



**INFORME FINAL DEL SONDEO DE INVESTIGACIÓN PARA EL
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE A LA LOCALIDAD DE
ALTAREJOS (CUENCA)
y
PERÍMETRO DE PROTECCIÓN**

Mayo 2011

Sondeo: Altarejos-II

Término municipal: Altarejos

Provincia: Cuenca

Sonda/contratista: Rotopercusión /Sondeos EDASU

SITUACIÓN:

Hoja topográfica: N° 634 San Lorenzo de la Parrilla

Número Hoja/octante: 2325/6

Coordenadas UTM: X: 555466 **Y:** 4418638

Cota aproximada: 898 (+/-) 10 m s.n.m.

CARACTERISTICAS:

Profundidad: 99m.

Referencias topográficas: cerca de la Ermita, y en el solar de un antiguo depósito, hoy tomateras, a 50 m al N de las últimas casas y aproximadamente a unos 100 m del piezómetro de la CHJ.

Profundidad NE: 38.73 m (859.27 msnms)

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Objetivo

2. EJECUCIÓN DEL SONDEO

2.1. Situación

2.2. Características específicas de las obras

2.2.1. Consideraciones constructivas

2.2.2. Perfil litológico

2.2.3. Acondicionamiento de las obras

2.2.4. Hidroquímica

2.2.5. Consideraciones hidrogeológicas

2.2.6. Resultados de los ensayos de bombeo

2.3. Resultados obtenidos

3. PROPUESTA DEL PERÍMETRO DE PROTECCIÓN

3.1. Marco hidrogeológico regional

3.2. Marco hidrogeológico local

3.3. Vulnerabilidad del acuífero

3.3.1. Inventario de focos de contaminación

3.3.2. Estimación de la vulnerabilidad

3.4. Perímetro de protección de la captación

4. BIBLIOGRAFÍA

1. INTRODUCCIÓN

Dentro del convenio de asistencia técnica suscrito entre el Instituto Geológico y Minero de España (I.G.M.E.) y la Excma. Diputación Provincial de Cuenca, en mayo de 2007 se redactó el “*Informe hidrogeológico para la mejora del abastecimiento de agua potable del municipio de Altarejos (Cuenca)*”, en el que se recomendaba, de acuerdo con las características geológicas e hidrogeológicas de la zona, la perforación de un sondeo de investigación.

1.1. Objetivo

El objetivo era obtener agua de buena calidad y con un caudal suficiente para atender o complementar la demanda máxima de agua, tanto actual como futura, cifrada en **2,3 L/s**. Para ello se recomendó la perforación de un sondeo nuevo que explote los mismos materiales que el sondeo actual pero al otro lado de la vega, junto al nuevo depósito para subsanar los problemas de falta de agua en la parte alta del pueblo por problemas de presión.

2. EJECUCIÓN DEL SONDEO

2.1. Situación

El sondeo Altarejos-II se ubicó en un solar donde se ubicaba el antiguo depósito, en un vallejo a unos 100 m de la Ermita y a 100 m de un piezómetro de la CHJ.

Esta ubicación corresponde a un punto de la hoja nº 634 de coordenadas UTM. **X: 555466 Y: 4418638** y una cota aproximada de 898 (+/-) 10 msnm.



Figura 1. Situación del sondeo Altarejos-II

2.2. Características específicas de las obras

2.2.1. Consideraciones constructivas

La ejecución del sondeo fue llevada a cabo por Sondeos EDASU durante el mes de agosto de 2010, mediante rotoperusión con martillo en fondo.

La ejecución del sondeo Altarejos se perforó con un diámetro de 200 mm hasta los 99 m de profundidad.

2.2.2. Perfil litológico

De acuerdo con el informe hidrogeológico previo realizado, los materiales atravesados en el sondeo Altarejos-II corresponden a depósitos detríticos de edad terciaria (Neógeno)

Se perforaron los siguientes materiales:

- 0-6 m: arena suelta ocre-anaranjada con algún canto lutítico en matriz arcillosa (15%)
- 6-9 m: arena suelta ocre-anaranjada con algún canto lutítico en matriz arcillosa (25%)
- 9-11 m: lutita marrón. Algún canto de arenisca blanca con cemento carbonatado.
- 11-13 m: arena blanca con algo de arcilla (10%)
- 13-21 m: arcilla roja-anaranjada
- 21-41 m: arcilla ocre-anaranjada
- 41-43 m: arcilla ocre-anaranjada. Cantos de arenisca blanquecina con cemento carbonatado. Se corta agua ($C=520\mu\text{S}/\text{cm}$)
- 43-47 m: Arenisca blanquecina con cemento carbonatado y algo de arcilla (5%)
- 47-49 m: La arenisca se va haciendo más blanca.
- 49-51 m: Arenisca blanca, gravas de 2-4 mm (de cuarzo y cuarcita sobre todo) y conglomerado (cantos de arenisca, cuarzo, caliza). Pátinas de óxido de Hierro sobre los cantos y presencia de lutita de descalcificación. Aumenta el caudal de agua ($C = 490 \mu\text{S}/\text{cm}$)
- 51-53 m: arcilla marrón (65%) y arenisca, conglomerado y gravas (35%). No deja de salir agua.
- 53-55 m: arcilla marrón claro (40%) y lutita y arenisca (60%)
- 55-57 m: arcilla marrón rojiza (10%) y lutita pardorrojiza y arenisca gris. Vuelve a salir más agua ($C = 465 \mu\text{S}/\text{cm}$)
- 57-61 m: arcilla marrón claro
- 61-63 m: arcilla marrón (95%) y arenisca (5%)
- 63-65 m: arcilla marrón (15%) y arenisca gris (85%)
- 65-67 m: arcilla marrón claro (90%) y arenisca (10%). Sigue saliendo agua ($C= 402 \mu\text{S}/\text{cm}$).
- 67-79 m: arcilla marrón-anaranjada
- 79-83 m: cantos sueltos y limpios de gravas, arenas y arenisca. Algo de arcilla. Aumenta el caudal.
- 83-87 m: grava suelta heterométrica (2-14mm) y de todos los colores. Algo de arcilla y pequeña fracción de arena suelta (5%). Se estima un caudal de unos 15 l/s.
- 87-93 m: grava heterométrica pero más fina que antes (2-10mm) (20%) arena gruesa (40%) y

arenas fina (40%)

93-99 m: arcilla marrón (90%), grava y arena (5%), cantos de arenisca (5%)

A partir de los 41 m que se corta agua por primera vez no deja de salir un caudal menor a 3-5l/s, estimándose a la profundidad de 83-87 m un caudal aproximado de 15 l/s.

Las formaciones atravesadas corresponden al Neógeno (Terciario).



Figura 2. Lugar y perforación del sondeo Altarejos-II

2.2.3. Acondicionamiento de las obras

El sondeo se entubó con tubería de acero de 100 mm hasta los 99 m de profundidad. Los tramos ranurados suman un total de 18 m, habiéndose colocado la rejilla a las siguientes profundidades: 45 a 51 m y de 81 a 93 m. Se instaló macizo de grava calibrada de 4-9 mm para evitar posibles arrastres.

