



**ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO
PARA LA AUTORIZACIÓN DE VERTIDO
DE AGUAS RESIDUALES DEPURADAS PROCEDENTES
DE LA EDAR DE LOS MUNICIPIOS DE TALES Y
SUERAS (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 Y 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.....	17
3.5	SISTEMA DE ELIMINACIÓN DEL VERTIDO.....	19
4	MEDIO FÍSICO.....	21
5	GEOLOGÍA.....	23
5.1	SERIE LITOESTRATIGRÁFICA DEL ÁREA.....	23
5.1.1	Triásico.....	23
5.1.2	Jurásico.....	26
5.1.3	Cuaternario.....	28
5.2	CARTOGRAFIA GEOLÓGICA.....	31
5.3	TECTÓNICA.....	37
6	MARCO HIDROGEOLÓGICO.....	39
6.1	FORMACIONES HIDROGEOLÓGICAS.....	39
6.2	SUBSISTEMA DE ONDA (56.05).....	41
7	HIDROGEOLOGÍA LOCAL.....	47
7.1	INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA.....	47
7.2	CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA DE LA FORMACIÓN RECEPTORA.....	53
7.3	CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA E HIDROGEOLÓGICA DE LA ZONA NO SATURADA.....	55
7.4	NIVEL PIEZOMÉTRICO.....	56
7.5	CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS.....	60
8	CALIDAD AMBIENTAL DEL SECTOR. CARACTERIZACIÓN E IDENTIFICACIÓN DE FOCOS POTENCIALMENTE CONTAMINANTES.....	63
8.1	CLASIFICACIÓN DE FOCOS POTENCIALES CONTAMINANTES.....	67
8.2	INVENTARIO Y CARTOGRAFÍA DE FOCOS POTENCIALMENTE CONTAMINANTES. CONSIDERACIONES SOBRE LA POTENCIAL AFECCIÓN A LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS.....	67
9	ESTIMACIÓN DEL PODER AUTODEPURADOR DEL TERRENO.....	71
10	NUEVO PUNTO DE UBICACIÓN DEL VERTIDO.....	75
11	CRITERIOS QUE JUSTIFICAN LA INOCUIDAD DEL VERTIDO A LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS.....	77
12	CONCLUSIONES.....	79
13	BIBLIOGRAFÍA.....	81

ANEXOS

A) ANÁLISIS QUÍMICOS

- a) Análisis de las aguas brutas y del efluente final
- b) Análisis de aguas de la zona de estudio

B) REPORTAJE FOTOGRÁFICO

- a) Punto de vertido
- b) Inventario de puntos de agua
- c) Focos potencialmente contaminantes
- d) Estación depuradora de aguas residuales de Tales-Sueras

C) METODO DE CALCULO REHSE

D) 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 vertidos 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, que trata las aguas residuales de los municipios de Tales y Sueras, 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 Y DEL VERTIDO

3.1 SITUACIÓN GEOGRÁFICA

La estación depuradora de aguas residuales de Tales y Sueras está construida a unos 800 metros al este del casco urbano de Tales, en las parcelas nº 5 y nº 56 del polígono nº3 del término municipal de Tales. El punto medio de estas instalaciones corresponde a las siguientes coordenadas U.T.M. (Sistema de referencia ETRS89):

X: 730.900 Y: 4.425.962

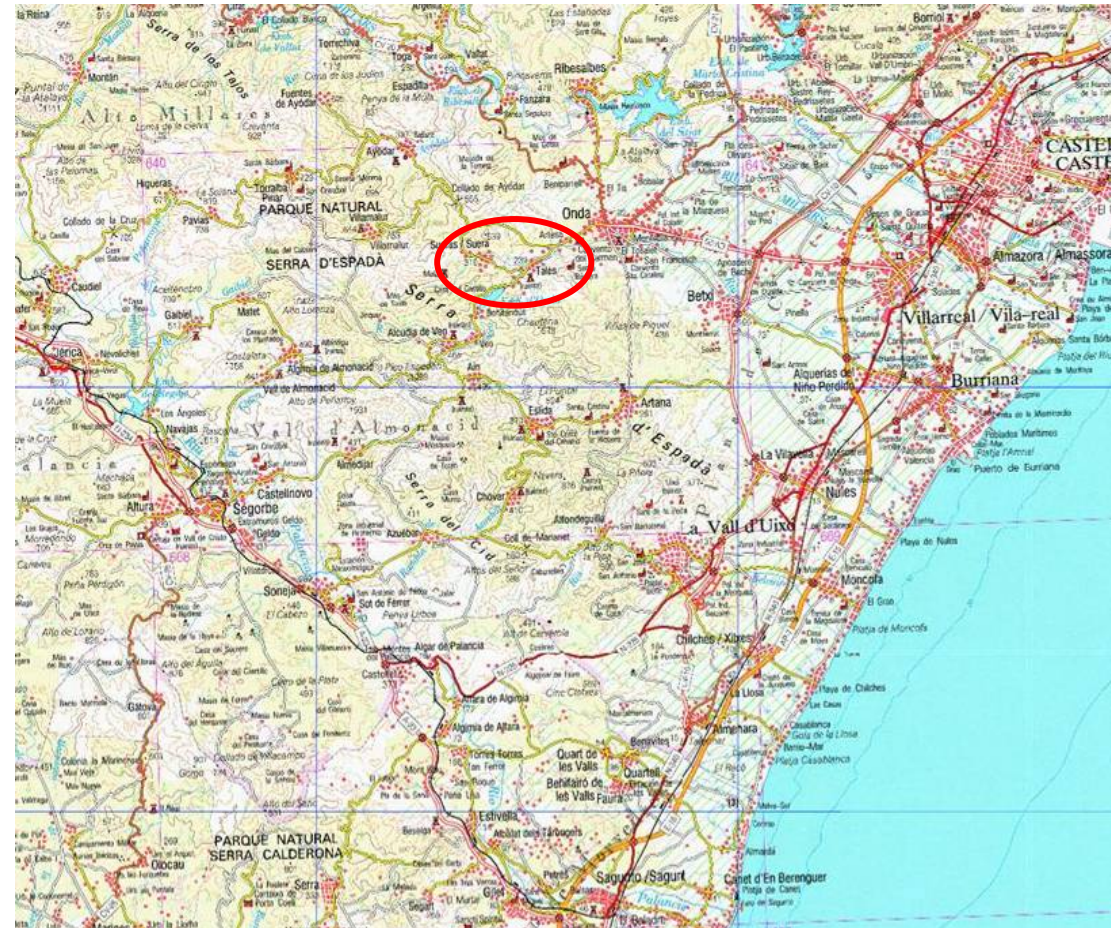
El punto de vertido se sitúa en el margen izquierdo del cauce del barranco de Sonella, también conocido como riu Sec de Betxí, dentro de la parcela nº 9015 del polígono nº 14 de este municipio.

Las coordenadas UTM del mismo son las siguientes:

X: 730 995 Y: 4.425.970

La cota topográfica aproximada del lecho del barranco en el punto de vertido es de 208 m s.n.m.

En este lugar, además de las propias aguas residuales depuradas se vierten ocasionalmente excedentes de riego canalizados por dicho margen del río a través de acequia.



ZONA DE ESTUDIO

Figura 1. Situación de los municipios de Sueras y Tales.(Visor IGN Instituto Geográfico Nacional)

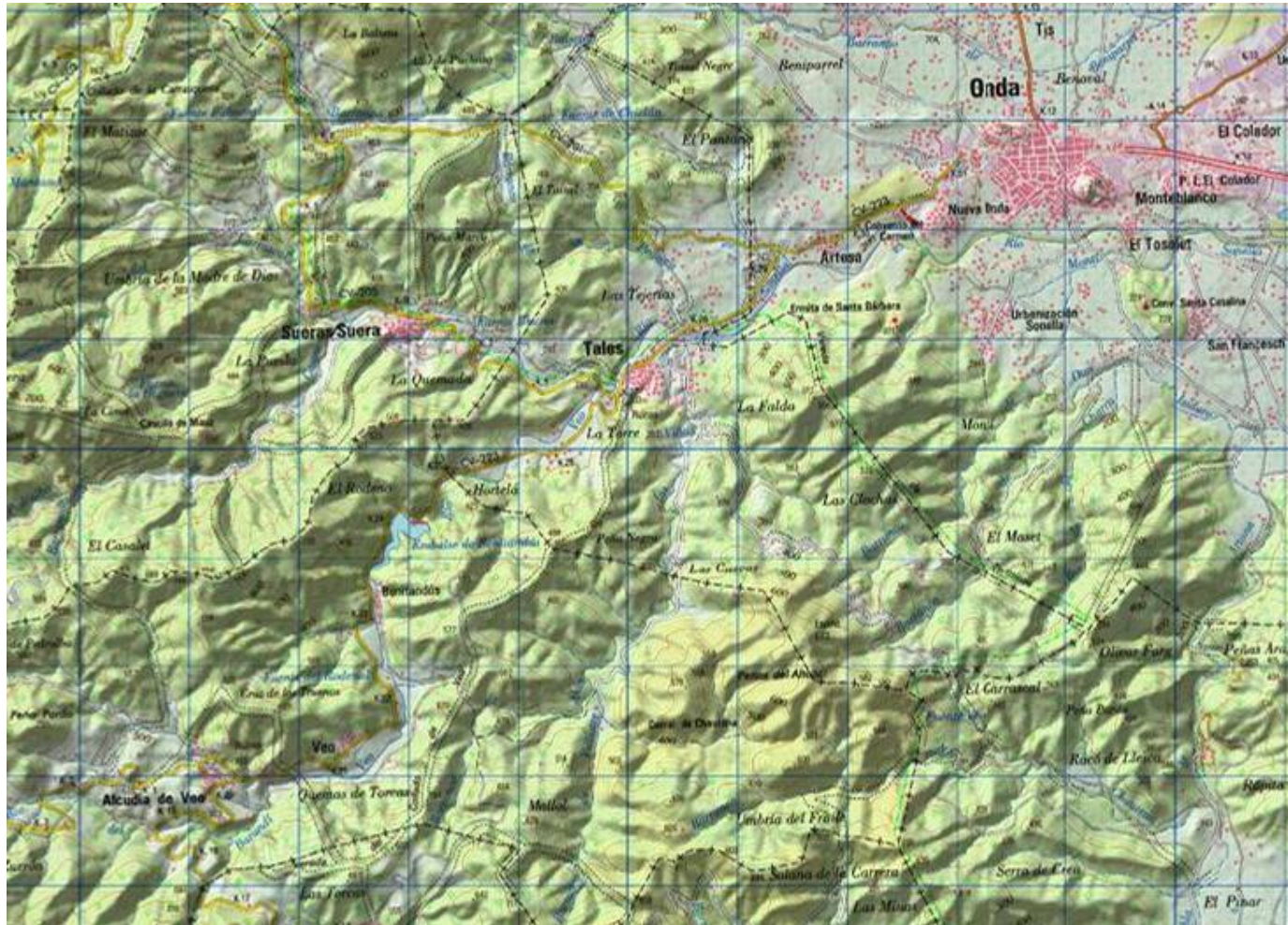


Figura 2. Mapa topográfico de la zona de Sueras y Tales.(Visor IGN Instituto Geográfico Nacional)

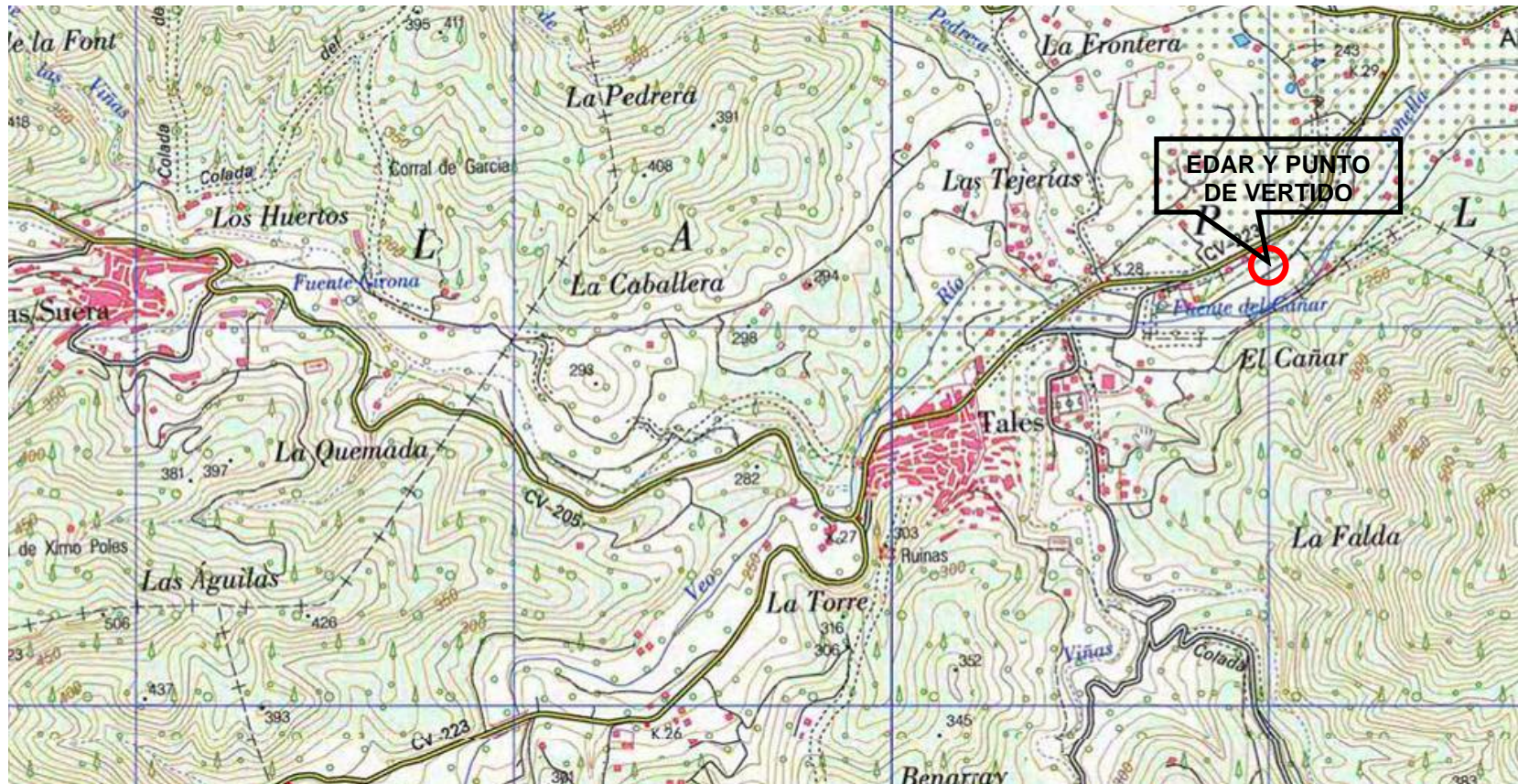


Figura 3. Situación de la EDAR y del punto de vertido sobre mapa topográfico.(Visor IGN Instituto Geográfico Nacional)



Foto 1. Vista 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

El vertido objeto de estudio procede de la estación depuradora de aguas residuales (EDAR) que recoge las aguas residuales de los núcleos urbanos de Tales y Sueras, desde donde se canalizan hasta el barranco del Barranco de Sonella.

Estas aguas son asimilables a urbanas, la mayoría de origen doméstico, con un porcentaje de aguas industriales menor del 30 %.



