

**INFORME FINAL DEL SONDEO
DE INVESTIGACION PARA EL
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE
A LA LOCALIDAD DE GRAJA DE
INIESTA (CUENCA) Y PROPUESTA DE
PERÍMETRO DE PROTECCIÓN**

Septiembre de 2007

Sondeo: GRAJA-2

Término municipal: Graja de Iniesta **Provincia:** Cuenca

Sonda/contratista: Rotopercusión /Sondeos CARRETERO

SITUACIÓN:

Hoja topográfica: N° 692

Número Hoja/octante: 2527/7

Coordenadas U.T.M.: X:614300 Y:4376125

Cota aproximada: 830 (+/-) 10 m s.n.m.

CARACTERÍSTICAS:

Profundidad: 300 m.

Referencias topográficas: A unos 20 m de la actual captación, a 800 m al NO del núcleo urbano

ÍNDICE

1.INTRODUCCIÓN

1.1. Objetivo

2. EJECUCIÓN DEL SONDEO

2.1. Situación

2.2. Características específicas de la obra

2.2.1. Consideraciones constructivas

2.2.2. Perfil litológico

2.2.3. Acondicionamiento de la obra

2.2.4. Hidroquímica

2.2.5. Consideraciones hidrogeológicas

2.2.6. Resultados del ensayo de bombeo

2.3. Resultados obtenidos

3.PROPOSTA 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 las captaciones

4. BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ESQUEMA DEL SONDEO

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 octubre de 2005 se redactó el *“Informe hidrogeológico para la mejora del abastecimiento de agua potable del municipio de Graja de Iniesta (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 1.4 L/s. Para ello se recomendó la perforación de un sondeo próximo al actual y la recuperación del antiguo.

2. EJECUCIÓN DEL SONDEO

2.1. Situación

El sondeo GRAJA DE INIESTA-2 se ubicó a unos 20 m de la actual captación, a 800 m al NO del núcleo urbano .

Esta ubicación corresponde a un punto de la hoja nº 692 de coordenadas U.T.M. X:614300 Y:4376125 y una cota aproximada de 830 (+/-) 10 m s.n.m.

2.2. Características específicas de la obra

2.2.1. Consideraciones constructivas

La ejecución del sondeo GRAJA-2 se realizó en marzo de 2006, con un diámetro de perforación de 0-140 m de 380 mm y de 140-156 m de 320 mm (foto 1).



Foto 1- Vistas de la perforación de investigación con rotapercusión del sondeo GRAJA-2.

2.2.2. Perfil litológico

De acuerdo con el informe hidrogeológico previo realizado, los materiales atravesados en el sondeo GRAJA-2 corresponden principalmente a materiales de edad cretácica y terciaria.

Se perforaron los siguientes materiales (Ver Anexo):

- 0 - 4 m Arcillas rojas y marrones.
- 4 - 26 m Arcillas marrones.
- 26-28 m Margas ocreas.
- 28-32 m Margocalizas blancas y ocreas.
- 32-34 m Arcillas rojas.
- 34-36 m Arcillas rojas, areniscas cementadas calizas.
- 36-50 m Caliza micrítica blanca con recristalizaciones, niveles margosos marrón-oscuros.
- 50- 58 m Arcillas rojas.
- 58-77 m Caliza micrítica gris, en ocasiones de aspecto brechoide.
- 77-78 m Margas verdes.

- 78-82 m Arcillas rojas
- 82-86 m Areniscas ocre, verdes.
- 86-90 m Arenas gruesas, arcillas y margas.
- 90-137 m Arcillas rojas, marrones con niveles arenosos (108-110 m), de arena gruesa (114-118) y calizos (124-126 m).
- 137-144 m Caliza micrítica gris clara
- 144- 148 m Caliza rojiza con abundantes disoluciones y recristalizaciones de calcita y óxidos negros y pátinas rojas.
- 148-154 m Dolomías recristalizada gris claras con niveles margosos.
- 154-156 m Caliza rojiza con abundantes disoluciones y recristalizaciones de calcita y óxidos negros y pátinas rojas.

Se atravesaron formaciones acuíferas a 144-148 m (10-12 L/s) y a 154 m (>50 L/s).

Las formaciones atravesadas corresponden a :

0-137 m Terciario.

137-156 m Cretácico Superior.

2.2.3. Acondicionamiento de la obra

En el sondeo GRAJA-2 se instaló una tubería de 320 mm en el tramo 0-140 m y otra tubería de 0-156 m con un diámetro de 250 mm. Se cementaron el primer tramo de tubería y contacto con la pared (140 m) y en ambas tuberías los 5 primeros metros de cabecera. En el resto se instaló grava no silíceica calibrada, de 6-12 mm de diámetro y se instaló tubería ranurada de 132 a 156 m.

2.2.4. Hidroquímica

Las aguas del sondeo GRAJA 2 y del actual GRAJA 1 son muy similares, correspondiendo a una facies bicarbonatada cálcica con presencia de nitratos (19-20 mg/L). El contenido en cloruros (74-81 mg/L), aunque bajo, destaca por ser mucho más elevado que las concentraciones existentes en el entorno (10-15 mg/L). La conductividad se encuentra en torno a 800 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

| COMPONENTES | Graja 1 | Graja 2 |
|-------------------------------|---------|---------|
| Fecha | 2/4/06 | 2/4/06 |
| Conductividad | 812 | 795 |
| Ca ²⁺ | 107 | 99 |
| Mg ²⁺ | 37 | 34 |
| Na ⁺ | 41 | 42 |
| K ⁺ | 2 | 2 |
| Cl ⁻ | 81 | 74 |
| SO ₄ ²⁻ | 50 | 43 |
| HCO ₃ ⁻ | 372 | 359 |
| NO ₃ ⁻ | 20 | 19 |

Tabla 1- Características físico-químicas de las aguas del acuífero cretácico (concentraciones en mg/L, conductividad en $\mu\text{S/cm}$).

