



**PROPUESTA DE PERÍMETRO DE PROTECCIÓN PARA LA  
CAPTACIÓN DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE A LA  
LOCALIDAD DE VILLAGARCÍA DEL LLANO (CUENCA)**

Septiembre 2011

## ÍNDICE

### **1. Introducción**

#### **1.1 Situación actual de abastecimiento**

#### **1.2 Demanda urbana**

### **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*

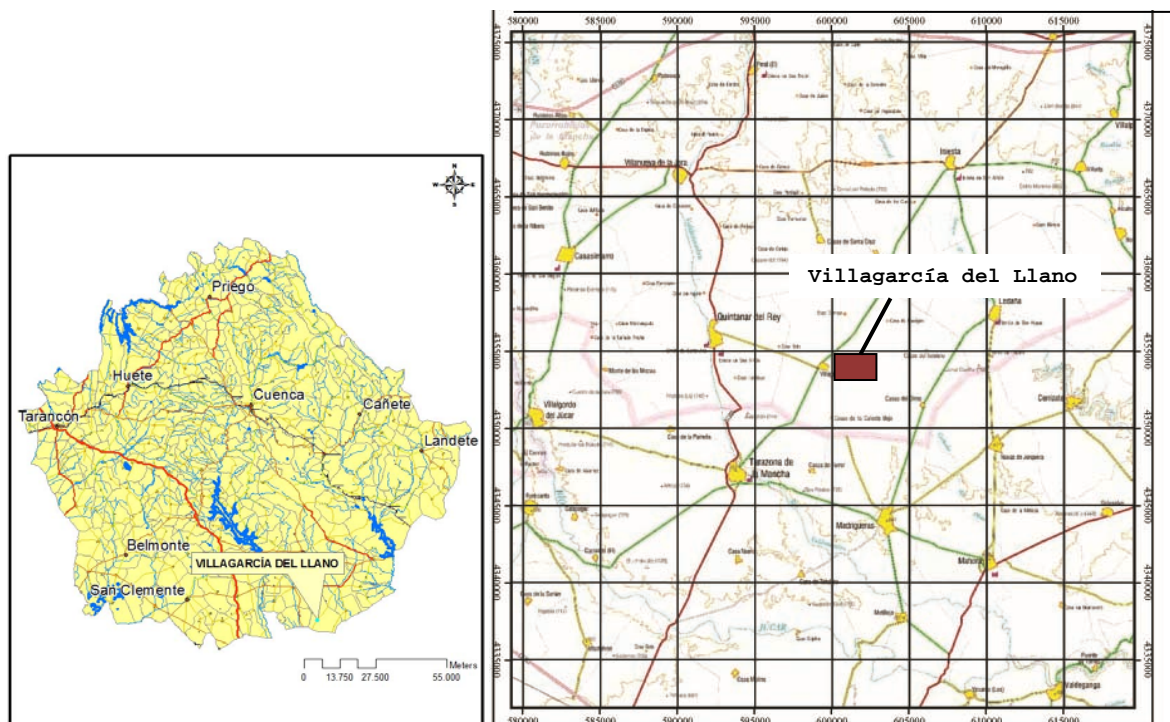
##### *3.3.2 Perímetro de protección de la cantidad*

### **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 julio de 2011 se redacta el presente informe de propuesta de perímetro de protección para la captación de Villagarcía del Llano.

Villagarcía del Llano se ubica a 113 km de la capital, Cuenca, en la comarca de La Manchuela y a solo 4 km de la provincia de Albacete. Las localidades conqueses más cercanas son Quintanar del Rey y Ledaña. (Figura 1).



**Figura 1.** Mapa de ubicación de la localidad de Villagarcía del Llano

### 1.1 Situación actual de abastecimiento

En la actualidad la población de Villagarcía del Llano se abastece de un único sondeo. Solo excepcionalmente se utiliza el sondeo antiguo, sito a escasos metros del actual.

## 1.2 Demanda urbana

La población residente en Villagarcía del Llano asciende a 848 habitantes (Padrón municipal 2010) llegando a alcanzar en verano los 1800. Suponiendo una dotación teórica de 200 L/hab/día se precisa un caudal continuo máximo de **2 l/s** (170 m<sup>3</sup> / día) y de **4.2 l/s** para los meses estivales, el cual es completado sin problemas por la actual captación.

CAPTACIÓN	UTM_X	UTM_Y	Prof.	Año	NP (m)	Q(l/s)	Acuífero
S - Villagarcía del Llano 2	599487	4354425	214	1989	144 (2002)		Calizas terciarias
S - Villagarcía del Llano 3	599472	4354422	248	2004	145 (invierno 2010)	12	Calizas terciarias ( aunque podrían pertenecer al Cretácico Superior)
DEPÓSITOS	UTM_X	UTM_Y	OBSERVACIONES				
Dos depósitos	599131	4353706	Dos depósitos. EL principal de 300000 l desde el que se bombea al depósito elevado de 80000 l y d e éste por gravedad al pueblo.				

**Tabla 1.** Características del sistema de abastecimiento de la localidad de Villagarcía del Llano

## 2. ESTUDIOS PREVIOS

Este informe se ha elaborado a partir de los estudios realizados por el IGME en 2003 y 2004 previos a la perforación del sondeo Villagarcía-3, los cuales junto a la información recopilada en campo el día 13 de julio de 2011 ha servido para la redacción de la propuesta de perímetro de protección para el sondeo de abastecimiento.

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

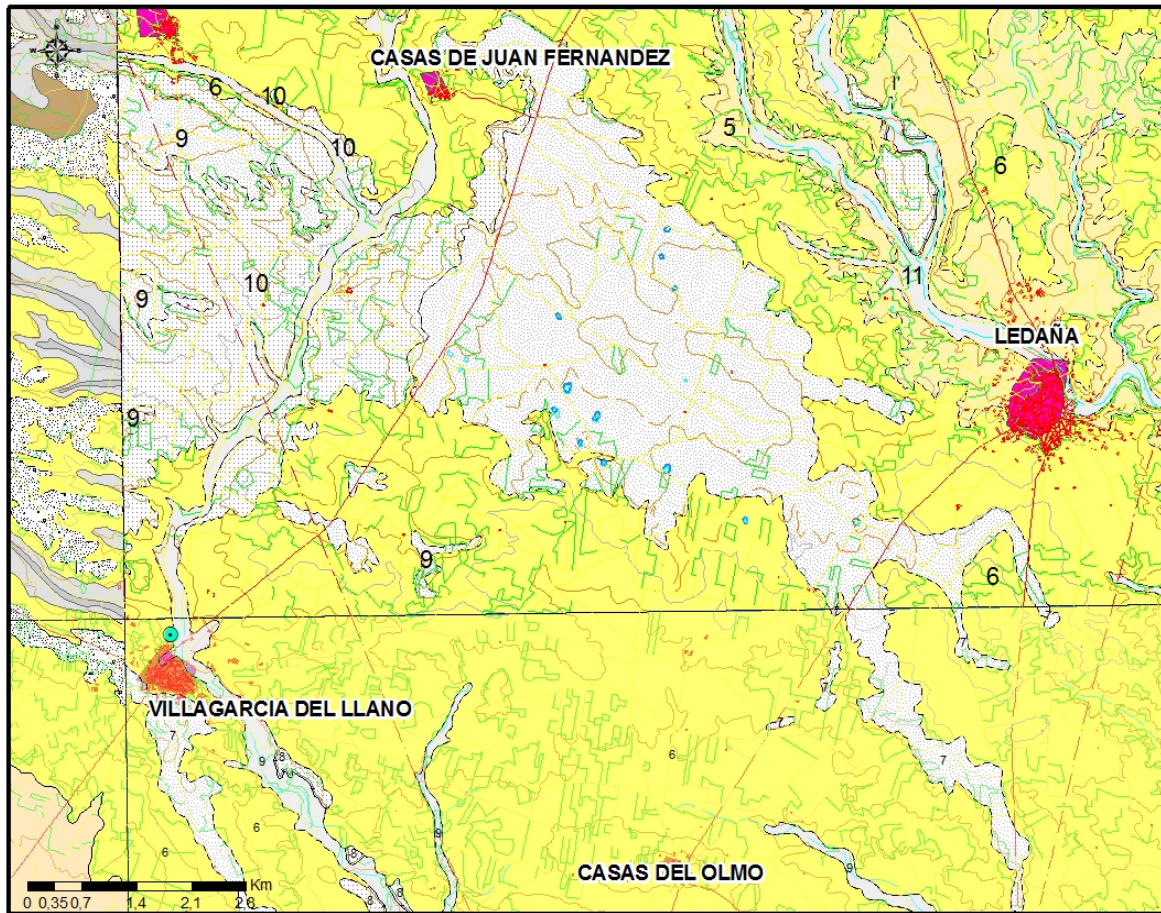
Elaborado a partir del MAGNA 718 “Iniesta” y 717 “Quintanar del Rey” 742 “La Roda” y 743 “Madrigueras”.