Foto 2. Imagen de la EDAR de Tales y Sueras (fotografía perteneciente a EPSAR)

3.3 DISPOSITIVOS DE DEPURACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

Actualmente, los municipios de Tales y Sueras cuentan con una planta de tratamiento de las aguas residuales urbanas (EDAR) situada al este del término municipal de Tales, junto al barranco de Sonella.

Según los datos expuestos en la página web de la EPSAR (Entitat de Sanejament d'Aigües de la Generalitat Valenciana), el volumen de vertido previsto es el producido por un total de 1.405 he (habitantes equivalentes), en concreto, 367 m³/día, es decir, 4,24 l/s. No obstante, los datos del caudal de entrada a la planta en los años 2009 y 2010 varían entre los 431 m³/día de

media de enero de 2009 (5 l/s) y los 247 m³/día de julio de 2010 (2,9 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 tamizado y un tratamiento secundario mediante aireación prolongada y eliminación de nitrógeno.

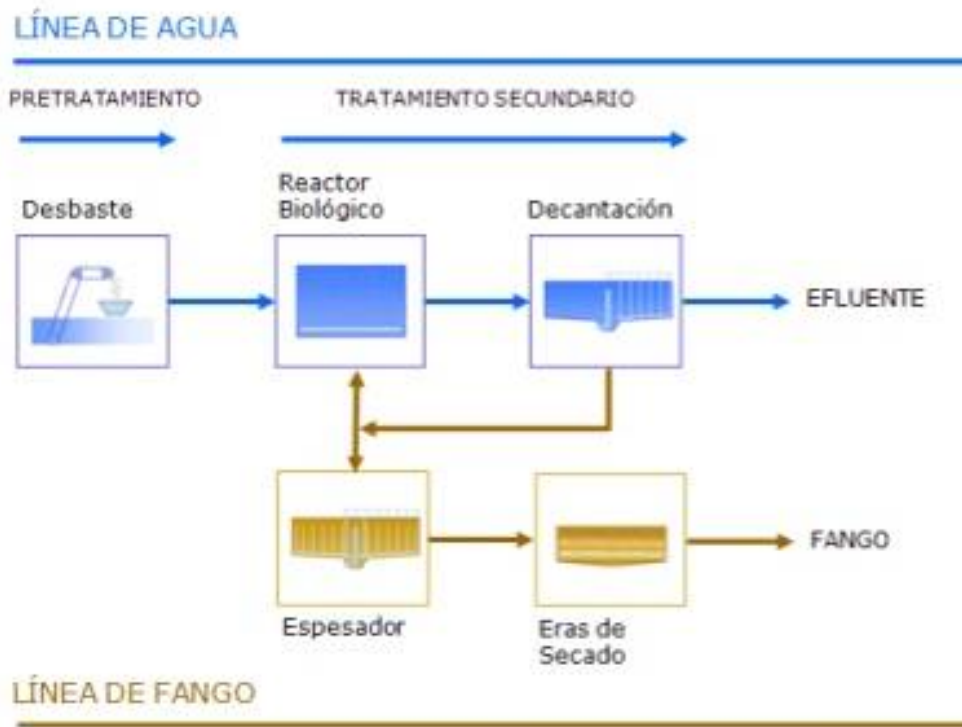


Figura 4: Esquema de las fases del tratamiento de las Aguas Residuales en la EDAR.
(EPSAR. Entitat de Sanejament d'Aigües de la Generalitat Valenciana)

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

Con este sistema se consiguen unos rendimientos del 95% en los sólidos en suspensión, del 95% en la DBO₅ y del 92% en la DQO.

La línea de tratamiento está formada por los siguientes elementos:

1-Tamizado rotativo

Las aguas a tratar llegan directamente a un tamizado rotativo de acero inoxidable AISI-304, de una luz de paso de 1,5 mm, diseñado para un caudal de 105 m³/hora, de tal forma que el tambor filtrante actúa a una velocidad de 10,3 r.p.m.

2-Canal Parshall

Prefabricado de acero inoxidable AISI-304 de 2" según Norma 150 4.359 apto para un caudal de 75 m³/hora. Se incluye un caudalímetro ultrasónico para canal abierto con visualizador de caudal, volumen total acumulado, total diario y nivel, unidad micro procesador con Display LCD y registrador de datos, sensor ultrasónico para medida de nivel con compensación automática a temperatura, programador por infrarrojos e interface para transmisión de datos a PC.

3-Recinto de depuración

Está constituido por dos muros circulares concéntricos de tal forma que en el anillo exterior se produce la aireación, mientras que el interior actúa de decantador.

- Decantador. De forma circular, con 9 m de diámetro interior y 5,45 m de altura. El fondo es cónico hacia abajo con altura de 0,451 m. En el centro hay una arqueta cilíndrica para recepción de fangos de 1,50 m de diámetro superior y 0,70 m de diámetro inferior, con 1,10 m de altura.

Las aguas tratadas se recogen en un canal lateral de 0,30 x 0,20 m.

El decantador consta de los siguientes elementos mecánicos:

- Mecanismo decantador de tracción central para el soporte de las rasquetas de fondo y de superficie.
 - Barredora superficial de flotantes.
 - Tolva de recogida de flotantes.
 - Vertedero perimetral con cuatro entallas triangulares (90°) por metro, de 200 mm de altura y 3 mm de espesor.
 - Pantalla deflectora de 300 mm de altura.
- Canal de oxidación. Tiene una anchura de 3,20 m y un calado de 5,30 m. En el mismo se sitúan los aireadores, formados por 181 difusores de membrana de burbuja fina, construidos en acero inoxidable con membrana EPDM. Cada difusor arroja un caudal de 8,1 Nm³/h con una pérdida de carga de 20 mbar. El flujo del agua en el canal biológico se regula mediante un acelerador de flujo compuesto por una hélice de 1.600 mm de diámetro que se mueve a razón de 56 r.p.m. El aire para los difusores es suministrado por grupos soplantes de émbolos rotativos con una capacidad de 1800 Nm³/h a 5 m.c.a.

4-Bombeo de fangos secundarios

La recirculación de fangos secundarios a aireación se realiza mediante dos bombas sumergibles centrífugas de eje vertical, capaces para un caudal de 41,6 m³/h a 7 m.c.a.

La purga de fangos en exceso se realiza mediante una bomba sumergible centrífuga de eje vertical, que tiene capacidad para un caudal de 8,48 m³/h a 6,5 m.c.a.

5-Espesador de fangos

Está construido en poliéster reforzado con fibra de vidrio, con una capacidad de 23 m³ que corresponden a un diámetro de 3.300 mm y una altura de 4.000 mm, provisto de conexiones de entrada y salida, con canal perimetral con entalladuras triangulares de 600 mm en el vértice y una altura de 60 mm. La válvula de compuerta de salida tiene un diámetro de 100 mm.

6-Lechos de secado de fangos

Los fangos provenientes del espesador se decantan en tres eras o lechos de secado de 10x5 m² de superficie útil con paredes de 1 m de altura, es decir, el conjunto suma una superficie de 150 m².

Los lechos constan, desde su base con una solera de hormigón de 10 cm sobre la que se asienta una capa de 20 cm de grosor de grava de 40-60 mm de diámetro. Por encima se sitúa una nueva capa de grava de 15-40 mm de diámetro y 10 cm de espesor, otra capa de 10 cm de grava de 5-15 mm de diámetro y finalmente una capa superior de 15 cm de grosor de arena de 3 a 5 mm de diámetro.

7-Pozo de bombeo de drenajes y sanitarios

Un pozo de bombeo de 110 cm de diámetro interior, acondicionado con una bomba con capacidad para un caudal de 6 m³/h a 5 m.c.a., recoge los drenajes de los lechos de secado, las propias aguas negras generadas en los aseos de las instalaciones de la planta depuradora y los sobrantes y flotantes de aireación.

8-Pozo de registro y emisario final

Las aguas tratadas se canalizan mediante tubería de fundición de 200 mm de diámetro hasta un pozo de registro de hormigón H-150, del que parte el emisario final hacia el barranco anexo a la EDAR (río Sonella). La tubería es de hormigón en masa con junta de goma de 30 cm de diámetro interior. La longitud de la misma es de 143,50 m e incorpora 8 pozos de registro, 5 tipo B de la Instrucción y 3 tipo A.

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 Tales y Sueras 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	10.474 m ³	≈ 10.474 m ³	
pH	7,70	7,66	
DQO	575 mg/l	24 mg/l	95,75
DBO ₅	250 mg/l	6 mg/l	97,51
SS	192 mg/l	5 mg/l	97,39
Nitrógeno total	58,40 mg/l	46,55	27,83
Fósforo total	7,22 mg/l	5,56 mg/l	22,99

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 ₅ a 20° C sin nitrificación	25 mg/l.O ₂	70-90
DQO	125 mg/l.O ₂	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 explica en el apartado 3.3.1, tras el proceso de depuración, el efluente final, es canalizado hasta el barranco de Sonella, donde es vertido por su margen izquierdo.



Fotos 3 y 4. Imágenes panorámicas del punto de vertido



Fotos 5 y 6. Imágenes de detalle del punto de vertido

4 MEDIO FÍSICO

Desde el punto de vista fisiográfico, la zona de estudio presenta una topografía abrupta. De hecho las poblaciones de Tales y Sueras, son dos de las 19 que quedan total o parcialmente incluidas 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.

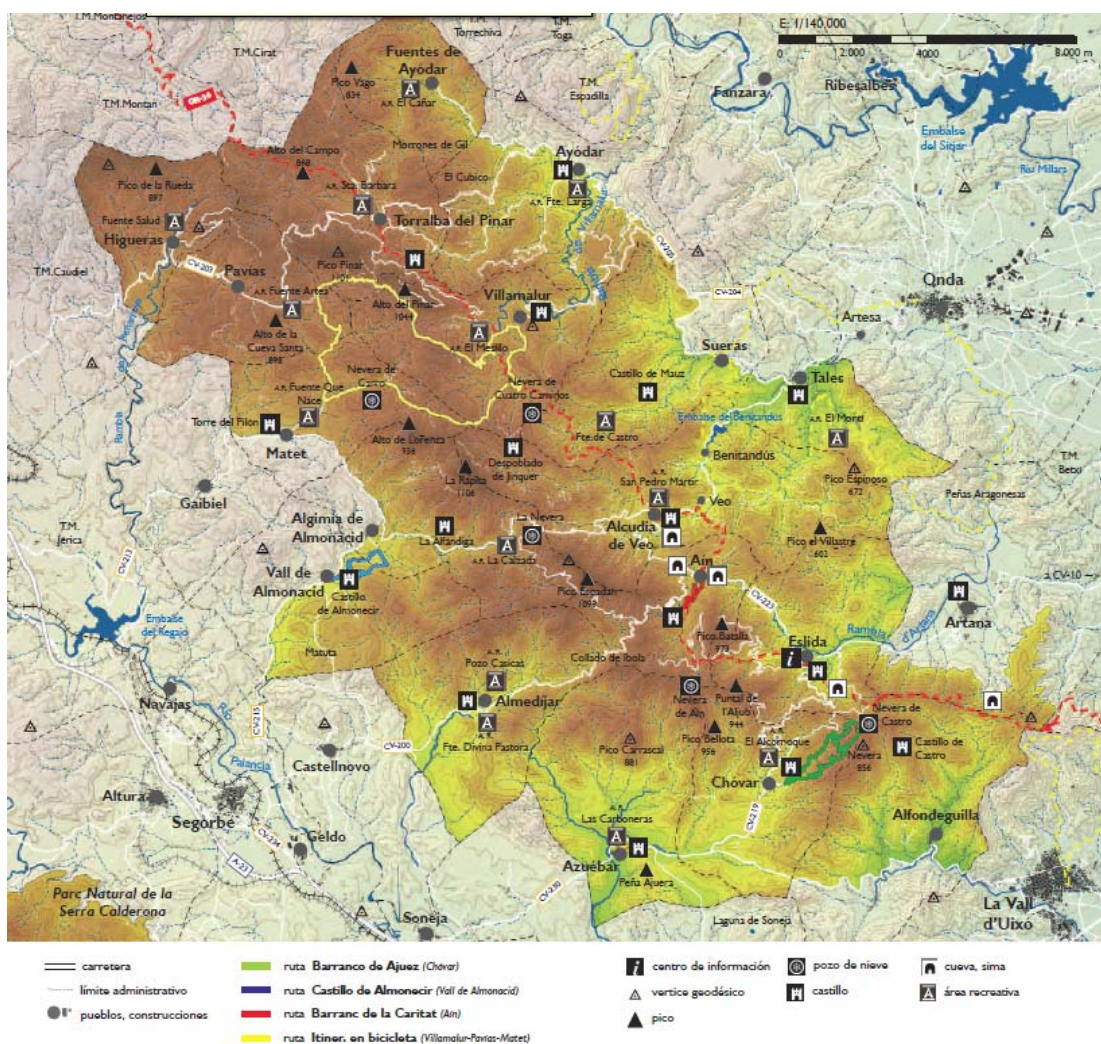


Figura 5: Parque Natural de la Sierra de Espadán

(Extraído de la página web de la Conselleria de Medio Ambiente, Agua, Urbanismo y Vivienda de la Generalitat Valenciana)

Las poblaciones de Tales y Sueras se asientan en el margen derecho del barranco de Sonella. Al norte, los altos del Tossal y Peña Marco, con 468 m s.n.m. y 539 m s.n.m., respectivamente, constituyen los límites hidrológicos, por este margen de la cuenca de este río. Al oeste destacan las elevaciones de Talamantes y el alto del Castell de Sueras. Al sur, el encajado valle del río Veo, afluente del de Sonella o Sec de Betxí, marca un corte pronunciado donde se encaja el embalse de Benitandús, entre los altos escarpados de Los Órganos (618 m s.n.m.) al oeste y los Pajarillos (555 m s.n.m.) al este. Más al sureste se eleva hasta los 529 m s.n.m. el pico de la Peña Negra y ya en el extremo oriental, como una de las últimas elevaciones de esta sierra de Espadán antes de alcanzar la Plana de Castellón, se erige el alto de el Montí, con 612 m s.n.m.

