

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

**Diciembre 2009**



## 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 octubre de 2006 se redactó “*Actualización de la situación actual de los sistemas de abastecimiento urbano de 10 municipios de la provincia de Cuenca: Cañete*” en el que se describía el estado del abastecimiento y se definía un área de protección mediante diferentes criterios. Dicho trabajo fue realizado por la empresa EPTISA y ha servido de base para la realización de la siguiente propuesta de perímetro de protección.

### 1.1. Demanda urbana

Este sistema de abastecimiento engloba únicamente al núcleo de población de Cañete el cual no cuenta con ninguna pedanía.

La población abastecida en dicho sistema, tanto estacional como residente, es la siguiente:

**Residente:** 910

**Estacional:** 2750

Los datos de población residente proceden del censo de 2005 mientras que los datos de población estacional proceden de la Encuesta Sobre Infraestructuras y Equipamiento Local (EIEL) de 2000 realizada por la Diputación de Cuenca.

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 191 m<sup>3</sup>/d durante todo el año y de 577 m<sup>3</sup>/d en los meses de verano que suponen un caudal continuo de 2,2 l/s en los meses de invierno y de 6,7 l/s en los de verano. Estas dotaciones implican un volumen anual de 104.527 m<sup>3</sup>.

Si tenemos en cuenta el dato de consumo total facturado de 65801 m<sup>3</sup> (proporcionado por la Diputación de Cuenca) se obtiene una diferencia del 52% entre el volumen teórico calculado y el facturado. Si tenemos en cuenta el dato de consumo total y considerando una población anual equivalente de 1.363 habitantes (repartida la población estacional a lo largo de todos los meses del año), obtenemos una dotación real de 101,7 l/hab/día, muy por debajo de la dotación teórica contemplada en los Planes Hidrológicos de Cuenca.

## 1.2 Sistema actual de abastecimiento

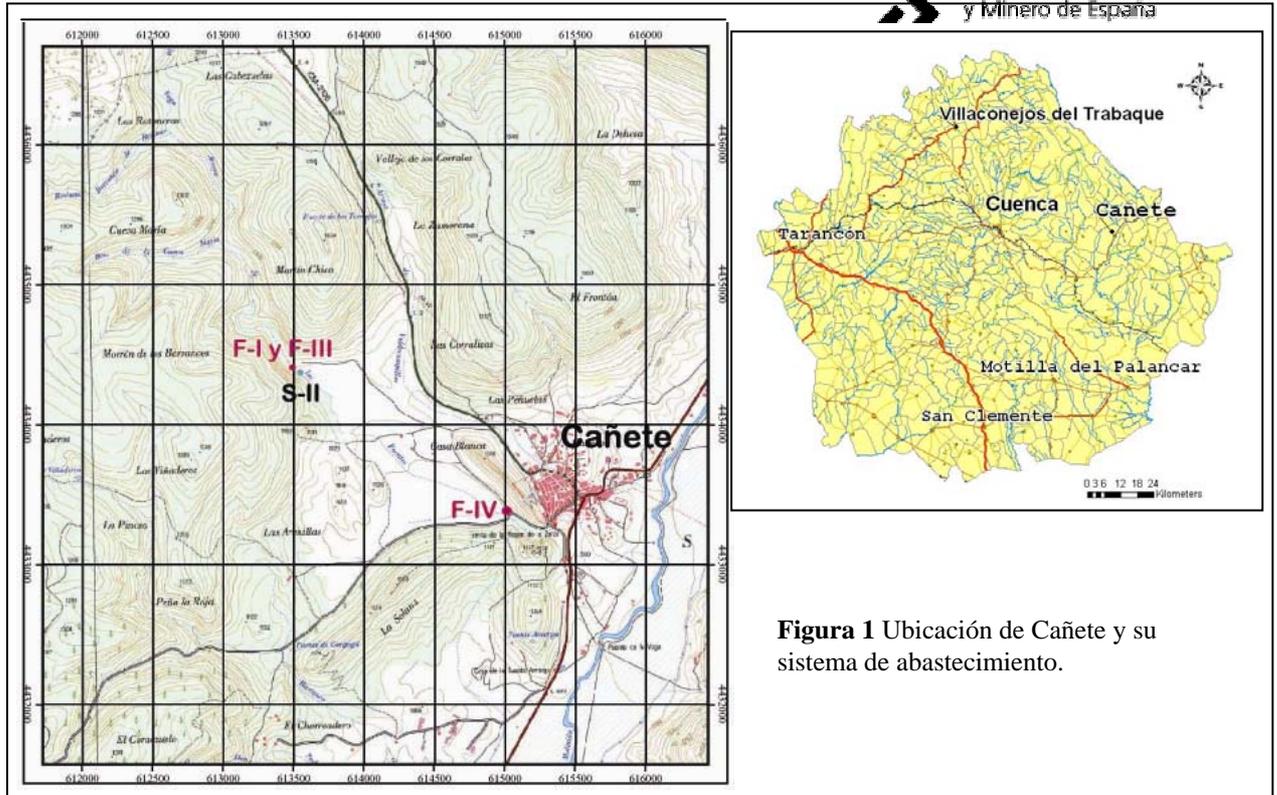
Este sistema de abastecimiento cuenta con cuatro captaciones, de las cuales una (CA16052004) es una antigua fuente que actualmente no forma parte del sistema de abastecimiento aunque la gente utiliza sus aguas para uso particular.

Las tres captaciones en uso se encuentran muy cerca las unas de las otras y distantes aproximadamente 2 km del pueblo. La ubicación y características de estas captaciones se muestran en la Tabla 1 y Figura 1: un manantial (Las Fuentes I – CA16052001), un sondeo (Las Fuentes II –CA16052002) y una toma de agua superficial (Las Fuentes III – CA16052003). El manantial se encuentra situado aguas arriba de las otras dos captaciones, seguido por la toma de agua superficial, que parece provenir del drenaje de los materiales carbonatados de Jurásico al igual que el agua del manantial. Ambas captaciones se quedan sin agua durante los meses julio y agosto, así que durante estos meses se utiliza únicamente el agua proveniente del sondeo Las Fuentes II (CA16052002).

CÓDIGO DIP.	TOPONIMIA	CAPTACIÓN	Naturaleza	UTM_X	UTM_Y
CA16052001	Las Fuentes I	F-I	Manantial	613482	4434391
CA16052002	Las Fuentes II	S-II	Sondeo	613564	4434339
CA16052003	Las Fuentes III	F-III	Toma superficial	613547	4434370
CA16052003	Fuente del pueblo	F-IV	Antigua fuente	614976	4433380

**Tabla 1.** Captaciones para abastecimiento urbano de la localidad de Cañete.

Durante la visita de campo realizada por la empresa EPTISA (junio 2007) el manantial y el río llevaban agua, pero no se pudieron aforar.



**Figura 1** Ubicación de Cañete y su sistema de abastecimiento.

## 2. ESTUDIOS PREVIOS

Este informe se ha elaborado a partir del trabajo de Ana Castro (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: Cañete*”.

### 2.1. Marco geológico: estratigrafía y estructura

Los materiales aflorantes en los alrededores de la zona de estudio pertenecen al mesozoico de la Serranía de Cuenca, aunque se encuentra una amplia serie estratigráfica, desde el Paleozoico hasta el Cuaternario (figura 2).

### Triásico:

Los materiales permotriásicos que forman la base de la zona pertenecen a la facies **Buntsandstein** y afloran como tres unidades distintas. Son concordantes entre sí y afloran al sur de Cañete, por la carretera entre Cañete y Carboneras de Guadazaón. De base a techo son:

- Conglomerados y areniscas rojizas. Afloran en una pequeña superficie en la margen izquierda del río Mayor del Molinillo. No se sabe su potencia, aunque se han medido 87 m en la carretera de Cañete.

- Limolitas y arcillas rojas. Areniscas. Se trata de una alternancia de conglomerados, areniscas y lutitas, predominando las dos últimas, que afloran en el anticlinal de Boniches. En la serie de la carretera de Cañete se han medido 206 m de espesor con frecuentes tramos cubiertos por coluviones.

- Areniscas rojas. Constituyen los mayores afloramientos del Buntsandstein, y forman los dorsos de las cuestas en el afloramiento del sur de Cañete. En la carretera de Cañete se han medido 225 m. de espesor de areniscas de color rojo en bancos potentes de orden métrico a veces con cantos dispersos. Hacia el techo son más blancas e intercalan pasadas de arcillas verdes y rojas de orden decimétrico.

Por encima y concordante sobre el Buntsandstein aflora la facies **Muschelkalk** (Triásico medio), diferenciado en cuatro unidades. De base a techo son:

- Dolomías tableadas. Afloran en el anticlinal de Boniches, circundando el tramo superior del Buntsandstein. La unidad consta de 10-12 m como máximo de dolomías tableadas con algún nivel intercalado de menos de 30 cm de areniscas calcáreas. A techo se intercalan niveles margosos centimétricos.

- Arcillas varioladas. Limolitas. Afloran como arcillas verdes, rojas y negras con intercalaciones de niveles de arenas muy finas de color ocre al sur de Cañete con una potencia aproximada de 130 m.

- Dolomías con intercalaciones margosas a techo. Afloran en el cerro del Castillo de Cañete y hacia el SO de la población.

El **Keuper** (Triásico superior) se sitúa de forma concordante por encima del Muschelkalk. Aflora extensamente en la zona de estudio bordeando el núcleo triásico del S de Cañete, y en zonas de origen tectónico como las alineaciones estructurales de los valles de los ríos

Guadazaón y Mayor del Molinillo. En Cañete se han reconocido las unidades de la serie detrítica intermedia formada por arcillas rojas, areniscas, carbonatos y raramente capas carbonosas. Por encima también es reconocible una serie evaporítica superior de naturaleza arcilloso-yesífera de color rojo y violáceo. El espesor del keuper es difícil de establecer, pudiendo estar comprendido entre 150-250 m en el sector de Cañete.