### **2.1.1 Estratigrafía**

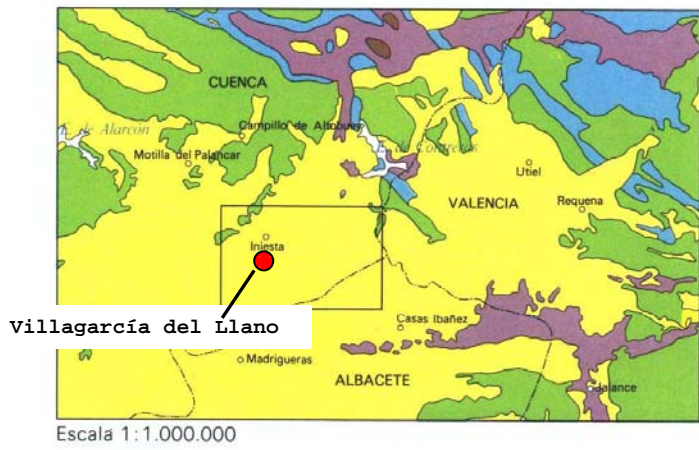
La zona de estudio se sitúa al sur de la provincia de Cuenca, lindando con la provincia de Albacete. Geológicamente se encuadra en la zona oriental de La Mancha y constituye la conexión entre la Meseta y el Sistema Ibérico. Para la realización del presente informe se ha contado con la información de los MAGNA referente a las hojas 718 “Iniesta”, 717 “Quintanar del Rey”, 742 “La Roda” y 743 “Madrigueras” así como un estudio geofísico realizado por el IGME en 1983 orientado a la investigación hidrogeológica en la zona de la “Manchuela”.

En el esquema regional de la Figura 2 se aprecia que la zona de estudio está en su totalidad cubierta por materiales neógenos y cuaternarios y que los relieves cretácicos pertenecientes a las estribaciones más sudoccidentales del Sistema Ibérico afloran a una distancia mínima de 30 km hacia el NE.

Así también, en la Figura 2, se observa el carácter atectónico del área estudiada con una disposición horizontal-subhorizontal de los materiales del Terciario. Solo en la esquina noroccidental y nororiental de la hoja de Iniesta, los materiales del Cretácico superior están ligeramente deformados y fracturados.



**ESQUEMA REGIONAL**



- Cuaternario-Terciario
- Cretácico
- Jurásico
- Triásico
- Paleozoico



## LEYENDA

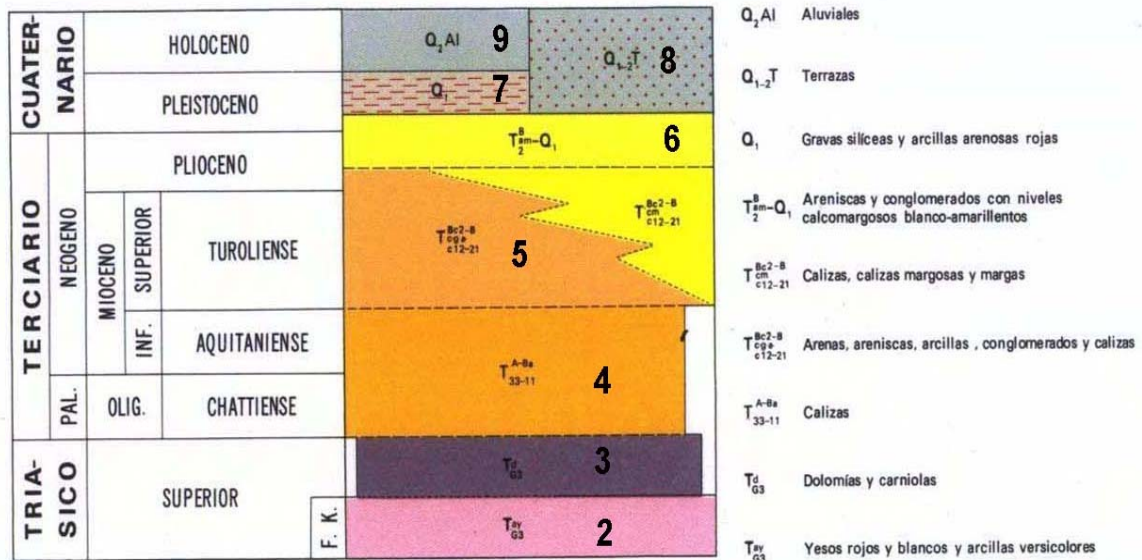


Figura 2. Mapa geológico y esquema estructural regional de la zona de Villagarcía del Llano

## CRETÁCICO

Aunque aflora solo localmente en la esquina nororiental del mapa de Iniesta, las investigaciones petrolíferas llevadas a cabo en las inmediaciones de Villarta en el año 1968 pusieron de manifiesto que bajo la cobertura terciaria se encontraban los materiales del Senoniense a una profundidad de aproximadamente 250 m y saturados con agua dulce.

### Cenomaniense medio – Coniaciense

Solo afloran en el borde oriental de la hoja de Iniesta resultado de la acción erosiva del río Cabriel que los ha dejado al descubierto.

Se trata de calizas micríticas y esparíticas de tonos blancos, ocre y grises bien estratificados, algo tableados hacia la base y en capas de hasta 1,5 m al techo. La potencia medida es de 110 m.

### Santoniense

Por encima de los materiales descritos anteriormente aflora una pequeña banda de dirección NE-SO que aflora a modo de islote entre los sedimentos neógenos y que no tiene conexión con esos

materiales cretácicos.

Se trata de calizas blanquecinas microcristalinas, dolomitizadas en ocasiones y bien estratificadas. La potencia visible es de **30 m**.