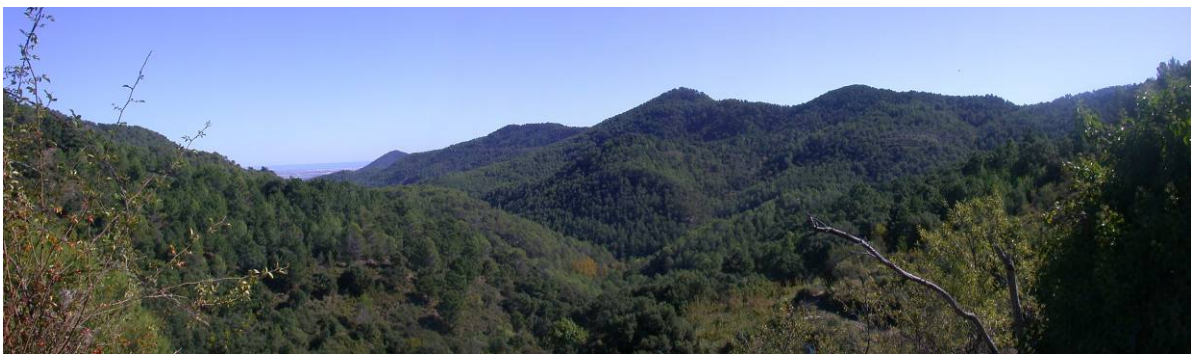
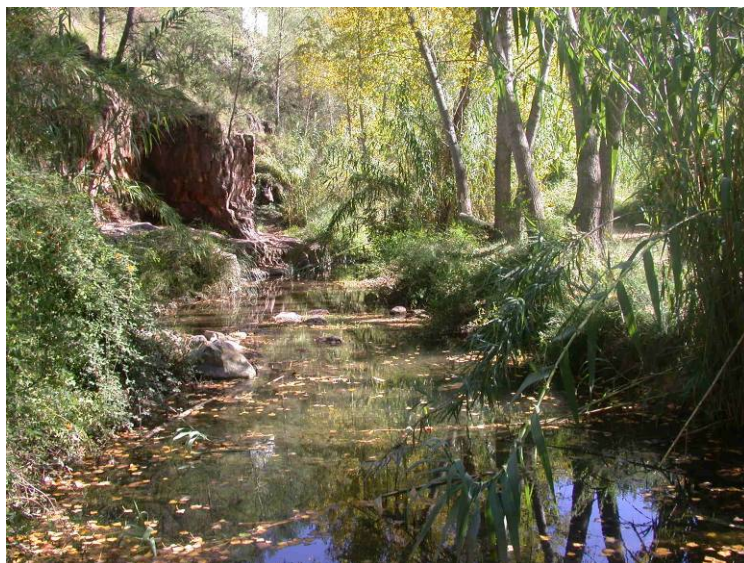


Foto 7. Barranco de Castro, en pleno corazón de la Sierra de Espadán.

Como ya se ha comentado en el apartado anterior, en el área de estudio destacan dos cursos fluviales, el barranco de Sonella, también conocido como río Sec de Betxí, que atraviesa de oeste a este la zona, dejando las localidades de Sueras y Tales en su margen derecho y el río de Veo, que de suroeste a noreste pasa junto a la población de Benitandús, que da nombre al embalse que allí se asienta y alcanza a la altura de Tales el barranco de Sonella.



Fotos 8. Río Veo a su paso por Benitandús.

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 propio valle del río Sonella.

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 LITOESTRATIGRÁFICA DEL ÁREA

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

5.1.1 Triásico

- ***Buntsandstein (Tb)***

Se compone de tres tramos:

Buntsandstein Inferior (Tb₁)

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 (Tb₂)

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 ocres-blanquecinos.

Buntsandstein Superior (Tb₃)

Es una formación muy similar en su composición al tramo inferior (Tb₁). 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 ocres verdosos a rojizos y violáceos y da paso a los materiales carbonatados del Muschelkalk.



Foto 9. Órganos de Benitandús, constituidos por escarpes de areniscas del Buntsandstein medio (Tb₂)

- **Muschelkalk (Tm)**

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

Muschelkalk Inferior (Tm₁)

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 (Tm₂)

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 (Tm₃)

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 (Tm₄)

Los niveles dolomíticos del Tm₃ 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 posttriásica 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 dentro del conjunto de la sierra de Espadán, bastante menor que los del Triásico, si bien, en el área de estudio constituyen varios altos al sur de Sueras, como el del Remolcador. 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(J₁)**

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 (J₁₁).

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 (J₁₂). 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 (J₁₃), 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 (J₂)***

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 (J₃)***

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.

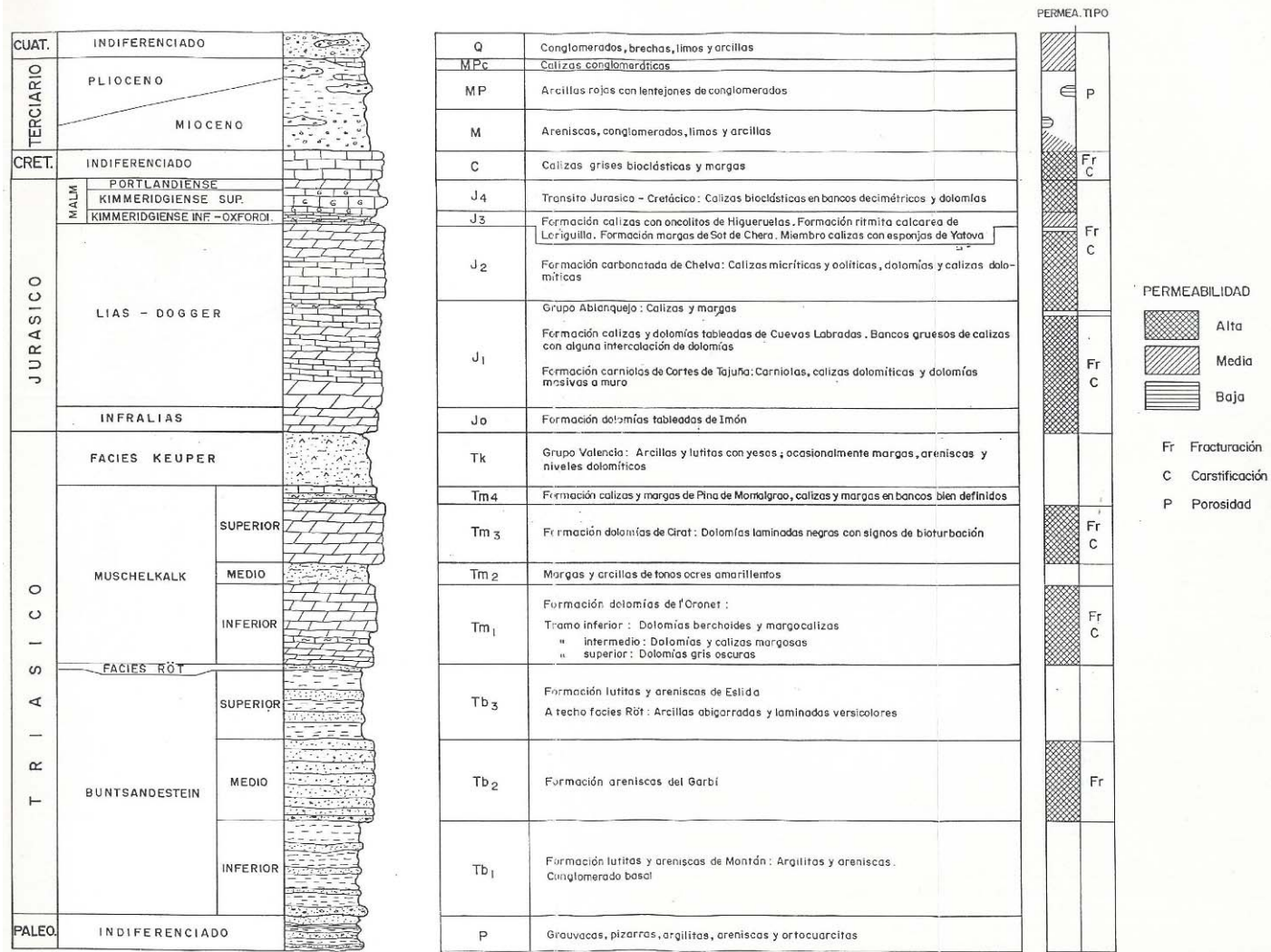
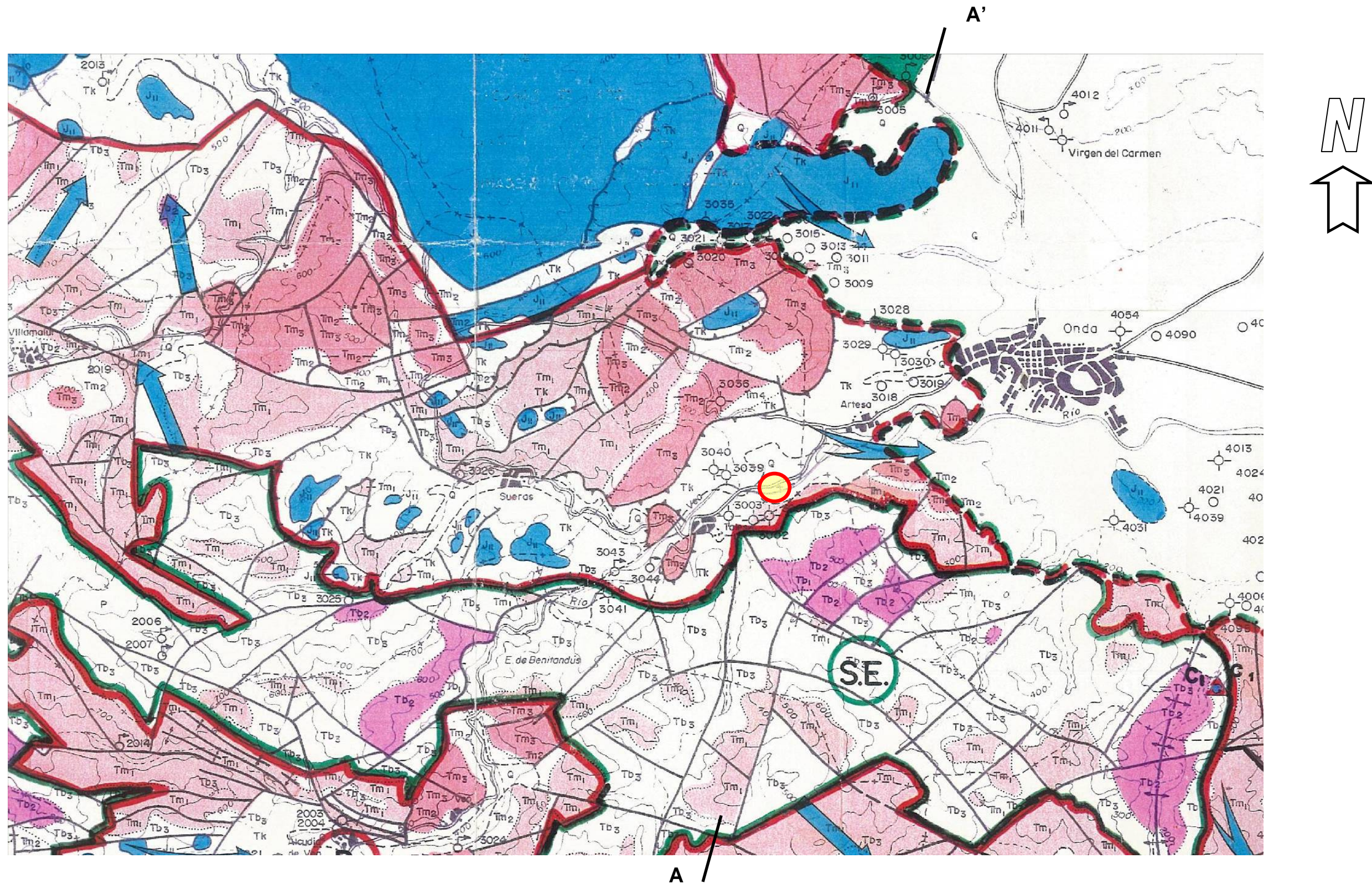


Figura 6: Serie estratigráfica de síntesis de la Sierra de Espadán (IGME-DPC. 1995). Evaluación de la garantía de abastecimiento a núcleos urbanos con aguas subterráneas en la provincia de Castellón. Sistemas acuíferos de Onda, Medio Palancia y Sierra de Espadán

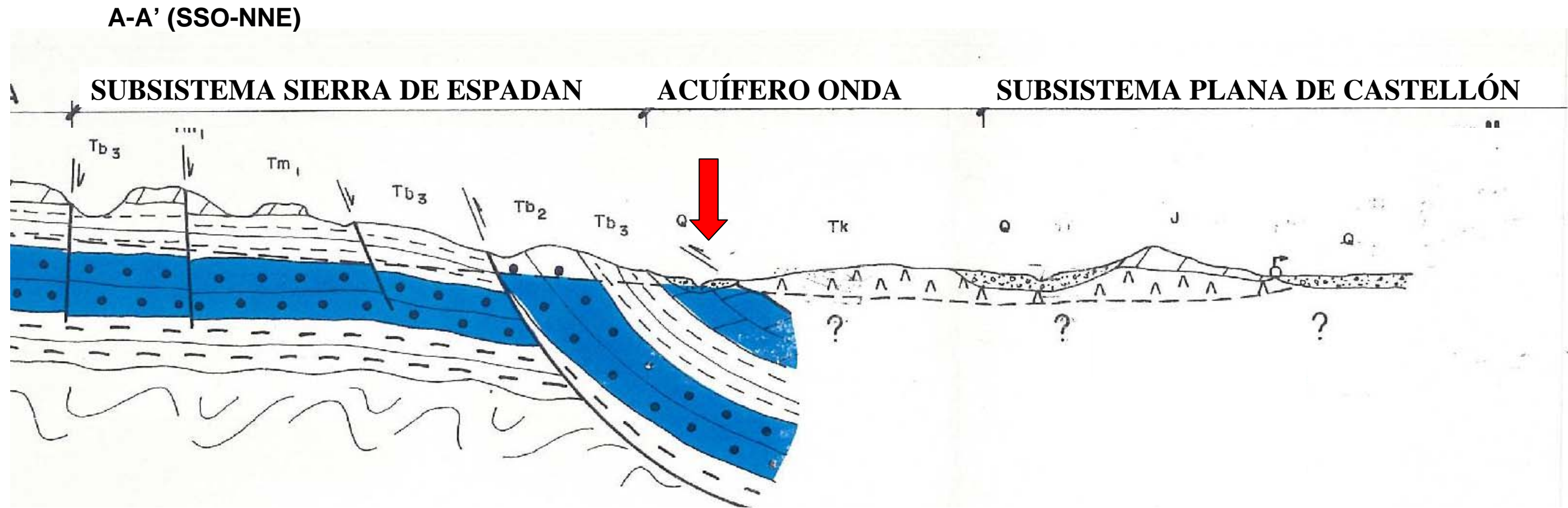
5.2 CARTOGRAFIA GEOLÓGICA

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”.



 **ÁREA DE VERTIDO**

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



↓ PUNTO DE VERTIDO

Figura 8: Corte A-A' . SSO-NNE (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 las principales estructuras tectónicas del área, que de sur a norte son, el sinclinatorio de Segorbe, el anticlinorio de Espadán y el anticlinal de Higueras.

- Sinclinatorio 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 sinclinatorio 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 oeste 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 realiza dentro del Subsistema de Onda, que se divide a su vez en los acuíferos de Onda, Ahín-Villavieja, Alcudia de Veo y Torrechiva-Sueras.

6.1 FORMACIONES HIDROGEOLÓGICAS

Las formaciones que pueden constituir niveles permeables son aquellas que presentan permeabilidades secundarias y/o están fuertemente karstificadas o fracturadas.

Las formaciones más productivas son las del Buntsandstein medio (Tb₂), Muschelkalk inferior (Tm₁), Muschelkalk superior (Tm₃) y Lías (J₁).

Areniscas del Buntsandstein (Tb₂)

Las areniscas ortocuarcíticas del Buntsandstein medio (Tb₂) 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 (Tm₁).

Junto con las calizas y dolomías del tramo superior del Muschelkalk (Tm₃), 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 (Tm₃)

Presentan permeabilidad alta por fracturación y karstificación. Se han logrado excelentes resultados con explotaciones de elevados caudales en diversos sondeos realizados en la zona de estudio.

Calizas y dolomías del Jurásico inferior (J₁)

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.

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 serie estratigráfica adjunta (Figura nº 5), se indican los tramos litológicos 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 (Tb₁).
- Argilitas y areniscas del tramo del Buntsandstein superior (Tb₃).
- Arcillas y margas del Muschelkalk medio (Tm₂).
- 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 Tb₁ y Tb₃ constituyen los impermeables de muro y techo respectivamente del tramo arenoso del Buntsandstein Medio (Tb₂).

