

**PROPUESTA DEL PERÍMETRO DE
PROTECCIÓN PARA EL SONDEO
NUEVO DE ABASTECIMIENTO DE *EL
HITO* (CUENCA)**

Octubre de 2007

ÍNDICE

1.- Introducción

1.1 Demanda urbana y situación actual de abastecimiento

2.- Actuaciones de recuperación realizadas en el sondeo H-2

3.- Estudios previos

3.1. Marco geológico

3.1.1 *Estratigrafía*

3.1.2 *Estructura*

3.2 Marco hidrogeológico regional

3.3 Marco hidrogeológico local

4.- Propuesta de perímetro de protección

4.1. Vulnerabilidad del acuífero

4.1.1. *Inventario de focos de contaminación*

4.1.2. *Estimación de la vulnerabilidad*

4.2. Perímetro de protección de las captaciones

A) Protección de la calidad

B) Protección de la cantidad

5.- BIBLIOGRAFÍA

1.- INTRODUCCIÓN

Dentro del convenio de asistencia técnica suscrito entre el Instituto Geológico y Minero de España (IGME) y la Excma. Diputación Provincial de Cuenca, se han realizado los trabajos de recuperación de la actual captación, recomendados en el *“Informe hidrogeológico para la mejora del abastecimiento de agua potable a la localidad de El Hito (Cuenca)”* y los necesarios para definir el perímetro de protección de la captación nueva de abastecimiento urbano sita en el camino de la Melera de El Hito (Cuenca), y que junto a otro sondeo más antiguo abastece a dicha localidad.

El 30 de marzo de 2007 se realizó el reconocimiento hidrogeológico de la zona y el día 4 de octubre se inventariaron los posibles focos de afección a los sondeos de abastecimiento. Esta información, junto a la recopilación bibliográfica geológica e hidrogeológica realizada, ha servido para la redacción del presente informe.

1.1. Demanda urbana y situación actual de abastecimiento

La localidad de El Hito tiene una población censada de 240 habitantes, llegando a alcanzar en verano los 800 habitantes, según fuentes municipales.

Considerando unas dotaciones de 200 L/hab/día, el volumen necesario para satisfacer la demanda de la población es de 0.55 L/s (48 m³/día), aumentando durante los períodos vacacionales a una demanda de 1.85 L/s (160 m³/día).

Actualmente se abastecen de dos sondeos (Tabla 1):

- Sondeo viejo, situado a 2500 m al SO de la población, en el paraje de Fuente Vieja, de 83 m de profundidad inicial, aunque tapado a partir de 55 m y un caudal de explotación de 9 L/s. La bomba se sitúa a 20 m. Se utiliza habitualmente.

- Sondeo nuevo, situado a 4 km al Oeste, en el camino de la Melera. Tiene una profundidad de 340 m. La bomba está situada a 160 m de profundidad (figura 1). El caudal de explotación es de 4 - 6 L/s.

A partir de marzo de 2006 empezó a mostrar problemas de turbidez por arrastre de arenas finas, por lo que recientemente se ha dejado de utilizar. Esto supone un problema grave de cantidad y calidad en el abastecimiento ya que el sondeo antiguo es insuficiente para la

demanda de agua estival teniendo que recurrir en verano a camiones cisterna. Además presenta problemas de calidad con respecto al contenido en sulfatos (1332 mg/l), muy superior a los 250 mg/l, máximo recomendado según la Reglamentación Técnico-Sanitaria para el abastecimiento y control de calidad de las aguas potables de consumo público (RD 140/2003).

A continuación se describirán las distintas actuaciones realizadas en el sondeo para recuperar la cantidad y calidad del agua.

