

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

Mayo 2011

## ÍNDICE

### **1. Introducción**

#### **1.1 Demanda urbana**

#### **1.2 Situación actual de abastecimiento**

### **2. Estudios previos**

#### **2.1. Marco geológico: estratigrafía y estructura**

#### **2.2 Marco hidrogeológico regional**

#### **2.3 Marco hidrogeológico local: formaciones acuíferas**

### **3. Propuesta de perímetro de protección**

#### **3.1. Inventario de potenciales focos de contaminación**

#### **3.2 Estimación de la vulnerabilidad**

#### **3.3. Perímetro de protección de las captaciones**

##### *3.3.1 Perímetro de restricciones absolutas*

##### *3.3.2 Perímetro de restricciones máximas*

##### *3.3.3 Perímetro de restricciones moderadas*

##### *3.3.4 Perímetro de protección de la cantidad*

### **4. Bibliografía**

## 1. INTRODUCCIÓN

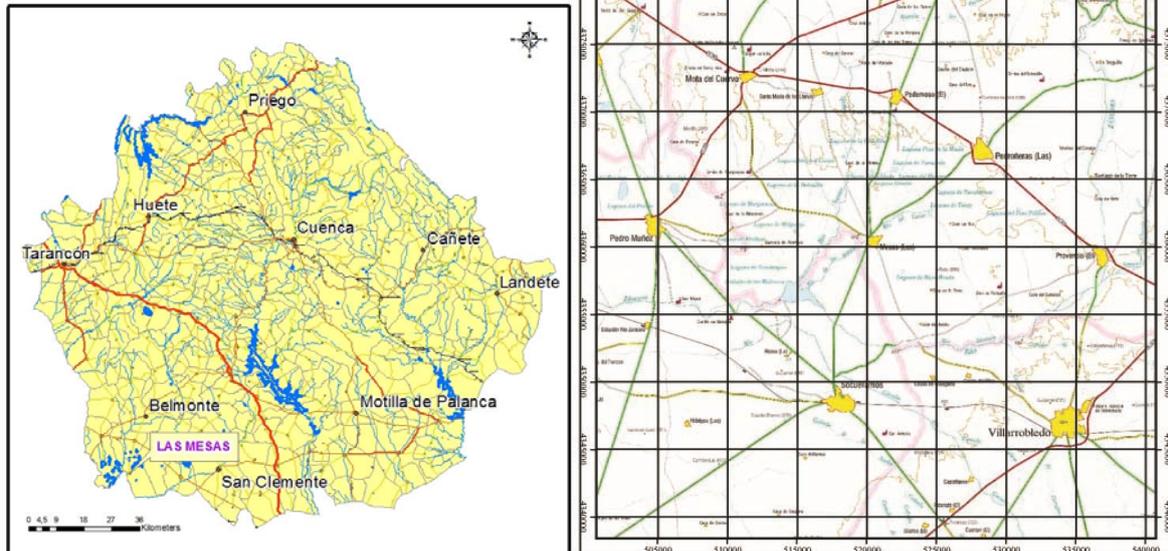
Dentro del convenio de asistencia técnica suscrito entre el Instituto Geológico y Minero de España (I.G.M.E.) y la Excm. Diputación Provincial de Cuenca, en diciembre de 2001 se redactó *“Actualización de la situación actual de los sistemas de abastecimiento urbano de 10 municipios de la provincia de Cuenca: Las Mesas”* en el que se describía el estado del abastecimiento y se proponía la elaboración de un perímetro de protección de la captación que ayudase a subsanar la deficiente calidad química por elevada presencia de sulfatos que se reportaba en el estudio. Dicho trabajo fue realizado por la empresa EPTISA y ha servido de base para la realización de la siguiente propuesta de perímetro de protección.

Las Mesas es un municipio de la provincia de Cuenca que se encuentra situado en la parte suroccidental de la misma, junto a las provincias de Ciudad Real y Toledo. Las localidades más cercanas son Las Pedroñeras y El Pedernoso, situadas a 10 Km al NE y N respectivamente, y Socuéllamos, ya en la provincia de Ciudad Real, a 12 Km al S.

La zona de estudio pertenece en su totalidad a la Cuenca del Guadiana, siendo los cursos de agua más importantes el río Záncara, que discurre a 7 Km al sur de Las Mesas en dirección este-oeste, el río Taray, que pasa por la misma población, y el río Monreal que discurre 3 Km al Oeste. Todos ellos confluyen en el Pantano de los Muleteros, situado a 6 Km al SO.

La situación geográfica del municipio y su entorno, se puede ver reflejada en la Figura 1 adjunta.

**Figura 1.** Situación geográfica de Las Mesas



### 1.1. Demanda urbana

El sistema de abastecimiento engloba únicamente al núcleo de población de Las Mesas, cuya población residente según la Revisión del Padrón municipal del 2010 es de **2563 habitantes**.

Los datos de población estacional son estimados, y proceden de la Encuesta sobre Infraestructura y Equipamiento Local realizada por la Diputación de Cuenca para todos los municipios de la provincia en 1995. Se estima una población estacional de **3000 habitantes**.

Según estos datos de población y aplicando la dotación teórica utilizada en los planes hidrológicos de 210 l/hab/d, los volúmenes necesarios para satisfacer dicha demanda serían de 538 m<sup>3</sup>/d durante todo el año y de 630 m<sup>3</sup>/d en los meses de verano que suponen un caudal continuo de **6 l/s** en los meses de invierno y de **7.3 l/s** en los de verano. Se ha de tener en cuenta que el agua bombeada de la captación antes de ser servida es tratada en una planta de ósmosis inversa en la que suele haber un rechazo de agua del orden del 40% por lo que el caudal continuo que se ha de bombear sería de **8.4** y **10,2 l/s** para los meses de invierno y verano respectivamente.

## 1.2 Sistema actual de abastecimiento

Este sistema de abastecimiento consta de una única captación en uso, situada al norte de la población, junto a la carretera que va a El Pedernoso. El caudal que aporta en la actualidad es más que suficiente, teniendo una capacidad de 60 l/s. Funciona entre 5 y 6 horas diarias, aportando un caudal medio de 1.200 m<sup>3</sup>/día.

Existe otro sondeo, perforado por el YRIDA a 4,5 km de Las Mesas junto a la carretera de Las Pedroñeras, el cual está conectado a la red y que solo se utiliza en caso de emergencia.

Este sistema de abastecimiento consta de un total de cuatro depósitos con una capacidad conjunta de 500 m<sup>3</sup>. El primer depósito (DE 16124001), es el que se encuentra situado cerca de la captación, en la carretera de El Pedernoso. Tiene una capacidad de 160 m<sup>3</sup>, siendo el depósito al que va a parar todo el agua captada antes de enviarla, por gravedad, hasta los depósitos del pueblo.

Dentro del recinto de la planta de ósmosis inversa hay dos pequeños depósitos de 100 m<sup>3</sup> y 20 m<sup>3</sup> en los que se realiza la separación y mezcla de aguas tratadas y sin tratar, de manera que todo el agua llega al depósito de 100 m<sup>3</sup> (DE16124003) desde el que se desvía una parte a la planta de ósmosis inversa y otra al depósito de 20 m<sup>3</sup>, (DE16124004) al que también llegan las aguas tratadas por la planta, produciéndose en él la mezcla de aguas.

Desde este depósito de mezcla, se bombean las aguas hasta el depósito elevado (DE16124002) desde el que se realiza la distribución a la red de abastecimiento.

| CAPTACIÓN         | UTM_X  | UTM_Y   | Prof.                       | Q(l/s)   |
|-------------------|--------|---------|-----------------------------|--|
| S- Hoya del Monte | 520110 | 4363877 | 145                         | 60   |
| S-Yrida           | 523762 | 4363312 | 215                         | De emergencia. Se pone en funcionamiento cada 4-6 meses. |
| DEPÓSITOS         | UTM_X  | UTM_Y   | CAPACIDAD (m <sup>3</sup> ) | OBSERVACIONES  |
| DE16124001        | 520070 | 4363167 | 160                         | Tiene contador a la entrada                              |

|                           |              |              |  |   |
|---------------------------|--------------|--------------|--|---|
| DE16124002                | 520136       | 4360268      | 270  |   |
| DE16121004                | 520110       | 4360360      | 20   | Depósito de mezcla de aguas, descalcificada y sin descalcificar                         |
| DE16124003                | 520100       | 4360362      | 100  | Pequeño depósito donde se almacena agua antes de entrar en la planta de ósmosis inversa |
| <b>OTROS</b>              | <b>UTM_X</b> | <b>UTM_Y</b> | <b>OBSERVACIONES</b>   |   |
| Planta de ósmosis inversa | 520124       | 4360333      | En funcionamiento 8-9 h/día. Agua pasa a tres grifos. Si superada capacidad de almacenamiento de estos tres grifos, pasa a DE16121004 donde se mezcla con agua sin tratar. |   |
| Depuradora                | 519326       | 4359737      | Control calidad agua todos los meses   |   |

**Tabla 1.** Características del sistema de abastecimiento de la localidad de Las Mesas.

La potabilización de las aguas realizada consiste en un tratamiento en planta de ósmosis inversa de una parte del agua del sondeo (Figura 2), y en una cloración posterior realizada en el depósito de mezcla de aguas DE16033004. La cloración se realiza en este depósito de modo manual por medio de pastillas, una vez rebajado el contenido en sales.