El Tb₃ y Tm₂ son igualmente los impermeables de muro y techo del Muschelkalk Inferior (Tm₁).

Finalmente el propio Muschelkalk medio (Tm₂) y las arcillas de las facies Keuper (Tk) son los impermeables de base y techo del Muschelkalk superior (Tm₃).

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)

Características geométricas

Este subsistema ocupa una superficie de 230 km². 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), como ya se ha comentado, los acuíferos de:

- Acuífero de Onda.
- Acuífero de Ahín-Villavieja.
- Acuífero de Alcudia de Veo.
- Acuífero de Torrechiva-Sueras.

Características litológicas

Hidrogeológicamente los niveles permeables presentes quedan constituidos por la barra dolomítica inferior del Tm₁, de un espesor medio de unos 100 m y la superior (Tm₃) de unos 70 m, separadas por un nivel impermeable margoso (Tm₂). 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 (Tb₃).

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 m²/día.

El nivel piezométrico varía entre una cota superior a 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 km². 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 ³ /año)	
Infiltración del agua de lluvia	30
SALIDAS (hm ³ /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.

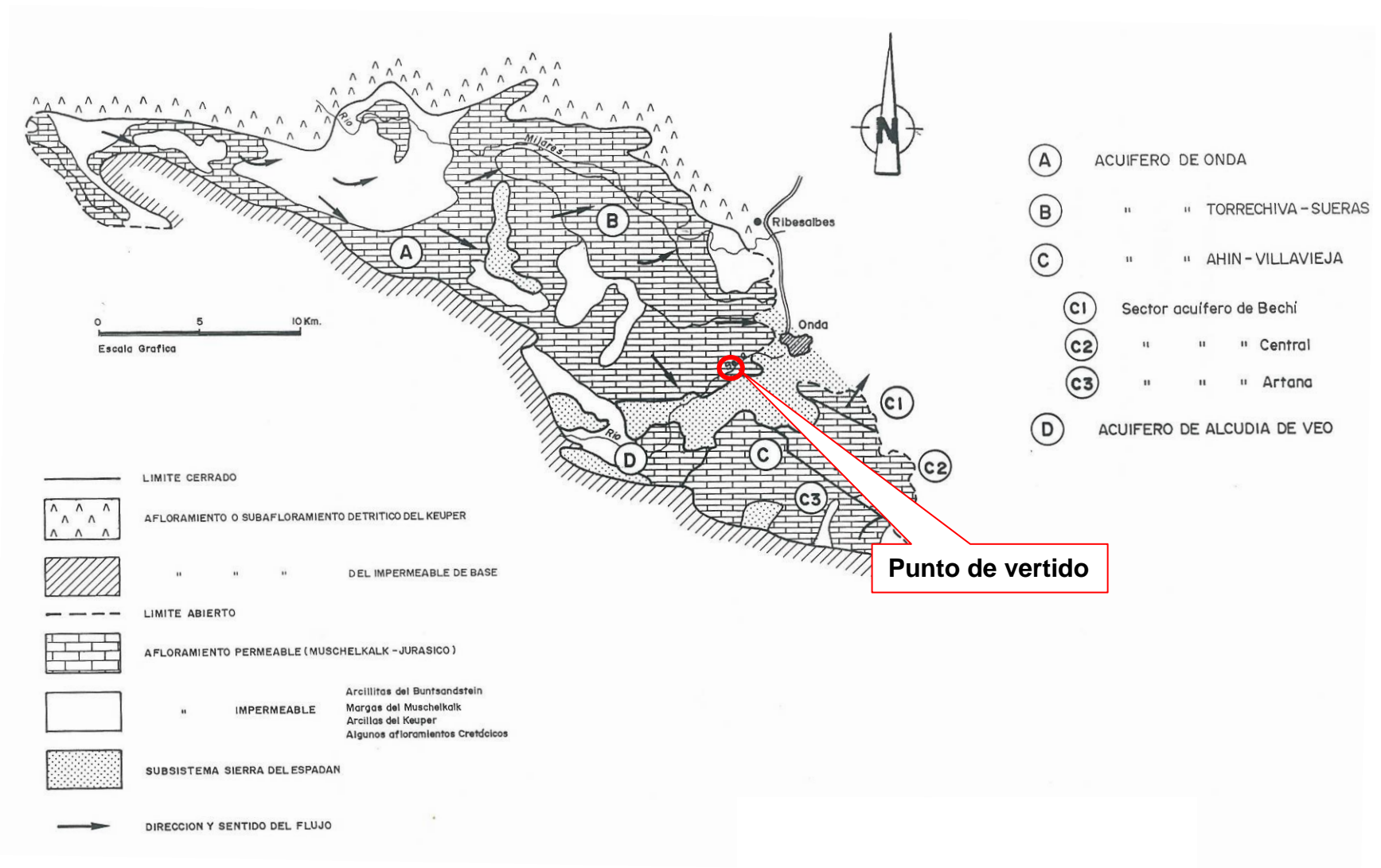


Figura 9: Acuífero de Onda y sectores acuíferos diferenciados (IGME-DPC. 1995)

7 HIDROGEOLOGÍA LOCAL

7.1 INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA

Se ha recopilado información de un total de 35 puntos de agua, que han sido representados en la figura 10, salvo dos de ellos que se encuentran alejados del área de estudio pero que, no obstante, han sido utilizados con objeto de determinar la piezometría y la dirección del flujo subterráneo.

Trece de estos puntos son manantiales, la mayoría situados a lo largo del conocido como barranco de Castro, dieciséis corresponden a sondeos, dos son pozos-sondeo, dos pozos, un pozo-galería y un piezómetro.

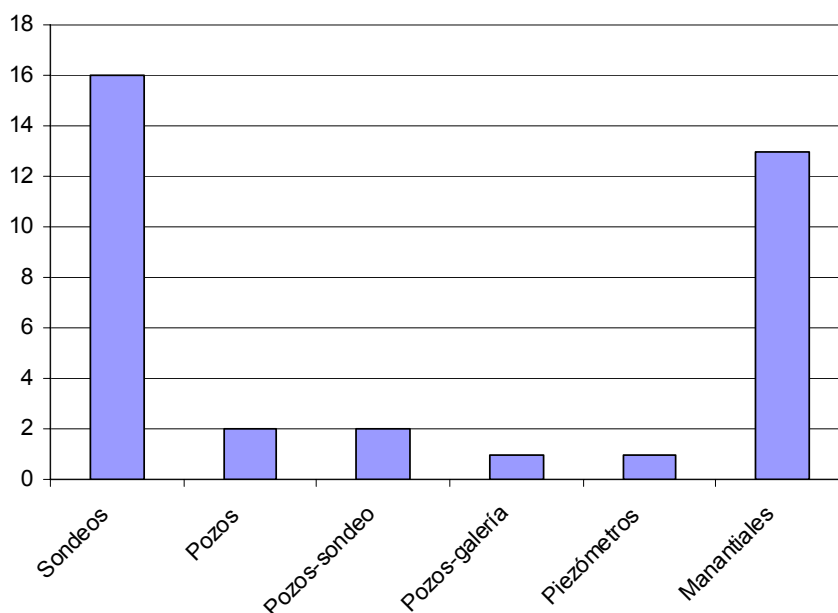


Gráfico 1: distribución de puntos de inventario por tipo.

Destacan por su importancia el manantial de Castro y los sondeos situados al norte y este de Tales (Santos Patronos I,II y III, Juan XXIII, San Isidro o San Andrés).

Todos los manantiales analizados, acondicionados en su mayoría como fuentes públicas, incluido el propio manantial de Bocamina, cuyas aguas se canalizan para consumo humano de Sueras, se encuentran aguas arriba del punto de vertido. Igual sucede con los sondeos de abastecimientos, si bien, el sondeo San Isidro, de riego, aunque ocasionalmente se emplea para abastecimiento, se sitúa a escasos 55 m del punto de vertido, y aunque su posición hidrogeológica está ligeramente aguas arriba del vertido, la

proximidad a éste, hace que se deba analizar con detalle la posible afección del efluente a las aguas que capta este sondeo.

El resto de captaciones se sitúan todas aguas abajo y se dedican al riego. Entre ellas, las más próximas son el sondeo Artesola (nº ref. 16 nº IGME 29253027) y el nuevo punto de inventario denominado sondeo Carbonaria (nº ref. 32 y nº IGME 29253053) ambas situadas a unos 470 y 430 m del punto de vertido, respectivamente.

En el anejo de reportaje fotográfico se recopilan diversas imágenes de los mismos.

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	Fte. Monte Castro	29252005	Manantial	724922	4424418	420						12/07/1972	41,6	Riego
2	Fte. Avellaner	29252006	Manantial	724000	4423774	500		SI				12/07/1972	1	Riego
3	Fte. Castillos	29252007	Manantial	724008	4423869	10						12/07/1972	1	Riego
4	Fte. Dels Ullals	29252024	Manantial	725915	4424456	390						19/10/2010	0,01	Fte. pública
5	Fte. El Cantal	29252025	Manantial	723200	4424022	605						19/10/2010	0,01	Riego
6	Fte. Les Ombries	29252026	Manantial	723854	4423291	590						19/10/2010	0,01	Fte. pública
7	Pozo San Isidro	29253001	Pozo-sondeo	731045	4425940	229	150			1	229	13/03/1972	133	Abast./Riego
8	La Falda / Juan XXIII	29253002	Pozo-sondeo	730685	4425600	225	174	SI		15,75	209,25	21/12/2004	114	Abast./Riego
9	Com Reg Villa Onda	29253003	Sondeo	730560	4425634	233	67			10,7	222,3	13/03/1972	20	Riego
10	La Falda / El Cañar (Ayto. Onda)	29253004	Pozo	730554	4425622	228	20			2,75	225,25	13/03/1972		Fuera de uso
11	Fte. Retor	29253007	Manantial	732224	4425423	380						21/04/1972	0,3	Fte. Pública
12	Salas / Cenia de Pallarofa	29253018	Pozo	731887	4427203	223	7			1,12	221,88	27/04/1972	5,5	Riego
13	Salas	29253019	Pozo-galería	732187	4427176	219	13,15			3,7	215,3	27/04/1972	15	Riego
14	Fte. Bocamina	29253025	Manantial	726210	4424593	400						12/07/1972	40	Abast./Riego
15	Fte. Del Río	29253026	Manantial	727210	4425877	310		SI				12/07/1972	84	Riego
16	San Andrés - Artesola	29253027	Sondeo	731400	4426235	240	120	SI		108,55	131,45	12/12/1980	83	Riego
17	Frontera	29253036	Sondeo	730145	4426910	290	297			62,85	227,15	04/07/1989	50	Riego
18	Corral de Colomer	29253037	Sondeo	730624	4427060	243	405	SI		149	94	27/06/1986	Negativo	Fuera de uso
19	La Pedrera	29253038	Sondeo	729914	4426267	280								Fuera de uso
20	Santos Patronos I	29253039	Sondeo	730055	4426100	250	146		SI	42,64	207,36	04/08/1992	66,6	Ayto. Onda

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	Santos Patronos II	29253040	Sondeo	730055	4426100	245	146			22,8	222,2	03/07/1989	50	Ayto. Onda
22	Benarreig	29253041	Sondeo	728840	4424601	295	97			7,3	287,7	26/06/1989	16	Riego / Ganadería
23	Benarray	29253042	Sondeo	728992	4424870	260	100	SI	SI	4	256	26/06/1989	58,33	Abas./Riego
24	Fte. Azud	29253043	Manantial	729008	4424895	260						26/06/1989	50	Abas./Riego
25	Fte. De la Perera	29253044	Manantial	729400	4424951	260							33	Abast./Riego
26	Fte. De Benitandús	29253045	Manantial	727606	4423495	355						21/06/1989	1,14	Abast.
27	Finca Català	29253046	Sondeo	731200	4427251	280	150							Fuera de uso
28	Santos Patronos-III	29253048	Sondeo	730055	4426100	245	404			34,5	210,5	15/04/2005	88	Abast.
29	Benarray-II	29253049	Sondeo	729100	4424806	265	190 (aprox)			7,3	257,7	01/04/2005		Fuera de uso
30	Fte. Mayor	29253050	Manantial	731090	4423796	375							0,4	Abast.
31	Frontera	29253051	Sondeo	730145	4426910	288	227,5			78,4	209,6	01/04/2005		Riego
32	Carbonaria	29253053	Sondeo	731034	4426400	225								Riego
	PC-3		Piezómetro de control	739940	4429091	85								
	El Salvador	292540104	Sondeo	737240	4429691	147,1	110			91,03	56,07	01-jun-99		Riego
33	Porvenir del Prat	292540105	Sondeo	736172	4425944	136,6				64	72,6	01-jun-99		Riego
Puntos visitados														

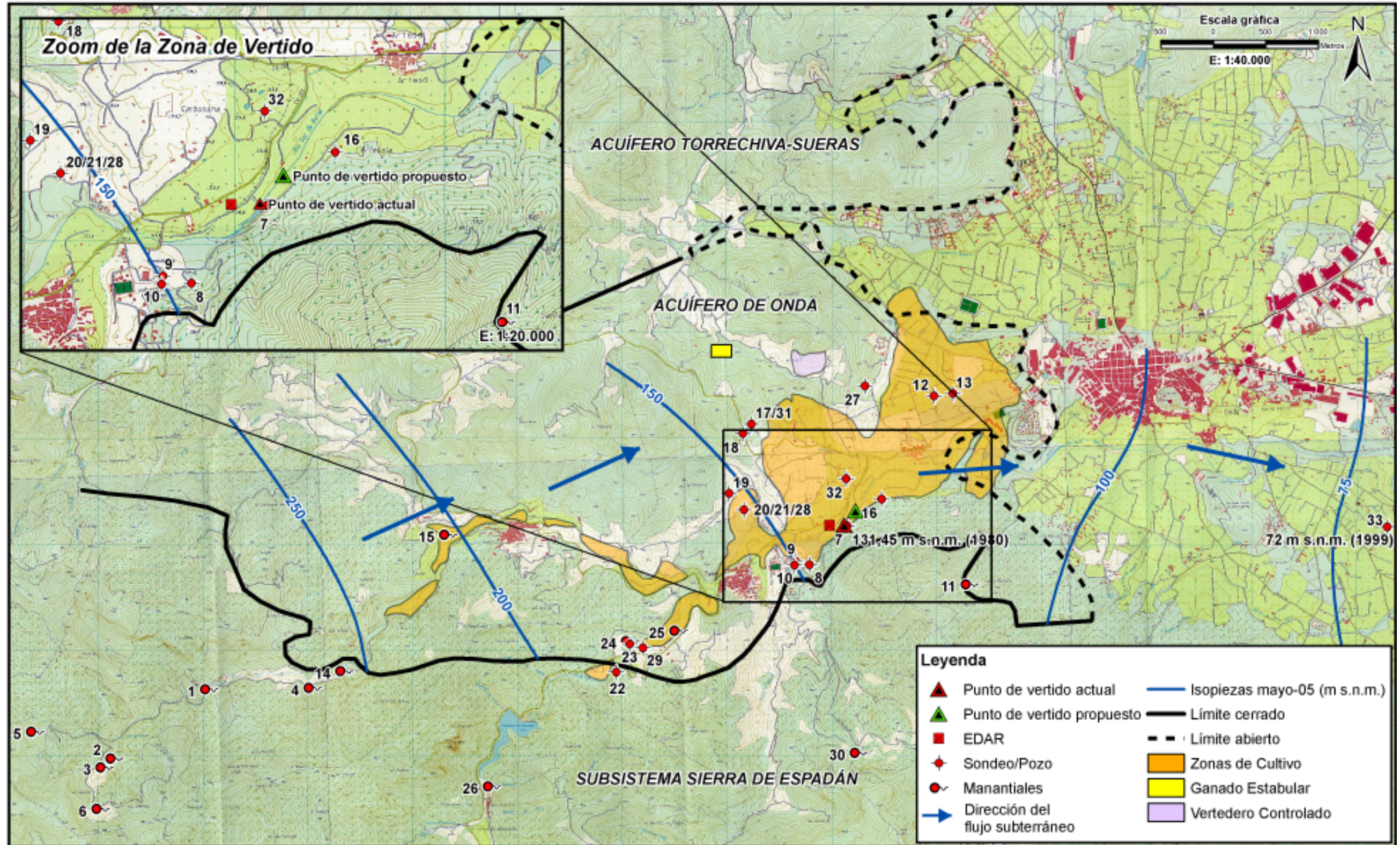


Figura 10: Mapa de inventario de puntos de agua y focos potenciales de contaminación

7.2 CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA DE LA FORMACIÓN RECEPTORA

El vertido se produce en el río Sonella (riu Sec de Betxí), directamente sobre las calizas y dolomías del Muschelkalk , cubiertas mínimamente por gravas y bolos aluviales cuaternarios (depósitos de fondo de rambla).



