

**ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO  
PARA LA AUTORIZACIÓN DE VERTIDO  
DE AGUAS RESIDUALES DEPURADAS PROCEDENTES  
DE LA EDAR DEL MUNICIPIO DE ESLIDA  
(CASTELLÓN)**

**Noviembre de 2010**



El presente estudio ha sido realizado por el siguiente equipo técnico:

Dirección y revisión del Estudio:

D. Bruno J. Ballesteros Navarro

Instituto Geológico y Minero de España

Autor del informe:

D. José Antonio Domínguez Sánchez

Instituto Geológico y Minero de España

Colaboración:

Dña. Elisabeth Díaz Losada



## **INDICE**

1	INTRODUCCIÓN.....	1
2	ASPECTOS LEGALES Y TÉCNICOS.....	3
3	DEFINICIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LA ACTIVIDAD GENERADORA DEL VERTIDO.....	7
3.1	SITUACIÓN GEOGRÁFICA.....	7
3.2	ORIGEN Y CLASIFICACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES GENERADAS.....	13
3.3	DISPOSITIVOS DE DEPURACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.....	13
3.4	CARACTERIZACIÓN CUANTITATIVA Y CUALITATIVA DEL EFLUENTE.....	16
3.5	SISTEMA DE ELIMINACIÓN DEL VERTIDO.....	18
4	MEDIO FÍSICO.....	21
5	GEOLOGÍA.....	25
5.1	SERIE LITOESTRATIGRAFICA DEL ÁREA.....	25
5.1.1	Triásico.....	25
5.1.2	Jurásico.....	28
5.1.3	Cuaternario.....	30
5.2	CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA.....	33
5.3	TECTÓNICA.....	39
6	MARCO HIDROGEOLÓGICO.....	41
6.1	FORMACIONES HIDROGEOLÓGICAS.....	41
6.2	SUBSISTEMA DE ONDA (56.05).....	43
7	HIDROGEOLOGÍA LOCAL.....	49
7.1	INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA.....	49
7.2	CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA DE LA FORMACIÓN RECEPTORA.....	55
7.3	CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA E HIDROGEOLÓGICA DE LA ZONA NO SATURADA.....	57
7.4	NIVEL PIEZOMÉTRICO.....	58
7.5	CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS.....	62
8	CALIDAD AMBIENTAL DEL SECTOR. CARACTERIZACIÓN E IDENTIFICACIÓN DE FOCOS POTENCIALMENTE CONTAMINANTES.....	65
8.1	CLASIFICACIÓN DE FOCOS POTENCIALES CONTAMINANTES.....	69
8.2	INVENTARIO Y CARTOGRAFÍA DE FOCOS POTENCIALMENTE CONTAMINANTES. CONSIDERACIONES SOBRE LA POTENCIAL AFECCIÓN A LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS.....	69
9	ESTIMACIÓN DEL PODER AUTODEPURADOR DEL TERRENO.....	73
10	CRITERIOS QUE JUSTIFICAN LA INOCUIDAD DEL VERTIDO A LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS.....	75
11	CONCLUSIONES.....	77
12	BIBLIOGRAFÍA.....	79

## ANEXOS

1. ANÁLISIS QUÍMICOS
  - a) Análisis de las aguas brutas y del efluente final
  - b) Análisis de aguas de la zona de estudio
  - c) Análisis de las aguas de consumo de Eslida
2. REGISTROS HISTÓRICOS DE PIEZOMETRÍA
3. REPORTAJE FOTOGRÁFICO
  - a) Punto de vertido
  - b) Inventario de puntos de agua
  - c) Focos potencialmente contaminantes
  - d) Estación depuradora de aguas residuales de Eslida
4. METODO DE CALCULO REHSE
5. BASES DE DATOS DEL IGME

## **1 INTRODUCCIÓN**

El presente estudio, realizado por el Instituto Geológico y Minero de España a petición de la Excm. Diputación Provincial de Castellón, pretende dar respuesta a la información requerida en el Formulario nº 8: Estudio Hidrogeológico Previo, del modelo oficial de “Declaración de Vertido” conforme a los artículos 257 y 258 del Reglamento del Dominio Público Hidráulico (R.D. 606/2003, de 23 de mayo, por el que se modifica el R.D. 849/86 de 11 de abril).



## **2 ASPECTOS LEGALES Y TÉCNICOS**

Este estudio hidrogeológico se realiza para cumplir con lo exigido por el Organismo de cuenca, en este caso, la Confederación Hidrográfica del Júcar, atendiendo a lo establecido en los artículos 257 y 258, de la Sección 4ª “Vertidos a las aguas subterráneas” del Reglamento del Dominio Público Hidráulico (R.D. 606/2003, de 23 de mayo, por el que se modifica el R.D. 849/86 de 11 de abril) que indica:

### **SECCIÓN 4.ª VERTIDOS A LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS**

Artículo 257. Vertidos de sustancias peligrosas a las aguas subterráneas.

1. Los Organismos de cuenca adoptarán las medidas necesarias para impedir que se introduzcan en las aguas subterráneas las sustancias que figuran en la relación I del anexo III, así como para limitar la introducción de las sustancias de la relación II del mismo anexo.

2. A efectos de lo previsto en el apartado anterior, se prohíbe el vertido directo de las sustancias de dicha relación I. La autoridad competente exigirá para la autorización de acciones de eliminación, o depósito de residuos o productos que pudiesen contener estas sustancias, un estudio hidrogeológico previo, con el fin de evitar su introducción en las aguas subterráneas. A tal fin, el Organismo de cuenca podrá solicitar informe del Instituto Geológico y Minero de España.

3. Con carácter general, si se desprendiese de un estudio hidrogeológico previo que las aguas subterráneas en las que se prevé el vertido de sustancias de la citada relación I son inadecuadas de forma permanente para cualquier uso, en particular para usos domésticos o agrícolas, se podrá autorizar el vertido de dichas sustancias.

En ningún caso, el vertido de las sustancias podrá obstaculizar la explotación de los recursos del suelo.

Se exigirá asimismo que dichas sustancias no puedan llegar a otros sistemas acuáticos o dañar otros ecosistemas, para lo cual deberán adoptarse las precauciones técnicas necesarias.

4. Para limitar la introducción de sustancias de la citada relación II, se someterá al estudio hidrogeológico previo no sólo el vertido directo de dichas sustancias, sino también las acciones de eliminación o depósito capaces de ocasionar un vertido indirecto.

Se podrá autorizar el vertido cuando el estudio hidrogeológico previo demostrase su inocuidad, sin perjuicio de incluir en el condicionado la adopción de las precauciones técnicas necesarias.

5. Quedan sometidas a autorización las recargas artificiales de acuíferos, que sólo podrán otorgarse cuando con ellas no se provoque la contaminación de las aguas subterráneas.

6. Los vertidos a las aguas subterráneas que no contengan sustancias peligrosas se autorizarán de acuerdo con el procedimiento regulado en los artículos 245 y siguientes de este reglamento, si bien se exigirá el estudio hidrogeológico previo que demuestre la inocuidad del vertido.

(Artículo redactado de conformidad con el R.D. 606/03)

#### Artículo 258. Estudio hidrogeológico previo

1. El estudio hidrogeológico previo a que se refiere el artículo anterior contemplará, como mínimo, el estudio de las características hidrogeológicas de la zona afectada, el eventual poder depurador del suelo y subsuelo y los riesgos de contaminación y de alteración de la calidad de las aguas subterráneas por el vertido. Asimismo, determinará si, desde el punto de vista medioambiental, el vertido en esas aguas es inocuo y constituye una solución adecuada.

2. Este estudio deberá estar suscrito por técnico competente y deberá aportarse en la declaración de vertido prevista en el artículo 246 o ser requerido por el Organismo de cuenca cuando se presuma que el vertido puede ocasionar una contaminación de las aguas subterráneas. El estudio se incorporará al expediente de autorización de vertido, y sobre éste podrá solicitar el Organismo de cuenca informe del Instituto Geológico y Minero de España.

Para determinar el tipo estudio hidrogeológico a realizar se ha tomado como referencia el artículo: “Metodología para la elaboración de los estudios hidrogeológicos requeridos en la tramitación de permisos de vertidos de aguas residuales al terreno”, de López Gutiérrez, Julio; Grima Olmedo Juan y Ballesteros Navarro, Bruno J. (IGME).

La Ley de Aguas y el Reglamento del Dominio Público Hidráulico (RDPH), establece que los vertido de aguas residuales susceptibles de afectar a la calidad de las aguas subterráneas precisan una autorización administrativa, para cuya tramitación se exige la elaboración de un estudio hidrogeológico en el que debe demostrarse la inocuidad del vertido a las mismas. Este artículo establece una metodología cuyo resultado es la propuesta de tres informes tipo, los cuales responden a diferentes situaciones en las que se combinan básicamente tres grupo de factores:

- Litología de la formación receptora y de los acuíferos potencialmente afectables.
- Tipología del vertido (composición y volumen)
- Características hidrogeológicas de los acuíferos potencialmente afectables (naturaleza, grado de confinamiento, espesor y litología de la zona no saturada).

En el caso del vertido de la EDAR de Eslida, el informe es del Tipo 3, y el presente estudio hidrogeológico desarrolla el índice correspondiente a tal tipo.



### **3 DEFINICIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LA ACTIVIDAD GENERADORA DEL VERTIDO**

#### **3.1 SITUACIÓN GEOGRÁFICA**

La estación depuradora de aguas residuales de Eslida está construida a unos 700 metros al este del casco urbano. El punto medio de estas instalaciones corresponde a las siguientes coordenadas U.T.M. (Sistema de referencia ETRS89):

X: 731.108                      Y: 4.418.394

El punto de vertido se sitúa en el margen izquierdo del barranco de Castro, dentro de la parcela nº 9015 del polígono nº 14 de este municipio.

Las coordenadas UTM (Sistema de referencia ETRS89) del mismo son las siguientes:

X: 731.142                      Y: 4.418.394

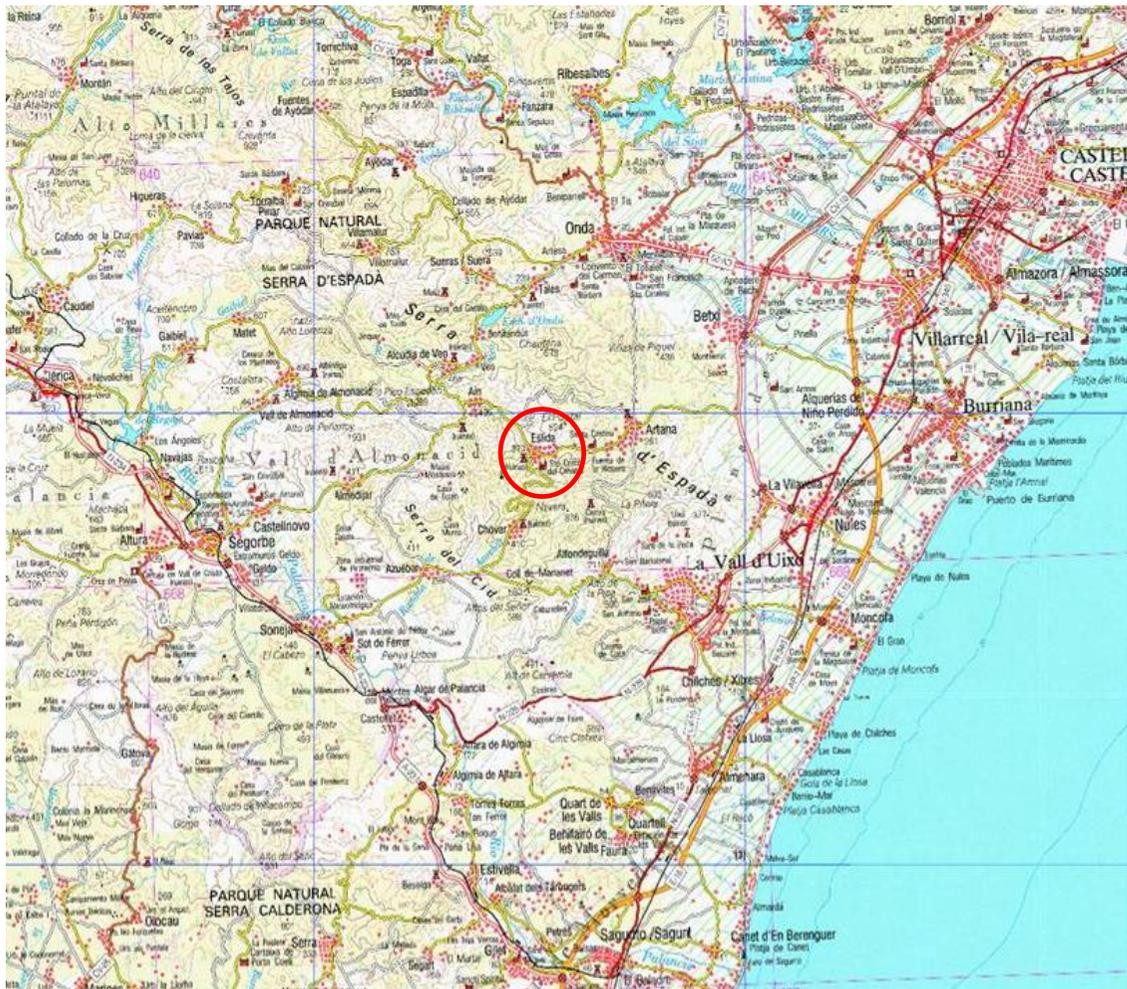
La cota topográfica aproximada del lecho del barranco es de 318m s.n.m.

En este lugar, además de las propias aguas residuales, se ha comprobado en las diversas visitas realizadas, que discurre un mínimo caudal.



Foto 1. Barranco de Castro aguas arriba del punto de vertido





 ZONA DE ESTUDIO

Figura 1. Situación del pueblo de Eslida. (Visor IGN Instituto Geográfico Nacional)

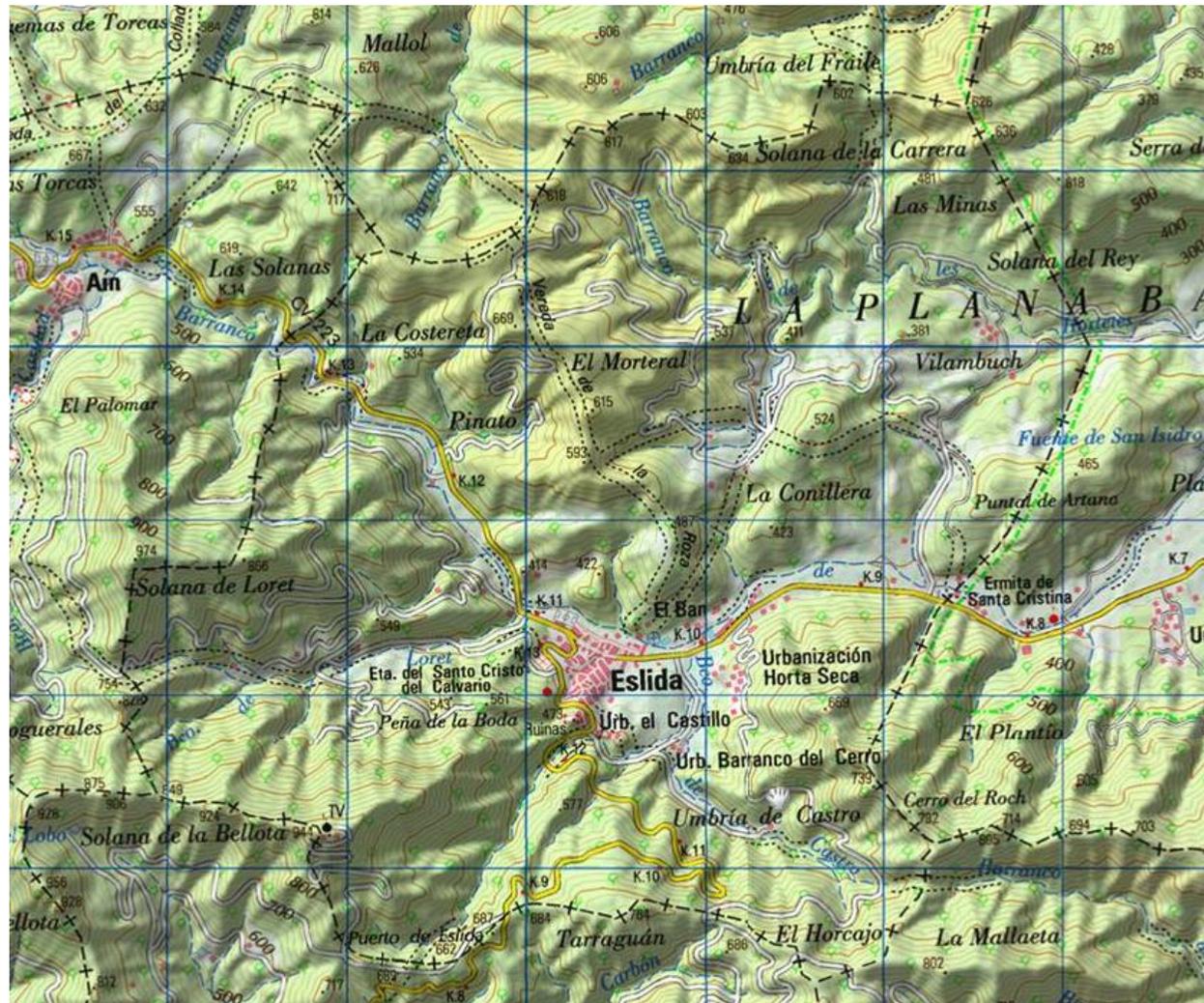


Figura 2. Mapa topográfico de la zona de Eslida (Visor IGN Instituto Geográfico Nacional)

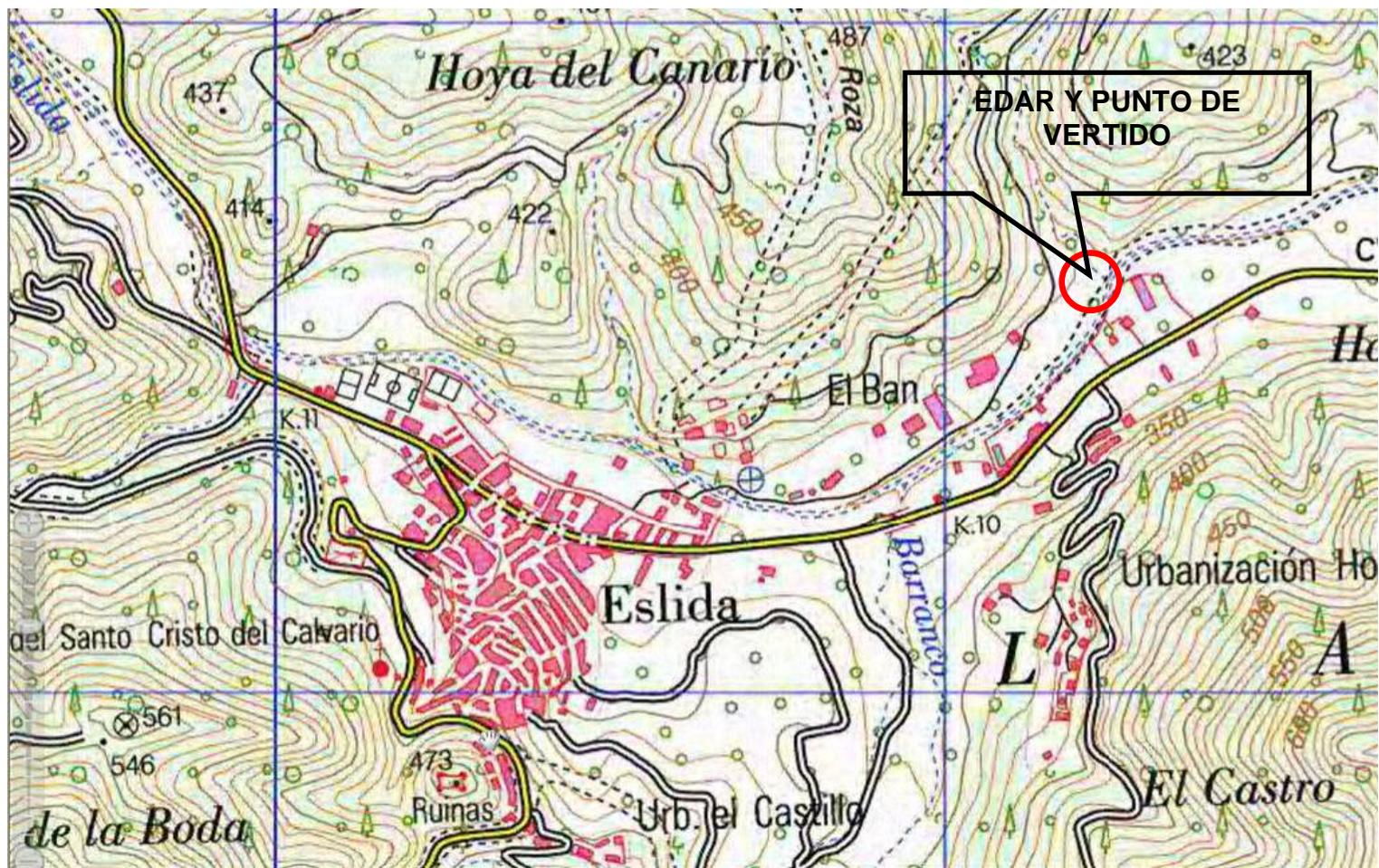


Figura 3. Situación de la EDAR y del punto de vertido sobre mapa topográfico (Visor IGN Instituto Geográfico Nacional)



Foto 2. Imagen aérea de la ubicación de la EDAR y del punto de vertido (Visor IGN Instituto Geográfico Nacional)

### **3.2 ORIGEN Y CLASIFICACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES GENERADAS**

La actividad generadora del vertido es el núcleo urbano de Eslida perteneciente a la comarca de La Plana Baja (Castellón).

El vertido objeto de estudio procede de la estación depuradora de aguas residuales (EDAR) de dicha localidad, desde donde se canalizan hasta el contiguo barranco de Castro.

Estas aguas son asimilables a urbanas, la mayoría de origen doméstico.



Foto 3. Imagen de la EDAR de Eslida (fotografía perteneciente a EPSAR).

### **3.3 DISPOSITIVOS DE DEPURACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROCESO**

Actualmente, el municipio de Eslida cuenta con una planta de tratamiento de las aguas residuales urbanas situada al este del término municipal, junto al barranco de Castro.

Según los datos expuestos en la página web de la EPSAR (Entitat de Sanejament d'Aigües de la Generalitat Valenciana), el volumen de vertido es el producido por un total de 1.612 he (habitantes equivalentes), es decir, del orden de 241 m<sup>3</sup>/día (2,8 l/s). No obstante, los datos del caudal de entrada a la planta en los años 2009 y 2010 varían entre los 462,6 m<sup>3</sup>/día de media de enero de 2009 (5,35 l/s) y los 157 m<sup>3</sup>/día de septiembre de 2010 (1,82 l/s). Estos datos, junto con los parámetros químicos del influente y efluente se adjuntan en el anejo correspondiente.

El proceso depurativo de la línea de agua consiste en un pretratamiento mediante reja de gruesos y un tamizado y un tratamiento secundario mediante aireación prolongada.

Por su parte la línea de fango consta de un espesador por gravedad y una deshidratación por filtro.

Con este sistema se consiguen unos rendimientos del 96% en los sólidos en suspensión , del 98% en la DBO<sub>5</sub> y del 96% en la DQO.

