



**PERÍMETRO DE PROTECCIÓN DE LOS SONDEOS
SANTA ANA I Y II DE ABASTECIMIENTO AL NÚCLEO URBANO
DE TORREDELCAMPO (JAÉN)**



ÍNDICE

Pag nº

1. INTRODUCCIÓN.....	3
2. SITUACIÓN ACTUAL DEL ABASTECIMIENTO.....	5
2.1. INFRAESTRUCTURAS DE CAPTACIÓN	6
2.1.1. Captaciones de abastecimiento	6
2.2. SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DEL MUNICIPIO.....	7
2.2.1. Depósitos y conducciones.....	7
2.2.2. Esquema general	9
2.2.3. Importancia de las captaciones y volúmenes captados	10
3. GEOLOGÍA E HIDROGEOLOGÍA.....	11
3.1. MARCO GEOLÓGICO E HIDROGEOLÓGICO	11
3.2. LÍMITES Y GEOMETRÍA DEL ACUÍFERO.....	13
3.3. PARÁMETROS HIDRODINÁMICOS Y PIEZOMETRÍA	13
3.4. FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLÓGICO Y BALANCE HIDRÁULICO.....	17
3.5. HIDROQUÍMICA DEL SECTOR	18
4. FOCOS POTENCIALES DE CONTAMINACIÓN	21
4.1. ORIGEN DE LA INFORMACIÓN DE FOCOS POTENCIALES DE CONTAMINACIÓN	21
4.2. INVENTARIO DE FOCOS POTENCIALES DE CONTAMINACIÓN	22
4.2.1. Actividad agrícola.....	22
4.2.2. Actividad ganadera	23
4.2.3. Actividad industrial	23
4.2.4. Residuos sólidos urbanos	23
4.2.5. Aguas residuales.....	24
4.3. FOCOS DE CONTAMINACIÓN PRÓXIMOS A LAS CAPTACIONES	24
4.4. INDICIOS DE CONTAMINACIÓN EN LAS CAPTACIONES	25
5. VULNERABILIDAD FRENTE A LA CONTAMINACIÓN.....	26
5.1. DISTRIBUCIÓN EN EL ENTORNO Y ÁREAS DE RECARGA	26
5.2. RELACIÓN DE LA VULNERABILIDAD CON LOS FOCOS POTENCIALES DE CONTAMINACIÓN	27
5.2.1. Tipología de la distribución de presiones y vulnerabilidad	27
5.3. EVALUACIÓN CUANTITATIVA DE LA VULNERABILIDAD Y EL RIESGO	28

6. DELIMITACIÓN Y ZONIFICACIÓN DEL PERÍMETRO DE PROTECCIÓN.....	31
6.1. ANÁLISIS HIDROGEOLÓGICO	31
6.1.1. Límites hidrogeológicos y geometría del acuífero.....	31
6.1.2. Funcionamiento (isopiezas y líneas de flujo)	35
6.2. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS (BALANCE DE RECURSOS O MÉTODOS ANALÍTICOS).....	35
6.3. ZONAS DE INFLUENCIA Y ZONAS DE ALIMENTACIÓN	36
6.4. ZONA DE RESTRICCIONES ABSOLUTAS.....	36
6.5. ZONA DE RESTRICCIONES MÁXIMAS	37
6.6. ZONA DE RESTRICCIONES MODERADAS	37
6.7. ZONA DE PROTECCIÓN DE LA CANTIDAD	38
7. RED DE CONTROL Y VIGILANCIA	39
8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	41
9. REFERENCIAS	42

ANEXOS

- ANEXO I: REPORTAJE FOTOGRÁFICO
- ANEXO II: FICHAS DE INVENTARIO DE CAPTACIONES
- ANEXO III: FICHAS DE INVENTARIO DE PRESIONES
- ANEXO IV: ANÁLISIS QUÍMICOS

PLANOS

- PLANO N° 1: SITUACIÓN DE LAS CAPTACIONES DE ABASTECIMIENTO
- PLANO N° 2: MAPA DE VULNERABILIDAD Y PRESIONES
- PLANO N° 3: MAPA DEL PERÍMETRO DE PROTECCIÓN

1. **INTRODUCCIÓN**

El presente informe corresponde a la delimitación y justificación técnica del perímetro de protección de los sondeos Santa Ana I y II (183840021), que abastece al núcleo urbano de Torredelcampo y están situados en la MAS 05.16 "Jabalruz".

La realización de este informe se enmarca dentro de la actividad "ELABORACIÓN DE PERÍMETROS DE SALVAGUARDA PARA LA PROTECCIÓN DE LAS CAPTACIONES DE ABASTECIMIENTO URBANO" realizada por el INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA, IGME, por medio de su Departamento de Investigación en Recursos Geológicos, en cumplimiento con los requerimientos de la Directiva 2000/60/CE, Directiva Marco del Agua (DMA), para el establecimiento de zonas de salvaguarda o perímetros de protección en captaciones para consumo humano de masas de agua de la cuenca del Guadalquivir.

La protección del agua es un objetivo prioritario en la política medioambiental europea reflejado específicamente en la Directiva 2000/60/CE, Directiva Marco del Agua (DMA) que, en su artículo 7.1, impone unos límites para calificar una masa de agua como *Drinking Water Protected Area*, "todas las masas de agua utilizadas para la captación de agua destinada al consumo humano que proporcionen un promedio de más de 10 m³ diarios o que abastezcan a más de cincuenta personas, y todas las masas de agua destinadas a tal uso en el futuro".

El marco legal para la realización de perímetros de protección a captaciones de abastecimiento urbano se basa en el artículo 54.3 (R.D. 849/1986) del texto refundido de la Ley de Aguas y el procedimiento para su inicio se describe en el artículo 173.3 del R.D.P.H. donde se reseña que su delimitación se efectuará a solicitud de la autoridad medioambiental, municipal o cualquier otra en que recaigan competencias sobre la materia.

En los artículos 173.5 y 173.6 del R.D.P.H (R.D. 849/1986) se describen los condicionamientos que podrán imponerse en el perímetro delimitado con el objeto de impedir la afección a la cantidad y a la calidad de las aguas subterráneas captadas, señalando expresamente los tipos de instalaciones o actividades que podrán ser

condicionadas.

Para la delimitación del perímetro de protección de las captaciones a estudiar, se ha realizado un trabajo de campo. Los trabajos de campo son de importancia fundamental para la buena consecución de los perímetros ya que en el campo se realizan las comprobaciones y validaciones y se efectúan la toma de datos a nivel de inventario tanto de las captaciones como de inventario de focos potenciales de contaminación.

En el campo la secuencia de trabajo y metodología que se ha seguido es la siguiente:

- Entrevista con el Ayuntamiento
- Visita a las captaciones de consumo humano para verificar datos y completar la ficha de las captaciones
- Piezometría del entorno, para ello se han tomado medidas de nivel en sondeos en el entorno de la captación
- Inventario de focos potenciales de contaminación

2. SITUACIÓN ACTUAL DEL ABASTECIMIENTO

El municipio de Torredelcampo tiene una población residente estable de 14.558 habitantes (Cifras de población referidas al 01/01/2008), de los que 14.527, corresponden al núcleo de Torredelcampo.

En función del consumo anual en el año 2007, que fue de 1.121.442 m³ (3.072 m³/día), según datos facilitados por el Ayuntamiento, se ha calculado una dotación de 210 l/hab/día. En los meses de verano, julio, agosto y septiembre de 2007 sube a un consumo de 3.901 m³/día, esto representa una dotación de 270 l/hab/día para este periodo.

El abastecimiento a Torredelcampo se realiza mediante aguas superficiales procedentes de la planta de tratamiento del río Víboras y de cuatro sondeos y un manantial. Los sondeos denominados Santa Ana I y II (183840021) y Cuesta Negra (183880036) captan materiales pertenecientes a la Masa de Aguas Subterráneas (MAS) 05.16 "Jabalruz". El sondeo Pozo de Pericano (183840024), El Pozo de La Cueva (183840001) y el Manantial de Torrecillas (183840006) drenan materiales de la MAS 05.17 "Jaén". Todos ellos están situados dentro del término municipal de Torredelcampo.

La gestión del servicio de abastecimiento la realiza la empresa EMAT (Empresa Municipal de Aguas de Torredelcampo).

Este informe presenta la delimitación del perímetro de protección del sondeo Santa Ana. La localización de este sondeo se muestra en el plano de situación nº 1.

2.1. INFRAESTRUCTURAS DE CAPTACIÓN

2.1.1. Captaciones de abastecimiento

- **Sondeos Santa Ana I y II (183840021)**

Se trata de dos sondeos situados muy próximos que captan materiales carbonatados pertenecientes a la MAS 05.16 "Jabalruz". Se sitúan en la ladera NO del relieve calcáreo conocido como Cerrofuente, al Sur del núcleo urbano de Torredelcampo. Sus coordenadas UTM son 420664, 4179706 y se sitúan a una cota de 780 msnm. El paraje donde se sitúan las captaciones es un visitado merendero, con restaurante y zonas recreativas.

- El sondeo **Santa Ana I** tiene una profundidad de 175 m y un diámetro de perforación de 300 mm y está entubado con tubería metálica de 250 mm de diámetro de 0 a 60 m. Está conectado a la red de distribución y extrae un caudal de 6,5 l/s. El nivel piezométrico del sondeo Santa Ana I se situaba en noviembre de 2008 a 50,32 m de profundidad, a una cota aproximada de 730 msnm (en el momento de la medición la bomba no estaba funcionando pero se desconoce el tiempo que llevaba parada).
- El sondeo **Santa Ana II** tiene una profundidad de 69 m y está instalado con una electrobomba sumergible de 3 C.V. La tubería de impulsión es metálica y se desconocen el resto de sus características constructivas. El caudal de explotación del sondeo Santa Ana II es de 0,5 l/s según la documentación consultada, sirviendo de abastecimiento a una fuente. El nivel dinámico se situaba el 30 de noviembre de 2006 a 51,3 m de profundidad, a una cota aproximada de 729 msnm. (Plan de Control de Jaén).

2.2. SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DEL MUNICIPIO

2.2.1. Depósitos y conducciones

Existen un total de cuatro depósitos de regulación en uso. El sondeo Santa Ana I está conectado a la red de distribución, y el sondeo Santa Ana II abastece directamente a una fuente pública. A continuación se presentan las características de los depósitos pertenecientes al sistema de abastecimiento de Torredelcampo.

- **DE23086001 Depósito del Megatín**

Cota (msnm): 900

Base: Rectangular

Tipo: Superficial

Capacidad (m³): 150

Origen del agua: Manantial de Torrecillas y Pozo de Pericano

Núcleo al que abastece: Urbanización Peñón del Megatín

- **DE23086002 Depósito de La Ratonera**

Cota (msnm): 700

Base: Rectangular

Tipo: Superficial

Capacidad (m³): 2.500

Origen del agua: Torrecillas, La Cueva, Dep. La Sierra y Captación superficial.