## **TERCIARIO**

### **Neógeno**

Los depósitos del Neógeno son de origen continental (tanto detríticos como químicos) y sus dos unidades litoestratigráficas abarcan términos del Mioceno superior y del Plioceno. Todos ellos corresponden a la Cuenca del Cabriel. Esta cuenca está limitada por diversas sierras de directriz ibérica, y está unida a las cuencas anteriores valencianas a través de la subcuenca de Requena y del paso de Siete Aguas-Buñol, y con la cuenca del río Júcar a través de las escasas alineaciones mesozoicas que emergen en la llanura de Casas de Ibañez.

#### **- Unidad litoestratigráfica inferior: Venta del Moro-Villatoya**

Conjunto de materiales detríticos y calco-detríticos que rellenan la cuenca del río Cabriel durante el Mioceno Superior y el Plioceno Inferior. Dividida en dos miembros:

##### **- Miembro *Los Isidros***

Constituido por materiales detríticos de origen fluvial con predominancia de arcillas y arenas. Los niveles conglomeráticos correspondientes a paleocauce son más escasos y sin continuidad lateral. El conjunto presenta tonalidad roja, con pasadas parduzcas correspondientes a arcillas.

A escala regional se aprecian deformaciones en función de la edad de los macizos mesozoicos y área fuentes de estos depósitos.

##### **- Miembro *Mirador (5)***

Se dispone a escala regional sobre los depósitos detríticos del Miembro *Los Isidros* y está constituido por una sucesión de calizas oquerosas, travertínicas o compactas de origen claramente continental que intercalan esporádicos niveles margosos, ocasionalmente lignitíferos. Esta unidad tiene una potencia media de 50m la cual aumenta hacia el SE de la hoja de Iniesta.



- **Unidad detrítica superior**

Se dispone discordante sobre las formaciones infrayacentes y supone, dentro del contexto regional una deposición en régimen de arroyada que se extiende de N a S desde los últimos relieves de la Ibérica a los llanos de Albacete. Estos sedimentos se han definido de edad pliocena. Cartográficamente se han separado dos tramos: uno de carácter detrítico rojizo y otro calcodetrítico amarillento.

- *Margas arcillosas rojas, areniscas y conglomerados*

Se trata de un conjunto detrítico con numerosos cambios laterales de facies a margas arcillosas rojas y ocreas, de carácter típicamente fluvial. Los tramos detríticos son areniscas de grano fino-medio que pasan lateralmente a conglomerados decantos redondeados calcáreos. Los tramos bien cementados dan lugar a resaltes que originan relieves en mesa.

La potencia total es de **25-30m**.

- *Areniscas y conglomerados con niveles de margas arenosas amarillentas y calizas (6)*

En cambio lateral de facies con el tramo anterior aparecen areniscas, arenas y conglomerados de cantos calcáreos bien redondeados. A su vez, los cambios laterales entre estos materiales son frecuentes, incluyendo margas arenosas amarillentas. Existen también niveles de calizas micríticas o travertínicas ocreas y margocalizas blanco amarillentas algo detríticas.

## **CUATERNARIO**

Bien representado, se han separado tres tipos diferentes de depósitos.

- *Pleistoceno: gravas y arcillas arenosas rojas*

De gran extensión superficial, se inicia en los bordes mesozoicos de las sierras ibéricas y se extiende hasta Albacete, formando un enorme glacis formado antes del encajamiento de los ríos Cabriel y Júcar. Constituido por gravas silíceas, ocasionalmente calcáreas, bien rodadas y empastadas en una matriz arcilloso-arenosa con tonalidades rojizas muy características. Culmina con una costra calcárea muy continua. La potencia se estima entre 2 y 5 m.

- *Pleistoceno-Holoceno*. Terrazas

Arcillas, arenas y gravas calcáreas, a veces muy gruesos. Presentan escasa granolección correspondiente a un régimen torrencial hacia el Norte que aumenta hacia el Sur, con estructuras además de estratificación cruzada.

- *Holoceno*. Aluviones y fondos de valle.

### **2.1.2 Estructura**

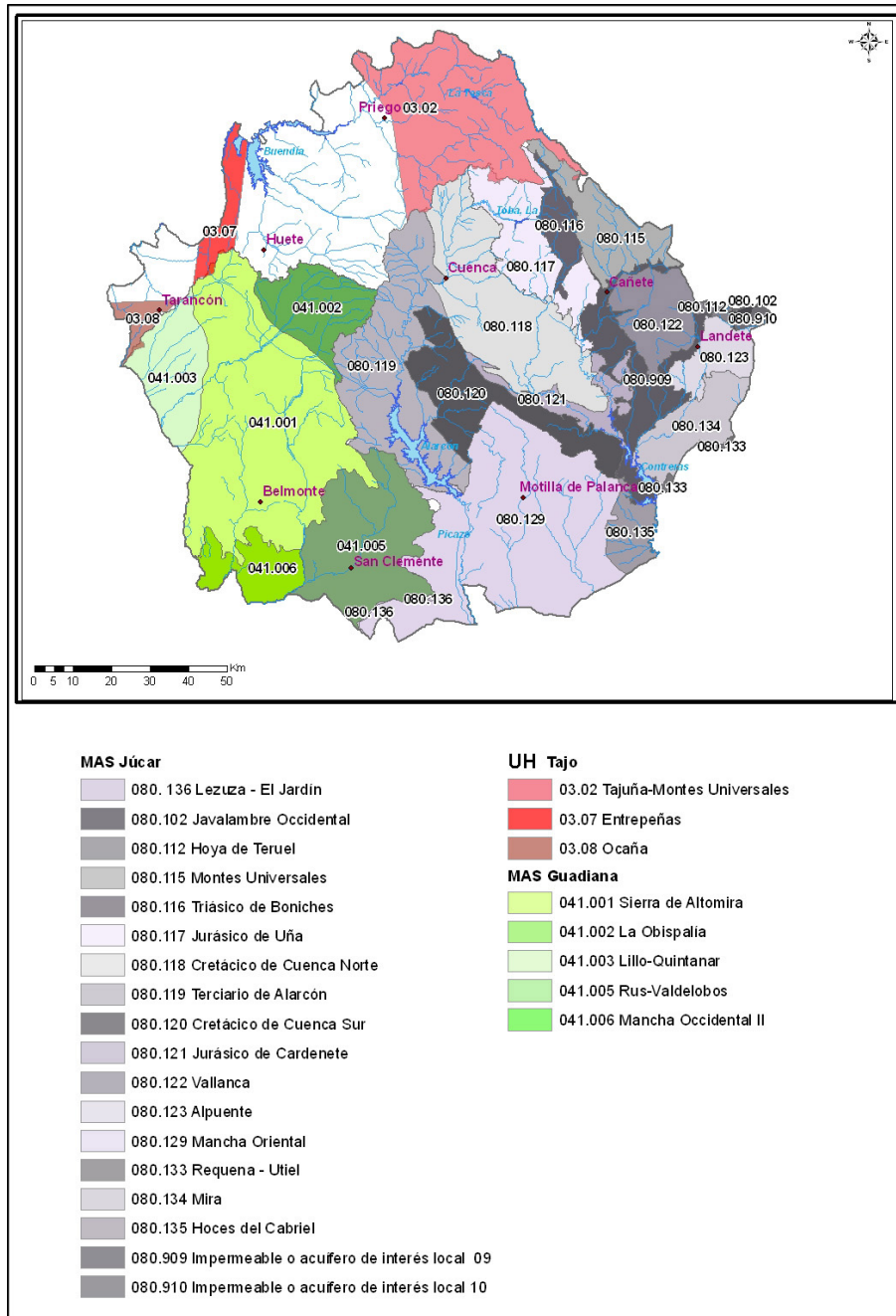
La zona de estudio se ubica regionalmente en las estribaciones sudoccidentales del Sistema Ibérico en su límite con llanura manchega, donde las ramas castellanas de la Cordillera Ibérica se hunden bajo el relleno terciario. Los escasos relieves mesozoicos aflorantes aparecen ligeramente flexionados con buzamientos que no superan los 10° y que mantienen la directriz ibérica. Es durante el Terciario cuando se produce la deformación siguiendo una tectónica de zócalo y cobertera. Este zócalo constituido por rocas precámbricas y paleozoicas se fractura en bloques y la cobertera mesozoica se acomoda a la estructura resultante y se pliega a favor de los despegues localizados en rocas pláticas.