Diariamente se realiza un control de los niveles de cloro de las aguas de la red de distribución. Dichos controles corren a cargo de la farmacéutica de Las Mesas.

El estado de ambas redes de distribución y saneamiento es regular, siendo frecuentes las roturas de estas.

Existe una estación depuradora de aguas residuales situada al sudoeste de la población, que realiza una depuración de tipo secundario, antes de verter las aguas al río Taray. La gestión de la depuración de las aguas es llevada a cabo por la U.T.E Sarrion-Acuastudios.

**Figura 2.** Sondeo de abastecimiento y planta de ósmosis inversa



## **2. ESTUDIOS PREVIOS**

Este informe se ha elaborado a partir del trabajo de EPTISA para el IGME/Diputación de Cuenca, en noviembre de 2007 denominado “*Actualización de la situación actual de los sistemas de abastecimiento urbano de 10 municipios de la provincia de Cuenca: Las Mesas*” el cual junto a la información recopilada en campo el día 31 de marzo de 2011 ha servido para la redacción de la propuesta de perímetro de protección.

### **2.1. Marco geológico: estratigrafía y tectónica**

Este apartado se ha elaborado atendiendo a las descripciones del mapa MAGNA 715 “El Provencio”

#### **2.1.1 ESTRATIGRAFÍA**

Los materiales aflorantes en la zona se corresponden con edades que van desde el Jurásico hasta el Cuaternario.

### (1) Jurásico

Se encuentra representado en los núcleos anticlinales del ángulo NO de la hoja y en varios afloramientos dispersos asociados al núcleo anticlinal que con dirección NNO-SSE aparece al NE de Las Pedroñeras. El afloramiento más próximo a Las Mesas, se encuentra a 8 km al norte, en el núcleo del anticlinal de Santa María de los Llanos.

Se trata de calizas oolíticas bien estratificadas, en bancos decimétricos a métricos, en tonos grises.

### Cretácico

Dentro de la Hoja de El Provencio se encuentran ampliamente representados materiales del Cretácico inferior y superior. Los del Cretácico inferior, que no han sido estudiados anteriormente con detalle, se consideraban como jurásicos, o bien se les incluía en la Facies Utrillas del Cretácico superior. Sin embargo, sus características estratigráficas y sedimentológicas han permitido identificarlos como Cretácico inferior en facies Weald.

Sin embargo, el Cretácico superior, ampliamente representado en la mitad septentrional de la hoja, es difícil de reconocer, por su importante plegamiento y arrasamiento, por las intensas dolomitizaciones y recrystalizaciones que ha experimentado, y por la reducida potencia con la que aparecen sus diferentes tramos en toda la Sierra de Altomira.

Se han distinguido:

(2) *Facies Weald*. (Barremiense) Constituidas por brechas calcáreas de cantos angulosos y subangulosos con margas en la base, cuyo espesor reconocido ronda los 20 metros. Los sedimentos del Cretácico inferior se encuentran aflorando de forma irregular en la mayoría de los núcleos anticlinales de las estribaciones meridionales de la Sierra de Altomira. En la mayoría de estos afloramientos se encuentra representado por unas brechas de cantos micríticos, angulosos y subangulosos, poco dolomitizados. En ocasiones pueden aparecer algunos niveles calizos y dolomíticos con señales de nodulización y carniolización, como es el caso del núcleo anticlinal situado al NE de Las Pedroñeras.

En Mota del Cuervo se han reconocido más de 20 m de una sucesión que, además de las citadas brechas, presenta intercalaciones margosas hacia la base.

(3) *Formacion Arenas Utrillas*. (Albiense) Arenas y areniscas blancas y rojas de cemento calizo a ferruginoso, de unos 25 metros de espesor. En discordancia erosiva sobre los sedimentos en facies Weald, cuando estos existen, o bien sobre el Dogger en otras ocasiones. Areniscas y arenas versicolores, con tintes blancos, ocre y rojos, cuyos componentes fundamentales son el cuarzo y los feldespatos caolinizados, apareciendo como accesorios la mica. El cemento varía entre calcáreo (colores blancos en la arena) y ferruginoso (tintes rojizos).

(3) *Margas de Chera, Dolomias de Alatoz y Dolomias de Villa Ves*. (Cenomaniense) Las Margas de Chera están constituidas por una alternancia de margas y limos dolomíticos, cuyo espesor aproximado son 25 metros. Por último aparecen 7 metros de limolitas dolomíticas y dolomias blancas, que se corresponden con las Dolomias de Alatoz, y 12 metros de dolomías recristalizadas y bien estratificadas, que lo hacen con las Dolomias de Villa de Ves.

(4) *Formacion Margas de Casamedina y Dolomias de la Ciudad Encantada*. (Cenomaniense-Turonense) De base a techo se distinguen de 6 a 17 metros de margas grises y verdosas, dolomíticas, con alguna intercalación de calizas o dolomías, sobre las que se depositan las Dolomias de la Ciudad Encantada, que se presentan en gruesos bancos o masivas y recristalizadas, con un espesor no superior a 6 metros.

(5) *Margas y Calizas*. (Senoniense) De base a techo, aparecen unas margas blancas y grises con intercalaciones de delgados niveles dolomíticos, de entre 20 y 40 metros de espesor, que pasan a unas calizas micríticas blancas bien estratificadas, cuya potencia oscila entre 20 y 30 metros.

### **Terciario**

Dentro de los materiales terciarios podemos distinguir hasta 5 unidades que son:

(6) *Calizas, margas, arenas y arcillas*. (Cretácico Superior-Eoceno) Afloran al este de la población y presumiblemente están cubiertas por otros materiales terciarios más modernos. Se han reconocido calizas lacustres con intercalaciones de arenas y areniscas bioclásticas, con restos de bivalvos. Su potencia en otras áreas se encuentra entre 140-190 metros.

(8) *Conglomerados, margas, arenas y arcillas*. (Eoceno-Oligoceno) Se presentan discordantes sobre los anteriores, en bancos, bien estratificados y cementados, de conglomerados de cantos calizos con niveles de caliza intercalados.

(9) *Arcillas rojas, yesos y areniscas*. Son el relleno plioceno de la Llanura Manchega en el área estudiada. Litológicamente están constituidas por arcillas rojas, con intercalaciones de yesos limosos y nódulos de silex, arenas limosas y areniscas con estructuras sedimentarias. Las lagunas de la región se sitúan sobre los niveles yesíferos de esta unidad.

(10) *Arcillas y areniscas de Villalgordo de/ Jucar*. Hacia techo de la unidad anterior se incrementa el contenido en detriticos, pasando a un microconglomerado de cemento rojo, con frecuentes intercalaciones de limos y arcillas rojas. A techo comienzan a aparecer niveles carbonatados. Se atribuyen al Plioceno superior.

(11) *Calizas y margas blancas "Calizas y margas de Minaya"*. Son calizas y margocalizas blancas que forman mesetas y pequeños cerros aislados. Su potencia no suele superar los 1.5 metros. Se atribuye también al Plioceno superior.

### **Cuaternario**

Los depósitos cuaternarios están ampliamente representados en la zona, encontrándose:

(12) *Gravas calcáreas y cuarcitas*

(13) *Glacis*. Constituido por gravas, arcillas rojas y arenas con una costra calcárea y un espesor conjunto que no supera los 3 metros.

(14) *Manto eólico*. Son arenas bien clasificadas, arcillas y limos, de coloraciones rojizas y pardo-amarillentas. Están asociados a los depósitos aluviales del río Záncara.

(15) *Abanicos aluviales*. Son gravas y bloques calcáreos, arcillas y arenas. Están asociados a los relieves mesozoicos de la sierra de Altomira. Son de gran extensión y su espesor puede llegar a superar los 15 metros.

(16) *Terrazas del río Záncara*. Son gravas poligénicas, arenas y limos, predominando los cantos de calizas sobre los de cuarcita. Se distinguen cuatro niveles de terrazas.

(17) *Paleovalle de Santiago de la Torre*. Son arenas gruesas, limos y arcillas con tamaños de canto de 0.5-1 cm de diámetro. Se encuentran colgados por encima del canal del Záncara.

(18) *Terraza baja del río Rus*

(19) *Terrazas de/ río Monreal*. Gravas poligénicas, arenas y limos.

(20) *Conos de deyección*. Arenas, arcillas y gravas en la salida de pequeños arroyos encajados.

*Fondos endorreicos*. Fangos salinos, limos negros, y arenas resultado de las zonas endorreicas y semiendorreicas en las lagunas desarrolladas sobre arcillas y yesos terciarios.