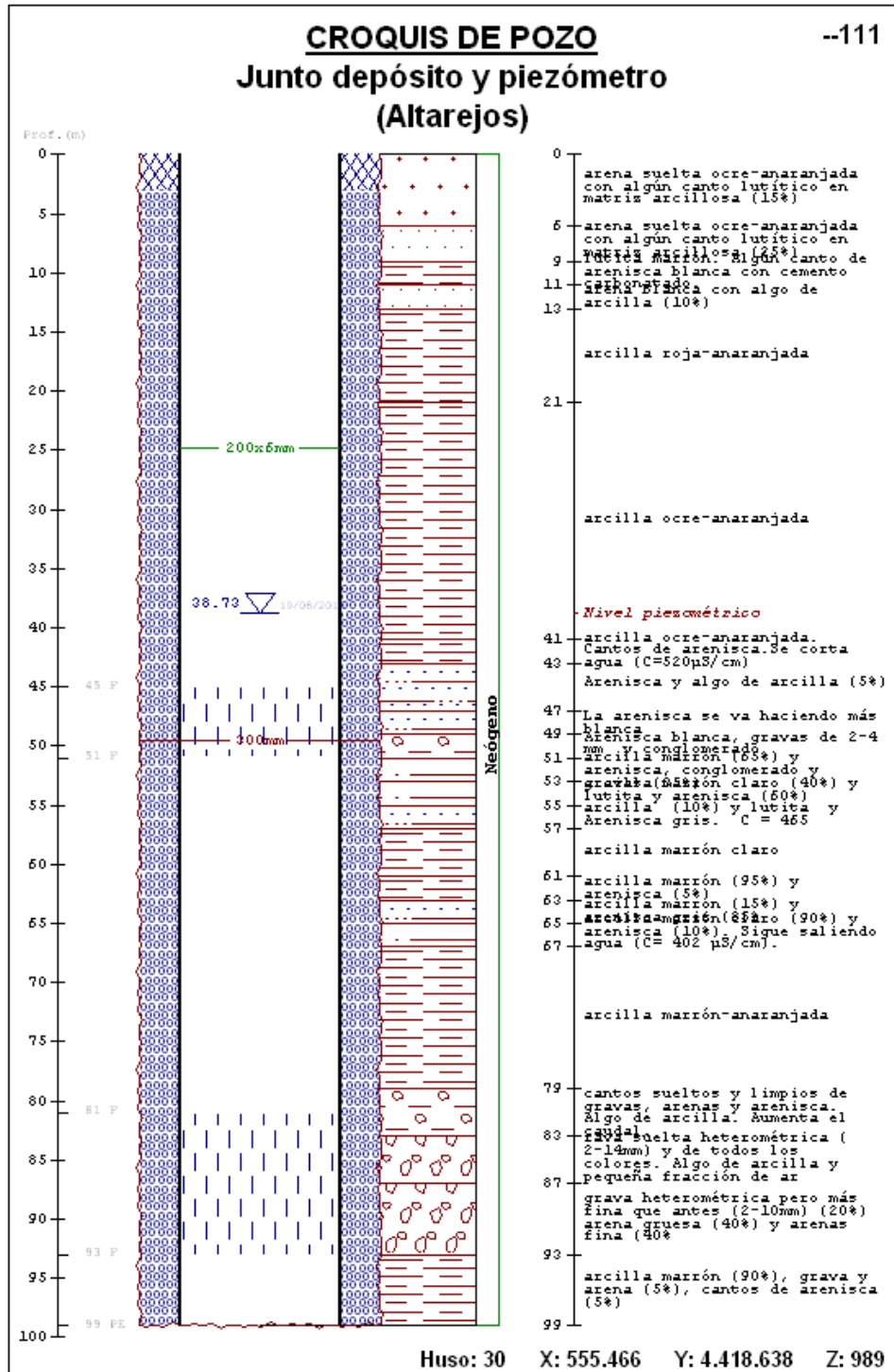


Figura 3. Perfil del sondeo Altarejos-II

2.2.4. Hidroquímica

El agua del sondeo presenta una facies hidroquímica bicarbonatada cálcica con todos los componentes dentro de los límites que establece la legislación.

Fecha	Muestra	DQO	Cl	SO4	HCO3	NO3	Na	Mg	Ca	K	pH	C.E.
01-jul-10	S- Altarejos	0,5	11, 0	46,0	269,0	17,0	10,0	22,0	80,0	1,0	7,76	549

Tabla 1. Componentes químicos (en mg/L), conductividad (en $\mu\text{S}/\text{cm}$) y turbidez (UNF) de los sondeos perforados y del agua de la red de distribución..

2.2.5. Consideraciones hidrogeológicas

Desde el punto de vista hidrogeológico el sondeo afecta al acuífero detrítico terciario incluido en la **MAS 080.119**, llamada según la última delimitación de masas de agua subterránea de la Confederación Hidrográfica del Júcar, como “**Terciario de Alarcón**”.

Con anterioridad, esta MAS se incluía dentro de la MAS 080.015 “Serranía de Cuenca” (MIMAM, 2005) o, antes de esta denominación del 2005, 08.17 “Serranía de Cuenca” tal y como aparece en la cartografía de permeabilidad del IGME (Figura 6).

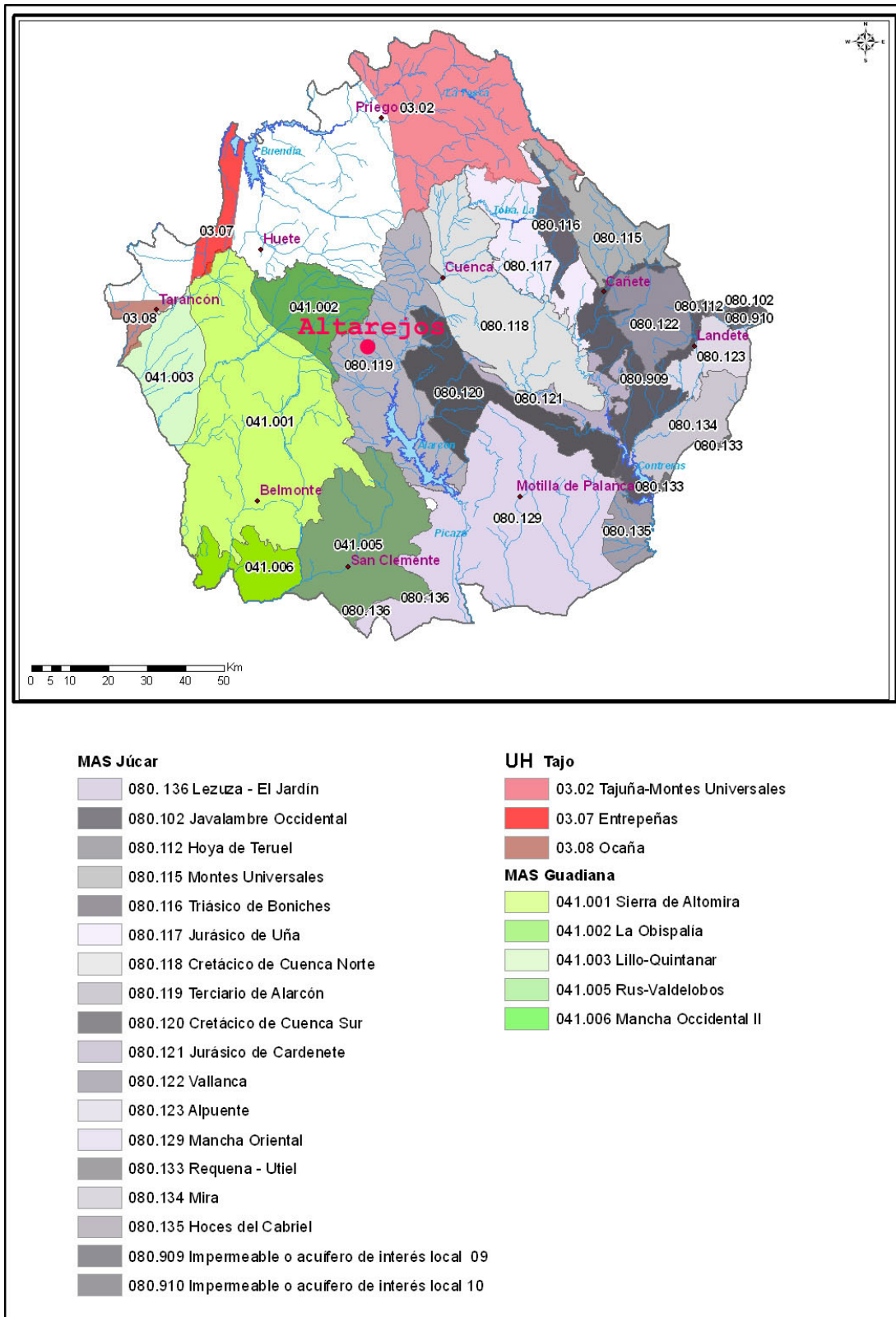


Figura 4. Masas de Agua Subterránea y Unidades Hidrogeológicas de la provincia de Cuenca.

El sondeo explota los materiales detríticos de la denominada “Depresión Intermedia”, cuenca terciaria ubicada entre las mesozoicas Serranía de Cuenca al este y la Sierra de Altomira al oeste. La zona se encuentra drenada por el río Altarejos, afluente del río Júcar que constituye una importante línea de drenaje N-S a unos 7 km al este de la captación.

Según <http://aguas.igme.es>, el acuífero 08.17 “Serranía de Cuenca” tiene unas entradas de 612 hm³/año debido a infiltración directa del agua de lluvia y a aportes laterales. La superficie aflorante del mismo es de 1100 km².

La profundidad del nivel piezométrico para el sondeo Altarejos-II es de 38.73 m (859.27 msnm). Atendiendo a las cotas piezométricas de diversos sondeos y manantiales del entorno se observa que dicha cota se sitúa entre los 895 m. s.n.m.(Sondeo de Fresneda de Altarejos) y los 870 m. s.n.m. (Fuente del Asno) habiéndose considerado la dirección preferencial de flujo hacia el suroeste (M.Martínez, 2010).