Foto 10. Detalle del área de vertido. Se observa el afloramiento de las calizas del Muschelkalk, el escaso recubrimiento de bolos y gravas y la proximidad del sondeo San Isidro (Nº ref.7, nº IGME 29253001)

No se cuenta con datos de permeabilidad de estos materiales, sin embargo, a continuación 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).

Clasificación de los Suelos Según Sus Coeficientes de Permeabilidad		
Grado de Permeabilidad	Valor de K (cm / seg)	Textura del Suelo
Elevada	Superior a 10 ⁻¹	Grava media a gruesa
Media	10 ⁻¹ - 10 ⁻³	Grava fina, arena media a fina, duras
Baja	10 ⁻³ - 10 ⁻⁵	Arena muy fina, SM, Limos a Loes
Muy Baja	10 ⁻⁵ - 10 ⁻⁷	Limos densos, ML, arcillas, CL
Prácticamente Impermeable	Menor de 10 ⁻⁷	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 aluviales en dicha rambla presentan un rango de valores de permeabilidad comprendido entre 100 y 20 m/día.

En cuanto a las calizas triásicas, dependiendo del grado de karstificación, pueden presentar un rango muy amplio de permeabilidades, tal 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 ⁵	100 a 10 ⁶	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	0,1 a 50				
	Arena fina	0,02 a 20			0,01 a 1	0,01 a 1
	Arena arcillosa			0,01 a 100	0,001 a 0,1	
	Silt, loess	10 ⁻⁴ a 2	10 ⁻⁴ a 1	10 ⁻⁴ a 1	0,001 a 0,1	10 ⁻⁴ a 1
	Arcilla	10 ⁻⁶ a 4*10 ⁻⁴	10 ⁻⁷ a 10 ⁻³		10 ⁻⁶ a 10 ⁻³	10 ⁻⁶ a 10 ⁻³
Arcilla marina inalterada	10 ⁻⁷ a 2*10 ⁻⁴		10 ⁻¹¹ a 10 ⁻⁷			
Rocas Sedimentarias	Calizas carstificadas	0,1 a 2000	0,05 a 0,5	0,1 a 1000		0,1 a 10 ⁷
	Calizas, dolomías	10 ⁻⁴ a 0,5	0,001 a 0,5	10 ⁻⁴ a 1		10 ⁻⁴ a 1
	Areniscas	3*10 ⁻⁵ a 0,5	10 ⁻⁵ a 1	10 ⁻⁵ a 1		
	Argilitas (siltstone)	10 ⁻⁶ a 0,001				
	Pizarras sedimentarias (Shale) intactas	10 ⁻⁸ a 2*10 ⁻⁴	10 ⁻⁸ a 10 ⁻⁴	10 ⁻⁴ a 10 ⁻⁸		10 ⁻⁴ a 10 ⁻⁸
	Pizarras sed. (Shale) fracturadas/alteradas		10 ⁻⁴ a 1			
Rocas cristalinas	Basalto inalterado, sin fracturar		10 ⁻⁶ a 10 ⁻³			10 ⁻⁶ a 10 ⁻³
	Basalto fracturado/vesicular cuaternario		10 a 1000			0,1 a 10 ⁶
	Escorias basálticas		0,001 a 1000			
	Basalto permeable	0,03 s 2000		0,02 a 1000		
	Rocas ígneas y metamórficas sin fracturar	10 ⁻⁹ a 10 ⁻⁵	10 ⁻⁹ a 10 ⁻⁵	10 ⁻⁹ a 10 ⁻⁵		10 ⁻⁹ a 10 ⁻⁵
	Rocas ígneas y metamórficas fracturadas	0,001 a 25	10 ⁻⁵ a 1	0,0005 a 20		10 ⁻⁵ 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 a la zona de estudio y comprobar sobre el terreno la estratigrafía presente.

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

Nº Ref.	Nombre del Pozo	Nº IGME	Columna litológica
16	San Andrés - Artesola	29253027	Rodeno (rocas caídas), gravas, yesos, bolos y cantos (depósitos de rambla)
			Calizas oscuras (Muschelkalk inferior Tm ₁)
18	Corral de Colomer	29253037	0-76 m: pizarra (facies Keuper posibles Fm. Areniscas de Manuel)
			76-198 m: margas, arcillas y yesos (facies keuper)
			198-200 m: dolomías negras (posible Muschelkalk superior Tm ₃)
			200-254 m: arcillas rojas (posible Muschelkalk superior Tm ₃)
			254-259 m: dolomías negras (posible Muschelkalk superior Tm ₃)
			259-277 m: arcilla (posible Muschelkalk medio Tm ₂)
			277-340 m: dolomías negras (posible Muschelkalk inferior Tm ₁)
			340-342 m: arcilla (posible Muschelkalk inferior Tm ₁)
			342-381m: dolomías (posible Muschelkalk inferior Tm ₁)
			381-405: rodono (posible Buntsandstein superior Tb ₃ , arcillitas y areniscas)
23	Benarray	29253042	0-40 m: calizas (Muschelkalk inferior Tm ₁)
			40-136 m: arcillitas (Buntsandstein superior Tb ₃)

De los escasos datos litoestratigráficos del sondeo Artesola (nº de referencia 13 y nº IGME 292530027) situado a escasos 470 metros aguas abajo del punto de vertido, y de las observaciones de campo realizadas, se deduce que en esta zona la columna litológica tipo está constituida de techo a muro por varios metros de depósitos detríticos de rambla (cantos y gravas), que cubren a las calizas y dolomías del Muschelkalk inferior (Tm₁), que constituyen un nivel permeable importante, explotado por las captaciones del entorno, como el propio sondeo Artesola, o los sondeos San Isidro (292530001) Juan XXIII (292530002), así como los Santos Patronos I, II y III (292530039-40 y 48). Bajo los niveles carbonatados anteriores se encuentran las arcillitas violáceas del Buntsandstein superior (Tb₃) que separan el acuífero del Muschelkalk del formado por las areniscas ortocuarcíticas del tramo medio del Buntsandstein (Tb₂).

No obstante, justo en el punto de vertido, afloran las calizas del Muschelkalk, y es mínimo el cúmulo de depósitos aluviales.

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.

Se han recopilado los datos históricos de varios sondeos de control (bases de datos del IGME y CHJ) que, si bien se encuentran algo alejados del área de estudio (no se les ha asignado un número de referencia por no estar dentro de los límites de los mapas presentados), sirven para estimar de forma aproximada la piezometría en la zona. Estas captaciones son el piezómetro denominado por el IGME PC-3 (nº CHJ 08.12.010), el Porvenir del Prat (nº CHJ: 08.12.019; nº IGME: 292540105) y el sondeo El Salvador (nº CHJ: 08.12.018; nº IGME: 292540104). Los tres se sitúan ya en la Plana de Castellón, en la zona de contacto con la MAS de Onda-Espadán, no obstante, únicamente el sondeo El Porvenir del Prat, situado al sureste de la localidad de Onda probablemente capta niveles permeables conectados hidráulicamente con los del área de estudio.

Este sondeo, emboquillado a una cota de 136,6 m s.n.m. marcó una piezometría en junio de 1999 en torno a los 72 m s.n.m.. Próximo al área de vertido se sitúa, como ya se ha comentado, el sondeo Artesola (292530027), que en diciembre de 1980 fijó el nivel piezométrico a una cota próxima a los 131,45 m s.n.m.

Ambos sondeos distan unos 5 kilómetros y su diferencia piezométrica es de casi 60 m. Teniendo en cuenta la incertidumbre que implica que las fechas de medida sean muy dispares, se puede estimar un gradiente hidráulico del 1,2 %.

Con estos datos y a partir de la piezometría reflejada en las figuras adjuntas se puede estimar que el nivel del agua subterránea en el entorno del punto de vertido se sitúa alrededor de los 140 m s.n.m., es decir, el espesor no saturado sería superior a los 60 m, ya que la cota en el punto de vertido supera los 200 m s.n.m.

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.
		08.12.010	PC-3	85	01-dic-04	31,37	E	53,63
					01-ene-05	32,11	E	52,89
					01-feb-05	33,18	E	51,82
					01-mar-05	32,64	E	52,36
					01-abr-05	33,56	E	51,44
					01-may-05	34,41	E	50,59
					01-jun-05	34,68	E	50,32
					01-jul-05	35,33	E	49,67
					01-ago-05	36,17	E	48,83
					01-sep-05	35,76	E	49,24
					01-oct-05	34,56	E	50,44
					01-nov-05	33,56	E	51,44
					01-dic-05	33,06	E	51,94
					01-ene-06	31,76	E	53,24
					01-feb-06	30,67	E	54,33
					01-mar-06	31,77	E	53,23
		01-abr-06	31,41	E	53,59			
		01-may-06	38,83	E	46,17			

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.
	Porvenir del Prat	08.12.019	29254010	136	01-may-95	39,5	O	96,5
					01-jun-95	48	O	88
					01-jul-95	56	O	80
					01-ago-95	55,3	O	80,7
					01-sep-95	61,5	O	74,5
					01-jun-99	64	E	72

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.
	El Salvador	08.12.018	292540104	147,1	01-may-95	58,7	O	88,4
					01-jun-95	73,1	O	74
					01-jul-95	86,15	O	60,95
					01-ago-95	86	O	61,1
					01-sep-95	87,95	O	59,15
					01-oct-95	87	O	60,1
					01-jun-99	91,03	E	56,07

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



Figura 11: 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.

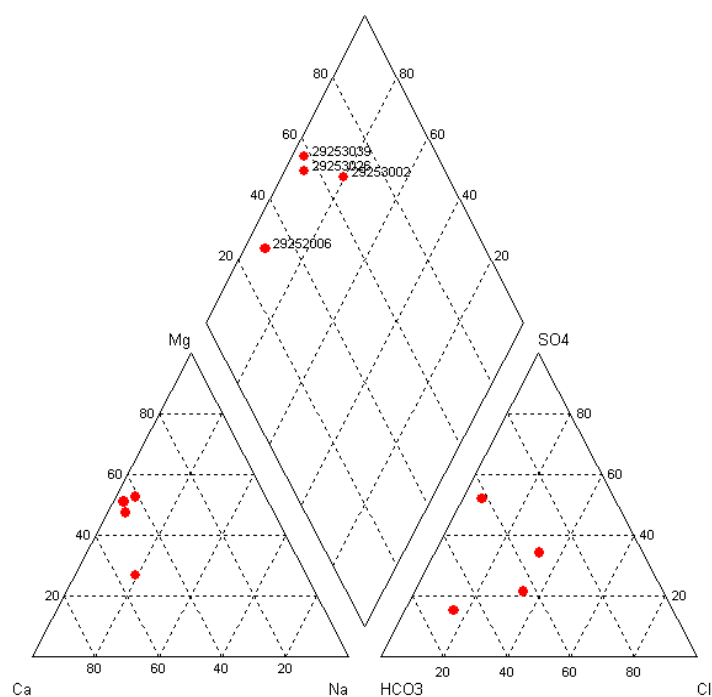


Figura 12: diagrama de Piper de varias muestras de aguas de la zona de estudio

Tal como muestra el diagrama de Piper adjunto las aguas, tanto de sondeos como de manantiales, que drenan las calizas y dolomías del Muschelkalk (ver tabla siguiente) presentan facies sulfatadas magnésico-cálcicas a sulfatadas cálcicas. Incluso las muestras de los sondeos Santos Patronos I y Benarray, superan el contenido en sulfatos permitido por la reglamentación vigente para las aguas de consumo humano.

Por su parte, la muestra que drena afloramientos del Paleozoico presenta una gran pureza, con bajos contenidos en sólidos disueltos y en conductividad eléctrica. En este caso su facies es bicarbonatada cálcico-magnésica.

<u>Nº ref.</u>	<u>Nombre del Pozo</u>	<u>Nº IGME</u>	<u>Naturaleza Punto</u>	<u>Ac drenado</u>	<u>Fecha</u>	<u>C.E. (us/cm)</u>	<u>pH</u>	<u>Sólidos Disueltos</u>	<u>Ca⁺⁺ (mg/l)</u>	<u>Mg⁺⁺ (mg/l)</u>	<u>Na⁺ (mg/l)</u>	<u>K⁺ (mg/l)</u>	<u>Cl⁻ (mg/l)</u>	<u>SO₄⁼ (mg/l)</u>	<u>HCO₃⁻ (mg/l)</u>	<u>NO₃⁻ (mg/l)</u>
2	Fte. Avellanaer	29252006	Manantial	Paleozoico	12/07/1972	600	7,53	384,18	54,11	42,04	9,2	0,78	35,45	47,79	274,41	
8	La Falda / Juan XXIII	29253002	Pozo-sondeo	posible Tm ₁ y/o Tb ₂	13/03/1972	1200	7,48	806,75	125,05	38,03	50,58	2,35	132,94	189,27	228,68	
15	Fte. Del Río	29253026	Manantial	posible Tm ₁	12/07/1972	720	8,05	464,44	83,27	51,27	11,5	1,17	106,35	90,8	236,6	
20	Santos Patronos I	29253039	Sondeo	Muschelkalk inferior Tm ₁	04/08/1992	762	7,5	878,41	115,8	78,6	9,4	1,6	26,2	311,2	317,3	18,3
23	Benarray	29253042	Sondeo	Muschelkalk inferior Tm ₁	05/09/1988	1050	8		144	25			70	316		6,6

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.