(21) *Fondos endorreicos*

(22) *Coluviones*. Son cantos, gravas y arcillas cuyo espesor no supera los 2-3 metros.

(23) *Fondos de valle*. Son arenas, gravas y arcillas, con cantos calizos y origen fluvial.

### **2.1.2 TECTÓNICA**

La morfoestructura de la hoja permite su división en dos sectores. Al Norte los relieves meridionales de la Sierra de Altomira, prácticamente arrasados pero que confieren una orografía más ondulada en comparación con la mitad Sur, correspondiente a la Llanura Manchega (Figura 3)

Desde el punto de vista tectónico, la zona de estudio está comprendida en las estribaciones meridionales de la Sierra de Altomira. En ella se define un anticlinal NNO-SSE, el de Mota del Cuervo, aflorando los materiales jurásicos, recubiertos en parte por materiales neógenos y cuaternarios. Los buzamientos son de 70° y 80° en el flanco occidental y menores en el oriental, Asociados al mismo se definen unos pliegues sinclinales y anticlinales que afectan al Terciario en su borde meridional.

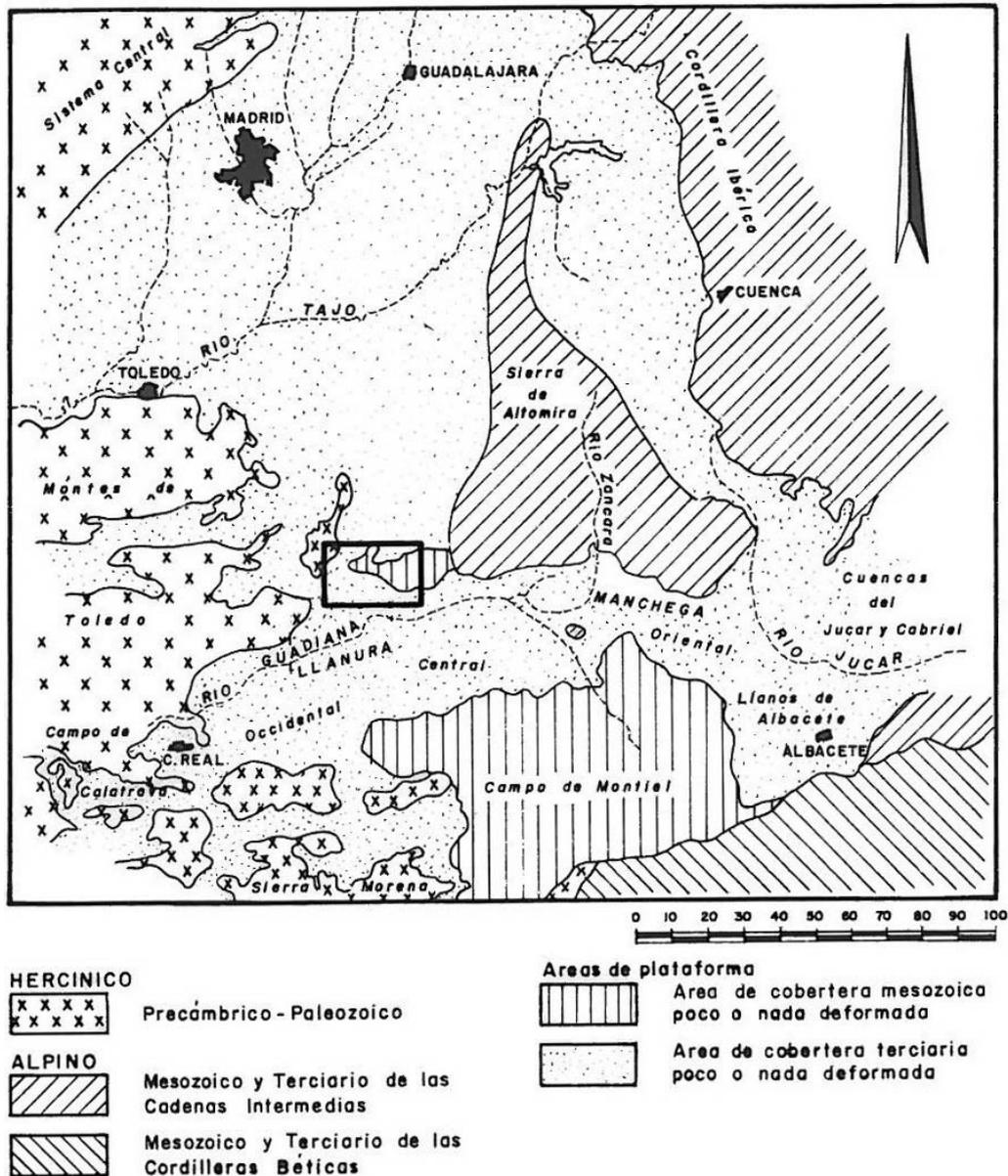
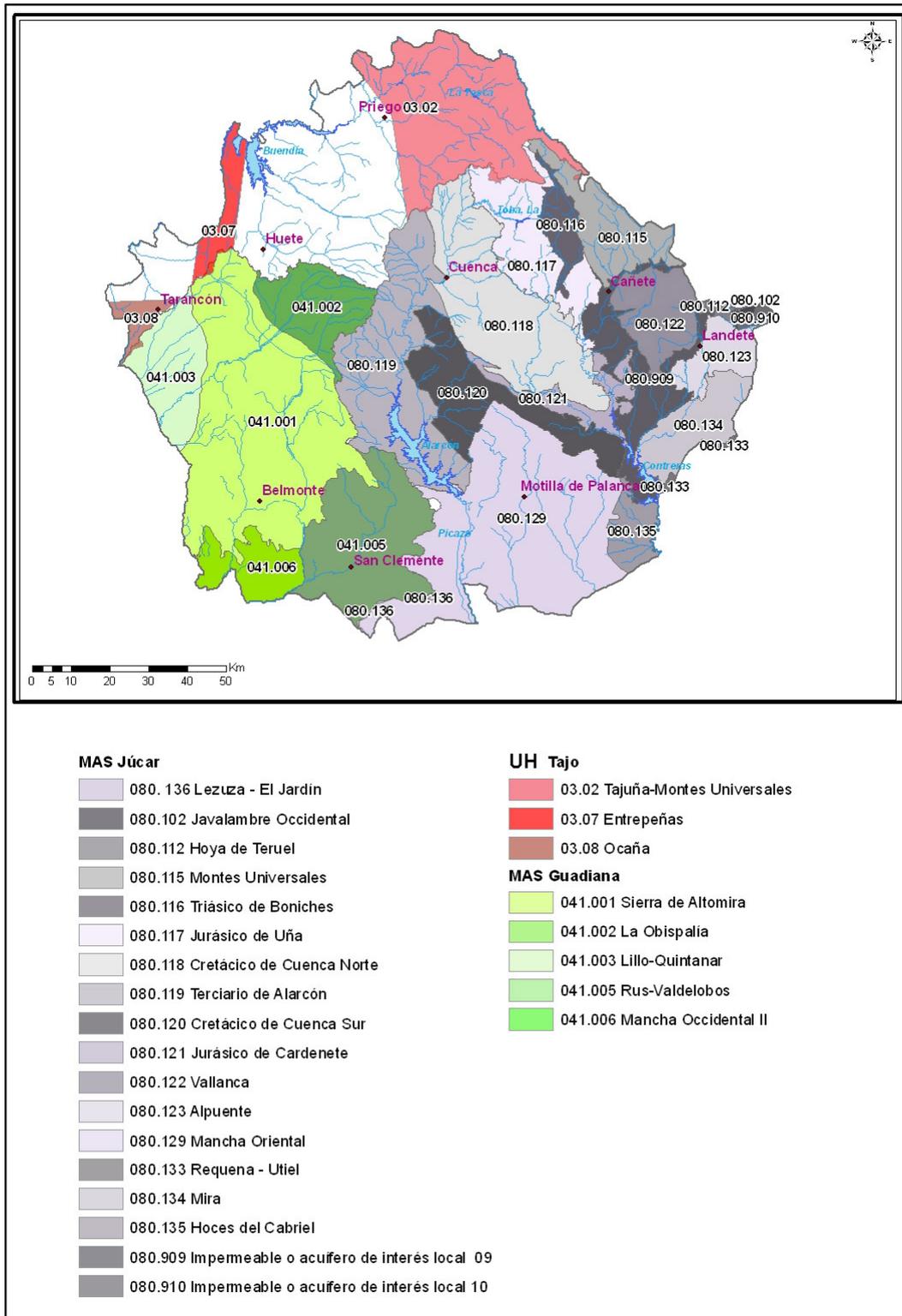