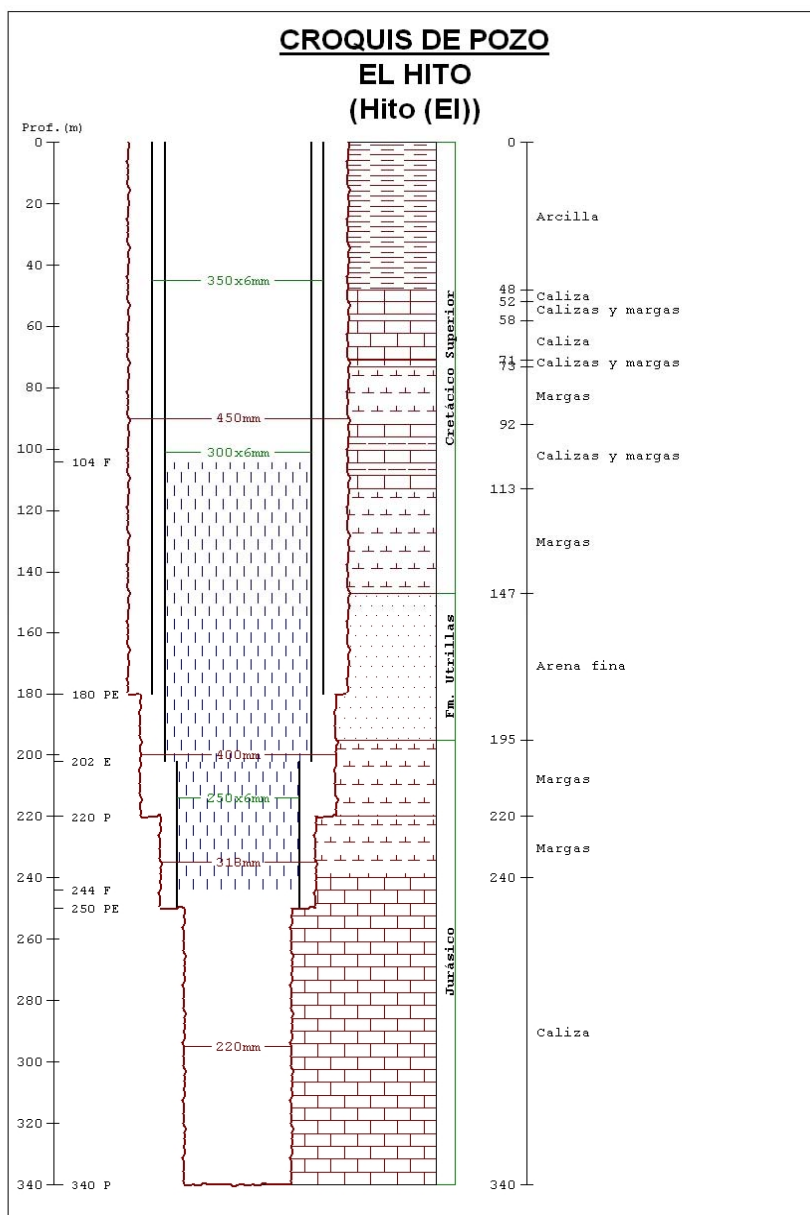


Figura 1. Esquema constructivo del sondeo nuevo de El Hito, H-2.

SONDEO	COORDENADAS UTM	PROF (m)	PNP(m)	T (m ² /d)	Q (l/s)	PB (m)	HIDROQUÍMICA
H-2 (nuevo)	X = 520575 Y = 4411950 Z = 880	340	64.75 (815,25 msnm)	5-17	3,5	190	Sulfatada-bicarbonatada cálcica
H-1 (viejo)	X = 523003 Y = 4410716 Z = 870	83 (taponado a los 55)			9	20	Sulfatadas cálcicas

Tabla 1. Principales características de las captaciones que abastecen a El Hito (LEYENDA: PROF.-profundidad, PNP-profundidad del nivel piezométrico, T transmisividad, Q-caudal, PB- profundidad de la bomba).

2. ACTUACIONES DE RECUPERACIÓN REALIZADAS EN EL SONDEO H-2

Según reporta el Ayuntamiento, el sondeo nuevo de El Hito experimentó una pérdida progresiva de caudal lo que llevó a descender la bomba de su posición original a 160 m a 190 m de profundidad. A esta nueva profundidad de la bomba el sondeo comenzó a experimentar en marzo de 2006 problemas de turbidez por arrastre de arenas provenientes de la formación Arenas de Utrillas e incorporación de fracción margosa de la parte superior del tramo jurásico.

Las actuaciones realizadas para la mejora de la calidad del sondeo han sido las siguientes:

- Bombeo durante 14 horas seguidas. La turbidez no disminuyó.
- El día 5 de septiembre se procedió a la limpieza y recuperación del sondeo mediante el método de inyección de aire comprimido. El procedimiento fue el siguiente:
 - o A 162 m de profundidad: inyección de aire comprimido y salida de agua turbia con presencia de fragmentos oxidados provenientes de la tubería.
 - o A 174 m de profundidad: inyección de aire comprimido y salida de agua turbia de color gris y conductividad de 602 μ S/cm.
 - o A 186 m de profundidad: inyección de aire comprimido y salida de agua turbia de color gris.
 - o A 192 m de profundidad: Se detiene la recuperación por problemas con la maquinaria.
 - o A 266 m: La tubería se encuentra obstruida y no se puede avanzar.
- Se instala la bomba a 150 m y se bombea con un caudal de 3 l/s. En estas condiciones el nivel dinámico bajó hasta la rejilla (≥ 150 m de profundidad).

- Se desciende la bomba a 190 m y con un caudal de 3,5 l/s el nivel dinámico se estabiliza a 160 m. El agua parece mantenerse clara.

3. ESTUDIOS PREVIOS

3.1. Marco geológico

La geología de la zona ha sido descrita con detalle en el informe hidrogeológico realizado por el IGME en marzo de 2007 para la mejora del abastecimiento urbano de El Hito.

La zona de estudio se ubica en la parte central de la Sierra de Altomira, aflorando materiales terciarios detríticos y cuaternarios que presumiblemente cubren los depósitos carbonatados mesozoicos, aflorantes a escasos kilómetros al oeste de El Hito en plegamientos asociados a la estructura cabalgante.

Sus principales características se reflejan en la memoria de la hoja de Palomares del Campo (633), elaborada por el IGME.

3.1.1 Estratigrafía

El área de estudio se considera englobada en la Sierra de Altomira, la Depresión Intermedia y del Tajo.

MESOZOICO

Jurásico

Fm. Carniolas de Cortes de Tajuña (1)

Aflora en el anticlinal de Saelices, con un espesor entre 114-330 m y que corresponde a dolomías cristalinas beiges y brechas dolomíticas oquerosas. Se datan como Hettangiense-Sinemuriense.