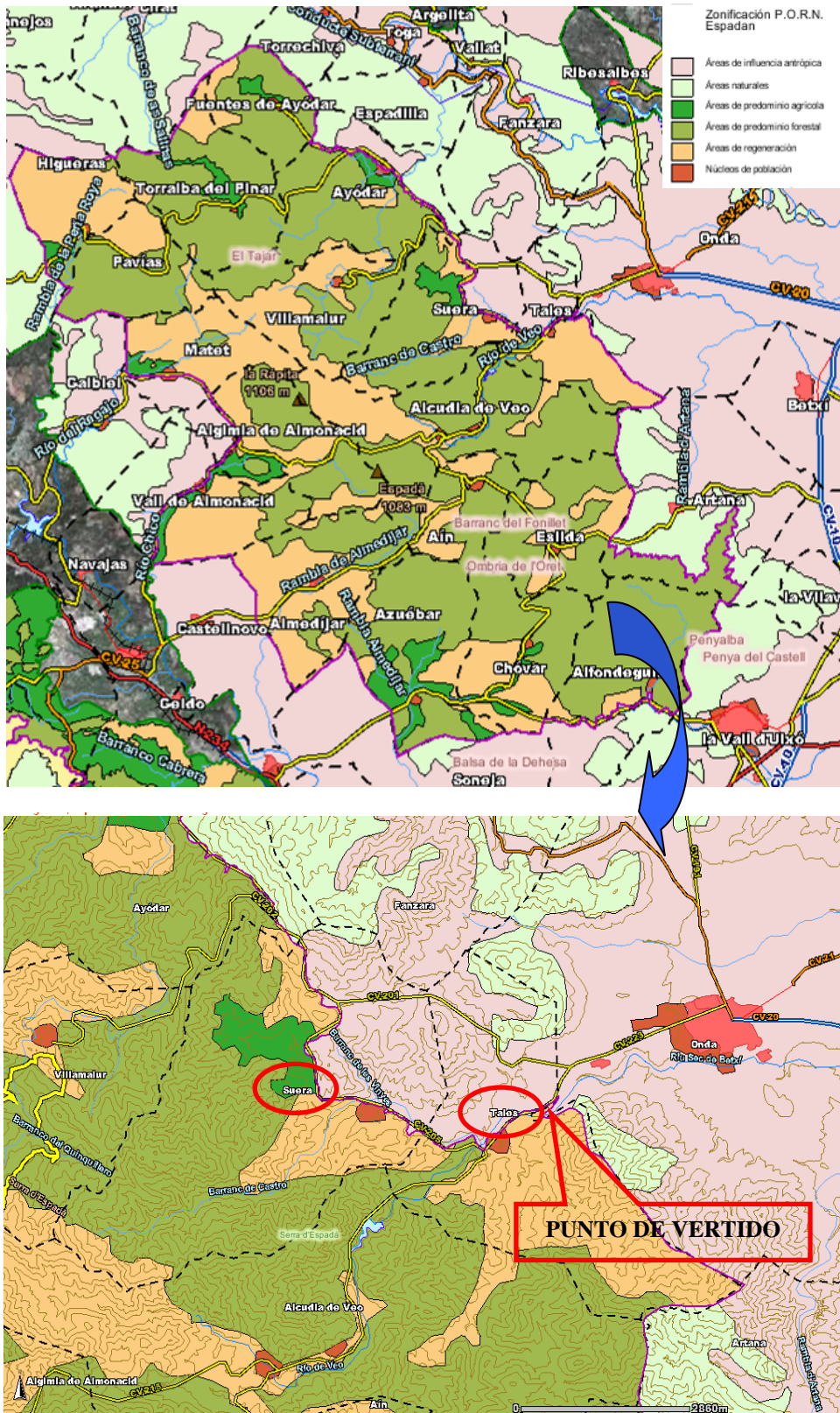


Figura 13: PORN Sierra de Espadán y términos municipales de Tales y Sueras (Cartografía CMAAUV-Espacios Naturales Protegidos)

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, además de representarse en el plano de puntos de inventario.

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, por lo que este posible foco de contaminación se considera poco representativo, si bien se dan cultivos, mayoritariamente de cítricos a lo largo del barranco del barranco de Sonella.

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 y se circunscriben, como en el caso anterior, a las áreas llanas anexas al curso fluvial del río Sonella.



Foto 11. Cultivo de naranjos en las inmediaciones de Tales

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 no se detecta ningún vertido industrial, ni aguas arriba ni abajo de la EDAR. Existe, no obstante, a 1,5 km. al norte del punto de vertido un vertedero controlado, fuera ya de los límites del parque natural.

Las coordenadas de estas instalaciones son las siguientes (Sistema de referencia ETRS89):

X: 730.656

Y: 4.427.473

Focos contaminantes puntuales no conservativos

Se refiere a actividades localizadas que producen sustancias degradables. Aquí se englobarían todas las actividades que produzcan residuos sólidos y también líquidos, que produzcan de forma puntual una infiltración en el terreno. Como no conservativos se ha observado la presencia de ganado equino y cierta actividad ganadera de pastoreo ovino.

POSIBLES FOCOS CONTAMINANTES			
AREALES CONSERVATIVOS	AREALES NO CONSERVATIVOS	PUNTUALES CONSERVATIVOS	PUNTUALES NO CONSERVATIVOS
Agricultura de cítricos	Agricultura de cítricos	<ul style="list-style-type: none"> • Vertedero controlado de Espadán-Mijares • Vertidos muy puntuales en el barranco, mayoritariamente aguas abajo 	<ul style="list-style-type: none"> • Ganado estabular. • Pastoreo

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.



Fotos 12 y 13. Imagen aérea del vertedero controlado Espadán-Mijares, situado a 1,5 km. al norte del punto de vertido (Imagen superior extraída del Visor IGN Instituto Geográfico Nacional)

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 ha considerado un espesor no saturado mínimo de 60 m y una litología en este tramo compuesta en su totalidad por las calizas y dolomías del Muschelkalk inferior (Tm1), ya que estos materiales afloran en el margen derecho de la rambla y están cubiertos mínimamente por gravas y bolos cuaternarios que se desestiman para los siguientes cálculos. Por tanto se considera una única capa de calizas karstificadas.

El índice de depuración aplicado, tomado desde un punto de vista 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), sería:

Capa 1: 0,0025 (calizas fisuradas y/o karstificadas)

Con estos datos se obtiene que NO se producirá una depuración total del vertido en su trayecto vertical hacia el acuífero, de forma que éste alcanzará las aguas subterráneas.

CAPAS	LITOLOGÍA	ESPESOR	INDICE (Ir)	Mri
1	CALIZAS Y DOLOMIÁS	60	0,0025	0,150
Mr CONJUNTO				0,150

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:

$$Ma = 1 - Mr$$

$$\text{si } Mr = 0,150$$

entonces,

$$Ma = 1 - 0,150 = 0,85$$

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 0,85.

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:

$$L=0,85/0,0025=340 \text{ m.}$$

Por tanto, una vez en el acuífero, el vertido debería recorrer una distancia mínima de 340 m hasta resultar inocuo.

Dado que el sondeo San Isidro se encuentra a escasos 55 m del punto de vertido, este método indica que podría afectar a las aguas captadas por el mismo. Como dicho sondeo se ha empleado ocasionalmente para abastecimiento urbano debería alejarse el punto de vertido de esta captación la distancia necesaria como para conseguir unas condiciones hidrogeológicas más favorables que aseguren la inocuidad del mismo frente a las aguas subterráneas.

Aguas abajo, tal como se ha comentado, existen dos sondeos de riego que captan igualmente las calizas del Muschelkalk (sondeos Carbonaria y Artesola) y que distan del punto de vertido 430 y 470 m respectivamente.

También aguas abajo la rambla de Sonella acumula un mayor espesor de materiales detríticos cuaternarios que favorecen la depuración del vertido, además de que afloran las arcillas triásicas del Keuper en el margen izquierdo de la rambla. Estas arcillas se depositan en la zona de forma concordante sobre las dolomías del Muschelkalk.

Teniendo en cuenta estos datos, se considera necesario modificar el actual punto de vertido y situarlo unos 230 m aguas abajo.

En esta posición, la captación San Isidro quedaría aguas arriba, separada esos 230 m del nuevo punto de vertido, mientras que los sondeos Artesola y Carbonaria, aunque todavía aguas debajo de éste, estarían a una distancia mínima de 250 m.

Además, en este punto el espesor de materiales detríticos cuaternarios, compuestos por gravas, arenas, bolos y arcilla es de un mínimo de 5 m, y bajo los mismos es muy probable la presencia de una capa de espesor variable de

arcillas del Keuper, dispuestas sobre el acuífero carbonatado del Muschelkalk. No obstante esta posibilidad se desestima para los cálculos siguientes con objeto de establecer los condicionantes más restrictivos posibles.

Por ello se realiza la siguiente estimación del poder depurador del suelo según el método Rehse:

El espesor saturado se considera que en este punto puede ser algo inferior a los 60 m, ya que la cota topográfica en superficie donde se produce el vertido rondaría los 200-205 m s.n.m. mientras que la cota piezométrica se situaría a torno a los 130-140 m s.n.m.

La columna litológica no saturada se establece en un mínimo de 55 m para estar del lado de la seguridad, y pasa a estar compuesta por dos capas, la superior, correspondiente al lecho del barranco de Sonella formada por gravas, arenas y arcillas, mientras que la segunda por las calizas y dolomías del Muschelkalk inferior (Tm_1).

Los índices de depuración aplicados, tomados desde un punto de vista muy 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 I_r 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 I_r 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	LITOLÓGÍA	ESPESOR	INDICE (I_r)	M_{ri}
1	ARENAS, GRAVAS, BOLOS, LIMOS Y ARCILLAS	5	0,10	0,5
2	CALIZAS Y DOLOMIÁS	50	0,0025	0,125
Mr CONJUNTO				0,625

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

Como en los cálculos anteriores se estima ahora la distancia (L), necesaria para que el vertido se diluya por completo en el acuífero.

Así pues, si

$$M_x = M_r + M_a.$$

y M_x ha de ser superior a 1, se tiene que:

$$M_a = 1 - M_r$$

si en esta nueva ubicación $M_r = 0,625$

entonces

$$M_a = 1 - 0,625 = 0,375$$

Por tanto, la distancia L que permite conseguir un valor de M_a de 0,375 será:

$$L = M_a / I_a$$

Donde:

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

I_a : índice correspondiente al material acuífero

Se consideran las calizas saturadas del Muschelkalk asimilables al grupo de los guijarros de la tabla de Rehse (1977), donde en el caso más desfavorable se toma un valor de $I_a = 0,0025$.

Por tanto:

$$L = 0,375 / 0,0025 = 150 \text{ m.}$$

Por tanto, una vez en la zona saturada, el vertido tras recorrer una distancia de 150 m resultaría inocuo, quedando un mínimo de 100 m hasta el punto de explotación más próximo (sondeo Artesola).

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.

10 NUEVO PUNTO DE UBICACIÓN DEL VERTIDO

Teniendo en cuenta los cálculos anteriores se propone la modificación del actual punto de vertido, situándolo unos 230 m aguas abajo.

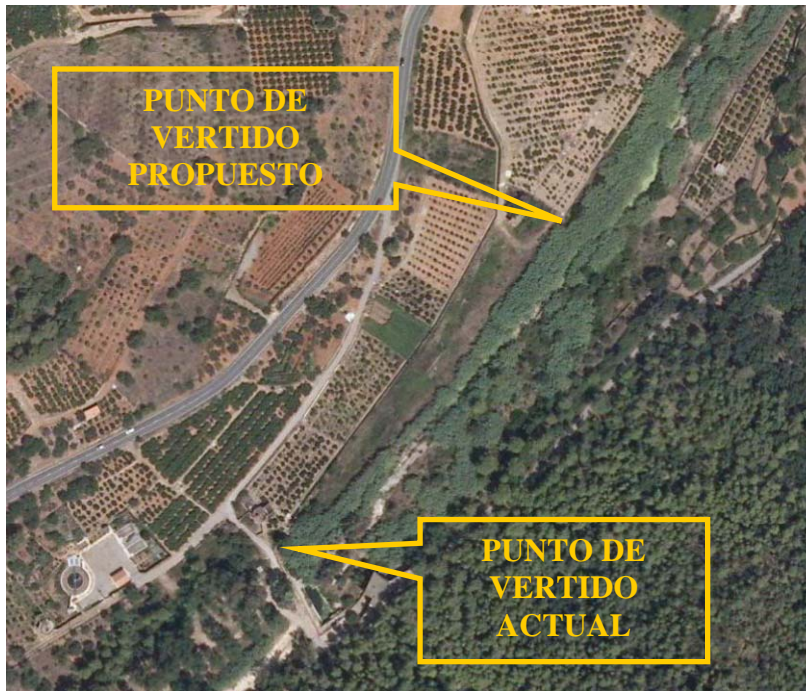
El nuevo punto de vertido que se propone se situaría igualmente en el margen izquierdo del cauce del barranco de Sonella, dentro de la parcela nº 9011 del polígono nº 28 del municipio de Onda.

Las coordenadas UTM del mismo son las siguientes:

X: 731 150

Y: 4.426.150

La cota topográfica aproximada del lecho del barranco en el punto de vertido es de 200-205 m s.n.m.



Fotos 14. Situación del punto de vertido actual y del nuevo punto propuesto (Imagen extraída del Visor IGN Instituto Geográfico Nacional)

11 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 ha considerado que el actual punto de vertido no resulta adecuado, ya que se vierte directamente sobre las calizas del Muschelkalk y el sondeo San Isidro, que esporádicamente se emplea para el abastecimiento público, se encuentra muy próximo, de tal forma que la columna litológica no saturada en este punto no asegura la completa eliminación de la contaminación microbiológica.

Por ello se recomienda una nueva ubicación del punto de vertido, aguas debajo de su posición actual que asegure la inocuidad del mismo y su no afección a captaciones o manantiales de la zona.

Si se realiza el vertido en la nueva posición se pueden establecer los siguientes criterios que justifican la inocuidad del mismo:

- Su volumen es reducido (367 m³/día; 4,24 l/s)
- Debe cumplir, tras el proceso depurativo, los límites de calidad fijados en la reglamentación vigente
- La columna litológica de la zona no saturada (ZNS) en el entorno, estará compuesta por un mínimo de 5 m de arenas, gravas y bolos con matriz limo-arcillosa y más de 50 m de calizas y dolomías del Muschelkalk. Estas litologías actuarán de filtro natural y tal como demuestra el método Rehse, el vertido, tras su tránsito vertical por la zona no saturada y un recorrido horizontal por el acuífero de 150 m, habrá perdido la totalidad de su carga microbiológica y resultará inocuo.
- Dado que las captaciones más próximas se sitúan a más de 250 m del nuevo emplazamiento, no se verán afectadas por el efluente.
- Los sondeos más próximos aguas abajo del punto de vertido se dedican al riego, mientras que los manantiales y sondeos de abastecimiento se sitúan todos aguas arriba, a excepción del mencionado sondeo San Isidro, que con el nuevo emplazamiento propuesto para el efluente se situará igualmente más de 200 m aguas arriba.

12 CONCLUSIONES

Se recomienda un nuevo emplazamiento para el punto de vertido, en el mismo margen izquierdo del barranco de Sonella, pero unos 230 m aguas debajo de su posición actual. En las coordenadas siguientes:

X: 731 150

Y: 4.426.150

En esta posición y 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.