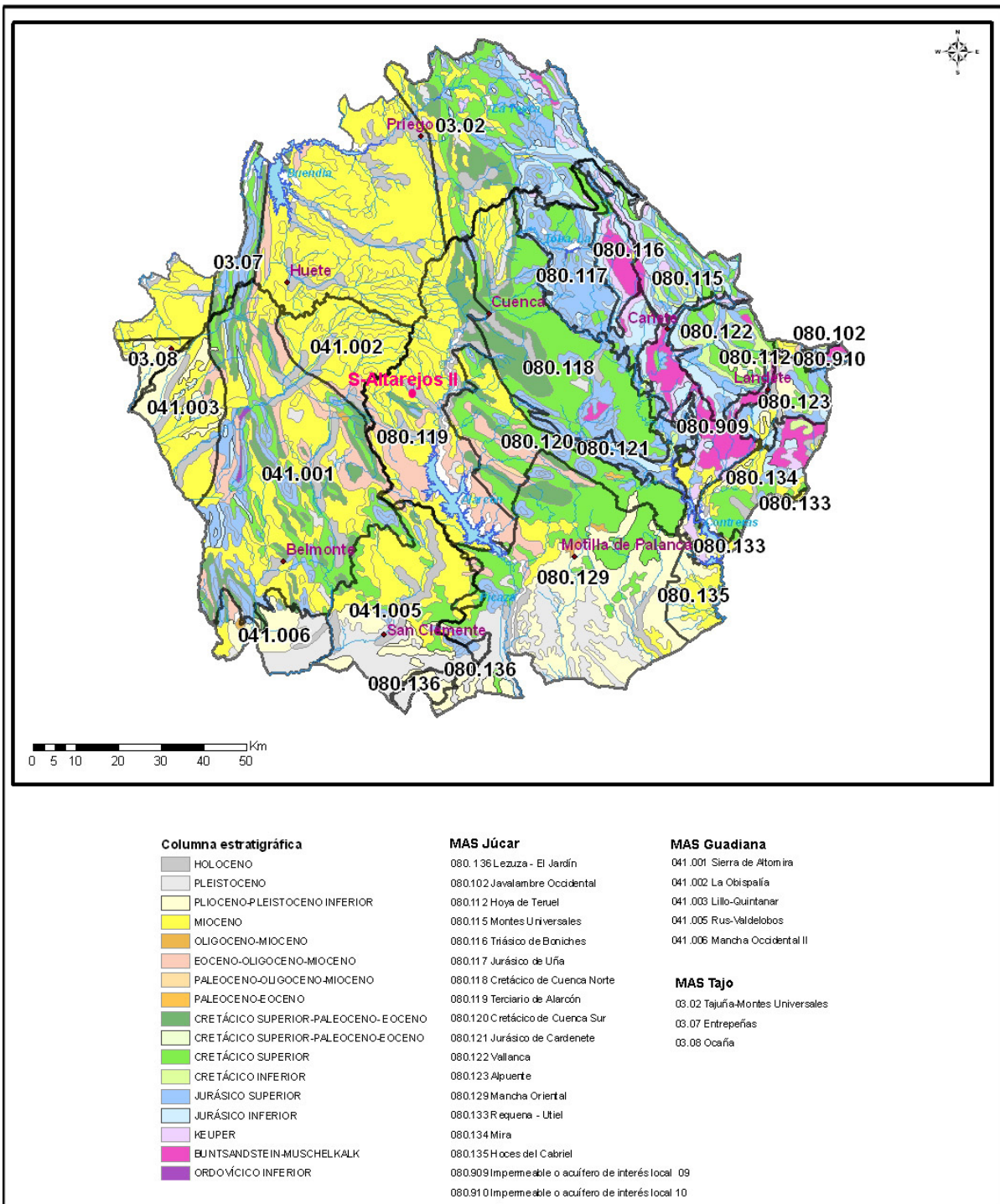


Figura 5. Geología y Masas de agua subterránea y Unidades Hidrogeológicas de la Provincia de Cuenca

Según el mapa de permeabilidades que ofrece el SIAS (www.igme.es), la zona se corresponde con una zona detrítica de permeabilidad baja a muy baja.

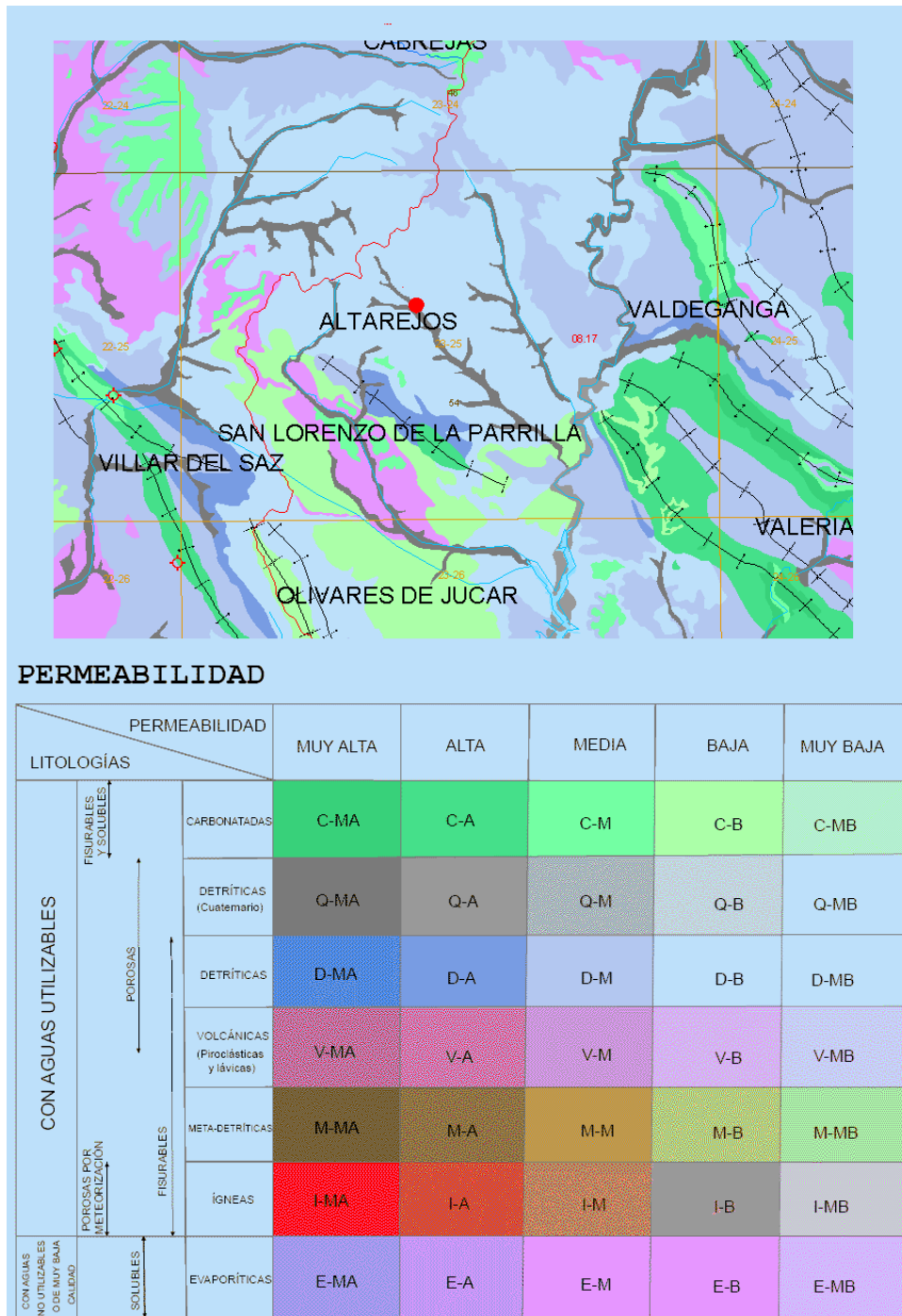


Figura 6. Mapa de permeabilidades de la MAS 08.119 “Terciario de Alarcón”

2.2.6. Resultados de los ensayos de bombeo

BOINS SL realizó el 18 de Agosto de 2010 el ensayo de bombeo del sondeo Altarejos-II, de 99 m de profundidad. Los parámetros hidráulicos obtenidos tras su interpretación arrojan una transmisividad baja de 20 m²/día para un coeficiente de almacenamiento de 0,0001 estimado según Iglesias (1984) para un acuífero detrítico confinado. La recuperación del nivel inicial no se alcanza tras una hora del cese del bombeo ni tampoco tienden a estabilizarse los descensos con bombeo de mayor caudal al que se somete el sondeo, 10 l/s tras 18,5 horas. El **caudal de explotación** recomendado teniendo en cuenta un bombeo continuado de tres meses y admitiendo un abatimiento del nivel de 30 m máximo es de **4 L/s**.

2.3. Resultados obtenidos

El sondeo Altarejos-II alcanzó una profundidad final de 99m. Dicho sondeo se consideró positivo y, tras la prueba de bombeo se recomienda un caudal de explotación nunca superior de 4 L/s, el cual es superior al requerido, debiéndose éste ajustar a la demanda de cada momento.

Se desconoce la calidad química y bacteriológica del agua para el consumo humano, ya que aún no se ha realizado el correspondiente informe sanitario por parte de la Junta de Castilla-La Mancha. No obstante en los análisis químicos realizados por el IGME el contenido en nitratos no supera los 50 mg/L.