Fm. Calizas y dolomías de Cuevas Labradas (2, 3)

Se distinguen dos tramos, de base a techo:

-40 m de calizas y dolomías microcristalinas, en ocasiones brechosas (2).

-55 m de calizas, dolomías amarillentas y grises, margas verdes (3).

Se datan como del Sinemuriense-Pliensbachiense.

Calizas micríticas y Fm. Carbonatada de Chelva (4)

De base a techo se distinguen:

-25 m de calizas grises a beige, a veces recristalizadas, en paquetes gruesos.

-80 m de calizas oolíticas y bioclásticas, en capas finas a medias y aspecto noduloso.

Se datan como del Pliensbachiense-Dogger.

Cretácico inferior

Fm. Arenas de Utrillas (8)

Son areniscas y arenas de grano fino, rojas, amarillentas y blancas, arcillas versicolores con un espesor aproximado de 40 m.

Cretácico superior

Fm. Dolomías tableadas de Villa de Vés (9)

Son 50 m de dolomías con escasos niveles margosos y presencia de fósiles: bivalvos, ostrácodos, foraminíferos. Se atribuye al Cenomaniense.

Fm. Margas de Casamedina (10)

Son 12 m de margas que hacia el Este pasan a facies más dolomíticas. Se atribuyen al Cenomaniense superior-Turoniense inferior.

Fm. Dolomías de la Ciudad Encantada (11)

Dolomías masivas y cristalinas, a veces karstificadas, de escaso espesor en el área de estudio y que se atribuyen al Turoniense.

Fm. Margas de Alarcón (12)

Son 10-20 m de margas grises, ocre y verdes, con intercalaciones carbonatadas. Se datan como de Coniaciense-Santoniense Inferior.

Fm. Calizas y brechas de la Sierra de Utiel (13)

Tramo de escaso espesor, datado como del Santoniense-Campaniense.

Fm. Margas, arcillas y yesos de Villalba de la Sierra (16)

Aflora escasamente, con una presencia predominante de yesos, con un espesor aproximado de 100 m .

CENOZOICO

Limos y limos arenosos (17), arenas y gravas (17a)

Aflora al oeste de la Sierra de Altomira, en las inmediaciones de la localidad de Saelices. Además de los limos, presentan intercalados arenas, gravas, yesos. Se ha reconocido un espesor de 140 m. Se atribuyen al Paleógeno Inferior.

Limos arcillosos y limos con yeso (18) con areniscas y conglomerados (18a), margas y calizas (18b)

Se han reconocido 300 m de espesor que aumenta hacia el S. Se data del Arveniense-Ageniense Inferior.

Limos arcillosos y limos yesíferos (19), margas y calizas (19b), yesos (19c)

Su espesor aproximado es de 300 m. Puede presentar intercalados brechas, areniscas y conglomerados. Los yesos masivos pueden alcanzar un espesor de 150 m. Se atribuye al Mioceno Inferior.

Brechas, arcillas y limos rojizos (22a)

Ocupan las depresiones dejadas por los relieves mesozoicos y paleógenos y los relieves orientales de la Sierra de Altomira. Se atribuye al Mioceno Superior.

Calizas (23)

Corresponden a calizas alternantes con margas de origen lacustre. Se datan del Mioceno Superior.

CUATERNARIO

Existen depósitos aluviales asociados al río Cigüela (terrazas de arenas y gravas (25), llanuras de inundación (28), depósitos de glaciares constituidos por arenas, arcillas y cantos (24) principalmente en los flancos de la Sierra de Altomira, coluviones (27) y fondos de valle asociados al Arroyo del Gato. También se definen depósitos lacustres asociados a la laguna de El Hito (26) correspondientes a limos yesíferos y yesos cristalinos.

3.1.2 Tectónica

El área de estudio está comprendida en la Sierra de Altomira. En ella se pueden distinguir dos dominios: el de Altomira y el de la Depresión Intermedia. El dominio de la Sierra de Altomira corresponde a una estructura anticlinal generada por el apilamiento de escamas cabalgantes. Su orientación es NNO-SSE. Respecto al Dominio de la Depresión Intermedia los materiales se disponen discordantemente a los materiales de la Sierra y plegamientos suaves de la misma orientación que la Sierra (figura 2).

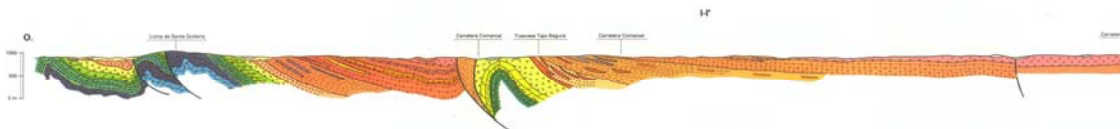


Figura 2.- Corte geológico O-E de la zona de estudio.

3.2 Marco hidrogeológico regional

Regionalmente, la zona estudiada se encuentra dentro de la U.H. 04.01 “Sierra de Altomira” (Figura 3). 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 sondeo nuevo de El Hito (H-2 en adelante) afecta a los depósitos carbonatados jurásicos con una cota piezométrica de 815 m.s.n.m. El techo de la formación se encuentra a una profundidad de 200 m.