### **Jurásico:**

La formación **Carniolas de Cortes de Tajuña** aflora alrededor de la población de Cañete, bordeando los materiales del Keuper. La serie levantada en el Barranco de la Fuente de la Sierra, al SO de Cañete muestra 102 m de brechas dolomíticas con niveles ocasionales de dolomías grises y cremas en bancos de 0,1 a 1 m que lateralmente pasan a las brechas. La formación data del Rethiense-Hettangiense-Sinemuriense inferior (Triásico superior-Lías).

En la carretera de La Huérguina, se puede estudiar la unidad situada sobre las carniolas, de edad Sinemuriense superior-Pliensbachiense. Está formada por 123 m de dolomías, calizas y calizas dolomíticas estratificadas en bancos de hasta 1,20 m de espesor con juntas margosas (fm. **Calizas y dolomías tableadas de Cuevas Labradas**), 4,5 m de margas verdes con algún nivel intercalado de calizas arcillosas (fm. Margas grises de **Cerro del Pez**) y unos 6 m (aunque puede llegar hasta 20 m) de calizas arcillosas con algún nivel margoso intercalado (fm. Calizas bioclásticas de Barahona).

La última formación del Lías es la Fm. Alternancia de **margas y calizas de Turmiel** (Toarciense) que tiene un espesor aproximado de 35 m.

El Dogger (fm. **Carbonatada de Chelva**) aflora concordante sobre el Lías. Está compuesto por calizas y dolomías que en ocasiones desarrollan formas kársticas como dolinas y que dan un fuerte resalte sobre el miembro inferior. Su espesor medio es de 50 m. Su techo siempre está erosionado, apoyándose discordantemente sobre los materiales del Cretácico inferior en facies Weald e incluso la facies Utrillas.

### **Cretácico:**

El Cretácico inferior aflora en facies Weald y está constituido por areniscas organizadas en cuerpos canalizados, limolitas y arcillas rojas y ocreas (fm. **Arenas y arcillas del Collado**), que localmente pueden no existir. Por encima yace la fm. **Calizas de La Huérguina**, con una

potencia aproximada de 130 m que en ocasiones alternan con arcillas, arenas y margas. Coronando la serie aparecen unas areniscas y arcillas rojas de 60-70 m de espesor.

Concordantes, aflora la fm. **Arenas de Utrillas** (Albiense-Cenomaniense inferior), que en La Huérguina tiene 20 m de espesor y aumenta hasta casi 100 m hacia el N. Son arenas blancas y ocreas en ocasiones caoliníferas, con niveles de cantos alternando con arcillas y limolitas. Esta formación pasa por cambio lateral de facies a la fm **Calizas de Aras de Alpuente** (calizas arenosas y areniscas calcáreas).

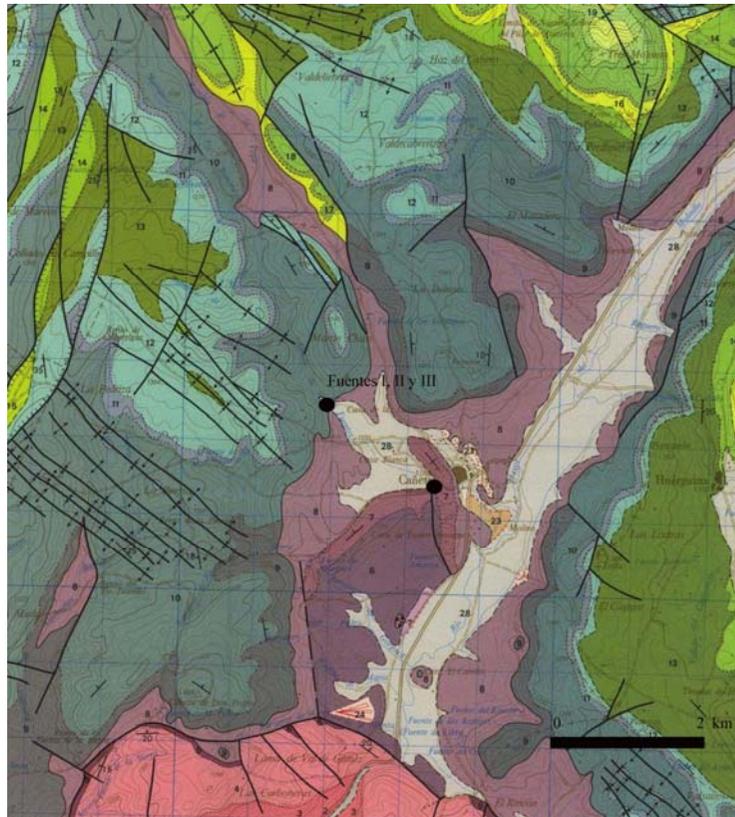
El Cretácico superior se encuentra representado por una serie de dolomías tableadas y calizas, con margas intercaladas. Además, presenta una importante formación de margas (fm. **Margas de Chera**) con una potencia de alrededor de 40 m en su base. En total la serie tiene un espesor que ronda los 300 m.

De edad Turoniense, afloran también las **Dolomías de la Ciudad Encantada** con 35 m de espesor, y sobre estas, las **Calizas dolomíticas del Pantano de la Tranquera**. Hacia el N de Cañete se puede observar una formación constituida por brechas dolomíticas como techo de la serie del Cretácico superior.

### **Cuaternario:**

Finalmente, el **Cuaternario** aflora principalmente como aluviones en los valles de los ríos y arroyos de la zona. Además, en el pueblo de Cañete se observan travertinos, y al S del mismo, algún glacis.

En cuanto a la tectónica, la zona de estudio se encuentra comprendida en la Rama Castellana de la Cordillera Ibérica. La zona se encuentra muy fracturada y deformada por la Orogenia Alpina, que afectó tanto al zócalo como a la cubierta sedimentaria mesozoica Terciaria. Los pliegues se encuentran fundamentalmente orientados en dirección NO-SE.



LEYENDA

TER. NEO.	CUATERN.		HOLOCENO		28	27	26	25	24
	PLEISTOCENO				23				
CRETACICO	SUPERIOR	SENONIENSE		21					
		TURONIENSE		20					
		CENOMANIENSE		19					
				18					
				17					
	INFERIOR	ALBIENSE		16					
		APTIENSE		14		15			
		BARREMIENSE		13		15			
	JURASICO	DOGGER		12					
		LIAS	TOARCIENSE		11				
PLIENSACHIENSE			10						
TRIASICO	RETHIENSE		9						
	F. KEUPER		8						
	F. MUSCHELKALK		7						
	F. BUNTSANDSTEIN		6		5				
PERMO TRIAS	F. BUNTSANDSTEIN		4		3				
SILLU	SUPERIOR	WENLOCKIENSE		1					

- 28 Grav. arenas y arcillas Aluviones
- 27 Traverinos
- 26 Cantos en matriz limo-arcillosa. Conos de deyección
- 25 Cantos, limos y arcillas. Coluvión
- 24 Grav. arenas y arcillas Glacis
- 23 Grav. Terrazas
- 22 Conglomerados areniscas y limos
- 21 Dolomías calizas dolomíticas. Brechas
- 20 Dolomías tableadas
- 19 Dolomías masivas
- 18 Dolomías tableadas. Arcillas verdes en la base y calizas nodulosas a techo
- 17 Calizas arenosas y areniscas calcáreas
- 16 Arenas, arenas caolíniferas, arcillas
- 15 Calizas con caracoles, areniscas y arcillas
- 14 Areniscas y arcillas rojas
- 13 Calizas con caracoles, margas y arcillas con estos carbonos. Areniscas y arcillas en la base
- 12 Calizas tableadas, calizas oolíticas y dolomías
- 11 Alternancia de margas y calizas arcillosas
- 10 Dolomías y calizas dolomíticas. Calizas biocásticas a techo
- 9 Brechas y carnioles. Dolomías tableadas en base
- 8 Arcillas y margas varioladas. Yesos
- 7 Dolomías. Intercalaciones margosas a techo
- 6 Arcillas varioladas. Limolitas
- 5 Dolomías tableadas. Areniscas calcáreas
- 4 Areniscas rojas
- 3 Limolitas y arcillas rojas. Areniscas
- 2 Conglomerados y areniscas
- 1 Pizarras