Tanto el Neógeno como el Cuaternario se encuentran en posición subhorizontal sin haber sufrido ninguna modificación posterior.

En 1983, el IGME realizó un estudio geofísico de la comarca de “La Manchuela” orientado a investigaciones hidrogeológicas. En este estudio se pone de manifiesto como el sustrato calizo cretácico, objeto del estudio por su potencial capacidad acuífera, se ve afectado por esta intensa mecánica de bloques que hace variar considerablemente la profundidad a la que se encuentra, llegando a situarse en algunos de los SEV realizados a más de 550 m de profundidad mientras que en otras zonas, se localiza próximo a la superficie (38m), como es el caso de la zona NO próximo a Motilla del Palancar.

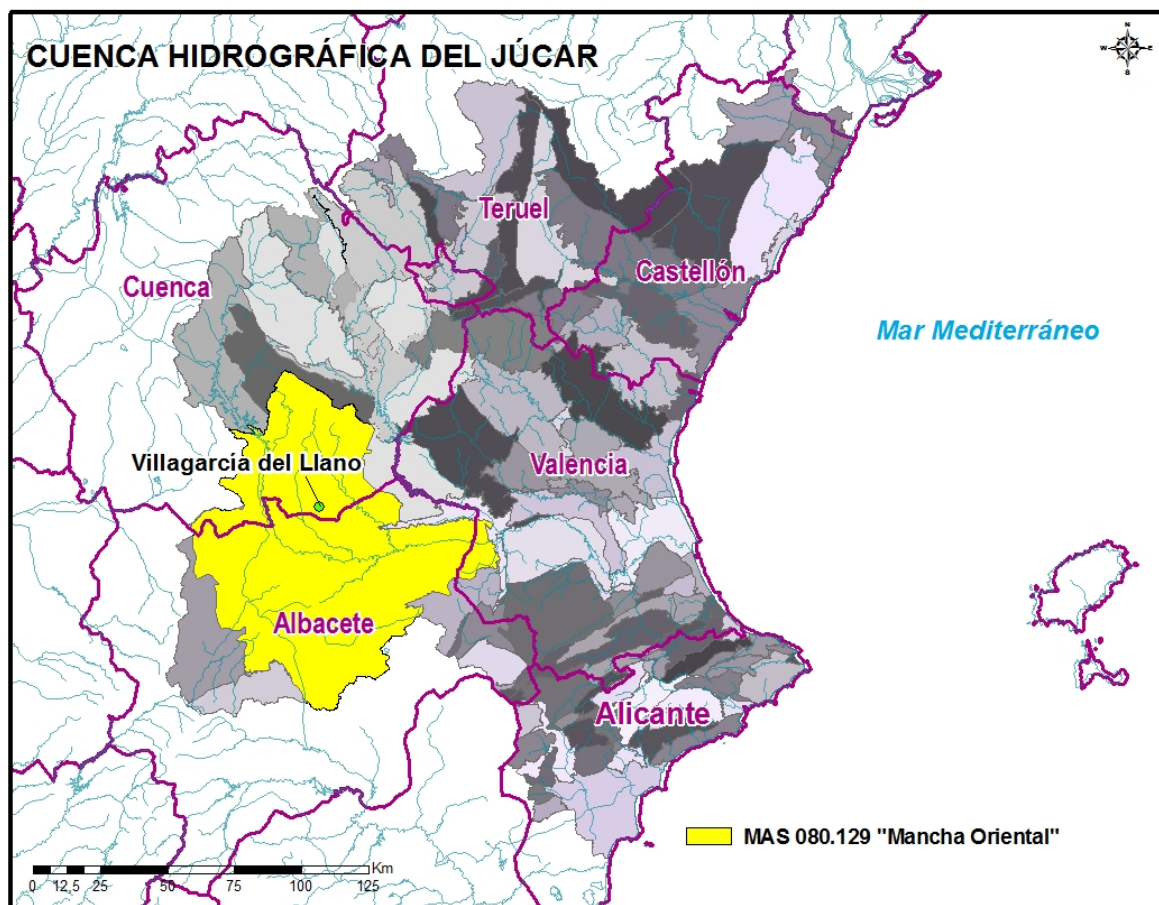
## **2.2 Marco hidrogeológico regional**

La provincia de Cuenca participa de tres cuencas hidrográficas distintas: Guadiana, Júcar y Tajo que a su vez quedan divididas en distintas Masas de Agua Subterránea (MAS) para la cuenca del Guadiana y Júcar y en Unidades Hidrogeológicas para la cuenca del Tajo, tal y como se muestra en la Figura 3.



**Figura 3.** Masas de Agua Subterránea del Júcar y Guadiana (MAS) y Unidades Hidrogeológicas del Tajo de la provincia de Cuenca.

Villagarcía del Llano pertenece a la Masa de Agua Subterránea 080.129 “Mancha Oriental” de la Cuenca Hidrográfica del Júcar.”. Esta unidad se reparte por tres provincias distintas: Cuenca (1589,43 km<sup>2</sup>), Albacete (5394,23 km<sup>2</sup>) y Valencia (526,28 km<sup>2</sup>) (Figura 4).



**Figura 4.** Masas de Agua Subterránea de la Cuenca Hidrográfica del Júcar y ubicación de los sondeos de Villagarcía del llano dentro de la MAS 080.129 “Mancha Oriental”.

Dentro de esta unidad se han descrito tres acuíferos distintos:

Acuífero	Litología	Potencia
Cretácico	Calizas y dolomías	50-150
Jurásico	Calizas y dolomías	250-350
Mioceno	Calizas	125

**Tabla 2.** Acuíferos de la UH 08.29 “Mancha Oriental”

El eje principal de drenaje es el río Júcar, que en un tramo actúa como ganador y en otro como perdedor. Los niveles son fuertemente descendentes, con un valor medio de 22 metros para el periodo 1975-1995. La piezometría sitúa los niveles entre 570-770 msnm. Las facies hidroquímicas varían: bicarbonatada-sulfatada cálcica, sulfatada-bicarbonatada magnésico-cálcica, bicarbonatada cálcico-magnésica y sulfatada cálcico-magnésica.

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

#### **Calizas y dolomías cretácicas**

Estos materiales no se encuentran aflorantes. Se han reconocido en el sondeo de investigación de Cenizate, de una profundidad de 452 m, alcanzándose a una profundidad de 237 m. Hacia el Sur, en el sondeo de Madrigueras, las calizas parecen captarse a partir de 125 m.

Están compuestas por calizas, dolomías y dolomías arcillosas, correspondientes a las Fm. Dolomías de la Ciudad Encantada, Fm. Calizas y brechas calcáreas de la Sierra de Utiel y Fm. Margas de Alarcón.