3. PROPUESTA DE LOS PERÍMETROS DE PROTECCIÓN

3.1. Marco hidrogeológico regional

La provincia de Cuenca participa de tres cuencas hidrográficas distintas: Guadiana, Júcar y Tajo que a su vez quedan divididas en distintas Masas de Agua Subterránea (MAS) tal y como se muestra en la Figura 4. Regionalmente, la zona considerada en este estudio se enmarca dentro de la Masa de Agua Subterránea 080.119 “Terciario de Alarcón”, perteneciente a la cuenca hidrográfica del Júcar, incluida con anterioridad en la UH 08.17 “Serranía de Cuenca”. Este acuífero está constituido por rocas detríticas (areniscas, conglomerados, arcillas, gravas y arenas) del Paleógeno-Neógeno y su permeabilidad es en general baja. Los niveles piezométricos en la zona se encuentran entre 860–900 msnm, estimándose para la zona de Altarejos en 870 msnm.

El límite occidental de las MAS coincide con el de la cuenca del Júcar y el límite este con los afloramientos cretácicos. Está atravesado de norte a sur por el río Júcar, situándose en el borde suroccidental el embalse de Alarcón.

Los límites hidrogeológicos están abiertos al acuífero cretácico y solo en algunas zonas están semicerrados por las facies Garumniense. El muro está formado por los niveles margociliosos de la base del Paleoceno.

El acuífero con un espesor que 500 y 1.000 m, está constituido por los tramos margociliosos del Terciario entre los que se intercalan niveles detríticos y carbonatados. Así mismo, existen niveles permeables de relativo interés asociados al Cuaternario. La infiltración se estima del orden del 2% debido a que se trata de acuíferos detríticos con predominio de fracción fina, lo que unido a una red fluvial muy desarrollada, cuya máxima representación es el río Júcar, hace que predomine claramente la escorrentía superficial.

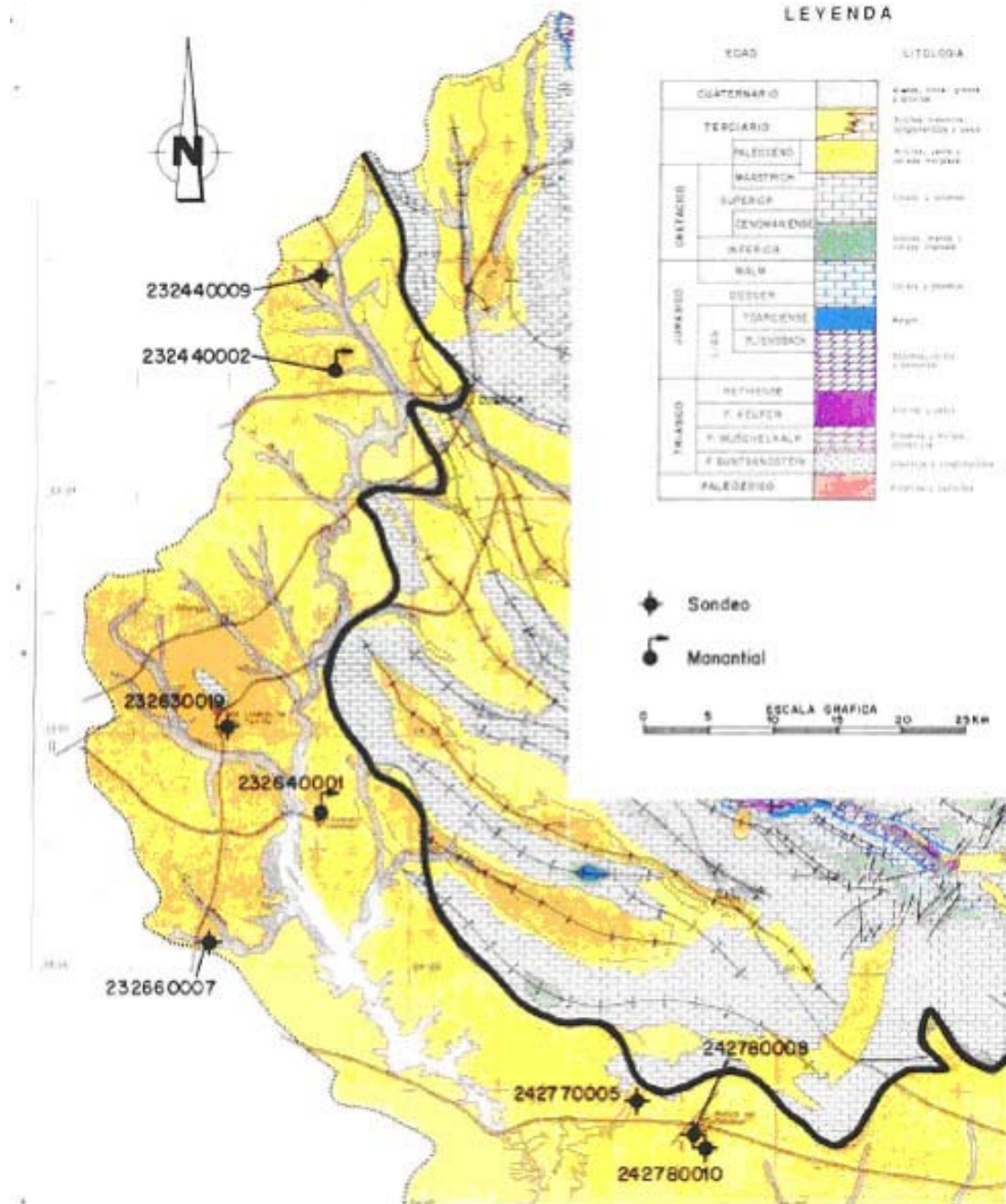


Figura 7. MAS 08.119 “Terciario de Alarcón”

Según la base de datos del IGME, el abastecimiento del municipio de Alarcón, cuya extensión (90,510 km²) está ocupada en un 83 % por la unidad hidrogeológica 08.17, se realiza a partir de aguas subterráneas.

Nº de puntos de cada tipo			
Sondeos	Pozos	Galerías	Manantiales
3	0	0	

Las facies hidroquímicas de este sistema acuífero son bicarbonatada cálcica con conductividades que varían entre 331 y 643 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y una concentración media de nitratos de 14 mg/l.

Se estima que el nivel piezométrico regional de la unidad se encuentra entre los 970 y 1400 msnm estimándose para la zona de Altarejos en 859 msnm.

El balance hídrico estimado para la MAS en el año 1992 era el siguiente

Entradas: Infiltración de lluvia (27 $\text{hm}^3/\text{año}$) + laterales del Cretácico de Cuenca norte (40 $\text{hm}^3/\text{año}$) – laterales del Cretácico de Cuenca sur (34 $\text{hm}^3/\text{año}$) = 101 $\text{hm}^3/\text{año}$

Salidas: Río Júcar ($\text{hm}^3/\text{año}$) + consumos (6.5abastecimiento y riego, $\text{hm}^3/\text{año}$) + laterales a Albacete (34 $\text{hm}^3/\text{año}$) + laterales a Cuenca del Guadiana (45 $\text{hm}^3/\text{año}$) = 101 $\text{hm}^3/\text{año}$

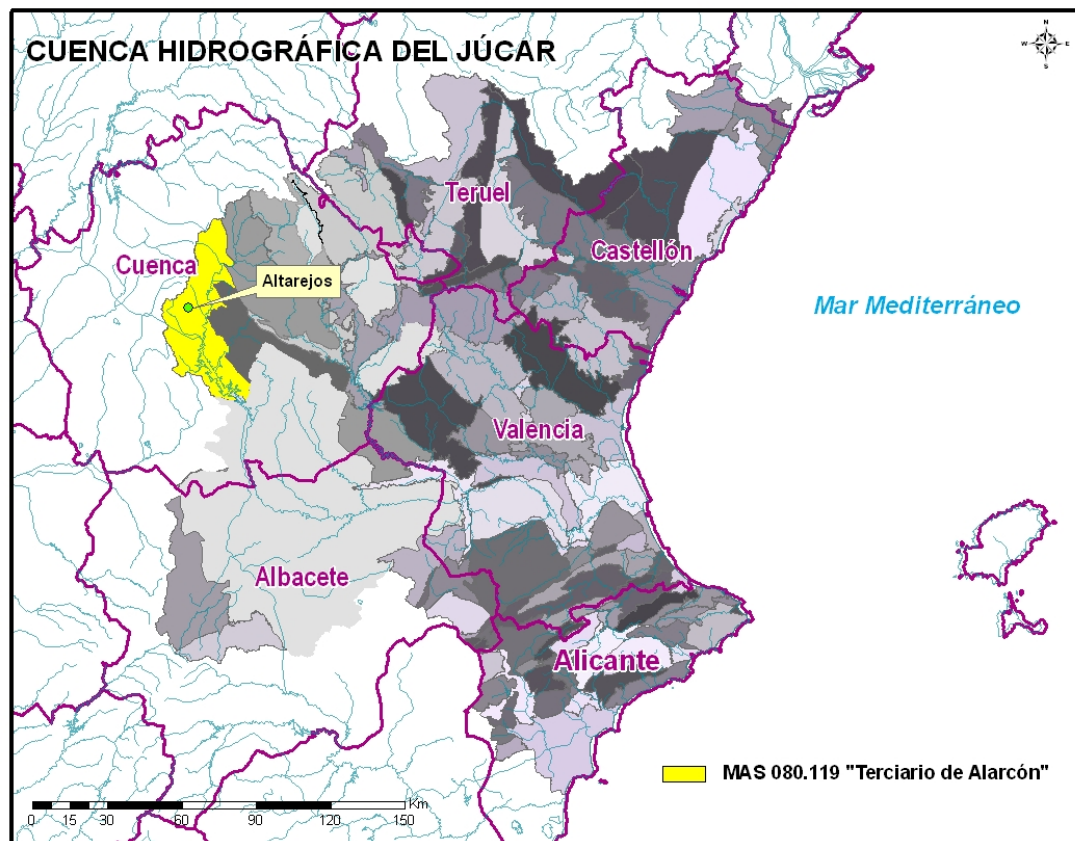


Figura 8. Cuenca hidrográfica del Júcar y delimitación de sus Masas de Agua subterránea . En amarillo las MAS 08.119 “Terciario de Alarcón”.