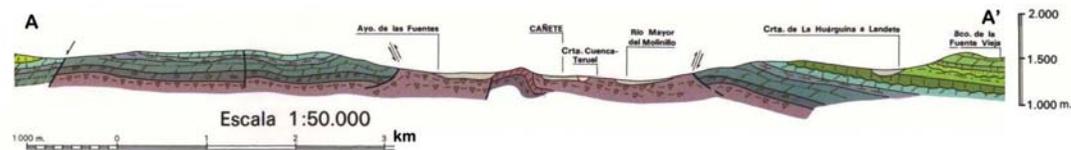
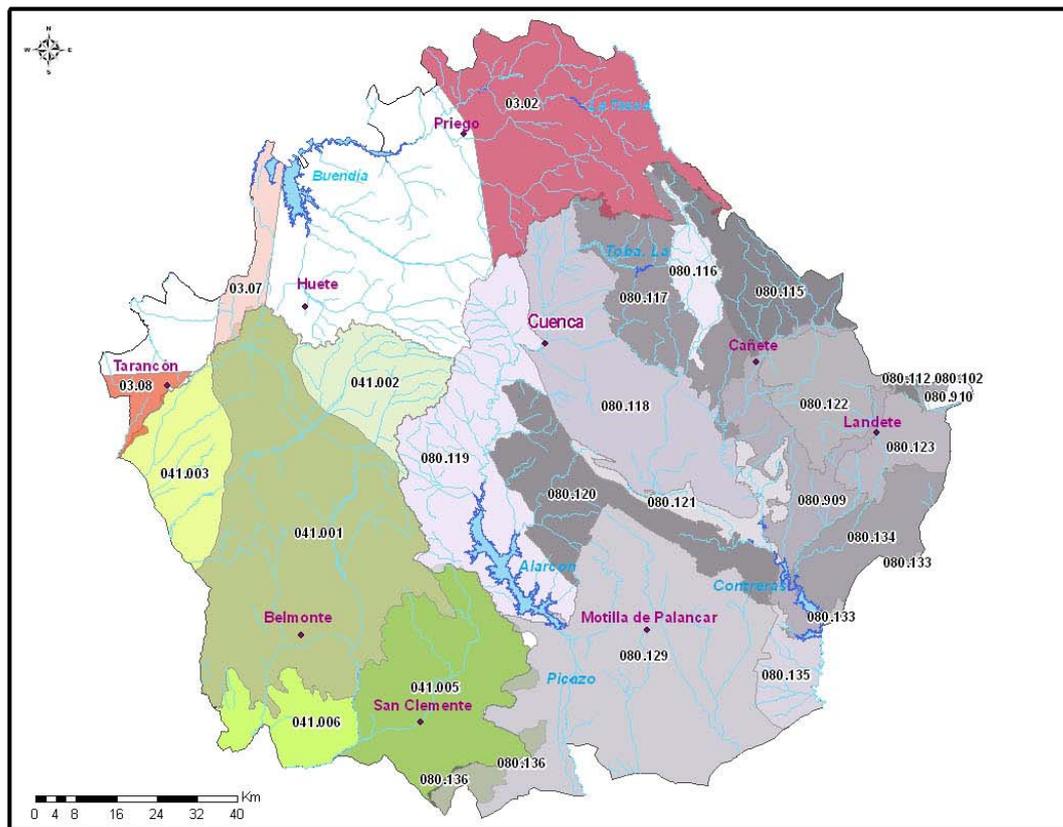


Figura 2. Mapa geológico del área de estudio, corte geológico y ubicación de las captaciones.

## 2.2. Hidrogeología regional

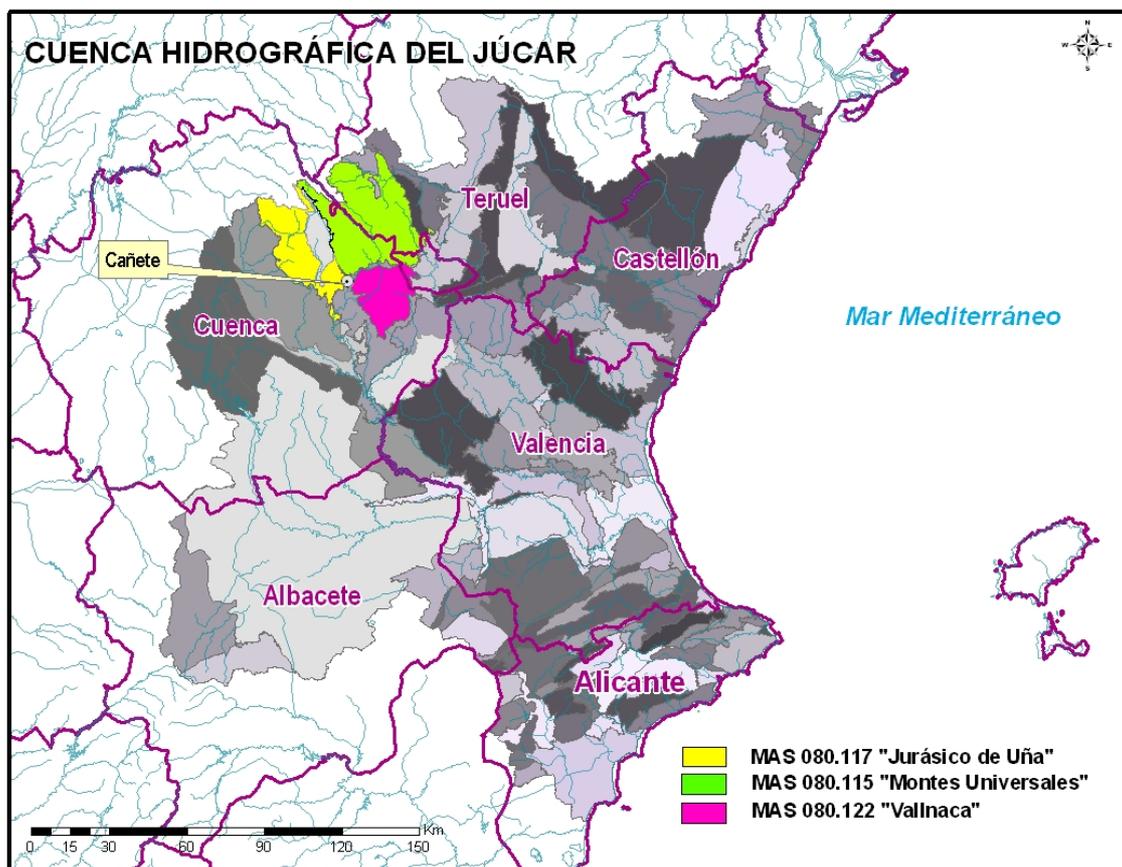
La provincia de Cuenca participa de tres cuencas hidrográficas distintas: Guadiana, Júcar y Tajo que a su vez quedan divididas en distintas Masas de Agua Subterránea (MAS) tal y como se muestra en la Figura 3.



MAS Júcar	MAS Tajo
080.136 Lezusa - El Jardín	03.02 Tajuña-Montes Universales
080.102 Javalambre Occidental	03.07 Entrepeñas
080.112 Hoya de Teruel	03.08 Ocaña
080.115 Montes Universales	
080.116 Triásico de Boniches	MAS Guadiana
080.117 Jurásico de Uña	041.001 SIERRA DE ALTOMIRA
080.118 Cretácico de Cuenca Norte	041.002 LA OBISPALÍA
080.119 Terciario de Alarcón	041.003 LILLO - QUINTANAR
080.120 Cretácico de Cuenca Sur	041.005 RUS-VALDELOBOS
080.121 Jurásico de Cardenete	041.006 MANCHA OCCIDENTAL II
080.122 Vallanca	
080.123 Alpuente	
080.129 Mancha Oriental	
080.133 Requena - Utiel	
080.134 Mira	
080.135 Hoces del Cabriel	
080.909 Impermeable o acuífero de interés local 09	
080.910 Impermeable o acuífero de interés local 10	

**Figura 3.** Masas de Agua Subterránea (MAS) de la provincia de Cuenca.

El municipio de Cañete está incluido en su totalidad en la Cuenca Hidrográfica del Júcar (Figura 4). La mayor parte del municipio está situada en la Unidad Hidrogeológica 08.17: Serranía de Cuenca, aunque alrededor de un cuarto del municipio, el situado al N del mismo, se encuentra situado en la Unidad Hidrogeológica 08.02: Montes Universales, y una pequeña parte, en la Unidad Hidrogeológica 08.04: Vallanca. Asimismo, según la nueva clasificación en masas de agua subterráneas (MAS) este municipio está incluido en su mayor parte en la MAS 080.015: Serranía de Cuenca, alrededor de un cuarto del municipio en la MAS 080.014: Montes Universales, y una pequeña parte, en la MAS 080.016: Vallanca (MIMAM, 2005). Dicha demarcación de Masas de Agua Subterránea ha sido revisada con posterioridad a su inclusión en los Art.5 y 6 de la Directiva Marco (MIMAM, 2005) y recientemente diversas MAS han sido modificadas en los nuevos planes hidrológicos de cuenca (2008). Este es el caso de la MAS 080.015 Serranía de Cuenca que con la nueva demarcación queda subdivida en seis MAS diferentes (Tabla 2). La zona de Cañete haría parte únicamente de la MAS 080.117 “Jurásico de Uña”, que es la que se describirá a continuación.



**Figura 4.-** Cuenca Hidrográfica del Júcar y delimitación de las MAS de la zona de Cañete.

La m.a.s. 80.017 “Jurásico de Uña” se ha descrito (IGME-CHJ, 1992) con una superficie aproximada de 470 km<sup>2</sup>. La precipitación media anual oscila entre 900 mm al N y 600 en el S. Los límites hidrogeológicos están generalmente cerrados por materiales impermeables del Cretácico inferior en las zonas occidental y meridional y por materiales impermeables del Triásico en la zona oriental; el borde septentrional dentro del área de estudio es abierto (figura 5). Los materiales acuíferos son:

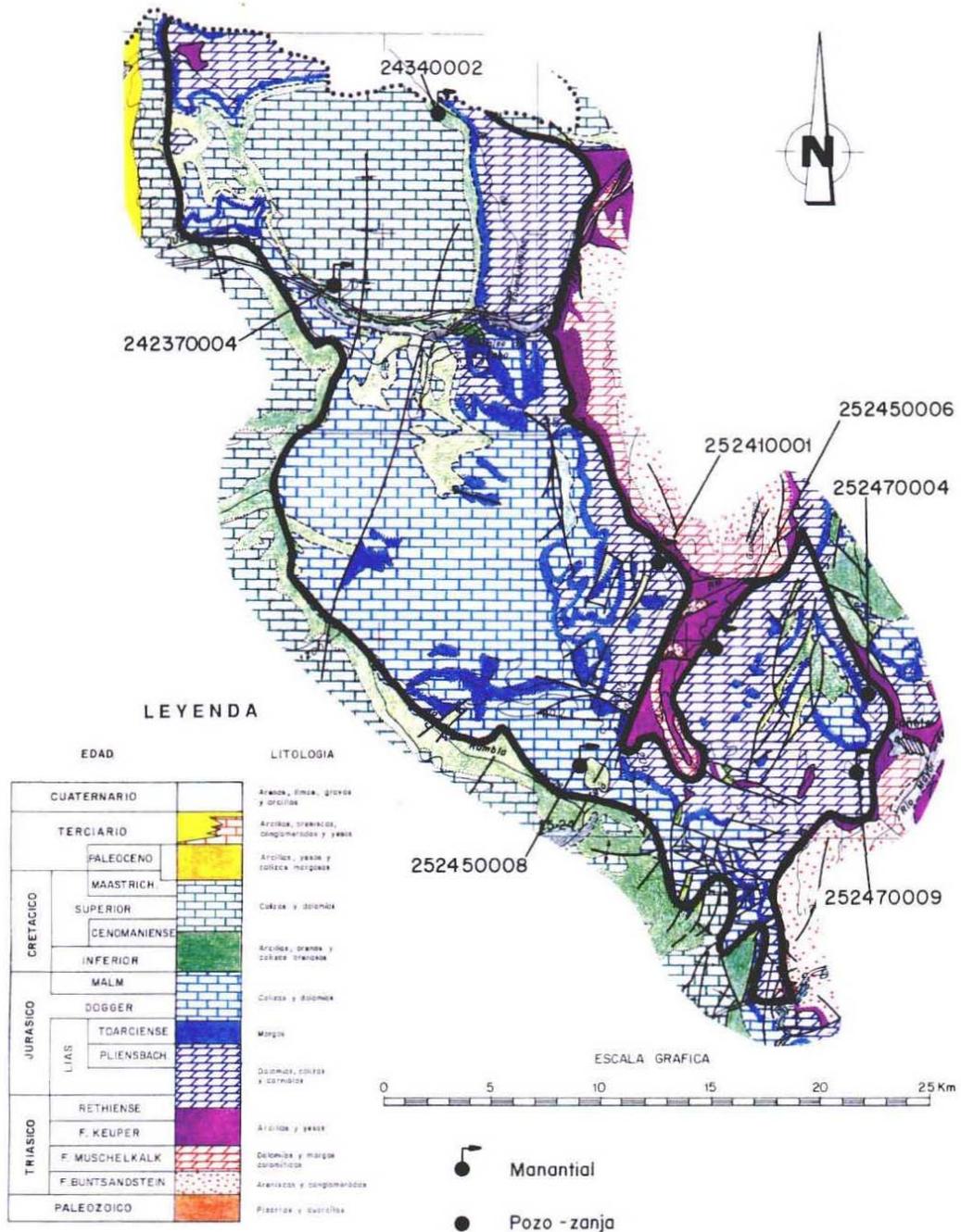
- Las calizas y dolomías del Cretácico superior con una superficie de afloramiento de 102 km<sup>2</sup>, representados en la zona norte formando el núcleo de un sinclinal (Muela de la Madera). Funciona como un nivel colgado ya que debido a la estructura está bordeado por los materiales impermeables del Cretácico Inferior a excepción de unos 6 km en el borde septentrional.
- Calizas y dolomías del Jurásico superior que afloran en el sector central y occidental con una superficie de 190 km<sup>2</sup>. El borde occidental está cerrado por el Cretácico inferior, y el oriental por el Toarciense.
- Dolomías, calizas y carniolas del Jurásico inferior con una superficie de afloramiento de 132 km<sup>2</sup> que se extiende principalmente desde la zona norte hasta el sureste. Generalmente está cerrado por las margas del Toarciense al oeste y las arcillas y yesos del Keuper al E, estando abierto a la cuenca del Ebro en la zona meridional.

En general es un acuífero muy compartimentado debido a la fuerte tectónica que pone en contacto afloramientos de materiales permeables e impermeables.

Las entradas de agua al acuífero son debidas a la infiltración del agua de lluvia que se estima del orden de 122 hm<sup>3</sup>/año. También se produce una entrada lateral en el borde septentrional del acuífero de aproximadamente 20 hm<sup>3</sup>/año.

Las salidas se producen fundamentalmente a través de los ríos Júcar, Cabriel y Guadazaón. En la zona septentrional hay que destacar un drenaje muy importante que se produce a través del manantial de Uña (2423-7-0004), situado entre Villalba de la Sierra y el embalse de la Toba con una caudal de 6.480 L/s y que se utiliza para una piscifactoria. Por bombeo se estiman unas salidas del orden de 5 hm<sup>3</sup>/año.

La hidroquímica de las aguas muestra una facies predominante bicarbonatada cálcica, con bajos contenidos en nitratos y conductividades inferiores a 600  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .



**Figura 5** - Acuífero de Uña, similar a la m.a.s. 80.017 "Jurásico de Uña" (ITGE-CHJ, 1992).

### 2.3 Hidrogeología local: formaciones acuíferas

La zona de estudio se encuentra drenada por abundantes manantiales asociados a las distintas formaciones jurásicas. Así son:

- Fm. Carniolas de Cortes de Tajuña y Calizas y dolomías de Cuevas Labradas (Triásico superior-Lías). Estos materiales se encuentran confinados entre las arcillas y margas del Keuper en su base y por las margas de Turmiel a techo. El manantial Las Fuentes I (CA16052001) drena estos materiales en contacto con los materiales del Keuper, y el sondeo Las Fuentes II (CA16052002) también capta las aguas procedentes de estas calizas y dolomías. Sus aguas (Tabla 4) son bicarbonatadas cálcicas, con bajas conductividades, inferiores a 400  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y bajos contenidos en nitratos (3 mg/L).

- Fm. Carbonatada de Chelva (Dogger), que está confinada por las margas de Turmiel en su base y la facies Weald detrítica-arcillosa a techo.

- Serie calco-dolomítica del Cretácico superior. Como materiales confinantes presenta la Fm. Arenas de Utrillas a base y la Fm. Margas de Chera a techo.

Otros acuíferos, aunque de menor interés están constituidos por el tramo arenoso superior del Buntsandstein, limitado por los materiales impermeables (arcillas) del propio Buntsandstein a muro y a techo por el Muschelkalk carbonatado. Localmente también puede ser de interés el tramo superior del Muschelkalk, limitado por series arcillo-margosas a muro y techo. Este último acuífero es captado por el antiguo manantial que abastecía al municipio de Cañete (CA16052004). Sus aguas son bicarbonatadas cálcicomagnésicas, con un contenido en nitratos que supera los 20 mg/L.

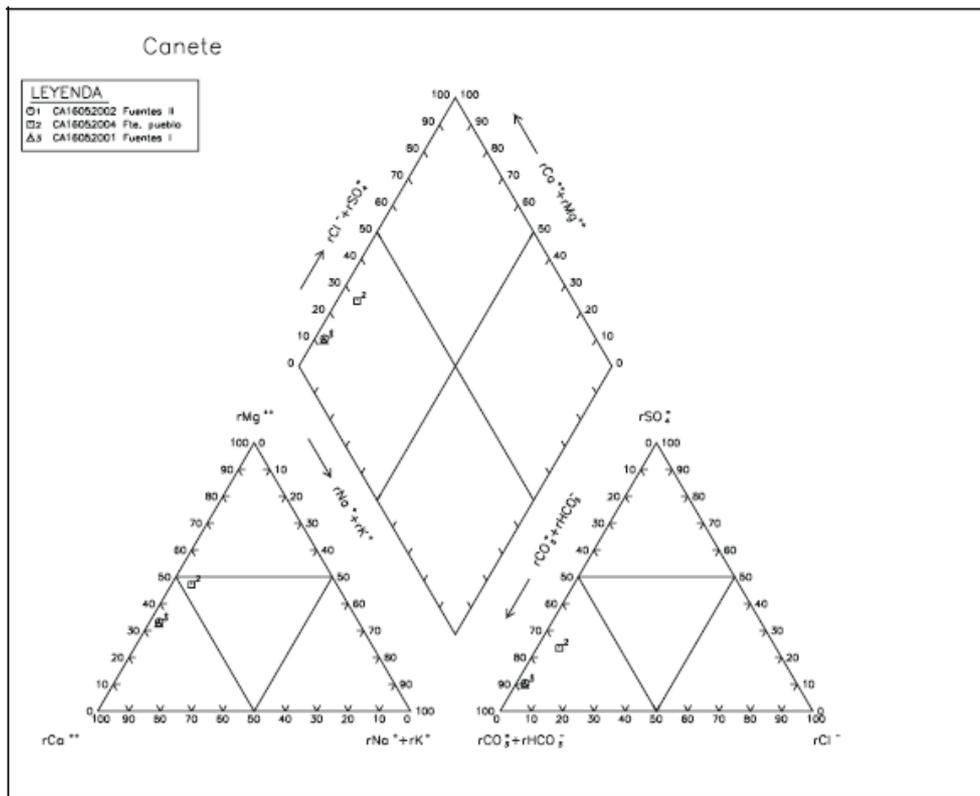
Los acuíferos carbonatados deben su porosidad a la fracturación y karstificación. Frecuentemente se encuentran interconectados debido a la compartimentación tectónica.

Muestra	Denominación	DQO	CL	SO4	HCO3	CO3	NO3	NA	MG	CA	K	PH	COND	NO2	NH4	P2O5	SI02
CA16052002	Fuentes II	0,6	4	20	211	0	3	3	17	54	0	7	383	0,00	0,00	0,00	4,0
CA16052004	Fte. pueblo	0,7	14	62	232	0	21	9	35	57	0	7	558	0,00	0,00	0,00	6,2
CA16052001	Fuentes I	0,5	4	18	203	0	3	3	16	52	0	7	466	0,00	0,00	0,00	4,0

**Tabla 3.** Resultados del análisis efectuado de tres de las captaciones de Cañete. Los datos están en mg/l, excepto conductividad ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) y pH (IGME-DIP CUENCA, 2007).