2.2.5. Consideraciones hidrogeológicas

Desde el punto de vista hidrogeológico el sondeo GRAJA-2 afecta al acuífero cretácico, dentro de la U.H. 08.17 "Serranía de Cuenca", perteneciente a la cuenca del Júcar. La profundidad del nivel piezométrico era de 93 m o una cota piezométrica de 737 m s.n.m.

2.2.6. Resultados de los ensayos de bombeo

AFORMHIDRO S.L. realizó el ensayo de bombeo del sondeo GRAJA-2 en marzo de 2006 con caudales de 7, 15, 20 y 25 L/s, descendiendo un total de 1.83 m, a partir de una profundidad de nivel piezométrico de 93 m. El ensayo es de difícil interpretación, por la variación de caudales, los descensos no estabilizados en los escalones y la posible interferencia del sondeo próximo. La transmisividad estimada puede ser de 1300 m²/día. Para un descenso de 5 m, una porosidad eficaz de 0.0005 (al considerarlo acuífero confinado) y un bombeo continuado de 90 días, el caudal de explotación recomendable es de 25 L/s.

2.3. Resultados obtenidos

El sondeo GRAJA-2 alcanzó una profundidad final de 156 m. Dicho sondeo se consideró positivo y, tras la última prueba de bombeo se recomienda un caudal de explotación entre 25 L/s.

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 el análisis químico realizado por el IGME se han determinado que las aguas cumplen lo establecido en el anexo B del RD 140/2003 por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano.

No se dispone del análisis químico y bacteriológico realizado por la Consejería de Sanidad de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, siendo recomendable su realización para determinar la potabilidad.

3.PROPOSTA DE LOS PERÍMETROS DE PROTECCIÓN

3.1.Marco hidrogeológico regional

Regionalmente, la zona estudiada se encuentra en la conexión entre la U.H. 08.17 "Serranía de Cuenca" y 08.29 "Mancha Oriental" (fig. 1).

Según IGME-CHJ (1992) el área del acuífero Serranía de Cuenca que corresponde a la zona de estudio se encuentra dentro del Acuífero Cretácico de Cuenca, con una superficie aflorante de 2500 km². Este acuífero limita a oeste y sur con los materiales terciarios, por el este con los materiales jurásicos y al norte con materiales cretácicos.

El acuífero está constituido por rocas carbonatadas del Cretácico y Jurásico, con una potencia de hasta 1100 m, siendo su permeabilidad en general alta. Los niveles piezométricos se encuentran entre 600-900 m s.n.m.

El Acuífero Mancha Oriental próximo incluye fundamentalmente el tercio meridional del Sistema nº 18. Presenta unas características particulares en cuanto a litología y explotabilidad de las aguas subterráneas, por lo que se estudia como una unidad individualizada. Se extiende por las cuencas del Júcar y Segura, con una superficie de 8.500 km², distribuida por las provincias de Albacete (74%), Cuenca (18%), Valencia (7,5%) y Murcia (0,5%).

El acuífero está constituido por rocas carbonatadas del Mioceno, Cretácico y Jurásico, con una potencia de 50-150 m, 125 m y 250-350 m, respectivamente. El eje principal de drenaje es el río Júcar, que en un tramo actúa como ganador y en otro como perdedor. Los niveles son fuertemente descendentes, con un valor medio de 22 metros para el periodo 1975-1995. Las cotas piezométricas se encuentran entre 570-770 m s.n.m.

