



**PROPUESTA DE PERÍMETRO DE PROTECCIÓN
PARA LA CAPTACIÓN DE ABASTECIMIENTO
DE AGUA POTABLE A LA LOCALIDAD DE
BARAJAS DE MELO (CUENCA)**

Noviembre 2009

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Demanda urbana y situación actual del abastecimiento

2. ESTUDIOS PREVIOS

2.1. Descripción de los materiales y estructuras

2.2. Hidrogeología regional.

2.3. Formaciones acuíferas del área estudiada

2.4. Focos potenciales de contaminación

2.5. Estimación de la vulnerabilidad

3. 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 Excm. Diputación Provincial de Cuenca, en octubre de 2006 se redactó el “*Actualización de la situación actual e los sistemas de abastecimiento urbano de 10 municipios de la provincia de Cuenca: Barajas de Melo*” en el que se describía el estado del abastecimiento y se definía un área de protección mediante diferentes criterios, que se ha empleado como base y adaptado para realizar la propuesta del perímetro de protección.

1.1. Demanda urbana y situación actual del abastecimiento

Barajas de Melo dispone de una población censada de 737 habitantes, ascendiendo estacionalmente a 2500 . Considerando una dotación teórica de 200 L/Hab/día.

El municipio se abastece de la explotación del sondeo de Cañada Valdevilla, con un caudal de explotación de 20 L/s. Tiene una profundidad de 70 m, encontrándose en unas coordenadas UTM X:509714 e Y: 4442433 y una cota topográfica de 840 m s.n.m. a una distancia de la población de 2100 m al este. En octubre de 2005, el nivel piezométrico estaba en 33.8 m de profundidad.

El manantial de San Julián se encuentra en un punto de coordenadas UTM X: 512543 Y: 4442735 y una cota topográfica de 940 m s.n.m, a una distancia de 4900 m al este de la localidad.

Aunque ambas captaciones se encuentran separadas a una distancia considerable, el agua que captan tiene su origen en el acuífero carbonatado mesozoico, constituido fundamentalmente por calizas y dolomías muy permeables por fisuración y karstificación.

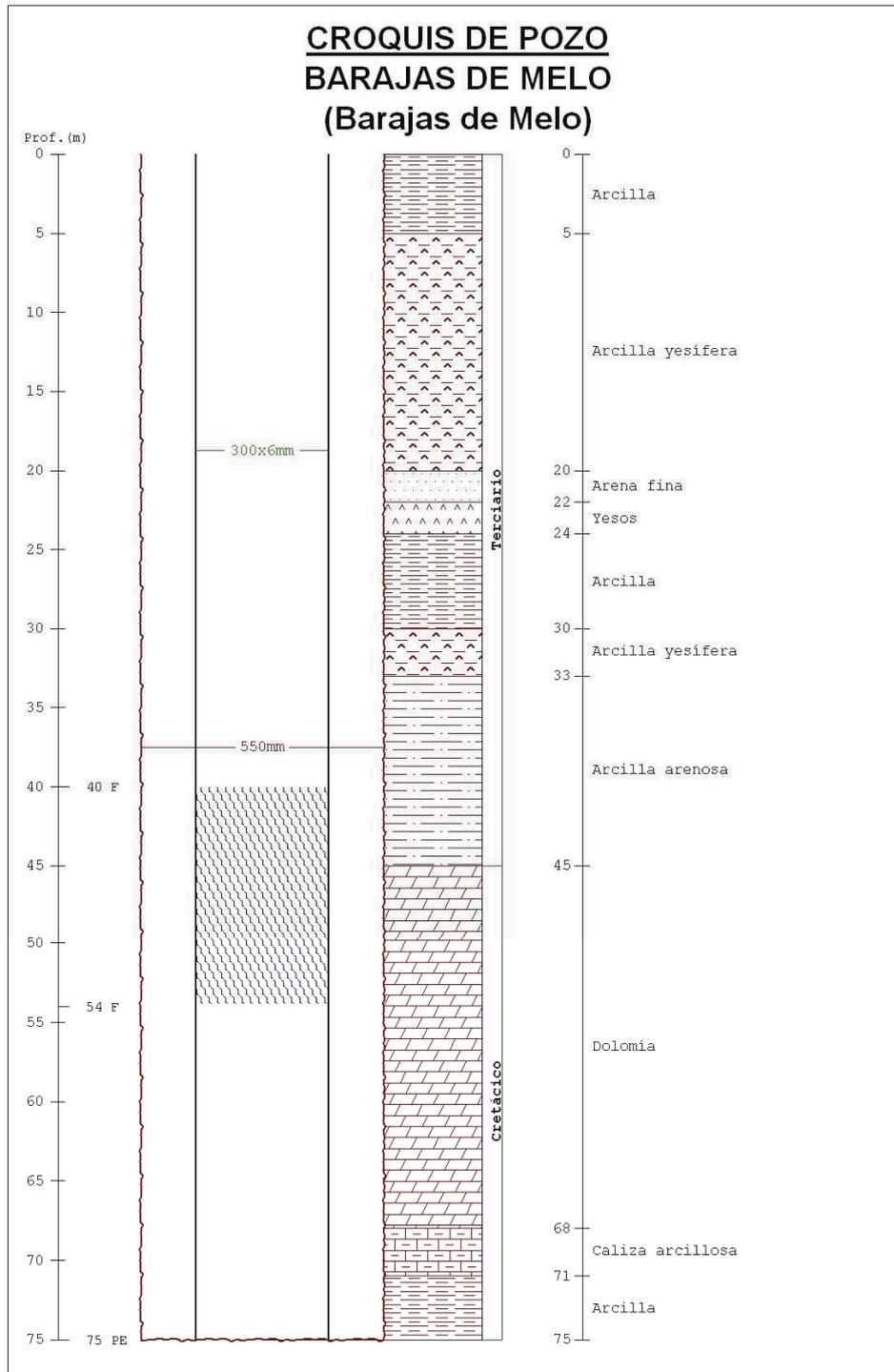


Figura 1.- Características constructivas del sondeo de Barajas de Melo.

2. ESTUDIOS PREVIOS

Se ha elaborado con el informe elaborado por Ana Castro (EPTISA) para el IGME/Diputación de Cuenca, en octubre de 2006 denominado “*Actualización de la situación actual e los sistemas de abastecimiento urbano de 10 municipios de la provincia de Cuenca: Barajas de Melo*”.

2.1.Descripción de los materiales y estructuras

Los materiales aflorantes en la zona de estudio, abarcan desde el Jurásico hasta el Cuaternario. De muro a techo son los siguientes (figura 2 y 3):

Los materiales jurásicos afloran al E del municipio de Barajas de Melo, como núcleo de los anticlinales de la Sierra de Altomira. Son materiales calizos y dolomíticos con brechas calco dolomíticas a techo, con una potencia de unos 100 m. de espesor.

El Cretácico aflora discordante sobre el Jurásico. Los niveles inferiores (Albiense) afloran como facies Utrillas compuestas por arenas arcósicas y arcillas con niveles de conglomerados con cantos cuarcíticos. Su potencia media es de unos 15 m. Concordantes sobre ellos, aparecen materiales cenomanienses compuestos por calizas tableadas a muro y un conjunto calco-margoso a techo, con un espesor medio de 35 m. En el borde occidental de la Sierra de Altomira, afloran como núcleo de algunos anticlinales.

El turoniense está constituido por un tramo calcodolomítico, que hacia techo pasa a niveles margosos de unos 10 m. de espesor. El espesor total del conjunto es de unos 23 m. Por encima se observa otro conjunto calcodolomítico de edad Coniaciense-Campaniense.