El agua procedente del sondeo Fuentes II (CA16052002) presenta la menor mineralización, con una conductividad de 383  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y un valor de la concentración de bicarbonatos de 211  $\text{mg}/\text{l}$  de  $\text{HCO}_3^-$ . Las concentraciones de nitratos varían entre 3 y 21  $\text{mg}/\text{l}$  de  $\text{NO}_3^-$ , con el valor más alto en la muestra procedente de la fuente del pueblo (CA16052004), si bien no se superan 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.

En la Figura 6 se incluye el diagrama de Piper-Hill-Langelier correspondiente a las muestras de agua analizadas en Cañete, que corresponden a facies bicarbonatadas cálcicas, excepto la muestra procedente de la fuente del pueblo (CA16052004) que presenta una facies bicarbonatada calcicomagnésica.



**Figura 6.** Diagrama de Piper-Hill para las muestras de las captaciones de Cañete.

### 3. PROPUESTA DE PERIMETRO DE PROTECCIÓN

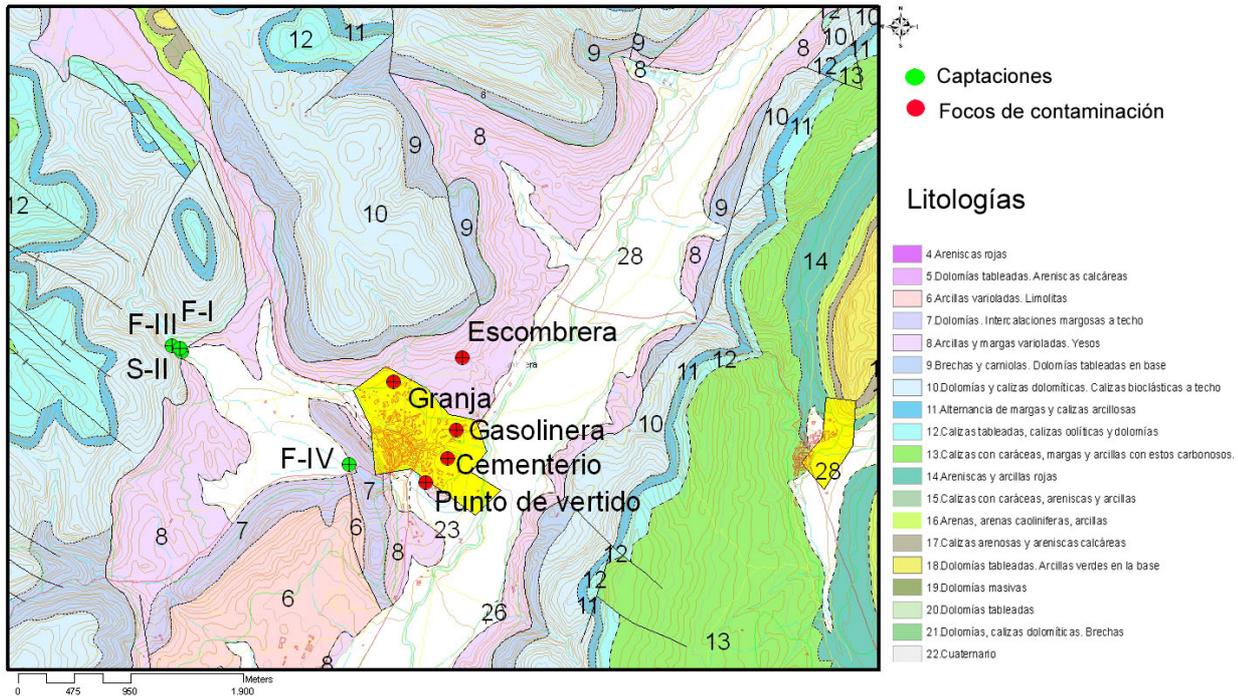
#### 3.1 Inventario focos potenciales de contaminación.

Según el informe elaborado por EPTISA, se han localizado cinco focos potenciales de contaminación en las inmediaciones de las captaciones que podrían estar influyendo negativamente en la calidad del agua de las mismas. Estos focos, situados en la Figura 7, quedan reflejados en la siguiente tabla:

<i>Naturaleza</i>	<i>Tipo</i>	<i>Contaminante potencial</i>
Granja de conejos	Puntual no conservativo	Nitratos, fosfatos y potasio
Gasolinera	Puntual conservativo	Hidrocarburos
Escombrera incontrolada	Puntual no conservativo	Variado
Cementerio (Villarejo-Sobrehuerta)	Puntual no conservativo	Fosfatos
Punto de vertido de aguas residuales urbanas	Puntual no conservativo	Materia orgánica, contaminación bacteriológica, aceites y grasas, detergentes...

**Tabla 4.** Potenciales focos de contaminación en el entorno de Cañete.

Como se puede observar en la Figura 7, todos los focos de contaminación se ubican sobre materiales impermeables (margas, yesos y arcillas del Keuper) y aguas abajo de las captaciones, lo cual repercutiría positivamente en el caso de una posible afección a la calidad de las captaciones.



**Figura 7.** Mapa con la ubicación de los potenciales focos de contaminación de Cañete.

### 3.2 Estimación de la vulnerabilidad

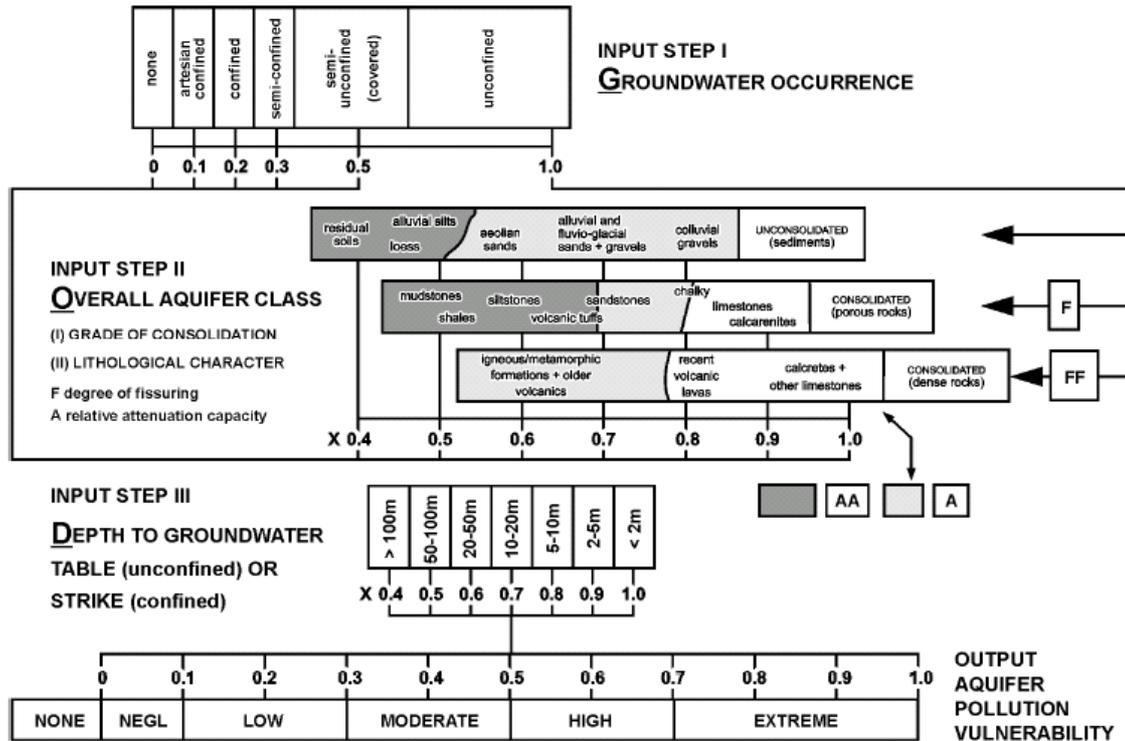
Una de las metodologías más adecuadas para la determinación de la vulnerabilidad es la realización de una cartografía de vulnerabilidad. Para su realización existen distintos métodos, como el método GOD utilizado en el presente estudio. Este método propuesto por Foster (1987) se basa en la asignación 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 8 (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".