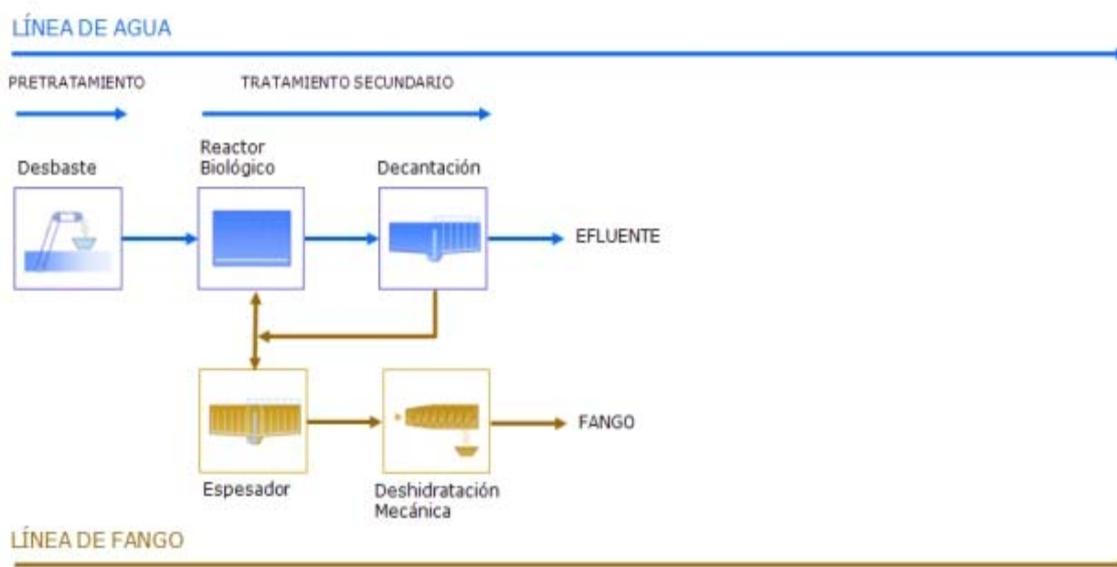


Figura 4: Esquema de las Fases del Tratamiento de las Aguas Residuales en la EDAR. (EPSAR. Entitat de Sanejament d'Aigües de la Generalitat Valenciana)

Las instalaciones principales de la planta depuradora se detallan a continuación:

### 1. Aliviadero de pluviales

Antes del entronque del colector principal de llegada existe un aliviadero de pluviales que permite limitar adecuadamente el caudal máximo afluente a la depuradora. Este aliviadero sirve a su vez como rebosadero del pozo de bombeo. El vertido se produce directamente al barranco de Castro, por su margen izquierdo en las siguientes coordenadas U.T.M. (Sistema de referencia ETRS89):

X: 731.117

Y: 4.418.369

## 2. Pozo de bombeo

Recoge las aguas de entrada a la depuradora además de diversos drenajes y vaciados de la propia EDAR. Tiene dos bombas idénticas que elevan el agua hasta el pretratamiento.

## 3. Desbaste de finos

El pretratamiento se encuentra elevado de forma que a partir del mismo las aguas fluyen por gravedad. El primer punto de tratamiento consiste en un rototamiz de 2,5-3 mm de luz de malla. Los residuos del mismo se depositan en bandeja escurridora y de allí son evacuados manualmente a un contenedor de residuos sólidos.

## 4. Medición y reparto de caudales entre la línea de invierno y la de verano

Debido a la notable variación poblacional que se produce en este municipio se ha previsto una doble línea de tratamiento, de invierno (35% del caudal) y de verano (65% del caudal). Mediante unos vertederos que permiten la medición del caudal influente se separan las aguas de entrada.

## 5. Aireación

Se han dimensionado los tanques de aireación para que pueda estar un tanque lleno y el otro vacío.

## 6. Decantación línea de verano

Decantador circular normal de 7,0 m de diámetro y 3 m de altura de lámina de agua sobre vertedero, con potente rascador circular y recogida de flotantes (fundamentalmente fangos y grasas) que se recirculan al pozo de bombeo. El vaciado del decantador se realiza al pozo de bombeo.

## 7. Decantación línea de invierno

Decantador tipo piramidal que facilita la recogida de fangos.

## 8. Desinfección del efluente

Se realiza desinfección mediante dosificación de hipoclorito.

## 9. Tratamiento de fangos

Se ha optado por este sistema por el escaso espacio disponible para la ejecución de la planta y por la comodidad del sistema. Para el secado de los fangos se emplean sacos filtrantes. Los fangos son correctamente floculados mediante la dosificación de polielectrolito.

Tras su deshidratación los fangos se pueden reutilizar en agricultura o depositarse en vertederos autorizados.

#### 10. Casetas tomamuestras

Existen dos casetas para los tomamuestras automáticos, una a la entrada y otra a la salida de las aguas, con dos compartimentos cada una (90x120 y 40x120 cm).

#### 11. Arqueta de salida

Antes de la evacuación del vertido final fuera de la planta de tratamiento éste pasará por una arqueta alicatada con baldosa cerámica de color claro, con un separador central, en donde se controlará la turbidez y se podrán tomar muestras.

#### 12. Punto de vertido

El vertido final es utilizado parcialmente para riego, por lo que o se vierte a una acequia para tal fin o en su defecto es canalizado hasta el barranco de Castro.

### **3.4 CARACTERIZACIÓN CUANTITATIVA Y CUALITATIVA DEL EFLUENTE**

La capacidad de depuración y las características químicas del agua bruta y del efluente de las instalaciones de Eslida en el mes de septiembre de 2010 se reflejan a continuación:

Datos de septiembre de 2010	Datos del influente a la EDAR	Datos del efluente de la EDAR*	Rendimiento (%)
Volumen mensual	4.710 m <sup>3</sup>	≈ 4.710 m <sup>3</sup>	
pH	7,65	7,53	
DQO	692 mg/l	30 mg/l	95,57
DBO <sub>5</sub>	292 mg/l	6 mg/l	97,92
SS	289 mg/l	7 mg/l	97,47
Nitrógeno total	65,26 mg/l	20,18	69,08
Fósforo total	6,54 mg/l	1,41 mg/l	78,44

En cualquier caso, tras el proceso depurativo el vertido deberá cumplir los límites exigidos en la reglamentación vigente:

- Directiva 91/271/CEE del Consejo, de 21 de mayo de 1991, sobre el Tratamiento de la Aguas Residuales Urbanas
- Orden de 13 de agosto de 1999, por la que se dispone la publicación de las determinaciones de contenido normativo del Plan Hidrológico de Cuenca del Júcar, aprobado por el Real Decreto 1664/1998, del 24 de julio.

En concreto, el artículo de la Orden de 13 de agosto dice:

***Con independencia de los condicionantes que en cada caso se establezcan a los efluentes de las depuradoras, para conseguir los objetivos de calidad fijados en los tramos de río, se establecen los siguientes requisitos mínimos, referidos a concentración o reducción de contaminantes en los tratamientos secundarios:***

Parámetro característico	Concentración en el efluente	Reducción en porcentaje
DBO <sub>5</sub> a 20° C sin nitrificación	25 mg/l.O <sub>2</sub>	70-90
DQO	125 mg/l.O <sub>2</sub>	75
S.S.	35 mg/l (> 10.000 h-e)	90
S.S.	60 mg/l (2.000-10.000 h-e)	70

***Asimismo, se establecen los siguientes requisitos para los vertidos a zonas sensibles:***

Parámetro característico	Concentración en el efluente	Reducción en porcentaje
P	2 mg/l (10.000-100.000 h-e) 1 mg/l (> 100.000 h-e)	80
N. total	15 mg/l (10.000-100.000 h-e) 10 mg/l (> 100.000 h-e)	70-80

### 3.5 SISTEMA DE ELIMINACIÓN DEL VERTIDO

Tal como se explica en el apartado 3.3, tras el tratamiento por aireación prolongada en el reactor biológico y una decantación secundaria, el vertido es canalizado hasta el barranco de Castro mediante tubería de PVC desde el extremo sureste de la planta de tratamiento.

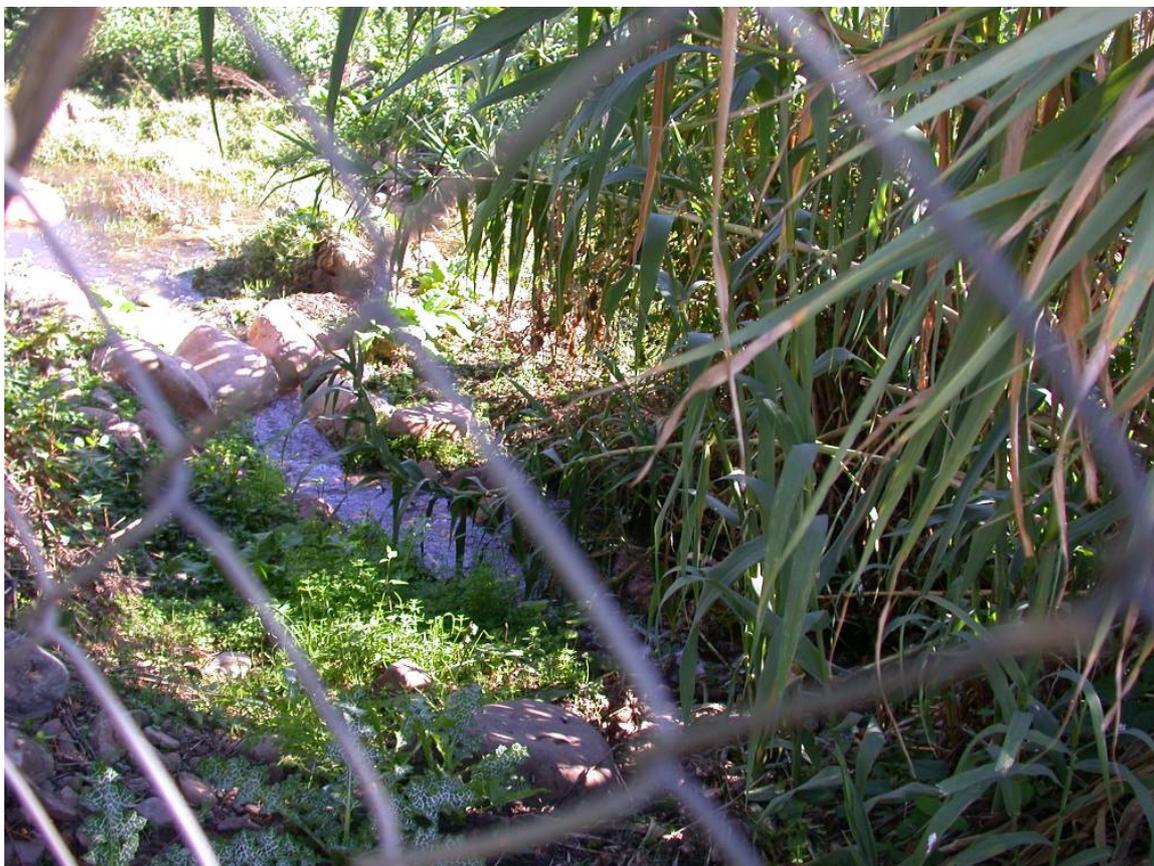


Foto 4 . Imagen de detalle del punto de vertido desde la EDAR



Fotos 5 y 6. Imágenes de detalle del punto de vertido y del efluente generado en el barranco de Castro



#### 4 MEDIO FÍSICO

Desde el punto de vista fisiográfico, la zona de estudio presenta una topografía abrupta. De hecho la población de Eslida, es una de las 19 que quedan dentro de los límites del denominado Parque Natural de la Sierra de Espadán.

Este parque se sitúa al sur de la Provincia de Castellón, en el extremo suroriental del Sistema Ibérico, entre las comarcas del Alto Mijares, Alto Palancia y la Plana Baixa y discurre entre las cuencas de los ríos Mijares y Palancia.

Su superficie abarca unas 31.180 Ha y se caracteriza por un modelado de agudas crestas y lomas suaves que por su proximidad al mar permite desniveles de más de 1.000 m, desde la costa hasta los 1.083 del pico Espadán o los 1.106 m s.n.m. del pico de la Rápita.

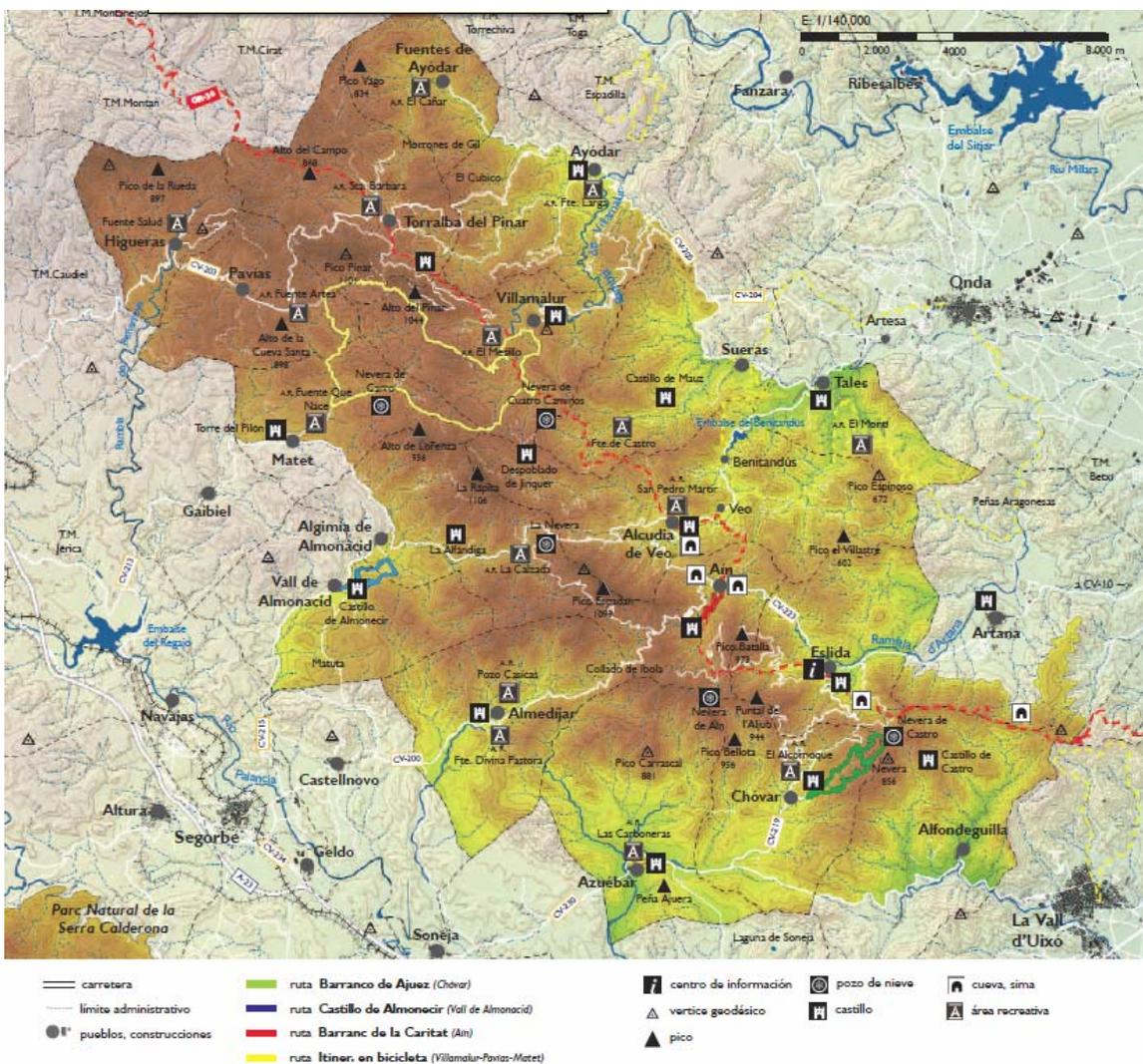


Figura 5 Parque Natural de la Sierra de Espadán (Extraído de la página web de la Conselleria de Medio Ambiente, Agua, Urbanismo y Vivienda de la Generalitat Valenciana)

El casco urbano de Eslida está rodeado de elevaciones como el cerro del Roch (739 m s.n.m.), el Puntal de Artana (465 m s.n.m.) o La Creu (636 m s.n.m.), que marcan sus límites municipales por el este, o los altos de la Solana de la Carrera, con cotas por encima de los 600 m s.n.m., en su margen septentrional. Por el oeste destaca el pico de la Solana de Lloret, que alcanza ya los 974 m s.n.m., mientras que por el sur, los altos de Tarraguán y de la Solana de la Bellota, con elevaciones entre los 600 y los 849 m s.n.m. marcan la frontera con el vecino municipio de Chóvar.



Foto 7. Panorámica desde el alto de Eslida

El barranco de Castro, que corta de oeste a este el término municipal, recoge las aguas de los barrancos que drenan el término municipal de Aín, situado al oeste y de los de Loret y Castro, en el margen meridional. Aguas abajo, ya en término de Artana, recibe también los aportes del barranco de les Hortetes, que drena la vertiente sur de la mencionada Solana de la Carrera.



Foto 8. Barranco de Castro a su paso por Eslida



## **5 GEOLOGÍA**

Geológicamente el área de trabajo se ubica en la hoja de la serie MAGNA nº 640 (29-25) de Segorbe y los principales afloramientos corresponden a materiales del Triásico (Buntsandstein, Muschelkalk y Keuper) y Jurásico, con algunas áreas recubiertas por depósitos más recientes, como el barranco de Castro.

Esta zona pertenece al dominio de la Cordillera Ibérica, más concretamente a su parte suroriental.

Los elementos estructurales predominantes son las fallas, aunque también se dan fases de plegamiento. Se han descrito tres fases de deformación que no están bien datadas.

La primera es una fase de plegamiento con dirección NO-SE, caracterizada por la pizarrosidad con plano axial de igual rumbo. Esta fase dio lugar a un conjunto de pliegues-falla acompañados de otros más suaves y amplios. El estilo tectónico se define como de tipo germánico, más concretamente eyectivo.

La segunda fase es subortogonal a la anterior. Al interferir con la primera dio lugar a un conjunto de domos y cubetas, articulados por dos sistemas de fracturación con direcciones NO-SE y NE-SO, este último desarrollado con posterioridad en esta segunda época de plegamiento.

Finalmente se da una época de reajuste y fracturación en la que se reactivaron antiguas fallas que bascularon los materiales miocenos del sinclinatorio de Segorbe y marcaron aún más el mosaico de bloques originado por la interferencia de los dos sistemas de fracturación perpendiculares.

### **5.1 SERIE LITOESTRATIGRAFICA DEL ÁREA**

A continuación se describe la serie estratigráfica del área por orden cronológico decreciente, de más antiguo a más moderno.

#### **5.1.1 Triásico**

- **Buntsandstein (Tb)**

Se compone de tres tramos:

##### Buntsandstein Inferior (Tb<sub>1</sub>)

Se trata de una alternancia de areniscas, limolitas y arcillitas de tonalidades grisáceas las primeras y rojizas las segundas, en cuya base se presenta un tramo conglomerático silíceo muy consistente.

Todo el conjunto descansa discordantemente sobre un substrato paleozoico. Su espesor es difícil de determinar con precisión por efecto de la tectónica, pero se considera superior a los 200 m.

### Buntsandstein Medio (Tb<sub>2</sub>)

Consta esta formación de un único tramo de areniscas silíceas (cuarzoarenitas) de hasta 200 m de potencia en algunos puntos, con alguna esporádica y discontinua intercalación limolítica y alguna pasada conglomerática en su base de escasa potencia; su tonalidad varía entre pardo-rojiza a colores claros ocre-blanquecinos.

### Buntsandstein Superior (Tb<sub>3</sub>)

Es una formación muy similar en su composición al tramo inferior (Tb<sub>1</sub>). Su espesor puede variar notablemente de unos sectores a otros, aunque en la zona de estudio es del orden de 160 m. Culmina la serie un tramo de materiales terrígenos abigarrados y laminados (Facies Röt) de 20-30 m de potencia. Este tramo arcilloso destaca por sus tonalidades versicolores de ocre verdosos a rojizos y violáceos y da paso a los materiales carbonatados del Muschelkalk.



Foto 9. Detalle del contacto invertido entre las calizas del Muschelkalk inferior (Tm<sub>1</sub>) y las facies Röt de transición al Buntsandstein superior (Tb<sub>3</sub>)

- **Muschelkalk (Tm)**

Está constituido por cuatro tramos cuyas características se citan a continuación:

#### Muschelkalk Inferior (Tm<sub>1</sub>)

Lo constituye una sucesión de dolomías y calizas en bancos bien definidos, de 0,2 m a 1 m de grosor que presentan en superficie una alternancia de tonalidades ocres y grises de oxidación. Debido a los procesos de alteración y meteorización sufridos, no se reconocen niveles evaporíticos en los tramos más superficiales o aflorantes, si bien, sí se hallan en el subsuelo, intercalados entre las dolomías descritas.

La serie puede dividirse en tres tramos.

El inferior está constituido por dolomías brechoides y margocalizas gris verdosas con algunos niveles karstificados rojizos y niveles o intercalaciones de yesos. Estas intercalaciones son más abundantes hacia la base. Su potencia es del orden de los 60-80 m .

El medio está formado por dolomías o calizas margosas gris-verdosas de unos 30 m de espesor.

El superior está compuesto básicamente por dolomías grises y oscuras y algún tramo rojizo más karstificado y fracturado. Pueden existir también calizas micríticas y alguna marga.

Su potencia total está comprendida entre 100-110 m.

#### Muschelkalk Medio (Tm<sub>2</sub>)

Entre los dos tramos carbonatados del Triásico Medio que resultan característicos del denominado Trías Mediterráneo, en esta región, se desarrolla una formación predominantemente margosa y limoso-arenosa con intercalaciones de lutitas, carbonatos y ocasionalmente yeso. Su espesor, siempre difícil de medir en la zona de estudio, se aproxima a los 50 m.

Predominan los tonos amarillentos, ocres y en ocasiones, también rojizos y violáceos.

#### Muschelkalk Superior (Tm<sub>3</sub>)

Esta formación corresponde a la barra carbonatada superior del Trías Mediterráneo. Su potencia varía entre los 100 y los 150 m aunque no se ha podido determinar con exactitud debido a la intensa fracturación existente . Está formada por una monótona sucesión de dolomías laminadas negras con abundantes signos de bioturbación.

#### Muschelkalk Superior (Tm<sub>4</sub>)

Los niveles dolomíticos del Tm<sub>3</sub> pasan gradualmente a techo a una sucesión de calizas y margas en bancos bien definidos de carácter biodetrítico, entre las que comienzan a intercalarse poco a poco niveles lutíticos que dan paso a las formaciones del Keuper. Su espesor es indeterminado aunque se estima en unos 20-30 m.

- **Keuper (Tk)**

La sedimentación triásica culmina con las formaciones lutíticas y evaporíticas del Keuper.

Sobre los materiales carbonatados del Muschelkalk se desarrolla un potente conjunto de unidades litoestratigráficas predominantemente arcillosas y evaporíticas, entre las que se intercalan en menor proporción, areniscas, margas y ocasionales niveles dolomíticos. Existen intrusiones de rocas ofíticas en puntos localizados.

Este conjunto de materiales clásicamente conocidos como Keuper ha jugado un papel fundamental en la evolución tectónica de la sierra de Espadán y La Calderona, debido a su comportamiento plástico incompetente, ya que ha actuado como nivel regional de despegue en cabalgamientos y mantos de corrimiento y como nivel disarmónico y amortiguador entre el zócalo paleozoico-triásico fracturado y la cobertera postríásica plegada, además de otra serie de procesos geodinámicos de carácter diapírico, intrusivo, isostático y erosivo.

Este conjunto de características dificulta enormemente el reconocimiento detallado y el estudio estratigráfico de los materiales de esta serie, casi siempre laminados, apilados, violentamente deformados y además alterados en superficie o cubiertos.