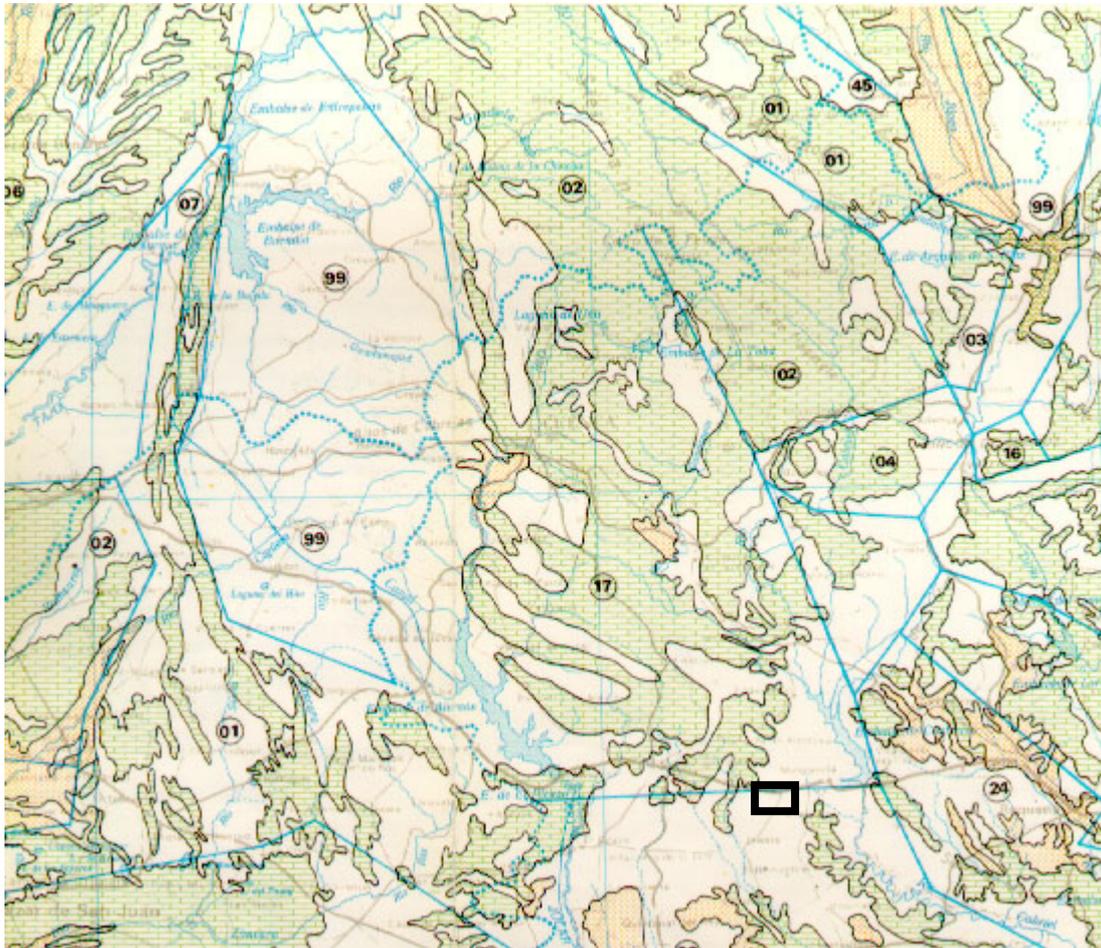


Figura 2.- Situación del área estudiada en las UU.HH. En el rectángulo se indica el área de estudio.

El sondeo GRAJA-2 afecta a los depósitos carbonatados cretácicos y a este sondeo se le va a realizar el perímetro de protección.

3.2. Marco hidrogeológico local

La formación captada por el sondeo GRAJA-2 corresponde a materiales carbonatados del Cretácico superior los cuales cuentan en el sondeo con una potencia de 19 m.

Por encima de dichos materiales se dispone una serie de 137 m de espesor correspondiente a las formaciones terciarias neógenas. La naturaleza de las formaciones terciarias es variada, estando constituida por arcillas, margas, calizas, areniscas y conglomerados. Dichos materiales actúan como confinante del acuífero carbonatado cretácico explotado por el sondeo GRAJA-2.

A diferencia del sondeo GRAJA-1, el sondeo GRAJA-2 solo explota los niveles carbonatados cretácicos, habiéndose cementado los primeros 140 m de entubación para evitar problemas de turbidez por arrastre de finos.

La transmisividad deducida para el Sondeo GRAJA-2 es de 1300 m²/día y se trata de un acuífero confinado. Considerando que los materiales carbonatados constituyentes de acuífero en profundidad en el sondeo afloran al norte – noroeste del sondeo, se considera una dirección general de flujo hacia el sur-sureste.

3.3. Vulnerabilidad del acuífero

3.3.1 Inventario de focos de contaminación

El entorno de los sondeos de abastecimiento a Graja de Iniesta es área dedicada al cereal de secano (trigo y girasol, fundamentalmente) y a la vid. Estos cultivos pueden suponer una contaminación agraria de tipo difuso por empleo de abonos orgánicos e inorgánicos, así como por aplicación de productos fitosanitarios de diversa índole (pesticidas, plaguicidas, etc.).

En la visita al lugar el día 20 de septiembre de 2007 se inventariaron otros posibles puntos de afección puntual al acuífero, los cuales serán tenidos en cuenta en el estudio de vulnerabilidad y consiguiente propuesta de perímetro de protección. Estos puntos, su ubicación y sus características se recogen en la tabla 2, figura 3 y fotos 2 y 3.

| FOCO DE CONTAMINACIÓN | UTM X | UTM Y | Altitud (m) | Distancia a sondeos (m) | OBSERVACIONES |
|--------------------------|--------|---------|-------------|-------------------------|--|
| Vertedero | 613936 | 4375652 | 840 | 270 | |
| Vertido aguas residuales | 613895 | 4375413 | 840 | 515 | Las aguas residuales se vierten sin tratamiento previo a balsa sin revestir que frecuentemente se desborda |
| Cementerio | 614165 | 4375506 | 850 | 410 | |
| Sondeo Graja-1 | 614061 | 4375917 | 835 | 15 | Dos tramos con rejilla que conecta niveles carbonatados terciarios con el acuífero cretácico |

Tabla 2. Inventario de potenciales focos de contaminación puntuales.