#### **Calizas, margas, arenas y arcillas terciarias**

Corresponden al conjunto de los depósitos, que de techo a base son:

- 30 m de areniscas, y arenas, conglomerados. Pueden constituir acuíferos individualizados.
- 85 m de calizas lacustres, oquerosas, travertínicas, con intercalaciones margosas blancas y ocres que hacia el N, hacia Villagarcía del Llano cambian a conglomerados, arenas, calcarenitas y margocalizas de 65 m. La primera facies se ha reconocido en el sondeo de Villagarcía del Llano (Figura 8) y en el de Cenizate. La segunda facies se ha reconocido en el sondeo de Madrigueras donde se ha atravesado un tramo arcilloso con pasadas de areniscas.

La calidad química de las aguas muestra una conductividad en torno a 890 a 754  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . El contenido en nitratos no es muy elevado (en torno a 10 mg/l) aunque denota cierta influencia antrópica. El análisis realizado en 2004 arrojaba unas características químicas **sulfatadas cálcicas** (debido al elevado contenido en sulfatos) mientras que en 2011, la facies predominante es la bicarbonatada, presentando una facies **bicarbonatada sulfatada cálcica magnésica** (Tabla 3).

<b>S-Villagarcía llano 3</b>	DQO	CL	SO4	HCO3	NO3	Na	Mg	Ca	NH4	pH	CE
02/2004	1.7	33	324	200	8	16	48	120	0	7.4	890
07/2011	0.8	39	152	252	9	13	36	105	0	7.57	754

**Tabla 3.** Características físico-químicas de las aguas del acuífero terciario calizo.

### 3. 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 Villagarcía del Llano que podrían estar afectando negativamente a la calidad del agua del sondeo. Estos focos, situados en la Figura 5, quedan reflejados en la Tabla 4.

El entorno del sondeo de abastecimiento a Villagarcía del Llano es área dedicada al cereal de secano vid, olivos y almendros. Estos cultivos pueden suponer una contaminación agraria de tipo difuso por empleo de abonos orgánicos e inorgánicos, así como por aplicación de productos fitosanitarios de diversa índole (pesticidas, plaguicidas, etc.).

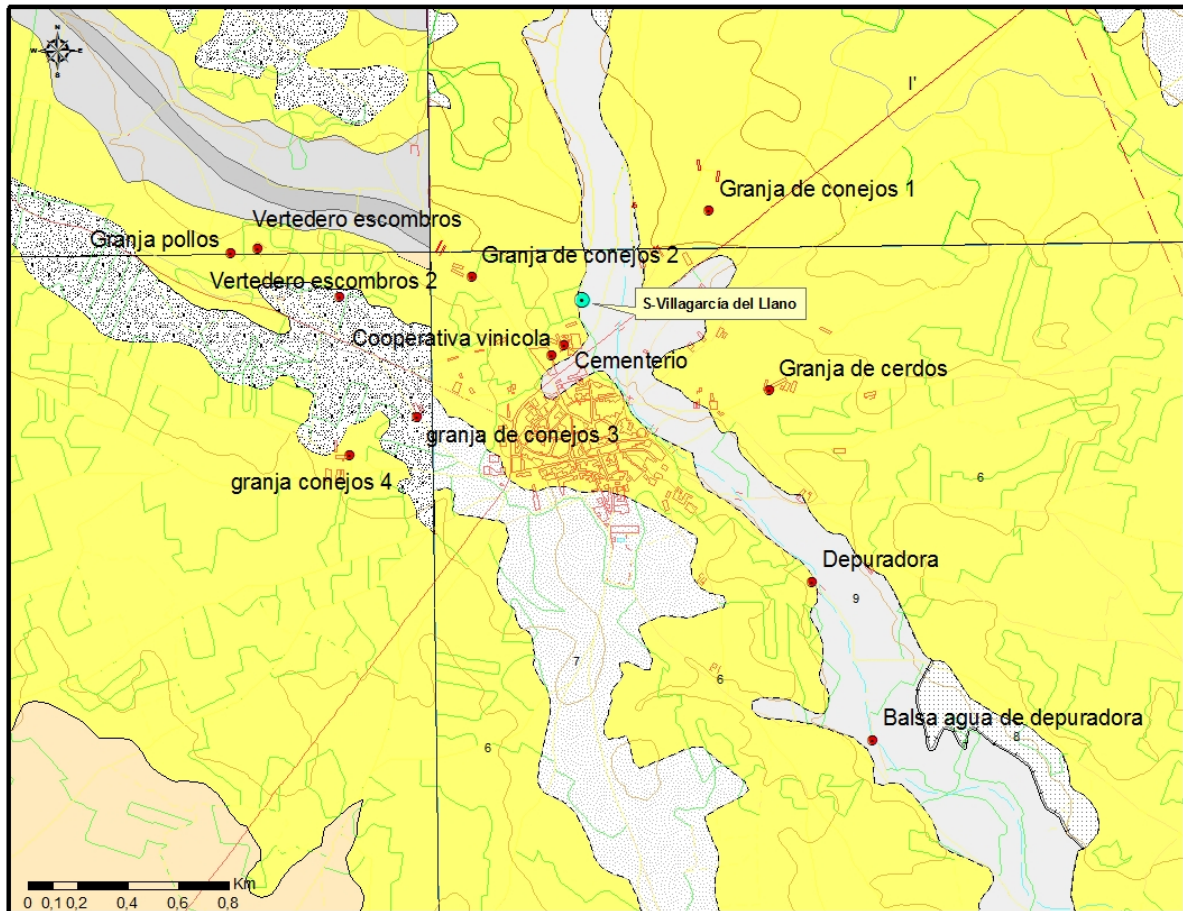
En la visita al lugar el día 13 de julio de 2007 se inventariaron otros posibles puntos de afección puntual al acuífero, los cuales serán tenidos en cuenta en el estudio de vulnerabilidad y consiguiente propuesta de perímetro de protección. Estos puntos, su ubicación y sus características se recogen en la Tabla 4.

<b>Foco contaminación</b>	<b>UTM_X</b>	<b>UTM_Y</b>	<b>Z</b>	<b>Tipo de contaminación</b>	<b>Distancia Captación</b>
Vertedero escombros	598180	4354627	740	Variada	1300
Vertedero escombros 2	598501	4354434	745	Variada	1000
Cooperativa vinícola	599393	4354242	737	Variada	267
Granja de conejos 1	599971	4354778	735	Fosfatos, nitratos y	619



				potasio	
Granja de conejos 2	599028	4354513	737	Fosfatos, nitratos y potasio	458
granja de conejos 3	598809	4353957	751	Fosfatos, nitratos y potasio	823
granja conejos 4	598545	4353804	740	Fosfatos, nitratos y potasio	1113
Granja pollos	598071	4354607	739	Fosfatos, nitratos y potasio	1417
Granja de cerdos	600210	4354064	732	Fosfatos, nitratos y potasio	825
Cementerio	599347	4354201	733	Fosfatos	200
Depuradora	600381	4353304	722		1457
Balsa agua de depuradora	600622	4352676	718		2102
Agricultura extensiva		areal		Fosfatos, nitratos y potasio	