Núcleo al que abastece: Torredelcampo

- **DE23086003 Depósito de La Sierra**

Cota (msnm): 750

Base: Rectangular

Tipo: Semienterrado

Capacidad (m³): 6.000

Origen del agua: Cuesta Negra y Depósito de Fuente Nueva

Núcleo al que abastece: Torredelcampo

- **DE23086004 Depósito de Fuente Nueva**

Cota (msnm): 670

Base: Rectangular

Tipo: Superficial

Capacidad (m³): 1.250

Origen del agua: Captación superficial y depósito de la Ratonera

Núcleo al que abastece: Torredelcampo

De estos datos se deduce que la capacidad total de regulación del sistema de abastecimiento de Torredelcampo es de 9.900 m³.

- **Conducciones**

El sistema de conducciones de abastecimiento tiene una longitud total próxima a los 12 km de tuberías. Sus principales características se incluyen en el cuadro adjunto.

Código	Diámetro (mm)	Tipo	Longitud (m)	Procedencia	Final
CO23086001	150	Fibro cemento	2.338	Bombeo de La Venta	Dep. Fuente Nueva
CO23086002	160	Polietileno	690	Dep. de La Sierra	Dep. Ratonera
CO23086003	110	PVC	582	Dep. Fuente Nueva	Dep. Ratonera
CO23086004	90	PVC	329	Pozo Pericano	Dep. Megatín
CO23086005	140	PVC	1.427	Man. Torrecillas	Dep. Megatín
CO23086006	63	Polietileno	1.655	Dep. Megatín	Arqueta Cueva-Megatín
CO23086007	63	Polietileno	417	Pozo De La Cueva	Arqueta Cueva-Megatín
CO23086008	160	Fibro cemento	1.827	Arqueta Cueva-Megatín	Dep. Ratonera
CO23086009	160	PVC	2.516	Cuesta Negra	Dep. de La Sierra
		Total	11.781		

2.2.2. Esquema general

El sistema de abastecimiento de las captaciones de abastecimiento a Torredelcampo se muestra en el siguiente esquema. El sondeo Santa Ana I está conectado directamente a la red de abastecimiento y el sondeo Santa Ana II a una fuente pública.

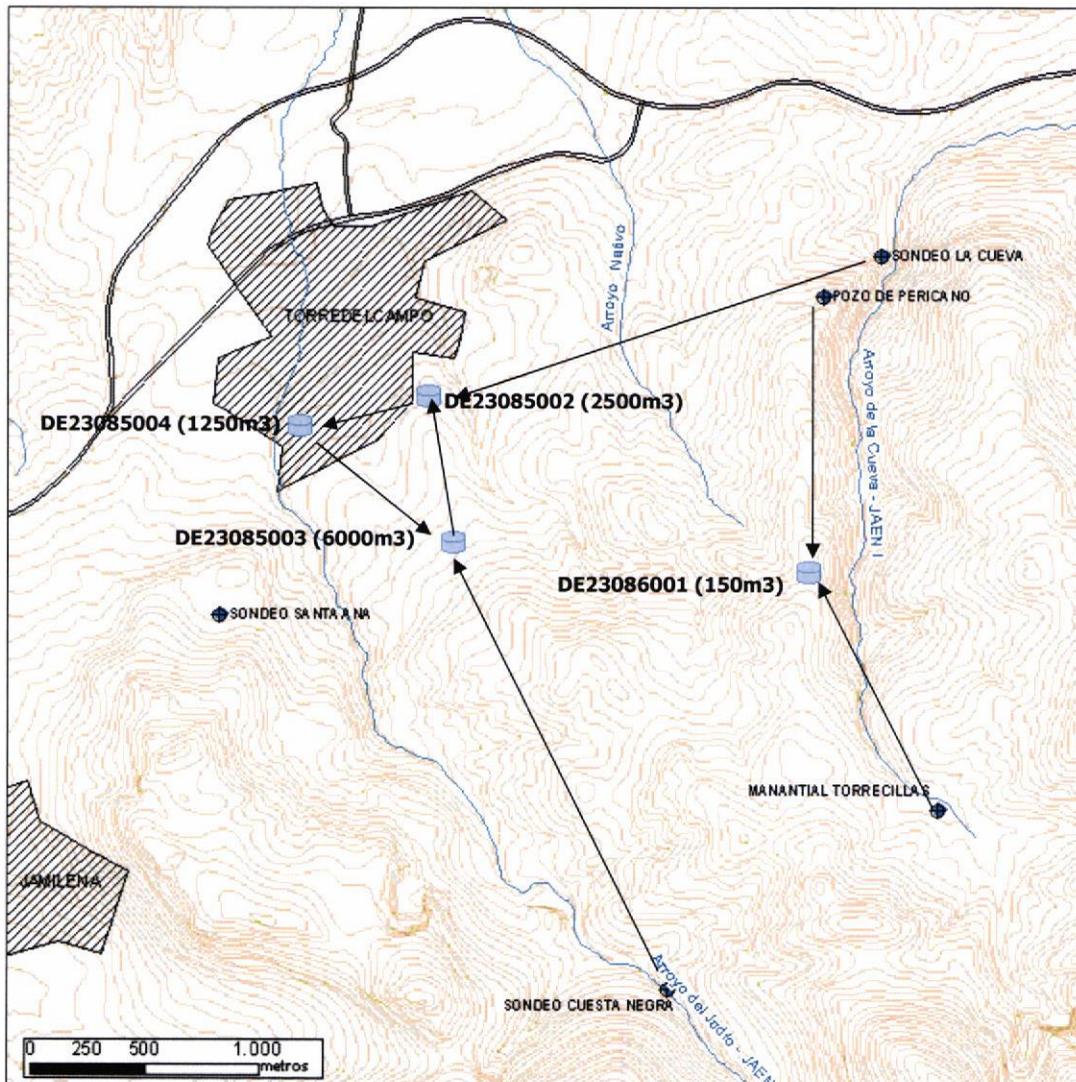


Fig. 1. Sistema de abastecimiento de las captaciones de abastecimiento a Torredelcampo

2.2.3. Importancia de las captaciones y volúmenes captados

El sondeo Santa Ana I está conectado a la red de distribución, aportando a ésta un caudal de 6,5 l/s para el abastecimiento al núcleo de Torredelcampo, mientras que el sondeo Santa Ana II aporta un caudal de 0,5 l/s y abastece a una fuente pública de la que recogen agua para abastecimiento los habitantes del núcleo urbano.

3. GEOLOGÍA E HIDROGEOLOGÍA

3.1. MARCO GEOLÓGICO E HIDROGEOLÓGICO

Los sondeos Santa Ana I y II se localizan en materiales pertenecientes a la MAS 05.16 "Jabalruz" que se incluyen principalmente en el dominio paleogeográfico denominado "Unidades Intermedias", caracterizado por su naturaleza litoestratigráfica y sedimentológica mixta entre las zonas subbética y prebética propiamente dichas. Además de estos materiales, existen dos afloramientos carbonatados (Cerro Fuente y la Peña de Martos) atribuibles al Subbético Externo.

Se trata de una MAS carbonatada permeable por fisuración y karstificación. Tiene una superficie total de afloramientos permeables de 7,7 km² distinguiéndose tres subunidades denominadas Lías de Jabalruz, Dogger de Jabalruz y Cerro Fuente. Además de estas subunidades cabe destacar el acuífero formado por el conjunto de materiales neógenos, calcarenitas principalmente, situados al Oeste de la MAS, en las proximidades de Torredonjimeno.

La subdivisión entre el Lías y Dogger de Jabalruz responde a la individualización de estos materiales carbonatados jurásicos (pertenecientes a las Unidades Intermedias) en dos paquetes separados por un tramo de margocalizas y calizas margosas tableadas que tiene un carácter semipermeable, confiriéndoles esta circunstancia funcionamientos hidrogeológicos independientes. Asimismo se ha considerado la separación de estos materiales acuíferos de los de Cerro Fuente, pertenecientes al Subbético Externo. El sustrato de la MAS está constituido por la denominada Unidad Olistostrómica de la Depresión del Guadalquivir en su sector norte y por materiales triásicos impermeables en el resto.

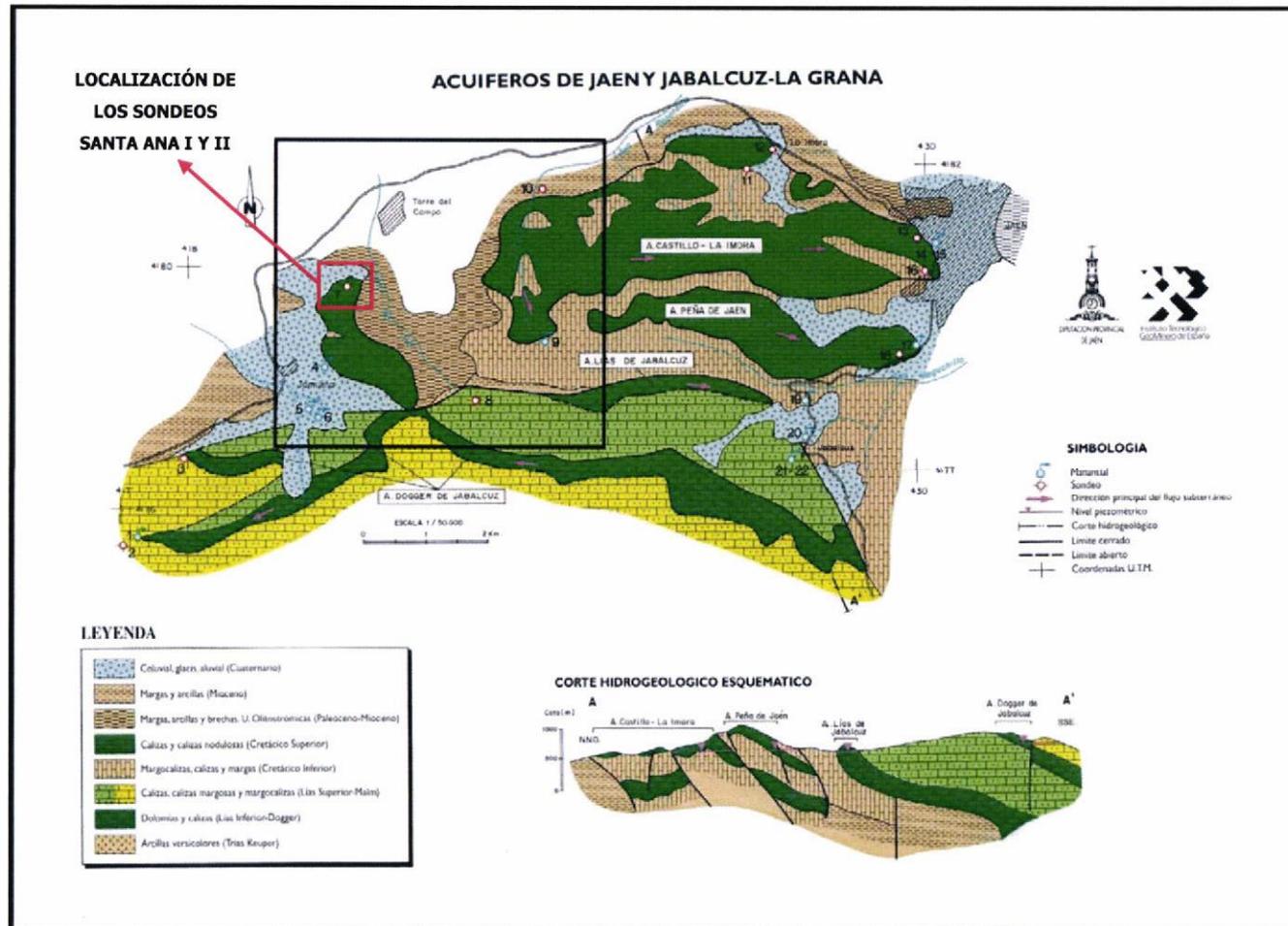


Fig. 2. Hidrogeología del área donde se ubican las captaciones de abastecimiento a Torredelcampo