Foto 2.- Sondeo con vertedero al fondo



Foto 3.- Balsa de aguas residuales

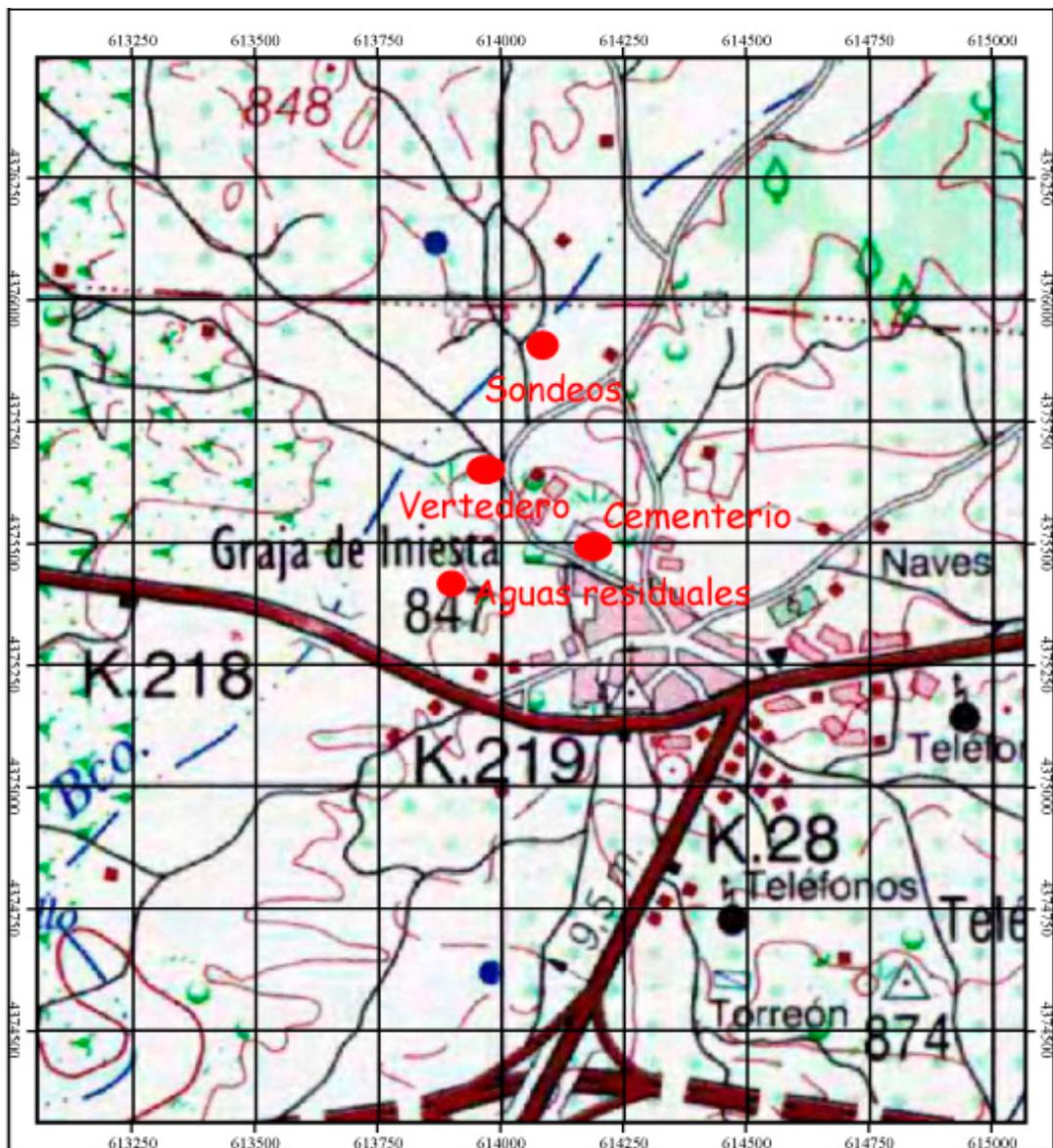


Figura 3.- Ubicación de los sondeos de abastecimiento y focos de contaminación.

3.3.2 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 ello se pueden usar distintos métodos, aunque uno de ellos es el índice DRASTIC. Este fue desarrollado para la Environmental Protection Agency (EPA), con el objeto de evaluar la vulnerabilidad intrínseca de los acuíferos. De uso muy difundido, tanto para la cualificación (evaluación cualitativa) como para la cartografía, se basa en la asignación de índices que van de 1 a 10, de acuerdo a las características y el comportamiento de las variables consideradas en el acrónimo DRASTIC: **D** (profundidad del agua), **R** (recarga neta), **A** (litología del acuífero), **S** (suelo) **T** (topografía) **I** (impacto en zona no saturada), **C** (conductividad hidráulica del acuífero).

Además de lo expresado, a cada variable se le asigna un peso o ponderación, de acuerdo a la influencia respecto a la vulnerabilidad. Para el peso ponderado se emplean índices entre 1 y 5, adoptando los autores el mayor (5) para la profundidad del agua (D) y la litología de la sección subsaturada (I) y el menor (1) para la topografía (T) (tabla 3).

La Ecuación utilizada para calcular el índice DRASTIC:

$$D_R D_W + R_R R_W + A_R A_W + S_R S_W + T_R T_W + I_R I_W + C_R C_W$$

Donde **R** = VALOR, **W** = ÍNDICE DE PONDERACIÓN.

Ambos índices se multiplican y luego se suman los 7 resultados, para obtener un valor final o índice de vulnerabilidad, cuyos extremos son 23 (mínima) y 230 (máxima).

Esto se aplica a celdas cuadradas de 500 x 500 m.