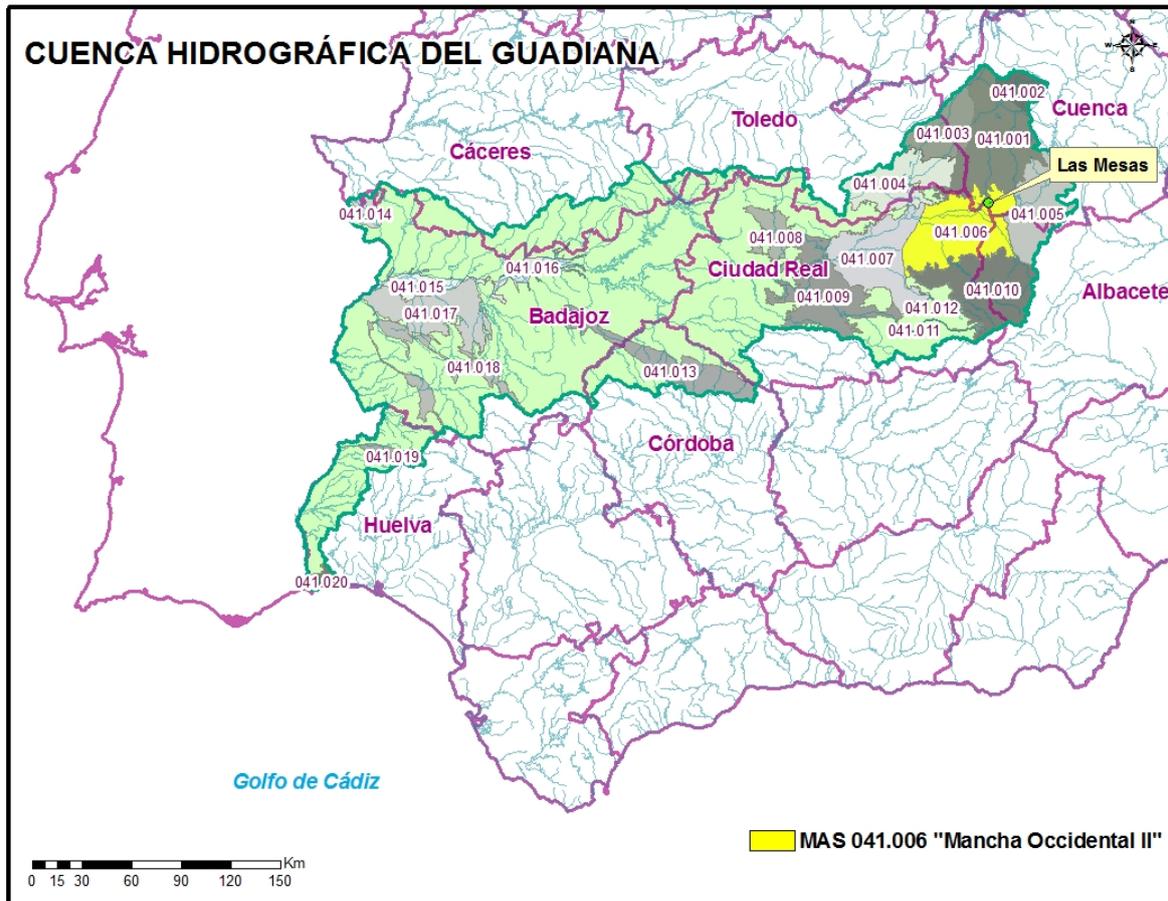
Figura 3. Esquema morfoestructural de la región de estudio

## 2.2. Hidrogeología regional

La provincia de Cuenca participa de tres cuencas hidrográficas distintas: Guadiana, Júcar y Tajo que a su vez quedan divididas en distintas Masas de Agua Subterránea (MAS) para la cuenca del Guadiana y Júcar y en Unidades Hidrogeológicas para la cuenca del Tajo, tal y como se muestra en la Figura 4.



**Figura 4.** Masas de Agua Subterránea del Júcar y Guadiana (MAS) y Unidades Hidrogeológicas del Tajo de la provincia de Cuenca.



**Figura 5.-** Cuenca Hidrográfica del Guadiana y delimitación de la MAS 041.006 correspondiente a la zona de Las Mesas.

### 2.3 Hidrogeología local: formaciones acuíferas

#### ACUÍFEROS.

Los materiales aflorantes en la zona susceptibles de constituir buenos acuíferos para su explotación son:

Calizas karstificadas y calizas margosas miocenas. Estas calizas aparecen principalmente hacia el sur, a 7 Km de la población. En las proximidades de Las Mesas forman el Cerro de la Horca.

Depósitos detríticos miocenos. Corresponden a alternancias de arenas, conglomerados y lutitas, con yesos como litologías dominantes. El espesor de estos materiales varía según se encuentren dentro o fuera de la cubeta sedimentaria, llegando a alcanzar los 400 metros en torno a Las Mesas. El antiguo sondeo de abastecimiento a la población, que se encuentra situado en el lugar donde se ha instalado la planta de ósmosis inversa, captaba estas formaciones.

Calizas cretácicas, las formaciones calizas que constituyen acuíferos se corresponden con edades Senoniense y Turoniense. El espesor de estas formaciones ronda los 60 metros. Los caudales de explotación y aforados en los sondeos de la zona son elevados, con transmisividades estimadas muy altas (9800 M<sup>2</sup>/día).

Calizas jurásicas. Afloran al norte de la población, en las proximidades de Mota del Cuervo, siendo atravesados por el sondeo de abastecimiento y el del IRYDA.

## **HIDROQUÍMICA**

Los análisis del agua de la captación disponible para el abastecimiento muestran unos valores de conductividad muy elevados, del orden de 2800  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Este sondeo capta agua de las formaciones cretácicas y jurásicas que presentan una **facies hidroquímica sulfatada cálcica**.

Las concentraciones en sulfatos (superiores a 1000  $\text{mg}/\text{l}$  en el sondeo) sobrepasan los límites máximos permitidos para las aguas potables de consumo público establecidos por ley en el RD140/2003. Además, el nivel de nitratos supera el máximo permitido, lo que denota una notable influencia de actividad antrópica. El agua de este sondeo es tratada en una planta de ósmosis inversa, que reduce considerablemente las concentraciones de los iones situándolos por debajo de los límites establecidos en la legislación. Esta agua es mezclada con agua sin tratar del sondeo por lo que el agua servida por el sistema de distribución del pueblo es resultado de esta mezcla, la cual mejora considerablemente la calidad de la misma aunque los sulfatos siguen estando por encima de la recomendación de los 250  $\text{mg}/\text{L}$ .

| Fecha     | Muestra           | DQO | Cl    | SO <sub>4</sub> | HCO <sub>3</sub> | CO <sub>3</sub> | NO <sub>3</sub> | Na   | Mg    | Ca    | K   | pH   | C.E. |
|-----------|-------------------|-----|-------|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|------|-------|-------|-----|------|------|
| 31-mar-11 | S-Las Mesas       | 1,0 | 132,0 | 1020,0          | 238,0            | 0,0             | 47,0            | 63,0 | 108,0 | 392,0 | 3,0 | 7,05 | 2790 |
| 31-mar-11 | Grifos ósmosis    | 6,0 | 10,0  | 54,0            | 25,0             | 0,0             | 5,0             | 7,0  | 9,0   | 19,0  | 0,0 | 6,8  | 183  |
| 31-mar-11 | Agua mecla        | 0,7 | 104,0 | 836,0           | 194,0            | 0,0             | 39,0            | 46,0 | 86,0  | 322,0 | 3,0 | 7,3  | 1749 |
| 31-mar-11 | S-Las Mesas YRIDA | 0,9 | 104,0 | 928,0           | 251,0            | 0,0             | 45,0            | 48,0 | 93,0  | 360,0 | 3,0 | 7,4  | 1881 |

**Tabla 2.** Características físico-químicas de las captaciones (CE en  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , concentraciones en  $\text{mg}/\text{l}$ )