Regionalmente, la dirección de flujo es hacia el sur. Localmente, este sentido de flujo coincide con los datos de cota piezométrica obtenida en los sondeos próximos que afectan a los mismos materiales. Así, el sondeo de Almonacid del Marquesado, sito a 3 km al sur del sondeo H-2 presenta una cota piezométrica de 804,5 msnm, confirmando localmente la dirección preferencial de flujo hacia el sur. No obstante, la presencia del río Gigüela puede actuar como línea de drenaje y modificar localmente las líneas de flujo creándose zonas en las que el agua circule hacia el norte hasta alcanzar el río. La presencia de una fuente de gran caudal, muy próxima al río, sita a unos 5 km al NO del sondeo H-2 y de cota piezométrica menor a éste, podría sugerir una dirección de flujo local hacia el norte en la zona al norte del sondeo.

El presente perímetro de protección se realiza para la captación H-2 prevista para el abastecimiento de El Hito.

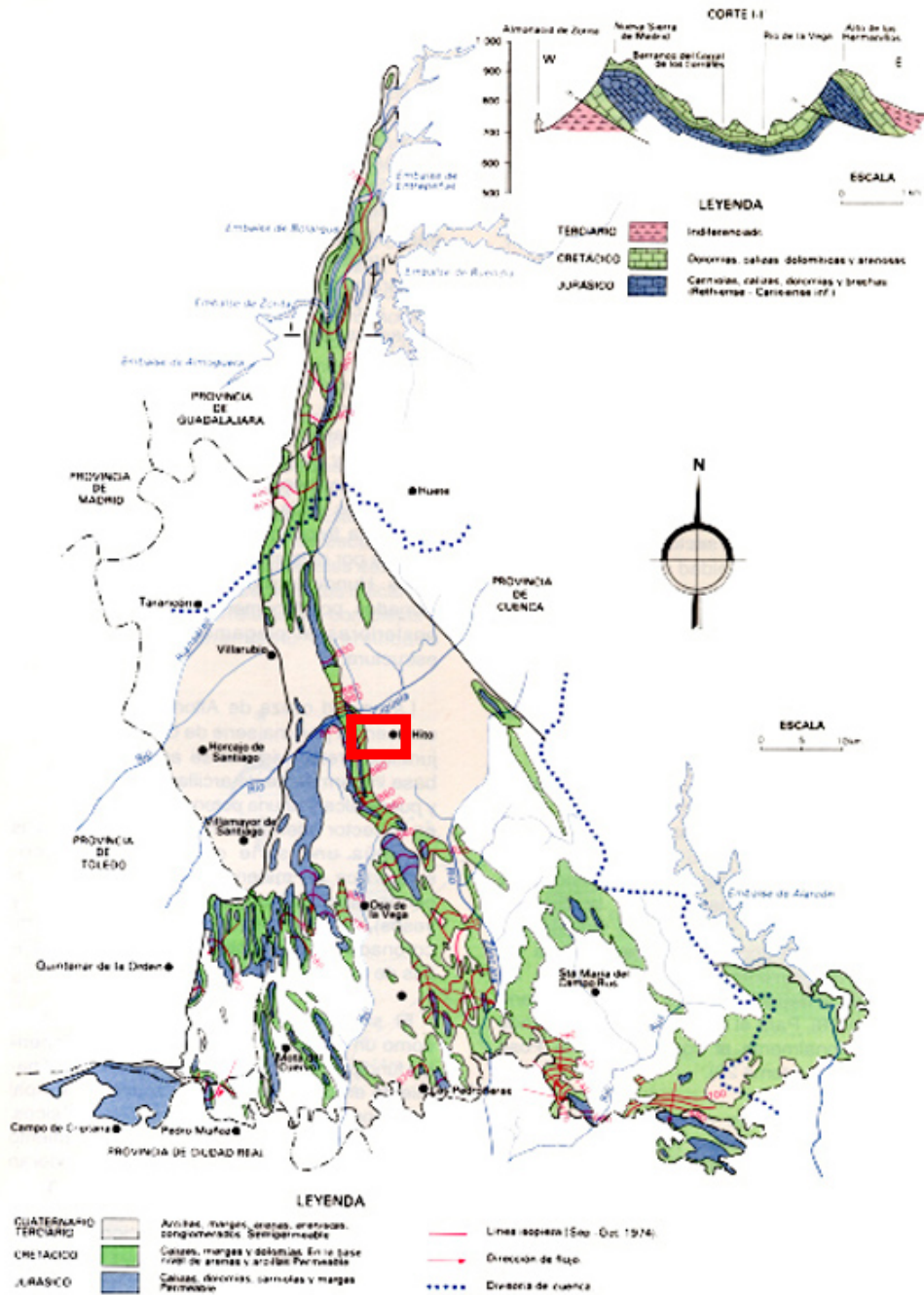


Figura 3.- Situación del área estudiada en la U.U.H.H. 04.01 "Sierra de Altomira" En el rectángulo se indica el área de estudio.

3.3 Marco hidrogeológico local

La formación captada por el sondeo H-2 corresponde a materiales carbonatados del Jurásico los cuales cuentan en el sondeo H-2 con una potencia de 140m. De estos 140 m, los 45 m superiores están formados por margas del Jurásico.