### **5.1.2 Jurásico**

Los terrenos de esta edad ocupan una extensión superficial bastante menor que los del Triásico y de hecho en el área de estudio apenas afloran en los altos de El Morteral y El Puntal de Artana. Su potencia es muy difícil de establecer debido a que los afloramientos se encuentran completamente dislocados por fracturas y cabalgamientos, de forma que no se puede observar la serie completa. Gran parte de los materiales jurásicos del área están en contacto mecánico con las formaciones triásicas infrayacentes, debido a causas tectónicas que han dado lugar a procesos de corrimiento, migración y laminación, motivados por la presencia de los materiales plásticos e incompetentes del Keuper. Como consecuencia de estos fenómenos, la mayoría de los afloramientos jurásicos, ocupan posiciones alóctonas y/o pueden faltar por causas tectónicas.

- **Lías(J<sub>1</sub>)**

Los materiales pertenecientes al Jurásico Inferior se caracterizan por estar compuestos principalmente de carniolas, calizas dolomíticas y dolomías de aspecto masivo, estas últimas con mayor frecuencia a muro, se corresponden con la formación Carniolas de Cortes de Tajuña (J<sub>11</sub>).

Dicha formación se haya constituida por un paquete de rocas carbonatadas que se disponen mal estratificadas en bancos gruesos o masivos, oquerosos, de tonos grises en superficie. Su potencia se estima entre 50 y 100 m.

Sobre las Carniolas de la Fm Cortes de Tajuña se dispone un conjunto de rocas carbonatadas, estratificadas normalmente en bancos gruesos o medios, que corresponden a la Formación Calizas y Dolomías Tableadas de Cuevas Labradas (J<sub>12</sub>). Generalmente predominan las calizas, aunque en algunos puntos las dolomías pueden representar un volumen importante dentro del conjunto. El espesor aproximado es de unos 120-140 m, si bien puede variar entre 60 y 200 m.

Sobre esta última formación se asienta un conjunto de materiales que forman el denominado Grupo de Ablanquejo (J<sub>13</sub>), constituido a su vez por las siguientes formaciones:

- Fm Margas grises del Cerro del Pez (puede faltar).
- Fm Calizas bioclásticas de Barahona.
- Fm Alternancia de Margas y Calizas del Turmiel.

Este grupo en la zona de Sagunto posee una potencia de unos 30 m.

### • **Jurásico Medio (J<sub>2</sub>)**

Normalmente el tránsito al Jurásico medio se produce mediante una discontinuidad de primer orden. En general todos los depósitos correspondientes al Jurásico medio quedan agrupados dentro de una gran unidad, la Fm. Carbonatada de Chelva. Se pueden distinguir dos grandes conjuntos de facies, uno compuesto por calizas micríticas con filamentos y otro gran conjunto al que se ha denominado “oolítico-dolomítico”, pero que puede contener otros tipos de rocas carbonatadas.

En el área de Sagunto (Gómez-1978), la potencia de esta formación es de unos 150 m.

### • **Jurásico Superior (J<sub>3</sub>)**

Al igual que ocurre con el tránsito Lías-Jurásico medio, el contacto entre el Jurásico Medio y el Superior se realiza mediante una importante discontinuidad.

Desde el punto de vista litoestratigráfico en el Jurásico superior se distinguen cuatro unidades. La más inferior es el Miembro Calizas con esponjas de Yátova, que constituye a su vez la unidad superior de la Fm Carbonatada de Chelva, por encima se encuentra un nivel guía importante, la Fm Margas de Sot de Chera, a la cual se superpone una unidad alternante, la Fm Ritmita

calcárea de Lorigilla, para terminar con la Fm Calizas con oncolitos de Higuieruelas.

El espesor total del Jurásico superior aflorante en la zona de Sagunto es de unos 50 m.

- **Tránsito Jurásico-Cretácico y Cretácico (JC)**

El tránsito Jurásico-Cretácico abarca parte del Kimmeridgiense Superior. Está formado por calizas en bancos decimétricos con abundantes niveles bioclásticos, oolitos y grandes gasterópodos. Se observan también fenómenos de dolomitización.

A techo se depositan mediante una discordancia erosiva, los sedimentos cretácicos en facies Weald y margas y calizas del Hauteriviense-Barremiense.

Estos depósitos sólo afloran al norte de la sierra de Espadán.

### **5.1.3 Cuaternario**

Para finalizar con el apartado de estratigrafía podemos mencionar los afloramientos de materiales del Cuaternario, que describen una amplia variedad genética, correspondiendo por lo general a depósitos de pie de monte, depósitos aluviales, mantos de arroyada, etc. Litológicamente están constituidos por gravas, arenas, limos, arcilla y conglomerados de matriz limoso-arcillosa.

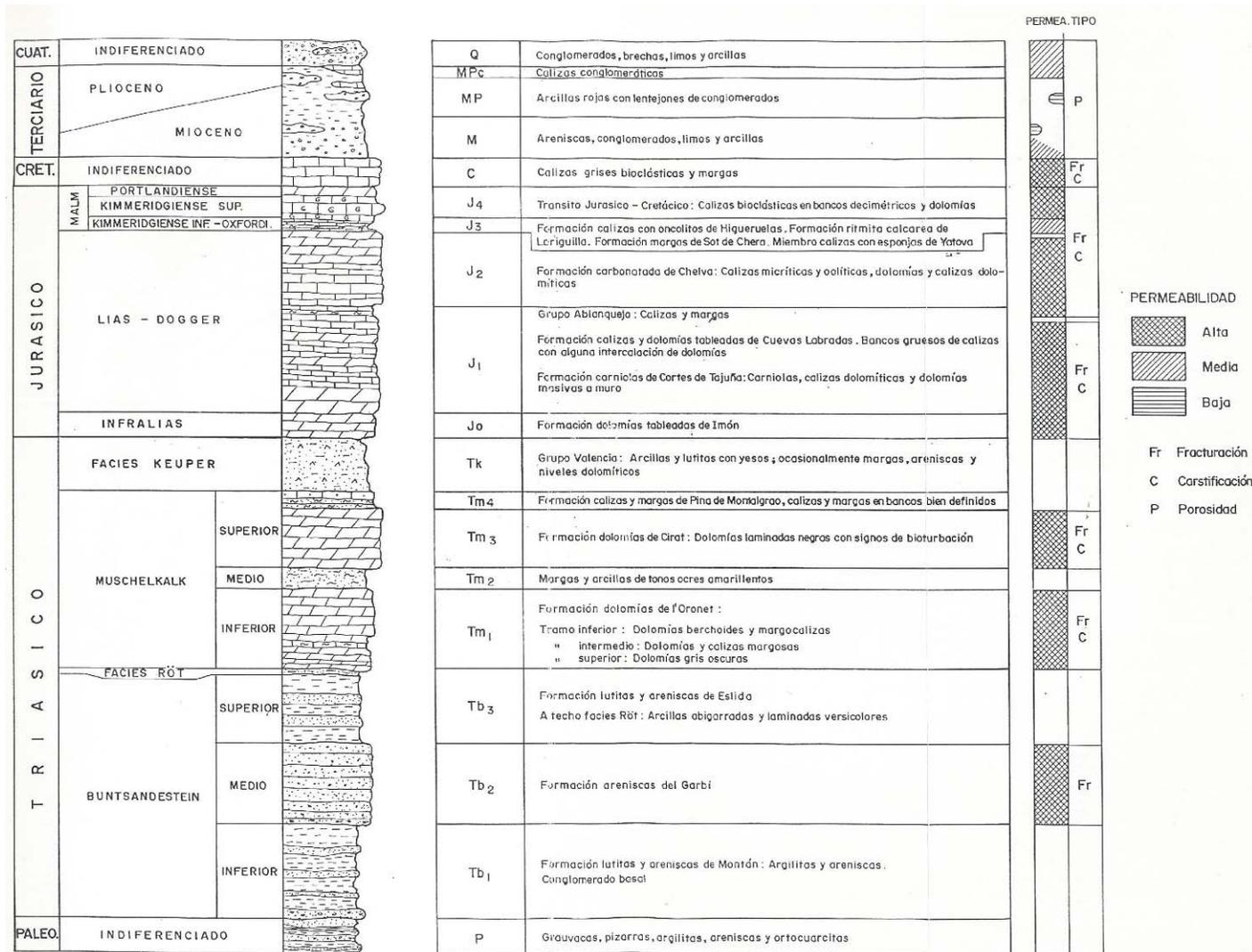


Figura 6: Serie estratigráfica de síntesis de la Sierra de Espadán (IGME-DPC (1995). Evaluación de la garantía de abastecimiento a núcleos urbanos con aguas subterráneas en la provincia de Castellón. Sistemas acuíferos de Onda, Medio Palancia y Sierra de Espadán)



## **5.2 CARTOGRAFÍA GEOLÓGICA**

Se toma como base cartográfica hidrogeológica de la zona, la realizada en 1995 por el IGME y la DPC y que se incluye en el proyecto titulado “Evaluación de la garantía de abastecimiento a núcleos urbanos con aguas subterráneas en la provincia de Castellón. Sistemas acuíferos de Onda, Medio Palancia y Sierra de Espadán”.



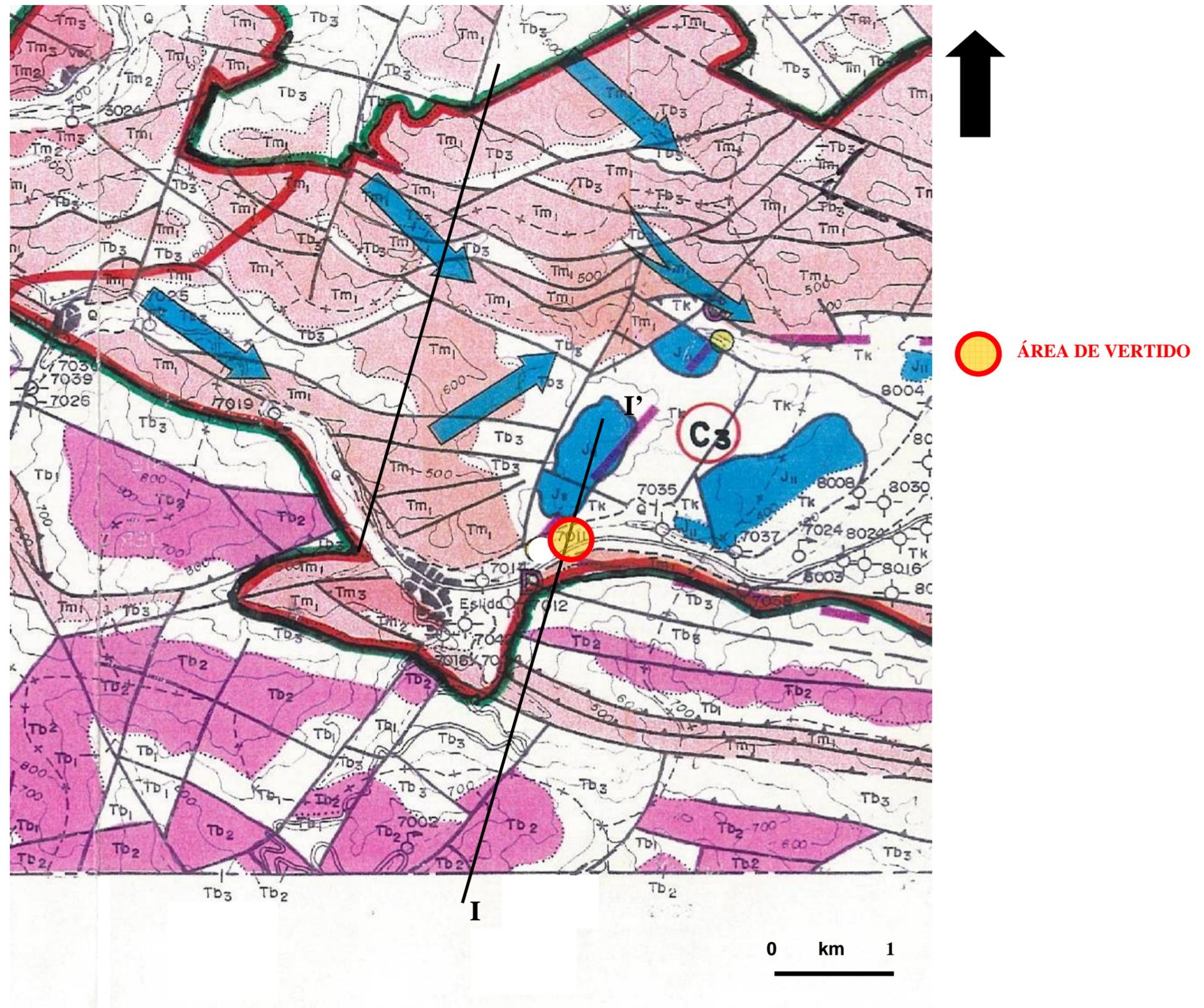


Figura 7: Mapa hidrogeológico del área de estudio (IGME-DPC. 1995)



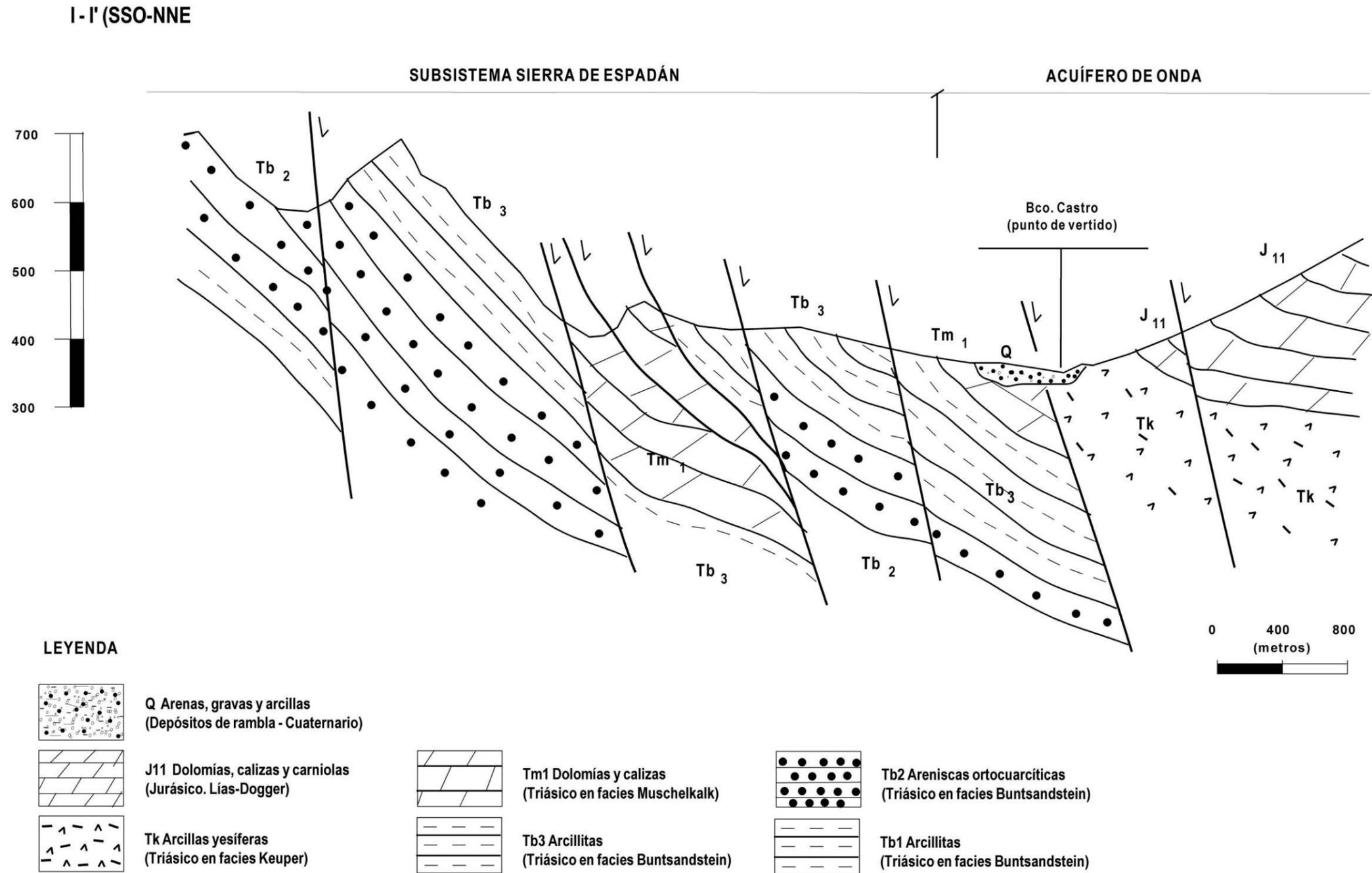


Figura 8: Corte II-II' (IGME-DPC. 1995)



### **5.3 TECTÓNICA**

El área de estudio se ubica en el extremo suroriental de la Cordillera Ibérica y sus rasgos tectónicos más representativos son la presencia de fracturas y fallas.

Se han producido dos fases de plegamiento y fracturación. La primera, de dirección ibérica (NO-SE), está caracterizada por una pizarrosidad de plano axial de igual rumbo. El conjunto de pliegues-falla acompañados de otros más suaves y amplios es de tipo germánico (eyectivo). Los anticlinales, están fracturados por su núcleo y flancos y originan sinclinales adyacentes en cofre.

Una segunda fase de plegamiento y fracturación, de dirección "catalánide" (NE-SO), es decir, perpendicular a las estructuras ibéricas, originó el desarrollo de domos y cubetas.

Todos estos movimientos quedan patentes en en las principales estructuras tectónicas del área, que de sur a norte son, el sinclinorio de Segorbe, el anticlinorio de Espadán y el anticlinal de Higueras.

- Sinclinorio de Segorbe

Se trata de una depresión morfológica que llega hasta Sagunto en la que los materiales del Mesozoico y Paleógeno forman un sinclinal, fosilizado parcialmente por depósitos neógenos.

Este sinclinorio está formado por pequeños pliegues , poco lineales en su dirección debido a que flotan sobre los materiales plásticos del Keuper.

- Anticlinorio de Espadán

Se trata de dos estructuras anticlinales entre las que se intercala un sinclinal roto por una falla inversa, lo que origina un pliegue-falla. Los materiales abarcan exclusivamente desde el Buntsandstein inferior al Muschelkalk y están afectados por una pizarrosidad de plano axial muy neta, de dirección ONO-ESE, más evidente en los tramos bajos de la serie y por la actuación de dos sistemas predominantes de fracturación, uno de dirección ONO-ESE y otro, posterior, de dirección NNE-SSO.

El anticlinal septentrional, en forma de rodilla, está afectado por numerosas fallas de gravedad tanto en su núcleo como en su flanco norte, que corresponde al área de mayor flexión. Termina periclinalmente hacia el oeste, al norte de la localidad de Algimia de Almonacid. Al este, en el entrono de Villavieja, sin embargo, es fosilizado por materiales cuaternarios pertenecientes a la Plana de Castellón.

El eje de este anticlinal presenta fuertes cabeceos que llegan casi a romper la estructura general dándole un aspecto de domos alargados en rosario.

El sinclinal intermedio se halla roto por una falla inversa de 60-70° de buzamiento al N.

El anticlinal meridional, por su parte, es más bien una alineación anticlinal de dirección ONO-ESE, de domos alargados entre los que se intercalan pequeñas cubetas.

- Anticlinal de Higueras

Esta estructura se sitúa al noroeste del área de estudio. Se caracteriza porque en su núcleo afloran materiales del Paleozoico, afectados por dos pizarrosidades, una subhorizontal de dirección NO-SE y otra subvertical del mismo rumbo. El Paleozoico aflora como un horst de dirección NO-SE, roto como un mosaico al verse afectado por fallas de dirección NE-SO. El horst, contacta al noroeste, mediante falla, con materiales jurásicos que forman parte del flanco oriental de un gran sinclinal de dirección N-S. Mientras que en su flanco norte se desarrolla un pliegue-falla al quedar fracturado en su núcleo el sinclinal existente por una falla inversa de vergencia SO.

Entre el anticlinorio de Espadán y el horst paleozoico existe un sinclinal de dirección NO-SE constituido por depósitos del Muschelkalk.

## **6 MARCO HIDROGEOLÓGICO**

La última delimitación hidrogeológica de los acuíferos ha sido la realizada por las distintas confederaciones hidrográficas en las conocidas como Masas de Aguas Subterráneas. Según esta nueva clasificación, el área de estudio se ubica dentro de la MAS 080.126 “Onda-Espadán”.

No obstante, atendiendo a la antigua clasificación en sistemas y subsistemas acuíferos, se puede indicar que la zona de trabajo se sitúa a caballo entre los denominados Subsistemas de Onda (56.05) y Sierra de Espadán (56.08). Que fueron analizados en el proyecto realizado entre el Instituto Geológico y Minero de España (IGME) y la Excm. Diputación Provincial de Castellón (DPC) en 1995 bajo el título “Evaluación de la garantía de abastecimiento a núcleos urbanos con aguas subterráneas en la provincia de Castellón. Sistemas acuíferos de Onda, Medio Palancia y Sierra de Espadán”.

El vertido se produce en concreto dentro del subsistema de Onda que será analizado en profundidad a continuación.

### **6.1 FORMACIONES HIDROGEOLÓGICAS**

Las formaciones que constituyen en estos subsistemas niveles permeables son aquéllas que presentan permeabilidades secundarias y/o están fuertemente karstificadas o fracturadas.

Las formaciones más productivas son las del Buntsandstein medio (Tb<sub>2</sub>), Muschelkalk inferior (Tm<sub>1</sub>), Muschelkalk superior (Tm<sub>3</sub>) y Lías (J<sub>1</sub>).

#### **Areniscas del Buntsandstein (Tb<sub>2</sub>)**

Son el nivel acuífero más productivo del Subsistema Sierra de Espadán (56.08). Presentan cierta porosidad intergranular en niveles de arenas poco consolidadas, aunque su mayor permeabilidad se debe a que con frecuencia se encuentran intensamente fracturadas y fisuradas.

#### **Dolomías y calizas del Muschelkalk inferior (Tm<sub>1</sub>)**

Junto con las calizas y dolomías del tramo superior del Muschelkalk (Tm<sub>3</sub>), constituyen los niveles acuíferos más productivos del subsistema de Onda (56.05) y Medio Palancia (56.06). Presentan alta permeabilidad por fracturación y karstificación.

### Dolomías del Muschelkalk superior (Tm<sub>3</sub>)

Al igual que el Tm<sub>1</sub> es uno de los niveles acuíferos más productivos del subsistema de Onda (56.05) y Medio Palancia (56.06). Presentan permeabilidad alta por fracturación y karstificación. Este nivel permeable es explotado con gran éxito por diversos sondeos realizados en la zona de estudio.

### Calizas y dolomías del Jurásico inferior (J<sub>1</sub>)

Son materiales de elevada permeabilidad por la intensa fracturación y karstificación. Sin embargo, dada su situación estructural en el área de trabajo, muchas veces elevada respecto al nivel piezométrico regional, no suelen dar lugar a acuíferos importantes.

### Conglomerados, gravas y arenas del Terciario (Mioceno)

Presentan permeabilidad baja-media por porosidad (sedimentos detríticos). No tienen interés como acuífero en la zona que nos ocupa. Niveles (MPc) en la cartografía.

### Conglomerados, gravas y arenas de Cuaternario(Q)

Muestran permeabilidad baja-media por porosidad (sedimentos detríticos). No tienen interés como acuífero en la zona de estudio.

En la columna adjunta (Figura nº 6), se indican los tramos de la serie que potencialmente pueden presentar permeabilidades altas por fracturación y/o karstificación y en consecuencia dar lugar a acuíferos.

Por su parte, los tramos impermeables más importantes en la zona son, de muro a techo, los siguientes:

- Pizarras y esquistos del Paleozoico (P).
- Argilitas y areniscas del tramo del Buntsandstein inferior (Tb<sub>1</sub>).
- Argilitas y areniscas del tramo del Buntsandstein superior (Tb<sub>3</sub>).
- Arcillas y margas del Muschelkalk medio (Tm<sub>2</sub>).
- Arcillas, margas y yesos del Keuper (TK).
- Limolitas, margas y arcillas del Terciario (T).