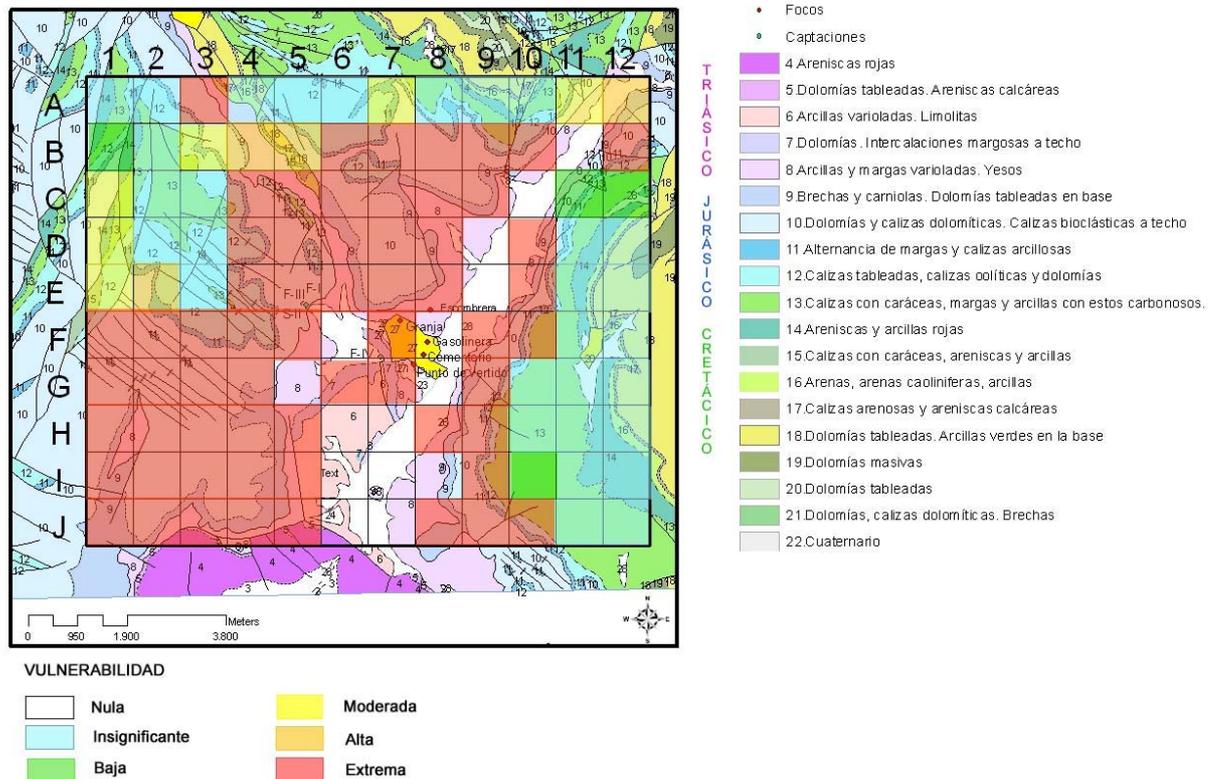
**Figura 8.** Esquema de la valoración del índice GOD.

Tanto el sondeo como las dos captaciones de aguas superficiales drenan los materiales del tránsito Triásico-Jurásico, en concreto la Formación Cortes de Tajuña descrita como brechas y carniolas con dolomías tableadas en la base y la Formación carbonatada de Chelva, descrita como dolomías y calizas dolomíticas con calizas bioclásticas a techo.

En las celdas en las que estos materiales afloran se considerará un valor de  $G = 1$  (acuífero libre). En el resto se considera confinado y se asigna un valor de  $G = 0.2$ .

En cuanto a la capacidad protectora que ofrecen los materiales que se encuentran por encima del acuífero, ésta variará para cada celda. Así, cuando se trate de materiales carbonatados karstificados y/o fisurados se le otorga un valor elevado de  $O = 0.9$ . Si por encima del acuífero se suceden materiales detríticos, este valor disminuirá.

La profundidad a la que se encuentra el techo de la formación acuífera variará para cada celda y se ha estimado en función de la cota de las fuentes existentes y la topografía.



**Figura 9.** Cartografía de vulnerabilidad empleando el método GOD y ubicación de los potenciales focos de contaminación.

La cartografía de vulnerabilidad obtenida (Figura 9) muestra unos valores extremos para las celdas en las que afloran los materiales acuíferos (9) y (10). Las celdas con materiales aflorantes estratigráficamente más recientes disminuyen progresivamente la vulnerabilidad, ya que confinan el acuífero y ofrecen protección natural a una potencial contaminación. Las celdas con materiales más antiguos que los que conforman el acuífero obtienen vulnerabilidad nula. Son en estas celdas en las que la vulnerabilidad es nula donde se sitúan todos los focos potenciales de contaminación.

### 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** (figura 10), 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

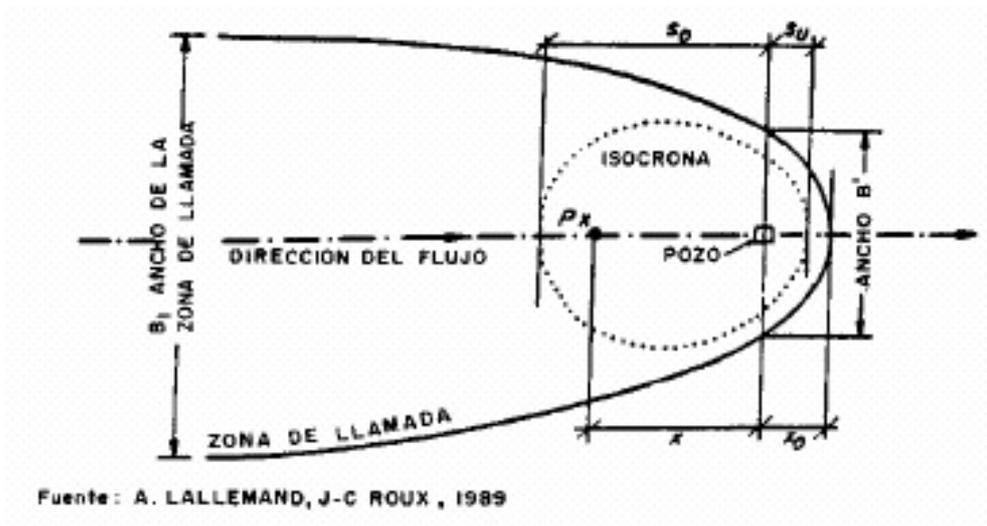
que permita el empleo de otras fuentes de abastecimiento alternativas, hasta que el efecto de la posible contaminación se reduce a niveles tolerables.

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 ( $m^3/s$ )
- $k$  = 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 ( $t$ ).



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

Para el cálculo de las distintas zonas de protección del abastecimiento a Cañete no se dispone de datos de parámetros hidráulicos. 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.

Cañete	
Espesor del acuífero (m)	10
Porosidad eficaz	0.002
Permeabilidad horizontal (m/día)	1
Permeabilidad horizontal (m/s)	$1.16 \times 10^{-5}$
Caudal de bombeo (l/s)	5
Caudal de bombeo (m <sup>3</sup> /s)	0.005
Gradiente hidráulico	0.005

**Tabla 5.** Parámetros utilizados para el cálculo del tiempo de tránsito según el método Wyssling

### 3.3.1 Perímetro de restricciones absolutas

Para la definición de **zona de restricciones absolutas** se propone el círculo cuyo centro es la captación a proteger y cuyo radio (sI) es la distancia que tendría que recorrer una partícula para alcanzar la captación en un día (tabla 6) y que tendrá forma circular u oval, dependiendo de las condiciones hidrodinámicas.

Sin embargo, se va a representar de forma poligonal (figura 11) para que resulte más fácil su manejo a la hora de definir la superficie. Las captaciones se encuentran muy próximas entre sí y al pie de un escarpe rocoso, por lo que el vallado en esa parte es difícil de llevar a cabo además de innecesario. Así, la valla abarcaría las tres captaciones y los campos situados al este, los cuales, siguiendo las recomendaciones habituales, deberían abandonarse aunque considerando que se encuentran sobre materiales impermeables del Keuper podrían mantener su actividad pero prohibiendo el uso de cualquier plaguicida o fitosanitario.

Por lo demás, en esta zona se evitarán todas las actividades, excepto las relacionadas con el mantenimiento y explotación de la captación. Las coordenadas del perímetro vallado se encuentran en la Tabla 9.

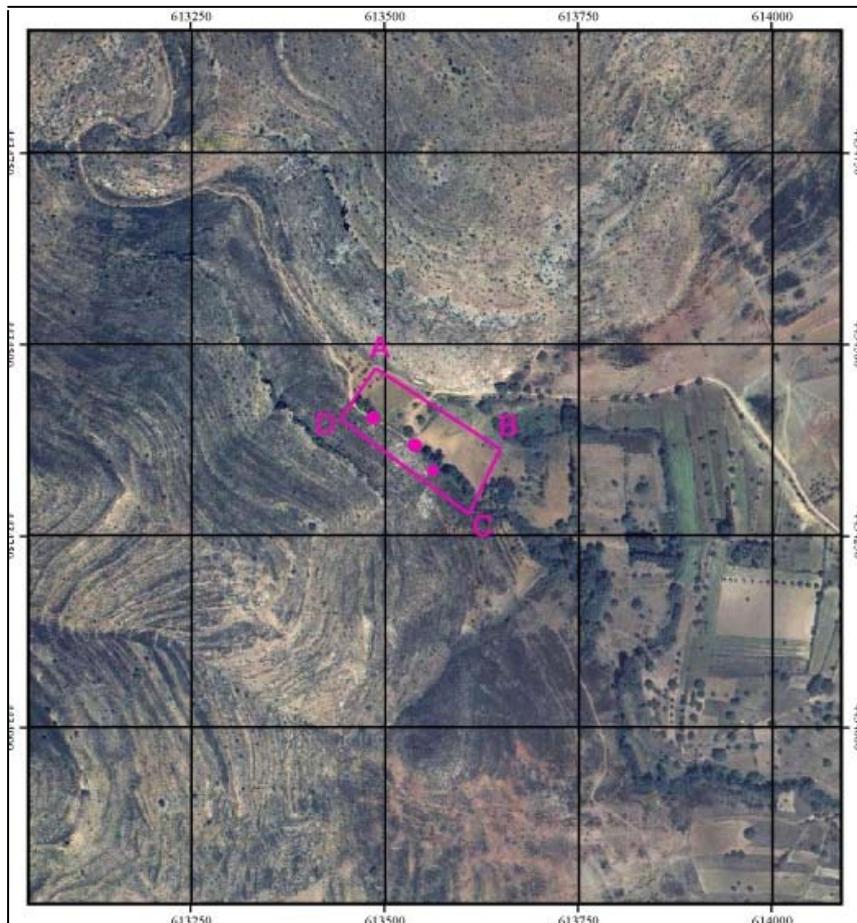
Además, para proteger la boca del sondeo y captaciones y sus proximidades se recomienda la construcción de una caseta en caso que no la hubiere, el cierre de la cabeza de la tubería del

sondeo y la instalación de un drenaje perimetral: suave como con una inclinación para la circulación de agua, con un diámetro de unos 2 m y aislamiento del exterior.