**Tabla 4.** Inventario de potenciales focos de contaminación puntuales.



**Figura 5.** Mapa geológico con la ubicación de los potenciales focos de contaminación de Villagarcía del Llano.

### 3.2 Estimación de la vulnerabilidad

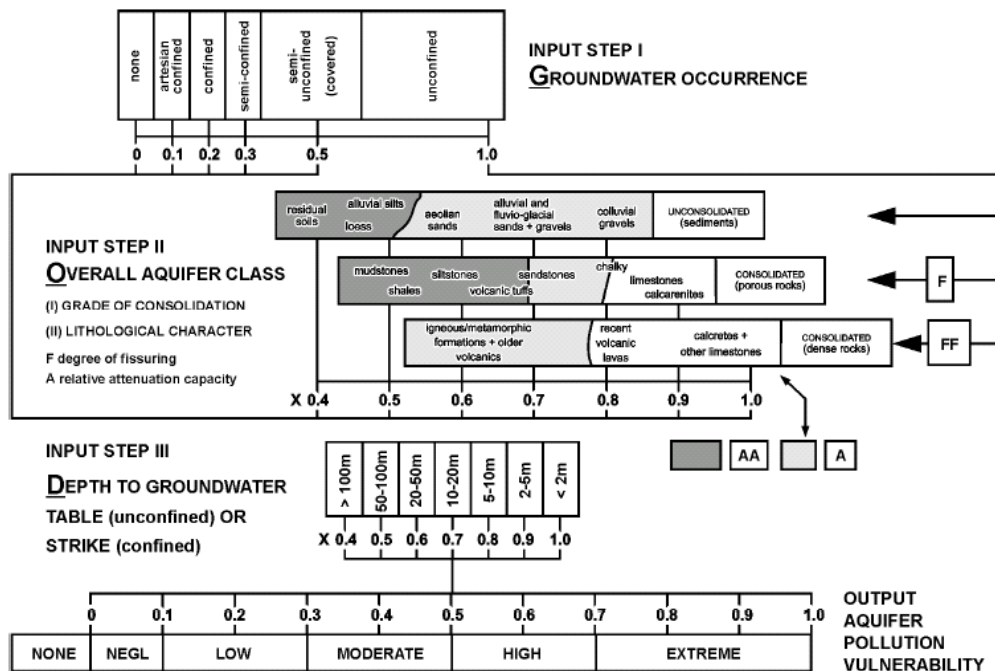
Una de las metodologías más adecuadas para la determinación de la vulnerabilidad es la realización de una cartografía de vulnerabilidad. Para su realización existen distintos métodos, como el método GOD utilizado en el presente estudio. Este método propuesto por Foster (1987) se basa en la asignación 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 6 (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).



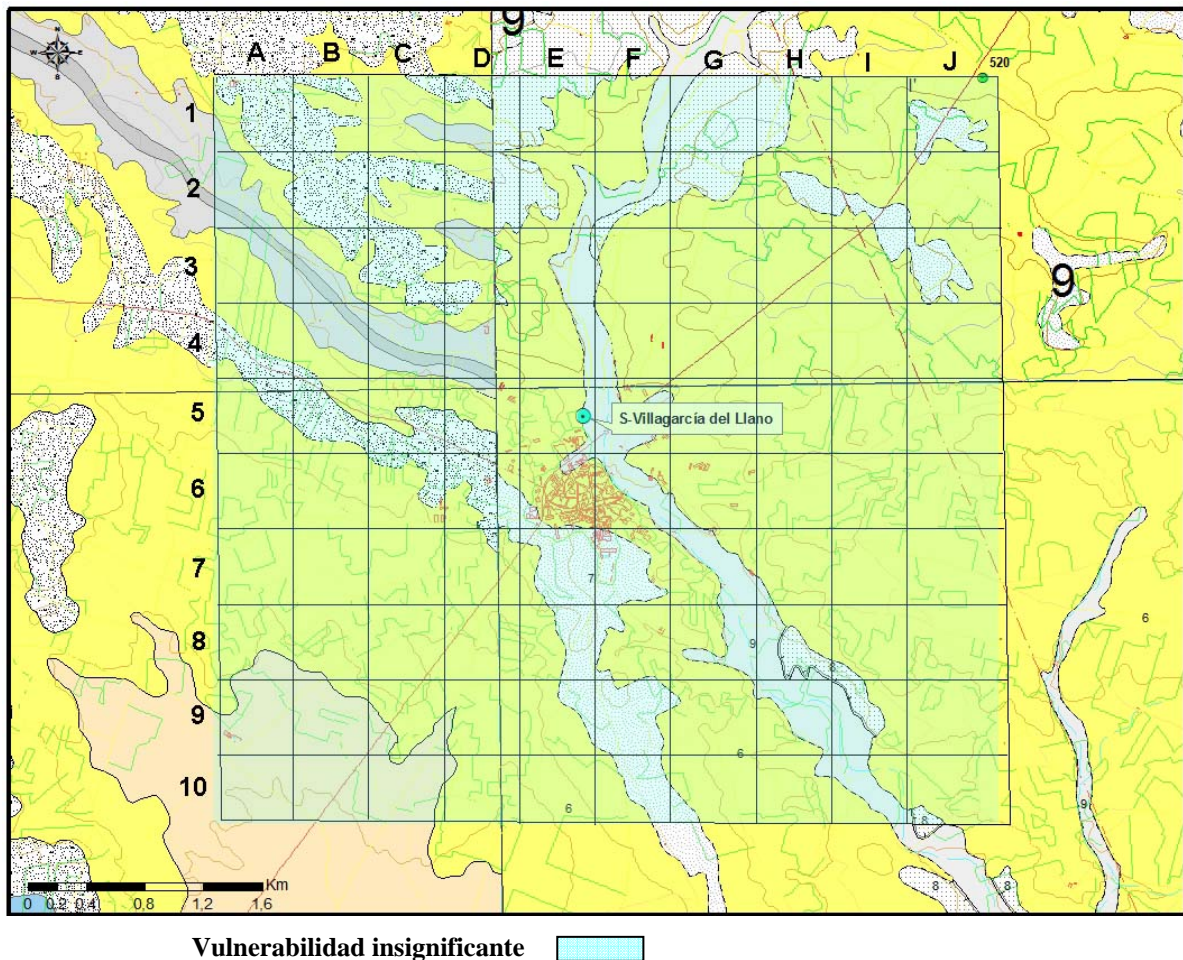
**GOD** empirical system for the rapid assessment of aquifer contamination vulnerability (from Foster, 1987).  
 Editorial note: Corrections received from the author  
 Step I: substitute "overflowing" for "artesian confined"; Step II: title should be "Overlying Lithology"; Output: omit "none".

**Figura 6.** Esquema de la valoración del índice GOD.

Los materiales atravesados en el sondeo de Villagarcía del Llano corresponden al Terciario, aunque según se reporta en el informe del 2004 (Martinez Parra, 2004) los materiales comprendidos entre el metro 167 y 248 podrían corresponder a calizas y dolomías del Cretácico Superior. EL acuífero es un acuífero confinado al que se le asigna el valor de  $G = 0,1$  para todas las celdas.

El nivel piezométrico se encuentra a una profundidad mayor de 100 m ( NP 144 m en diciembre 2010) por lo que se asigna un valor de  $D = 0,4$ .

El recubrimiento terciario a base de una serie fundamentalmente arcillosa protegería lo materiales calcáreos subyacentes más permeables y se le asigna un valor de  $O = 0,5$ .



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

La cartografía de vulnerabilidad obtenida muestra el mismo valor para toda la zona considerada. Así, se estima que la vulnerabilidad es **insignificante** en el entorno del sondeo de Villagarcía del Llano, debido al elevado espesor de materiales detríticos finos que sirven de protección natural para el acuífero y la profundidad a la que se encuentra el nivel piezométrico (144 m).

### 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 la captación utilizada para el abastecimiento de Villagarcía del Llano, 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.