Estos niveles impermeables se sitúan a techo y muro de las formaciones que dan lugar a los acuíferos. Así, el Tb<sub>1</sub> y Tb<sub>3</sub> constituyen los impermeables de muro y techo respectivamente del tramo arenoso del Buntsandstein Medio (Tb<sub>2</sub>). El Tb<sub>3</sub> y Tm<sub>2</sub> son igualmente los impermeables de muro y techo del Muschelkalk Inferior (Tm<sub>1</sub>). Finalmente el propio Muschelkalk medio (Tm<sub>2</sub>) y las

arcillas de las facies Keuper (Tk) son los impermeables de base y techo del Muschelkalk superior (Tm<sub>3</sub>).

Sin embargo, debido a la intensa tectonización del área de trabajo en particular y de toda la Sierra del Espadán en general, es frecuente que los diferentes tramos descritos, en especial los correspondientes al Muschelkalk, estén conectados hidráulicamente entre sí, dando lugar a un mismo acuífero.

## **6.2 SUBSISTEMA DE ONDA (56.05)**

En este subsistema se sitúa el punto de vertido.

Características geométricas

Este subsistema ocupa una superficie de 230 km<sup>2</sup>. Se sitúa inmediatamente al Oeste de la Plana de Castellón.

Es un área montañosa, con cotas comprendidas entre 160 m s.n.m. en su borde oriental y 900 m s.n.m. en los sectores más occidentales. La drenan los ríos Mijares, Veo y Seco.

Sus límites hidrogeológicos se definen al sureste por los afloramientos del muro impermeable (arcillitas del Buntsandstein superior) de los anticlinorios septentrionales de la Sierra del Espadán e Higueras; hacia el este limita con la Unidad Hidrogeológica de la Plana de Castellón, formada por materiales pliocuaternarios; y al norte con los materiales jurásicos y cretácicos del vecino Subsistema Acuífero de Javalambre, que afloran inmediatamente al norte del río Mijares, y que están separados hidráulicamente de la formación acuífera del Muschelkalk por los materiales impermeables del Keuper.

En función de las características hidrogeológicas se diferenciaron en el estudio de 1995 (IGME-DPC) los siguientes acuíferos y sectores acuíferos:

- Acuífero de Onda.
- Acuífero de Ahín-Villavieja. Dividido a su vez en los sectores acuíferos de Bechí, Central y de Artana (donde se realiza el vertido).
- Acuífero de Alcudia de Veo.
- Acuífero de Torrechiva-Sueras.

Características litológicas

Hidrogeológicamente los niveles permeables presentes quedan constituidos por la barra dolomítica inferior del Tm<sub>1</sub>, de un espesor medio de unos 100 m y la superior (Tm<sub>3</sub>) de unos 70 m, separadas por un nivel impermeable margoso (Tm<sub>2</sub>). No obstante, con frecuencia ambos tramos están en contacto mecánico y constituyen un único acuífero cuyo impermeable de base son las arcillitas del Buntsandstein superior (Tb<sub>3</sub>).

## Funcionamiento hidrogeológico

El funcionamiento hidráulico presenta una elevada complejidad producida por la intensa compartimentación existente; ya sea por motivos tectónicos o por la aparición de numerosos domos impermeables de arcillitas del Buntsandstein que impiden total o parcialmente la continuidad del flujo hídrico. Esto se refleja en los datos piezométricos, en los que se observan gradientes hidráulicos muy elevados (>1%), aparentemente contradictorios con la transmisividad que pueden alcanzar estos materiales, normalmente comprendidas entre 200 y 400 m<sup>2</sup>/día.

El nivel piezométrico varía los 600 m s.n.m. en el extremo occidental del subsistema y valores próximos a 10 m s.n.m. en los límites con la Plana de Castellón.

En el estudio realizado por IGME-DPC en 1995, el análisis de la piezometría permite diferenciar tres sectores de comportamiento hidráulico individualizado.

Un sector septentrional, situado al norte de Fuentes de Ayódar, en el que el drenaje parece efectuarse en dirección noroeste hacia el río Mijares, que recibe aportes significativos entre Montanejos y Arañuel; Cirat y Torrechiva, y Toga y Fanzara a una cota variable entre 400 y 250 m s.n.m. Un sector Central, ubicado al Sur del anterior, que ocupa los términos de Torralba del Pinar, Villamalur y Ayódar y drena a través del Manantial de Ayódar, a una cota de 620 m s.n.m. y un sector suroriental, situado al Sureste de los anteriores y cuya piezometría pone de manifiesto la existencia de una divisoria de aguas a la altura de Alcudia de Veo, por lo que el drenaje se efectúa hacia Onda y hacia la Plana de Castellón, entre el Sur de Bechí y Villavieja.

Superpuesto al Subsistema, pero desconectado del contexto hidrogeológico regional, se encuentra el acuífero de Torrechiva-Sueras constituido por los términos inferiores del Jurásico (Lías Inferior y Medio esencialmente), que con una disposición subtabular se extiende entre dichas localidades, ocupando una superficie próxima a los 20 km<sup>2</sup>. Sus límites quedan perfectamente definidos por las arcillas y margas del Keuper que individualizan los materiales jurásicos de los acuíferos que constituyen los materiales del Muschelkalk.

## Balance hídrico

Además de la descarga por extracciones cabe citar la existencia de surgencias de relativa entidad, casi todas ellas situadas en el interior del subsistema, ligadas a afloramientos del substrato impermeable. Destacan los manantiales de Sueras situados a lo largo del Bco. de Castro (Fuente Monte Castro, Fte. Avellaner, Fte. Castillos, Fte. Bocamina y Fte. del Río), que drenan entre los 560 y los 310 m s.n.m. y que pueden sumar caudales superiores a los 100 l/s. y otros de menor importancia como los existentes en las proximidades de Alcudia de Veo, con caudales que no superan los 50 l/seg en épocas húmedas. Es igualmente destacable que ningún manantial significativo se sitúa en las proximidades del tramo margoso intermedio del Muschelkalk (Tm2), lo que

demuestra que ambos niveles permeables Tm1 y Tm3 forman un solo conjunto acuífero.

El funcionamiento hidráulico del Subsistema puede sintetizarse en el siguiente balance medio 1948-1983 (ITGE. 1985):

ENTRADAS (hm <sup>3</sup> /año)	
Infiltración del agua de lluvia	30
SALIDAS (hm <sup>3</sup> /año)	
Emergencias	8
Salidas al río Mijares	17
Transferencias a Plana de Castellón	2
Bombeos	3
Total salidas	30

#### Hidroquímica

La calidad química de las aguas de este subsistema es muy variable depende de las zonas y de su origen, manantiales o sondeos.

Las aguas de manantiales, normalmente de mejor calidad, presentan residuos secos entre 400 y 600 mg/l y todos sus parámetros suelen estar por debajo de los límites fijados por la Reglamentación Técnica Sanitaria para aguas de consumo humano. La facies predominante es bicarbonatada cálcica, aunque en algunas ocasiones se presentan contenidos elevados en sulfatos y magnesio. En estos casos las aguas son de facies bicarbonatado-sulfatado cálcico-magnésicas.

Las aguas de captaciones, sin embargo, fundamentalmente las que atraviesan los niveles evaporíticos del Muschelkalk medio, o mineralizaciones de pirita, pueden alcanzar altas concentraciones en sales (sulfatos, cloruros, sodio, etc) y presentar facies sulfatadas-cálcicas.



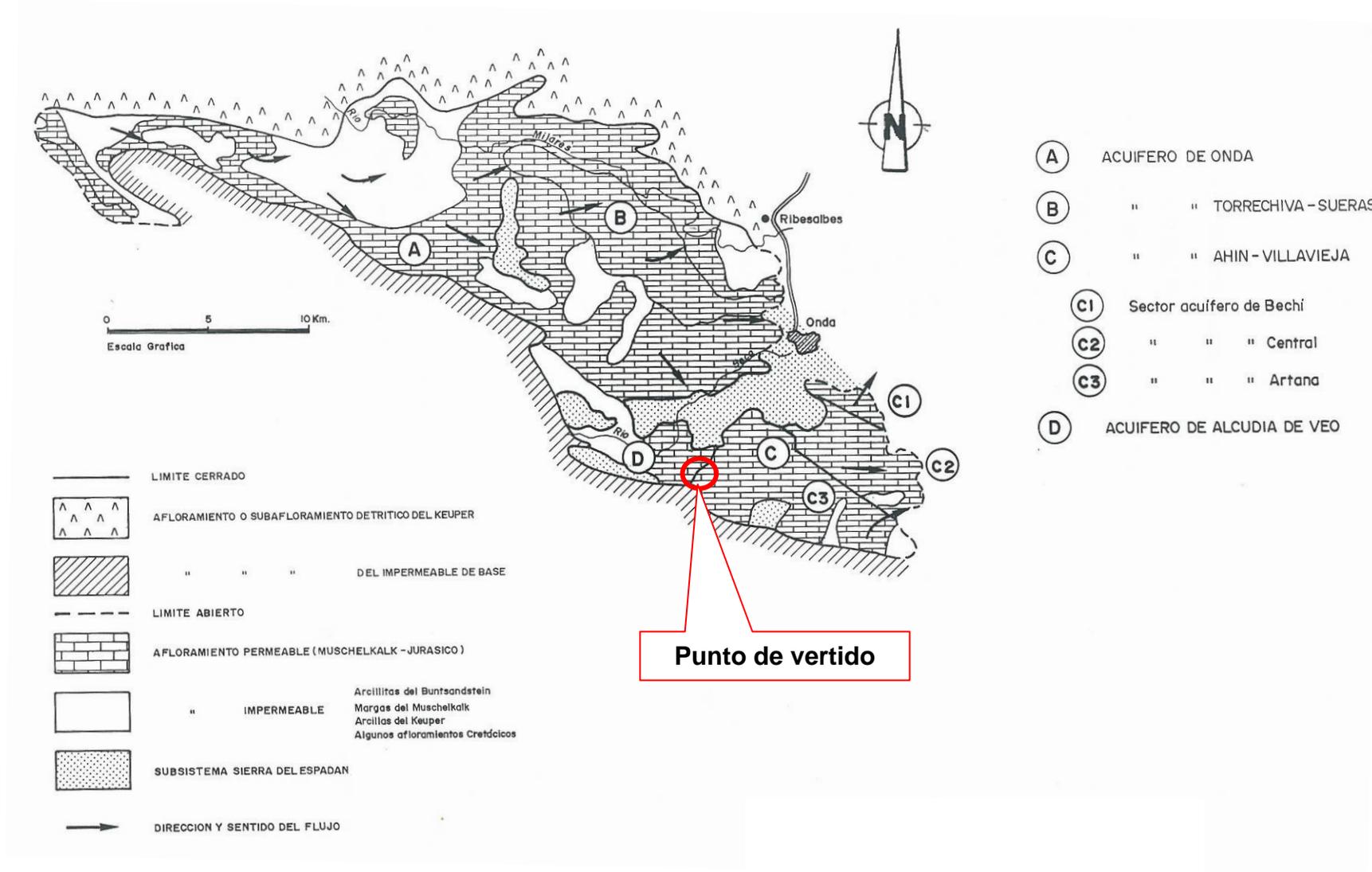


Figura 9: Acuífero de Onda y sectores acuíferos diferenciados (IGME-DPC. 1995)



## 7 HIDROGEOLOGÍA LOCAL

### 7.1 INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA

Se ha recopilado información de un total de 31 puntos de agua, que han sido representados en la figura 10.

Diecisiete de estos puntos son manantiales, la mayoría situados en la cara norte de la sierra de Espadán, en la zona que limita con el subsistema de Onda. Son, en general, pequeños manantiales, muy apreciados por los lugareños, que drenan mayoritariamente las areniscas ortocuarcíticas del Buntsandstein medio (Tb<sub>2</sub>). Cabe destacar los manantiales de Barranco de Chóvar (nº ref. 3), Sant Josep (nº ref. 15), la Font de les Fosques, (nº ref. 9), el manantial del Lavadero (nº ref. 10), regulado actualmente por el sondeo del Ayuntamiento de Eslida o el manantial de la Ermita de Santa Cristina (nº ref. 20). También en esta situación se encuentra un manantial-galería que canaliza sus aguas para consumo de Artana.

Diez de los puntos inventariados son sondeos, algunos de especial interés, como el de abastecimiento a Eslida (Ayuntamiento Eslida-II, nº ref. 25), que explota las calizas del Muschelkalk y se sitúa aguas arriba del punto de vertido. También son importantes las captaciones de la planta de embotellado de Orotana (nº ref. 23), que junto con otros sondeos de riego, se ubican en el término de Artana, aguas abajo del vertido. Entre estos últimos destacan los de Molidar (nº ref. 26), San José Obrero (nº ref. 29) o Santísimo Cristo del Calvario (nº ref. 27). Existe también un sondeo de abastecimiento a una urbanización, el Horteta Domingo (nº ref. 28).

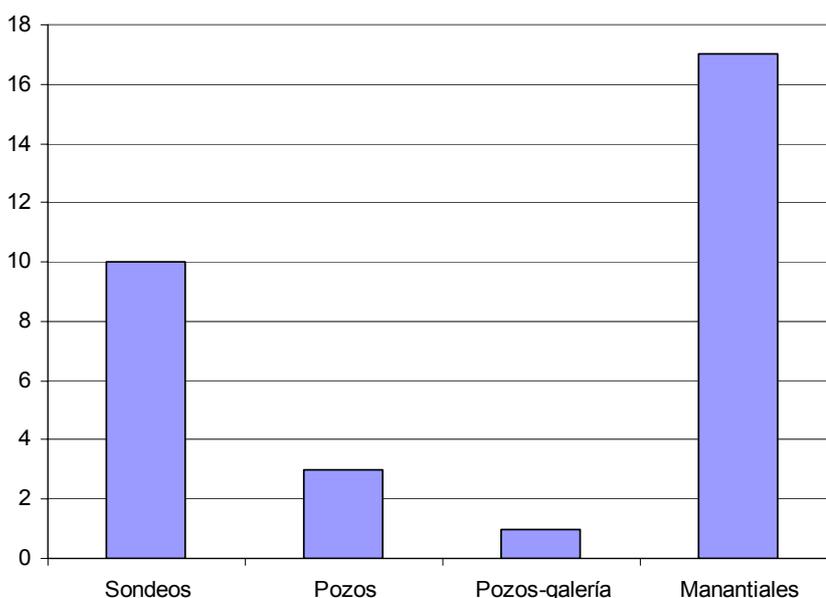


Gráfico 1: distribución de puntos de inventario por tipo.

Si bien los sondeos de abastecimiento a la urbanización y a la planta embotelladora de Orotana se sitúan aguas abajo del punto de vertido, captan el acuífero de la Sierra de Espadán, por lo que no pueden verse afectados por el efluente de la EDAR, únicamente el manantial de la Ermita de Santa Cristina, de mayor caudal, y que drena unos afloramientos jurásicos, probablemente conectados con los niveles carbonatados del Muschelkalk del subsistema de Onda, se sitúa en una posición hidrogeológica en la que podría verse afectado por el vertido.

En el anejo de reportaje fotográfico se recopilan diversas imágenes de estos sondeos y manantiales.

Nº Ref	Nombre del Pozo	Nº IGME	Naturaleza Punto	Coordenadas UTM (ETRS89)		Cota (m s.n.m.)	Prof. Pozo (m)	Colum. Litolog.	Análisis químico	Prof. Agua (m)	N.E. (m s.n.m.)	Fecha	Caudal (l/s)	Uso
				X	Y									
1	Balsa/Font de Fonillet	29257005	Manantial	729015	4418438	530							0,01	Riego
2	Fte. Loret	29257006	Manantial	728160	4417948	580								Abast. Eslida
3	Fte. Bco. Chóvar	29257007	Manantial	729947	4417253	520			SI				0,15	Fte. Pública
4	Fte. Barranco	29257008	Manantial	730408	4417330	460							0,03	Fte. Pública
5	Fte. Matilde	29257009	Manantial	730400	4417405	370							0,03	Fte. Pública
6	Fte. Matilde Arriba	29257010	Manantial	730445	4417385	380							0,3	Riego
7	Fte. Castro	29257011	Manantial	731045	4417000	385							0,08	Fte. Pública
8	José Mondragón Silvestre	29257012	Pozo-galería	730715	4418109	360	30		SI	5,06	354,94	06/07/1972	8,3	Piscina
9	Fte. Fosques	29257013	Manantial	729676	4418420	378							0,5	Riego
10	Fte. Lavadero	29257014	Manantial	730320	4417772	350						06/07/1972	30	Lavadero/riego
11	Fte. El Rey	29257015	Manantial	731375	4419275	480						07/07/1972	0,02	Fte. Pública
12	Fte. Basó o Marchaleta	29257016	Manantial	731877	4419472	380						07/07/1972	0,2	Riego
13	Pozo Font Alvir	29257017	Pozo	731215	4417995	440	14			5,47	434,53	07/07/1972	20	Riego
14	Pascual Galindo Peñate	29257018/34/42	Pozo	730345	4417760	352	25	SI		16,5	335,5	07/07/1972	5	Riego
15	Fte. Sant Josep	29257019	Manantial	729332	4418980	370						07/07/1972	0,05	Fte. Pública
16	Fte. La Higuera	29257020	Manantial	733264	4417578	500			SI			10/07/1972	0,6	Fte. Pública
17	Fte. Camino del Plantío	29257021	Manantial	733062	4417339	560						10/07/1972	0,5	Fte. Pública
18	Fte. La Granja	29257022	Manantial	733298	4418038	300						10/07/1972	0,03	Riego
19	Fte. Canaleta	29257023	Manantial	733169	4418180	280						10/07/1972	0,03	
20	Fte. Santa Cristina	29257024	Manantial	732900	4418225	280						10/07/1972	40	Riego

Nº Ref	Nombre del Pozo	Nº IGME	Naturaleza Punto	Coordenadas UTM (ETRS89)		Cota (m s.n.m.)	Prof. Pozo (m)	Colum. Litolog.	Análisis químico	Prof. Agua (m)	N.E. (m s.n.m.)	Fecha	Caudal (l/s)	Uso
				X	Y									
21	Pascual Galindo	29257034/42/18	Sondeo	730345	4417760	352	100	SI		30	322		30	Riego/abast
22	La Huerta / Camping	29257035	Sondeo	730953	4418164	320	150	SI		52,35	267,65	28/11/1980	20	Camping
23	Bco. Baldreana/Sondeos Orotana	29257036	Sondeo	732690	4418055	305	21		SI	27,52	277,48	18/11/2010	0,2	Embotelladora
24	Bco. Baldreana/Sondeos Orotana	29257037	Sondeo	732469	4418285	288	65			15,12	289,88	16/12/1980	3	Industrial
25	Ayuntamiento Eslida-II	29257042/34/18	Sondeo	730345	4417760	352	100	SI		12,05	339,95	16/03/1994	23,3	Abast/ Riego
26	Molidar	29258016	Sondeo	733645	4418360	278	180	SI		45,6	232,4	03/03/1994	66	Riego
27	Santo Cristo del Calvario	29258017	Sondeo	733960	4418670	275	182	SI		60	215	03/03/1994	50	Abast/ Riego
28	Horteta Domingo	29258023	Sondeo	733500	4418256	290	200	SI		45,99	244,1	18/11/2010	5	Abast. Urbaniz.
29	San José Obrero	29258024	Sondeo	733845	4418490	278	240			27	251	19/06/1989	83	Riego
30	San Vicente Ferrer	29258030	Sondeo	733485	4418705	260	180	SI	SI	11,25	248,75	19/06/1989	100	Riego
31	Casa-Jardín	29257046	Pozo	731158	4418324	317								Particular

Puntos visitados

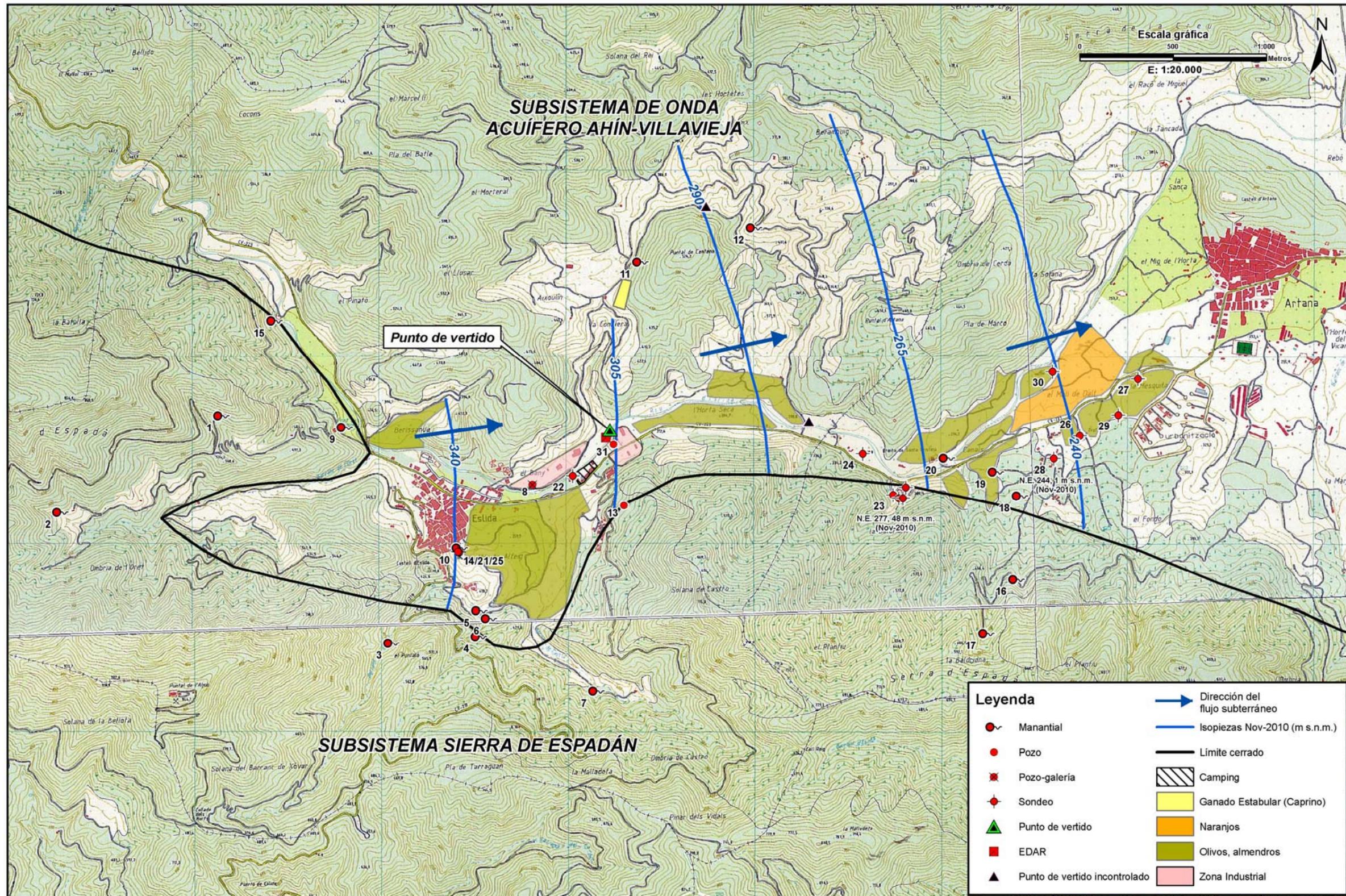


Figura 10: Mapa de inventario de puntos de agua y focos potenciales de contaminación



## 7.2 CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA DE LA FORMACIÓN RECEPTORA

El vertido se produce en el barranco de Castro, sobre materiales aluviales cuaternarios compuestos por gravas, conglomerados, arenas y limos.

No se cuenta con datos de permeabilidad de estos materiales, sin embargo, se adjuntan dos tablas con valores orientativos de este parámetro. En la primera se muestran los valores de permeabilidad de suelos dados por Terzaghi y Peck (1967) y adecuados por Martínez Vargas (1991).