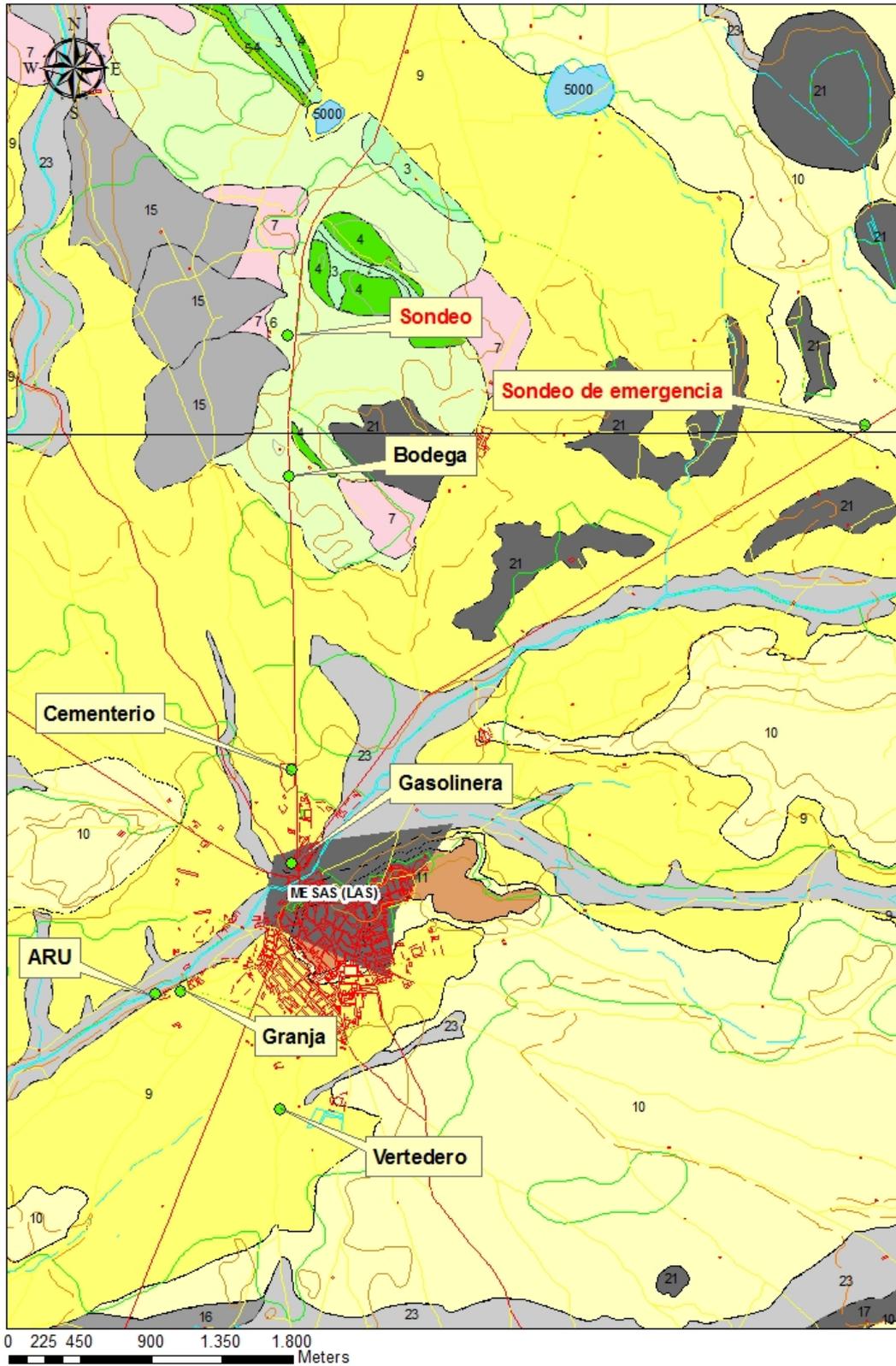
## PROPUESTA DE PERIMETRO DE PROTECCIÓN

### 3.1 Inventario focos potenciales de contaminación.

El día de la visita se inventariaron los siguientes puntos de contaminación en las inmediaciones de la captación que podrían estar afectando negativamente a la calidad del agua del sondeo. Estos focos, situados en la Figura 6, quedan reflejados en la Tabla 3.

| Foco                              | UTM_X  | UTM_Y   | Distancia captación | Tipo de contaminación                                    |
|-----------------------------------|--------|---------|---------------------|--|
| Vertido aguas residuales          | 519270 | 4359730 |                     |  |
| Campos de cereal y viñedo         | Areal  |         |                     | Nitratos, fosfatos y potasio                             |
| Cementerio                        | 520132 | 4361149 |                     |  |
| Granja                            | 519430 | 4359752 |                     | Estiércol, agua estancada (Nitratos, fosfatos y potasio) |
| Vertedero inertes                 | 520065 | 4359012 |                     |  |
| Gasolinera                        | 520134 | 4360558 |                     |  |
| Cooperativa vinícola y gasolinera | 520135 | 4360558 |                     |  |
| Bodega                            | 520120 | 4362990 |                     |  |

**Tabla 3.** Potenciales focos de contaminación en el entorno de Las Mesas.





**Figura 6.** Mapa geológico con la ubicación de los potenciales focos de contaminación de Las Mesas.

### 3.2 Estimación de la vulnerabilidad

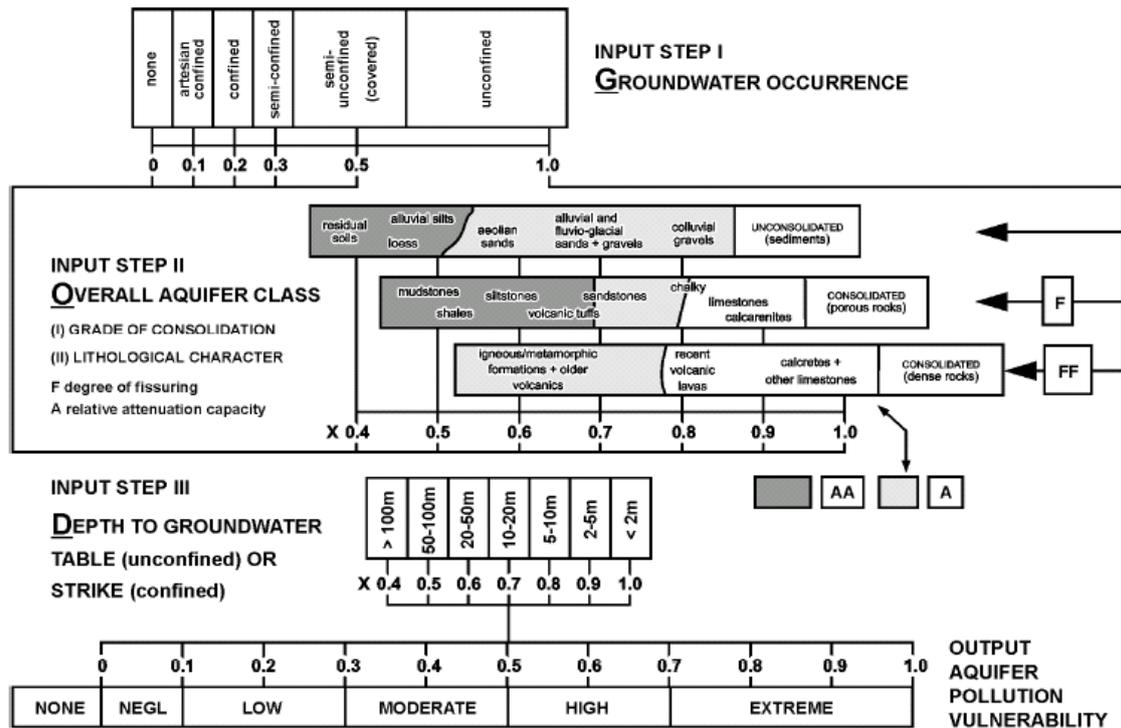
Una de las metodologías más adecuadas para la determinación de la vulnerabilidad es la realización de una cartografía de vulnerabilidad. Para su realización existen distintos métodos, como el método GOD utilizado en el presente estudio. Este método propuesto por Foster (1987) se basa en la asignación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

G- tipo de acuífero.

O- litología de cobertura del acuífero

D- profundidad del agua o del acuífero.

En la Figura 7 (Foster e Hirata, 1991) se reproduce el diagrama para cualificar la vulnerabilidad de un acuífero a la contaminación. Los tres índices que se multiplican entre sí, resultan en uno final que puede variar entre 1 (vulnerabilidad máxima) y 0 (mínima).