Por encima de dichos materiales se disponen materiales del Cretácico inferior formados por una serie de arenas finas de 48 m de espesor correspondiente a la formación detrítica Utrillas.

El nivel piezométrico en H-2 se situó el día de su perforación (marzo de 1993) a 64.75 (815,25 m s.n.m.) obteniéndose una transmisividad en el ensayo de bombeo de 5-17 m²/día. Se trata de un acuífero de carácter confinado y la dirección de flujo es hacia el sur.

Hidroquímicamente las aguas son bicarbonatado-sulfatadas cálcicas, con un contenido en nitratos de 29 mg/L, lo que indica influencia de la actividad antrópica (tabla 2).

	Fecha	C.E.	Mg	Ca	SO ₄	HCO ₃	NO ₃	Cl
Sondeo nuevo	4/07	677	36	87	118	249	29	9

Tabla 2.- Determinaciones fisico-químicas de las aguas en las captaciones en depósitos jurásicos. (C.E.- Conductividad eléctrica en $\mu\text{S}/\text{cm}$; concentraciones en mg/L).

4. PROPUESTA DE PERÍMETRO DE PROTECCIÓN

La propuesta de perímetro de protección se va a realizar para la captación de abastecimiento H-2 de El Hito.

3.2. Vulnerabilidad del acuífero

3.2.1. *Inventario de focos de contaminación*

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

En la visita al lugar el día 4 de octubre 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 3 y figura 4.

FOCO DE CONTAMINACIÓN	UTM X	UTM Y	Distancia al sondeo H2 (m)
Residuos sólidos Urbanos	524148	4415914	5300
Aguas residuales Urbanas 1	524064	4412524	3500
Aguas residuales Urbanas 2	524993	4412146	4400
Cementerio	523881	4412623	3300

Tabla 3. *Inventario de focos de contaminación*

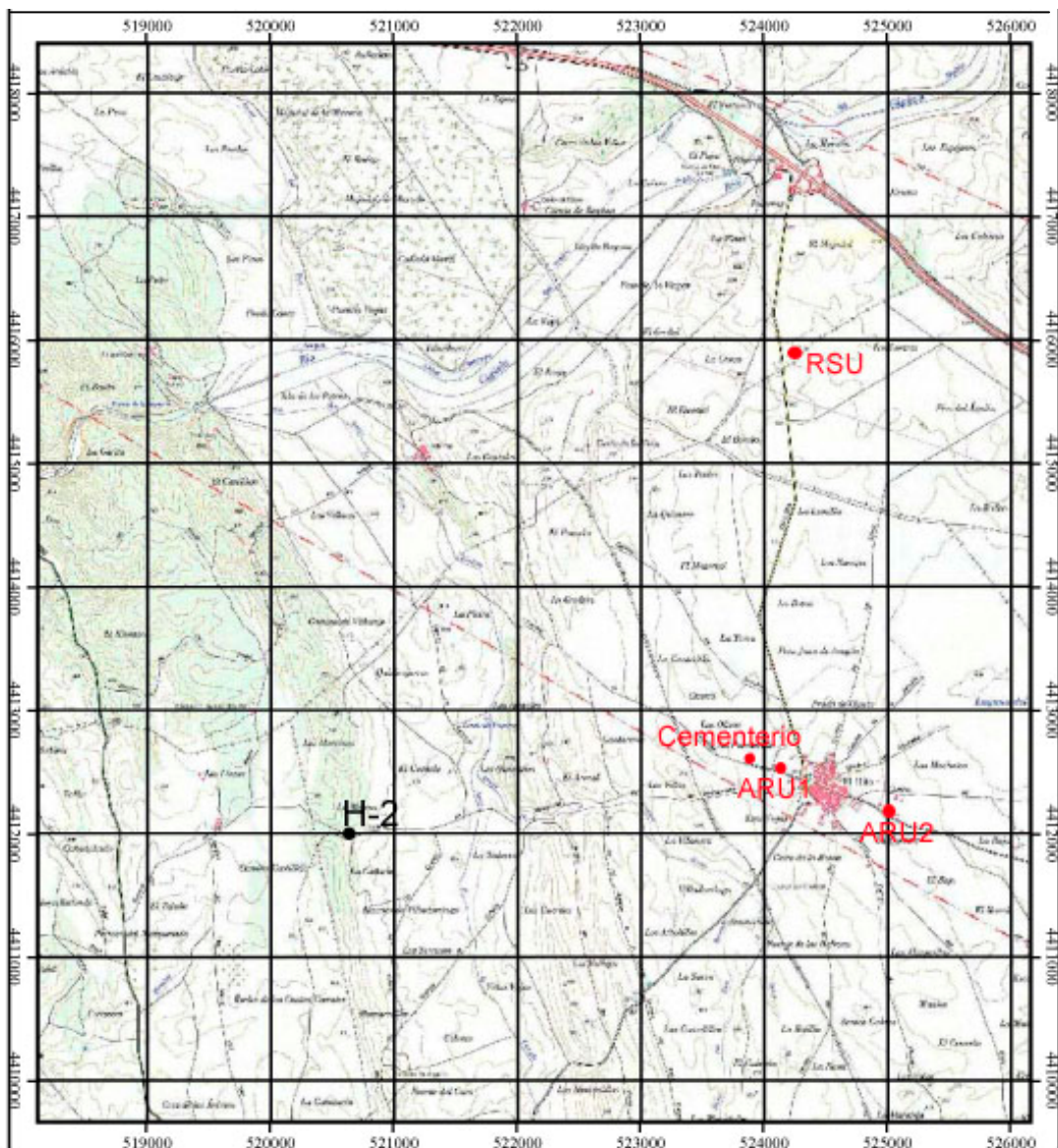


Figura 4. Ubicación posibles focos de contaminación al acuífero

3.2.2. 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 4).