3.2. LÍMITES Y GEOMETRÍA DEL ACUÍFERO

La estructura de la MAS en el sector de Jabalcuz es muy sencilla: monoclinal con buzamiento muy constante hacia el sur. En la Sierra de la Grana no se mantiene este esquema y aparece un repliegue sinclinal no demasiado apretado flanqueado por fracturas. Sin embargo, la estructura de Cerro Fuente es muy compleja existiendo numerosas fracturas, de pequeña entidad, a través de las cuales surgen los materiales triásicos basales.

Estas captaciones de abastecimiento a Torredelcampo drenan el agua del acuífero de Cerro Fuente. Este acuífero está constituido por las calizas y dolomías del Lías inferior y las calizas del Dogger, del dominio Subbético Externo, que forman un isleo tectónico de una extensión aproximada de 1,2 km². Sus límites están definidos por un contacto de cabalgamiento que, en superficie, se encuentra solapado por derrubios y depósitos de pie de monte. Su estructura interna es bastante compleja, presentando numerosas fallas y contactos mecánicos a favor de los cuales afloran, en algunos puntos, margas y yesos del Trías que además constituyen posiblemente el substrato impermeable del acuífero. Su potencia máxima está próxima a los 200 metros.

Este acuífero constituye un afloramiento de calizas y dolomías del Lías inferior al Este de Jamilena que no se incluye dentro del acuífero del Lías de Jabalcuz debido a que se encuentra desconectado de éste.

3.3. PARÁMETROS HIDRODINÁMICOS Y PIEZOMETRÍA

El nivel piezométrico en la subunidad de Cerro Fuente, marcado por Fuente Mayor (183880006) se sitúa a 785 msnm. Hacia el norte la superficie piezométrica viene determinada por la posición del nivel estático en los sondeos cercanos a la Ermita de Santa Ana, a una cota aproximada de 730 msnm. Estas diferencias de cota, producidas entre puntos situados a 1 km de distancia, ponen en evidencia las posibles desconexiones que sufre el acuífero por efectos tectónicos.

En el sondeo Cuesta Negra se dedujo una T de unas 860 m²/d con un caudal de bombeo de 34 l/s durante 24 horas y con una depresión de 6,5 m. (Norma de explotación de la UH 05.16 (Jabalruz)).

Las direcciones de flujo están regidas por los gradientes hidráulicos que generen las extracciones existentes en la unidad. En consecuencia, el flujo subterráneo general será SE-NO y N-S.

PARÁMETROS HIDROGEOLÓGICOS						
FUENTE DE INFORMACIÓN	TRANSMISIVIDAD (m ² /día)	GRADIENTE HIDRÁULICO	COEFICIENTE DE ALMACENAMIENTO	ESPESOR DEL ACUÍFERO (m)	ESPESOR SATURADO DEL ACUÍFERO	POROSIDAD EFICAZ (%)
Norma de explotación de la UH 05.16 (Jabalruz)	860 (ensayo en el sondeo Cuesta Negra)		2.10 ⁻²	200	50	
Atlas Hidrogeológico de Jaén	500-1000	0,01		300 (espesor máximo)		
Mapa Hidrogeológico de España	Entre 50 y varios centenares			100-350	100	1-3

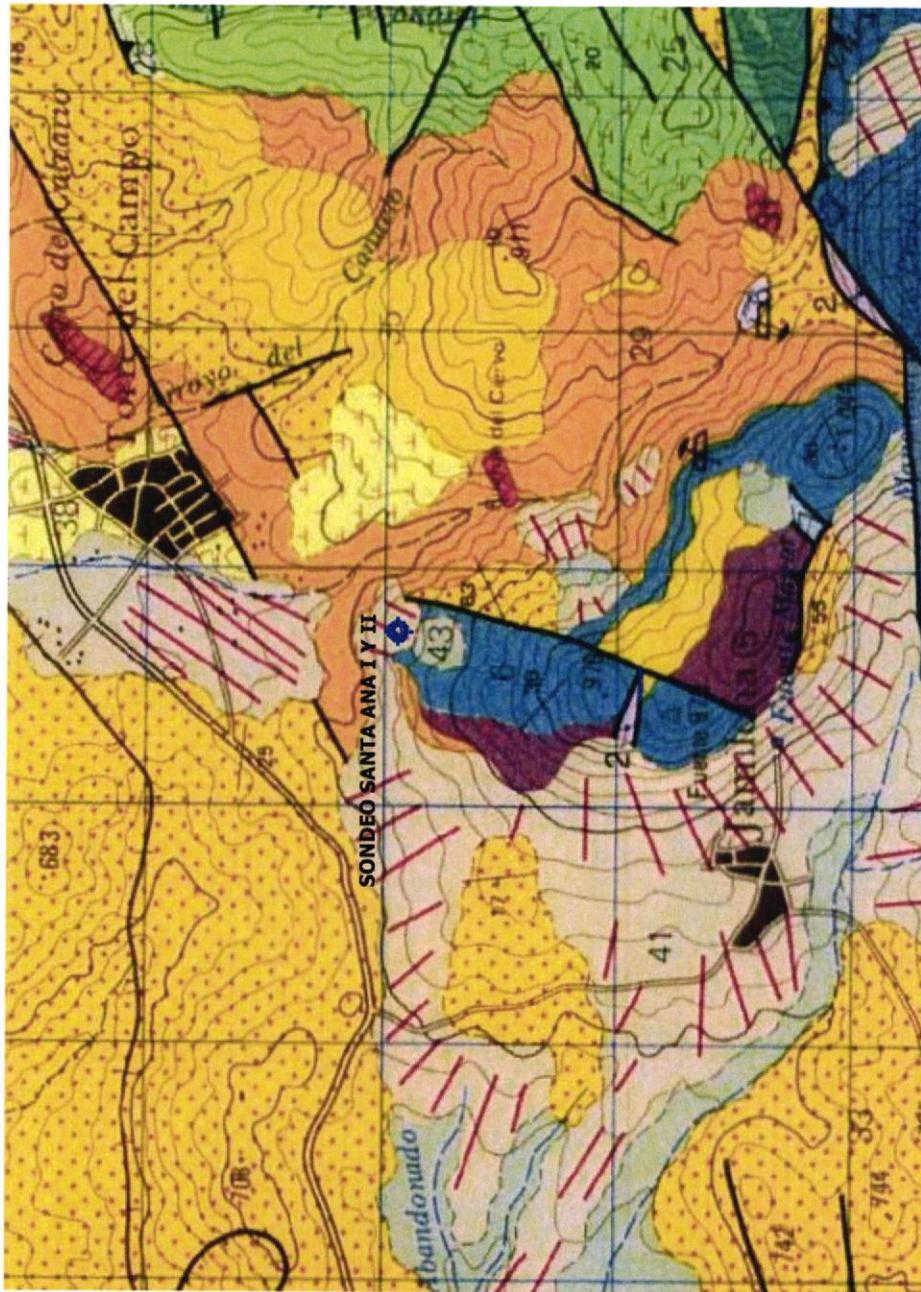
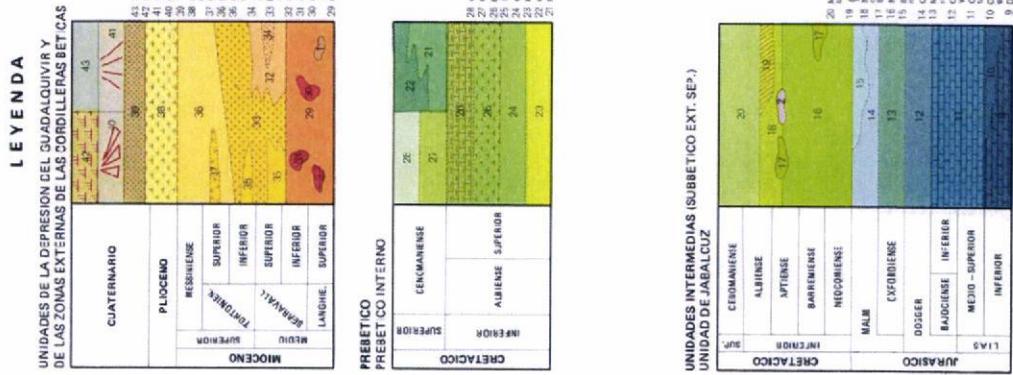


Fig 3 Geología del área donde se ubica el sondeo Santa Ana I y II



3.4. FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLÓGICO Y BALANCE HIDRÁULICO

La alimentación del conjunto de la MAS se produce por infiltración del agua de lluvia caída sobre los afloramientos permeables y por recarga desde los materiales semipermeables superpuestos. Las salidas son debidas a extracciones por bombeos y a surgencias por manantiales.

El balance hídrico de la Unidad Hidrogeológica "Jabalculz" se ha realizado tomando una superficie permeable total de 7,7 km² (1,5 km² de la Subunidad del Lías de Jabalculz, 5 km² de la del Dogger de Jabalculz y 1,2 km² de la de Cerro Fuente). Se ha aplicado un valor de la Lluvia Útil de 250 mm para las Subunidades del Lías y Dogger de Jabalculz y de 225 mm para la de Cerro Fuente. El porcentaje de infiltración de esta Lluvia Útil considerado ha sido del 80%, 60% y 80%, respectivamente. Además se ha considerado que existe una aportación oculta desde los materiales semipermeables jurásicos que recubren a los permeables de las Subunidades del Lías y Dogger de Jabalculz.