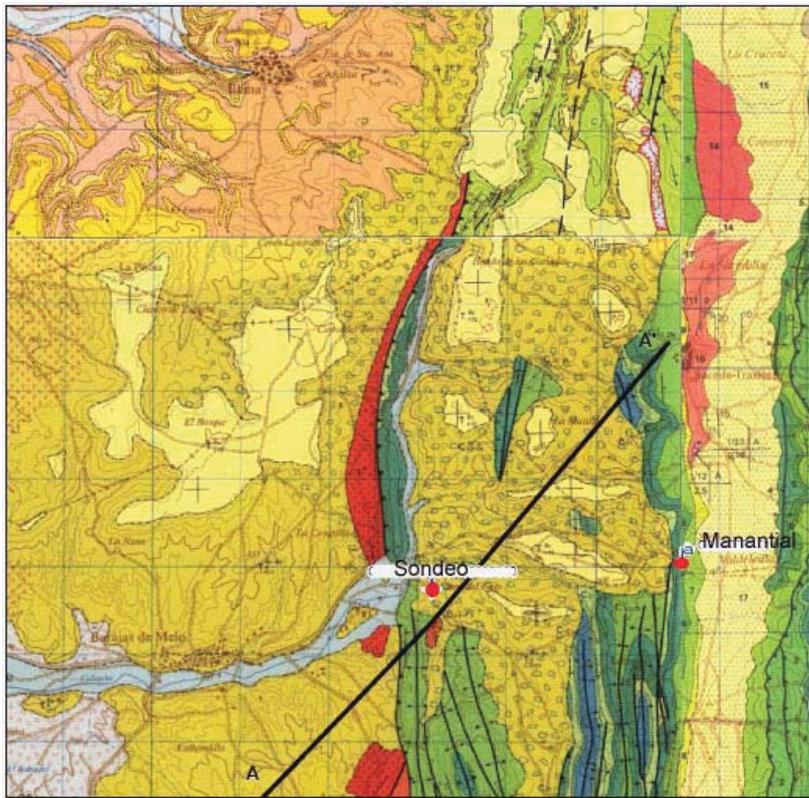
Los tramos superiores del Cretácico (Campaniense-Maastrichtiense) afloran concordantes con el conjunto anterior y están compuestos por yesos masivos con intercalaciones de margas y calizas de unos 100 m de espesor.

El Terciario comienza con un Paleógeno compuesto de areniscas que a techo se hacen arcillosas y margosas, y terminan siendo fundamentalmente yesíferos. Su potencia es de unos 100 m. Por encima, y con otros 100 m de espesor, afloran yesos gris-verdosos del Mioceno inferior. El Mioceno medio está formado por 45 m de arcillas yesíferas verdes.

El Mioceno superior está representado por tres facies distintas que cambian de Este a Oeste. Hacia el Este, son brechas calcáreas (facies de borde) que pasan a arcillas rojas con niveles de yesos y que al Oeste de Barajas de Melo, pasan a yesos con intercalaciones de arcillas yesíferas (facies de centro de cuenca). De edad Pontiense afloran areniscas y conglomerados que cambian lateralmente a arcillas limosas rojizas con niveles de arenas y conglomerados sobre los que aparecen calizas parcialmente karstificadas y calizas margosas. En total, el conjunto Pontiense tiene menos de 20 m de espesor.

El Cuaternario está formado por aluviales de fondo de valle constituidos por arenas limosas y lentejones de gravas sueltas y coluviales que aparecen al oeste de Barajas de Melo y están formados por arcillas limosas con cantos de yesos de un espesor que no suele sobrepasar los 30 m.

La zona está situada en la conjunción de la Fosa Manchega y la Sierra de Altomira. Tanto los materiales mesozoicos como los paleógenos del borde occidental de la Sierra de Altomira aparecen afectados por pliegues alargados en dirección N-S. En esta zona, son frecuentes los despegues tectónicos a favor de las capas margosas que se comportan como incompetentes frente a los paquetes calcodolomíticos.



ESCALA 1:50.000



LEYENDA

ERA	PERIODO	SUBPERIODO	ETAPA	CÓDIGO					DESCRIPCIÓN		
				26	25	24	23	22			
TERCIARIO	CUATERNARIO		HOLOCENO	26	25	24	23	22	26 Arenas sin conos Aluviales		
			PLEISTOCENO	21	20	19	18	25 Conos y arenas encastradas Terrazas			
	PALEOCENO	NEOZOICO	MIOCENO	17					24 Tobas calcáreas		
			OLIGOCENO						23 Cintas y arenas. Conos de desecación		
			EDCENO	16					22 Bloques dolomíticos. Dolomitos y derrubios de ladera		
			PALEOCENO		15					21 Cintas y arenas encastradas	
				F. GURUN	14					20 Cintas y arenas. Glacis	
			CRETÁCICO	SUPERIOR	MAASTRICHTIENSE						19 Colaciones encastradas. Aluvios aluviales
					CAMPANIENSE						18 Margas y calizas lacustres
					SANTONIENSE	13					17 Conglomerados calcáreos y arenas
CONIACIENSE	12							16 Conglomerados silíceos, areniscos y arcillosos			
TURONIENSE	11							15 Arenas conglomeráticas y arcillas			
GENOMANIENSE	10							14 Fm. Margas, arcillas y yesos de Villalba de la Sierra			
CRETÁCICO	INFERIOR	ALBIENSE	9					13 Fm. Calizas dolomíticas del Pinar de la Trancera (p) y Fm. Brechas de Cuervo			
		APTIENSE INF.	8					12 Fm. Calizas dolomíticas del Pinar de la Trancera			
		APTIENSE SUP.	7					11 Fm. Dolomías de la Ciudad Encantada			
		BARREMIENSE	6					10 Fm. Margas de Chera, dolomías de Alarcos, dolomías tabulares de Villa de Vía y calizas nodulosas de Casaremeda			
JURÁSICO	LIAS	DOGGER	5					9 Fm. Arenas de Villalba			
		TOCARDIENSE	4					8 Fm. Arenas y arcillas del Collado y Fm. calizas de la Huelgueta			
		PLIENSACHENSE	3					7 Dolomías rojas y calcarenitas en la base			
			2					6 Fm. Carbonatada de Chelva			
			1					5 Fm. Margas y calizas de Turmol			
TRIÁSICO		RETHIENSE	1					4 Fm. Calizas biohermales de Borjome			
		F. KEUPER						3 Fm. Dolomías y calizas de Cuevas Labradas			
							2 Fm. Dolomías tabulares de Irón y Fm. Conchas de Orros de Tajucha				
							1 Facies Keuper: arcillas y margas. Yesos				

Figura 2. Mapa geológico del área de estudio, con las captaciones.



Figura 3.- Corte geológico del área de estudio.

2.2. Hidrogeología regional

El extremo oeste del municipio está incluido en la masa de agua 030.013: Aluvial del Tajo: Zorita de los Canes-Aranjuez, y la zona oriental, en la masa de agua 030.014: Entrepeñas, de similar extensión que la anteriormente definida Unidad Hidrogeológica: 03.07. El resto del municipio no se encuentra incluido en ninguna masa de agua definida (figura 4).

Atendiendo a la descripción de la Unidad Hidrogeológica: 03.07, el principal acuífero es de tipo mixto y está formado por calizas, dolomías, margas, yesos, arcillas y arenas del Jurásico y Cretácico, y alcanza un espesor de hasta 100 m.

La piezometría del acuífero oscila entre los 950 y los 700 m s.n.m. y tiende al mantenimiento de sus niveles.

Las facies hidroquímicas principales son bicarbonatada cálcica y sulfatada cálcica, con conductividades entre 944 y 1.660 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y una concentración de nitratos entre 2-19 mg/l, lo que implica que sus aguas puedan ser aptas o no aptas para el consumo humano en función de la zona.

El balance hídrico U.H. 03.07. Entrepeñas se ha calculado en torno a los 15 hm³/a tanto para entradas como para salidas del sistema. Las entradas de agua provienen principalmente de la infiltración de la lluvia directa.

En cuanto a las salidas, se calcula que el volumen de agua subterránea utilizada para abastecimiento y regadío es de unos 7.4 hm³/año (7.1 hm³/año son utilizados para regadío, y 0.3 hm³/año para abastecimiento), y los 7.6 hm³/año restantes se reparten entre salidas de manantiales, ríos y salidas laterales.