Grado de Permeabilidad	Valor de K (cm / seg)	Textura del Suelo
Elevada	Superior a 10 <sup>-1</sup>	Grava media a gruesa
Media	10 <sup>-1</sup> - 10 <sup>-3</sup>	Grava fina, arena media a fina, duras
Baja	10 <sup>-3</sup> - 10 <sup>-5</sup>	Arena muy fina, SM, Limos a Loes
Muy Baja	10 <sup>-5</sup> - 10 <sup>-7</sup>	Limos densos, ML, arcillas, CL
Prácticamente Impermeable	Menor de 10 <sup>-7</sup>	CL a CH Homogéneo

Según: Terzaghi y Peck, 1967 Adecuación A.M.V.

La segunda tabla registra los resultados de los estudios llevados a cabo por Benavente Herrera, J, y Calvache Quesada, M.L. en 1988 en el acuífero costero de Almuñécar:

MATERIAL	PERMEABILIDAD
playas	3.000 – 1.000 m/día
arena gruesa	1.000 - 500 m/día
grava arenosa	100 - 20 m/día
arena con grava	10 m/día
arena fina	5 - 1 m/día
arena limosa con grava	2 m/día
grava arcillosa	1 m/día
arena limosa	0.1 m/día
limo arenoso	0.01 m/día
arena arcillosa y limos	0.001 m/día
arcillas y margas	0.0001 m/día

Atendiendo a estas dos tablas se puede asumir que los materiales aflorantes en el barranco de Castro, presentan un rango de valores de permeabilidad comprendido entre 0,01 y 1 m/día.

Por debajo de este recubrimiento cuaternario probablemente se encuentren las arcillas versicolores de las facies Keuper, que afloran en el margen izquierdo del barranco. Sin embargo, dado que en el margen derecho afloran las dolomías del Muschelkalk inferior (Tm1), se considera, con objeto de establecer las condiciones más desfavorables de cara a una posible afección del vertido a las aguas subterráneas, que la capa impermeable de arcillas no existe y que directamente bajo los depósitos aluviales se encuentra el acuífero carbonatado.

La permeabilidad de estos materiales es muy variable y depende de su grado de karstificación, tal y como se puede observar en la tabla adjunta.

En la zona de estudio el desarrollo de la karstificación y fracturación es moderado.

Valores estimados de la conductividad hidráulica (metros /día)

		Domenico	Smith & W	Freeze	Fetter	Sanders
Sedimentos	Grava	25 a 2500	100 a 10 <sup>5</sup>	100 a 10 <sup>6</sup>	10 a 1000	
	Grava con arena					
	Arena gruesa	0,1 a 500	0,01 a 1000	1 a 1000	1 a 100	1 a 100
	Arena media	0,1a 50				
	Arena fina	0,02a 20			0,01 a 1	0,01 a 1
	Arena arcillosa			0,01 a 100	0,001 a 0,1	
	Silt, loess	10 <sup>-4</sup> a 2	10 <sup>-4</sup> a 1	10 <sup>-4</sup> a 1	0,001 a 0,1	10 <sup>-4</sup> a 1
	Arcilla	10 <sup>-6</sup> a 4*10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-7</sup> a 10 <sup>-3</sup>		10 <sup>-6</sup> a 10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-6</sup> a 10 <sup>-3</sup>
Arcilla marina inalterada	10 <sup>-7</sup> a 2*10 <sup>-4</sup>		10 <sup>-11</sup> a 10 <sup>-7</sup>			
Rocas Sedimentarias	Calizas carstificadas	0,1 a 2000	0,05 a 0,5	0,1 a 1000		0,1 a 10 <sup>7</sup>
	Calizas, dolomías	10 <sup>-4</sup> a 0,5	0,001 a 0,5	10 <sup>-4</sup> a 1		10 <sup>-4</sup> a 1
	Areniscas	3*10 <sup>-5</sup> a 0,5	10 <sup>-5</sup> a 1	10 <sup>-5</sup> a 1		
	Argilitas (siltstone)	10 <sup>-6</sup> a 0,001				
	Pizarras sedimentarias (Shale) intactas	10 <sup>-8</sup> a 2*10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-8</sup> a 10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-4</sup> a 10 <sup>-8</sup>		10 <sup>-4</sup> a 10 <sup>-8</sup>
	Pizarras sed. (Shale) fracturadas/alteradas		10 <sup>-4</sup> a 1			
Rocas cristalinas	Basalto inalterado, sin fracturar		10 <sup>-6</sup> a 10 <sup>-3</sup>			10 <sup>-6</sup> a 10 <sup>-3</sup>
	Basalto fracturado/vesicular cuaternario		10 a 1000			0,1 a 10 <sup>6</sup>
	Escorias basálticas		0,001 a 1000			
	Basalto permeable	0,03 s 2000		0,02 a 1000		
	Rocas ígneas y metamórficas sin fracturar	10 <sup>-9</sup> a 10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-9</sup> a 10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-9</sup> a 10 <sup>-5</sup>		10 <sup>-9</sup> a 10 <sup>-5</sup>
	Rocas ígneas y metamórficas fracturadas	0,001 a 25	10 <sup>-5</sup> a 1	0,0005 a 20		10 <sup>-5</sup> a 1
	Granito alterado	0,3 a 5				
	Gabro alterado	0,05 a 0,3				

### 7.3 CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA E HIDROGEOLÓGICA DE LA ZONA NO SATURADA

Para la determinación de la columna estratigráfica del entorno del punto de vertido se ha revisado la documentación de la base de datos del IGME, además de realizar diversas visitas y comprobar sobre el terreno la litoestratigrafía de la zona y la estructura geológica.

Se ha obtenido información litoestratigráfica de varias captaciones de la zona:

Nº	Nombre del Pozo	Nº IGME	Columna litológica
14	Pascual Galindo Peñate (es el actual sondeo Ayuntamiento de Eslida-II (nº ref 25, nº IGME: 29257042))	29257018	0-6 m: tierra vegetal 6-8 m: caliza 8-25 m: arena
21	Pascual Galindo (es el actual sondeo Ayuntamiento de Eslida-II (nº ref 25 y nº IGME: 29257042))	29257034	0-4 m: conglomerados con matriz arcillosa 4-100 m: calizas y dolomías (Muschelkalk)
22	La Huerta/Camping	29257035	Calizas, arcillas y rodano
25	Ayuntamiento Eslida-II	29257042	0-4 m: conglomerado con matriz arcillosa (Cuaternario) 4-42 m: calizas grises (Muschelkalk) 42-75 m: calizas grises con arcilla roja de descalcificación (Muschelkalk) 75-86 m: calizas grises (Muschelkalk) 86-100 m: calizas blanco-grisáceas fisuradas (Muschelkalk)
26	Molidar	29258016	0-5 m: tierra vegetal 5-125 m: calizas pizarrosas poco compactas 125-180 m: calizas compactas
27	Sto Cristo del Calvario	29258017	0-182 m: calizas con intercalaciones margosas
28	Horteta Domingo	29258023	0-182 m: calizas con intercalaciones margosas
30	San Vicente Ferrer	29258030	0-12 m: gravas 12-44 m: margas y arcillas (posible Buntsandstein superior) 44-64 m: terreno mineralizado (hierro y manganeso) 64-180 m: Areniscas ortocuarcíticas (Buntsandstein medio)

De los escasos datos litoestratigráficos del sondeo La Huerta/Camping (nº de referencia 22 y nº IGME 292570035) situado menos de 300 m aguas arriba del punto de vertido, y de las observaciones de campo realizadas, se deduce que en esta zona la columna litológica está constituida de techo a muro por varios metros de depósitos detríticos aluviales (conglomerados, gravas, limos y arcillas), que cubren a las calizas y dolomías del Muschelkalk inferior (Tm<sub>1</sub>).

Este tramo carbonatado es un nivel permeable importante, explotado por diversas captaciones, como el propio sondeo La Huerta/Camping. Bajo los

niveles carbonatados anteriores se encuentran las arcillitas violáceas del Buntsandstein superior (Tb<sub>3</sub>) que separan el acuífero del Muschelkalk del formado por las areniscas ortocuarcíticas del tramo medio del Buntsandstein (Tb<sub>2</sub>).

#### **7.4 NIVEL PIEZOMÉTRICO**

De las bases cartográficas y documentales de la Confederación Hidrográfica del Júcar se han extraído los datos y figuras adjuntos. En los mapas piezométricos se observa la piezometría tanto de la totalidad de la cuenca del Júcar, con datos del año 2005, como de la MAS de Onda-Espadán, donde se produce el vertido.

No obstante se han dibujado en el plano de puntos de agua las isopiezas correspondientes a los datos de octubre-noviembre de 2010, obtenidos mediante medidas directas y de la revisión de los datos históricos del sondeo de control denominado Pascual Galindo, actual sondeo Ayuntamiento de Eslida-II (nº ref 21 y 25; nº CHJ 08.13.007; nº IGME 292570034 y 29250042), y del sondeo con nº de la CHJ 08.13.004. El primero de ellos se sitúa dentro del sector acuífero de Artana a algo más de unos de 1000 metros aguas arriba del punto de vertido, mientras que el segundo se ubica ya en el sector acuífero Central, próximo al límite con la Plana de Castellón, a unos 6,5 kilómetros aguas abajo de la zona de estudio, en las coordenadas UTM X=737.805 e Y=4.419.997.

La piezometría del sondeo nº 21, situado a una cota de 352 m s.n.m., muestra unas variaciones históricas del orden de 14,3 m, con cotas que varían entre una mínima de 331,3 m s.n.m. (agosto de 2009) y una máxima de 345,61 m s.n.m. (abril de 2009), mientras que el sondeo del sector Central, a una cota de 169 m s.n.m., marca cotas piezométricos entre los 36,65 m s.n.m. de marzo de 2007 y los 49,63 m s.n.m. de diciembre de 2009.

Ambas captaciones, separadas unos 7,7 km tienen, por tanto, una diferencia piezométrica de unos 295 m, lo que a su vez indica un elevado gradiente hidráulico, de un 3,8 %.

Las últimas medidas de estos sondeos corresponden a octubre de 2010 y fijan cotas piezométricas de 339,33 m s.n.m. en el sondeo del Ayuntamiento de Eslida y de 38,53 m s.n.m. en el del sector acuífero Central.

Durante la ejecución del presente estudio se midieron, el día 18 de noviembre de 2010, las captaciones Sondeo nº 3 de la embotelladora Orotana y el sondeo Horteta Domingo, que han marcado respectivamente cotas piezométricas de 277,48 m s.n.m. y 244,01 m s.n.m. Si bien los sondeos Orotana captan recursos hídricos del Subsistema Sierra de Espadán, por la tectónica de la zona de captación y la cota piezométrica medida es posible que exista conexión hidráulica entre este subsistema y el acuífero de Ahín-Villavieja, donde se encuentran las captaciones utilizadas para la estimación de la piezometría.

También se tiene en cuenta la cota del manantial de Santa Cristina, que drena aproximadamente a 280 m s.n.m..

Si se vuelve a estimar el gradiente hidráulico entre el sondeo Eslida y el sondeo Horteta Domingo, separados 3.200 m, y con una diferencia piezométrica de 95,32 m, resulta ser del 2,98 %, es decir, se suaviza un poco aunque sigue siendo relativamente elevado.

Con estos últimos datos y la aplicación de un gradiente del 3% entre el sondeo Ayuntamiento de Eslida-II y el punto de vertido, la piezometría en el área de la EDAR se situaría a una cota aproximada entre 300 y 310 m s.n.m. y la zona no saturada, por tanto, tendría un espesor de 8 a 18 m.

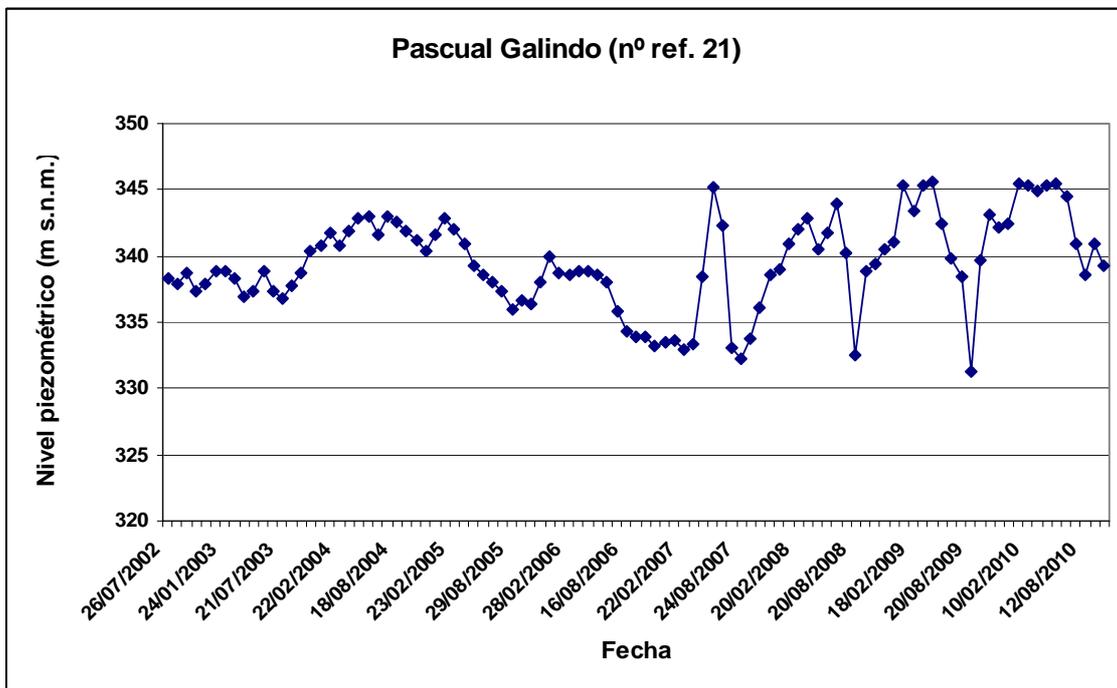


Gráfico 2: evolución histórica de la piezometría en el sondeo Pascual Galindo

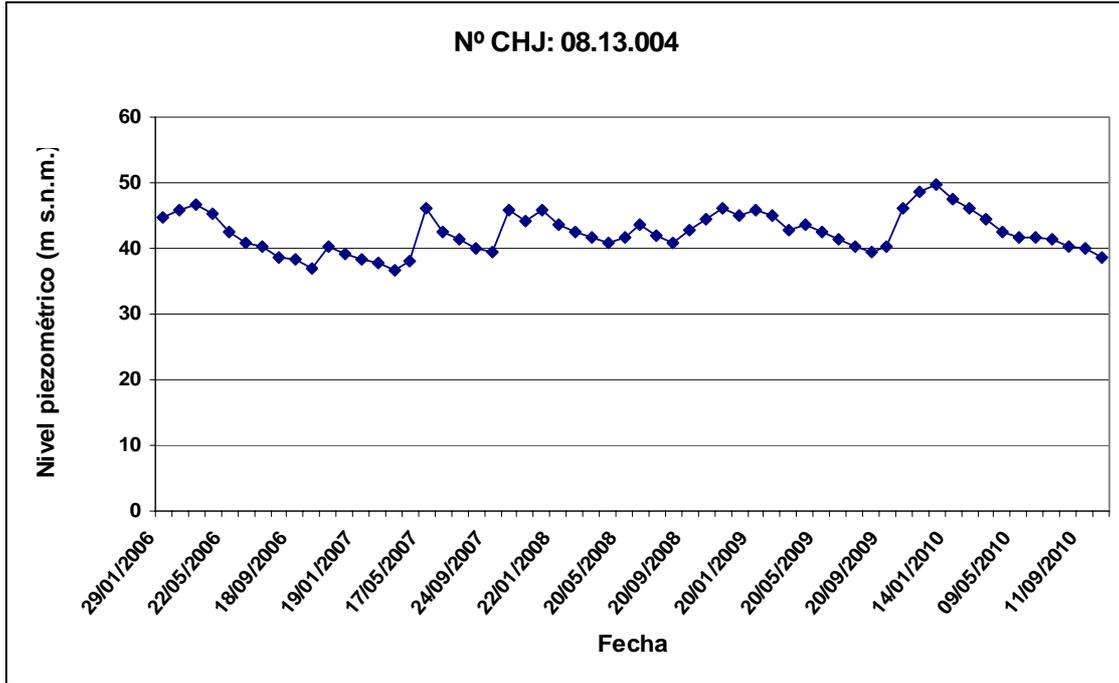


Gráfico 3: evolución histórica de la piezometría en el sondeo 08.13.004



Figura 10: piezometría general de la cuenca hidrográfica del Júcar y de la MAS 80.126 Onda-Espadán (modificado de cartografías de la base documental de la CHJ 2005-2006)

## 7.5 CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

Del inventario de las captaciones y manantiales más próximos al área de vertido se han obtenido varios análisis químicos que permiten la caracterización de las aguas subterráneas.

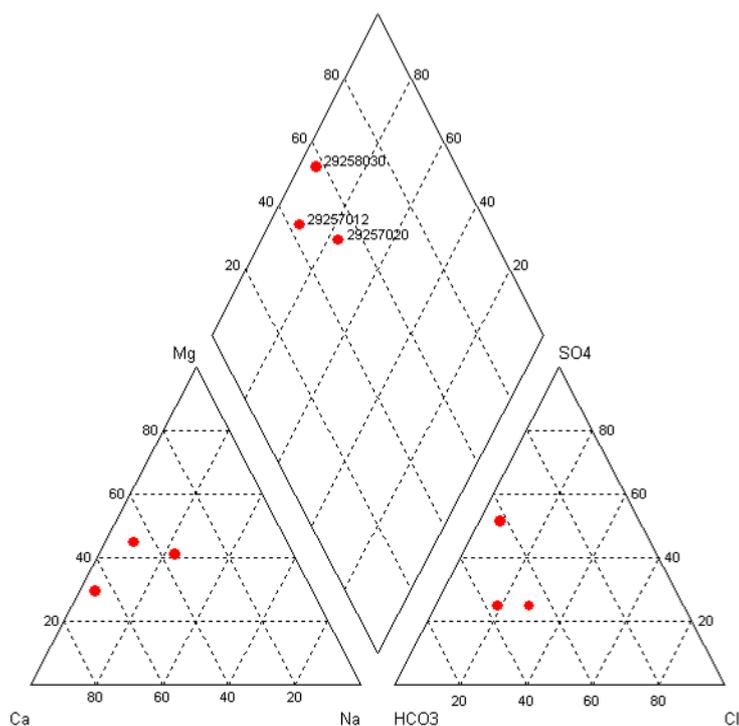


Figura 11: diagrama de Piper de muestras de agua de la zona

Tal como muestra el diagrama de Piper adjunto las aguas de esta zona presentan diversas facies. Desde la sulfatada cálcica del sondeo San Vicente Ferrer (nº ref: 30, nº IGME: 29258030), a la bicarbonatada cálcico-magnésica del pozo-galería José Mondragón Silvestre (nº ref: 8, nº IGME: 29257012), pasando por la facies bicarbonatada magnésico-cálcica de la muestra del manantial Fuente La Higuera (nº ref: 16, nº IGME: 29257020).

En todos los casos, estas aguas cumplen con los criterios de calidad exigidos por la reglamentación vigente para el consumo humano, lo que muestra la buena calidad general de las aguas del área, si bien, las influenciadas por los materiales yesíferos del Keuper presentan contenidos más elevados en sulfatos, como ocurre en el sondeo San Vicente Ferrer.

<b>Nº IGME</b>	<b>Naturaleza Punto</b>	<b>Ac. drenado</b>	<b>Fecha</b>	<b>C.E. (us/cm)</b>	<b>pH</b>	<b>Sólidos disueltos</b>	<b>Ca++ (mg/l)</b>	<b>Mg++ (mg/l)</b>	<b>Na+ (mg/l)</b>	<b>K+ (mg/l)</b>	<b>Cl- (mg/l)</b>	<b>SO<sub>4</sub><sup>≡</sup> (mg/l)</b>	<b>HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> (mg/l)</b>	<b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (mg/l)</b>
29257007	Manantial	Tb <sub>2</sub>	06/07/1972	495	7,98	316,16	41,68	38,52	18,39	0,39	60,25		251,85	
29257012	Pozo-galería	Tm <sub>1</sub>	06/07/1972	710	8,12	454,35	74,95	44,1	16,09	2,74	53,18	95,58	274,41	
29257020	Manantial	Tb <sub>2</sub>	10/07/1972	165	7,3	104,96	18,83	13,12	13,79	1,56	26,59	32,02	76,23	
29257036	Pozo-galería	Tm <sub>1</sub>	08/04/1974	203	7,4		18,03	11,08	5,29	1	7,81	1,06		1,75
29258030	Sondeo	Tk y Tm?	16/07/1984	840	7,5		118,8	32,4	9,7	2,4	21,3	241,1	250,1	



## **8 CALIDAD AMBIENTAL DEL SECTOR. CARACTERIZACIÓN E IDENTIFICACIÓN DE FOCOS POTENCIALMENTE CONTAMINANTES**

El área de estudio se encuentra dentro del Parque Natural de La Sierra de Espadán. La Generalidad Valenciana, con la ley 11/94 del 27 de diciembre sobre Espacios Naturales Protegidos de la Comunidad Valenciana (España), establece las distintas clases de espacios naturales, con diferentes niveles de protección:

- Parques Naturales
- Parajes Naturales Municipales
- Reservas Naturales
- Monumentos Naturales
- Paisajes protegidos
- Microrreservas de flora: son declaradas y gestionadas por la Consellería de Medio Ambiente, Agua, Territorio y Vivienda de la Generalidad Valenciana.

También desde las instituciones valencianas se pueden promover y proponer a otros estamentos estatales o internacionales (Ministerio de Medio Ambiente de España o UE) la protección de parajes con figuras legales como:

- LIC (Lugar de Interés Comunitario)
- ZEPA (Zonas de Especial Protección para las Aves)

La ordenación de parques naturales o reservas naturales exigirá la previa aprobación de los correspondientes Planes de Ordenación de Recursos Naturales (PORN).

Según la mencionada Ley (Ley 11/1994, de 27 de diciembre, de Espacios Naturales Protegidos de la Comunidad Valenciana), en su Capítulo II "Régimen general de Espacios Naturales Protegidos" en su Artículo 7 se definen los "Parques Naturales" como:

1. Los parques naturales son áreas naturales que, en razón a la representatividad de sus ecosistemas o a la singularidad de su flora, su fauna, o de sus formaciones geomorfológicas, o bien a la belleza de sus paisajes, poseen unos valores ecológicos, científicos, educativos, culturales o estéticos, cuya conservación merece una atención preferente y se consideran adecuados para su integración en redes nacionales o internacionales de espacios protegidos.

2. Las actividades a realizar se orientarán hacia los usos tradicionales agrícolas, ganaderos y silvícolas, y al aprovechamiento de las producciones compatibles con las finalidades que motivaron la declaración, así como a su visita y disfrute con las limitaciones necesarias para garantizar la protección y las actividades propias de la gestión del espacio protegido. Los demás usos podrán ser objeto de exclusión en la medida en que entren en conflicto con los valores que se pretenda proteger.

Este paraje de 31.182 hectáreas fue declarado parque natural por el gobierno valenciano el 8 de octubre de 1998 siendo el segundo entorno protegido más grande de toda la comunidad.

En relación a la protección de las aguas subterráneas, la Conselleria de Territorio y Vivienda mediante el DECRETO 59/2005, de 11 de marzo, del Consell de la Generalitat, por el que se aprueba el Plan Rector de Uso y Gestión del Parque Natural de la Sierra de Espadán. [2005/X2990] establece, en su Título II “Normas Generales”, Capítulo I “Normas Generales sobre protección de Recursos y del Dominio Público”, dentro de la Sección 1ª “Protección de recursos hidrológicos”, los siguientes artículos:

#### Artículo 14. Protección de aguas subterráneas

Queda prohibido el establecimiento de pozos, zanjas, galerías o cualquier dispositivo destinado a facilitar la infiltración en el terreno de aguas residuales que puedan producir por su toxicidad o por su composición química y bacteriológica, la contaminación de las aguas superficiales o subterráneas, sin perjuicio de los requerimientos que establezca el organismo de cuenca para los vertidos a aguas subterráneas.