13 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

A) 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: Entre Enero y Diciembre
Año: Entre '2009' y '2010'
Año 2009, EDAR: Tales-Sueras

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

MES	Caudal		pH		Sólidos suspendidos			DQO			DBO5			Nitrógeno total			Fósforo total			
	Entrada (m3/día)		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. (%)	Afluente (mg/l)	Efluente (mg/l)	Rdto. (%)	
ENERO	13.371		7,73		203	12	94,18	548	23	94,83	228	9	96,27	35,00	2,00	95,71	2,00	1,00	50,00	
FEBRERO	10.261		7,60		163	8	94,83	438	15	96,45	218	5	97,57	39,40	5,00	92,74	5,00	1,50	60,00	
MARZO	11.069		7,76		499	14	92,70	741	19	92,64	383	6	95,02	12,00	2,30	65,83	2,30	0,51	77,83	
ABRIL	11.110		7,85		655	10	96,72	738	23	96,47	343	6	97,65	46,00	6,00	91,30	6,00	1,00	83,33	
MAYO	8.575		7,68		750	7	95,61	460	20	95,44	208	5	97,43	51,00	7,35	47,05	7,35	5,00	31,97	
JUNIO	8.608		7,65		301	21	93,42	714	38	94,81	335	10	97,28	51,00	7,00	84,75	7,00	1,00	85,71	
JULIO	12.440		7,63		215	17	92,71	451	44	90,59	203	18	92,19	59,00	9,17	84,75	9,17	1,00	85,71	
NOVIEMBRE					351	5	97,11	575	17	96,50	205	6	97,27	36,00	0,00	91,72	0,00	2,30	64,81	
DICIEMBRE	357				181	7	96,92	560	20	94,71	253	8	96,33	39,86	4,94	79,87	4,94	2,30	64,81	
Media	9.474		7,73		304	11	94,91	583	26	94,71	264	8	96,33	39,86	0,00	79,87	4,94	2,30	64,81	
Suma	75.792																			



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

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

MES	Caudal		pH		Sólidos suspendidos			DQO			DBO5			Nitrógeno total			Fósforo total		
	Entrada (m3/día)		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. (%)	Afluente (mg/l)	Efluente (mg/l)	Rdto. (%)
ENERO	13.171		7,70		141	5	96,27	262	14	94,29	116	5	94,72	46,90					
FEBRERO	11.436		7,70		159	9	94,54	381	16	95,75	161	6	96,57		1,14				
MARZO	12.833		7,67		128	6	95,11	345	18	94,08	124	5	95,05	19,44					
ABRIL	10.623		7,70		159	5	98,51	413	20	94,97	183	6	96,73	29,30			4,53	3,35	25,05
MAYO	11.317		7,69		169	10	93,55	434	19	94,96	162	5	96,57		3,00				
JUNIO	8.024		7,71		145	6	95,53	401	20	94,93	158	5	96,64	46,60	4,82	0,71	85,32		
JULIO	7.645		7,73		436	10	95,87	842	27	95,70	365	10	96,35	42,90	5,63	2,02	64,12		
AGOSTO	9.663		7,72		320	14	95,04	763	40	94,53	304	12	95,95	72,23	6,93	0,52	92,50		
SEPTIEMBRE	10.474		7,70		192	5	97,39	575	24	95,75	250	6	97,51	58,40	46,55	27,83	7,22	5,56	22,99
OCTUBRE					172	14	96,03	539	42	94,40	240	16	95,83						
NOVIEMBRE																			
DICIEMBRE	10.577		7,70		203	8	95,59	495	24	94,93	206	8	96,20	45,11	46,55	27,83	5,83	2,65	58,20
Media	95.191																		
Suma																			

b) Datos analíticos de aguas de la zona de estudio

Nº Ref.	Nombre del Pozo	Nº IGME	Matr.aleza Punto	Ac. drenado	Fecha	C.E. (µs/cm)	pH	Sólidos Disueltos	Ca ⁺⁺ (mg/l)	Mg ⁺⁺ (mg/l)	Na ⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	SO ₄ ⁻ (mg/l)	HCO ₃ ⁻ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)
2	Fte. Avellanaer	29252006	Manantial	Paleozoico	12/07/1972	600	7,53	364,18	54,11	42,04	9,2	0,78	35,45	47,79	274,41	
8	La Falda / Juan XVIII	29253002	Pozo-sondeo	posible Tm ₁ y/o T _{b2}	13/03/1972	1200	7,48	806,75	125,05	38,03	50,58	2,35	132,9	189,27	228,68	
15	Fte. Del Río	29253026	Manantial	posible Tm ₁	12/07/1972	720	8,05	464,44	83,27	51,27	11,5	1,17	106,4	90,8	236,6	
20	Santos Patronos I	29253039	Sondeo	Muschelkalk inferior Tm ₁	04/08/1992	762	7,5	878,41	115,8	78,6	9,4	1,6	26,2	311,2	317,3	18,3
23	Benaray	29253042	Sondeo	Muschelkalk inferior Tm ₁	05/09/1988	1050	8		144	25			70	316		6,6

B) REPORTAJE FOTOGRÁFICO

a) Punto de vertido actual.



Área de vertido



Área de vertido



Zona de vertido sobre las calizas y dolomías del Muschelkalk y junto al pozo San Isidro



Detalle del vertido

b) Inventario de puntos de agua



Manantial de Monte Costre (nº ref. 1)



Font de l'Avellaner (nº ref. 2)



**Font dels Ullals
(nº ref. 4)**



Font del Cantal (nº ref. 5)



Font Les Ombries (nº ref. 6)



Pozo San Isidro (nº ref. 7)



Sondeo Falda / Juan XXIII (nº ref. 8)



**Com. Regantes Villa de Onda (nº ref. 9)
La Falda / El Cañar / Ayto. Onda (nº ref. 10)**



Fuente Bocamina (nº ref. 14)



San Andrés / Artesola (nº ref. 16)



Frontera (nº ref. 17 y 31)



Santos Patronos I, II y III (nº ref. 20, 21 y 28)



Benarray (n° ref. 23)



Fuente Azud (nº ref. 24)



Font de Benitandús (nº ref. 26)



Benarray II (Ref. 29)



Carbonaria (n° ref. 32)



Porvenir del Prat (nº ref. 33)

c) Focos potencialmente contaminantes



Foto aérea y cartel anunciador del vertedero de Espadán-Mijares



Entrada del vertedero y detalle de las bermas



Detalle del sistema de drenaje, pluviómetro y dispositivos de control



Vista panorámica del vertedero

d) Estación Depuradora de Aguas Residuales de Tales-Sueras



Panorámica de la EDAR de Tales-Sueras



Detalles de las fases de depuración



Detalles de las fases de depuración

C) 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 un 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_v que se define como sigue:

$$I_v = I / H$$

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 _r = 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_r: 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_x = poder depurador sobre la totalidad del transporte.

M_r = poder depurador del trayecto vertical

M_a = poder depurador del trayecto horizontal.

La depuración será completa o total si:

$$M_x \geq 1$$

M	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	L	I _a = 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_a: 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_i 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 ²	(8) Velocidad real (m/d)	(9) Tiempo de recorrido (días)	(10) Capacidad de retención (%)	(11) Volumen útil m ³	(12) Retención m ³	(13) Superficie total de los granos (m ²)
M												
1		1,2	5x10 ⁷	0,05	-	1x10 ⁶ , 5.10 ⁷	0,86	1,4	> 10	(0,06)	- 0,12	1,2x10 ⁶ , 6x10 ⁷
2	Roca con	2,0	1x10 ⁸	0,035	-	4x10 ⁸	0,025	80,0	- 50	(0,07)	- 1,0	8x10 ⁸
3	Propiedades	2,5	1x10 ⁷	0,065	-	4x10 ⁵	0,16	15,6	- 20	(0,14)	0,5	1x10 ⁶
4 ₁	De absorción	3,0	5x10 ⁷	0,08	-	225.600	0,54	5,6	- 32	0,24	- 1,0	676.800
4 ₂		3,8	1x10 ⁶	0,10	-	25.000	0,86	4,4	- 27	0,38	- 1,0	95.000
4 ₃		4,5	5x10 ⁶	0,10	0,08	19.000	4,32	1,0	- 24	0,45	- 1,1	85.500
5	Roca	6,0	1x10 ⁵	0,105	0,08	13.400	0,54	8,3	- 3	0,63	0,2	80.400
6	Arenosa	10,0	1x10 ⁶	0,135	0,1	7.600	8,23	0,7	- 2,5	1,35	0,3	76.000
7		15,0	3x10 ⁶	0,16	0,12	4.000	1,08	5,6	- 2,3	2,4	0,4	60.000
			5x10 ⁵				19,2	0,5				
			5x10 ⁶				2,59	4,0				
							27,0	0,6				
							3,6	4,2				
8		8,0	5x10 ⁷	0,06	-	9.000	0,72	11,1	- 15	0,48	1,2	72.000
9	Gravas	12,0	3,5x10 ⁴	0,15	0,12	1.800	201,6	0,06	- 2	1,8	- 0,2	21.600
10		25,0	3,5x10 ⁶	0,18	0,15	580	2,52	4,8	- 2	4,5	- 0,5	14.500
			1x10 ³				480,0	0,05				
11	Gravas	35,0	1x10 ²	0,20	0,15	200	4.320,0	11,7min	- 1,5	7,0	0,5	7.000
12	Guijarros	50,0	1x10 ⁴	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 ³)	(8) Superficie específica (m ² /m ³)	(9) Superficie total de los granos (m ²)
9	Grava silteosa arenosa	3,5x10 ³	A < 3	100	33,3	100	1.800	180 x 10 ³
			B 3 12 20	150	12,5	150		270 x 10 ³
			C 20 35 50	170	4,9	170		306 x 10 ³
			D 50 > 50	200	4,0	200		360 x 10 ³
10	Grava arenosa	3,5x10 ²	A < 5	150	30,0	150	580	87 x 10 ³
			B 5 12 20	200	16,7	200		116 x 10 ³
			C 20 35 50	220	6,3	220		128 x 10 ³
			D 50 75 100	250	3,3	250		145 x 10 ³
11	Grava	1,0x10 ²	A < 5'	200	40,0	200	200	40 x 10 ³
			B 5 12 20	250	20,8	250		50 x 10 ³
			C 20 35 50	270	7,7	270		54 x 10 ³
			D 50 75 100	300	3,0	300		60 x 10 ³
12	Guijarros	2,5	A < 5	300	60,0	300	260	18 x 10 ³
			B 5 12 20	340	28,3	340		20 x 10 ³
			C 20 35 50	360	10,3	360		22 x 10 ³
			D 50 100 100	400	4,0	400		24 x 10 ³

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. Dependiente del gradiente.
- (5) Distancia límite requerida según el caso.
- (6) Tiempos de recorrido calculado a partir de (4) y (5).
- (7) Producto de 1 m² 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)

D) BASES DE DATOS DEL IGME

DATOS GENERALES													
Hoja	Oct	Punto	toponimia	Coorxutm	Cooryutm	Cota	Natur	Prof	Codperf	Expr1017	Fecha obra	Tipomot	Utilagua
2925	2	0005		724922	4424418	420	3						2
2925	2	0006		724000	4423774	500	3						2
2925	2	0007		724008	4423826	510	3						2
2925	2	0024	Font dels Ullals	725915	4424456	390	3						0
2925	2	0025	Font del Cantal	723200	4424022	605	3						0
2925	2	0026	Font les Ombríes	723854	4423291	590	3						0
2925	3	0001		731045	4425940	229	9	150	2			4	H
2925	3	0002	Juan XXIII	730685	4425600	225	9	174	5			4	H
2925	3	0004		730554	4425622	228	4	20	3			2	0
2925	3	0007		732334	4425607	380	3						1
2925	3	0026		727320	4426051	310	3						2
2925	3	0036	Pozo Frontera	730145	4426910	278	1	297	2	01-feb-83	01-feb-83	3	2
2925	3	0037		730693	4427093	243	1	405	2	01-feb-86	01-feb-86	9	C
2925	3	0038		730039	4426746	280	1					9	C
2925	3	0039		730055	4426100	245	1	146	2	01-feb-82	01-feb-82	3	E
2925	3	0040		730055	4426100	245	1	146	2	01-feb-82	01-feb-82	3	E
2925	3	0041		728973	4424799	295	1	97	1	01-feb-84	01-feb-84	3	2
2925	3	0042		728992	4424870	260	1	100	2	01-feb-86	01-feb-86	3	E
2925	3	0043		729008	4424895	260	3						E
2925	3	0044		729526	4425097	260	3						E
2925	3	0045		727606	4423495	355	3						E
2925	3	0050	Monti o Mayor	731200	4424005	375	3						E

LITOLOGÍAS								
Hoja	Oct	Punto	Prof	Numorden	Edadgeo	Litologia	Proftecho	Profmuro
2925	2	0006		1		CALIZA		
2925	3	0007		1		CALIZA		
2925	3	0037	405	1		DOLOMI	198	200
2925	3	0037	405	2		DOLOMI	254	259
2925	3	0037	405	3		DOLOMI	277	340
2925	3	0037	405	4		DOLOMI	342	381

PIEZOMETRÍA						
Hoja	Oct	Punto	Cota	Prof	Fecha_pz	Nivelpz
2925		2 0005	420		12-jul-72	1,5
2925		2 0006	500		12-jul-72	0,04
2925		2 0007	510		12-jul-72	0,04
2925		3 0001	229	150	13-mar-72	1
2925		3 0002	225	174	13-feb-72	9,8
2925		3 0002	225	174	21-dic-04	15,75
2925		3 0004	228	20	13-mar-72	2,75
2925		3 0007	380		21-abr-72	0,01
2925		3 0026	310		12-jul-72	3,02
2925		3 0036	278	297	04-jul-89	62,85
2925		3 0036	278	297	21-dic-04	73,75
2925		3 0039	245	146	03-jul-89	23
2925		3 0040	245	146	05-jul-89	22,8
2925		3 0041	295	97	26-jun-89	7,3
2925		3 0042	260	100	26-jun-89	4