3.2. Marco hidrogeológico local

La única formación que aflora en el entorno de Altarejos la constituye los **Depósitos detríticos terciarios**, formados por areniscas y arcillas, siendo abundantes en espesor los niveles areniscos y conglomeráticos. Estos se acumulan cerca de Fresneda de altarejos como paleocanales de conglomerados y areniscas de cerca de 30 m de espesor. En la Localidad de Altarejos, al N, también se observan espesores métricos de paleocanales.

El sondeo viejo de abastecimiento capta estos materiales a unos 63 m de profundidad. Su caudal de explotación es del orden de 2 L/s. El sondeo nuevo perforado también los capta, con un caudal recomendado de 4 l/s.

El piezómetro 08.17.029 muestra una evolución entre 875-883 m s.n.m. o una profundidad de nivel piezométrico (PNP) comprendida entre 22.26 y 30.78 m, con descensos en verano, hasta octubre, del orden de 1-3 m, para recuperarlo en las estaciones húmedas.

El sondeo de Fresneda de Altarejos capta los mismos materiales detríticos terciarios en una alternancia de arcillas con horizontes de arena gruesa y conglomerática de 2 a 10 m. La transmisividad estimada era de 60 m²/día y el caudal de explotación de 3 L/s.

También se ha observado una fuente, la de los Asnos, asociada a un horizonte arenoso de escaso caudal, de 0.03 L/s.

3.3. Vulnerabilidad del acuífero

3.3.1 Inventario de focos de contaminación

El principal problema del abastecimiento a la población de Altarejos consiste en la falta de agua en la parte alta del pueblo por problemas de presión. Por ello, el Ayuntamiento planteó realizar un sondeo en las proximidades del piezómetro de la CHG, junto al nuevo depósito.

Como focos puntuales de contaminación, existen dos vertidos directos al arroyo separados entre sí unos 30 m, de aguas residuales sin depurar. Asimismo, se muestra en la Figura 9 y Tabla 2 la ubicación del cementerio. Como posible fuente de contaminación difusa, se consideran los campos de cultivos de secano que rodean la localidad de Altarejos en los que la aplicación de abonos y fitosanitarios son los responsables de un contenido en nitratos elevado, como demuestran las aguas del actual sondeo (19-22 mg/l).

Los potenciales focos de contaminación detectados en la zona se muestran en la Tabla 2 y Figura 9.

Foco contaminante	UTM_X	UTM_Y
Aguas residuales sin depurar (ARU)	555525	4418189
Aguas residuales sin depurar (ARU)	555541	4418173
Cementerio	554779	4418672

Tabla 2. Potenciales focos de contaminación en el entorno de Aliaguilla.



Figura 9. Potenciales focos de contaminación en el entorno de Altarejos

3.1 Estimación de la vulnerabilidad

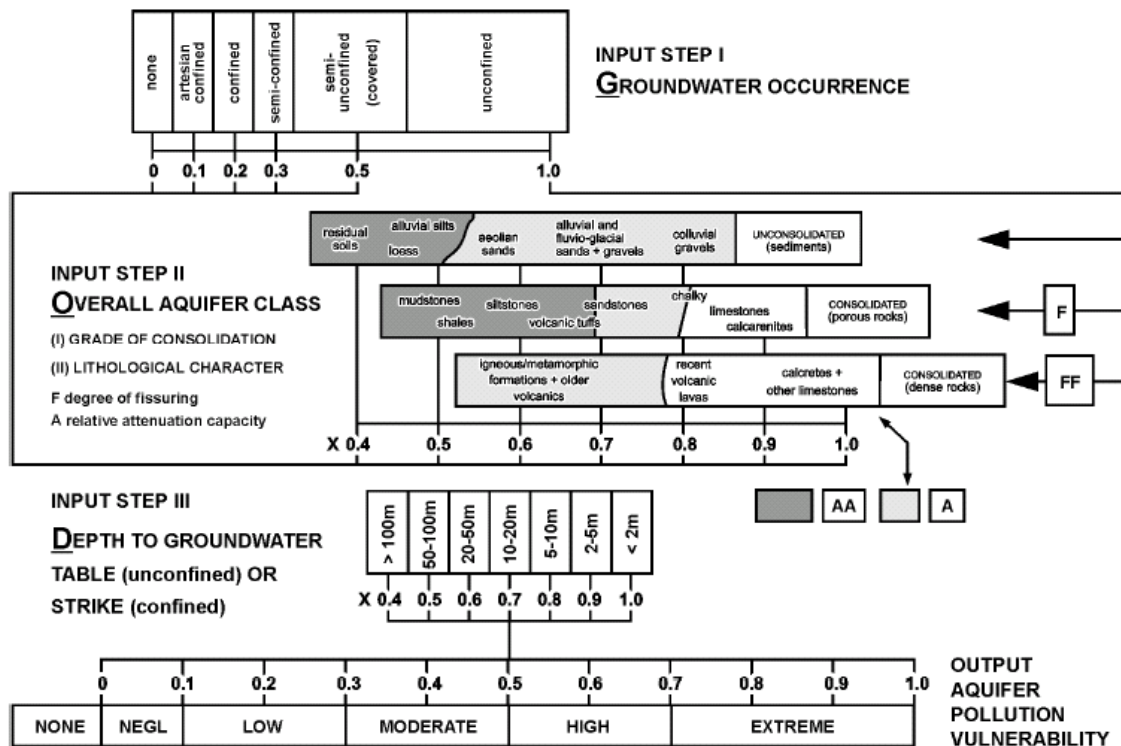
Una de las metodologías más adecuadas para la determinación de la vulnerabilidad es la realización de una cartografía de vulnerabilidad. Para su realización existen distintos métodos, como el método GOD utilizado en el presente estudio. Este método propuesto por Foster (1987) se basa en la asignación de índices entre 0 y 1 a tres variables (G, O, D) las cuales conforman el acrónimo:

G- tipo de acuífero.

O- litología de cobertura del acuífero

D- profundidad del agua o del acuífero.

En la Figura 10 (Foster e Hirata, 1991) se reproduce el diagrama para cualificar la vulnerabilidad de un acuífero a la contaminación. Los tres índices que se multiplican entre sí, resultan en uno final que puede variar entre 1 (vulnerabilidad máxima) y 0 (mínima).



GOD empirical system for the rapid assessment of aquifer contamination vulnerability (from Foster, 1987).
Editorial note: Corrections received from the author
 Step I: substitute "overflowing" for "artesian confined"; Step II: title should be "Overlying Lithology"; Output: omit "none".