El rango posible de valores del índice DRASTIC está comprendido entre 23-226 siendo más frecuentes valores entre 50-200 (tabla 3). Los intervalos de vulnerabilidad o riesgo se definen en función de la aplicación. En el trabajo realizado se han establecido los siguientes grados:

- <100 Vulnerabilidad insignificante
- 101-119 Vulnerabilidad muy baja
- 120-139 Vulnerabilidad baja
- 140-159 Vulnerabilidad moderada
- 160-179 Vulnerabilidad alta
- 180-199 Vulnerabilidad muy alta
- >200 Vulnerabilidad extrema

Para el presente estudio se ha considerado el acuífero carbonatado cretácico, captado a 140 m de profundidad y de carácter confinado.

Los datos que se han empleado para la estimación del índice son los siguientes:

- La profundidad del nivel piezométrico se ha tomado la obtenida el día 24/03/06:
NP = 93 m ; Cota piezométrica = 737 m s.n.m. (D = 1)
- Respecto a la recarga se ha tomado la recarga resultante de considerar la media entre la dos unidades hidrogeológicas entre las que se emplaza el sondeo. Así, para el acuífero de la Serranía de Cuenca se tiene una infiltración por lluvia de 220 hm³/año para una superficie aflorante de 1245 km² (IGME, 1992). La recarga resultante es de unos 177 mm (R = 6). Para el acuífero de la Mancha Oriental, con una infiltración por lluvia de 230 hm³/año y una superficie aflorante de 3300 km², se obtiene una recarga de 70 mm (R = 3). Para la aplicación del método DRASTIC se va a utilizar un valor de R = 5.
- Para la litología del acuífero se ha considerado un valor DRASTIC de A = 8 correspondiente calizas cretácicas moderadamente carstificadas.
- Para el suelo se ha considerado el caso más desfavorable, el de suelo ausente S=10 en las celdas donde aflora el cretácico carbonatado. En las celdas donde aflora el terciario detrítico, fundamentalmente arcilloso, se asume un suelo margo-arcilloso con un valor DRASTIC de S = 3.
- El índice DRASTIC para la topografía da un rango de valores de T = 10 a T = 5, predominando los relieves horizontales a subhorizontales para toda el área, significativo de unas pendientes de 0 a 6 %.
- El valor adjudicado al parámetro I (impacto de la zona no saturada) oscila de I= 3 a I = 10, en función de los materiales encontrados por encima del nivel piezométrico. El valor de 10 se adjudica cuando se encuentran aflorantes las calizas y calizas brechoides carstificadas del Cretácico. El valor de I = 3 se utilizará cuando la serie terciaria se disponga sobre los materiales cretácicos.
- Para la conductividad hidráulica se ha utilizado la información proveniente del ensayo de bombeo. Este arrojaba una transmisividad de 1300 m²/día. Considerando un espesor saturado de los horizontes productivos de 6 m, se obtiene un conductividad hidráulica de 215 m/día y un parámetro DRASTIC de C = 10.

| ÍNDICE DE PONDERACIÓN | | |
|--------------------------|------------------------------------|---------|
| PARÁMETROS | | DRASTIC |
| D | Profundidad del nivel piezométrico | 5 |
| R | Recarga neta | 4 |
| A | Naturaleza del acuífero | 3 |
| S | Tipo de suelo | 2 |
| T | Topografía. Pendientes | 1 |
| I | Impacto en la zona no saturada | 5 |
| C | Permeabilidad | 3 |
| D) RANGO PROFUNDIDAD (m) | | VALOR |
| < 1.5 | | 10 |
| 1.5-5 | | 9 |
| 5-10 | | 7 |
| 10-20 | | 5 |
| 20-30 | | 2 |
| > 30 | | 1 |

| R) RANGO RECARGA (mm) | VALOR |
|-----------------------|-------|
| 0-50 | 1 |
| 50-100 | 3 |
| 100-180 | 6 |
| 180-255 | 8 |
| > 255 | 9 |

Tabla 3.- Índices de ponderación y valores del índice DRASTIC.

| A) DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA | RANGO | VALOR TÍPICO |
|--|-------|--------------|
| Arcillas, margas, limos | 1-3 | 2 |
| Rocas ígneas y metamórficas | 2-5 | 3 |
| Rocas ígneas y metamórficas alteradas | 3-5 | 4 |
| Alternancia de areniscas, arcillas y calizas | 5-9 | 6 |
| Areniscas masivas | 4-9 | 6 |
| Calizas masivas | 4-9 | 6 |
| Arenas, gravas y conglomerados | 4-9 | 8 |
| Basalto | 2-10 | 9 |
| Calizas carstificadas | 9-10 | 10 |
| S) NATURALEZA DEL SUELO | VALOR | |
| Arcilla no expansiva y desagregada | 1 | |
| Suelo orgánico | 2 | |
| Marga arcillosa | 3 | |
| Marga limosa | 4 | |
| Marga | 5 | |
| Marga arenosa | 6 | |
| Arcilla expansiva y/o agregada | 7 | |
| Turba | 8 | |
| Arena | 9 | |
| Grava | 10 | |
| Delgado o ausente | 10 | |