CALIDAD						
Hoja	Oct	Punto	Fecha toma aq	COD_ELE	ABR_ELE	Valor
2925	2	0006	12-jul-72	8	Cl	35
2925	2	0006	12-jul-72	7	SO4	48
2925	2	0006	12-jul-72	12	HCO3	274
2925	2	0006	12-jul-72	3	Na	9
2925	2	0006	12-jul-72	6	Mg	42
2925	2	0006	12-jul-72	5	Ca	54
2925	2	0006	12-jul-72	4	K	1
2925	2	0006	12-jul-72	13	pH	7,5
2925	2	0006	12-jul-72	15	Conduct	600
2925	2	0006	12-jul-72	43	Temperatura	16
2925	3	0002	13-feb-72	8	Cl	133
2925	3	0002	13-feb-72	7	SO4	189
2925	3	0002	13-feb-72	12	HCO3	229
2925	3	0002	13-feb-72	3	Na	51
2925	3	0002	13-feb-72	6	Mg	38
2925	3	0002	13-feb-72	5	Ca	125
2925	3	0002	13-feb-72	4	K	2
2925	3	0002	13-feb-72	13	pH	7,5
2925	3	0002	13-feb-72	15	Conduct	1200
2925	3	0002	13-feb-72	43	Temperatura	19
2925	3	0002	05-oct-76	8	Cl	67
2925	3	0002	05-oct-76	7	SO4	377
2925	3	0002	05-oct-76	12	HCO3	163
2925	3	0002	05-oct-76	9	NO3	6
2925	3	0002	05-oct-76	3	Na	38
2925	3	0002	05-oct-76	6	Mg	53
2925	3	0002	05-oct-76	5	Ca	130
2925	3	0002	05-oct-76	4	K	2
2925	3	0002	05-oct-76	13	pH	8
2925	3	0002	05-oct-76	15	Conduct	1290
2925	3	0002	05-oct-76	14	Rs	1002
2925	3	0002	05-oct-76	2	Dureza	55
2925	3	0002	06-may-77	8	Cl	64
2925	3	0002	06-may-77	7	SO4	340
2925	3	0002	06-may-77	12	HCO3	216
2925	3	0002	06-may-77	9	NO3	2
2925	3	0002	06-may-77	3	Na	43
2925	3	0002	06-may-77	6	Mg	48
2925	3	0002	06-may-77	5	Ca	136
2925	3	0002	06-may-77	4	K	2
2925	3	0002	06-may-77	13	pH	7,6
2925	3	0002	06-may-77	15	Conduct	1190
2925	3	0002	06-may-77	14	Rs	802
2925	3	0002	06-may-77	10	NO2	0,02
2925	3	0002	06-may-77	2	Dureza	54
2925	3	0002	14-oct-77	8	Cl	57
2925	3	0002	14-oct-77	7	SO4	273
2925	3	0002	14-oct-77	12	HCO3	232
2925	3	0002	14-oct-77	9	NO3	3
2925	3	0002	14-oct-77	3	Na	34
2925	3	0002	14-oct-77	6	Mg	53
2925	3	0002	14-oct-77	5	Ca	105
2925	3	0002	14-oct-77	4	K	4
2925	3	0002	14-oct-77	13	pH	7,8
2925	3	0002	14-oct-77	15	Conduct	1030
2925	3	0002	14-oct-77	14	Rs	688
2925	3	0002	14-oct-77	10	NO2	0,01
2925	3	0002	14-oct-77	2	Dureza	49
2925	3	0002	10-may-78	8	Cl	75
2925	3	0002	10-may-78	7	SO4	390
2925	3	0002	10-may-78	12	HCO3	281
2925	3	0002	10-may-78	9	NO3	5
2925	3	0002	10-may-78	3	Na	115
2925	3	0002	10-may-78	6	Mg	41
2925	3	0002	10-may-78	5	Ca	130
2925	3	0002	10-may-78	4	K	4
2925	3	0002	10-may-78	13	pH	7,6
2925	3	0002	10-may-78	15	Conduct	1380
2925	3	0002	10-may-78	14	Rs	918
2925	3	0002	10-may-78	11	NH4	0,1
2925	3	0002	10-may-78	2	Dureza	50
2925	3	0002	12-dic-78	8	Cl	54
2925	3	0002	12-dic-78	7	SO4	360
2925	3	0002	12-dic-78	12	HCO3	262
2925	3	0002	12-dic-78	9	NO3	10
2925	3	0002	12-dic-78	3	Na	35
2925	3	0002	12-dic-78	6	Mg	43
2925	3	0002	12-dic-78	5	Ca	170
2925	3	0002	12-dic-78	4	K	4
2925	3	0002	12-dic-78	13	pH	7,7
2925	3	0002	12-dic-78	15	Conduct	1080
2925	3	0002	12-dic-78	14	Rs	830
2925	3	0002	12-dic-78	2	Dureza	60
2925	3	0002	14-may-79	8	Cl	85
2925	3	0002	14-may-79	7	SO4	370
2925	3	0002	14-may-79	12	HCO3	220
2925	3	0002	14-may-79	9	NO3	25
2925	3	0002	14-may-79	3	Na	43
2925	3	0002	14-may-79	6	Mg	52
2925	3	0002	14-may-79	5	Ca	160
2925	3	0002	14-may-79	4	K	3
2925	3	0002	14-may-79	15	Conduct	1450
2925	3	0002	14-may-79	14	Rs	920
2925	3	0002	14-may-79	29	Mn	1
2925	3	0002	14-may-79	30	Zn	0,02
2925	3	0002	14-may-79	27	Cr	10
2925	3	0002	14-may-79	24	Cd	3
2925	3	0002	14-may-79	11	NH4	0,18
2925	3	0002	14-may-79	2	Dureza	62

Hoja	Oct	Punto	Fecha toma aq	COD ELE	ABR ELE	Valor
2925	3	0002	30-nov-79	8	Cl	71
2925	3	0002	30-nov-79	7	SO4	437
2925	3	0002	30-nov-79	12	HCO3	256
2925	3	0002	30-nov-79	9	NO3	12
2925	3	0002	30-nov-79	3	Na	47
2925	3	0002	30-nov-79	6	Mg	61
2925	3	0002	30-nov-79	5	Ca	160
2925	3	0002	30-nov-79	4	K	2
2925	3	0002	30-nov-79	13	pH	7,9
2925	3	0002	30-nov-79	15	Conduct	1089
2925	3	0002	30-nov-79	17	Boro	400
2925	3	0002	30-nov-79	28	Fe	0,02
2925	3	0002	30-nov-79	26	Pb	60
2925	3	0002	30-nov-79	2	Dureza	65
2925	3	0002	28-abr-80	8	Cl	65
2925	3	0002	28-abr-80	7	SO4	326
2925	3	0002	28-abr-80	12	HCO3	221
2925	3	0002	28-abr-80	9	NO3	6
2925	3	0002	28-abr-80	3	Na	36
2925	3	0002	28-abr-80	6	Mg	40
2925	3	0002	28-abr-80	5	Ca	146
2925	3	0002	28-abr-80	4	K	4
2925	3	0002	28-abr-80	13	pH	7,9
2925	3	0002	28-abr-80	15	Conduct	1150
2925	3	0002	28-abr-80	14	Rs	782
2925	3	0002	28-abr-80	2	Dureza	53
2925	3	0002	05-may-81	8	Cl	85
2925	3	0002	05-may-81	7	SO4	341
2925	3	0002	05-may-81	12	HCO3	243
2925	3	0002	05-may-81	9	NO3	13
2925	3	0002	05-may-81	3	Na	51
2925	3	0002	05-may-81	6	Mg	43
2925	3	0002	05-may-81	5	Ca	156
2925	3	0002	05-may-81	4	K	4
2925	3	0002	05-may-81	13	pH	7,8
2925	3	0002	05-may-81	15	Conduct	1240
2925	3	0002	05-may-81	14	Rs	851
2925	3	0002	05-may-81	18	Fluoruro	0,2
2925	3	0002	05-may-81	2	Dureza	57
2925	3	0002	20-nov-81	8	Cl	44
2925	3	0002	20-nov-81	7	SO4	372
2925	3	0002	20-nov-81	12	HCO3	262
2925	3	0002	20-nov-81	9	NO3	9
2925	3	0002	20-nov-81	3	Na	30
2925	3	0002	20-nov-81	6	Mg	44
2925	3	0002	20-nov-81	5	Ca	162
2925	3	0002	20-nov-81	4	K	5
2925	3	0002	20-nov-81	13	pH	7,4
2925	3	0002	20-nov-81	15	Conduct	1320
2925	3	0002	20-nov-81	14	Rs	878
2925	3	0002	20-nov-81	10	NO2	0,02
2925	3	0002	20-nov-81	11	NH4	0,02
2925	3	0002	20-nov-81	2	Dureza	61
2925	3	0002	31-mar-82	8	Cl	77
2925	3	0002	31-mar-82	7	SO4	322
2925	3	0002	31-mar-82	12	HCO3	256
2925	3	0002	31-mar-82	9	NO3	16
2925	3	0002	31-mar-82	3	Na	37
2925	3	0002	31-mar-82	6	Mg	48
2925	3	0002	31-mar-82	5	Ca	156
2925	3	0002	31-mar-82	4	K	4
2925	3	0002	31-mar-82	13	pH	7,4
2925	3	0002	31-mar-82	15	Conduct	1216
2925	3	0002	31-mar-82	14	Rs	821
2925	3	0002	31-mar-82	2	Dureza	59
2925	3	0002	13-may-83	8	Cl	71
2925	3	0002	13-may-83	7	SO4	380
2925	3	0002	13-may-83	12	HCO3	262
2925	3	0002	13-may-83	9	NO3	18
2925	3	0002	13-may-83	3	Na	41
2925	3	0002	13-may-83	6	Mg	46
2925	3	0002	13-may-83	5	Ca	176
2925	3	0002	13-may-83	4	K	4
2925	3	0002	13-may-83	13	pH	7,6
2925	3	0002	13-may-83	15	Conduct	1390
2925	3	0002	13-may-83	14	Rs	945
2925	3	0002	13-may-83	2	Dureza	63
2925	3	0002	07-oct-83	8	Cl	92
2925	3	0002	07-oct-83	7	SO4	467
2925	3	0002	07-oct-83	12	HCO3	268
2925	3	0002	07-oct-83	9	NO3	6
2925	3	0002	07-oct-83	3	Na	57
2925	3	0002	07-oct-83	6	Mg	60
2925	3	0002	07-oct-83	5	Ca	186
2925	3	0002	07-oct-83	4	K	5
2925	3	0002	07-oct-83	13	pH	7,3
2925	3	0002	07-oct-83	15	Conduct	1564
2925	3	0002	07-oct-83	14	Rs	1086
2925	3	0002	07-oct-83	2	Dureza	71
2925	3	0002	25-jun-84	1	DQO	0,9
2925	3	0002	25-jun-84	8	Cl	13
2925	3	0002	25-jun-84	7	SO4	35
2925	3	0002	25-jun-84	12	HCO3	183
2925	3	0002	25-jun-84	3	Na	7
2925	3	0002	25-jun-84	6	Mg	19
2925	3	0002	25-jun-84	5	Ca	45
2925	3	0002	25-jun-84	13	pH	7,9
2925	3	0002	25-jun-84	15	Conduct	391
2925	3	0002	25-jun-84	32	SiO2	6,4

Hoja	Oct	Punto	Fecha_toma_aq	COD_ELE	ABR_ELE	Valor
2925	3	0002	19-feb-85	1	DGO	1,1
2925	3	0002	19-feb-85	8	Cl	89
2925	3	0002	19-feb-85	7	SO4	554
2925	3	0002	19-feb-85	12	HCO3	260
2925	3	0002	19-feb-85	9	NO3	2
2925	3	0002	19-feb-85	3	Na	65
2925	3	0002	19-feb-85	6	Mg	62
2925	3	0002	19-feb-85	5	Ca	222
2925	3	0002	19-feb-85	4	K	4
2925	3	0002	19-feb-85	13	pH	7,5
2925	3	0002	19-feb-85	15	Conduct	1514
2925	3	0002	19-feb-85	32	SiO2	9,5
2925	3	0002	19-feb-85	43	Temperatura	20
2925	3	0002	10-dic-85	8	Cl	106
2925	3	0002	10-dic-85	7	SO4	720
2925	3	0002	10-dic-85	12	HCO3	244
2925	3	0002	10-dic-85	9	NO3	8
2925	3	0002	10-dic-85	3	Na	60
2925	3	0002	10-dic-85	6	Mg	67
2925	3	0002	10-dic-85	5	Ca	230
2925	3	0002	10-dic-85	4	K	2
2925	3	0002	10-dic-85	13	pH	7,2
2925	3	0002	10-dic-85	15	Conduct	1740
2925	3	0002	10-dic-85	14	Rs	1389
2925	3	0002	10-dic-85	2	Dureza	85
2925	3	0002	25-jul-86	8	Cl	101
2925	3	0002	25-jul-86	7	SO4	539
2925	3	0002	25-jul-86	12	HCO3	144
2925	3	0002	25-jul-86	9	NO3	19
2925	3	0002	25-jul-86	3	Na	53
2925	3	0002	25-jul-86	6	Mg	53
2925	3	0002	25-jul-86	5	Ca	187
2925	3	0002	25-jul-86	4	K	4
2925	3	0002	25-jul-86	13	pH	7,4
2925	3	0002	25-jul-86	15	Conduct	1470
2925	3	0002	25-jul-86	14	Rs	1100
2925	3	0002	25-jul-86	30	Zn	0
2925	3	0002	30-jun-89	1	DGO	0,7
2925	3	0002	30-jun-89	8	Cl	87
2925	3	0002	30-jun-89	7	SO4	549
2925	3	0002	30-jun-89	12	HCO3	182
2925	3	0002	30-jun-89	9	NO3	1
2925	3	0002	30-jun-89	3	Na	59
2925	3	0002	30-jun-89	6	Mg	53
2925	3	0002	30-jun-89	5	Ca	200
2925	3	0002	30-jun-89	4	K	2
2925	3	0002	30-jun-89	13	pH	7,9
2925	3	0002	30-jun-89	15	Conduct	1373
2925	3	0002	30-jun-89	10	NO2	0
2925	3	0002	30-jun-89	32	SiO2	8,7
2925	3	0002	30-jun-89	43	Temperatura	18
2925	3	0002	30-jun-89	31	Cu	0
2925	3	0002	30-jun-89	30	Zn	0
2925	3	0002	30-jun-89	11	NH4	0
2925	3	0002	30-jun-89	20	PO4	0,07
2925	3	0002	21-dic-04	1	DGO	0,7
2925	3	0002	21-dic-04	8	Cl	88
2925	3	0002	21-dic-04	7	SO4	468
2925	3	0002	21-dic-04	12	HCO3	251
2925	3	0002	21-dic-04	33	CO3	0
2925	3	0002	21-dic-04	9	NO3	2
2925	3	0002	21-dic-04	3	Na	48
2925	3	0002	21-dic-04	6	Mg	52
2925	3	0002	21-dic-04	5	Ca	184
2925	3	0002	21-dic-04	4	K	2
2925	3	0002	21-dic-04	13	pH	7,4
2925	3	0002	21-dic-04	15	Conduct	1349
2925	3	0002	21-dic-04	10	NO2	0
2925	3	0002	21-dic-04	11	NH4	0
2925	3	0002	21-dic-04	20	PO4	0
2925	3	0002	21-dic-04	32	SiO2	9,1
2925	3	0002	21-dic-04	31	Cu	0
2925	3	0002	21-dic-04	30	Zn	0
2925	3	0002	21-dic-04	26	Pb	0
2925	3	0002	21-dic-04	27	Cr	0
2925	3	0002	21-dic-04	24	Cd	0
2925	3	0002	21-dic-04	25	Hg	0
2925	3	0026	12-jul-72	8	Cl	106
2925	3	0026	12-jul-72	7	SO4	91
2925	3	0026	12-jul-72	12	HCO3	237
2925	3	0026	12-jul-72	3	Na	11
2925	3	0026	12-jul-72	6	Mg	51
2925	3	0026	12-jul-72	5	Ca	83
2925	3	0026	12-jul-72	4	K	1
2925	3	0026	12-jul-72	13	pH	8
2925	3	0026	12-jul-72	15	Conduct	720
2925	3	0026	12-jul-72	43	Temperatura	19
2925	3	0036	21-dic-04	1	DGO	0,6
2925	3	0036	21-dic-04	8	Cl	13
2925	3	0036	21-dic-04	7	SO4	440
2925	3	0036	21-dic-04	12	HCO3	328
2925	3	0036	21-dic-04	33	CO3	0
2925	3	0036	21-dic-04	9	NO3	1
2925	3	0036	21-dic-04	3	Na	12
2925	3	0036	21-dic-04	6	Mg	63
2925	3	0036	21-dic-04	5	Ca	172
2925	3	0036	21-dic-04	4	K	1
2925	3	0036	21-dic-04	13	pH	7,5
2925	3	0036	21-dic-04	15	Conduct	1212
2925	3	0036	21-dic-04	10	NO2	0
2925	3	0036	21-dic-04	11	NH4	0
2925	3	0036	21-dic-04	20	PO4	0
2925	3	0036	21-dic-04	32	SiO2	9,6
2925	3	0036	21-dic-04	31	Cu	0
2925	3	0036	21-dic-04	30	Zn	0
2925	3	0036	21-dic-04	26	Pb	0
2925	3	0036	21-dic-04	27	Cr	0
2925	3	0036	21-dic-04	24	Cd	0
2925	3	0036	21-dic-04	25	Hg	0