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 mas frecuentes valores entre 50-200. 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 acuífero confinado de naturaleza carbonatada y de espesor saturado 100 m. Debido a las características constructivas del sondeo, parte del

agua bombeada proviene de las arenas Utrillas, lo cual se ha de tener en cuenta en el estudio de vulnerabilidad.

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

- La profundidad del nivel piezométrico se ha tomado la obtenida en marzo de 1993:
NP = 65m ; Cota piezométrica = 815 m s.n.m. (D = 1).
- Respecto a la recarga se ha tomado una infiltración de 235 hm³/año para una superficie de 5000 km². La recarga resultante es de unos 50 mm., y el índice DRASTIC R = 1.
- Para la litología del acuífero se ha considerado un valor DRASTIC de A = 8 correspondiente a calizas jurásicas moderadamente carstificadas. El nivel de arenas Utrillas contribuye al total del agua extraída y también se le atribuye un índice de A = 8.
- Para el suelo se ha considerado el caso más desfavorable, el de suelo ausente S=10, en las celdas donde aflora el jurásico carbonatado y las arenas Utrillas. En las celdas donde aflora el Cretácico, tanto detrítico como carbonatado también se le ha asignado valor S=10. En las celdas donde aflora el terciario, los materiales presentan una composición variada, desde yesos y arcillas a areniscas, arenas y calizas. En estas celdas el valor utilizado para caracterizar los suelos es S=6, correspondiente con un suelo margoso-arenoso.
- El índice DRASTIC para la topografía da un valor de T = 10 correspondiente a una superficie del terreno horizontal-subhorizontal con unas pendientes de 0-5%.
- El valor adjudicado al parámetro I (impacto de la zona no saturada) toma valor de I=6 para todas las celdas excepto en aquellas en las que las calizas jurásicas constituyentes de acuífero afloran y en las que se considera una zona no saturada formada por calizas karstificadas con I = 10. El valor de I = 6 se corresponde con materiales de naturaleza variada formados por calizas, areniscas, arcillas, arenas, yesos, etc.
- Para la conductividad hidráulica se ha utilizado la información proveniente del ensayo de bombeo del sondeo H-2. Éste arrojaba una transmisividad de 5-17 m²/día. Considerando un espesor saturado de 100 m (considerando únicamente el tramo de calizas jurásicas), se obtiene un conductividad hidráulica de 0,15 m/día y un parámetro DRASTIC de C = 1.

Como se observa en la Figura 4, se obtienen tres zonas con tres grados de vulnerabilidad distinta, en función de los materiales aflorantes en superficie y la estructura que presentan. La vulnerabilidad resulta ser mayor (**vulnerabilidad baja**) a lo largo de dos franjas de orientación NNW-SSE coincidentes con los núcleos de dos anticlinales en los que afloran los carbonatos jurásicos. En este área de baja vulnerabilidad también se han englobado las arenas del Cretácico inferior, que debido a las características constructivas del sondeo aportan agua al mismo. Se obtiene una **vulnerabilidad muy baja** para el área, también asociada a las mismas estructuras anticlinales y sinclinales, en los que afloran los materiales mesozoicos del Cretácico Superior (margas y carbonatos), aislados en el sondeo H-2. Para el resto de la zona, se obtiene una **vulnerabilidad insignificante**, resultado de la naturaleza y disposición de los materiales terciarios (arcillas, yesos, calizas y arenas).

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 4.- 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	