| T) RANGO TOPOGRAFÍA (% de pendiente máxima) | | |
|--|-------|--------------|
| 0-5 | 10 | |
| 2-6 | 9 | |
| 6-12 | 5 | |
| 12-18 | 3 | |
| > 18 | 1 | |
| I) DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA ZNS | RANGO | VALOR TÍPICO |
| Arcilla, limo | 1-2 | 1 |
| Esquistos, pizarras | 2-5 | 3 |
| Calizas | 2-7 | 6 |
| Areniscas | 4-8 | 6 |
| Alternancia de calizas, areniscas y arcillas | 4-8 | 6 |
| Arenas y gravas con contenido en arcilla | 4-8 | 6 |
| Rocas metamórficas e ígneas | 2-8 | 4 |
| Arenas y gravas | 6-9 | 8 |
| Volcánicas | 2-10 | 9 |
| Calizas carstificadas | 8-10 | 10 |
| C) RANGO CONDUCTIVIDAD (m / día) | VALOR | |
| < 4 | 1 | |
| 4-12 | 2 | |
| 12-28 | 4 | |
| 28-40 | 6 | |
| 40-80 | 8 | |
| > 80 | 10 | |

3.4. Perímetro de protección de las captaciones

Habitualmente es recomendable para el diseño de un perímetro de protección de captaciones para abastecimiento urbano la definición de tres zonas de protección:

- 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.

En el presente documento se propone el perímetro de protección para los sondeos de GRAJA-2 y GRAJA-1, distantes 15 m.

El hecho de ser un acuífero confinado con nivel piezométrico profundo (93 m) implica que la protección del acuífero estará favorecida por la ZNS y el suelo, así como por la interceptación por parte de los niveles calizos terciarios más superficiales de los potenciales contaminantes.

A) Protección de la calidad

Para la definición de **zona de restricciones absolutas** se propone aplicar un área fija que contemple el vallado y protección del área que englobe el nuevo sondeo GRAJA-2 y también el sondeo GRAJA-1, sito a 15 metros de distancia.

Ambas captaciones deben estar adecuadamente protegidas de efectos exteriores: cierre de la cabeza de la tubería del sondeo, un suave cono con una inclinación para la circulación de agua, con un diámetro de 2 m y aislamiento del exterior.

El sondeo GRAJA-1 conecta los niveles carbonatados terciarios con el acuífero carbonatado cretácico al tener colocada rejilla en ambos horizontes. A través de GRAJA-1 una contaminación del acuífero terciario afectaría al acuífero cretácico suponiendo el sondeo un posible foco de contaminación. Para evitar este caso así como para solucionar los problemas de turbidez del agua por arrastre de arcillas provenientes de los niveles terciarios, se proponen dos opciones:

- Entubar con una tubería de menor diámetro ("encamisamiento") y colocar rejilla solo en

el tramo cretácico (138-152m).

- Sellado del pozo: filtro de grava opuesto a la rejilla profunda y cementación del resto (de 0 – 138 m)

El vallado propuesto corresponde a un rectángulo de 45m x 25m aproximadamente (figura 5), de coordenadas las indicadas en la tabla 4. Las actividades a restringir dentro de este vallado se recogen en la tabla 5.