#### Artículo 15. Vertidos

1. En aplicación del artículo 97 del Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprobó el Texto Refundido de la Ley de Aguas, y los artículos 69 y 70 del Plan Hidrológico del Júcar, se prohíbe, con carácter general, todo vertido sólido o líquido, directo o indirecto en un cauce público, canal o acequia, sistema acuífero subterráneo y masa de agua libre, que no reúna las condiciones para que, considerado en particular y en conjunto con los restantes vertidos con los que pueda interferir, se cumplan los objetivos de calidad señalados para sus aguas.

2. La construcción de fosas sépticas para el saneamiento de viviendas aisladas sólo podrá realizarse cuando estén debidamente impermeabilizadas y se den las suficientes garantías de que no suponen riesgo alguno para la calidad de las aguas superficiales o subterráneas y existan razones justificadas que impidan su conexión a la red de alcantarillado.

3. Se prohíbe el vertido sin depurar, directo o indirecto, de aguas residuales urbanas al dominio público hidráulico, salvo en el caso de viviendas de tipo familiar aisladas en el campo, granjas avícolas o cunícolas de menos de 100 unidades y estabulaciones de ganado mayor con menos de 10 cabezas. En cualquier caso, el vertido nunca podrá realizarse en un radio inferior a 500 metros de un punto de abastecimiento, fuente o manantial de agua potable, y deberá ser autorizado por el organismo de cuenca y el órgano competente en materia de espacios naturales.

4. En el caso de explotaciones ganaderas aisladas mayores que las señaladas en el párrafo anterior, o explotaciones menores próximas entre sí de modo que pueda producirse un efecto acumulativo del vertido y sumen en total un número

de cabezas superior al límite establecido en el párrafo anterior, deberán contar, necesariamente, con sistema de depuración de residuos previamente a su vertido a cauce público. El órgano competente en materia de espacios naturales deberá autorizar estas explotaciones y las instalaciones de depuración necesarias para garantizar su inocuidad respecto del medio acuático, sin perjuicio de lo dispuesto en la legislación de impacto ambiental.

5. Se considerará que dos o más explotaciones tienen efecto acumulativo cuando el vertido a dominio público hidráulico de cada una de ellas diste entre sí menos de 500 metros.

6. Para la concesión de licencia urbanística o de actividad relacionada con cualquier actividad que pueda generar vertidos de cualquier naturaleza, exceptuando las autorizadas para conectar directamente con la red general de alcantarillado, se exigirá la justificación del tratamiento que haya de darse a los mismos para evitar la contaminación de las aguas superficiales o subterráneas. El tratamiento de aguas residuales deberá ser tal que las aguas resultantes no sobrepasen los límites establecidos en la legislación sectorial, de acuerdo a las características y objetivos de calidad del cauce receptor.

7. La efectividad de la licencia quedará condicionada, en todo caso, a la obtención y validez posterior de la autorización de vertido.

8. Para la expedición de licencia de primera ocupación o licencia de apertura relativas a actividades incluidas en el párrafo 5, deberá aportarse la autorización de vertido, expedida por el organismo de cuenca, previo informe favorable del órgano competente en materia de espacios naturales.

9. Los vertidos industriales a las redes generales de saneamiento podrán ser autorizados cuando dichos vertidos sean asimilables a los de naturaleza urbana en lo referido a su carga contaminante. En el caso de que el efluente no sea asimilable por el tratamiento urbano previsto, deberán adecuarse las características de dichos efluentes a los objetivos de calidad establecidos mediante las oportunas ordenanzas municipales de vertido. En cualquier caso, se prohíbe el vertido directo o indirecto de efluentes industriales sin depuración al dominio público hidráulico.

## Artículo 16. Captaciones de agua

1. Las aperturas de pozos o captaciones de agua dentro del ámbito del PRUG (Plan Rector de Uso y Gestión) deberán efectuarse de forma que no provoquen repercusiones negativas sobre el sistema hidrológico y el resto de los aprovechamientos.

2. Todas las captaciones destinadas a abastecimiento público deberán disponer de su correspondiente perímetro de protección.

3. Las obras de cualquier tipo y, en particular, las captaciones de agua que se pudieran realizar en el entorno de las fuentes y manantiales deberá garantizar el mantenimiento de su caudal para el uso posible de excursionistas y fauna silvestre.

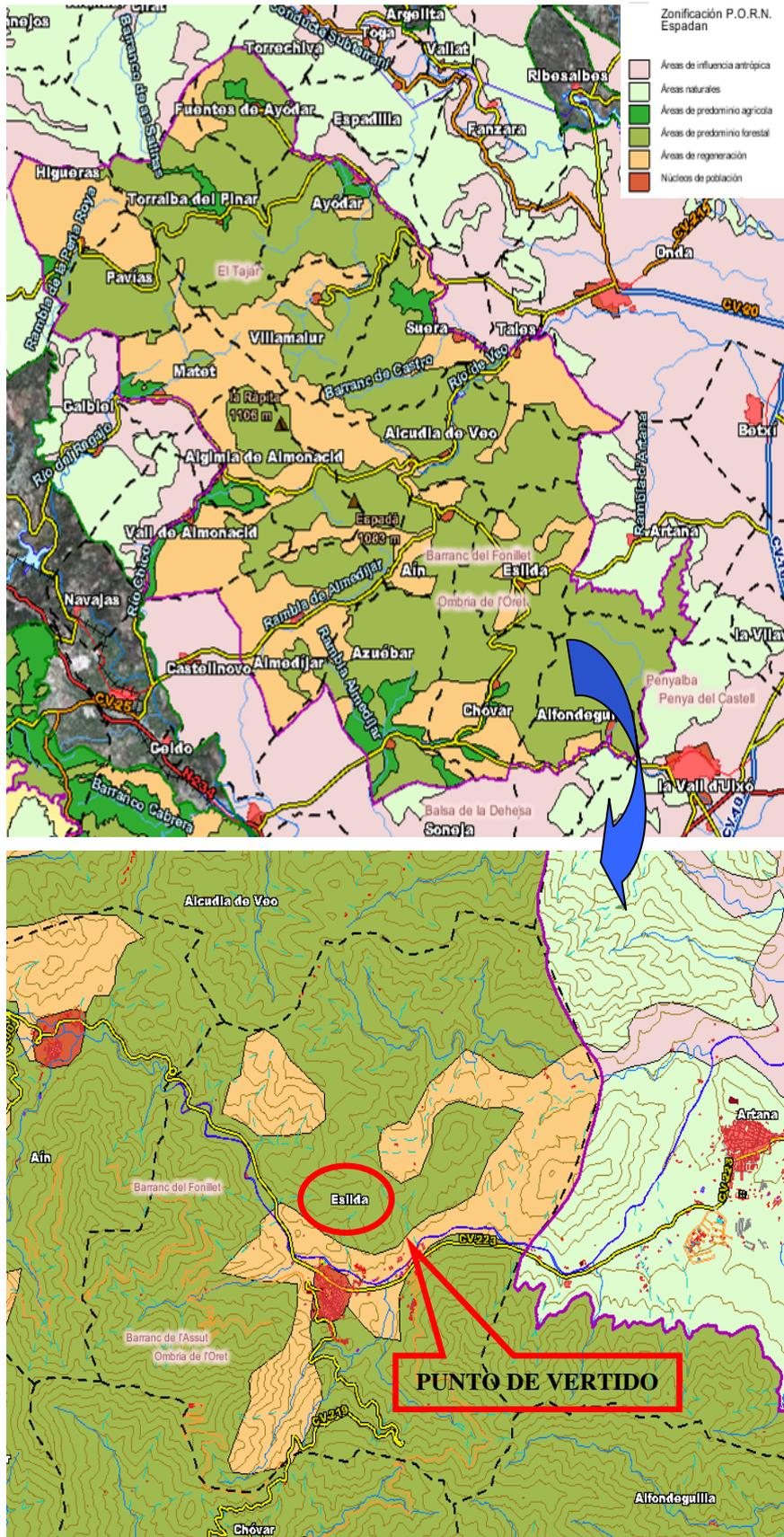


Figura 11: PORN Sierra de Espadán y término municipal de Eslida (Cartografía CMAAUV- Espacios Naturales Protegidos)

## **8.1 CLASIFICACIÓN DE FOCOS POTENCIALES CONTAMINANTES**

Teniendo en cuenta todas las figuras de protección que quedan establecidas dentro del Plan Rector de Uso y Gestión del Parque Natural de la Sierra de Espadán (DECRETO 59/2005, de 11 de marzo) se entiende que la existencia de focos potenciales de contaminación en la zona de estudio ha de ser mínima o inexistente.

No obstante, a continuación se enumeran los posibles focos de contaminación que pueden encontrarse.

Tal y como establece el IGME (1991) en el trabajo denominado “Guía Metodológica para la elaboración de perímetros de protección de captaciones de aguas subterráneas”, los posibles focos contaminantes pueden clasificarse, de manera general, en:

- Areales conservativos
- Areales no conservativos
- Puntuales conservativos
- Puntuales no conservativos

Esta clasificación se basa en el carácter degradable o no de la posible contaminación (conservativo / no conservativo) y en función de la zona afectada (puntual o areal).

Atendiendo a su definición, los focos contaminantes más próximos y que pueden interactuar con el vertido objeto de estudio se relacionan en el siguiente apartado.

## **8.2 INVENTARIO Y CARTOGRAFÍA DE FOCOS POTENCIALMENTE CONTAMINANTES. CONSIDERACIONES SOBRE LA POTENCIAL AFECCIÓN A LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS**

Atendiendo a la anterior clasificación, podemos reseñar lo siguiente:

Focos contaminantes areales conservativos

Serían los derivados de prácticas que afectan a amplias zonas y cuyos agentes contaminantes no se destruyen ni se modifican. Se refiere a prácticas de abonado agrícola mediante fertilizantes.

En la zona de estudio no existen grandes extensiones de cultivo, y en general se trata de cultivos de secano, olivos y almendro, por lo que este posible foco de contaminación se considera poco representativo.

### Focos contaminantes areales no conservativos

Son resultado de actividades que afectan a amplias zonas pero la composición varía con el tiempo. Los contaminantes más importantes son los herbicidas y pesticidas.

Las posibilidades de afección a las aguas subterráneas por estas prácticas son igualmente poco significativas dadas las características de los cultivos de la zona y la extensión que ocupan.

### Focos contaminantes puntuales conservativos

Se refiere a actividades de ámbito muy localizado y que producen contaminantes que no se destruyen ni se modifican. Normalmente son vertidos industriales. En la zona de estudio las únicas industrias presentes son las dedicadas a la explotación del corcho, en concreto tres empresas que se sitúan muy próximas al área de vertido. En cualquier caso no se han detectado vertidos de tipo industrial, ni aguas arriba ni abajo, de la EDAR.



Foto 10. Vista de una de las industrias dedicadas a la explotación del corcho en Eslida



Foto 11. Detalle de las cortezas de corcho de los alcornoques que se explotan en los bosques de la zona

Sí se han observado, de forma muy puntual, pequeñas acumulaciones de residuos sólidos urbanos, en el barranco de Castro, aguas abajo del punto de vertido, aproximadamente a 1 Km de distancia del mismo.



Foto 12. Detalle de un vertido puntual de escombros, aguas abajo de la EDAR

Existe un camping actualmente fuera de servicio.

Focos contaminantes puntuales no conservativos

Se refiere a actividades localizadas que producen sustancias degradables. Aquí se englobaría todas las actividades que produzcan residuos sólidos y también líquidos, que produzcan de forma puntual una infiltración en el terreno.

En la zona de estudio existe una pequeña cabaña de ganado caprino.

POSIBLES FOCOS CONTAMINANTES			
AREALES CONSERVATIVOS	AREALES NO CONSERVATIVOS	PUNTUALES CONSERVATIVOS	PUNTUALES NO CONSERVATIVOS
Agricultura de secano, olivos, almendros y algarrobos	Agricultura de secano, olivos, almendros y algarrobos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vertidos muy puntuales en el barranco de Castro, aguas abajo</li> <li>• Industria del corcho</li> <li>• Camping (fuera de uso)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ganado estabular.</li> <li>• Pastoreo</li> </ul>

Los principales focos potenciales de contaminación se han cartografiado en la figura nº 10, en la que se reflejan los puntos de inventario y la piezometría.

## 9 ESTIMACIÓN DEL PODER AUTODEPURADOR DEL TERRENO

Se ha estimado la capacidad de depuración que ejercerá el suelo sobre el vertido a partir del método empírico de Rehse (1977). Este método evalúa el poder depurador durante el transporte de una sustancia contaminante, primero por circulación vertical desde la superficie hasta el acuífero, a través de la zona no saturada, y después por circulación de esta sustancia dentro del propio acuífero, en sentido horizontal. La metodología se adjunta en el anejo correspondiente.

Para su determinación se han tomado los condicionantes más desfavorables de cara a una posible afección del vertido a las aguas subterráneas, es decir, mínimo espesor saturado y ausencia de las arcillas triásicas del Keuper entre los depósitos del fondo de rambla y las calizas del Muschelkalk.

Así, se considera un espesor no saturado de apenas 8 m ocupado por dos capas de diferente litología, la superior, de 5 m de potencia, correspondiente al lecho del barranco de Castro compuesta por gravas, arenas y arcillas, mientras que la segunda se compone por las calizas y dolomías del Muschelkalk inferior (Tm1).

Los índices de depuración aplicados, tomados desde un punto de vista igualmente restrictivo, según las tablas de Rehse (1977) y las modificaciones de Bolsenköter para medios kársticos y/o fisurados (tabla de A. Lallemand y J.C. Roux, 1989), se encontrarían dentro de los siguientes rangos:

Capa 1: entre 0,13 y 0,08 (grava con abundante matriz arenosa y limo-arcillosa)

Capa 2: 0,0025 (calizas fisuradas y/o karstificadas)

Se toma para la capa 1 un Índice Ir de 0,10 y se asume que la capa 2 está formada por calizas muy fisuradas por lo que se adopta en este caso un Ir de 0,0025.

Con estos datos se obtiene que se producirá una depuración total del vertido en su trayecto vertical hacia el acuífero, de forma que no afectará a la calidad de las aguas subterráneas.

CAPAS	LITOLOGÍA	ESPESOR	INDICE (Ir)	Mri
1	ARENAS, GRAVAS, BOLOS, LIMOS Y ARCILLAS	5	0,10	0,5
2	CALIZAS Y DOLOMIÁS	3	0,0025	0,0075
<b>Mr CONJUNTO</b>				<b>0,5075</b>

Tal como indica el método Rehse, si  $Mr < 1$  la depuración en la zona no saturada es incompleta y el efluente alcanzaría el acuífero.

Teniendo en cuenta que el poder depurador total (Mx) es el resultado de la suma de la depuración sufrida tanto en la zona no saturada (Mr) como en la saturada (Ma):

$$Mx=Mr+Ma.$$

Y dado que el valor de Mx ha de ser superior a 1, se tiene que:

$$Ma=1-Mr$$

$$\text{si } Mr=0,5075$$

entonces

$$Ma=1-0,5075=0,4925$$

Por tanto, se debe estimar la depuración dentro del acuífero (Ma), y para ello calcular el recorrido (L) que el contaminante debería realizar en la zona saturada hasta diluirse por completo y resultar inocuo, es decir, hasta, como mínimo, conseguir un valor de Ma de 0,49.

Siendo:

$$L=Ma/la$$

donde:

Ma: poder depurador en el trayecto horizontal que realiza el contaminante (ver anejo explicativo del método)

la: índice correspondiente al material acuífero

Considerando las calizas saturadas del Muschelkalk como un material muy permeable ( $k=2,5$  m/s) asimilable al grupo de los guijarros de la tabla de Rehse (1977), donde en el caso más desfavorable se toma un valor de  $la=0,0025$ , se tendrá:

$$L=0,49/0,0025=196 \text{ m.}$$

Por tanto, una vez en la zona saturada, el vertido debería recorrer una distancia mínima de 196 m hasta resultar inocuo.

Se considera que, dadas las características hidrogeológicas de esta zona, constituida por calizas y dolomías con un grado de karstificación y fracturación medio, los resultados obtenidos mediante el método Rehse son aceptables.

Aguas abajo del punto de vertido, los primeros sondeos existentes son los de la embotelladora de Orotana que como se ha indicado explotan aguas del subsistema Sierra de Espadán y, teóricamente, se encuentran desconectados del acuífero de Onda. No obstante, están separados del área de vertido más de 1,5 km, por lo que en ningún caso se verían afectados. Igual sucede con el manantial de Santa Cristina, situado a casi 1,8 km de distancia. Sin embargo, tal como se propone en el apartado correspondiente, se plantea la inclusión de este manantial dentro de una red de vigilancia y control que permita valorar hipotéticas afecciones al acuífero.

## **10 CRITERIOS QUE JUSTIFICAN LA INOCUIDAD DEL VERTIDO A LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS**

La afección a las aguas subterráneas por un determinado vertido depende de su volumen, de las características físico-químicas del mismo y de los condicionantes hidrogeológicos de la zona, tales como la litología de las formaciones geológicas (características físicas y grado de permeabilidad) o el espesor no saturado.

Teniendo en cuenta estos factores se pueden establecer los siguientes criterios que justifican la inocuidad del vertido analizado:

- El volumen del mismo es reducido, una media de 241 m<sup>3</sup>/día (2,8 l/s)
- Tras el proceso depurativo, debe cumplir los límites de calidad fijados en la reglamentación vigente
- La columna litológica de la zona no saturada (ZNS), en el caso más desfavorable, está compuesta por unos 5 m de arenas, gravas y bolos con matriz limo-arcillosa y 3 m de calizas y dolomías del Muschelkalk. Al aplicar el método Rehse, en este tramo, se comprueba que no se producirá la depuración total de los elementos microbiológicos del efluente, pero sí se iniciará dicho proceso.
- La depuración se completará tras recorrer una distancia del orden de 196 m en el acuífero.
- Aguas abajo del punto de vertido, tanto los sondeos de la embotelladora Orotana como la fuente de la Ermita de Santa Cristina están a más de 1,5 km de distancia, por lo que no pueden verse afectados por el vertido.
- La captación de abastecimiento a Eslida se sitúa aguas arriba del punto de vertido, mientras que otras, como el sondeo Horteta Domingo (nº ref. 28) que abastece a una urbanización del término municipal de Artana, se hallan a más de 2 km aguas abajo. El resto de captaciones, mayoritariamente de riego, se encuentran igualmente muy alejadas.



## **11 CONCLUSIONES**

Teniendo en cuenta los criterios expuestos, se concluye que el vertido no afectará a la calidad de las aguas subterráneas y puede considerarse a estos efectos como inocuo.

No obstante, como medida de garantía para la preservación de la calidad del medio hídrico subterráneo y de las captaciones próximas existentes, se propone un plan de control, ante la hipotética aparición de cualquier proceso contaminante.



## **12 BIBLIOGRAFÍA**

- Identificación y delimitación de masas de agua superficial y subterránea. Ámbito territorial de la Confederación Hidrográfica del Júcar. CHJ (2009). Fondo documental.
- Adaptación de los acuíferos a las masas de agua subterránea y actualización de los balances hídricos en el ámbito de la Confederación Hidrográfica del Júcar. CHJ (2005). Fondo documental.
- Delimitación y caracterización de los acuíferos en las masas de agua subterráneas de la Confederación Hidrográfica del Júcar. CHJ (2005). Fondo documental.
- Comprobación y evaluación en la cuenca piloto del río Júcar de las guías desarrolladas en el marco de la estrategia común para la implementación de la directiva marco de aguas. Mapa regional de piezometría. Anejo nº4. Mapa piezométrico general de la Confederación Hidrográfica del Júcar. Memoria. CHJ (2006). Fondo documental.
- Manual para la gestión de vertidos. Autorización de vertido. Ministerio de Medio Ambiente (2007)
- López Gutiérrez, Julio; Grima Olmedo, Juan y Ballesteros Navarro, Bruno J. (IGME). Metodología para la elaboración de los estudios hidrogeológicos requeridos en la tramitación de permisos de vertidos de aguas residuales al terreno. XI Congreso Internacional de Industria, Minería y Metalurgia. Junio 2002.
- IGME-DPC (1995). Evaluación de la garantía de abastecimiento a núcleos urbanos con aguas subterráneas en la provincia de Castellón. Sistemas acuíferos de Onda, Medio Palancia y Sierra de Espadán.
- IGME (1988). Las aguas subterráneas en la Comunidad Valenciana. Uso, calidad y perspectivas de utilización.
- Ley 11/1994, de 27 de diciembre, de Espacios Naturales Protegidos de la Comunidad Valenciana
- DECRETO 59/2005, de 11 de marzo, del Consell de la Generalitat, por el que se aprueba el Plan Rector de Uso y Gestión del Parque Natural de la Sierra de Espadán. [2005/X2990]
- ORDEN de 8 de marzo de 1999, de la Conselleria de Obras Públicas, Urbanismo y Transportes por la que se declaran de necesaria observancia en la redacción de los planes urbanísticos o territoriales que se formulen en el ámbito de la Comunidad Valenciana determinadas cartografías temáticas y estudios integrantes del Sistema de Información Territorial publicadas por esta conselleria. [1999/M2319]. DOGV número 3456, de fecha 17.03.1999
- Bases de datos de puntos de agua del Instituto Geológico y Minero de España.



## **ANEJOS**



# 1. ANÁLISIS QUÍMICOS

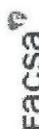
## a) Analíticas del agua bruta y del efluente final tras el proceso depurativo. Datos mensuales (2009-2010)



Instalación: Selección: 'Tales-Sueras', 'Esilda', 'Albocàsser'  
Mes: Enero y Diciembre  
Año: 2009 y 2010  
Año 2009, EDAR, Esilda

CAUDAL-SS-DBO-DQO-NT-PT Y RDTOS.

MES	Caudal		pH		Sólidos suspendidos		DQO		DBO5		Nitrógeno total		Fósforo total				
	Entrada (m3/día)	Salida (m3/día)	pH (Ud pH)	pH (Ud pH)	Afluente (mg/l)	Efluente (mg/l)	Rdto. (%)	Afluente (mg/l)	Efluente (mg/l)	Rdto. (%)	Afluente (mg/l)	Efluente (mg/l)	Rdto. (%)	Afluente (mg/l)	Efluente (mg/l)	Rdto. (%)	
ENERO	14.340	7.60	7.52	263	10	54.66	481	12	96.47	158	5	96.17	34.00	8.00	2.00	75.00	
FEBRERO	6.108	7.80	7.58	218	7	96.70	667	15	97.52	295	5	97.96	41.00	41.48	3.00	33.33	
MARZO	8.660	7.80	7.58	225	16	75.12	406	22	94.84	295	5	97.53	36.00	3.90	16.00	6.06	
ABRIL	7.871	7.84	7.80	685	6	95.05	836	15	98.01	376	5	96.21	100.00	11.00	5.00	54.55	
MAYO	6.953	7.80	7.60	282	6	96.53	600	12	97.78	301	5	97.80	29.50	93.22	3.60	27.60	
JUNIO	4.007	7.65	7.55	650	12	95.01	1.078	30	96.20	523	9	97.31	93.00	19.00	2.00	89.47	
JULIO	5.845	7.70	7.54	331	28	90.72	818	41	94.93	418	12	97.15					
AGOSTO	6.877	7.70	7.53	654	11	98.48	1.160	28	97.58	650	8	98.71					
SEPTIEMBRE	9.587	7.78	7.58	647	6	98.32	955	19	97.71	460	5	98.51	143.00	11.00	2.50	65.64	
OCTUBRE	4.655	7.82	7.56	405	5	98.16	723	18	97.23	312	5	98.03	66.00	9.00	3.00	66.67	
NOVIEMBRE	3.909	7.70	7.43	438	5	97.95	883	22	96.71	440	5	96.24	52.80	8.00	4.00	50.00	
DICIEMBRE	6.909	7.60	7.40	411	6	97.75	974	19	97.39	390	5	98.15	159.00	20.00	2.00	90.00	
Media	7.319	7.75	7.54	432	10	94.79	807	21	96.86	376	6	97.81	75.43	0.00	66.32	9.59	6.50
Suma	87.822																



Instalación: Selección: 'Tales-Sueras', 'Esilda', 'Albocàsser'  
Mes: Enero y Diciembre  
Año: 2009 y 2010  
Año 2010, EDAR, Esilda

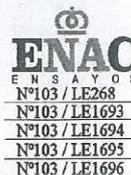
CAUDAL-SS-DBO-DQO-NT-PT Y RDTOS.