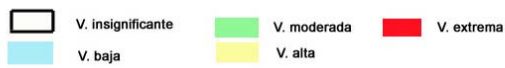
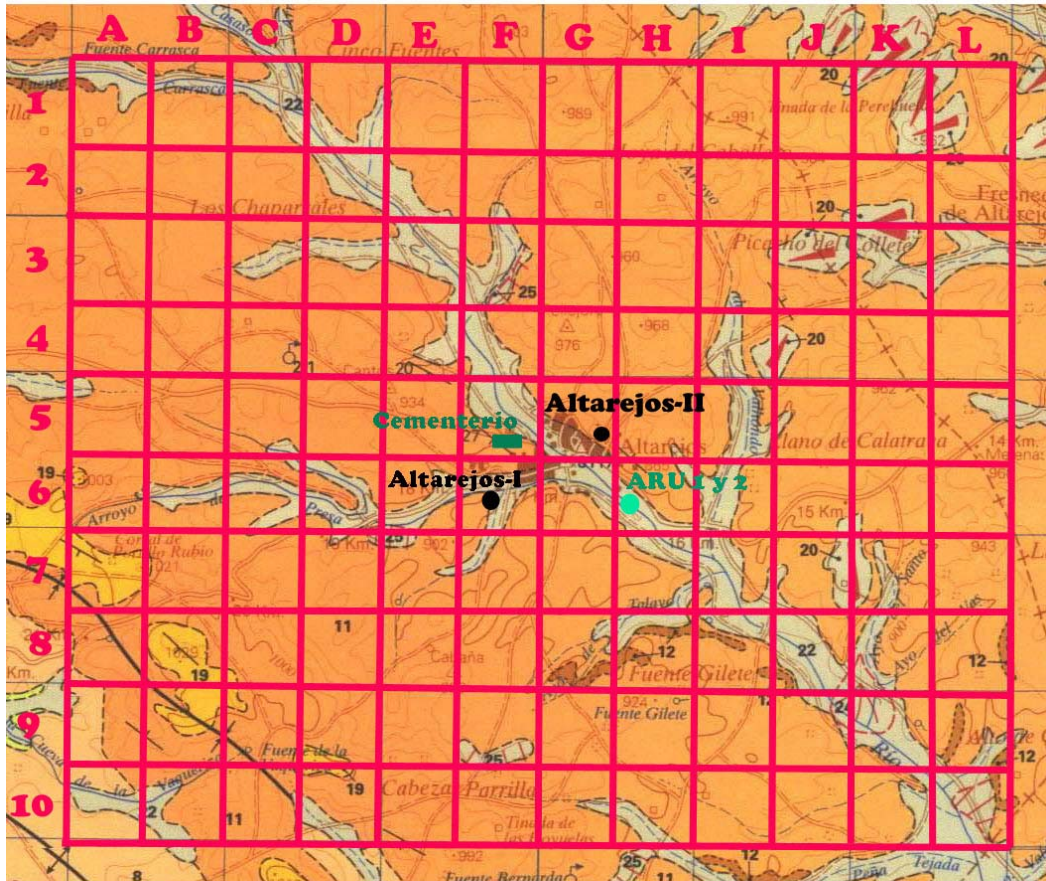
Figura 10. Esquema de la valoración del índice GOD.

Tanto el sondeo nuevo como el antiguo drenan los materiales detríticos del Neógeno (Averniense- Agerniene) en concreto la unidad **Areniscas, margas, arcillas y conglomerados (11) y Canales conglomeráticos y areniscosos (12)**.

Por encima de los niveles acuíferos captados se dispone una serie fundamentalmente arcillosa de unos 30 m de espesor que confina y ofrece protección natural al acuífero. Así, se ha otorgado un valor de **G = 0,2** (correspondiente a acuífero confinado), **O = 0,5** (correspondiente a las arcillas que se disponen por encima del acuífero) y **D = 0,6** (ya que la primera vez que se corta agua esta se encuentra a 43 m de profundidad).

Según este método se obtiene una vulnerabilidad a la contaminación de toda la zona considerada de carácter **insignificante** (0,072).

MAPA DE VULNERABILIDAD ALTAREJOS



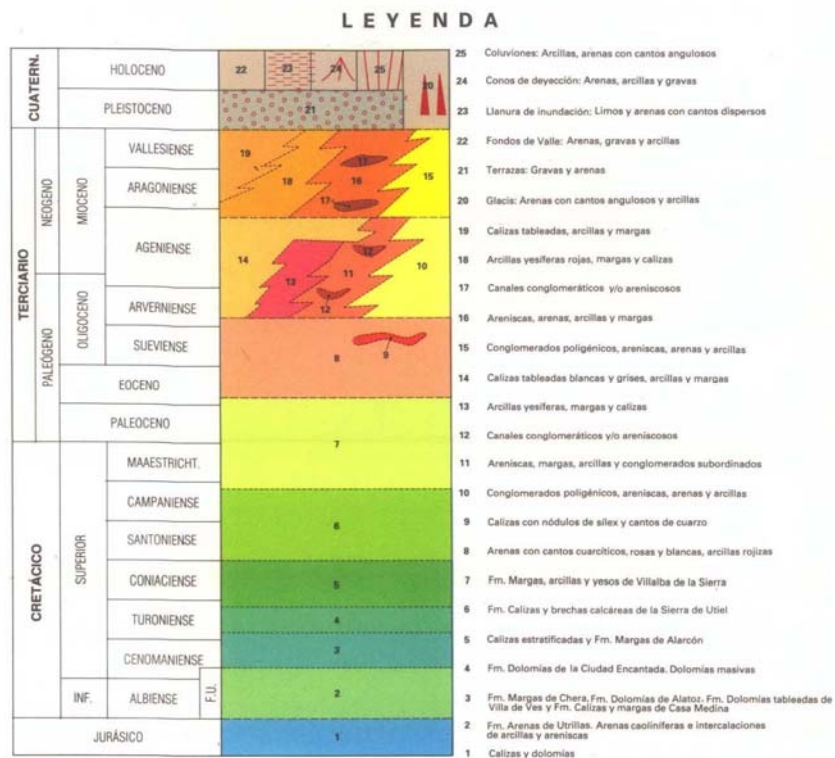


Figura 11. Cartografía de vulnerabilidad empleando el método GOD y ubicación de los potenciales focos de contaminación. Leyenda geológica del mapa 634 “San Lorenzo de la Parrilla”.

3.3. Perímetro de protección de las captaciones

La delimitación de zonas de protección de las captaciones para abastecimiento urbano se viene revelando como práctica fundamental para asegurar tanto la calidad del agua suministrada a la población como la gestión sostenible del recurso agua.

En el presente documento se proponen los perímetros de protección en torno a las captaciones utilizadas para el abastecimiento de Aliaguilla, para proteger tanto la **calidad** como la **cantidad** de agua necesaria para satisfacer la demanda. En el primer caso, la protección tiene en cuenta la contaminación puntual o difusa que pudiera poner en peligro la calidad del agua del abastecimiento, y en el segundo caso, la protección considera la afección provocada por otros pozos o por bombeos intensos no compatibles con el sostenimiento de los acuíferos.

Para lograr ambos objetivos se suele recomendar el diseño de un perímetro dividido en tres zonas de protección en función de distintos criterios, los cuales habrá que establecer para cada caso.

En el desarrollo de este proyecto, la definición de los perímetros de protección de las distintas captaciones se basa fundamentalmente en **criterios hidrogeológicos**, apoyándose además, en los cálculos realizados siguiendo el **método de Wyssling**, que tiene en cuenta el tiempo de tránsito. Este método permite evaluar el tiempo que un contaminante tardaría en llegar a la captación que se quiere proteger. Como resultado se obtiene una zonación dentro del perímetro de protección de las distintas captaciones en tres zonas las cuales contarán con restricciones de uso tanto mayor cuanto más próximas se encuentren a las captaciones:

- Zona inmediata o de restricciones absolutas: tiempo de tránsito 1 día o área fija de 100-400 m². Suele estar vallada.
- Zona próxima o de restricciones máximas: tiempo de tránsito 50 días. Protege de la contaminación microbiológica con criterios hidrogeológicos. En algunos estudios se ha usado el descenso del nivel piezométrico o el poder autodepurador.
- Zona alejada o de restricciones moderadas: se usa el tiempo de tránsito de varios años en función de los focos contaminantes, criterios hidrogeológicos o ambos.

La aplicación de métodos hidrogeológicos, exclusivamente, delimitaría el área de alimentación de cada captación, pero no permite su subdivisión en diferentes zonas, como sí lo posibilita el empleo de métodos que consideran el tiempo de tránsito.

Con la combinación de ambos métodos, la definición del perímetro de protección permite asegurar que la contaminación será inactivada en el trayecto entre el punto de vertido y el lugar de extracción del agua subterránea y, al mismo tiempo, se proporciona un tiempo de reacción que permita el empleo de otras fuentes de abastecimiento alternativas, hasta que el efecto de la posible contaminación se reduzca a niveles tolerables.

El método para calcular el tiempo de tránsito aplicado en este caso es el desarrollado por Wyssling, consistente en el cálculo de la zona de influencia de una captación y búsqueda

posterior del tiempo de tránsito deseado. El método es simple y supone que el acuífero se comporta como un acuífero homogéneo (este hecho puede considerarse válido en primera aproximación para una escala de detalle). Por ello en este trabajo no se considera de forma exclusiva, sino como apoyo en la definición de perímetros aplicando criterios hidrogeológicos.

La resolución del método precisa conocer las siguientes variables:

i = gradiente hidráulico

Q = caudal de bombeo (m^3/s)

k = permeabilidad horizontal (m/s)

me = porosidad eficaz

b = espesor del acuífero (m)

A partir de estos datos se calcula el radio de influencia o de llamada (x_0), la velocidad efectiva (v_e) y la distancia (s) en metros recorrida entre un punto y la captación en un determinado tiempo, o tiempo de tránsito (t).

