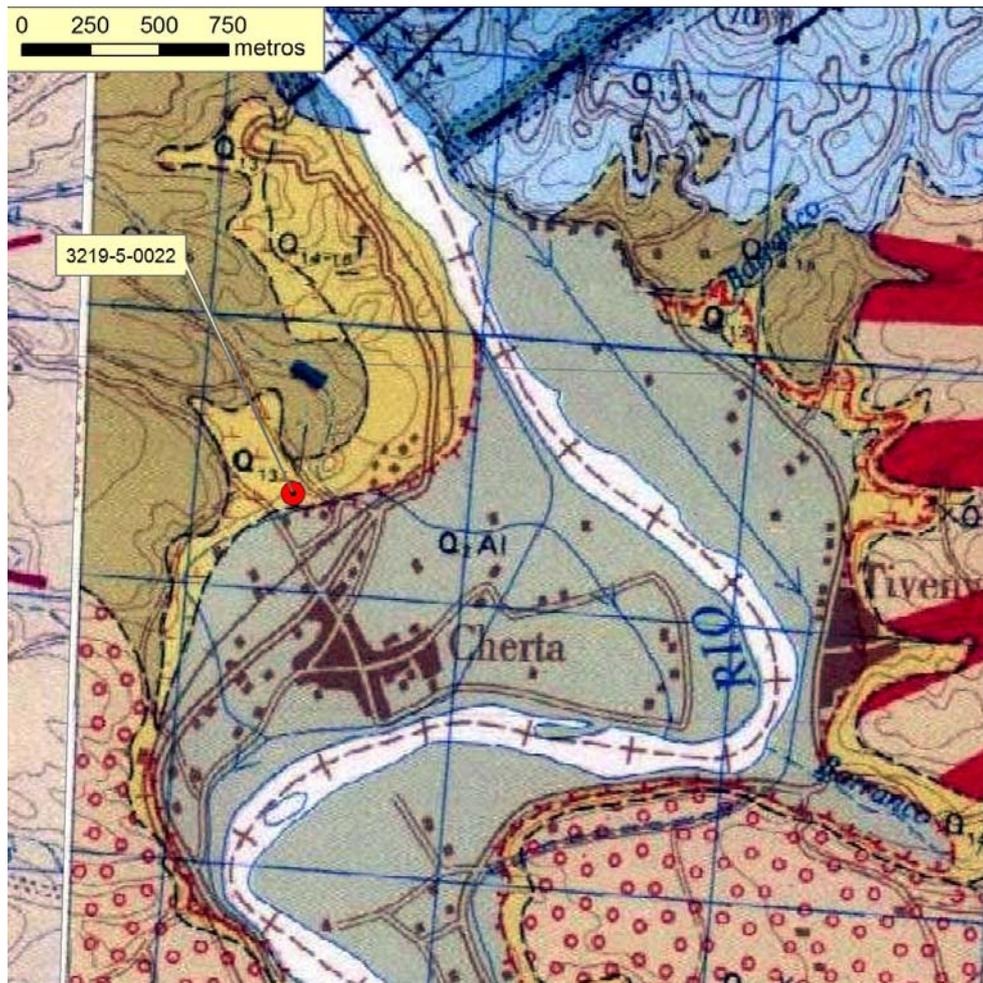


Figura 45. Mapa geológico de la zona de emplazamiento del sondeo de abastecimiento a Xerta

El pozo se utiliza únicamente en la época estival o cuando no es posible el abastecimiento desde las fuentes de Pauls. Según indicaciones del propio Ayuntamiento 7-8 h/día en la época estival y 2-3 h/día el resto del año, siempre y cuando no sea factible el abastecimiento desde Pauls.

No se disponen de datos de transmisividad y porosidad eficaz, pero suponiendo una transmisividad del orden de 500-600 m²/d, y una porosidad eficaz que puede estar entorno a 0,05-0,1, puede obtenerse la horquilla siguiente para el radio de influencia:

$$R \approx 15 \sqrt{\frac{T_{ef}}{m}}$$

$$R \sim 435-281 \text{ m}$$

Atendiendo a estos hechos es prácticamente imposible que desde el pozo de bombeo puedan detraerse caudales del río Ebro. Además, al tratarse de un punto de abastecimiento secundario o alternativo, se podría suplir su baja temporal con el agua del punto de abastecimiento principal. Por lo tanto se propone que este abastecimiento pase a incluirse en el tipo 5 del Plan de Emergencia: Captaciones independientes del río.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El presente trabajo concreta y matiza la clasificación de los abastecimientos desde pozos más o menos cercanos al río que se establecía en el “Plan de actuación del PROCICAT: emergencias por episodios de contaminación en el Ebro aguas abajo del embalse de Flix”, realizado en el año 2007, y que se propone que quede de la siguiente forma:

Tipo 3: captaciones subterráneas conectadas con el río. Debería quedar integrado por las poblaciones de Ascó, García y Pinell de Brai.