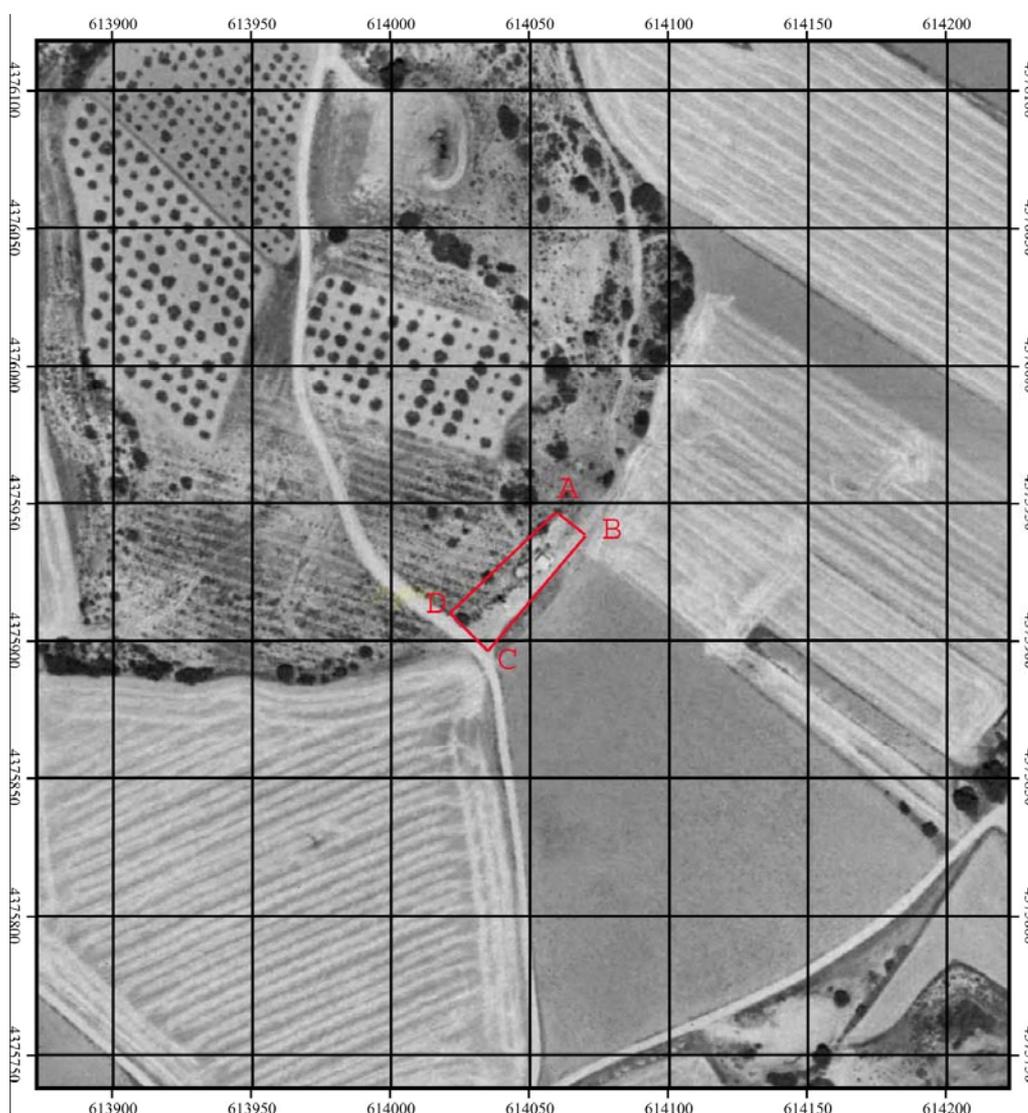


Figura 5.- Propuesta de perímetro de protección con restricciones absolutas.

Para determinar **la zona de protección próxima o de restricciones máximas y moderadas** se ha de considerar que el acuífero es confinado y que tiene sobre el techo del

acuífero una capa confinante de arcillas con algunos horizontes de calizas, margas, arenas y conglomerados de un espesor total de 137 m, el cual actúa como protección natural del acuífero.

El método de Rehse para el cálculo del poder depurador de los materiales (Martínez y García, 2003) contempla que el poder depurador viene dado por:

$$M_x = M_{zns} + M_{zs}$$

Donde M_x es el poder depurador sobre la totalidad del transporte, M_{zns} es el poder depurador en el trayecto vertical (zona no saturada) y M_{zs} es el poder depurador en el trayecto horizontal (zona saturada).

La depuración será completa cuando M_x sea mayor o igual a 1.

Aplicado al caso del sondeo GRAJA-2, se obtiene lo siguiente:

M_{zns} = Suma de los diferentes espesores de materiales en la ZNS multiplicado por el Índice de depuración de cada uno de estos materiales según Rehse.

Tramo de arcillas :

$$\begin{aligned} M_{zns} &= \text{Espesor del tramo} \times \text{Índice de depuración de Rehse} \\ &= 88 \times 0,5 = 44 \end{aligned}$$

Tramo de arena fina a media:

$$M_{zns} = 10 \times 0,17 = 1,7$$

Tramo de arena gruesa:

$$M_{zns} = 4 \times 0,07 = 0,28$$

$$\text{Poder depurador total de la zona no saturada} = 44 + 1,7 + 0,28 = \mathbf{45,98}$$

Si M_r es mayor o igual a 1 la depuración en la ZNS es completa y según Rehse **no es necesario determinar ningún perímetro de protección de la calidad** ya que se considera que los materiales de la ZNS suponen una barrera depuradora natural que garantiza la protección del acuífero.

No obstante, la proximidad de los sondeos de abastecimiento de las poblaciones de Villalpardo y Villarta al punto de vertido de las aguas residuales de Graja de Iniesta, situados ambos en la dirección de flujo de las aguas subterráneas, hacen prioritario el **desplazamiento de dicho vertido** y el **tratamiento de las aguas**.

B) Protección de la cantidad

La zona donde se ubican los sondeos GRAJA-1 y GRAJA-2 esta dedicada al cultivo del cereal de secano, la vid, el olivar y árboles frutales. Aunque no se dispone de un inventario completo de sondeos en las inmediaciones, se tiene constancia de la existencia de aproximadamente 10 sondeos particulares para riego y de otros dos sondeos de abastecimiento de las poblaciones de Villalpardo y Villarta, muy próximos a los sondeos de Graja de Iniesta. Asimismo, se puede prever la perforación de nuevas captaciones de uso particular. Con el objetivo de que no se vean afectados negativamente los sondeos de abastecimiento de las poblaciones, se va a proponer un perímetro de protección de la cantidad combinando el método del Cono de descenso/ Tiempo de tránsito, calculado en base al gradiente hidráulico del cono mediante el **método del radio fijo-ecuación de flujo volumétrica** (no considerando la recarga), con criterios hidrogeológicos.

La ecuación volumétrica es la siguiente:

$$Qt = m * H\pi R^2$$

$H\pi R^2$ = Volumen total del cilindro.

$m * H\pi R^2$ = Volumen de agua contenido en el cilindro de acuífero.

Siendo:

Q = caudal bombeado

t = tiempo de tránsito hasta la captación

m = porosidad eficaz del acuífero

H = espesor saturado en la captación

R = radio del perímetro de protección

Se tantea el radio considerando un caudal bombeado de 25 L/s, un tiempo de tránsito de 1 día, el coeficiente de almacenamiento del acuífero carbonatado estimado en 0,0005 y un espesor saturado de toda la formación de 125 m, aunque el sondeo es parcialmente penetrante. El radio obtenido es de 104 m. Si se consideran 100 días de bombeo continuado, el radio es de 1050 m. Atendiendo a consideraciones hidrogeológicas, con una circulación de flujo en dirección NNO-SSE y que el arroyo de Graja puede indicar algún tipo de falla, se limita el perímetro a lo indicado en la figura 4 y tabla 4. Los sondeos que se perforen dentro de dicho perímetro de protección, no deberán afectar al sondeo del Ayuntamiento, por lo que se les deberá exigir la realización de un ensayo de bombeo y controlar durante la realización del mismo que no afecte notablemente a los sondeos municipales.