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

**Figura 7.** Esquema de la valoración del índice GOD.

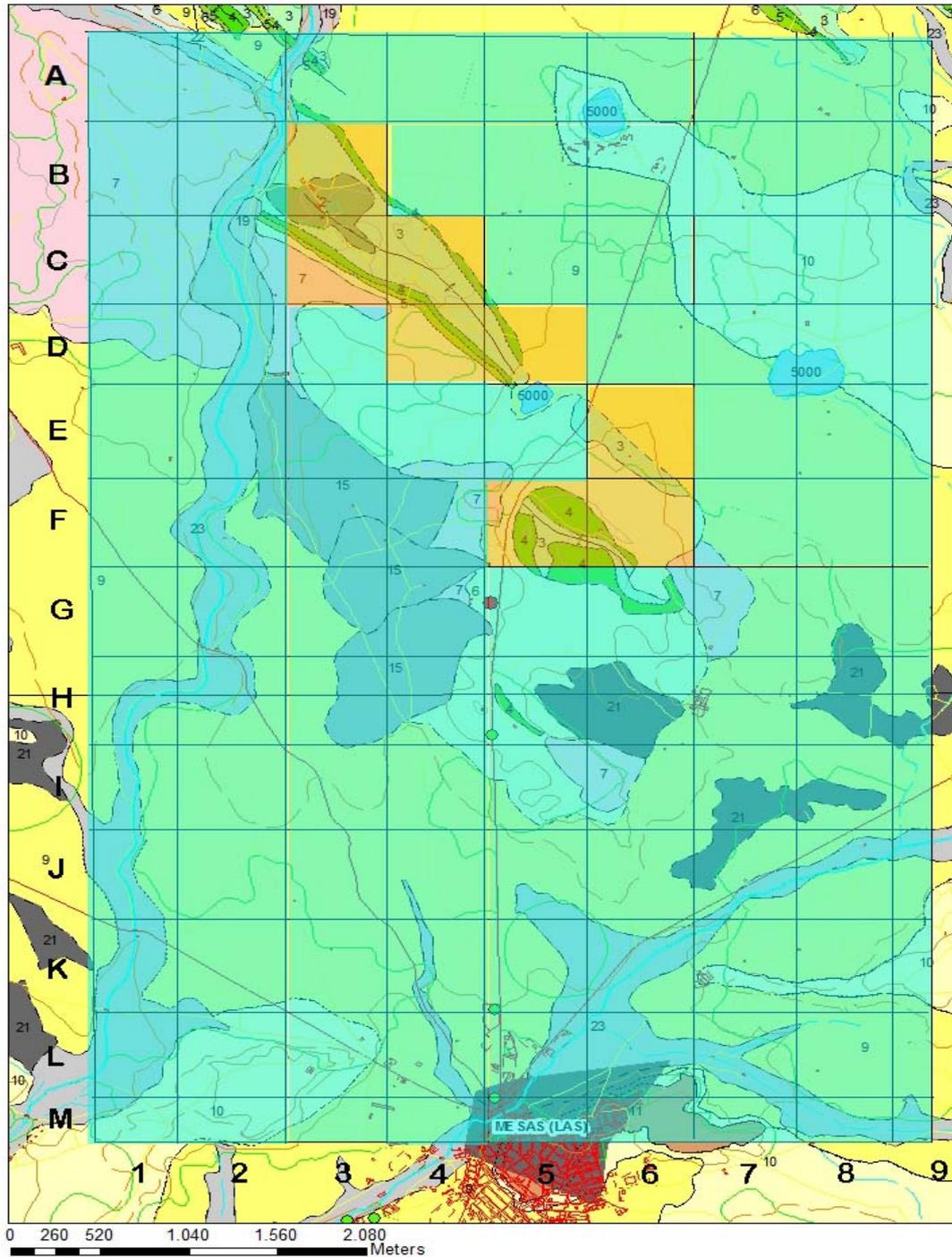
El sondeo atraviesa 12 metros de cantos sueltos y arcillas de edad terciaria para después adentrarse en el Cretácico superior carbonatado (46 m), Cretácico inferior detrítico (30 m) para finalmente atravesar 45 m de calizas jurásicos. ( Figura 8). Para el caso del acuífero profundo jurásico se trataría de un acuífero confinado aunque conectado con el acuífero cretácico a través de los materiales detríticos del Cretácico inferior. (G = 0.2) mientras que para el más superficial se trataría de acuífero libre o cubierto (G = 0,5 ó 1) Se va a considerar un valor medio de G = 0.6

El nivel piezométrico el día de la visita se encontraba a 10,80 m de profundidad ( D = 0,7)

El valor del parámetro O va a depender del tipo de material presente en la celda en cuestión. Para las celdas donde afloran los materiales carbonatados acuíferos el valor será elevado ( O = 0,9) El recubrimiento terciario a base de una serie arcillosa protegería lo materiales calcáreos subyacentes más permeables ( O = 0,5) y si se trata de materiales de granulometría mayor ( conglomerados del Eoceno-Oligoceno, O = 0,7)



## CARTOGRAFÍA VULNERABILIDAD Método GOD



Vulnerabilidad baja      Vulnerabilidad moderada

**Figura 9.** Cartografía de vulnerabilidad empleando el método GOD

La cartografía de vulnerabilidad obtenida muestra dos zonas diferenciadas en función de los materiales aflorantes y su posición estratigráfica, distinguiéndose una zona en la que la vulnerabilidad es moderada y otra, la mayor parte, se considera baja. En la zona de vulnerabilidad moderada las precauciones en relación a potenciales actividades contaminantes habrá que extremarlas debido a las características del acuífero y proximidad a la captación. Corresponde con las celdas en las que el Cretácico se encuentra aflorando en una estructura anticlinal.

Las zonas que han obtenido vulnerabilidad baja, son aquellas en las que los materiales acuíferos se encuentran o bien, recubiertos o bien confinados por materiales del Terciario de distinta naturaleza (areniscas, arcillas, conglomerados, yesos, etc).

### **3.3. Perímetro de protección de las captaciones**

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

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

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

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

- Zona inmediata o de restricciones absolutas: tiempo de tránsito 1 día o área fija de 100-400 m<sup>2</sup>. Suele estar vallada.
- Zona próxima o de restricciones máximas: tiempo de tránsito 50 días. Protege de la contaminación microbiológica con criterios hidrogeológicos. En algunos estudios se ha usado el descenso del nivel piezométrico o el poder autodepurador.
- Zona alejada o de restricciones moderadas: se usa el tiempo de tránsito de varios años en función de los focos contaminantes, criterios hidrogeológicos o ambos.

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

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

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

La resolución del método precisa conocer las siguientes variables:

$i$  = gradiente hidráulico

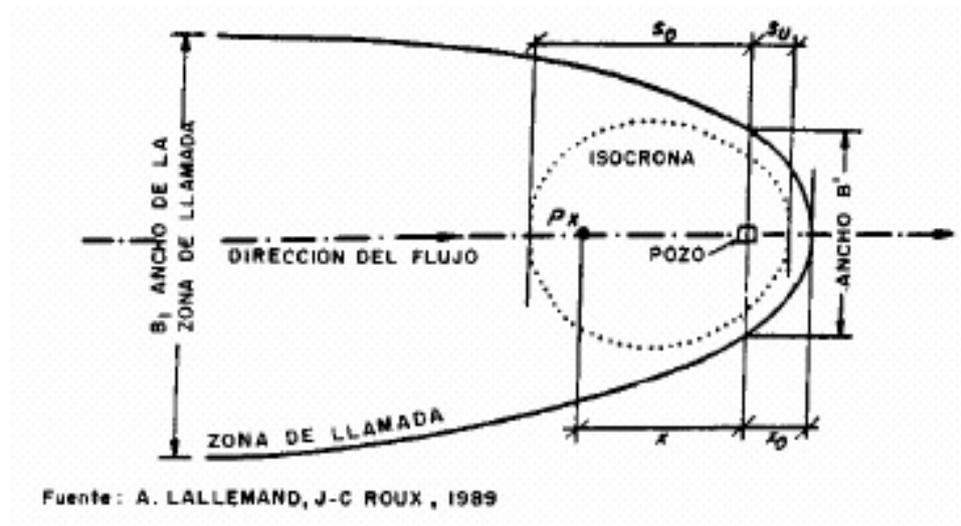
$Q$  = caudal de bombeo (m<sup>3</sup>/s)

$k$  = 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 ( $t$ ).



**Figura 10.** Método de Wyssling para el cálculo del tiempo de tránsito

Para el cálculo de las distintas zonas de protección del abastecimiento a Las Mesas 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.

| Las Mesas                      |        |
|--------------------------------|--------|
| Espesor del acuífero (m)       | 133    |
| Porosidad eficaz               | 0.001  |
| Permeabilidad horizontal (m/d) | 70     |
| Caudal de bombeo (l/s)         | 60     |
| Gradiente hidráulico           | 0.0001 |

**Tabla 4.** Parámetros utilizados para el cálculo del tiempo de tránsito según el método Wyssling

Como espesor del acuífero se ha tomado el encontrado en el sondeo, un total de 133 m.

Para la porosidad eficaz se ha tomado un valor estimativo basándose en los valores proporcionados por Iglesias (1985) y considerando que el acuífero es confinado para las calizas jurásicas y libre, ligeramente confinado o cubierto para las calizas cretácicas.

La permeabilidad se ha deducido del ensayo de bombeo y el gradiente se ha calculado con medidas de piezometría de sondeos próximos (Mota del Cuervo, Santa María de los Llanos y Las Mesas)

### 3.3.1 Perímetro de restricciones absolutas

El sondeo de abastecimiento de Las Mesas ya cuenta con un perímetro vallado de dimensiones aproximadas 70 x 50 x 15 x 65 m ( ver Figura 2), suficiente para proteger al sondeo de una contaminación con tiempo de tránsito hasta llegar a la captación de un día.

En esta zona se evitarán todas las actividades, excepto las relacionadas con el mantenimiento y explotación de la captación. Las coordenadas de dicho perímetro vallado se encuentran en la Tabla 7.