A continuación se incluyen los resultados obtenidos para sI.

Cañete	
SI aguas arriba (m)	84
SI aguas abajo (m)	82

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

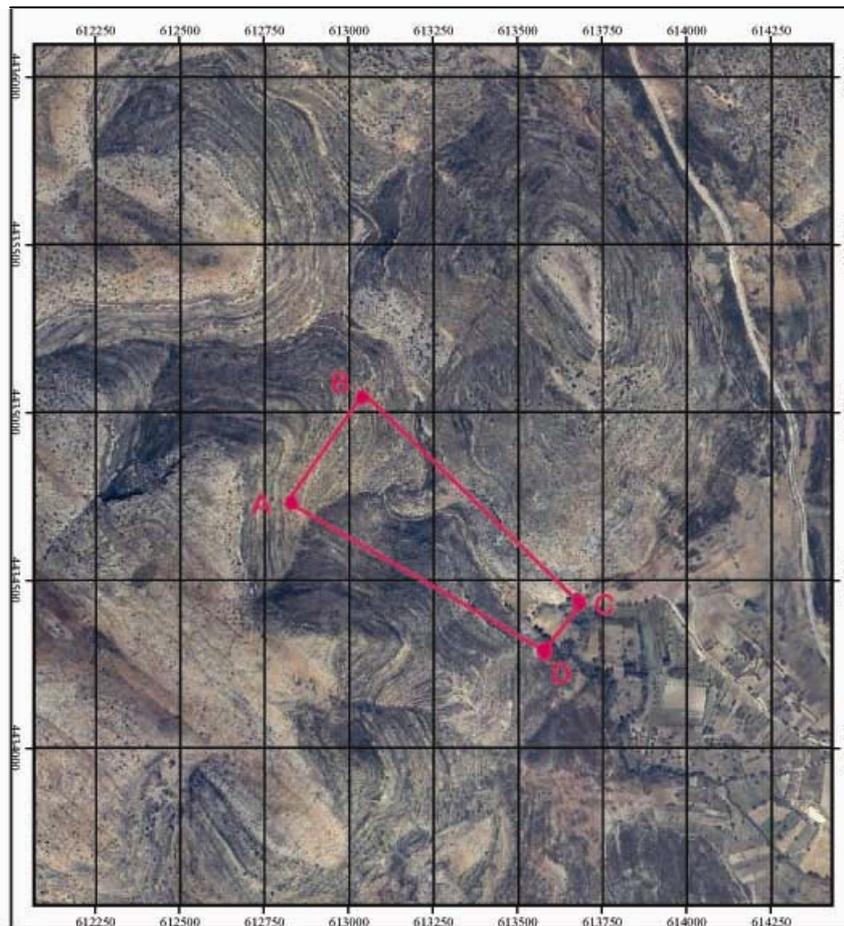


**Figura 11.** Mapa de la propuesta del perímetro de zona inmediata y de restricciones absolutas

### 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 (tabla 7).

Por criterios de seguridad se delimitará, como zona de restricciones máximas, una superficie de forma aproximadamente elipsoidal con el eje mayor en la dirección principal del flujo subterráneo que se extenderá 750 m aguas arriba de la captación y de acuerdo con criterios hidrogeológicos, 100 m aguas abajo. Posteriormente esta elipsoide se ha adaptado poligonalmente para una mejor gestión (figura 12). Las coordenadas de dicho perímetro se encuentran en la Tabla 9.



**Figura 12.** Mapa de la propuesta del perímetro de zona próxima y de restricciones máximas

### 3.3.3 *Perímetro de restricciones moderadas*

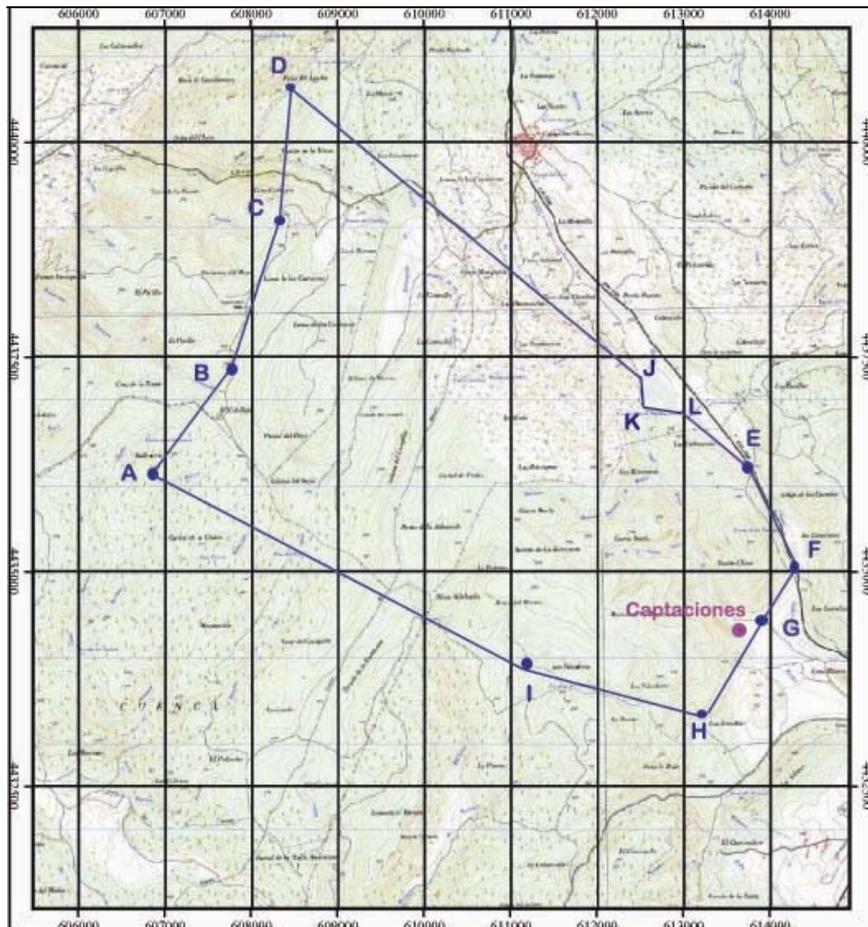
La zona de restricciones moderadas limita el área comprendida entre la zona de protección próxima (radio sII) y la isocrona de 10 años (radio sIII). Cuando el límite de la zona de

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 (tabla 8).

Cañete	
SIII aguas arriba (m)	11338
SIII aguas abajo (m)	2213

**Tabla 8.** Valores del radio del perímetro de restricciones moderadas

Los resultados obtenidos se consideran elevados, puesto que sobrepasan la divisoria de aguas y la zona de alimentación del sondeo. Por tanto, se delimitará como zona de restricciones moderadas una superficie basada en criterios hidrogeológicos teniendo en cuenta el relieve vertiente. Esta superficie tendrá la forma poligonal que se muestra en la Figura 13, detalladas sus coordenadas en la Tabla 9, con el eje mayor en la dirección principal del flujo subterráneo que se extenderá unos 8000 m aguas arriba de la captación y unos 250 m aguas abajo.



**Figura 13.** 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 Cañete 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 = 40000 m<sup>2</sup>/día (dato procedente de un ensayo de bombeo realizado)

Q = Caudal (caudal máximo del sondeo a proteger: 6 l/s) = 518 m<sup>3</sup>/día

t = Tiempo de bombeo (generalmente 120 días)

r = Distancia al sondeo de captación (1000 m)

S = Coeficiente de almacenamiento = 0.002

Con los datos indicados se obtiene el descenso provocado por un sondeo, que explote 5 l/s durante 120 días continuados, y situado a unos 1000 m de distancia. El descenso obtenido de 1.03 m se considera razonable, puesto que es el 10% del espesor saturado de la captación a proteger (del orden de 10 m).

En la Figura 14 se representan gráficamente las distintas zonas de protección definidas dentro del perímetro de protección de los sondeos de abastecimiento a Cañete y en la Tabla 9 las actividades restringidas en cada área. Comparándolo con los perímetros propuestos por EPTISA (2007) (Figura 15) se observan dos modificaciones, además de proporcionar las coordenadas exactas de cada área definida:

- El nuevo perímetro de restricciones de caudal se limita a la zona donde afloran los materiales carbonatados del Jurásico, dejando fuera la zona donde afloran las arcillas del Keuper de dichas restricciones.

- El nuevo perímetro de restricciones moderadas se ajusta igualmente a la zona de afloramiento jurásico. La compartimentación en bloques a través de numerosas fracturas justificaría la inclusión de tramos del Jurásico superior y Cretácico en dicho perímetro por su probable conexión con los tramos acuíferos del Jurásico inferior que explota al actual sistema de abastecimiento.