El balance hídrico de la MAS según se incluye en su Norma de explotación de 2001 (C.H.G.-I.G.M.E.) es el siguiente:

Entradas:

Subunidad del Lías de Jabalculz

- Infiltración de la precipitación 0,3hm³/a
- Aportes subterráneos de mat. suprayacentes..... 1,0 hm³/a

Subunidad del Dogger de Jabalculz

- Infiltración de la precipitación 0,8hm³/a
- Aportes subterráneos de mat. suprayacentes..... 0,4 hm³/a

Subunidad de Cerro Fuente

- Infiltración de la precipitación 0,2hm³/a

TOTAL..... 2,7 hm³/a

Salidas:

Drenaje por manantiales

- Subunidad del Lías de Jabalcuz 1,0hm³/a

- Subunidad del Dogger de Jabalcuz 0,2h m³/a

- Subunidad de Cerro Fuente 0,2hm³/a

Extracciones por bombeo

- Subunidad del Lías de Jabalcuz 0,3h m³/a

- Subunidad del Dogger de Jabalcuz 1,0h m³/a

TOTAL..... 2,7 h m³/a

3.5. HIDROQUÍMICA DEL SECTOR

Las Aguas Subterráneas de la Unidad de Jabalcuz (05.16) presentan en general, facies hidroquímica bicarbonatada cálcica con mineralización total reducida, circunstancias acordes con la naturaleza litológica de las formaciones permeables (Calvache, M.L. y Benavente, J., 2002).

Entre las aguas de la MAS 05.16 "Jabalcuz" se pueden establecer ciertas diferencias. Las aguas subterráneas de la Subunidad del Lías inferior de Jabalcuz presentan, en general, facies bicarbonatada cálcica y un contenido en sales total moderadamente bajo. Sin embargo, su manantial más significativo, el de los Baños de Jabalcuz (193850004) presenta facies sulfatada cálcica (máximo valor de sulfatos en la MAS)

siendo aguas de alta salinidad que estarían en relación con su carácter termal y con un esquema de flujo profundo.

Los análisis de las aguas correspondientes a las distintas captaciones de abastecimiento a Torredelcampo se han representado en un diagrama de Piper.

PUNTO	Cl	SO ₄	HCO ₃	CO ₃	NO ₃	Na	Mg	Ca	K	C.E	pH	FECHA
Manantial Torrecillas	13	83	204	0	24	7	18	86	3	533	8,1	22/05/2000
Sondeo La Cueva	6	52	291	0	4	4	16	98	1	550	7,6	22/052000
Sondeo Cuesta Negra	14	10	1680			14	14	88		510		13/04/1967
Sondeo Santa Ana	39	250	69			30	24	106		870		13/04/1967

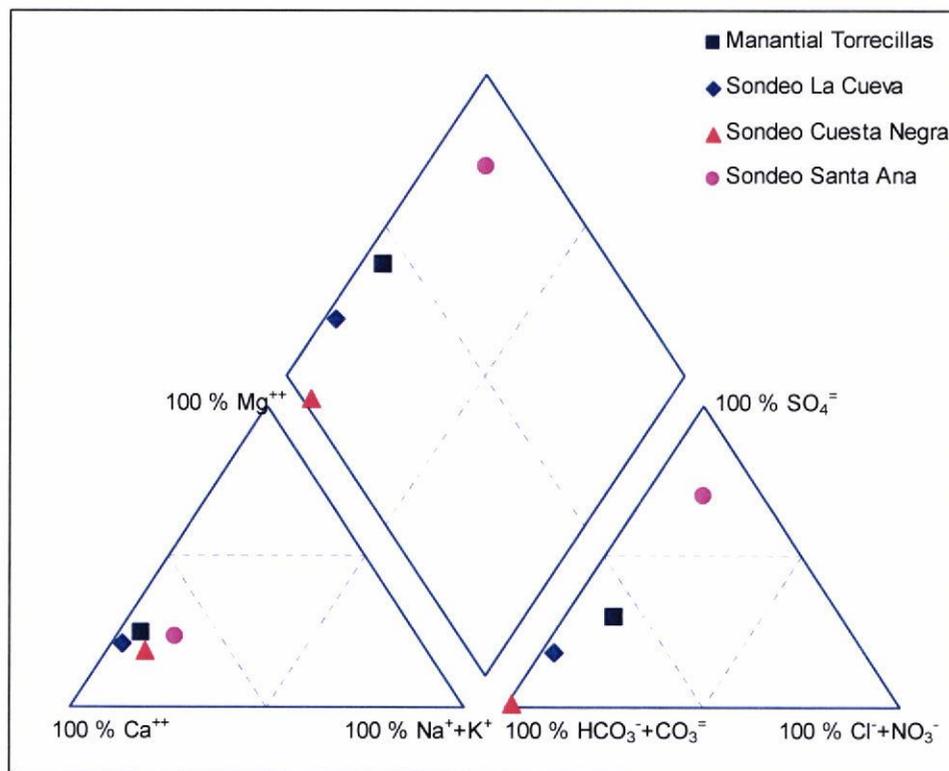


Fig. 4 Diagrama de Piper de las aguas de las captaciones de abastecimiento a Torredelcampo

Entre las aguas de la MAS 05.16 "Jabalruz" se pueden establecer ciertas diferencias. Las aguas subterráneas de la Subunidad del Lías inferior de Jabalruz presentan, en

general, facies bicarbonatada cálcica y un contenido en sales total moderadamente bajo. Sin embargo, su manantial más significativo, el de los Baños de Jabalcuz (193850004) presenta facies sulfatada cálcica (máximo valor de sulfatos en la MAS) siendo aguas de alta salinidad que estarían en relación con su carácter termal y con un esquema de flujo profundo.

En la Subunidad del Dogger de Jabalcuz, las aguas presentan facies bicarbonatada cálcica con un contenido salino bajo en su sector occidental. En cambio en el extremo oriental las aguas del sondeo 193850035 presentan una elevada salinidad y facies clorurada sódica con altos contenidos, así mismo, en sulfatos, calcio y magnesio. La salinidad podría estar relacionada con que el sondeo se ubica en un sector desconectado del resto de la MAS por causas tectónicas y con la presencia próxima de materiales triásicos.

El sondeo de Santa Ana presenta un contenido en sulfatos en el límite establecido por el R.D 140/2003 de 7 de febrero, pero es una analítica muy antigua (año 1967), por lo que sería recomendable realizar un control de este parámetro.

4. FOCOS POTENCIALES DE CONTAMINACIÓN

4.1. ORIGEN DE LA INFORMACIÓN DE FOCOS POTENCIALES DE CONTAMINACIÓN

Los focos potenciales de contaminación se han recopilado de las siguientes fuentes de información:

- Inventario de campo. Focos de contaminación puntuales más próximos a las captaciones visitadas en la campaña de campo.
- Focos de contaminación del Plan de Control de Granada y Jaén. El emplazamiento y descripción de estos focos se ha importado desde las bases de datos del Plan de Control para su representación en GIS. Estos focos de contaminación corresponden a presiones puntuales.
- Focos de contaminación y presiones en coberturas GIS:
 - IMPRESS: Graveras, vertederos, industrias IPPC, aguas de drenaje de minas, piscifactorías y gasolineras.
 - SIA (Sistema Integral de Información del Agua): EDAR, puntos de vertido, cabezas de ganado y contaminación difusa (estos dos últimos se representan por miles de cabezas de ganado por comarca y Kg/km², respectivamente, siendo estos valores los correspondientes a la totalidad de la comarca en la que se encuentra la captación).
 - CORINE: Usos del suelo del año 2000. Los focos de contaminación obtenidos mediante esta fuente de información han sido contrastados en campo y mediante el análisis de ortofoto digital para incluir las presiones correspondientes a los distintos usos del suelo.

4.2. INVENTARIO DE FOCOS POTENCIALES DE CONTAMINACIÓN

El municipio de Torredelcampo presenta una importante actividad industrial y agrícola, pero la captación Santa Ana se sitúa aguas arriba de las principales actividades de la zona. La distribución de los focos potenciales de contaminación se muestra junto con la vulnerabilidad en el plano nº 2.

4.2.1. Actividad agrícola

El principal cultivo tanto de secano como de regadío es el olivar. En general, los cultivos de secano, mayoritarios, se desarrollan principalmente sobre materiales impermeables y el grado de afección potencial a las aguas subterráneas sería bajo. En los cultivos de regadío, menos del 4 % del total de los cultivos se desarrollan mayoritariamente sobre materiales detríticos de naturaleza permeable. Sin embargo, dada la poca extensión de estos cultivos, el grado de afección potencial a las aguas subterráneas sería medio.

Respecto a la zona de recarga, los cultivos de olivar en secano se sitúan en esta zona ocupando una superficie de aproximadamente 24,4 Ha sobre ésta. Estos cultivos se encuentran en el entorno inmediato de los sondeos y en zonas más alejadas dentro de la zona de recarga.

Según el Instituto Nacional de Estadística (datos referidos a 1.999) el aprovechamiento de las tierras labradas de este municipio es el siguiente:

Actividad agrícola	Hectáreas cultivadas
Herbáceos	466
Frutales	90
Olivar	14.494
Viñedo	69
Otras tierras labradas	1

4.2.2. Actividad ganadera

Dada la situación de la captación de abastecimiento, no existen emplazamientos ganaderos en las zonas de recarga de las captaciones ni en sus zonas próximas, por lo que el grado de afección sobre las aguas subterráneas captadas por ésta es nulo.

Según el Instituto Nacional de Estadística (datos referidos a 1.999) las unidades ganaderas para el municipio de Torredelcampo son las siguientes:

Actividad ganadera	Unidades ganaderas
Bovinos	284
Ovinos	48
Caprinos	38
Porcinos	0
Equinos	9
Aves	0

4.2.3. Actividad industrial

La actividad industrial del municipio es muy importante, pero la actividad industrial cercana a las captaciones es prácticamente inexistente. Existen dos canteras cercanas a los sondeos, situadas a 1.500 y 1.800 m de distancia. La cantera situada a 1.500 m se encuentra dentro de la zona de recarga de las captaciones.

4.2.4. Residuos sólidos urbanos

Los residuos sólidos urbanos son tratados fuera del término municipal. Existen además dos escombreras incontroladas una de ellas sobre materiales de baja permeabilidad cuya afección potencial a las aguas subterráneas se considera insignificante y otra situada sobre materiales detríticos permeables. En esta última, la afección potencial a las aguas subterráneas se considera baja debido al carácter

inerte de la mayoría de los residuos depositados. No obstante estas actividades se sitúan fuera del ámbito de la recarga.