### 3.3.2 Perímetro de restricciones máximas

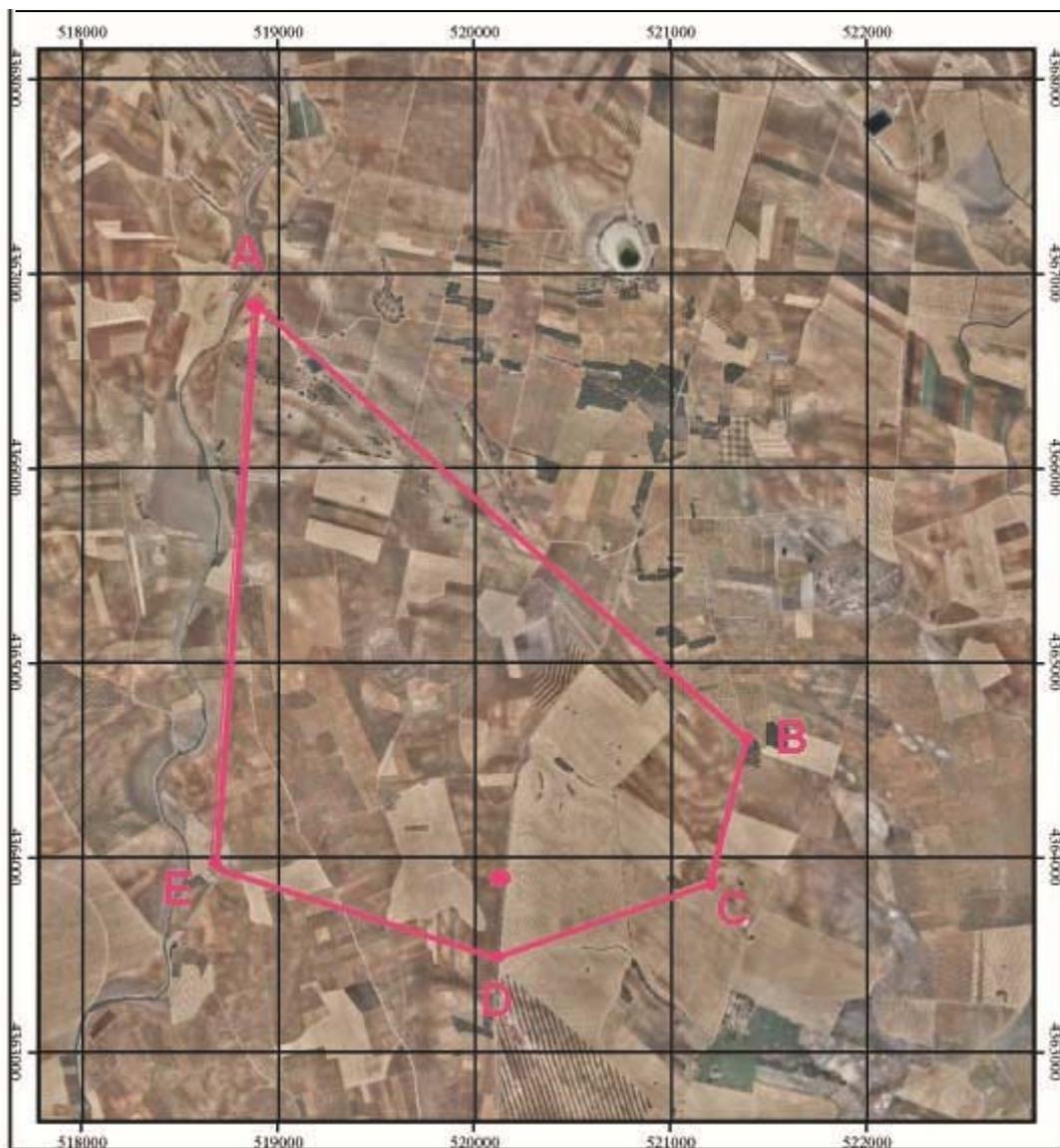
Para determinar **la zona de protección próxima** se considera como el espacio (sII) que tendría que recorrer una partícula para alcanzar la captación en más de un día y menos de 60 días. Queda delimitada entre la zona de protección inmediata y la isocrona de 60 días.

A continuación se incluyen los resultados obtenidos para sII y en la Figura 11 la representación cartográfica del mismo.

| <b>Las Mesas</b>     |      |
|----------------------|------|
| SII aguas arriba (m) | 2409 |
| SII aguas abajo (m)  | 309  |

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

Estas distancias se han adaptado a las características geológicas de la zona. Así, hacia el norte, aguas arriba de la captación, se ha extendido el perímetro hasta el eje anticlinal que supuestamente ejerce de divisoria de aguas subterráneas, alcanzando una distancia máxima hacia el NE de 3200 m. Hacia el oeste, este límite se ha llevado hasta el río Saona.



**Figura 11.** Mapa de la propuesta del perímetro de zona de restricciones máximas.

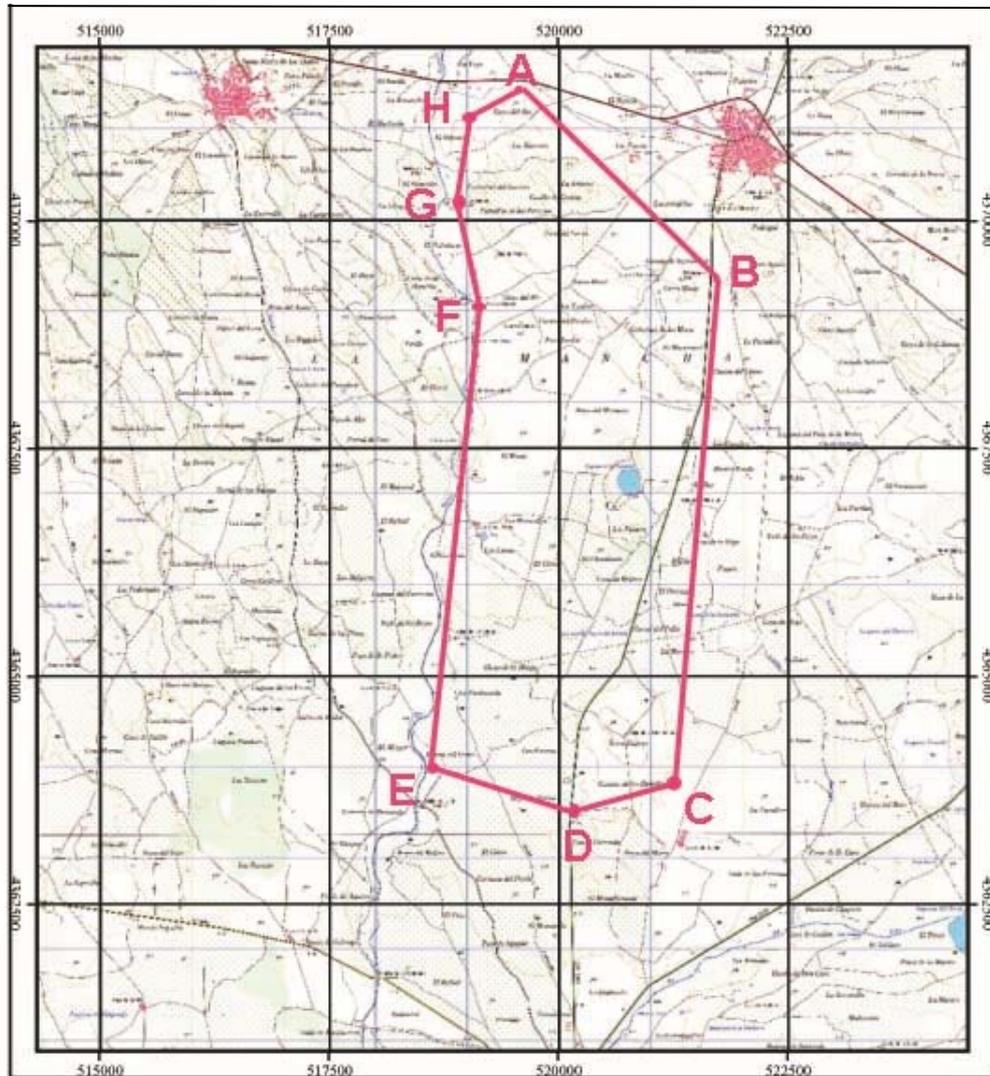
### 3.3.3 Perímetro de restricciones moderadas

La zona de restricciones moderadas limita el área comprendida entre la zona de protección próxima (radio SII) 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.

| <b>Las Mesas</b>     |        |
|----------------------|--------|
| SII aguas arriba (m) | 128104 |
| SII aguas abajo (m)  | 353    |

**Tabla 6.** Valores del radio del perímetro de restricciones moderadas

El valor obtenido mediante este método se considera desproporcionado y se ajustará a las características geológicas del terreno. Así, hacia el norte se ha extendido un máximo de 7500 m con el fin de proteger los afloramientos cretácicos que constituirían la zona de recarga más próxima al sondeo.



**Figura 12.** Mapa de la propuesta del perímetro de zona de restricciones moderadas.

### 3.3.4 *Perímetro de protección de la cantidad*

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

Para la protección del sondeo de abastecimiento a Las Mesas 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 = 9000 m<sup>2</sup>/día

Q = Caudal (caudal máximo del sondeo a proteger) = 60 l/s

t = Tiempo de bombeo (generalmente 120 días)

r = Distancia al sondeo de captación (1000 m)

S = Coeficiente de almacenamiento = 0.001

Con los datos indicados se obtiene el descenso provocado por un sondeo, que explote 60 l/s durante 120 días continuados, y situado a unos 1000 m de distancia. El descenso obtenido de 0.35 m se considera razonable, puesto que es muy inferior al 10% del espesor saturado de la captación a proteger (del orden de 133 m).