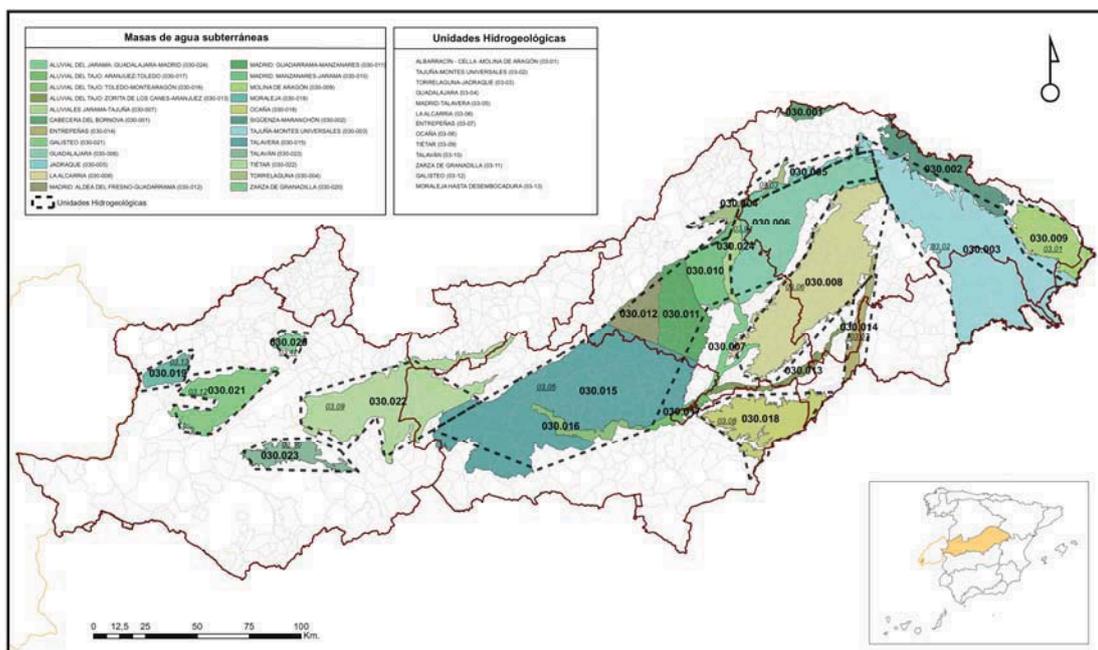


Figura 4.- Masas de agua subterránea de la Cuenca del Tago.

2.3. Formaciones acuíferas del área estudiada

Los materiales calcáreos cretácicos y jurásicos presentan buenos acuíferos (figura 2), limitados por los niveles margosos. Estos materiales drenan a lo largo de la falla inversa situada hacia el O de la Sierra de Altomira. El sondeo de Cañada Valdevilla desde la que se abastece a la población de Barajas de Melo, capta sus aguas del acuífero calcodolomítico del Cretácico, atravesando un horizonte carbonatado de 25 m de espesor. Además, el manantial de San Julián drena esta misma formación. La estructura existente, correspondiente a una sucesión de cabalgamientos de materiales carbonatados cretácicos y jurásicos, entre sí y sobre materiales detríticos terciarios

que constituyen la fosa del Tajo. Dichos cabalgamientos hidrogeológicamente, se individualizan como diferentes acuíferos, posiblemente desconectados. A su vez, se encuentran cubiertos por materiales detríticos paleógenos. Del ensayo de bombeo realizado en el sondeo de Barajas, se ha estimado una transmisividad en el área de estudio de 10.000 m²/día. La circulación del flujo será principalmente hacia el S pero también hacia los cauces superficiales, como el río Calvache al E y los arroyos que drenan hacia la Depresión Intermedia en el caso del manantial San Julián, al O.

Otras formaciones de menor interés son la formación detrítica paleógena, que constituye un acuífero de interés con buena permeabilidad y alta transmisividad. En esta formación se han realizado varias captaciones; y la formación detrítica pontiense también forma un nivel permeable de interés, en especial cuando bajo la costra calcárea aparecen lentejones de conglomerados.

En el resto de materiales terciarios predominan los yesos, con lo que sus aguas tienen una mala calidad para abastecimiento humano.

Para la caracterización hidroquímica del acuífero carbonatado cretácico, se tomó, durante las inspecciones medioambientales realizadas en Barajas de Melo en noviembre de 2005, una muestra de agua procedente del sondeo de Valdevilla o de Barajas (CA16027002).

Muestra	DQO	Cl ⁻	SO ₄ ⁼	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ⁼	NO ₃ ⁻	Na ⁺	Mg ⁺⁺	Ca ⁺⁺	K ⁺	pH	Cond	NO ₂ ⁻	NH ₄ ⁺	P ₂ O ₅	SiO ₂
CA16027002	0,6	18	872	229	0	20	12	60	330	1	7,7	1478	0,00	0,00	0,00	15,0

Tabla 1.- Resultados del análisis efectuado del sondeo de abastecimiento. Los datos están en mg/L, excepto conductividad (μ S/cm) y pH.

La muestra analizada presenta una mineralización media-alta, con un valor de la concentración de sulfatos elevado (872 mg/l de SO₄), que supera los límites establecidos en la normativa vigente para aguas de abastecimiento, según el R.D.

140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano.

La muestra de agua analizada presenta una facies sulfatada cálcica, con una conductividad de 1478 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y una concentración de nitratos de 20 mg/l de NO_3 .

2.4. Focos potenciales de contaminación

Se han observado cuatro focos potenciales de contaminación en las inmediaciones de las captaciones que podrían estar influyendo negativamente en la calidad del agua de las mismas (figura 5 ,tabla 2).

<i>Naturaleza</i>	<i>Tipo</i>	<i>Contaminante potencial</i>
Cementerio	Puntual no conservativo	Fosfatos
Granja de vacuno	Puntual no conservativo	Nitratos, fosfatos y potasio
Vertedero incontrolado	Puntual conservativo	Variado
Gasolinera	Puntual conservativo	Hidrocarburos
Tierras de cultivo de cereal, olivar y viña	Areal no conservativo	Nitratos, fosfatos y potasio

Tabla 2.- Focos potenciales de contaminación.

Todos los focos potenciales de contaminación, a excepción de las tierras de cultivo, se encuentran situados sobre materiales de baja permeabilidad y, aparentemente, sin conexión con los materiales del Cretácico desde los que se capta el agua para el abastecimiento a Barajas de Melo. Por lo tanto, su nivel de afección, tanto al pozo como al manantial, se considera bajo.

En el caso de las tierras de cultivo, se considera que tienen un nivel de afección bajo sobre las aguas del sondeo, ya que el acuífero se encuentra situado a 45 m de profundidad en la zona de captación, bajo materiales de baja permeabilidad. Sin embargo, con respecto al manantial de San Julián, su nivel de afección potencial se considera alto.