4.2.5. Aguas residuales

Las aguas residuales urbanas (ARU) generadas en el municipio se vierten sin tratamiento alguno en dos puntos del término aunque existe una EDAR que entrará en funcionamiento próximamente. Los puntos de vertido son en el Arroyo del Cañuelo, encontrándose este punto fuera del ámbito de recarga del sondeo Santa Ana.

4.3. FOCOS DE CONTAMINACIÓN PRÓXIMOS A LAS CAPTACIONES

Los focos de contaminación próximos al sondeo Santa Ana son los cultivos de olivar en secano y dos canteras situadas al SE de los sondeos. Al norte de las captaciones se encuentran otros cultivos en secano, pero éstos se sitúan aguas abajo de los sondeos.

Una de las canteras se encuentra situada en la zona de recarga de las captaciones, mientras que la cantera que se localiza más hacia el este se encuentra abandonada y no está en el ámbito de la recarga de los sondeos.

La situación de estos focos respecto a las captaciones se muestra en el siguiente mapa:

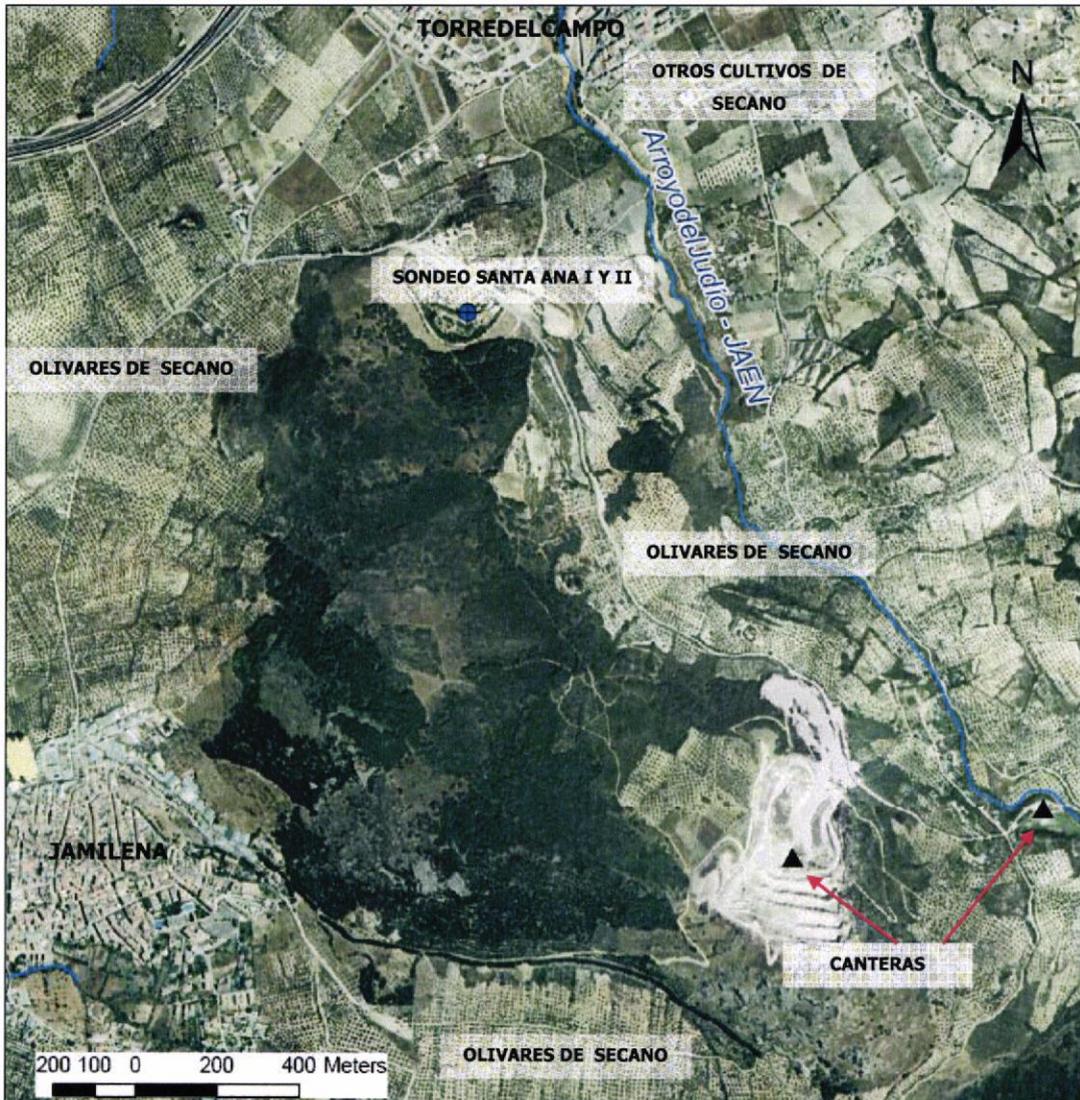


Fig. 5. Entorno del sondeo Santa Ana de abastecimiento a Torredelcampo

4.4. INDICIOS DE CONTAMINACIÓN EN LAS CAPTACIONES

Según información del Ayuntamiento, existen antecedentes de contaminación por nitratos en la parte llana del término municipal, llegando a ser declarada agua no potable el manantial de la Muña. Sin embargo, en la captación objeto del perímetro de protección no se han encontrado antecedentes de contaminación.

5. VULNERABILIDAD FRENTE A LA CONTAMINACIÓN

La vulnerabilidad frente a la contaminación en las captaciones de abastecimiento se ha definido como la susceptibilidad del agua subterránea a la contaminación generada por la actividad humana en función de las características geológicas, hidrológicas e hidrogeológicas de un área.

Los valores empleados para la estimación de la vulnerabilidad son los correspondientes al método COP mediante el análisis de la cartografía de la vulnerabilidad intrínseca en medios kársticos. Estos valores de vulnerabilidad se han obtenido del Mapa de Vulnerabilidad de España realizado por el IGME.

A causa de la naturaleza kárstica de la mayor parte de los acuíferos de la MAS 05.16 “Jabalruz”, su vulnerabilidad frente a la contaminación es muy elevada, si bien es cierto que el riesgo de contaminación es pequeño ya que las zonas de recarga se sitúan a elevadas cotas, donde la actividad humana y las presiones son reducidas o nulas.

Además se ha realizado una evaluación hidrogeológica de la unidad en base al funcionamiento hidrogeológico, zonas de recarga, circulación del flujo subterráneo, zonas de circulación preferencial, funcionamiento libre o confinado, etc., así como un análisis de la distribución de la vulnerabilidad en el entorno, las áreas de recarga de las captaciones y su relación con los focos potenciales de contaminación.

5.1. DISTRIBUCIÓN EN EL ENTORNO Y ÁREAS DE RECARGA

La distribución de la vulnerabilidad en el entorno de las captaciones a proteger se representa en el plano nº 2 junto con los focos potenciales de contaminación.

En la zona de recarga de los sondeos, constituida por los materiales calcáreos y dolomíticos del acuífero de Cerro Fuente, la vulnerabilidad es de muy baja a moderada, existiendo una zona de alta vulnerabilidad en la zona más alejada a los

sondeos del área de recarga. En el entorno más próximo al sondeo, los materiales aflorantes en las inmediaciones de las captaciones presentan una baja vulnerabilidad.

5.2. RELACIÓN DE LA VULNERABILIDAD CON LOS FOCOS POTENCIALES DE CONTAMINACIÓN

Los focos potenciales de contaminación situados en la zona de recarga del sondeo Santa Ana están constituidos por los olivares en secano y una cantera de áridos.

Los olivos representan una superficie cultivada sobre la zona de recarga de unas 13 ha. El sondeo se sitúa además en una zona en cuyo entorno más próximo se encuentra esta actividad agrícola. En conjunto, este cultivo se sitúa sobre zonas de baja y moderada vulnerabilidad.

La cantera de áridos situada en la zona de recarga representa una superficie de unas 11 ha y se sitúa en una zona con vulnerabilidad moderada a unos 1500 m de la captación.

5.2.1. Tipología de la distribución de presiones y vulnerabilidad

Teniendo en cuenta la distribución de los focos de contaminación que se sitúan sobre la zona de alimentación de la captación, los focos que pueden producir una afección a la calidad de las aguas subterráneas son los cultivos de olivar en secano y la cantera de áridos. La vulnerabilidad de la zona en conjunto varía de muy baja a moderada, encontrándose únicamente una zona de alta vulnerabilidad en la cual no se encuentran focos potenciales de contaminación, por tanto, los focos situados en el área de alimentación, se encuentran sobre zonas de bajas vulnerabilidades principalmente.

TIPO DE CONTAMINACIÓN	PRESIONES	CONTAMINANTES	DISTANCIA A LA CAPTACIÓN	VULNERABILIDAD
Difusa	Agrícola. Olivos de secano	Nitratos Plaguicidas	0 m	Baja
Puntual	Cantera de áridos	Hidrocarburos Aceites	1.500 m	Baja

5.3. EVALUACIÓN CUANTITATIVA DE LA VULNERABILIDAD Y EL RIESGO

En el ámbito de riesgo de contaminación de acuíferos, la peligrosidad viene dada por la capacidad del contaminante de producir mayor o menor daño sobre el agua subterránea. La peligrosidad de un contaminante es función de tres factores (De Keteleare et al., 2004):

- La nocividad intrínseca del contaminante inherente a su propia naturaleza.
- La intensidad potencial del episodio de contaminación, dependiente de la cantidad de contaminante vertido.
- La probabilidad de que el peligro se active, esto es, de que se desencadene una fuga o vertido del contaminante.

A partir de estos factores, la metodología propuesta por De Keteleare et al. 2004 para la evaluación y cartografía de la peligrosidad se resume en el siguiente Índice de Peligrosidad (Hazard Index, HI):

H = nocividad del contaminante o de una actividad antrópica potencialmente contaminante

Qn = cantidad de contaminante

Rf = probabilidad de ocurrencia del accidente

El índice de peligrosidad HI se obtiene mediante el producto de los tres factores y puede variar entre un factor mínimo de 0 y un máximo de 120.

$$HI = H \cdot Qn \cdot Rf$$

HI index	Clase de peligrosidad
[0 – 24]	Muy baja
[24 – 48]	Baja
[48 – 72]	Moderada
[72 – 96]	Alta
[96 – 120]	Muy alta

Para el análisis de la peligrosidad se ha procedido a puntuar cada presión según sus características. El valor H viene definido por el método. Se ha puntuado el factor Qn según la dimensión del peligro a partir de su identificación en el campo. El valor máximo de Qn es igual a 1,2. El valor asignado a este parámetro dependerá de la extensión que ocupe el foco potencial de contaminación dentro de la zona de recarga de las captaciones a proteger y de la cantidad del contaminante.