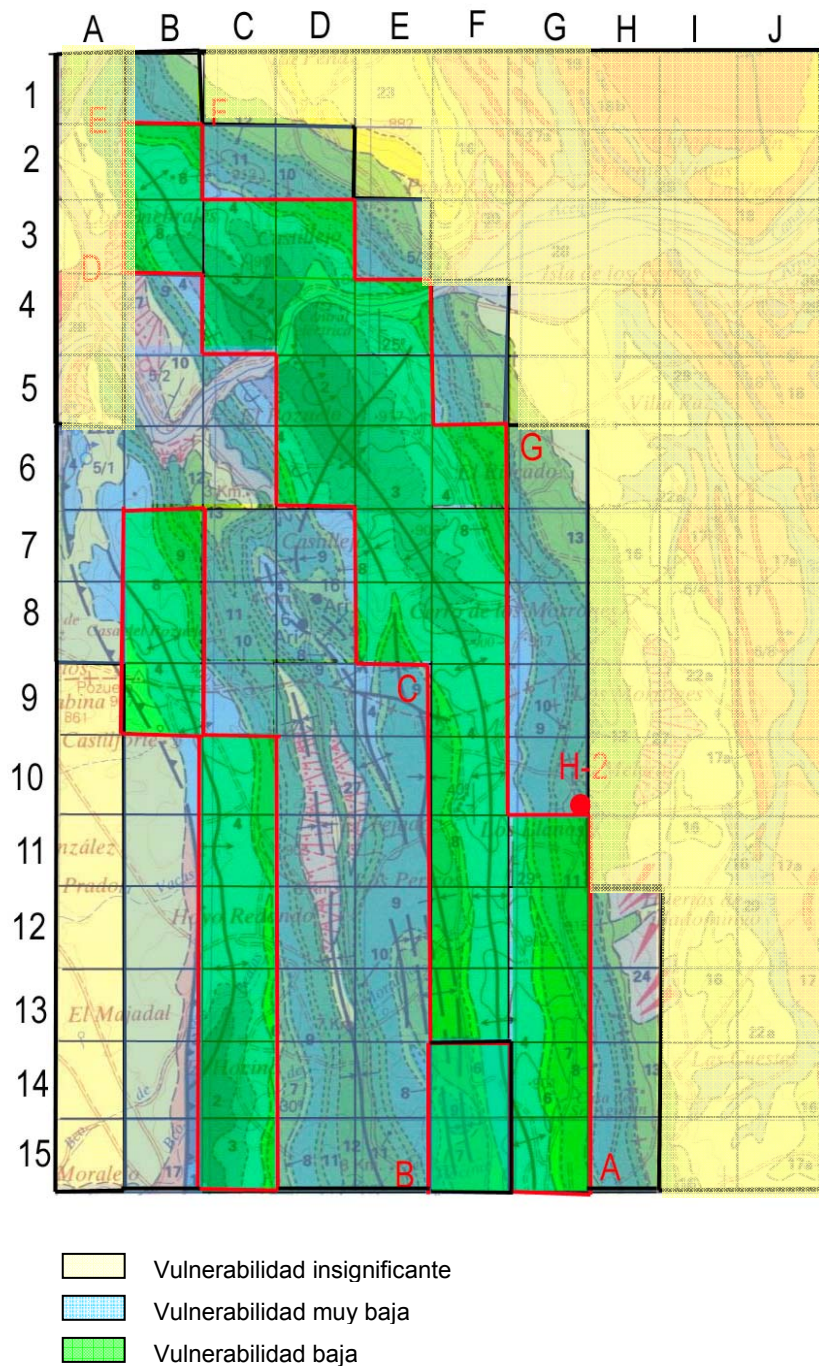


Figura 5. Mapa de estimación de la vulnerabilidad mediante el método DRASTIC.

4.2 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, modificables en función de las características de la zona:

- 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.

El acuífero captado por el sondeo se ha considerado confinado a efecto de los cálculos correspondientes, con un espesor saturado de 100 m y espesor de la zona no saturada de 240 m y dirección de flujo hacia el sur, aunque con posibles redirecciones del flujo hacia el norte, hacia el río Cigüela. El hecho de ser un acuífero confinado con nivel piezométrico profundo (65m) y primer nivel captado, las arenas de Utrillas, sito a a 147 m, implica que la protección del acuífero estará favorecida por la ZNS, de naturaleza arcillosa, margosa y carbonatada.

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 encierre al sondeo, H-2. El vallado responde a un cuadrado de 15m x 15m de lado aproximadamente de coordenadas las descritas en la tabla 4. Las 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 unos 2 m y aislamiento del exterior.

Para determinar **la zona de protección próxima o de restricciones máximas y la zona de protección moderada** se pueden emplear distintas metodologías, que, combinadas con criterios hidrogeológicos y de cartografía de vulnerabilidad pueden permitir su establecimiento.



Figura 6. Propuesta de perímetro de protección con restricciones absolutas.

El método de **Rehse** (Martínez y García, 2003), estima la capacidad autodepuradora del terreno y la **modificación de Bokensötter** permite aplicarlo a acuíferos fisurados. Se basa en el empleo del poder depurador de la ZNS y zona saturada, que 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 H-2, y considerando únicamente el poder autodepurador del primer nivel arcilloso, se obtiene lo siguiente:

Primer tramo de arcillas de la ZNS:

$$\begin{aligned} Mzns &= \text{Espesor del tramo} \times \text{Índice de depuración de Rehse} \\ &= 48 \times 0,5 = 24 \end{aligned}$$

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

También la cartografía de vulnerabilidad muestra, para las calizas jurásicas y arenas cretácicas, **vulnerabilidad baja**. No obstante, el análisis químico de las aguas captadas muestra un contenido en nitratos de 29 mg/L, algo elevado para ser únicamente de origen natural.

Por ello, para definir los **perímetros de protección próxima y moderada** se han unificado en tan solo uno que se define a partir de la utilización de criterios hidrogeológicos, como son las divisorias de aguas superficiales, zonas de recarga del acuífero próximas a la captación, y zonas donde el acuífero esté cubierto por materiales suprayacentes, considerando que la dirección de flujo será hacia el SSE. También se ha considerado que el acuífero captado corresponde a las formaciones calizas superiores y que bajo éstas existen unas alternancias calizas y margosas que las separan del acuífero inferior, que aflora en el entorno del río Cigüela; por ello el perímetro propuesto no se extiende hasta el citado río.