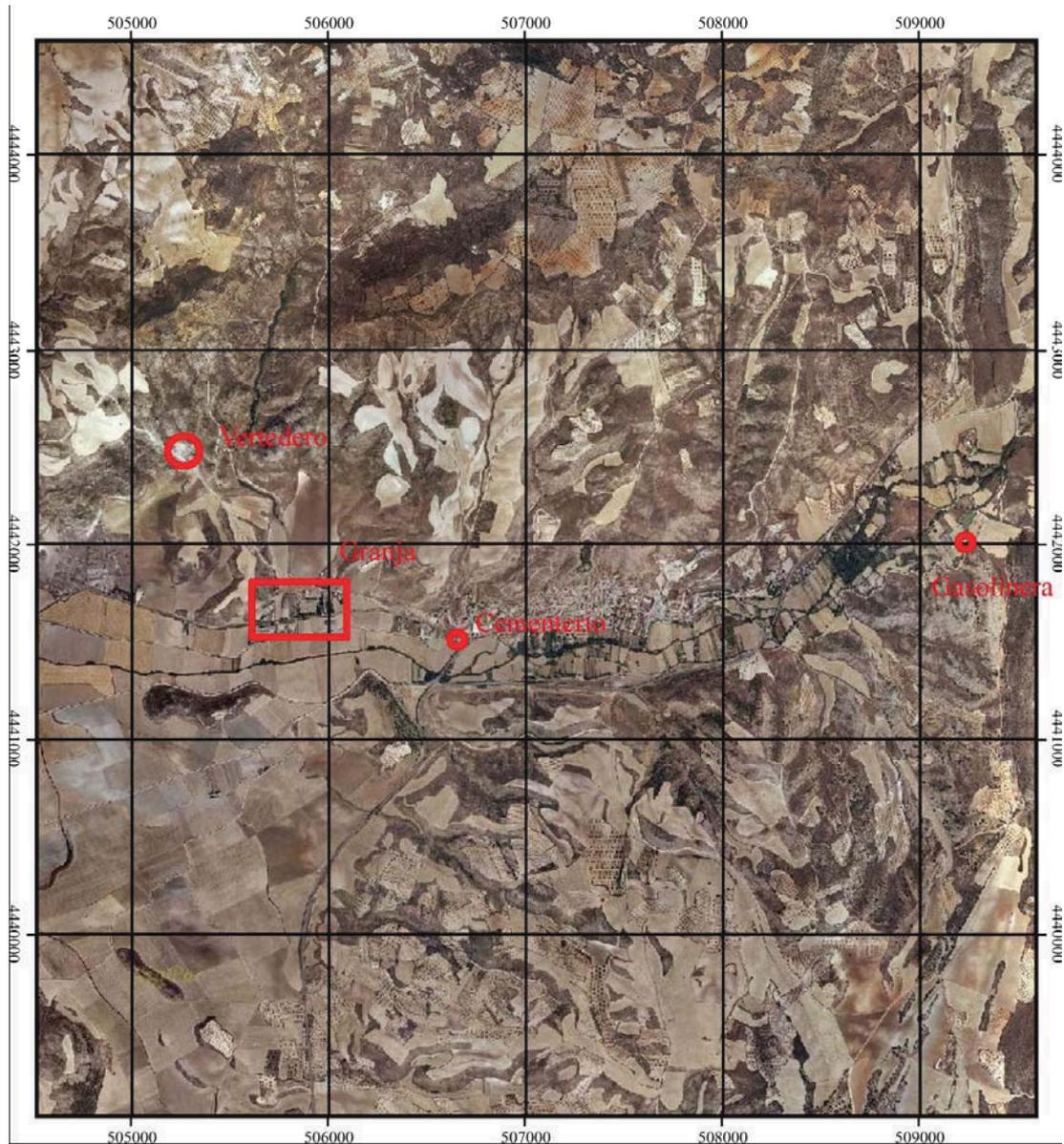


Figura 5 .-Focos potencialmente contaminantes del área estudiada.

2.5. Estimación de la vulnerabilidad

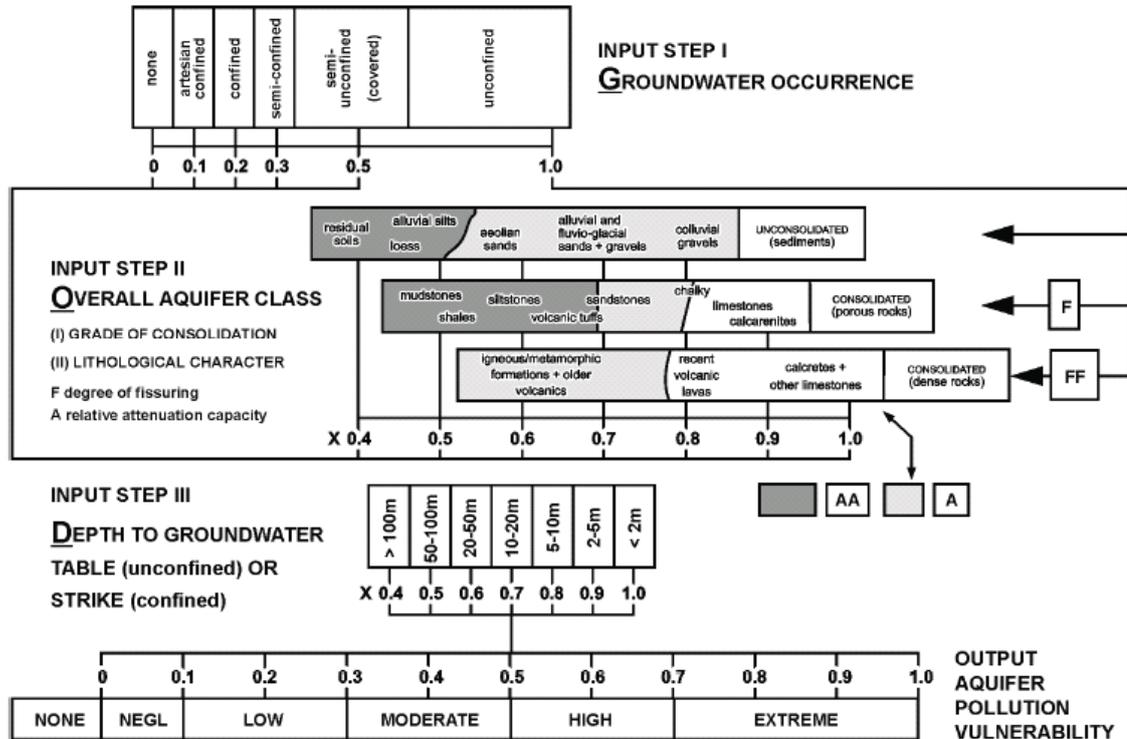
Una de las metodologías más adecuadas para la determinación de la vulnerabilidad es la realización de una cartografía de vulnerabilidad. Para ello se pueden usar distintos métodos, aunque uno de ellos es el índice GOD. Este método propuesto por Foster (1987), se basa en la asignación de índices entre 0 y 1 a 3 variables que son las que nominan el acrónimo:

G- tipo de acuífero.

O- litología de cobertura del acuífero

D- profundidad del agua o del acuífero.

En la figura 6 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 6.- Esquema de la valoración del índice GOD.

Para el presente estudio se ha considerado el acuífero carbonatado cretácico, considerándolo de carácter confinado en la zona del sondeo ($G=0.2$), pero libre para el manantial ($G=1$).

Como O (litología de cobertura) según la columna litológica del sondeo, se ha considerado predominante las arcillas ($O=0.4$); para el afloramiento del acuífero se han contemplado como calizas ($O=0.9$).

Respecto al parámetro D, se ha empleado el techo del acuífero carbonatado cretácico, a 45 m o bien su cota piezométrica, del orden de 807 m s.n.m. cuando no está confinado. Se observa que donde aflora el acuífero la vulnerabilidad es moderada a alta, descendiendo a baja y negligible cuando éste se encuentra cubierto (figura 7).