Al factor Rf se le ha dado la mayor puntuación (Rf=1) excepto cuando existen datos que demuestran que la probabilidad de contaminación es nula.

El riesgo de contaminación, en base a las presiones actuales, se obtiene a partir de la combinación de la peligrosidad obtenida de las actividades ubicadas sobre el acuífero y de la vulnerabilidad de este último. El índice de intensidad del riesgo (RII) se ha calculado a partir del cociente entre el índice de vulnerabilidad obtenido con el método COP y el índice de peligrosidad (HI). El valor del factor COP se ha obtenido como la media de los distintos valores de éste en la zona en la que se sitúa el foco potencial de contaminación. (Jiménez Madrid et al., 2009. *Groundwater pollution risk assessment. Application to different carbonate aquifers in south Spain, European Geosciences Union, General Assembly, Vienna 2009*).

FACTOR COP	FACTOR HI	1/HI	RII= COP * 1/HI	CLASE DE RIESGO	NIVEL DE RIESGO
4-15	0-24	>0.042	>0.168	1	Muy bajo
2-4	24-48	0.042-0.021	0.168-0.042	2	Bajo
1-2	48-72	0.021-0.014	0.042-0.014	3	Moderado
0.5-1	72-96	0.014-0.010	0.014-0.005	4	Alto
0-0.5	96-120	<0.010	<0.005	5	Muy alto

A continuación se muestran los resultados obtenidos para las captaciones objeto del perímetro de protección:

FOCO POTENCIAL DE CONTAMINACIÓN	H	Qn	Rf	HI	Clase de peligrosidad	Factor COP	RII	Nivel de riesgo
Cultivos de olivar en secoano	25	1,2	1	30	Baja	4,245	0,141	Bajo
Cantera de áridos	25	1,1	1	27,5	Baja	2,048	0,074	Bajo

Las presiones situadas en la zona de recarga del sondeo suponen un riesgo bajo para las aguas subterráneas del sector.

6. DELIMITACIÓN Y ZONIFICACIÓN DEL PERÍMETRO DE PROTECCIÓN

En el desarrollo de este trabajo se delimitan cuatro zonas en torno a las captaciones, denominadas:

- Zona I, Inmediata o de Restricciones Absolutas (Tiempo de tránsito de 1 día)
- Zona II, Próxima o de Restricciones Máximas (Tiempo de tránsito de 60 días)
- Zona III, Alejada o de Restricciones Moderadas (Tiempo de tránsito de 4 años)
- Zona de Protección de la Cantidad

6.1. ANÁLISIS HIDROGEOLÓGICO

6.1.1. Límites hidrogeológicos y geometría del acuífero

Desde el punto de vista hidrogeológico, el sondeo de Santa Ana se abastece de un bloque de calizas micríticas y oolíticas, con dolomitizaciones, asignadas al Lías (Jurásico), y con permeabilidades de conjunto medias-altas ($K=1-100$ m/día), aunque con un reparto muy heterogéneo. Este bloque calcáreo constituye una especie de isleño tectónico de aproximadamente $1,5$ km², y los materiales en su interior se hallan intensamente tectonizados. El sondeo de Santa Ana atraviesa toda la serie carbonatada, por lo que el espesor del acuífero, al menos en la zona donde se halla emplazado el sondeo, es de unos 160-170 m.

Los límites hidrogeológicos de la unidad acuífera vienen impuestos en casi todo el contorno del afloramiento por la presencia de bordes tectónicos que ponen en contacto al conjunto carbonatado con las arcillas y yesos del Trías. Precisamente estos materiales parece que constituyen el sustrato impermeable sobre el que se apoya la unidad.

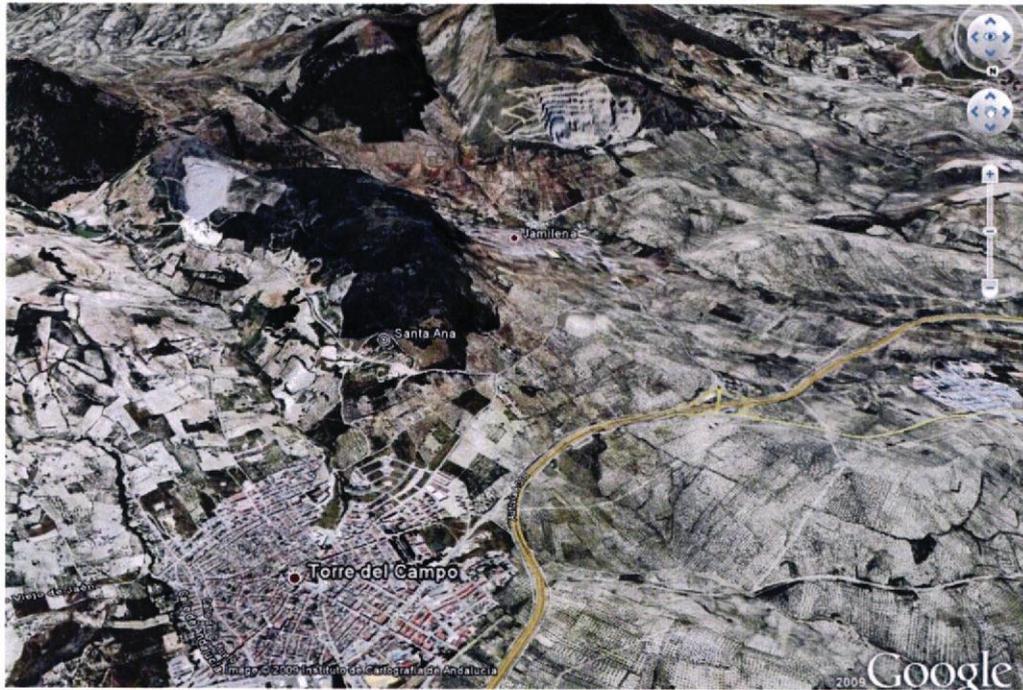


Fig. 6. Vista general desde el NO de la unidad explotada (coloreada) por el sondeo de Santa Ana.

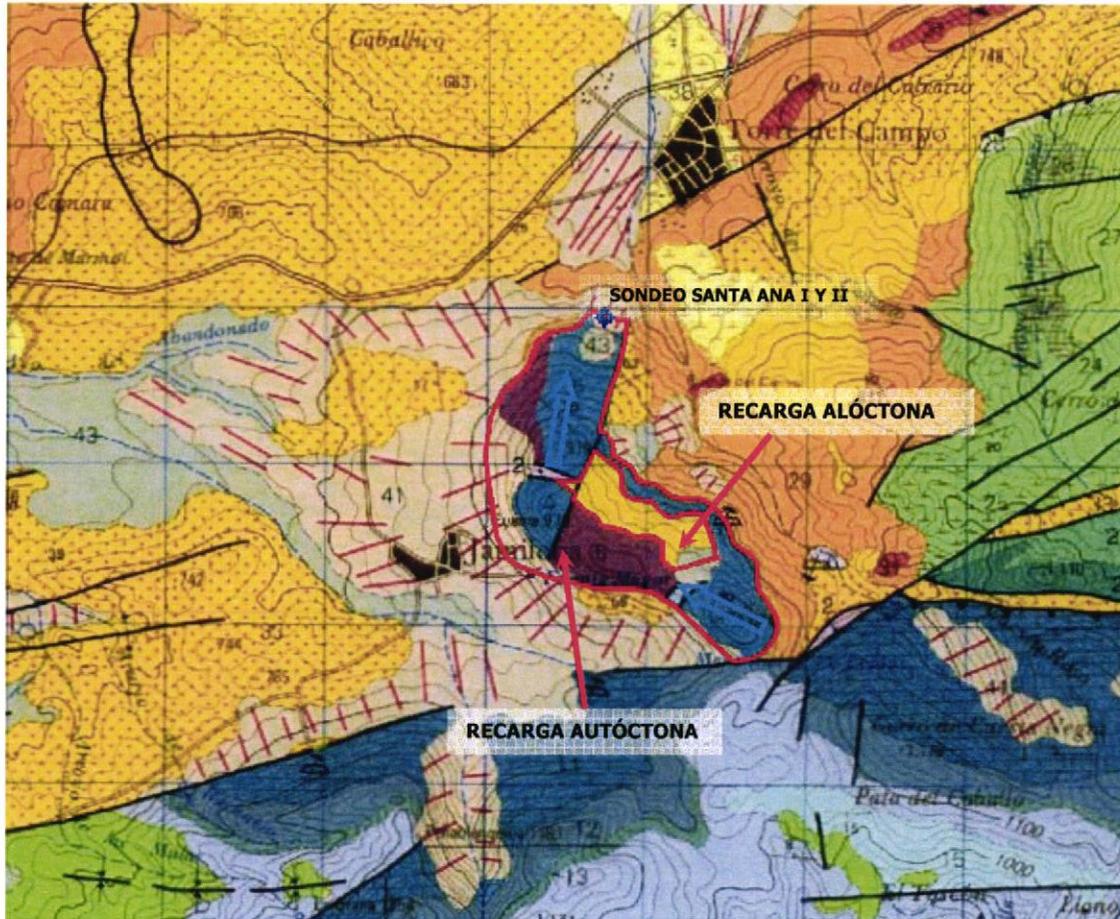
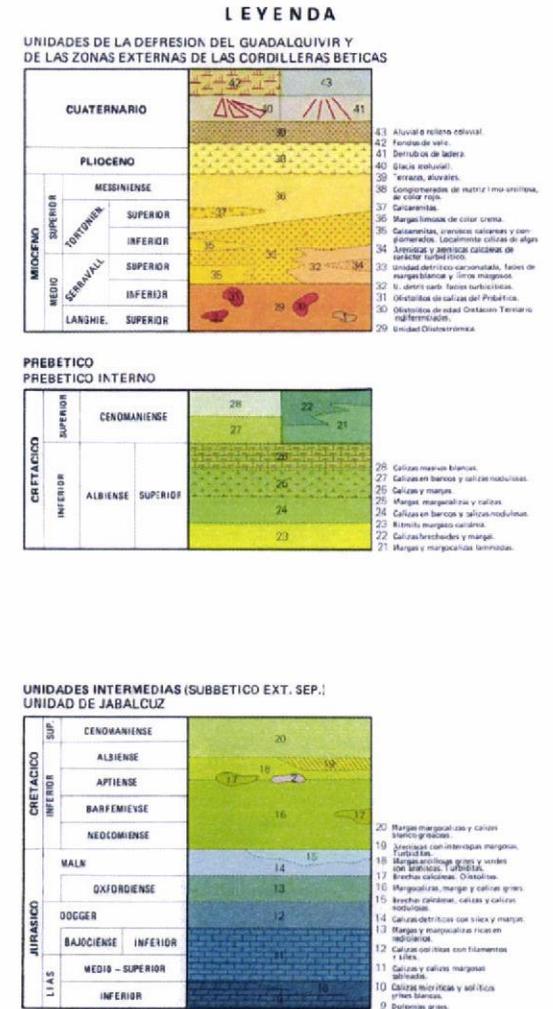


Fig. 7. Límites hidrogeológicos de la zona de recarga de las captaciones

← Dirección del flujo subterráneo
 — Límites hidrogeológicos de la zona de recarga



6.1.2. Funcionamiento (isopiezas y líneas de flujo)

Debido a la elevada compartimentación tectónica de la unidad, el nivel freático muestra cotas muy dispares según sea su posición. Así por ejemplo, en el entorno del sondeo Santa Ana, el nivel se encuentra a la cota 734 m, mientras que en el borde meridional de la unidad se halla en torno a los 785-780 msnm.