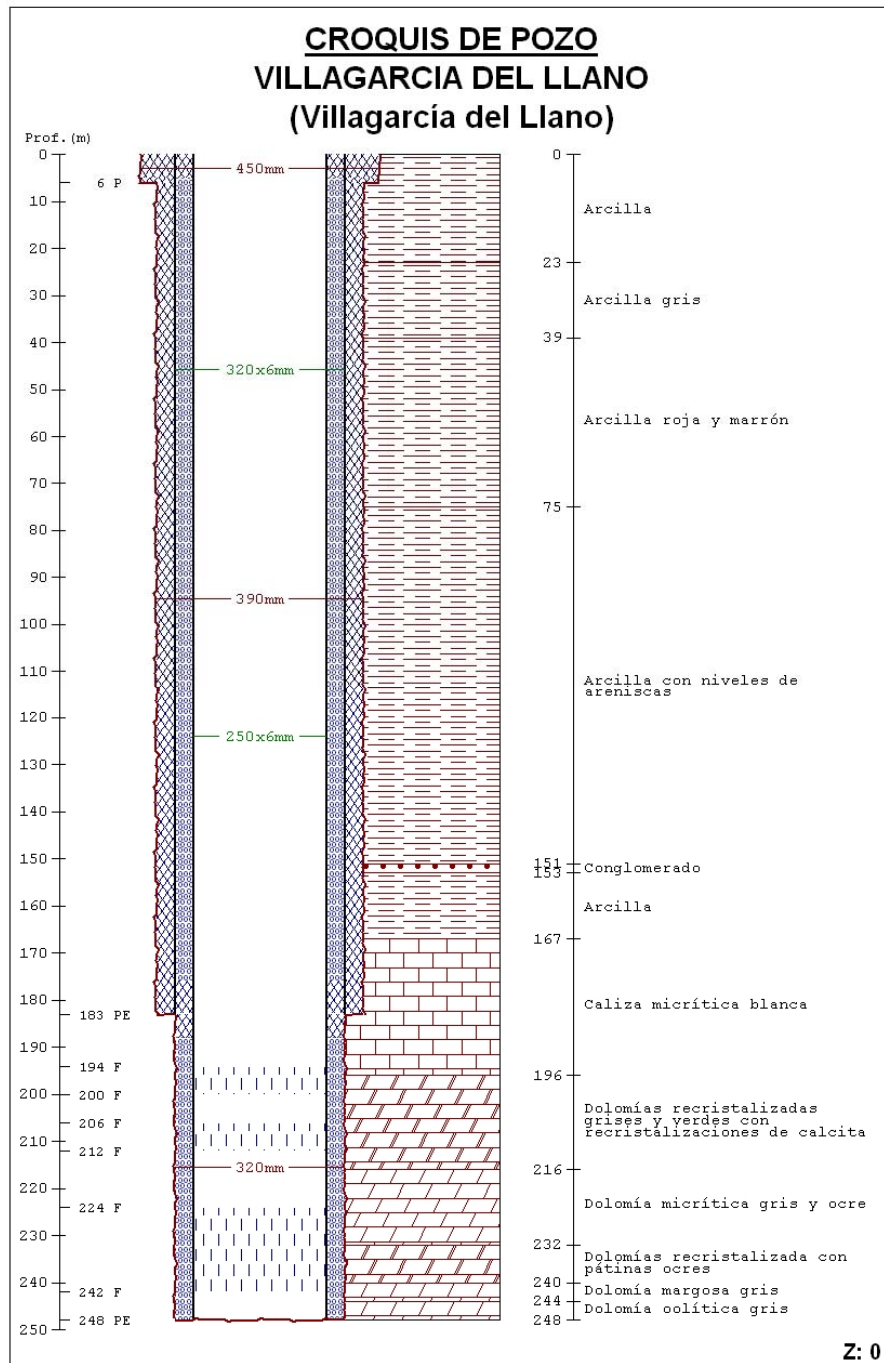
Para lograr ambos objetivos se suele recomendar el diseño de un perímetro dividido en tres zonas de protección en función de distintos criterios, los cuales habrá que establecer para cada caso.

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 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.

El hecho de ser un acuífero confinado con nivel piezométrico profundo (144 m) implica que la protección del acuífero estará favorecida por la ZNS y el





suelo.

**Figura 8.** Esquema constructivo y geológico del sondeo de Villagarcía del Llano.

**3.3.1 Zona inmediata o de restricciones absolutas:** Este sondeo ya cuenta con un perímetro vallado, en buen estado, de 150 m x 150 m aproximadamente. (ver Figura 9)





**Figura 9.** Captación de Villarta con vallado de restricciones absolutas.

### **3.3.2. Zona de protección próxima o de restricciones máximas y moderadas**

Para determinar esta zona se ha de considerar que el acuífero es confinado y que tiene sobre el techo del acuífero una capa confinante de arcillas de 167 con solo un horizonte de conglomerados de 2 metros de espesor, la cual actúa como protección natural del acuífero.

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

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

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  $M_z$  es el poder depurador en el trayecto horizontal (zona saturada).

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

$M_zs$  = Suma de los diferentes espesores de materiales en la ZS multiplicado por el Índice de depuración de cada uno de estos materiales según Rehse.

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

Para el caso del sondeo de Villagarcía del Llano, la información de la que se dispone habla de una serie fundamentalmente arcillosa de 167 m de espesor.

Tomado solo la mitad de dicho espesor y multiplicándolo por el índice de depuración de Rehse para las arcillas ( $I = 0,5$ ) se obtendría un valor del poder depurador de la zona no saturada mucho mayor de 1 (del orden de 40), por lo que según Rehse no sería necesario determinar ningún perímetro de protección de la calidad.

**Poder depurador del suelo en el recubrimiento (Suelo y zona no saturada):**

M	Descripción del material	H (m)	$I_R = 1/H$
1	Humus, 5-10 % humus, 5-10% arcilla	1,2	0,8
2	Arcilla sin grietas de desecación, limo-arcilloso. Arena muy arcillosa	2	0,5
3	Limo arcilloso a limo	2,5	0,4
4	Limo, arena poco limosa, arena limosa	3-4,5	0,33-0,22
5	Arena fina a media	6	0,17
6	Arena media a gruesa	10	0,1
7	Arena gruesa	15	0,07
8	Grava con abundante matriz arenosa y limo arcillosa	8	0,13
9	Grava con abundante matriz arenosa y escasamente limosa	12	0,08
10	Grava fina a media, rica en arena	25	0,04
11	Grava media a gruesa con poca arena	35	0,03
12	Gravas, guijarros	50	0,02

M = Número de clasificación granulométrica

H = Espesor de la capa necesario para la depuración

 $I_R$  = Índice de depuración en la zona no saturada

Arena: Diámetro de grano 2 – 0,063 mm

Limo: Diámetro de grano 0,063 – 0,005 mm

Arcilla: Diámetro de grano &lt; 0,005 mm

Modificado de Rehse, 1977.