Tipo 4: captaciones subterráneas probablemente conectadas con el río. Debería quedar integrado por las poblaciones de Mora d’Ebre y Tivenys.

Tipo 5: captaciones subterráneas independientes del río Debería quedar integrado por las poblaciones de Aldover, Benifallet, Benissanet, Freginals, Ginestar, Miravet, Mora la Nova, Rasquera, Roquetes, Tivissa, Torre de l’Espanyol, Tortosa (Bitem), Tortosa (Campredó) y Xerta.

La localidad de Vinebre debería pasar al tipo 5 siempre que concluyan con éxito las labores de recuperación del pozo del Barranc dels Horts.

En el Anexo 4 del Plan de emergencia se describían los procedimientos alternativos de suministro de agua para cada uno de los tipos de abastecimiento. Como resultado de este estudio puede matizarse lo siguiente:

Tipo 3: captaciones subterráneas conectadas con el río. Aunque existe una cierta distancia entre los pozos y el río (de varias decenas de metros), es previsible la entrada de agua desde el río tras unas horas de bombeo. No obstante, para la mayoría de los contaminantes, sobre todo aquellos que, como el mercurio, viajan prioritariamente junto a la materia particulada en suspensión, el acuífero actúa como un potente filtro.

En estos casos, la forma de actuar ya está establecida en el Plan de emergencia, y consiste en primer lugar en ir controlando la calidad del agua captada, determinando las concentraciones de contaminantes que hayan originado el episodio. En el Plan se fija que deberá controlarse la calidad al menos una vez al día. Como resultado de este estudio puede concluirse que además de ese criterio, los controles deberán establecerse en función de la duración de los bombeos y de la situación hidrológica del río, siendo más frecuentes conforme los bombeos sean más largos y el río presente mayor caudal.

Tipo 4: captaciones subterráneas probablemente conectadas con el río. Dado que la distancia entre los pozos y el río es de varias centenas de metros, no es tan previsible la entrada de agua desde el río, y sólo se ha considerado para periodos de bombeo de varios días seguidos.

Teniendo en cuenta el efecto filtrante que sin duda ejercerá el acuífero, se considera adecuada la frecuencia de control de la calidad establecida en el Plan de emergencia, de al menos una vez al día. Evidentemente esta frecuencia deberá adaptarse a los periodos concretos de bombeo y a la situación hidrológica del río.

5. REFERENCIAS

- ACUAMED (2007). "Proyecto constructivo para la eliminación de la contaminación química en el embalse de Flix". Informe inédito.
- CHE (1991). "Estudio de los recursos hídricos subterráneos de los acuíferos de la margen derecha del Ebro. Zona III - acuíferos de la zona baja". Informe inédito.
- CHE (2002). "Estudio hidrogeológico del sector central de la U.H. del Aluvial de Urgell y del sector sur de la U.H. del Bajo Ebro-Montsiá". Informe inédito, 337 p.
- CHE (2005). "Estudio hidrogeológico de los acuíferos de la Plana de la Aldea (Tarragona) y del tramo medio de la rambla de la Ribota (Zaragoza)". Informe inédito 223 p.
- Custodio, E. y Llamas, M.R. (1996). "Hidrología Subterránea". Ediciones Omega, segunda edición, 1.224 p.
- Galofré, A (1966). "Cálculo de la transmisividad a partir de los descensos específicos". Estudio de los recursos hidráulicos totales de las cuencas de los ríos Besós y bajo Llobregat. Comisaría de Aguas del Pirineo Oriental y Servicio Geológico de Obras Públicas. Barcelona, pags. 7.69-7.73.
- Gavilan, F. (2012). "Memoria final d'obra per un sondeig d'aprofitament d'aigües subterranies per l'abastament del municipio de Benissanet (Tarragona)". Informe inédito.
- Gimeno, M.ª I. y Mañé, R. (2000). "Estudio hidrogeológico del macizo de Cardó - Plana de L'Aldea (Baix Ebre - Tarragona). 34 Curso Internacional de Hidrología Subterránea, 108 p.
- IGME (1985). "Estudio de los recursos hídricos subterráneos del sistema hidrogeológico n.º 61 (Cardó-Vandellós) y 74/5 (Baix Camp - Zona Sur). Servicio de Publicaciones del Ministerio de Industria y Energía, 80 p.
- Romero Miranda, F. (2007). "Aforament del pou nou de l'Ajuntament de Mora d'Ebre, Municipi de Mora d'Ebre". Informe inédito.
- Sanders, L. (1998). "A manual of field hydrogeology". Prentice Hall, 381 p.
- Servei Geologic de Catalunya (1986). "Recursos hídrics subterranis de la Vessant Catala de l'Ebre". Barcelona, 200 p.

Zaragoza, 10 de diciembre de 2012

EL JEFE DEL ÁREA DE CALIDAD DE AGUAS

EL TÉCNICO FACULTATIVO SUPERIOR

Javier San Román Saldaña

Felipe Delgado Mangas