MES	Caudal		pH		Sólidos suspendidos		DQO		DBO5		Nitrógeno total		Fósforo total				
	Entrada (m3/día)	Salida (m3/día)	pH (Ud pH)	pH (Ud pH)	Afluente (mg/l)	Efluente (mg/l)	Rdto. (%)	Afluente (mg/l)	Efluente (mg/l)	Rdto. (%)	Afluente (mg/l)	Efluente (mg/l)	Rdto. (%)	Afluente (mg/l)	Efluente (mg/l)	Rdto. (%)	
ENERO	7.646	7.58	7.35	263	5	97.25	753	14	98.06	230	5	98.12	64.72	7.00	1.00	85.71	
FEBRERO	5.949	7.43	7.43	310	6	97.59	740	25	96.49	328	5	98.38	48.74	6.30	1.10	82.54	
MARZO	6.126	7.60	7.40	406	5	86.15	818	20	96.89	328	5	97.91	44.48	5.30	0.24	95.47	
ABRIL	6.985	7.63	7.46	372	39	97.81	886	24	97.14	378	7	97.71					
MAYO	6.356	7.62	7.44	387	5	97.11	805	16	97.66	353	6	97.83					
JUNIO	4.596	7.63	7.47	347	6	97.81	837	19	97.44	389	6	98.24	59.07	4.72	92.01	90.49	
JULIO	6.364	7.69	7.46	482	17	95.59	938	36	95.65	519	11	97.05	60.67	23.28	61.63	66.35	
AGOSTO	8.140	7.68	7.50	281	13	94.77	795	37	94.92	307	12	95.37	59.15	23.02	61.06	6.48	69.31
SEPTIEMBRE	4.710	7.65	7.53	289	7	97.47	692	30	95.57	282	6	97.92	65.28	20.18	69.08	6.54	1.41
OCTUBRE	3.519			248	5	97.76	726	24	96.32	390	6	98.06	53.20	5.40	10.30	0.00	
NOVIEMBRE																	
DICIEMBRE																	
Media	6.039	7.63	7.45	334	11	97.13	789	24	95.61	366	7	97.66	56.91	17.80	70.95	6.24	1.83
Suma	60.391																

**b) Datos analíticos de aguas de la zona de estudio**

Nº Ref.	Nombre del Pozo	Nº IGME	Naturaleza Punto	Ac. drenado	Fecha	C.E. (us/cm)	pH	Sólidos Disueltos	Ca <sup>++</sup> (mg/l)	Mg <sup>++</sup> (mg/l)	Na <sup>+</sup> (mg/l)	K <sup>+</sup> (mg/l)	Cl <sup>-</sup> (mg/l)	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	Nº. mdt.
3	Fte. Eco. Chóvar	29257007	Manantial	Tb <sub>2</sub>	06/07/1972	495	7,98	316,16	41,68	38,52	18,39	0,39	60,25		251,85	
8	José Mondragón Silvestre	29257012	Pozo-galería	Tm <sub>1</sub>	06/07/1972	710	8,12	454,35	74,95	44,1	16,09	2,74	53,18	95,58	274,41	
16	Fte. La Higuera	29257020	Manantial	Tb <sub>2</sub>	10/07/1972	165	7,3	104,96	18,83	13,12	13,79	1,56	26,59	32,02	76,23	
23	Eco. Baldeana	29257036	Pozo-galería	Tm <sub>1</sub>	08/04/1974	203	7,4		18,03	11,08	5,29	1	7,81	1,06		1,75
30	San Vicente Ferrer	29258030	Sondeo	Tk y Tm?	16/07/1984	840	7,5		118,8	32,4	9,7	2,4	21,3	241,1	250,1	

## c) Análisis químico del agua de consumo de Eslida



- ENTIDAD COLABORADORA DE LA ADMINISTRACIÓN HIDRÁULICA
- LABORATORIO ACREDITADO O AUTORIZADO POR: CONSELLERIA DE SANIDAD DE LA GENERALITAT VALENCIANA, CONSELLERIA DE SALUD DE LA JUNTA DE ANDALUCIA Y CONSELLERIA DE SANIDAD DE LA JUNTA DE COMUNIDADES DE CASTILLA-LA MANCHA
- AUTORIZADO POR CONSELLERIA DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACION GENERALITAT VALENCIANA
- ENTIDAD COLABORADORA DEL INSTITUTO ARAGONÉS DEL AGUA
- ENTIDAD COLABORADORA EN MATERIA CALIDAD AMBIENTAL GENERALITAT VALENCIANA
- ORGANISMO DE CONTROL AUTORIZADO POR LA XUNTA DE GALICIA

### INFORME DE ENSAYO

DATOS DE LA MUESTRA		DATOS DEL CLIENTE	
Tipo de Muestra	: Agua de Consumo (D 58/2006)	AYUNTAMIENTO DE ESLIDA	
N. de Referencia	: 58748 / 2010	Plza. del Ayuntamiento, n°1	
Registrado en	: Castellón	12526 ESLIDA	
Fecha Recogida/Entrada	: 20/09/2010 - 20/09/2010	NIF P1205700P	
Hora Recogida/Entrada	: 13:40 - 14:20		
Fecha Inicio/Finalización	: 20/09/2010 - 21/09/2010		
Toma de muestra realizada por	: IPROMA S.L. P-LB-TM-006		
Toma de Muestra	: SIMPLE		
Cantidad de Muestra	: 1.5L Tipo Envase : 1P 1PE		
Denominación de la Muestra	: RED AYUNTAMIENTO		
Población	: ESLIDA		
Provincia	: CASTELLON		

RESULTADOS DE LA MUESTRA						
PARAMETRO	METODO	LIM.CUANT.	D 58/2006	RESULTADO	INCERT.	UNIDADES
Olor a 25°C	ORG/006	1 Ind. dil	3 a 25°C	1		Ind. dil. (*) (1)
Sabor a 25°C	ORG/006	1 Ind. dil	3 a 25°C	1		Ind. dil. (*) (1)
Color	EA/002-a	3.0 mg/l	15 mg/l	<3.0	±0.3	mg/l Pt/Co (1)
Turbidez	NF/001-a	0.40 UNT	5 UNF	<0.40	±0.04	U.N.F. (1)
pH	EL/002-a	4.0 pH	>6.5<9.5	7.9	±0.2	Unidad pH (1)
Conductividad a 20°C	EL/001-a	10.0 µS/cm	2500 µS/cm	419	±34	µS/cm (1)
Cloro residual libre "in situ"	COL/001-a	0.05 mg/l	0.4-1mg/l	0.50	±0.07	mg/l (1)
Amonio	EA/017-a	0.050 mg/l	0.50 mg/l	<0.050	±0.005	mg/l (1)
Coliformes totales	FIL/003-a (Recuento)		0 ufc	0		ufc/100 ml (1)
<i>Escherichia coli</i>	FIL/010-a (Recuento)		0 ufc	0		ufc/100 ml (1)

#### OBSERVACIONES

La incertidumbre correspondiente a los resultados de parámetros Físico-Químicos expresados como <LC esta obtenida sobre el valor del LC correspondiente

Ensayos validados por:  
 Javier Bausa: Jefe Sección Físico-Químico  
 Inmaculada Solís: Jefe Sección Microbiología

IPROMA S.L.

Castellón a 21 de Septiembre de 2010

Fdo.: Salomé Ballester  
 Directora Laboratorios

Página 1 de 1

Los resultados solo conciernen al o a los objetos presentados a ensayo.  
 El informe del ensayo no debe ser reproducido parcialmente sin el consentimiento del laboratorio.  
 Las incertidumbres de medida están calculadas y a disposición del cliente.  
 Los ensayos / toma de muestra marcados (\*), las interpretaciones y datos expresados en observaciones no están incluidos en el alcance de acreditación.  
 (1) Ensayos realizados en el laboratorio de la Delegación de CASTELLON - IPROMA CASTELLON



- |   |  |   |  |  |   |
|---|--|---|--|--|---|
| <b>IPROMA - CASTELLÓN</b><br>C/ra de la Regia nº46 - 12005<br>46010 - CASTELLÓN<br>Tel.: 964 251 072 - Fax: 964 210 476 | <b>IPROMA - VALENCIA</b><br>Pasaje Part. del Movel nº8, 2ºC<br>46010 - VALENCIA<br>Tel. y Fax: 963 891 265 | <b>IPROMA - MADRID</b><br>Av. de los Pirineos nº76, Nave 17<br>28100 - S.S. de los Reyes (MADRID)<br>Tel.: 915 587 440 - Fax: 916 520 931 | <b>IPROMA - GALICIA</b><br>C/ Anselmungsk, nº 17 - B<br>36419 - Sangüesa, Mea (PONTEVEDRA)<br>Tel.: 986 236 232 - Fax: 986 235 318 | <b>IPROMA - ARAGÓN</b><br>C/ Pablo Iglesias nº34-36, Local<br>50018 - ZARAGOZA<br>Tel.: 976 522 490 - Fax: 976 520 043 | <b>IPROMA - ANDALUCÍA</b><br>Parque Tecnológico Clac, C/ Manuel Trillo, Parcela 14, Nave B<br>41116 - BATES (SEVILLA)<br>Tel.: 955 677 140 - Fax: 955 677 140 |
|---|--|---|--|--|---|

www.iproma.com - iproma@iproma.com



## 2. REGISTROS HISTÓRICOS DE PIEZOMETRÍA

Nº Ref.	Nombre	Nº CHJ	Nº IGME	Cota (m s.n.m.)	Fecha de medida	Prof. del agua (m)	Tipo de medida	Cota N.E.
21	Pascual Galindo	08.13.007	292570034	352	26/07/2002	13,63	E	338,37
					23/08/2002	14,07	E	337,93
					21/09/2002	13,32	E	338,68
					22/10/2002	14,63	E	337,37
					22/11/2002	14,07	E	337,93
					21/12/2002	13,16	E	338,84
					24/01/2003	13,16	E	338,84
					22/02/2003	13,68	E	338,32
					22/03/2003	15,01	E	336,99
					22/04/2003	14,71	E	337,29
					21/05/2003	13,13	E	338,87
					22/06/2003	14,61	E	337,39
					21/07/2003	15,17	E	336,83
					23/08/2003	14,18	E	337,82
					22/09/2003	13,27	E	338,73
					21/10/2003	11,62	E	340,38
					23/12/2003	11,25	E	340,75
					24/01/2004	10,31	E	341,69
					22/02/2004	11,22	E	340,78
					24/03/2004	10,13	E	341,87
					24/04/2004	9,17	E	342,83
					26/05/2004	9	E	343
					21/06/2004	10,37	E	341,63
					22/07/2004	9,07	E	342,93
					18/08/2004	9,47	E	342,53
					23/09/2004	10,18	E	341,82
					20/10/2004	10,78	E	341,22
					30/11/2004	11,62	E	340,38
					28/12/2004	10,34	E	341,66
					26/01/2005	9,17	E	342,83
					23/02/2005	10,02	E	341,98
					29/03/2005	11,07	E	340,93
					29/04/2005	12,78	E	339,22
					23/05/2005	13,4	E	338,6
					24/06/2005	13,91	E	338,09
					29/07/2005	14,67	E	337,33
					29/08/2005	16,07	E	335,93
					29/09/2005	15,37	E	336,63
					29/10/2005	15,69	E	336,31
					29/11/2005	13,98	E	338,02
29/12/2005	12,07	E	339,93					
29/01/2006	13,27	E	338,73					
28/02/2006	13,42	E	338,58					
22/03/2006	13,08	E	338,92					
21/04/2006	13,12	E	338,88					
22/05/2006	13,42	E	338,58					
22/06/2006	13,95	E	338,05					

Nº Ref.	Nombre	Nº CHJ	Nº IGME	Cota (m s.n.m.)	Fecha de medida	Prof. del agua (m)	Tipo de medida	Cota N.E.
21	Pascual Galindo	08.13.007	292570034	352	22/07/2006	16,11	E	335,89
					16/08/2006	17,63	E	334,37
					26/09/2006	18,16	E	333,84
					18/10/2006	18,04	E	333,96
					23/11/2006	18,85	E	333,15
					21/12/2006	18,49	E	333,51
					19/01/2007	18,41	E	333,59
					22/02/2007	19,08	A	332,92
					23/03/2007	18,63	E	333,37
					23/04/2007	13,59	E	338,41
					17/05/2007	6,76	E	345,24
					22/06/2007	9,73	E	342,27
					24/07/2007	18,95	D	333,05
					24/08/2007	19,76	D	332,24
					24/09/2007	18,23	E	333,77
					18/10/2007	15,86	E	336,14
					24/11/2007	13,48	E	338,52
					21/12/2007	12,97	E	339,03
					22/01/2008	11,12	E	340,88
					20/02/2008	10,01	E	341,99
					22/03/2008	9,09	E	342,91
					20/04/2008	11,54	E	340,46
					20/05/2008	10,26	E	341,74
					20/06/2008	8,12	E	343,88
					20/07/2008	11,71	E	340,29
					20/08/2008	19,5	D	332,5
					20/09/2008	13,21	E	338,79
					20/10/2008	12,62	E	339,38
					20/11/2008	11,52	E	340,48
					20/12/2008	10,89	E	341,11
					20/01/2009	6,73	E	345,27
					18/02/2009	8,62	E	343,38
					20/03/2009	6,72	E	345,28
					20/04/2009	6,39	E	345,61
					20/05/2009	9,54	E	342,46
					20/06/2009	12,12	E	339,88
					20/07/2009	13,62	E	338,38
					20/08/2009	20,7	E	331,3
					20/09/2009	12,36	E	339,64
					20/10/2009	8,94	E	343,06
20/11/2009	9,86	E	342,14					
19/12/2009	9,54	E	342,46					
14/01/2010	6,61	E	345,39					
10/02/2010	6,62	E	345,38					
08/03/2010	7,14	E	344,86					
07/04/2010	6,62	E	345,38					
09/05/2010	6,57	E	345,43					

Nº Ref.	Nombre	Nº CHJ	Nº IGME	Cota (m s.n.m.)	Fecha de medida	Prof. del agua (m)	Tipo de medida	Cota N.E.
21	Pascual Galindo	08.13.007	292570034	352	08/06/2010	7,44	E	344,56
					12/07/2010	11,02	E	340,98
					12/08/2010	13,46	E	338,54
					11/09/2010	11,12	E	340,88
					10/10/2010	12,67	E	339,33

E: nivel estático  
D: nivel dinámico  
A: Afectada  
O: Otras

Nº Ref.	Nombre	Nº CHJ	Nº IGME	Cota (m s.n.m.)	Fecha de medida	Prof. del agua (m)	Tipo de medida	Cota N.E.
		08.13.004		169	29/01/2006	124,24	E	44,76
					28/02/2006	123,07	E	45,93
					22/03/2006	122,34	E	46,66
					21/04/2006	123,65	E	45,35
					22/05/2006	126,42	E	42,58
					23/06/2006	128,03	E	40,97
					21/07/2006	128,76	E	40,24
					21/08/2006	130,41	E	38,59
					18/09/2006	130,72	E	38,28
					18/10/2006	132,08	E	36,92
					23/11/2006	128,68	E	40,32
					21/12/2006	129,72	E	39,28
					19/01/2007	130,77	E	38,23
					22/02/2007	131,18	E	37,82
					23/03/2007	132,35	E	36,65
					23/04/2007	130,89	E	38,11
					17/05/2007	122,96	E	46,04
					23/06/2007	126,49	E	42,51
					24/07/2007	127,71	E	41,29
					24/08/2007	128,99	E	40,01
					24/09/2007	129,62	E	39,38
					18/10/2007	123,05	E	45,95
					24/11/2007	124,79	E	44,21
					21/12/2007	123,08	E	45,92
					22/01/2008	125,34	E	43,66
					20/02/2008	126,47	E	42,53
					22/03/2008	127,31	E	41,69
					20/04/2008	128,27	E	40,73
					20/05/2008	127,35	E	41,65
					20/06/2008	125,45	E	43,55
					20/07/2008	126,97	E	42,03
					20/08/2008	128,11	E	40,89
					20/09/2008	126,34	E	42,66
					20/10/2008	124,58	E	44,42
					20/11/2008	122,89	E	46,11
					20/12/2008	123,88	E	45,12
					20/01/2009	123,16	E	45,84
					18/02/2009	124,07	E	44,93
					20/03/2009	126,34	E	42,66
					20/04/2009	125,34	E	43,66
					20/05/2009	126,47	E	42,53
					20/06/2009	127,53	E	41,47
					20/07/2009	128,6	E	40,4
					20/08/2009	129,59	E	39,41
					20/09/2009	128,67	E	40,33
					20/10/2009	122,92	E	46,08
					20/11/2009	120,37	E	48,63
					19/12/2009	119,37	E	49,63

Nº Ref.	Nombre	Nº CHJ	Nº IGME	Cota (m s.n.m.)	Fecha de medida	Prof. del agua (m)	Tipo de medida	Cota N.E.
		08.13.004		169	14/01/2010	121,47	E	47,53
					10/02/2010	123,02	E	45,98
					08/03/2010	124,63	E	44,37
					07/04/2010	126,55	E	42,45
					09/05/2010	127,33	E	41,67
					08/06/2010	127,26	E	41,74
					12/07/2010	127,64	E	41,36
					12/08/2010	128,81	E	40,19
					11/09/2010	128,93	E	40,07
					10/10/2010	130,47	E	38,53

E: nivel estático  
D: nivel dinámico  
A: Afectada  
O: Otras



### 3. REPORTAJE FOTOGRÁFICO

#### a) Punto de Vertido.



Punto de vertido, imagen tomada desde las instalaciones de la EDAR



Detalle del punto de vertido en el margen izquierdo del barranco de Castro



Afluente final en el barranco de Castro



Barranco de Castro en el punto de vertido, vista aguas arriba del mismo

b) Inventario de puntos de agua



Font de Fonillet (Ref. 1)



Fuente Barranco de Chóvar (Ref. 3)



Fuente Barranco de Chóvar (Ref. 3)



Font de Matilde (Ref. 5)



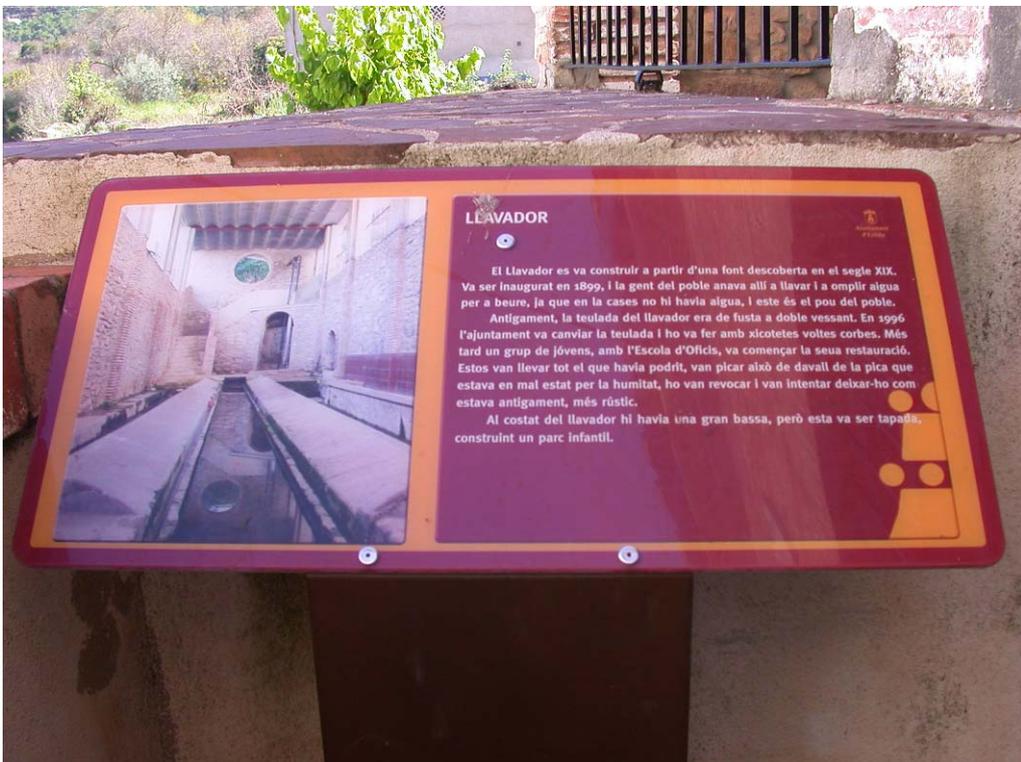
Font de Matilde de Arriba (Ref. 6)



Font de Castro (Ref. 7)



Font de Les Fosques (Ref. 9)



Font de Llevador (Lavadero) (Ref. 10)



Font de Llevador (Lavadero) (Ref. 10)



Sondeo Ayuntamiento de Eslida (abastecimiento, Ref. 25).  
Antiguo sondeo Pascual Galindo Peñate (Ref. 14 y 21)



Fte. Sant Josep (Ref. 15)



Fte. Santa Cristina (Ref. 20)



Fte. Santa Cristina (Ref. 20)



Sondeo nº 1



Sondeo nº 2



Sondeo nº 3



Sondeo nº 7



Sondeos nº 1, nº 2, nº 3 y nº 7 de la embotelladora Orotana (Ref. 23 Barranco Baldreana)



Sondeo Molidar (Ref. 26)



Sondeo Santo Cristo del Calvario (Ref. 27)



Sondeo Horteta Domingo (Ref. 28)



Sondeo San José Obrero (Ref. 29)



Sondeo San Vicente Ferrer (Ref. 30)



Pozo Casa-Jardín (Ref. 31)

c) Focos potencialmente contaminantes



Industria del corcho



Acumulación de escombros en el barranco de Castro, aguas debajo de la EDAR de Eslida



Acumulación de escombros en un barranco de la cara norte del Puntal del centeno

d) Estación Depuradora de Aguas Residuales de Eslida



Pozo de bombeo, recoge las aguas de entrada a la EDAR



Desbaste de finos y gruesos



Aireación



Tratamiento de fangos



Arqueta de salida



Punto de vertido

## 4. MÉTODO DE CÁLCULO REHSE

### 2.1 MÉTODO DE REHSE

Rehse (1977) ha propuesto un método empírico para calcular el poder depurador de un suelo durante el transporte de una sustancia contaminante, primero por circulación vertical desde la superficie hasta el acuífero, a través de la zona no saturada, y después por circulación de esta sustancia dentro del propio acuífero, en sentido horizontal.

Este autor, ha definido los espesores de suelo necesarios, en condiciones de no saturación, para conseguir una depuración natural del efluente contaminante. Asimismo y para cuatro categorías de constituyentes de la zona saturada determina una longitud de trayecto en metros que será función de la velocidad efectiva del flujo subterráneo, necesaria para completar la depuración (tabla 1).

En las tablas 2 y 3 se dan los valores de los parámetros físicos e hidrodinámicos que sirven para el cálculo de los espesores H y de las distancias L.