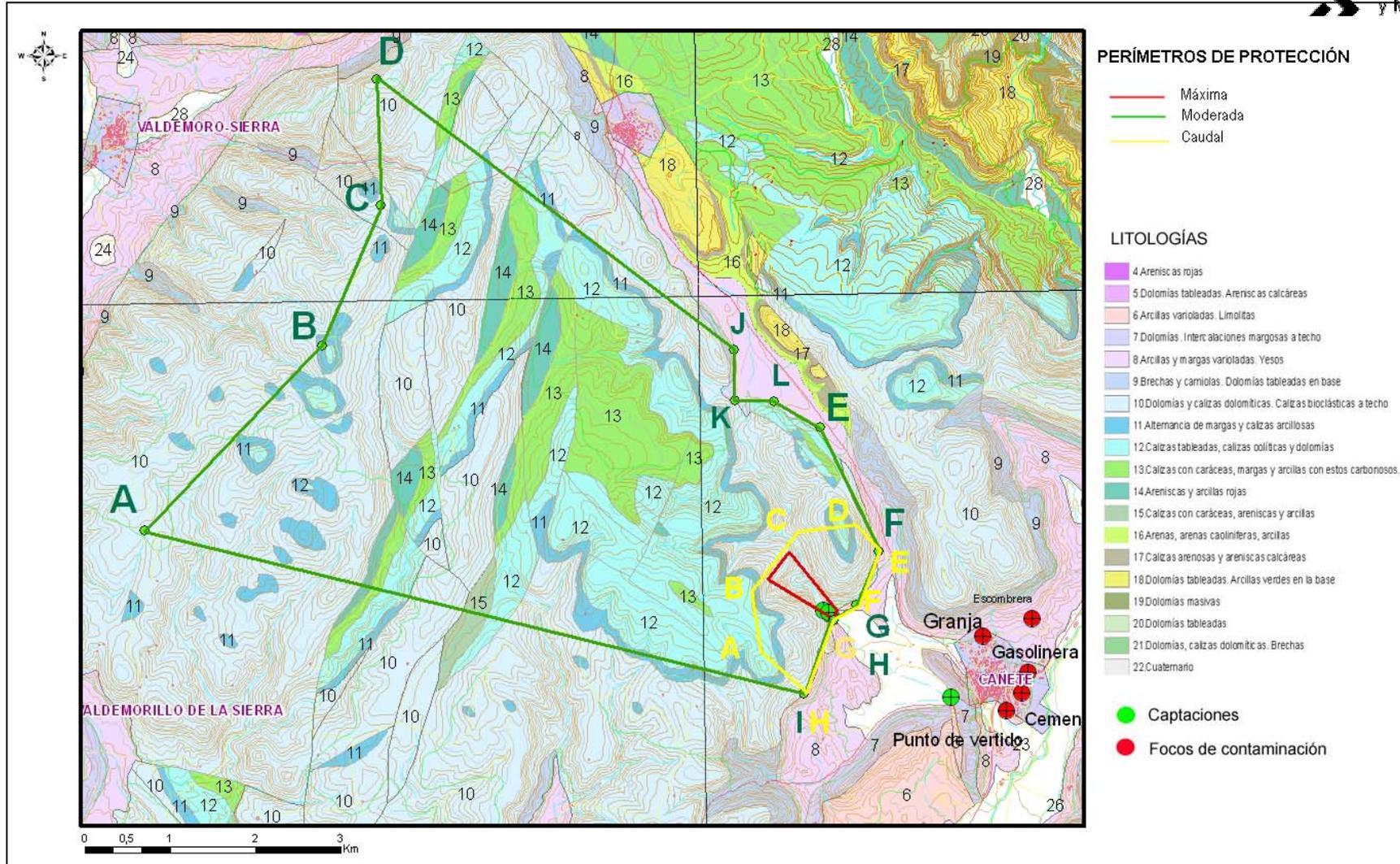


Figura 14. Resumen cartográfico de los perímetros de protección propuestos.

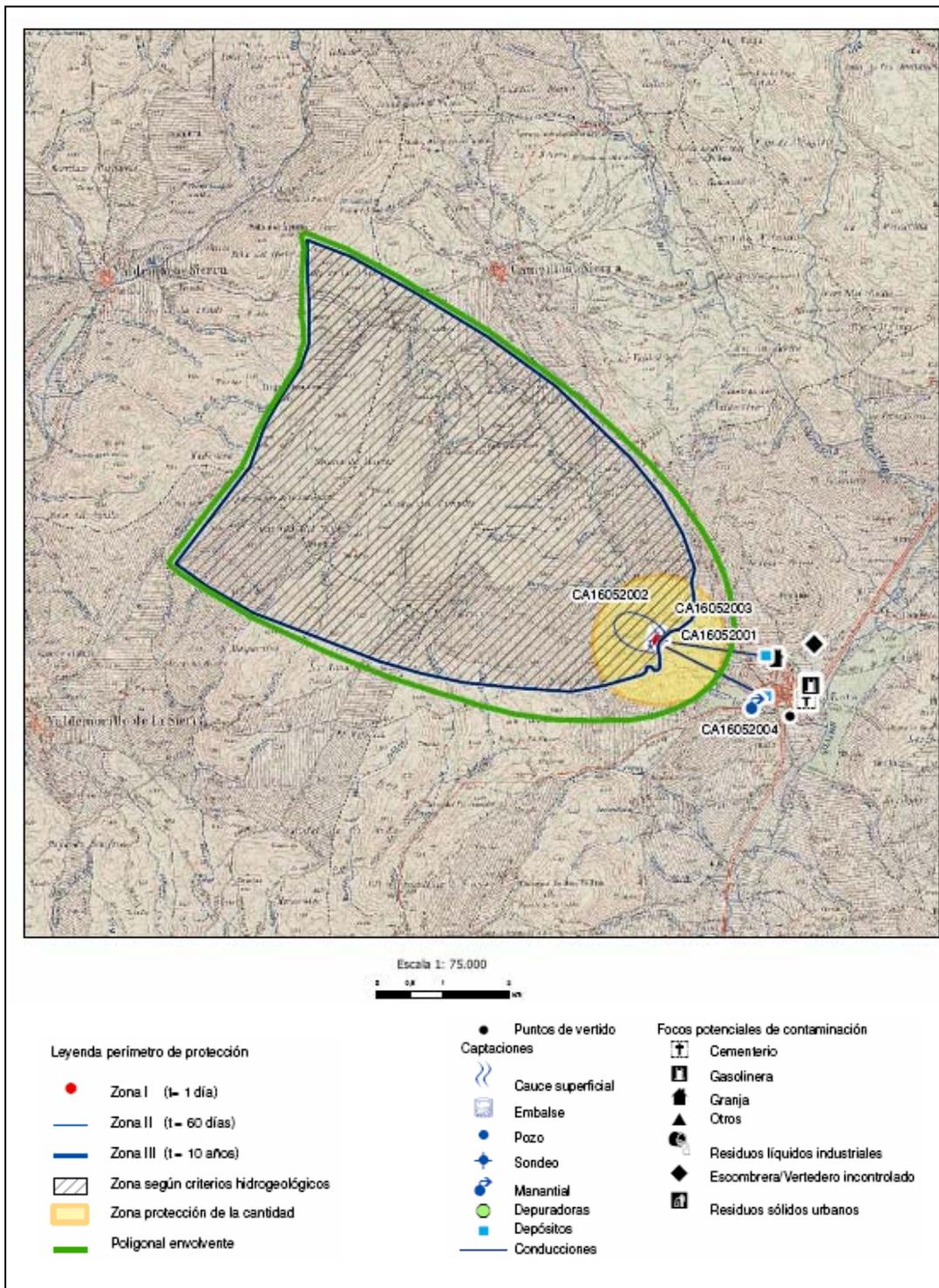


Figura 15. Propuesta de perímetros de protección realizada por EPTISA-IGME para Diputación de Cuenca (2007)

	Nº PUNTO	UTM_X	UTM_Y	Z
<b>ZONA DE RESTRICCIONES ABSOLUTAS</b>	A	613488	4434456	1110
	B	613647	4434367	1100
	C	613604	4434287	1100
	D	613444	4434413	1110
<b>ZONA DE RESTRICCIONES MÁXIMAS</b>	A	612819	4434761	1210
	B	613073	4435068	1200
	C	613633	4434392	1120
	D	613579	4434308	1140
<b>ZONA DE RESTRICCIONES MODERADAS</b>	A	605540	4435299	1350
	B	607603	4437475	1430
	C	608289	4439107	1410
	D	608239	4440572	1490
	E	613429	4436525	1220
	F	614117	4435080	1190
	G	613855	4434456	1140
	H	613602	4434286	1160
	I	613242	4433420	1200
	J	612420	4437426	1220
	K	612431	4436830	1200
	L	612892	4436818	1210
<b>ZONA DE RESTRICCIONES DE CAUDAL</b>	A	612717	4433903	1300
	B	612632	4434583	1300
	C	613170	4435306	1210
	D	613850	4435377	1280
	E	614119	4435079	1190
	F	613864	4434442	1130
	G	613595	4434272	1130
	H	613255	4433407	1200

**Tabla 9.** Coordenadas UTM propuestas para los distintos perímetros de protección de las captaciones de abastecimiento a Cañete así como el perímetro envolvente del obtenido para la cantidad y calidad moderado.

Las actividades a restringir en las distintas zonas del perímetro se recogen en la Tabla 10.

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

La zona de estudio y los perímetros calculados para ella abarcan una zona escarpada y montañosa en la que la actividad agrícola es inexistente y la ganadera es residual, limitándose a alguna actividad de pastoreo. Así, las recomendaciones a este respecto quedarían subsanadas.

En el caso de apertura de canteras, ésta quedaría prohibida en el área de restricciones máximas y apertura condicionada en el caso de la zona de restricciones moderadas a la presentación de un informe técnico sobre las condiciones que debe cumplir para no alterar la calidad existente 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 los acuíferos que captan y, específicamente, en cuanto al perímetro de cantidad, la inexistencia de afección destacable del sondeo a la captación municipal. Para ello se debe realizar 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, diciembre de 2009

La autora del informe

Fdo. Esther Alonso Marín

#### **4. BIBLIOGRAFÍA**

**CHJ (2005):** Delimitación y caracterización de los acuíferos en las masas de agua subterránea de la Confederación Hidrográfica del Júcar.

**CHJ (2009):** Identificación y delimitación de masas de aguas superficial y subterránea..

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

**IGME-CHJ(1992):** Propuesta de normas de explotación de Unidades Hidrogeológicas en el Sistema Hidráulico Alarcón-Contreras. 1991-1992.

**IGME-Diputación de Cuenca (2007):** Actualización de la situación actual de los sistemas de abastecimiento urbano de 10 municipios en la provincia de Cuenca: Cañete.