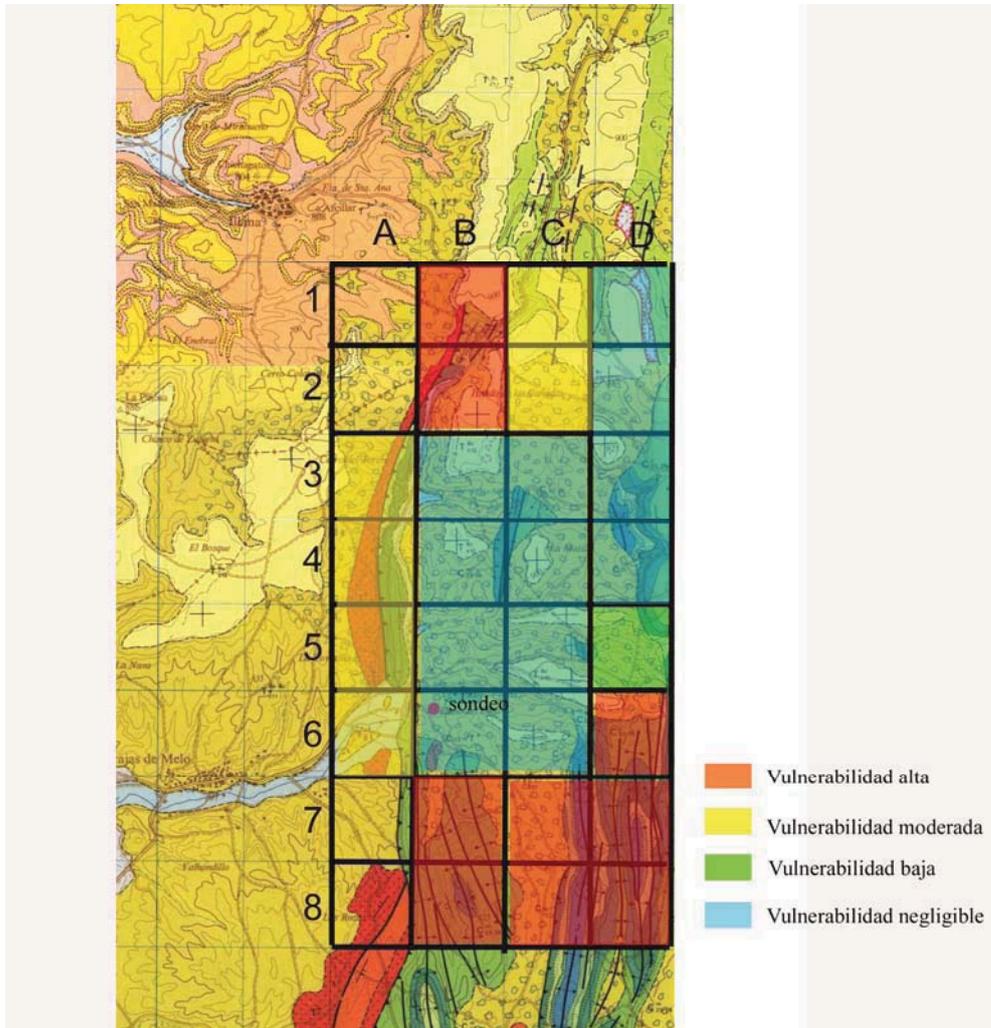


Figura 7.- Cartografía de vulnerabilidad empleando el método GOD.

3. PERÍMETRO DE PROTECCIÓN DE LA CAPTACIÓN

Para la elaboración de este apartado, se ha adaptado también el área de protección propuesta en el mencionado informe elaborado en octubre de 2006.

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 proponen los perímetros de protección para el sondeo cañada Soldevilla. El manantial de San Julián no tiene un acceso fácil por lo que no puede ser visitado en origen. Sería recomendable realizar un acceso a dicho manantial para poder comprobar in situ su caudal y poder realizar toma de muestras de agua para su control analítico.

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.

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

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 reduce a niveles tolerables. Mediante este criterio se

evalúa por tanto, el tiempo que un contaminante tardaría en llegar a la captación que se pretende proteger.

Existen distintos métodos de cálculo del tiempo de tránsito. Entre ellos se encuentra el desarrollado por Wyssling (IGME, 1991), que se aplica aquí, 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 (figura 8):

i = gradiente hidráulico

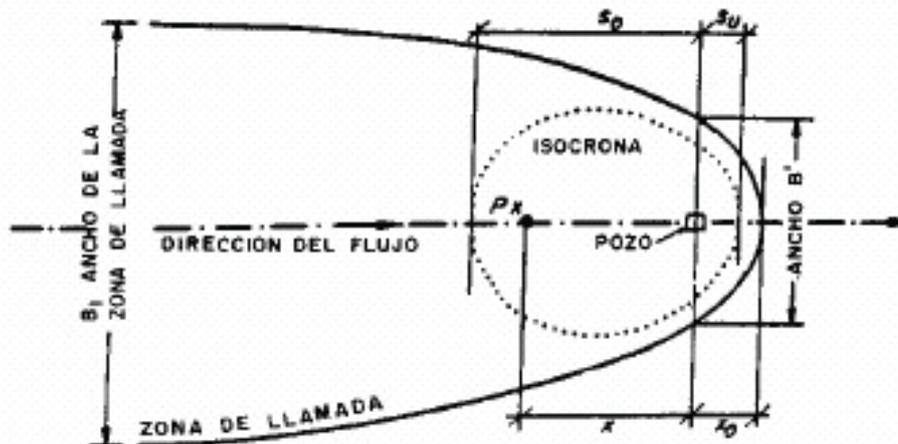
Q = caudal de bombeo (m^3/s)

k = permeabilidad horizontal (m/s)

m_e = 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).



Fuente: A. LALLEMAND, J-C ROUX, 1989

Figura 8.- Descripción de los parámetros empleados para el método de Wyssling (IGME, 1991).

Según la metodología propuesta se realiza una zonación dentro del perímetro de protección de las distintas captaciones objeto de estudio en tres zonas con restricciones de uso tanto mayores cuanto más próximas a las captaciones.

Para el cálculo de las distintas zonas de protección del abastecimiento a Barajas de Melo no se dispone de datos de parámetros hidráulicos, a excepción de un ensayo de bombeo realizado en 1982.

Se han considerado valores medios de origen bibliográfico, asignados de acuerdo con la información litológica e hidrogeológica existente (columnas litológicas de sondeos, reconocimientos de campo, etc.). El gradiente hidráulico se ha estimado en función de la información regional (tabla 3).

Barajas de Melo	
Espesor del acuífero (m)	25
Porosidad eficaz	0.002
Permeabilidad horizontal (m/día)	1
Permeabilidad horizontal (m/s)	1.16×10^{-5}
Caudal de bombeo (l/s)	20
Caudal de bombeo (m ³ /s)	0.020
Gradiente hidráulico	0.005

Tabla 3- Datos empleados para el método de Wyssling.

Según la metodología propuesta se realiza una zonación dentro del perímetro de protección de la captación objeto de estudio en tres zonas con restricciones de uso tanto mayores cuanto más próximas a la captación.

Para la definición de **zona de restricciones absolutas** se propone aplicar un área fija que contemple el vallado y protección del área del sondeo.

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 2 m y aislamiento del exterior. El vallado propuesto corresponde a un cuadrado de 15m x 15m aproximadamente (figura 9), de coordenadas las indicadas en la tabla 6. Las actividades a restringir dentro de este vallado se recogen en la tabla 7.

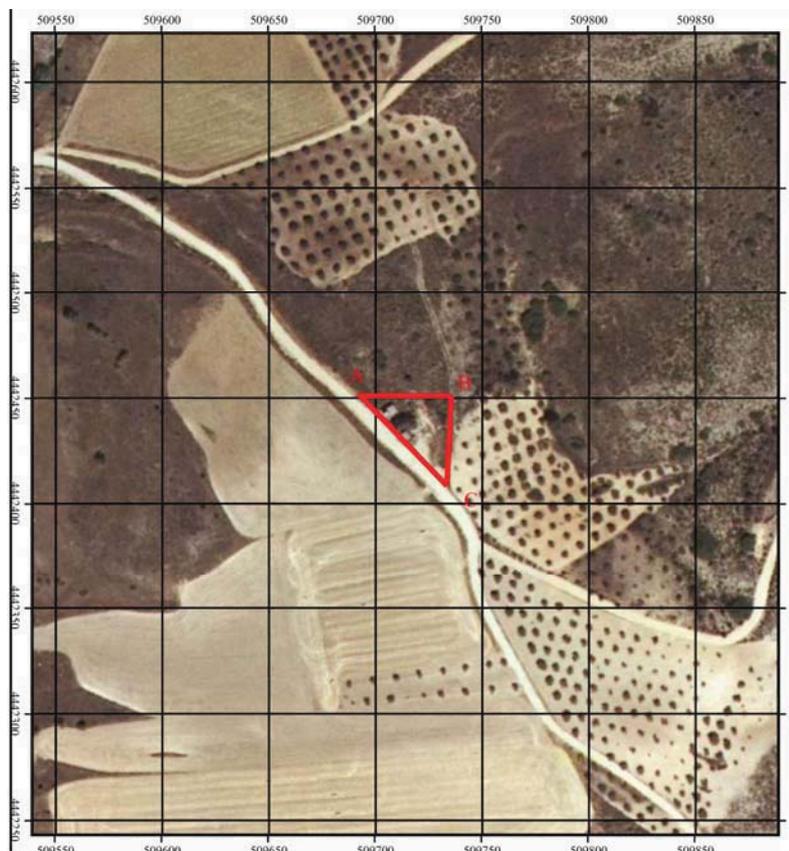


Figura 9. Mapa de la propuesta del perímetro de zona inmediata.