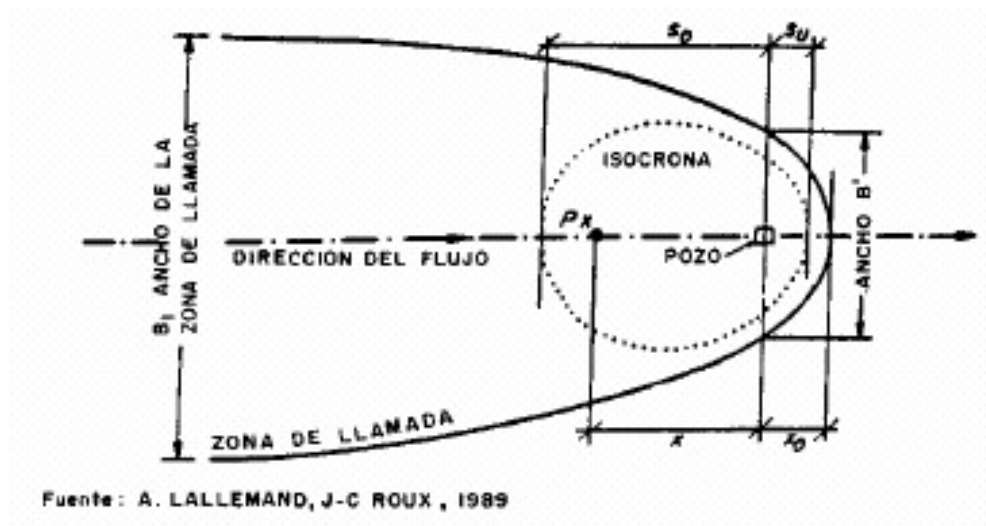


Figura 12. Método de Wyssling para el cálculo del tiempo de tránsito

Para el cálculo de las distintas zonas de protección del abastecimiento a Altarejos no se dispone de datos hidráulicos precisos, utilizando valores medios de origen bibliográfico acordes con la información litológica e hidrogeológica existente (columnas litológicas de sondeos,

reconocimientos de campo, etc.). El gradiente hidráulico se ha establecido en función de los datos de campo que se disponen. Asimismo, como espesor saturado se ha tomado el encontrado en el sondeo en cuestión, desde el primer nivel donde se corta agua hasta donde vuelven a aflorar las arcillas.

Altarejos	
Espesor del acuífero (m)	50
Porosidad eficaz	0.0001 (Iglesias)
Permeabilidad horizontal (m/día)	0.4
Permeabilidad horizontal (m/s)	0,0000046
Caudal de bombeo (l/s)	4
Caudal de bombeo (m ³ /s)	0.004
Gradiente hidráulico	0.01

Tabla 3. Parámetros utilizados para el cálculo del tiempo de tránsito según el método Wyssling

3.3.1 Perímetro de restricciones absolutas

Para la definición de **zona de restricciones absolutas** se propone el círculo cuyo centro es la captación a proteger y cuyo radio (SI) es la distancia que tendría que recorrer una partícula para alcanzar la captación en un día.

Esta zona tendrá forma circular u oval, dependiendo de las condiciones hidrodinámicas. Sin embargo, se va a representar de forma cuadrangular para que resulte más fácil su manejo a la hora de definir la superficie. En esta zona se evitarán todas las actividades, excepto las relacionadas con el mantenimiento y explotación de la captación. La zona de restricciones según Wyssling abarcaría las distancias mostradas en la Tabla 4, pero dadas las características del terreno, éste se adecuará de la manera que muestran las coordenadas de la Tablas 7 así como la Figura13, rectángulo de aproximadamente 50m x 35m.

Además, para proteger la boca del sondeo y captaciones y sus proximidades se recomienda la construcción de una caseta en caso que no la hubiere, el cierre de la cabeza de la tubería del

sondeo y la instalación de un drenaje perimetral: suave cono con una inclinación para la circulación de agua, con un diámetro de unos 2 m y aislamiento del exterior.

A continuación se incluyen los resultados obtenidos para s.

liaguilla	
S0 (aguas arriba)	193
Su (aguas abajo)	113

Tabla 4. Valores del radio del perímetro de restricciones absolutas obtenido según Wyssling.



Figura 13. Mapa de la propuesta del perímetro de zona inmediata y de restricciones absolutas

3.3.2 Perímetro de restricciones máximas

Para determinar **la zona de protección próxima** se considera como el espacio (sII) que tendría que recorrer una partícula para alcanzar la captación en más de un día y menos de 60 días. Queda delimitada entre la zona de protecciones absolutas y la isocrona de 60 días.

A continuación se incluyen los resultados obtenidos para sII.

Altarejos	
S0 (aguas arriba)	2848
Su (aguas abajo)	463

Tabla 5. Valores del radio del perímetro de restricciones máximas.

El perímetro se extenderá aguas arriba en la dirección del flujo subterráneo y aguas abajo abarcando el aluvial del río Altarejos las distancias calculadas mediante Wyssling, incluyendo parte de la población tal y como se muestra en la Figura 14. Las coordenadas del perímetro se encuentran en la Tabla 7.

alimentación del sondeo esté a una distancia menor que la citada isocrona, el límite de la zona lejana coincidirá con el límite de la zona de alimentación.

Altarejos	
S0 (aguas arriba)	145617
Su (aguas abajo)	551

Tabla 6. Valores del radio del perímetro de restricciones moderadas

Aunque el flujo local estimado para la zona (Martínez, 2010) sea hacia el SO es muy probable que regionalmente y en la margen derecha del río Júcar, principal línea de drenaje, sea hacia el SE. Según los cálculos por el método Wyssling la isocrona de 10 años se ubicaría aproximadamente a unos 14, 5 km del sondeo, es decir, en la margen izquierda del Júcar. Así, según consideraciones hidrogeológicas y cartográficas, este perímetro se va a hacer coincidir aproximadamente con la divisoria de aguas superficiales en la margen derecha del Júcar, es decir, unos 7,5 km al NE del sondeo.

Esta superficie tendrá una forma poligonal, con el eje mayor en la dirección principal del flujo subterráneo que se extenderá unos 7500 m aguas arriba de la captación y unos 550 m aguas abajo.

Las coordenadas de dicho perímetro se encuentran en la Tabla 7 y su representación cartográfica en la Figura 15.

3.3.4 *Perímetro de protección de la cantidad*

Se delimita un sólo perímetro de protección de la cantidad, con el apoyo de criterios hidrogeológicos, en función del grado de afección que podrían producir determinadas captaciones en los alrededores.

Para la protección del sondeo nuevo de abastecimiento a Aliaguilla se calcula el descenso en el nivel piezométrico que podrían provocar sondeos de semejantes características a las del sondeo a proteger, situados a determinadas distancias.

Para los cálculos de descensos se utiliza la fórmula de Jacob:

$$D = \frac{0.183}{T} Q \log \frac{2.25Tt}{r^2 S}$$

D = Descenso del nivel piezométrico

T = Transmisividad = 20 m²/día (dato procedente del ensayo de bombeo realizado)

Q = Caudal (caudal máximo del sondeo a proteger: 4 l/s) = 345.6 m³/día

t = Tiempo de bombeo (generalmente 120 días)

r = Distancia al sondeo de captación (1000 m)

S = Coeficiente de almacenamiento = 0.001

Con los datos indicados se obtiene el descenso provocado por un sondeo, que explote 4 l/s durante 120 días continuados, y situado a unos 1000 m de distancia. El descenso obtenido de 5.5 m, que aunque considerable, se considera asumible para este sondeo. Por ello se recomienda medidas periódicas del nivel piezométrico y si hiciera falta, reducir el caudal de explotación a 3 l/s.

En la Figura 15 se representan gráficamente las distintas zonas de protección definidas dentro del perímetro de protección de los sondeos de abastecimiento a Altarejos y en la Tabla 8 las actividades restringidas en cada área.