Las coordenadas del área de protección propuestas se recogen en la Tabla 5 y Figura 6.

En dicha área queda **prohibido el uso de plaguicidas y fertilizantes** por lo que los campos de cultivo incluidos dentro de este perímetro han de someterse a control periódico por parte de la autoridad competente para asegurar el abandono de dichas prácticas. Así mismo, se restringe toda actividad ganadera e industrial y todo tipo de vertidos (Ver Tabla 6).

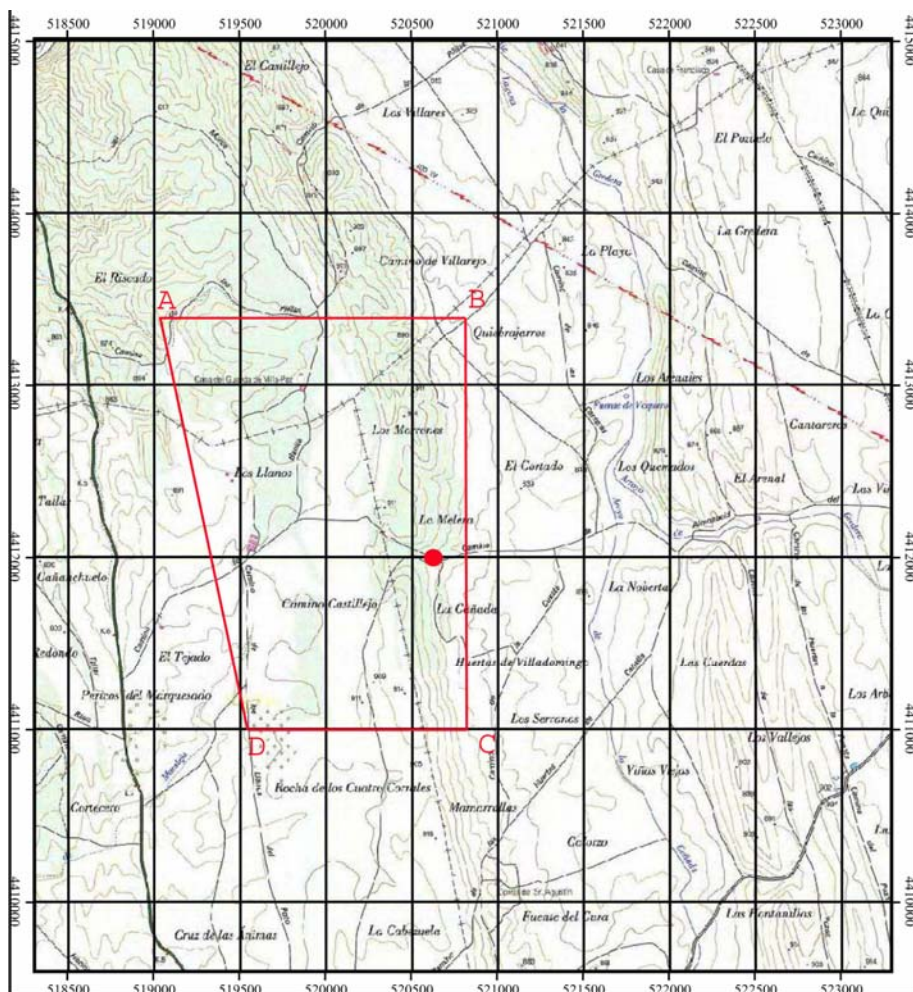


Figura 6. Propuesta de perímetro de protección con restricciones máximas y moderadas.

B) Protección de la cantidad

El perímetro de protección de la cantidad se ha estimado en función de las características hidrogeológicas de la zona. Los sondeos que se autoricen dentro de dicho perímetro no deben afectar perjudicialmente a las captaciones del Ayuntamiento, por lo que se hace obligatoria la realización de un ensayo de bombeo y un informe técnico con los caudales de explotación máximos permitidos para que no se afecte negativamente a los sondeos municipales. Se propone que el perímetro de protección de la sea el mismo.

H-2	PUNTO	UTM (X)	UTM (Y)	Z (m s.n.m.)
RETRICCIONES ABSOLUTAS	A	520579	4411959	880
	B	520565	4411952	880
	C	520570	4411940	880
	D	520586	4411944	880
RESTRICCIONES MÁXIMAS Y MODERADAS, DE LA CANTIDAD	A	519017	4413434	890
	B	520845	4413434	850
	C	520845	4411000	850
	D	519549	4411000	830

Tabla 5. Poligonal envolvente del perímetro de protección de la calidad y cantidad propuesto.

	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	•	•			•		
ACTIVIDADES INDUSTRIALES	Cementerios	•	•				•	
	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	•	•				•	
OTRAS	Relleno de canteras o excavaciones	•	•				•	
	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 6. Definición de las actividades restringidas o condicionadas dentro de cada perímetro de protección.

Madrid, septiembre de 2007

Los autores del informe

Fdo. Esther Alonso Marín y Marc Martínez Parra

5.- BIBLIOGRAFÍA

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

ITGE (1998): Mapa geológico E 1:50.000 nº 633 "Palomares Del Campo".