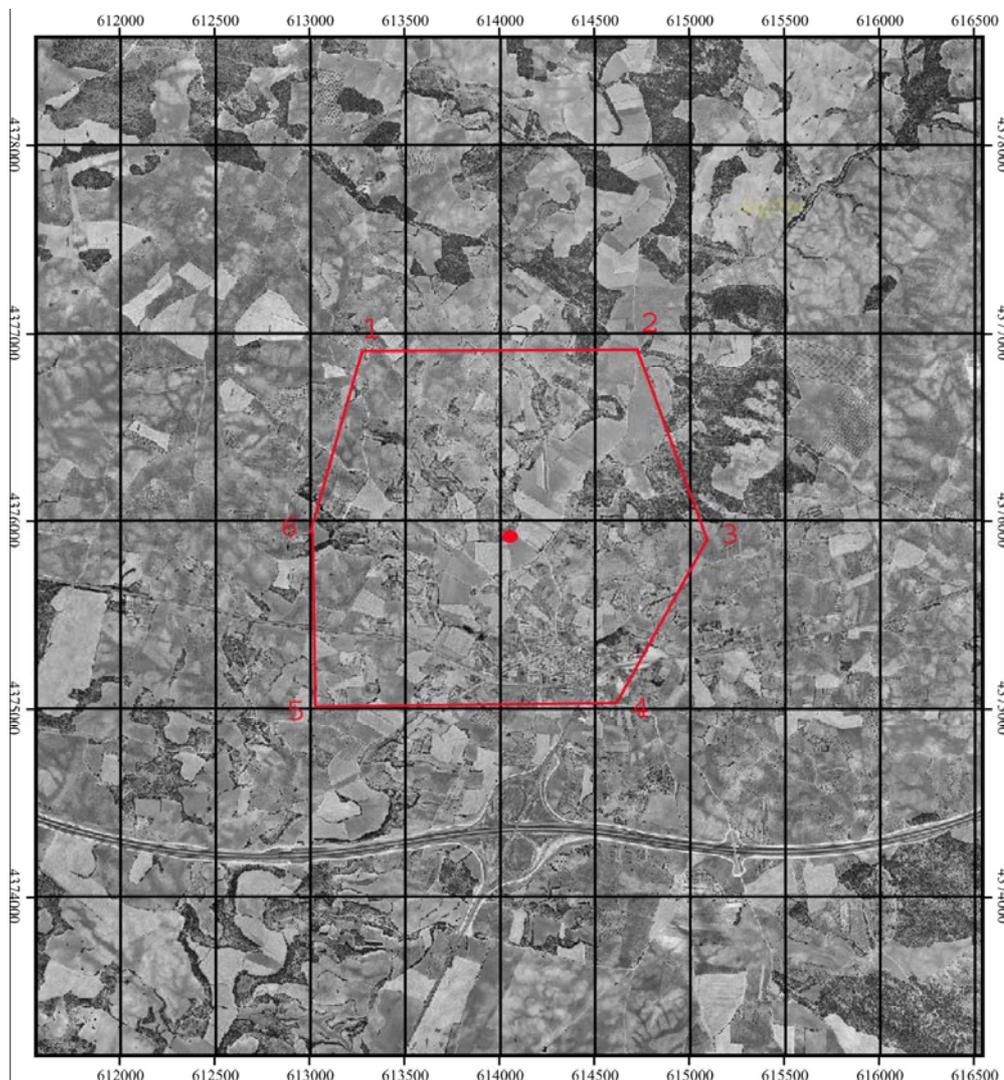


Figura 4. Propuesta de perímetro de protección de la cantidad.

| | Nº PUNTO | COORDENADAS UTM (X) | COORDENADAS UTM (Y) | Z (m s.n.m.) |
|--|----------|---------------------|---------------------|-----------------|
| ZONA DE RESTRICCIONES ABSOLUTAS | A | 614060 | 4376150 | 820 |
| | B | 614068 | 4376124 | 820 |
| | C | 614035 | 4376100 | 820 |
| | D | 614021 | 4376122 | 820 |
| ZONA DE PROTECCION DE LA CANTIDAD | 1 | 613257 | 4376916 | 850 |
| | 2 | 614731 | 4376924 | 820 |
| | 3 | 615087 | 4375924 | 830 |
| | 4 | 614620 | 4375028 | 820 |
| | 5 | 613000 | 4375028 | 820 |
| | 6 | 613000 | 4375886 | 830 |

Tabla 4. Poligonal envolvente del perímetro de protecciones absolutas y de la cantidad propuesta.

Madrid, Septiembre de 2007

Los autores del informe

Fdo. Esther Alonso y Marc Martínez

| 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 5. Definición de las actividades dentro del perímetro de protección restringidas o condicionadas.

4. BIBLIOGRAFÍA

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

Martínez, C; García A (2003): Perímetros de protección para captaciones de agua subterránea destinada al consumo humano. metodología y aplicación al territorio. **IGME.**

ANEXOS

ESQUEMA DEL SONDEO

CROQUIS DE POZO GRAJA DE INIESTA 2 (Graja de Iniesta)