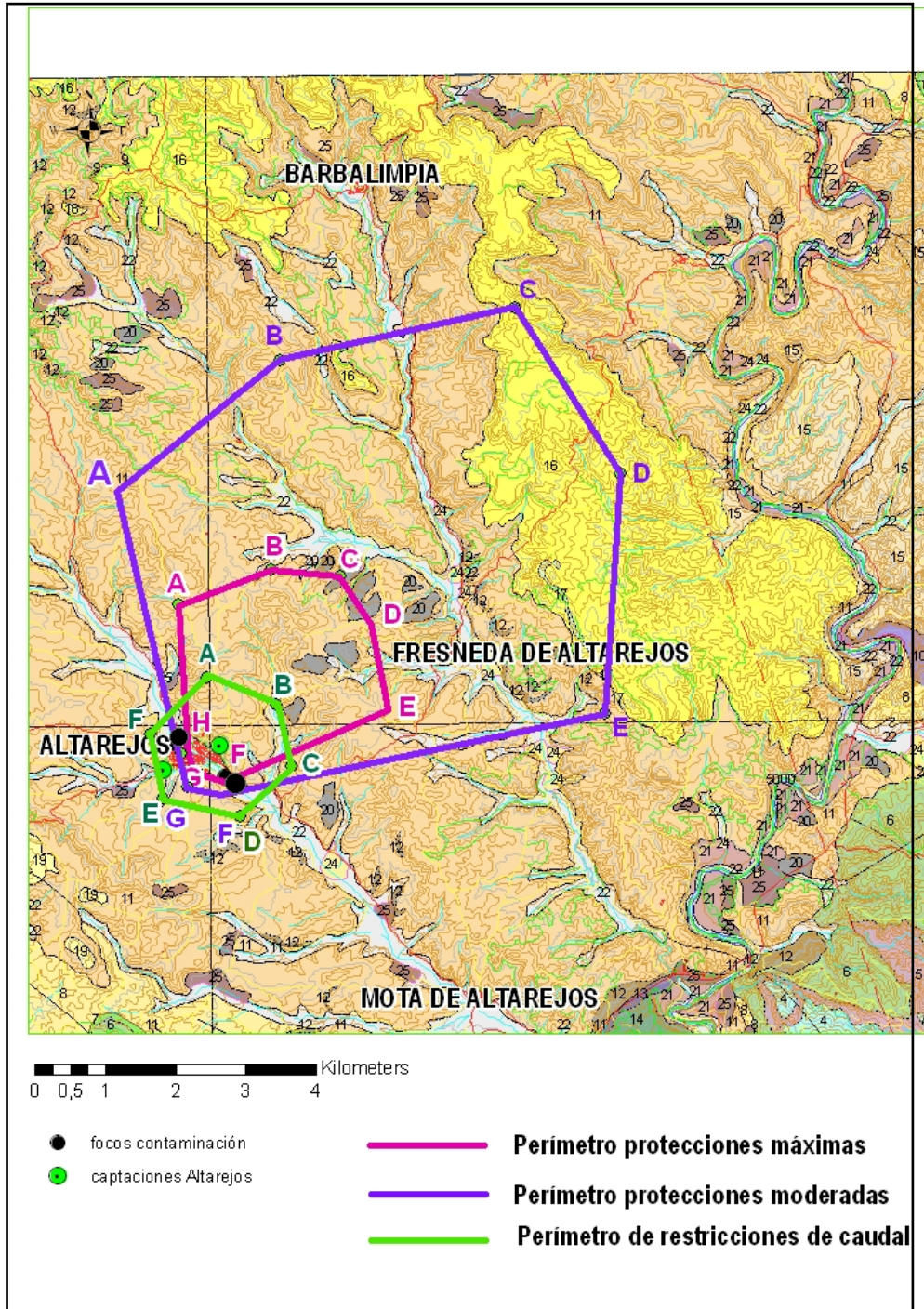


Figura 15. Resumen cartográfico de los perímetros de protección propuestos.

	Nº PUNTO	UTM_X	UTM_Y	z
ZONA DE RESTRICCIONES ABSOLUTAS	A	555457	4418673	895
	B	555490	4418656	895
	C	555472	4418618	895
	D	555447	4418628	895
ZONA DE RESTRICCIONES MÁXIMAS	A	554850	4420652	960
	B	556192	4421135	930
	C	557156	4421056	930
	D	557625	4420418	940
	E	557859	4419155	940
	F	555527	4418125	875
	G	555071	4418243	900
	H	554980	4418699	890
ZONA DE RESTRICCIONES MODERADAS	A	553974	4422288	960
	B	556316	4424117	1030
	C	559645	4424904	1080
	D	561163	4422489	980
	E	560962	4419087	930
	F	555456	4417934	890
	G	554925	4418044	900
ZONA DE RESTRICCIONES DE CAUDAL	A	555236	4419636	950
	B	556261	4419196	910
	C	556462	4418300	900
	D	555712	4417605	890
	E	554633	4418812	910
	F	554431	4418812	910

Tabla 7. Coordenadas UTM propuestas para los distintos perímetros de protección de los sondeos de abastecimiento a Aliaguilla.

Las actividades a restringir en las distintas zonas del perímetro se recogen en la Tabla 8.

	DEFINICIÓN DE ACTIVIDADES	ZONA DE RESTRICCIONES ABSOLUTAS	ZONA DE RESTRICCIONES MÁXIMAS			ZONA DE RESTRICCIONES MODERADAS		
		Prohibido	Prohib.	Cond.*	Permit.	Prohib.	Cond.*	Permit.
ACTIVIDADES AGRÍCOLAS	Uso de fertilizantes	•	•				•	
	Uso de herbicidas	•	•				•	
	Uso de pesticidas	•	•				•	
	Almacenamiento de estiércol	•	•				•	
	Vertido de restos de animales	•	•				•	
	Ganadería intensiva	•	•				•	
	Ganadería extensiva	•	•					•
	Almacenamiento de materias fermentables para alimentación del ganado	•	•				•	
	Abrevaderos y refugios de ganado	•	•				•	
	Silos	•	•				•	
ACTIVIDADES URBANAS	Vertidos superficiales de aguas residuales urbanas sobre el terreno	•	•				•	
	Vertidos de aguas residuales urbanas en fosas sépticas, pozos negros o balsas	•	•			•		
	Vertidos de aguas residuales urbanas en cauces públicos	•	•			•		
	Vertido de residuos sólidos urbanos	•	•			•		
	Cementerios	•	•				•	
ACTIVIDADES INDUSTRIALES	Asentamientos industriales	•	•				•	
	Vertido de residuos líquidos industriales	•	•			•		
	Vertido de residuos sólidos industriales	•	•			•		
	Almacenamiento de hidrocarburos	•	•				•	
	Depósito de productos radiactivos	•	•			•		
	Inyección de residuos industriales en pozos y sondeos	•	•			•		
	Conducciones de líquido industrial	•	•			•		
	Conducciones de hidrocarburos	•	•			•		
	Apertura y explotación de canteras	•	•				•	
	Relleno de canteras o excavaciones	•	•				•	
OTRAS	Campings	•	•				•	
	Acceso peatonal	•			•			•
	Transporte redes de comunicación	•		•			•	

* El proyecto de actividades deberá incluir informe técnico sobre las condiciones que debe cumplir para no alterar la calidad existente del agua subterránea.

Tabla 8. Definición de las actividades restringidas o prohibidas dentro del perímetro de protección.

Tras la definición de los correspondientes perímetros de protección, se observa que los potenciales focos de contaminación quedan incluidos dentro del perímetro de restricciones moderadas y muy próximos al perímetro de restricciones máximas. Así, y de manera inmediata, queda prohibido el vertido de aguas residuales urbanas sobre cauce público tal y como sucede a día de hoy sobre el río Altarejos. Así, se recomienda alejar dicho vertido 250 m aguas abajo de la actual ubicación aunque la solución más adecuada consistiría en la construcción de una depuradora.

Dentro de este perímetro de restricciones moderadas queda también incluido el cementerio así como todas las actividades ligadas a la ganadería extensiva y agricultura propias de la zona. La ganadería extensiva esta permitida pero para el caso de las granjas existentes cercanas al casco urbano, éstas deberán presentar informe técnico sobre las condiciones que deben cumplir para no alterar la calidad existente del agua subterránea. Lo mismo sucederá con las actividades relacionadas con la agricultura (uso de fertilizantes, herbicidas, pesticidas, etc.)

Estas mismas actividades relacionadas con la agricultura y ganadería quedarán prohibidas en el caso del perímetro de restricciones máximas.

Cualquier actividad que se pretenda llevar a cabo dentro de alguno de los perímetros descritos deberán cumplir los requisitos expuestos en la Tabla 8.

Por ejemplo, la apertura de canteras quedará prohibida excepto en el perímetro de restricciones moderadas, en el que quedará supeditado a informe favorable acerca de la no afección de la cantera a la calidad del agua subterránea.

En el caso de la perforación de nuevos sondeos, éstos deberán estar supeditados a la presentación de un estudio hidrogeológico en el que se contemple la inexistencia de afección del sondeo a la captación municipal. Si este nuevo sondeo se ubica dentro del radio de 1 km de la captación municipal nunca podrán superar los 4 l/s. Estos sondeos precisarán de dicho estudio hidrogeológico y, si se autoriza, de un adecuado informe final de obras con ensayo de bombeo y adecuación de los sondeos para su medida periódica de niveles piezométricos. Asimismo estarán equipados de contadores para determinar que caudal se extrae.

Madrid, Mayo de 2011

Los autores del informe

Fdo. Esther Alonso Marín
José Ángel Díaz Muñoz

4. BIBLIOGRAFÍA

IGME (1991): Guía metodológica para la elaboración de perímetros de protección de captaciones de aguas subterráneas.

IGME-CHJ(1992): Propuesta de normas de explotación de Unidades Hidrogeológicas en el Sistema Hidráulico Alarcón-Contreras. 1991-1992.

Iglesias, A; Villanueva, M: Pozos y acuíferos. Técnicas de evaluación mediante ensayos de bombeo. **IGME (1984).**