Para determinar **la zona de protección próxima o de restricciones máximas** 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 protección inmediata y la isocrona de 60 días (tabla 4).

Sondeo Barajas Melo	Distancia en m
SII aguas arriba (m)	891
SII aguas abajo (m)	741

Tabla 4- Definición del parámetro SII aguas arriba y debajo de la captación.

Atendiendo a criterios hidrogeológicos, estas distancias de la tabla 4 se delimitarán como zona de restricciones máximas, la superficie de afloramiento de calizas cretácicas con dirección norte-sur, existente dentro de un círculo de radio 1500 m en torno al sondeo. Para definir las coordenadas del perímetro, a su vez se simplifica el área adaptándola a una superficie rectangular, de más fácil gestión y manejo (figura 10, tabla).

Para el establecimiento de la **zona alejada o de restricciones moderadas** se limita el área comprendida entre la zona de protección próxima II y la isocrona de 10 años (radio sIII). Cuando el límite de la zona de 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 (tabla 5, figura 11).

Los resultados obtenidos se consideran elevados, puesto que sobrepasan ampliamente la divisoria de aguas y la zona de alimentación del sondeo.

Atendiendo a criterios hidrogeológicos se delimitará como zona de restricciones moderadas la superficie de afloramiento de calizas cretácicas existente con dirección norte-sur, que se extiende desde el sondeo hasta la divisoria de aguas, a unos 5000 m al norte del mismo (aguas arriba según el flujo subterráneo), y la superficie de

afioramiento de calizas cretácicas desde el sondeo hasta unos 3000 m aguas abajo hacia el sur.

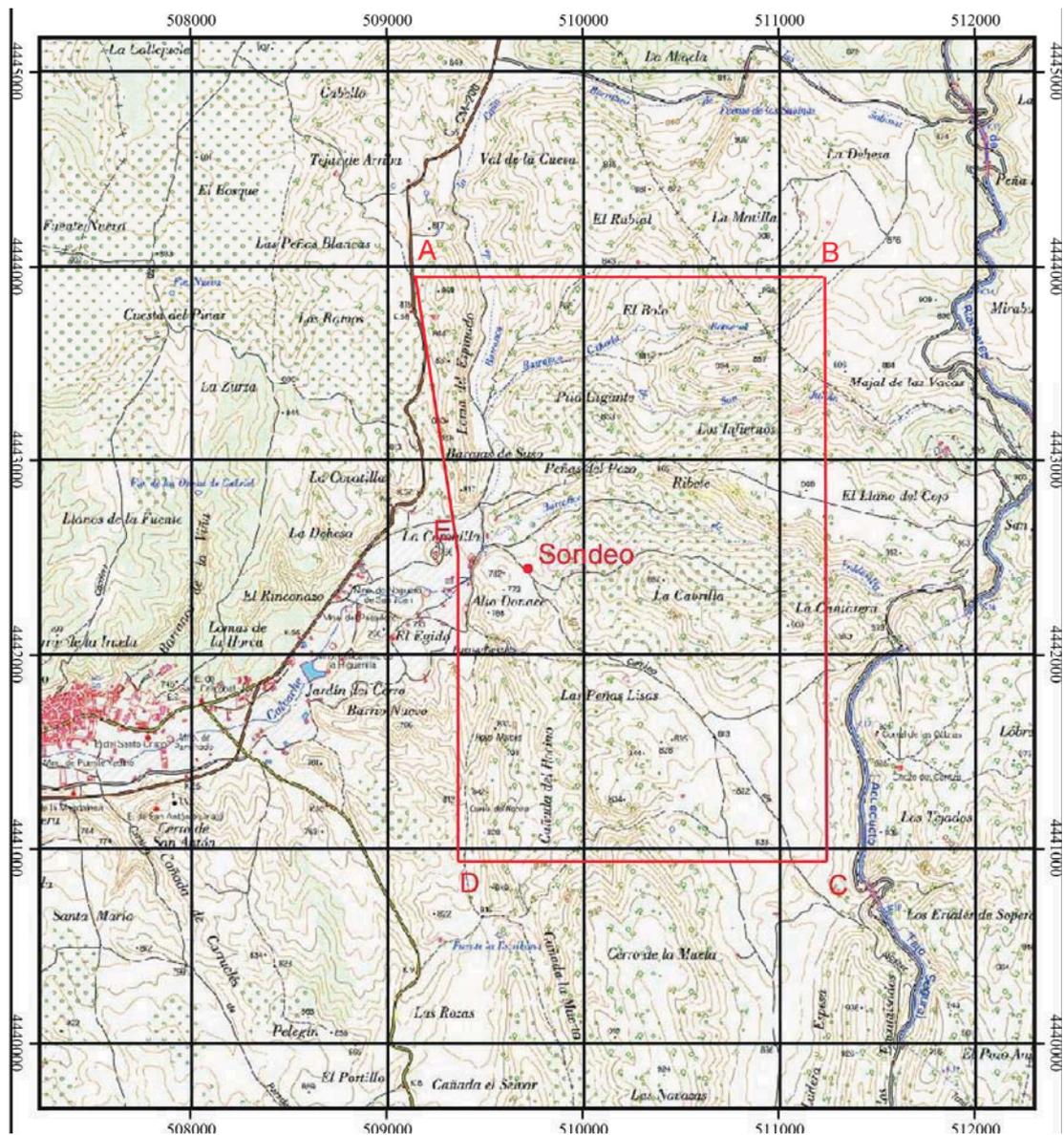


Figura 10. Mapa de la propuesta del perímetro de zona próxima.

Sondeo Barajas Melo	Distancia en m
SIII aguas arriba (m)	12371
SIII aguas abajo (m)	3246

Tabla 5- Definición del parámetro SII aguas arriba y debajo de la captación.

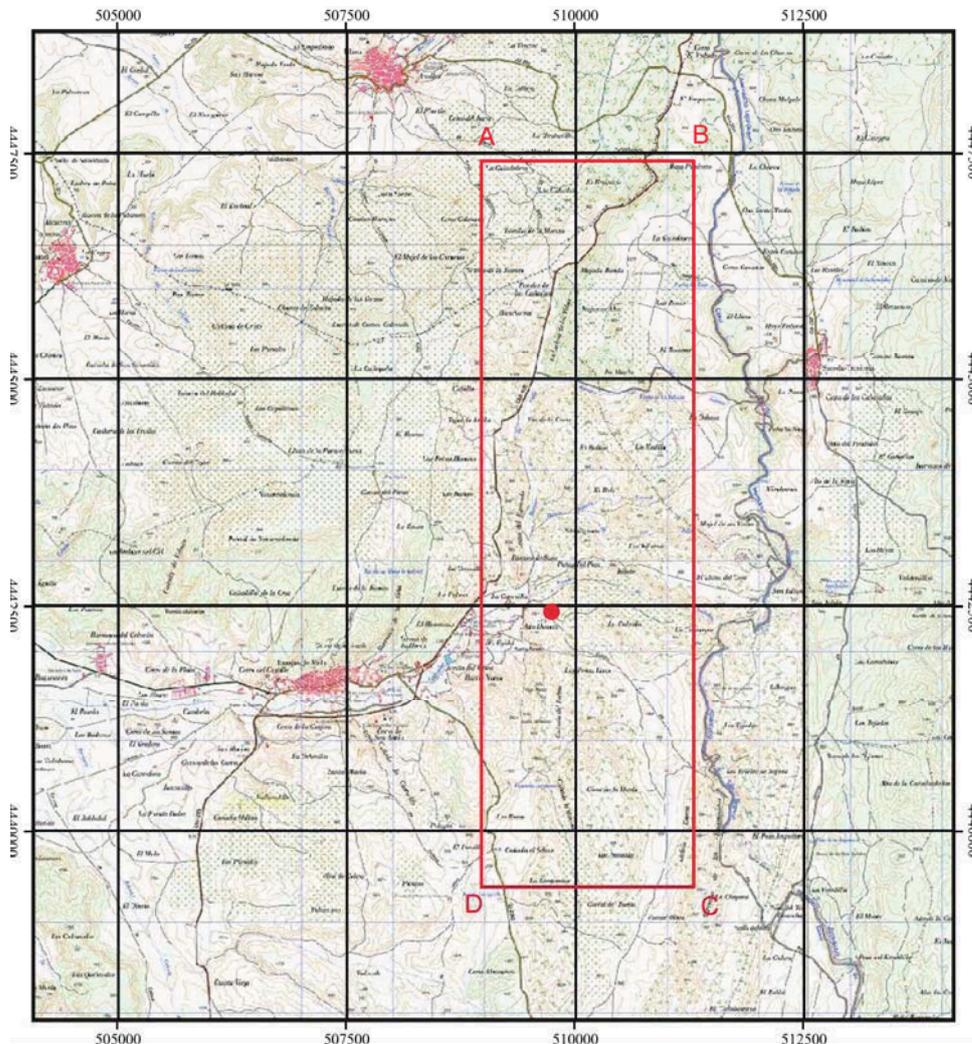


Figura 11. Mapa de la propuesta del perímetro de zona alejada.