Para el suelo y la zona no saturada (zona de recubrimiento) se da un índice de depuración  $I_r$  que se define como sigue:

$$I_r = I / H$$

donde H es el espesor tomado en un plano vertical del material considerado en la zona no saturada.

Para la zona saturada (acuífero), el índice de depuración  $I_a$  viene dado por:

$$I_a = I / L$$

donde L es la longitud del trayecto horizontal en la capa desde la vertical del punto de vertido hasta la captación.

a) Recubrimiento (suelo + zona no saturada)

M	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	H	I <sub>r</sub> = 1/H
1	Humus, 5-10% humus, 5-10% arcillas	1,2	0,8
2	Arcilla sin grietas de desecación limoarcillosas. Arena muy arcillosa	2	0,5
3	<i>Silt</i> arcilloso a <i>silt</i>	2,5	0,4
4	<i>Silt</i> , arena siltosa, arena poco siltosa y poco arcillosa	3-4,5	0,33-0,22
5	Arena de fina a media	6	0,17
6	Arena de media a gruesa	10	0,1
7	Arena gruesa	15	0,07
8	Grava siltosa rica en arena y arcilla	8	0,13
9	Grava poco siltosa, mucha arena	12	0,08
10	Grava fina a media rico en arena	25	0,04
11	Grava media a gruesa con poca arena	35	0,03
12	Guijarros	50	0,02

M: n° de la clasificación granulométrica.

H: espesor de la capa de suelo necesaria para la depuración (en metros).

I<sub>r</sub>: Índice de depuración en la zona de recubrimiento.

**Tabla 1. Poder depurador del suelo según REHSE (1977)**

b) En el acuífero

El poder depurador total de los terrenos vendrá dado por el poder depurador de la zona no saturada más el poder depurador de la zona saturada.

$$M_x = M_a + M_r$$

M<sub>x</sub> = poder depurador sobre la totalidad del transporte.

M<sub>r</sub> = poder depurador del trayecto vertical

M<sub>a</sub> = poder depurador del trayecto horizontal.

La depuración será completa o total si:

$$M_x \geq 1$$

M	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	L	I <sub>a</sub> = 1/L
9	Grava poco siltosa, con mucha arena	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	0,07
		b) 200	0,005
		c) 220	0,0045
		d) 250	0,004
11	Grava media a gruesa con poca arena	a) 200	0,05
		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	0,008
		d) 400	0,0025

L: distancia horizontal necesaria para la depuración (m).

a: velocidad < 3 m/día.

b: velocidad comprendida entre 3 y 20 m/día.

c: velocidad comprendida entre 20 y 50 m/día.

d: velocidad > 50 m/día.

I<sub>a</sub>: Índice de depuración en el acuífero.

**Tabla 1 ( continuación). Poder depurador del suelo según REHSE (1977)**

a) Depuración en la zona de recubrimiento

Para el trayecto vertical, si la zona no saturada está constituida por n materiales distintos:

$$M_r = \sum_{i=1}^{i=n} h_i I_{ri}$$

siendo  $h_i$  las alturas de las diferentes categorías encontradas y  $I_{ii}$  sus índices correspondientes (tablas 2 y 3).

Si  $M_r \geq 1$  la depuración en la zona no saturada es completa.

Si  $M_r < 1$  la descontaminación en las capas superiores no es total y el agua contaminada alcanzaría la zona saturada.

b) Depuración en el acuífero

Supongamos ahora que  $M_x = 1$  (depuración completa del acuífero antes de alcanzar una captación), entonces el poder depurador de la zona saturada será:

$$M_a = I - M_r$$

La distancia  $l$  que como mínimo es necesario recorrer para alcanzar una depuración total será:

$$L = \frac{M_a}{I_a}$$

Siendo  $I_a$  el índice correspondiente al material acuífero.

Si no existiera recubrimiento, toda la depuración debería de realizarse a través del material acuífero. Para que sea completa debe de ser  $M_a = 1$  y:

$$L = \frac{l}{I_a}$$

(1) Nº de Roca	(2) Roca	(3) Espesor (m)	(4) Permeabilidad kf saturada o semisaturada (m/s)	(5) Porosidad útil saturada %	(6) Porosidad útil no saturada %	(7) Superficie específica m <sup>2</sup>	(8) Velocidad real (m/d)	(9) Tiempo de recorrido (días)	(10) Capacidad de retención (%)	(11) Volumen útil m <sup>3</sup>	(12) Retención m <sup>3</sup>	(13) Superficie total de los granos (m <sup>2</sup> )
M												
1		1,2	5x10 <sup>7</sup>	0,05	-	1x10 <sup>6</sup> , 5.10 <sup>7</sup>	0,86	1,4	> 10	(0,06)	- 0,12	1,2x10 <sup>6</sup> , 6x10 <sup>7</sup>
2	Roca con	2,0	1x10 <sup>8</sup>	0,035	-	4x10 <sup>8</sup>	0,025	80,0	- 50	(0,07)	- 1,0	8x10 <sup>8</sup>
3	Propiedades	2,5	1x10 <sup>7</sup>	0,065	-	4x10 <sup>5</sup>	0,16	15,6	- 20	(0,14)	0,5	1x10 <sup>6</sup>
4 <sub>1</sub>	De absorción	3,0	5x10 <sup>7</sup>	0,08	-	225.600	0,54	5,6	- 32	0,24	- 1,0	676.800
4 <sub>2</sub>		3,8	1x10 <sup>6</sup>	0,10	-	25.000	0,86	4,4	- 27	0,38	- 1,0	95.000
4 <sub>3</sub>		4,5	5x10 <sup>6</sup>	0,10	0,08	19.000	4,32	1,0	- 24	0,45	- 1,1	85.500
5	Roca	6,0	1x10 <sup>5</sup>	0,105	0,08	13.400	0,54	8,3	- 3	0,63	0,2	80.400
6	Arenosa	10,0	1x10 <sup>6</sup>	0,135	0,1	7.600	8,23	0,7	- 2,5	1,35	0,3	76.000
7		15,0	3x10 <sup>5</sup>	0,16	0,12	4.000	1,08	5,6	- 2,3	2,4	0,4	60.000
			5x10 <sup>5</sup>				19,2	0,5				
			5x10 <sup>6</sup>				2,59	4,0				
							27,0	0,6				
							3,6	4,2				
8		8,0	5x10 <sup>7</sup>	0,06	-	9.000	0,72	11,1	- 15	0,48	1,2	72.000
9	Gravas	12,0	3,5x10 <sup>4</sup>	0,15	0,12	1.800	201,6	0,06	- 2	1,8	- 0,2	21.600
10		25,0	3,5x10 <sup>6</sup>	0,18	0,15	580	2,52	4,8	- 2	4,5	- 0,5	14.500
			1x10 <sup>3</sup>				480,0	0,05				
11	Gravas	35,0	1x10 <sup>2</sup>	0,20	0,15	200	4.320,0	11,7min	- 1,5	7,0	0,5	7.000
12	Guijarros	50,0	1x10 <sup>4</sup>	0,25	-	60	57,6	14,6h	- 1,2	12,5	0,6	3.000
			2,5				6m/h	8,3h				

Columnas:

(3) Espesor indicado en la tabla 4

(7) Superficie específica de los granos

(11) Producto de las columnas (3) y (5)

(12) Producto de las columnas (3) y (10)

(4) k: valor superior o valor único - en condición saturada.

(8 y 9) El valor subrayado es aquel que prevalece. Corresponde a la saturación parcial para los materiales permeables.

(13) Producto de las columnas (3) y (7).

Tabla 2. Algunos parámetros para las rocas de la zona no saturada (Extraído de Rehse, 1977).

(1) N° de Roca	(2) Roca	(3) Permeabilidad kf (m/s)	(4) Velocidad real Va (m/d)	(5) Distancia límite (m)	(6) Tiempo de recorrido (m)	(7) Volúmenes infiltrados (m <sup>3</sup> )	(8) Superficie específica (m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> )	(9) Superficie total de los granos (m <sup>2</sup> )
9	Grava siltsosa arenosa	3,5x10 <sup>3</sup>	A < 3	100	33,3	100	1.800	180 x 10 <sup>3</sup>
			B 3 12	150	12,5	150		270 x 10 <sup>3</sup>
			C 20 35	170	4,9	170		306 x 10 <sup>3</sup>
			D 50 > 50	200	4,0	200		360 x 10 <sup>3</sup>
10	Grava arenosa	3,5x10 <sup>2</sup>	A < 5	150	30,0	150	580	87 x 10 <sup>3</sup>
			B 5 12	200	16,7	200		116 x 10 <sup>3</sup>
			C 20 35	220	6,3	220		128 x 10 <sup>3</sup>
			D 50 75	250	3,3	250		145 x 10 <sup>3</sup>
11	Grava	1,0x10 <sup>2</sup>	A < 5'	200	40,0	200	200	40 x 10 <sup>3</sup>
			B 5 12	250	20,8	250		50 x 10 <sup>3</sup>
			C 20 35	270	7,7	270		54 x 10 <sup>3</sup>
			D 50 75	300	3,0	300		60 x 10 <sup>3</sup>
12	Guijarros	2,5	A < 5	300	60,0	300	260	18 x 10 <sup>3</sup>
			B 5 12	340	28,3	340		20 x 10 <sup>3</sup>
			C 20 35	360	10,3	360		22 x 10 <sup>3</sup>
			D 50 100	400	4,0	400		24 x 10 <sup>3</sup>

Columnas:

- (1) N° de Material.
- (3) Valor de kf (permeabilidad) en condición saturada.
- (4) Intervalos de velocidades reales: el valor medio es utilizado en los cálculos, por ejemplo en la columna 6. Depende del gradiente.
- (5) Distancia límite requerida según el caso.
- (6) Tiempos de recorrido calculado a partir de (4) y (5).
- (7) Producto de 1 m<sup>2</sup> de sección y de la distancia.
- (8) Superficie específica de los granos.

Tabla 3. Algunos parámetros para las rocas de la zona saturada (acuífero) (Extraído de Rehse, 1977)

## 2.2 MÉTODO DE BOLSENKÖTER PARA MEDIOS FISURADOS

Bolsenköter (1984) ha completado el método de Rehse proponiendo un método similar para los medios fisurados y karstificados.

Puesto que el poder depurador de las rocas en medios fisurados es menor que el de las rocas en medios porosos Bolsenköter aumenta al doble las distancias necesarias para conseguir una depuración total. En este caso el índice de depuración  $I_a$  del acuífero será:

$$I_a = 0.5/H$$

En la tabla 4 se dan los valores de H y de  $I_a$  para siete tipos de acuíferos fisurados

C	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	H ( m)	$I_a = 0,5/H$
1	Margas	10	0,05
2	Arenisca con capas arcillosas. Arcillas micoesquistos y filitas	20	0,025
3	Basaltos y rocas volcánicas	30	0,017
4	Grauwaca, arcosas, areniscas arcillosas-sietosas	50	0,01
5	Granito, Miorito-granodiorito, diorita, sionita	70	0,007
6	Cuarcitas, areniscas con sílex	100	0,005
7	Caliza	200	0,0025

**Tabla 4. Poder depurador de las rocas en medios fisurados (BOLSENKÖTER)**



## 5. BASES DE DATOS DEL IGME

GENERAL						
Hoja	Oct	Punto	Coord X	Coord Y	Cota	Natur
2925	7	0001	889100	589700	500	3
2925	7	0002	888550	590200	650	8
2925	7	0003	888300	589750	640	3
2925	7	0004	887540	589250	420	8
2925	7	0005	888100	592500	420	3
2925	7	0006	886658	592180	590	3
2925	7	0007	888440	591500	360	3
2925	7	0008	888900	591580	320	3
2925	7	0009	889100	591750	320	3
2925	7	0010	889150	591560	380	3
2925	7	0011	889500	592500	420	3
2925	7	0012	889200	592360	360	8
2925	7	0013	888025	593025	360	3
2925	7	0014	888630	592050	370	3
2925	7	0015	889850	593530	480	3
2925	7	0016	890350	593730	380	3
2925	7	0017	889700	592250	440	4
2925	7	0018	888750	591900	370	4
2925	7	0019	887500	593550	420	3
2925	7	0020	891750	591850	440	3
2925	7	0021	891550	591610	620	3
2925	7	0022	891780	592310	300	3
2925	7	0023	891650	592450	280	3
2925	7	0024	891550	592550	280	3
2925	7	0025	886400	594250	460	3
2925	7	0026	885440	593230	520	3
2925	7	0027	885450	593050	570	3
2925	7	0028	884960	592130	810	3
2925	7	0029	885550	592220	790	3
2925	7	0030	885960	594070	500	3
2925	7	0031	889440	587360	430	3
2925	7	0032	887925	589550	430	1
2925	7	0033	887175	588575	380	2
2925	7	0034	889000	592325	360	1
2925	7	0035	890475	593200	280	1
2925	7	0036	890950	592325	440	8
2925	7	0037	890950	592550	400	1
2925	7	0038	888250	588700	450	1
2925	7	0039	885550	593350	550	1
2925	7	0040	886000	592100	730	3
2925	7	0041	886400	594800	520	3
2925	7	0042	889000	592000	360	1
2925	7	0043	891050	592250	300	1
2925	7	0044	889000	592000	360	4

LITOLOGÍA			
Hoja	Oct	Punto	Litologia
2925	7	0002	ARENIS
2925	7	0004	GRAVAS
2925	7	0012	AREGRA
2925	7	0014	CALIZA
2925	7	0017	CALIZA
2925	7	0025	CALIZA
2925	7	0032	ARENIS

ENSAYOS DE BOMBEO								
Hoja	Oct	Punto	Fecha	Caudal	Horas	Min	Depresion	Transmisiv.
2925	7	0004	01-ene-72	0,8	24	30	20,28	
2925	7	0004	01-jul-72	0,8	24	30	20,28	
2925	7	0012	01-ene-72	29,9	24		24,94	
2925	7	0012	01-jul-72	29,9	24		24,94	
2925	7	0018	01-ene-72	18	24		8,5	
2925	7	0018	01-jul-72	18	24		8,5	
2925	7	0034	01-ene-78	30	24			800
2925	7	0035	01-ene-79	72	24			2000
2925	7	0036	01-ene-80	0,7	24			20
2925	7	0037	01-ene-80	11	24			300

**PIEZOMETRÍA**

Hoja	Oct	Punto	Cota	Prof	Fecha	Nivel pz
2925	7	0001	500		06-jul-72	0,03
2925	7	0003	640		06-jul-72	0,02
2925	7	0004	420	40,2	06-jul-72	19,92
2925	7	0005	420		06-jul-72	0,01
2925	7	0007	360		06-jul-72	0,01
2925	7	0008	320		06-jul-72	0,01
2925	7	0009	320		06-jul-72	0,01
2925	7	0010	380		06-jul-72	0,01
2925	7	0011	420		06-jul-72	0,01
2925	7	0012	360	30	06-jul-72	5,06
2925	7	0013	360		06-jul-72	0,02
2925	7	0014	370		06-jul-72	1,08
2925	7	0015	480		07-jul-72	0,01
2925	7	0016	380		07-jul-72	0,01
2925	7	0017	440	14	07-jul-72	5,47
2925	7	0018	370	25	07-jul-72	16,5
2925	7	0019	420		07-jul-72	0,01
2925	7	0020	440		10-jul-72	0,02
2925	7	0021	620		10-jul-72	0,02
2925	7	0022	300		10-jul-72	0,01
2925	7	0023	280		10-jul-72	0,01
2925	7	0024	280		10-jul-72	1,44
2925	7	0026	520		11-jul-72	0,14
2925	7	0027	570		11-jul-72	0,01
2925	7	0028	810		11-jul-72	0,02
2925	7	0029	790		11-jul-72	0,03
2925	7	0030	500		11-jul-72	0,01
2925	7	0031	430		11-jul-72	0,01
2925	7	0032	430	120	28-nov-80	14,2
2925	7	0032	430	120	03-mar-81	18,34
2925	7	0032	430	120	14-may-81	17,42
2925	7	0032	430	120	30-oct-81	19,63
2925	7	0032	430	120	28-ene-82	21,78
2925	7	0032	430	120	14-mar-83	21,39
2925	7	0032	430	120	12-dic-85	22,31
2925	7	0032	430	120	31-oct-86	21,14
2925	7	0032	430	120	11-dic-87	16,58
2925	7	0032	430	120	25-may-88	17,15
2925	7	0032	430	120	03-mar-89	11,82
2925	7	0032	430	120	24-abr-89	10,8
2925	7	0033	380	110	28-nov-80	8
2925	7	0034	360	80	01-ene-78	30
2925	7	0034	360	80	26-mar-98	10,25
2925	7	0034	360	80	28-ene-99	18,95
2925	7	0034	360	80	26-feb-99	20,04
2925	7	0034	360	80	29-mar-99	19,07
2925	7	0034	360	80	29-abr-99	19
2925	7	0034	360	80	28-may-99	24,4
2925	7	0034	360	80	27-jun-99	24,98
2925	7	0034	360	80	28-jul-99	26,31
2925	7	0034	360	80	29-sep-99	24,16
2925	7	0034	360	80	29-oct-99	31,47
2925	7	0034	360	80	29-nov-99	31
2925	7	0034	360	80	30-dic-99	30,62
2925	7	0034	360	80	31-ene-00	29,98
2925	7	0035	280	150	01-ene-79	52,35
2925	7	0036	440	21	16-dic-80	20
2925	7	0037	400	65	16-dic-80	15,12
2925	7	0038	450		15-jun-89	17,3
2925	7	0042	360	100	20-jun-89	3,15
2925	7	0044	360	20	16-mar-94	14,3

CALIDAD					
Hoja	Oct	Punto	Fecha de toma	Elemento	Valor
2925	7	0007	06-jul-72	Cl	60
2925	7	0007	06-jul-72	HCO3	252
2925	7	0007	06-jul-72	Na	18
2925	7	0007	06-jul-72	Mg	39
2925	7	0007	06-jul-72	Ca	42
2925	7	0007	06-jul-72	pH	8
2925	7	0007	06-jul-72	Conduct	495
2925	7	0007	06-jul-72	Temperatura	20
2925	7	0012	06-jul-72	Cl	53
2925	7	0012	06-jul-72	SO4	96
2925	7	0012	06-jul-72	HCO3	274
2925	7	0012	06-jul-72	Na	16
2925	7	0012	06-jul-72	Mg	44
2925	7	0012	06-jul-72	Ca	75
2925	7	0012	06-jul-72	K	3
2925	7	0012	06-jul-72	pH	8,1
2925	7	0012	06-jul-72	Conduct	710
2925	7	0012	06-jul-72	Temperatura	16
2925	7	0020	10-jul-72	Cl	27
2925	7	0020	10-jul-72	SO4	32
2925	7	0020	10-jul-72	HCO3	76
2925	7	0020	10-jul-72	Na	14
2925	7	0020	10-jul-72	Mg	13
2925	7	0020	10-jul-72	Ca	19
2925	7	0020	10-jul-72	K	2
2925	7	0020	10-jul-72	pH	7,3
2925	7	0020	10-jul-72	Conduct	165
2925	7	0020	10-jul-72	Temperatura	23
2925	7	0027	11-jul-72	Cl	25
2925	7	0027	11-jul-72	HCO3	69
2925	7	0027	11-jul-72	Na	8
2925	7	0027	11-jul-72	Mg	7
2925	7	0027	11-jul-72	Ca	19
2925	7	0027	11-jul-72	pH	7,3
2925	7	0027	11-jul-72	Conduct	180
2925	7	0027	11-jul-72	Temperatura	17
2925	7	0032	19-dic-90	DQO	0,6
2925	7	0032	19-dic-90	Cl	11
2925	7	0032	19-dic-90	SO4	7
2925	7	0032	19-dic-90	HCO3	217
2925	7	0032	19-dic-90	NO3	1
2925	7	0032	19-dic-90	Na	6
2925	7	0032	19-dic-90	Mg	33
2925	7	0032	19-dic-90	Ca	23
2925	7	0032	19-dic-90	K	1
2925	7	0032	19-dic-90	pH	7,7
2925	7	0032	19-dic-90	Conduct	307
2925	7	0032	19-dic-90	Rs	221
2925	7	0032	19-dic-90	NO2	0,02
2925	7	0032	19-dic-90	SiO2	9
2925	7	0032	19-dic-90	Fluoruro	0
2925	7	0032	19-dic-90	Fe	0,02
2925	7	0032	19-dic-90	Mn	0
2925	7	0032	19-dic-90	Cu	0
2925	7	0032	19-dic-90	Zn	0
2925	7	0032	19-dic-90	Pb	0
2925	7	0032	19-dic-90	Cr	0
2925	7	0032	19-dic-90	Cd	0
2925	7	0032	19-dic-90	As	0
2925	7	0032	19-dic-90	Se	0
2925	7	0032	19-dic-90	CN	0
2925	7	0032	19-dic-90	Hg	0
2925	7	0032	19-dic-90	NH4	0
2925	7	0032	19-dic-90	PO4	0,02

Hoja	Oct	Punto	Fecha toma aq	ABR ELE	Valor
2925	7	0036	19-dic-90	DQO	0,9
2925	7	0036	19-dic-90	Cl	10
2925	7	0036	19-dic-90	SO4	14
2925	7	0036	19-dic-90	HCO3	5
2925	7	0036	19-dic-90	NO3	2
2925	7	0036	19-dic-90	Na	5
2925	7	0036	19-dic-90	Mg	2
2925	7	0036	19-dic-90	Ca	5
2925	7	0036	19-dic-90	K	1
2925	7	0036	19-dic-90	pH	7,2
2925	7	0036	19-dic-90	Conduct	64
2925	7	0036	19-dic-90	Rs	37
2925	7	0036	19-dic-90	NO2	0,01
2925	7	0036	19-dic-90	SiO2	6,6
2925	7	0036	19-dic-90	Fluoruro	0
2925	7	0036	19-dic-90	Fe	0,02
2925	7	0036	19-dic-90	Mn	0
2925	7	0036	19-dic-90	Cu	0
2925	7	0036	19-dic-90	Zn	0
2925	7	0036	19-dic-90	Pb	0
2925	7	0036	19-dic-90	Cr	0
2925	7	0036	19-dic-90	Cd	0
2925	7	0036	19-dic-90	As	0
2925	7	0036	19-dic-90	Se	0
2925	7	0036	19-dic-90	CN	0
2925	7	0036	19-dic-90	Hg	0
2925	7	0036	19-dic-90	NH4	0
2925	7	0036	19-dic-90	PO4	0,04
2925	7	0038	19-dic-90	DQO	0,6
2925	7	0038	19-dic-90	Cl	13
2925	7	0038	19-dic-90	SO4	11
2925	7	0038	19-dic-90	HCO3	168
2925	7	0038	19-dic-90	NO3	4
2925	7	0038	19-dic-90	Na	14
2925	7	0038	19-dic-90	Mg	17
2925	7	0038	19-dic-90	Ca	30
2925	7	0038	19-dic-90	K	1
2925	7	0038	19-dic-90	pH	7,9
2925	7	0038	19-dic-90	Conduct	283
2925	7	0038	19-dic-90	Rs	112
2925	7	0038	19-dic-90	NO2	0
2925	7	0038	19-dic-90	SiO2	8,1
2925	7	0038	19-dic-90	Fluoruro	0
2925	7	0038	19-dic-90	Fe	0,02
2925	7	0038	19-dic-90	Mn	0
2925	7	0038	19-dic-90	Cu	0
2925	7	0038	19-dic-90	Zn	0
2925	7	0038	19-dic-90	Pb	0
2925	7	0038	19-dic-90	Cr	0
2925	7	0038	19-dic-90	Cd	0
2925	7	0038	19-dic-90	As	0
2925	7	0038	19-dic-90	Se	0
2925	7	0038	19-dic-90	CN	0
2925	7	0038	19-dic-90	Hg	0
2925	7	0038	19-dic-90	NH4	0
2925	7	0038	19-dic-90	PO4	0,06