En la Figura 13 se representan gráficamente las distintas zonas de protección definidas dentro del perímetro de protección del sondeo de abastecimiento a La Mesas y en la Tabla 9 las actividades restringidas en cada área.

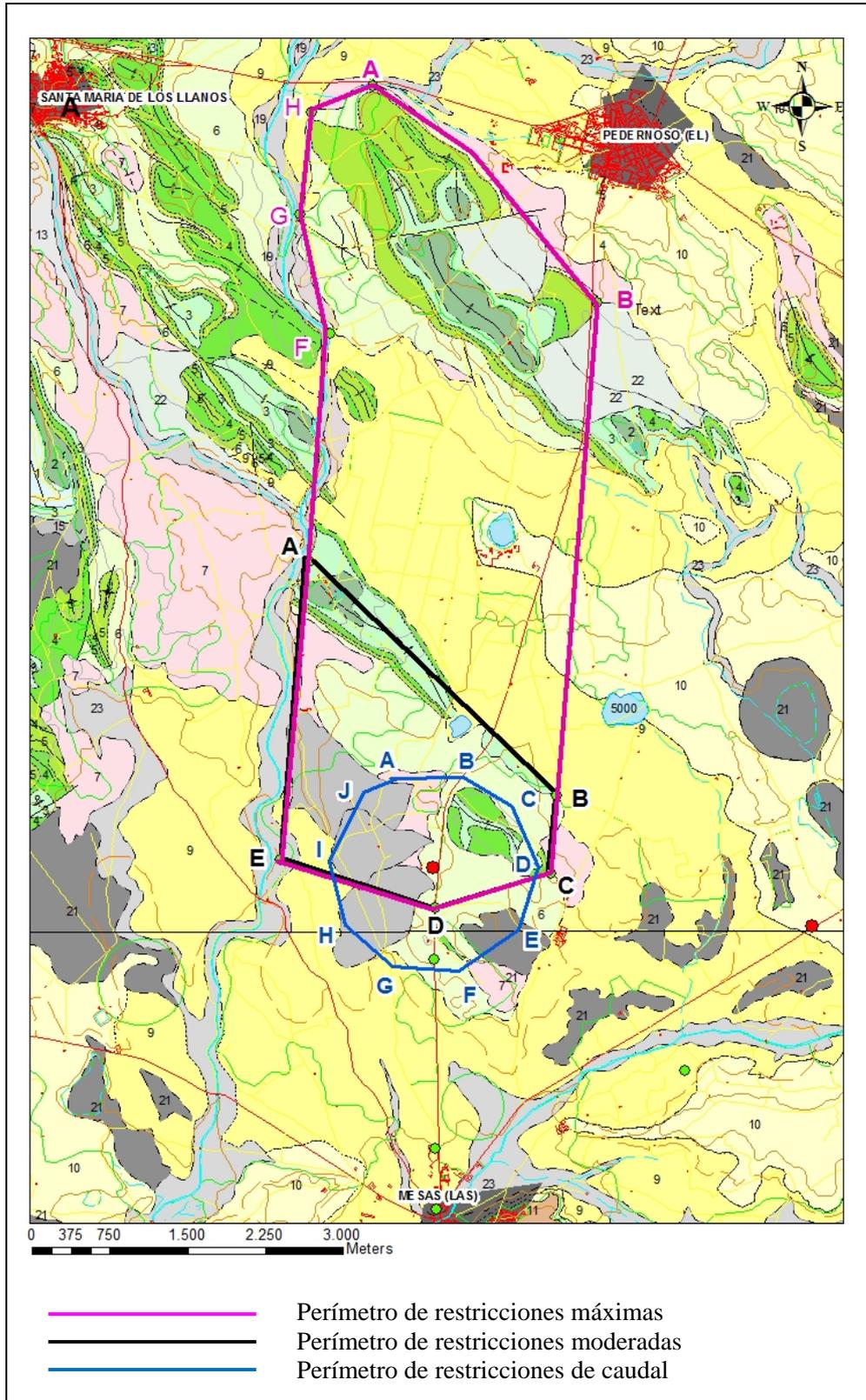


Figura 13. Resumen cartográfico de los perímetros de protección de la captación de las Mesas.

|  | Nº<br>PUNTO | UTM_X  | UTM_Y   | Z   |
|--|-------------|--------|---------|-----|
| <b>ZONA DE<br/>RESTRICCIONES<br/>ABSOLUTAS</b> | A           | 520082 | 4363898 | 686 |
|  | B           | 520144 | 4363888 | 686 |
|  | C           | 520141 | 4363873 | 686 |
|  | D           | 520077 | 4363848 | 686 |
| <b>ZONA DE<br/>RESTRICCIONES<br/>MÁXIMAS</b>   | A           | 518918 | 4366863 | 690 |
|  | B           | 521323 | 4364560 | 690 |
|  | C           | 521252 | 4363817 | 690 |
|  | D           | 520141 | 4363481 | 694 |
|  | E           | 518623 | 4363939 | 685 |
| <b>ZONA DE<br/>RESTRICCIONES<br/>MODERADAS</b> | A           | 519520 | 4371489 | 719 |
|  | B           | 521700 | 4369360 | 710 |
|  | C           | 521260 | 4363817 | 686 |
|  | D           | 520111 | 4363532 | 694 |
|  | E           | 518623 | 4363939 | 685 |
|  | F           | 519112 | 4369095 | 705 |
|  | G           | 518817 | 4370205 | 709 |
|  | H           | 518939 | 4371254 | 700 |
| <b>Zona de restricciones<br/>de caudal</b>     | A           | 519683 | 4364744 | 685 |
|  | B           | 520396 | 4364744 | 714 |
|  | C           | 520895 | 4364459 | 714 |
|  | D           | 521129 | 4363878 | 690 |
|  | E           | 520915 | 4363267 | 697 |
|  | F           | 520345 | 4362890 | 697 |
|  | G           | 519703 | 4362910 | 697 |
|  | H           | 519245 | 4363328 | 700 |
|  | I           | 519092 | 4363929 | 700 |
|  | J           | 519448 | 4364591 | 700 |

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

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

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

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

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

La zona en la que se emplaza el sondeo es una zona eminentemente agrícola, dedicada fundamentalmente al cereal y la vid. La calidad del agua del sondeo es deficiente, presentando una contaminación natural por sulfatos pero también superando los límites que establece la legislación para los nitratos, denotando una importante influencia antrópica. Las actividades relacionadas con la agricultura extensiva son las fuentes de contaminación del acuífero y de la captación. Los otros potenciales focos de contaminación inventariados no quedan englobados en ninguno de los

perímetros de protección propuestos, quedando además aguas abajo de la captación.

Así, tras examinar los perímetros, la cartografía de vulnerabilidad realizada y las actividades que en ellos se dan, se hace necesario un control exhaustivo sobre los **fertilizantes y pesticidas** aplicados al terreno, los cuales quedarían prohibidos en el perímetro de restricciones máximas y que afectarían directamente al campo de vid que rodea el sondeo. Asimismo, instalaciones ganaderas dentro de este perímetro quedarían también prohibidas. En el caso del perímetro de restricciones moderadas, se recomienda estudio agronómico en el que se evalúe, por ejemplo, la dotación más adecuada para cada tipo de cultivo.

Como se aprecia en los mapas, el perímetro de restricciones moderadas se extiende hacia el norte llegando muy próximo de las localidades de Santa María de los Llanos y El Pedernoso. Santa María de los Llanos cuenta con perímetro de protección de las captaciones, el cual no intersecta con el aquí propuesto. El Pedernoso no cuenta con propuesta de perímetro elaborada es así por lo que se recomienda la elaboración de dicho perímetro.

Cualquier actividad que se pretenda llevar a cabo dentro de alguno de los perímetros descritos deberán cumplir los requisitos expuestos en la Tabla 8. Por ejemplo, la apertura de canteras quedará prohibida excepto en el perímetro de restricciones moderadas, en el que quedará supeditado a informe favorable acerca de la no afección de la cantera a la calidad del agua subterránea.

En el caso de la perforación de nuevos sondeos, éstos deberán estar supeditados a la presentación de un estudio hidrogeológico en el que se contemple la inexistencia de afección del sondeo a la captación municipal. 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, mayo de 2011

La autora del informe

Fdo. Esther Alonso Marín

José Ángel Díaz Muñoz

#### **4. BIBLIOGRAFÍA**

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

**IGME-Diputación de Cuenca (2006):** Actualización de la situación actual de los sistemas de abastecimiento urbano de 10 municipios en la provincia de Cuenca: Las Mesas

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

**IGME (1998).** Mapa geológico nº715 "El Provencio". E 1/50.000 Segunda serie-Primera Edición. Madrid.