**Poder depurador del suelo en la zona saturada:**

M	Descripción del material	L (m)	$I_A = 1/L$
9	Grava con abundante matriz arenosa y escasamente limosa	a) 100	0,01
		b) 150	0,007
		c) 170	0,006
		d) 200	0,005
10	Grava fina a media, rica en arena	a) 150	0,007
		b) 200	0,005
		c) 220	0,0045
		d) 250	0,004
11	Grava media a gruesa con poca arena	a) 200	0,005
		b) 250	0,004
		c) 270	0,0037
		d) 300	0,0033
12	Gravas, guijarros	a) 300	0,0033
		b) 340	0,0029
		c) 360	0,0027
		d) 400	0,0025

L = Distancia horizontal necesaria para la depuración (m)

a) Velocidad eficaz &lt; 3 m/día

b) Velocidad eficaz comprendida entre 3 y 20 m/día

c) Velocidad eficaz comprendida entre 20 y 50 m/día

d) Velocidad eficaz &gt; 50 m/día

 $I_A$  = Índice de depuración en el acuífero

Modificado de Rehse, 1977.

**Figura 10.** Parámetros utilizados en el método Rehse para el cálculo del poder autodepurador del suelo.

### 3.3.2 Perímetro de protección de la cantidad

La zona donde se ubica el sondeo de Villagarcía del Llano está dedicada al cultivo del cereal de secano, la vid, el olivar y árboles frutales. No se reportan problemas de cantidad del recurso en Villagarcía del Llano, pero previendo la perforación de nuevas captaciones de uso particular y con el objetivo de que no se vean afectados negativamente los sondeos de abastecimiento de las poblaciones, se va a proponer un perímetro de protección de la cantidad, con el apoyo de criterios hidrogeológicos, en función del grado de afección que podrían producir determinadas captaciones en los alrededores.

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

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

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

D = Descenso del nivel piezométrico

T = Transmisividad = 250 m<sup>2</sup>/día (dato aproximado aplicando la fórmula experimental de Galofré)

Q = Caudal (caudal máximo del sondeo a proteger: 12 l/s) = 1036.8 m<sup>3</sup>/día

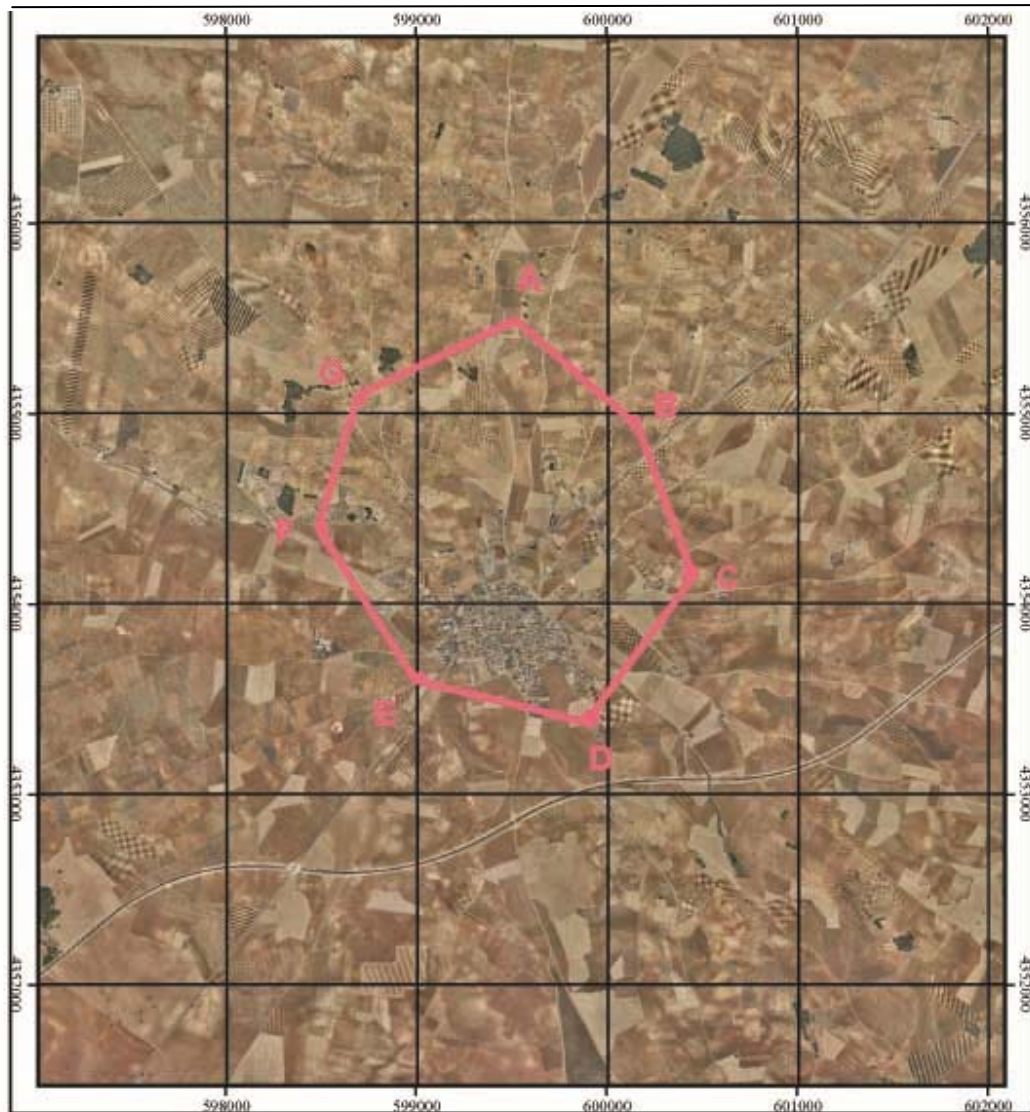
t = Tiempo de bombeo (generalmente 120 días)

r = Distancia al sondeo de captación (1000 m)

S = Coeficiente de almacenamiento = 0.00005

Con los datos indicados se obtiene el descenso provocado por un sondeo, que explote 12 l/s durante 120 días continuados, y situado a unos 1000 m de distancia. El descenso obtenido de 2.4 m se considera asumible para este sondeo, aunque habría que tomar medias de los niveles piezométricos para evitar que la bomba, situada a 155 m, quedase fuera de la zona saturada de la tubería.

En la Figura 11 se representa gráficamente dicho perímetro de restricciones de caudal y en la Tabla 6 las actividades restringidas en el área.



**Figura 11.** Perímetro de protección del caudal para la captación de Villagarcía del Llano



		Nº PUNTO	UTM_X	UTM_Y	Z
<b>ZONA DE RESTRICCIONES de CAUDAL</b>	<b>S- Villagarcía del Llano</b>	A	599520	4355417	730
		B	600278	4355031	740
		C	600481	4354202	730
		D	599927	4353479	730
		E	598979	4353564	745
		F	598488	4354336	750
		G	598740	4355108	730

**Tabla 5.** Coordenadas UTM propuestas para el perímetro de restricciones de caudal del sondeo de abastecimiento a Villagarcía del Llano.

Recomendaciones:

Las actividades a restringir en las distintas zonas del perímetro se recogen en la Tabla 6. Para el caso de la captación de Villagarcía solo serán aplicables las restricciones en el perímetro de restricciones absolutas.

En el caso de la perforación de nuevos sondeos dentro del perímetro de restricciones de caudal 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 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, julio de 2011

Los autores del informe

Fdo. Esther Alonso Marín

José Ángel Díaz Muñoz



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

#### **4. BIBLIOGRAFÍA**

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

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

**IGME (1998).** Mapa geológico nº718 “Iniesta”, 717 “Quintanar del Rey”, 742 “La Roda” y 743 “Madrigueras” E 1/50.000 Segunda serie-Primera Edición. Madrid.

**IGME (1984).** Trabajos Geoeléctricos de Apoyo a Investigaciones Hidrogeológicas. Zona “Manchuela” (Cuenca y Albacete).