Respecto al **establecimiento del perímetro de protección de la cantidad** este se puede delimitar 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 de abastecimiento 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 (figura 12).

Para la protección del sondeo de abastecimiento a Barajas de Melo 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:

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

donde D = Descenso del nivel piezométrico.

T = Transmisividad = 100 m²/día (dato procedente de un ensayo de bombeo)

Q = Caudal (caudal máximo del sondeo a proteger: 20 l/s) = 1728 m³/día.

t = Tiempo de bombeo (generalmente 120 días).

r = Distancia al sondeo de captación (2000 m).

S = Coeficiente de almacenamiento = 0.002.

Con los datos indicados se obtiene el descenso provocado por un sondeo, que explote 20 L/s durante 120 días continuados, y situado a unos 2000 m de distancia, en una zona paralela al afloramiento de calizas cretácicas (existente al este del núcleo urbano). El descenso obtenido de 1.7 m se considera razonable, puesto que es inferior al 10% del espesor saturado de la captación a proteger (del orden de 25 m).

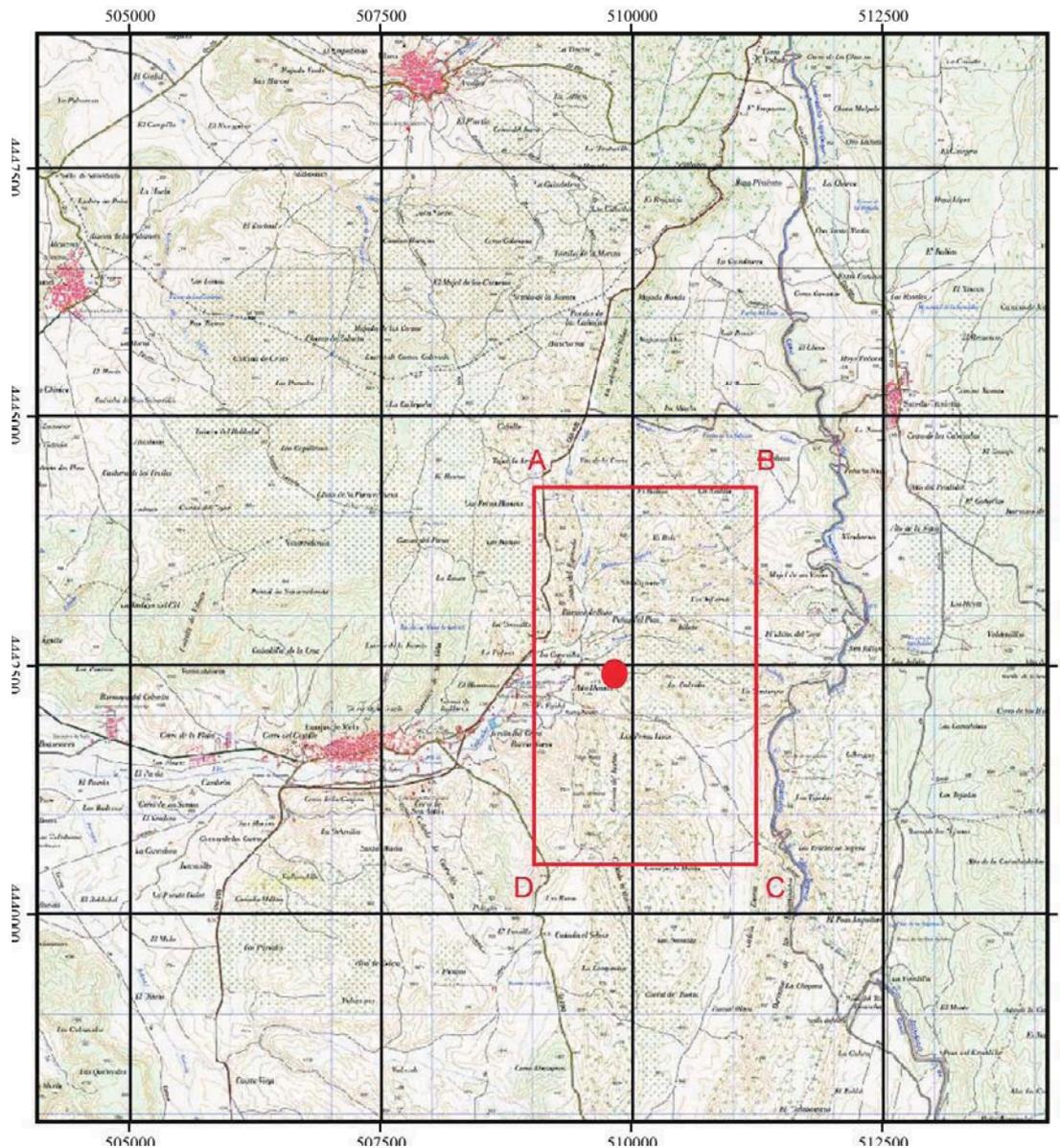


Figura 12.- Perímetro de protección de la cantidad.

La definición de las poligonales definidas en el informe del año 2006 se recogen en la figura 13 y la adaptación del mismo para el presente informe y sus coordenadas se recogen en la tabla 6 y figura 14.