En condiciones naturales la unidad de Cerrofuente drena hacia el borde meridional del relieve carbonatado, hacia el manantial de Fuente Mayor (785 msnm), situado al Norte de la localidad de Jamilena. Sin embargo, a partir de la sequía de 1995 este manantial se fue secando progresivamente. Por tanto, en la actualidad la descarga de la unidad se realiza a través de las extracciones localizadas sobre ella que, además, deben de mantener el nivel freático por debajo de la cota de drenaje natural.

La recarga del sistema es prácticamente de naturaleza autóctona, por infiltración directa y difusa sobre el afloramiento calcáreo. Una vez que quedó inactiva la descarga natural, las direcciones de flujo estarán regidas por los gradientes hidráulicos que generen las extracciones existentes en la unidad. En consecuencia, el flujo subterráneo general será SE-NO y N-S.

6.2. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS (BALANCE DE RECURSOS O MÉTODOS ANALÍTICOS)

Para tanteear la extensión de la zona de alimentación del sistema y poder contrastarla con sus límites hidrogeológicos, se ha considerado la relación entre la recarga y la descarga de la unidad.

CÓDIGO	Tipo Captación	Nombre	Q (l/s)	Tipo de Acuífero	Funcionamiento	Lluvia útil (mm/a)	Recarga Autóctona (km2)	Recarga Alóctona (km2)	Recarga Total (km2)
183840021	Sondeo	Sondeo Santa Ana I y II	6,5	Kárstico	Libre	225	1,48	0,26	1,74

6.3. ZONAS DE INFLUENCIA Y ZONAS DE ALIMENTACIÓN

Atendiendo a la configuración geológica del sistema y teniendo en consideración sus posibles límites hidrogeológicos, se ha delimitado un área de recarga del sistema en torno a los 1,5 km², equivalente a la extensión prevista a través de los caudales y lluvia útil.

La lluvia útil reseñada en las Normas se sitúa en torno a los 225 mm/a. Para la estimación del área de recarga en el entorno de influencia del sondeo se ha considerado un valor algo menor, de 200 mm, ya que el afloramiento calcáreo muestra amplias áreas cubiertas por vegetación, con la consiguiente presencia de formaciones edáficas.

Este sondeo explota una unidad carbonatada de edad jurásica, con caudales de extracción en torno a los 6,5 l/s. A partir de esta extracción media y de los parámetros climáticos, se ha extrapolado una cuenca de alimentación o zona de influencia del sondeo, considerándolo como si se tratara de una surgencia natural con un caudal drenado equivalente. Esta superficie sería aproximadamente de 1,5 km².

6.4. ZONA DE RESTRICCIONES ABSOLUTAS

La zona de restricciones absolutas se considera como el círculo cuyo centro es cada una de las captaciones a proteger y cuyo radio es la distancia que tendría que recorrer una partícula para alcanzar la captación en un día.

Para la delimitación de la zona de restricciones absolutas se ha empleado el método de Wyssling. La resolución del método precisa conocer las siguientes variables:

i = gradiente hidráulico = 0,01

Q = caudal de bombeo = 6,5 l/s

T = transmisividad = 860 m²/d

m_e = porosidad eficaz = 0,01

Los datos obtenidos son los siguientes:

$S_o = 20$ m (Aguas arriba en la dirección de flujo)

$S_u = 10$ m (Aguas abajo en la dirección de flujo)

En vista a los resultados obtenidos se define una zona de restricciones absolutas de 20 m de radio para la captación, ya que los resultados obtenidos no son satisfactorios mediante este método para la delimitación del perímetro.

6.5. ZONA DE RESTRICCIONES MÁXIMAS

La zona de restricciones máximas se considera como el espacio que tendría que recorrer una partícula para alcanzar la captación en más de un día y menos de 60 días. Queda delimitada entre la zona de protección inmediata y la isocrona de 60 días.

Los datos obtenidos con el método de Wyssling empleando las variables antes descritas en el apartado 6.4, para un tiempo de 60 días, son los siguientes:

$S_o = 620$ m (Aguas arriba en la dirección de flujo)

$S_u = 20$ m (Aguas abajo en la dirección de flujo)

Se delimita una zona de restricciones máximas mediante un radio de 650 m con centro en la captación, y dentro de la zona de restricciones moderadas.

6.6. ZONA DE RESTRICCIONES MODERADAS

Debido a la configuración geológica del acuífero del que explotan agua las captaciones de abastecimiento a Torredelcampo, la zona de restricciones moderadas se ha delimitado basándose en criterios hidrogeológicos (zona de recarga, fracturación, heterogeneidad del medio, etc.)

Esta zona estará delimitada por la zona de recarga para las captaciones de abastecimiento. Por tanto la zona de restricciones moderadas será la envolvente de dicha zona.

6.7. ZONA DE PROTECCIÓN DE LA CANTIDAD

Para la protección de los abastecimientos, se ha calculado el descenso en el nivel piezométrico que podrían provocar sondeos de semejantes características a las de las captaciones a proteger, situados a determinadas distancias.

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

$$D = \frac{0,183}{T} Q \log \frac{2,25Tt}{r^2 S}$$

Donde,

D = descenso del nivel piezométrico

T = transmisividad = 50-100 m²/día

Q = caudal (caudal máximo del sondeo a proteger: 6,5 l/s (561,6 m³/día)

t = tiempo de bombeo (120 días)

r = distancia al sondeo de captación (500 m)

S = coeficiente de almacenamiento = 0,02

El descenso obtenido para estos valores es de 0,93 m. Si tomamos como distancia al sondeo de captación un valor de 1000 m el descenso obtenido es de 0,1 m, valor que no es significativo en comparación con el espesor del acuífero, por tanto, la zona de protección de la cantidad es la incluida en un radio de 1000 m dentro de los límites de la zona moderada.

7. RED DE CONTROL Y VIGILANCIA

Se debe plantear un sistema de vigilancia ante la posible afección de actividades potencialmente contaminantes y dentro de la envolvente, para llevar a cabo un seguimiento de la eficiencia del perímetro de protección delimitado, que garantice el mantenimiento de la calidad del agua en los puntos de abastecimiento.

Es aconsejable, sobre todo durante y después de lluvias de cierta importancia, hacer algunos análisis para comprobar la posible presencia de contaminación de origen orgánico, así como, especies nitrogenadas, fosforadas, pesticidas y fungicidas fundamentalmente, debido a la actividad agrícola que se realiza en la zona. En cualquier caso, se aconseja que este control sea semestral. Así mismo, se recomienda llevar a cabo un seguimiento de la evolución del nivel piezométrico y de los volúmenes extraídos en el sondeo.

En caso de producirse una situación especial que provoque un vertido potencialmente contaminante, en las proximidades de las captaciones, se llevará a cabo una campaña de seguimiento de la calidad del agua, en el sondeo de abastecimiento y en algunos piezómetros intermedios entre el vertido y el sondeo, con el análisis de los parámetros que en cada momento se juzgue necesario determinar, y con la periodicidad que aconsejen las circunstancias.

El cuadro adjunto sintetiza el régimen de autorizaciones recomendado en las zonas de sectorización del perímetro de protección.

ACTIVIDAD	ZR. ABSOLUTAS	ZR. MÁXIMAS	ZR. MODERADAS
AGRICULTURA Y GANADERÍA			
Uso de fertilizantes y pesticidas	P	P	S
Uso de herbicidas	P	P	S
Almacenamiento de estiércol	P	P	S
Granjas porcinas y de vacuno	P	P	S
Granjas de aves y conejos	P	P	S
Ganadería extensiva	P	S	A
Aplicación de purines porcinos y vacunos estabilizados por compostaje	P	P	P
Depósitos de balsas de purines	P	P	P
Almacenamiento de materias fermentables para alimentación del ganado	P	P	S
Silos	P	P	S
RESIDUOS SÓLIDOS			
Vertederos incontrolados de cualquier naturaleza	P	P	P
Vertederos controlados de residuos sólidos urbanos	P	P	S
Vertederos controlados de residuos inertes	P	S	S
Vertederos controlados de residuos peligrosos	P	P	P
VERTIDOS LÍQUIDOS			
Aguas residuales urbanas	P	P	P
Aguas residuales con tratamiento primario, secundario y terciario	P	P	S
Aguas residuales industriales	P	P	P
Fosas sépticas, pozos negros o balsas de aguas negras	P	P	P
Estaciones depuradoras de aguas residuales	P	P	S
ACTIVIDADES INDUSTRIALES			
Asentamientos industriales	P	P	P
Canteras y minas	P	P	P
Almacenamiento de hidrocarburos	P	P	P
Conducciones de hidrocarburos	P	P	P
Depósitos de productos radiactivos	P	P	P
Inyección de residuos industriales en pozos y sondeos	P	P	P
OTROS			
Cementerios	P	P	P
Campings, zonas deportivas y piscinas públicas	P	P	S
Ejecución de nuevas perforaciones o pozos no destinados para abastecimiento	P	P	S

A: Actividad aceptable

S: Actividad sujeta a condicionantes

P: Actividad no autorizada

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El sondeo Santa Ana I y II explota el acuífero de Cerro Fuente de la MAS 05.16 "Jabalruz", constituido fundamentalmente por las calizas y dolomías del Lías inferior y las calizas del Dogger. En total se extrae un caudal de unos 7 l/s.

Los focos potenciales de contaminación están formados por las prácticas agrícolas de la zona y una cantera de áridos. Estas presiones suponen un riesgo bajo para las aguas subterráneas del sector.

La vulnerabilidad de esta unidad se debe considerar como alta, por lo que las precauciones y vigilancia sobre posibles actividades potencialmente contaminantes dentro de la poligonal deben ser suficientes. Por las escasas presiones existentes, el riesgo estimado actual se considera bajo.