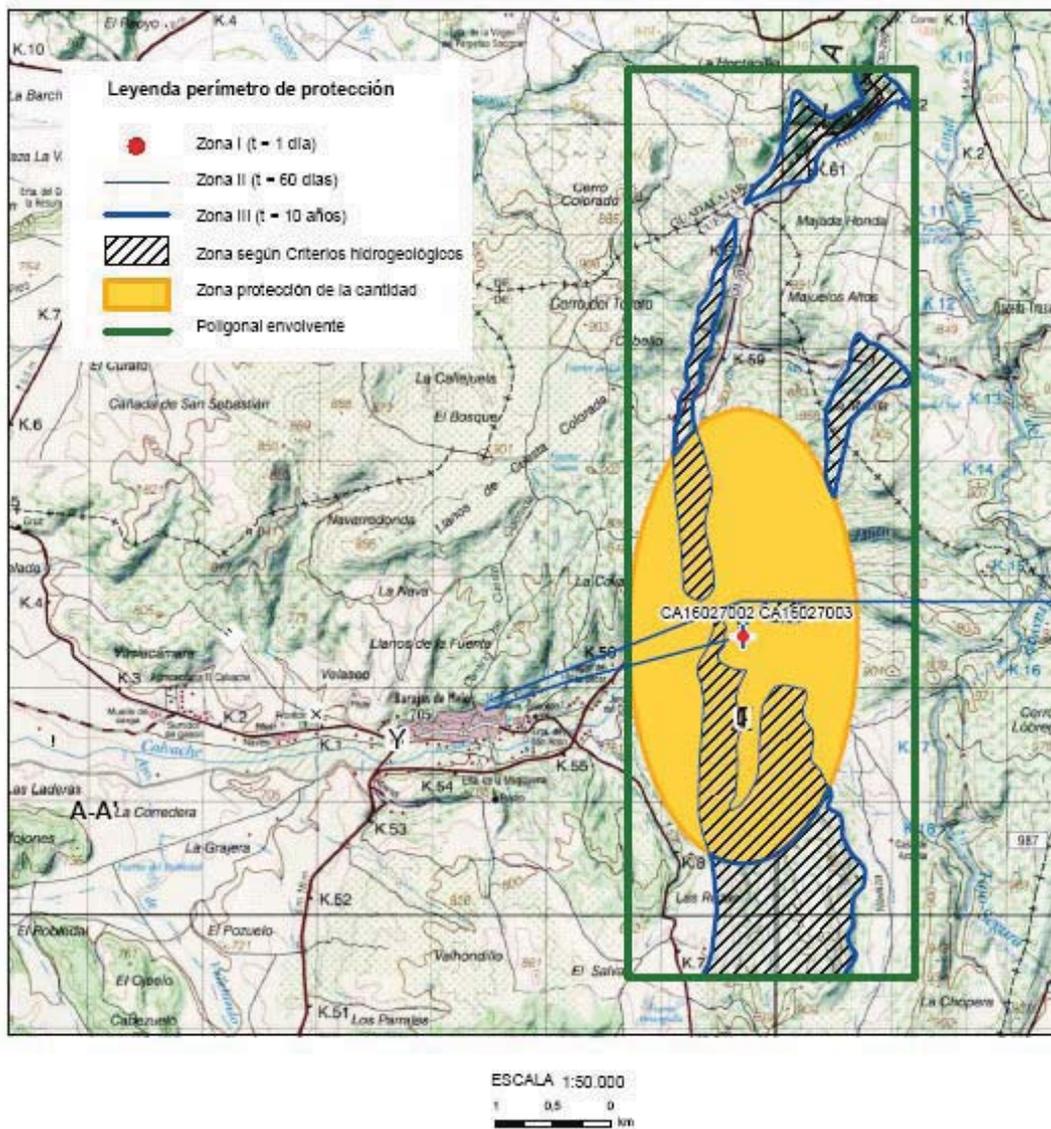


Figura 13.- Poligonal envolvente y el área de protección definida según el informe de octubre de 2006.

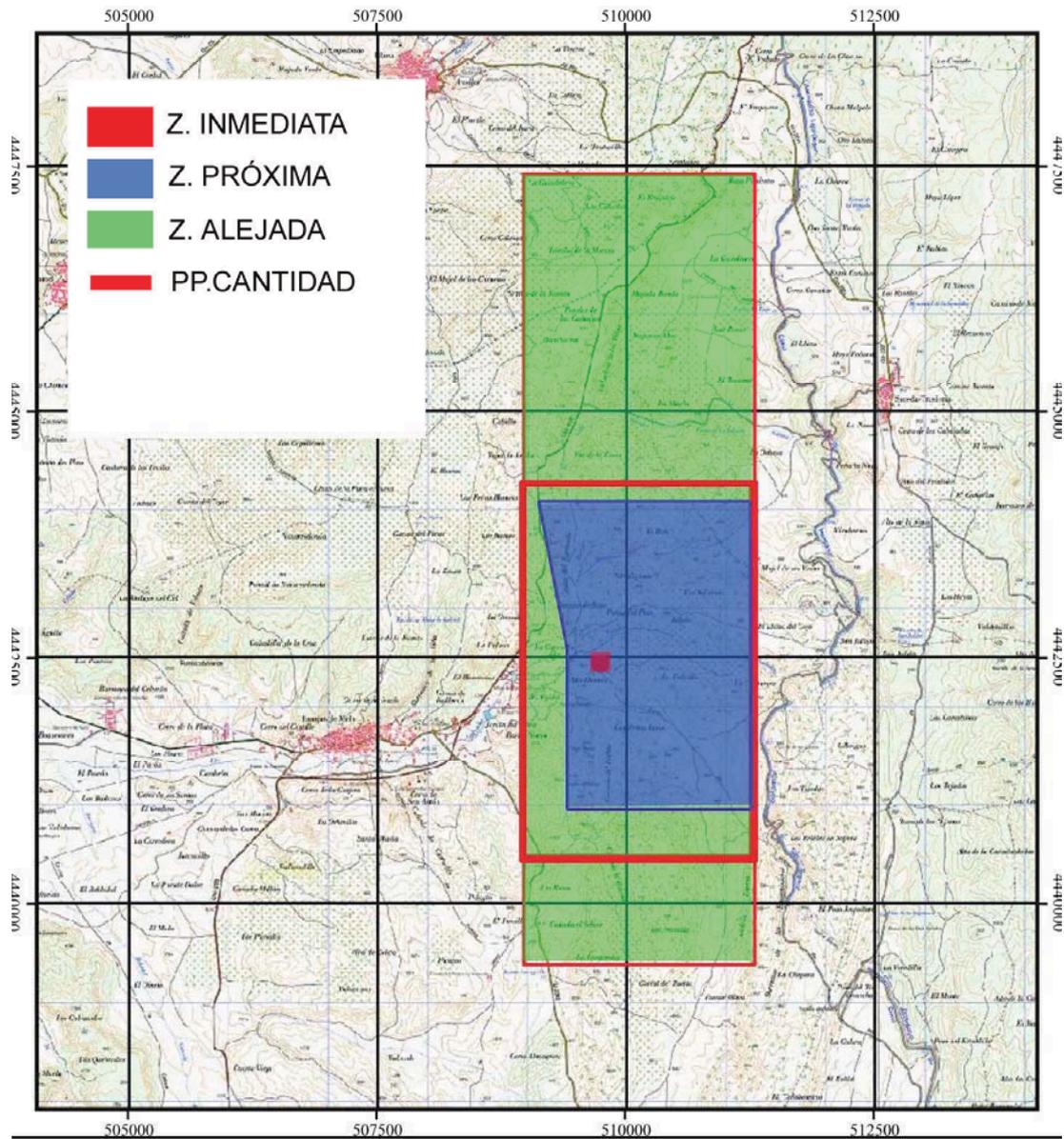


Figura 14.- Conjunto de perímetros propuestos.

	Nº PUNTO	COORDENADAS UTM (X)	COORDENADAS UTM (Y)	Z (m s.n.m.)
ZONA DE RESTRICCIONES ABSOLUTAS	A	509690	4442540	840
	B	509732	4442540	840
	C	509736	4442406	840
ZONA DE RESTRICCIONES MÁXIMAS	A	509119	4443949	820
	B	511200	4443949	865
	C	511200	4440909	860
	D	509320	4440909	770
	E	509320	4442485	740
ZONA DE RESTRICCIONES MODERADAS	A	509041	4447416	840
	B	511225	4447416	890
	C	511225	4439448	900
	D	509041	4439448	850
ZONA DE PROTECCION DE LA CANTIDAD	A	509041	4444264	900
	B	511225	4444264	880
	C	511225	4440464	850
	D	509041	4440464	790

Tabla 6. Poligonal envolvente del perímetro de protección de la cantidad y de la calidad propuesto para el sondeo.

Las actividades a restringir en las distintas zonas del perímetro se recogen en la tabla 7.

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

También, para todos los perímetros es fundamental el control de las actividades agrícolas, debiéndose prohibir el uso de fertilizantes, pesticidas, almacenamiento de estiércol, así como las ganaderías extensivas e intensivas en las zonas de restricciones absolutas y máximas, condicionándose en la zona de restricciones moderadas, siendo recomendable la realización de un estudio agronómico en el que

evalúe la dotación de fertilizantes más adecuada para el tipo de cultivo.

Dentro del área de restricciones moderadas se debe controlar la apertura de canteras, aparte de la actividad agropecuaria. Se deberán controlar la perforación de sondeos, estando supeditados a la presentación de un estudio hidrogeológico en la que se contemple la inexistencia de afección del sondeo a la captación municipal. Este control debe repetirse en el caso del perímetro de protección de la cantidad, dentro del cual, todos los 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, noviembre de 2009

El autor del informe

Fdo. Marc Martínez

4. BIBLIOGRAFÍA

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

IGME-Diputación de Cuenca (2006): Actualización de la situación actual de los sistemas de abastecimiento urbano de 10 municipios en la provincia de Cuenca: Barajas de Melo .