La zonación realizada se ha basado fundamentalmente en criterios hidrogeológicos, apoyándose en cálculos previos realizados según el método de Wyssling. Se han delimitado cuatro zonas de restricciones: absolutas, máximas, moderadas y una de protección de la cantidad. Esta zonificación se presenta en el plano N° 3.

Es deber del Ayuntamiento velar por el cumplimiento de las restricciones, dentro de unos límites razonables, de cada una de las zonas definidas en esta propuesta. Aquellas zonas que pudieran estar parcialmente fuera de los límites del municipio, deberían comunicárselo a los Ayuntamientos afectados y coordinar actuaciones para velar, en la medida de lo posible, porque se cumplan las normas correspondientes.

9. REFERENCIAS

ITGE-Junta de Andalucía. 1998. Atlas hidrogeológico de Andalucía.

ITGE-DPJ. 1997. Atlas hidrogeológico de la provincia de Jaén.

ITGE-Confederación Hidrográfica del Guadalquivir. 2000-2001. Revisión y Actualización de las Normas de Explotación de las Unidades Hidrogeológicas de las cuencas del Guadalquivir y Guadalete – Barbate. Norma de Explotación de la Unidad Hidrogeológica 05.16 (Jabalruz).

ITGE. Mapa geológico de España, escala 1:50 000. Hoja de Martos nº 18-38 (946).

ITGE. Plan de Control de la provincia de Jaén. 3ª Fase. Municipio de Torredelcampo.

Martínez Navarrete, C. y García García, A. 2003. Perímetros de protección para captaciones de agua subterránea destinada a consumo humano. Metodología y aplicación al territorio. Publicaciones del Instituto Geológico y Minero de España. Serie: Hidrogeología y Aguas Subterráneas nº 10. Madrid.

De Ketelaere D., Hötzl H., Neukum C., Civitta M. y Sappa G. (2004). Hazard análisis and mapping. En F. Zwahlen (ed) Vulnerability and risk mapping for the protection of carbonate (karst) aquifers. Informe final de la Acción COST 620, 86-105.

Jiménez Madrid et al., 2009. Groundwater pollution risk assessment. Application to different carbonate aquifers in south Spain, European Geosciences Union, General Assembly, Vienna 2009.

Calvache, M.L y Benavente, J. 2002. Acuíferos Jurásicos y Cretácicos del entorno de la ciudad de Jaén. Aportaciones al Conocimiento de los acuíferos Andaluces. Libro Homenaje a Manuel del Valle Cardenete. Capítulo II, pp. 231-244.

Instituto Nacional de Estadística (INE): <http://www.ine.es>.

ANEXOS

ANEXO I
REPORTAJE FOTOGRÁFICO



Foto 1. Sondeo Santa Ana I, Torredelcampo.



Foto 2. Sondeo Santa Ana I, Torredelcampo.



Foto 3. Merendero, Sondeo Santa Ana I y II,
Torredelcampo.



Foto 4. Fuente pública, Sondeo Santa Ana II,
Torredelcampo

ANEXO II
FICHAS DE INVENTARIO DE CAPTACIONES

 INVENTARIO PUNTO ACUÍFERO	① N° de registro 183840021 N° de puntos descritos 02 Hoja topográfica 1/50.000 MARTOS Número 946	② COORDENADAS Lambert X <input type="text"/> <input type="text"/> Y <input type="text"/> <input type="text"/> UTM Huso Sector X Y 30 S 420664 4179706			
	③ Croquis acotado o mapa detallado	④ Cuenca hidrográfica GUADALQUIVIR 05 Unidad hidrogeológica 16 Sistema acuífero Provincia JAEN 23 Término Municipal TOPAZ DEL CAMPO Toponimia SANTA ANA I y II	⑤ Objeto Cota Referencia topográfica ⑥ Naturaleza SONDEO 1 Profundidad de la obra Profundidad/Longitud de la obra secundaria		
	⑦ Tipo de perforación Trabajos aconsejados por Año de ejecución Profundidad Reprofundizado el año Profundidad final		⑧ MOTOR Naturaleza Tipo equipo de extracción Potencia cv	BOMBA Naturaleza Capacidad Marca y tipo	
⑨ Utilización del agua ABASTECIMIENTO E Cantidad extraída (Dm ³) Durante días		⑩ ¿Tiene perímetro de protección? Bibliografía del punto acuífero Documentos intercalados Entidad que contrata y/o ejecuta la obra Escala de representación Redes a las que pertenece el punto P C I G H Ex LI Ve			
⑪ MEDIDAS DE NIVEL Y/O CAUDAL					
Fecha	Surgencia	Altura del agua respecto a la referencia	Caudal m/h	Cota absoluta del agua	Método de medida
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
⑫ Sistema de Explotación:					⑬ Zonas Húmedas:
⑭ Usuario MANUEL JESÚS CUELLAR ORTEGA Nombre Propietario EMAT (EMPRESA MUNICIPAL DE AGUAS) Telf. 618 65 18 63 Dirección Localidad					
⑮ OBSERVACIONES					
⑯ Modificaciones efectuadas en los datos del punto acuífero Año en que se efectuó la modificación				⑰ Instruido por Fecha	

Consumo anual (m ³ /año)	Días de bombeo	
Caudal instantáneo (l/s)	Consumo municipio (m ³ /año)	
Volumen diario (m ³ /día)	Entidad gestora	

ANEXO III
FICHAS DE INVENTARIO DE PRESIONES

PRESIONES INVENTARIADAS EN CAMPO

Provincia	Término Municipal	Núcleo urbano	Dirección/Paraje	Nombre	Tipo de actividad	Topología	Estado	Descripción	Sustancias contaminantes	UTM X	UTM Y	Superficie (m2)	Captación	Distancia a la captación	Otras captaciones	Distancia al cauce más próximo	Nombre del cauce
Jaén	Torredelcampo	Torredelcampo	Cuesta Rasa	Cantera	Cantera	Puntual	Abandonada	Cantera de extracción de áridos	Aceites, hidrocarburos	422072	4178500	1500	Pozo Cuesta Negra	700			
Jaén	Torredelcampo	Torredelcampo	Urbanización Megatin	Urbanización	Urbanización	Puntual	Activo	Existencia de fosas sépticas	Aguas residuales	423174	4180605		Pozo de la Cueva y Megatin	500			
Jaén	Torredelcampo	Torredelcampo	Cuesta Rasa	Cantera	Cantera	Puntual	Abandonada	Cantera de áridos	Aceites, hidrocarburos	424162	4178000	30000	Manantial Torrecilla	1000		15	Barranco de la Torrecilla

ANEXO IV
ANÁLISIS QUÍMICOS

RAMÓN RUIZ BOSCH (ING. AGRÓNOMO) - JUAN A. TELLO JIMÉNEZ (QUÍMICO) - MANUEL ALCANTARA CASTILLO (FARMACÉUTICO)

CLIENTE: EMPRESA MUNICIPAL DE AGUAS DE TORREDELCAMPO

DIRECCION:

LOCALIDAD: TORREDELCAMPO. JAEN

ASUNTO: INFORME SOBRE ANALISIS COMPLETO DE AGUA.

REF. LABORATORIO: 20.08 FECHA RECEPCION MUESTRA: 11/01/08

REF. CLIENTE: DEPOSITO RATONERA

INFORME

LAS DETERMINACIONES QUE SOBRE LA CITADA MUESTRA SE HAN REALIZADO, ARROJAN LOS SIGUIENTES RESULTADOS:

	RESULTADO	VALOR MAXIMO
ANTIMONIO (mg/l)	< 0.001	0.005
ARSENICO (mg/l)	< 0.005	0.01
BENCENO (microg/l)	No se detecta	1.00
BENZO (ALFA) PIRENO (microg/l)	No se detecta	0.01
BORO (mg/l)	0.46	1.00
CADMIO (microg/l)	< 0.01	5
CIANUROS (mg/l)	< 0.005	0.05
COBRE (mg/l)	< 0.005	2
CROMO (microg/l)	0.64	50
1,2 DICLOROETANO (microg/l)	No se detecta	3.00
FLUORURO (mg/l)	0.70	1.50
H.P.A. (microg/l)	No se detecta	0.10
Benzo (b) Fluoranteno (microg/l)	No se detecta	
Benzo (ghi) Perileno (microg/l)	No se detecta	
Benzo (k) Fluoranteno (microg/l)	No se detecta	
Indeno(1,2,3 cd)Pireno (microg/l)	No se detecta	
MERCURIO (microg/l)	< 0.005	1
NIQUEL (microg/l)	< 0.01	20
NITRATO (mg/l)	4.81	50
NITRITO (mg/l)	< 0.08	0.50
PLOMO (microg/l)	4.10	25
SELENIO (microg/l)	< 0.05	10
T.H.M. s (microg/l)	7.95	150
Bromodiclorometano (microg/l)	3.75	
Bromoformo (microg/l)	No se detecta	
Cloroformo (microg/l)	No se detecta	
Dibromoclorometano (microg/l)	No se detecta	
TRICLOROETILENO+		
TETRACLOROETILENO (microg/l)	No se detecta	10

MON RUIZ BOSCH (ING. AGRONOMO) - JUAN A. TELLO JIMENEZ (QUIMICO) - MANUEL ALCANTARA CASTILLO (FARMACEUTICO)

	RESULTADO	VALOR MAXIMO
Tetracloroeteno (microg/l)	No se detecta	
Tricloroeteno (microg/l)	No se detecta	
ALUMINIO (microg/l)	4.31	200
AMONIO (mg/l)	< 0.20	0.50
CLORURO (mg/l)	24.82	250
COLOR (Pt/Co)	0.00	15
CONDUCTIVIDAD (20° C microS/cm)	600	2500
HIERRO (mg/l)	0.0005	0.20
MANGANESO (microg/l)	1.16	50
OLOR	No se aprecia	3 a 25°
OXIDABILIDAD (mg O2/l)	1.15	5
pH(Potenciométricamente)	7.81	6.5-9.5
SABOR	No se aprecia	3 a 25°
SODIO (mg/l)	24.65	200
SULFATO (mg/l)	60.89	250
TURBIDEZ (U.N.F.)	< 0.50	1.00
PLAGUICIDAS TOTALES (microg/l)	< 0.03	0.50
Aldrín (microg/l)	< 0.03	0.03
Dieldrín (microg/l)	< 0.03	0.03
Heptaclo (microg/l)	< 0.03	0.03
Heptaclo epóxido (microg/l)	< 0.03	0.03
Simazina (microg/l)	< 0.10	0.10
Terbutilazina (microg/l)	< 0.10	0.10
Atrazina (microg/l)	< 0.10	0.10
Dimetoato (microg/l)	< 0.10	0.10
COLOR RESIDUAL LIBRE (mg/l)	0.60	1.00
COLOR RESIDUAL COMBINADO (mg/l)	0.40	2.00
RECUENTO A 22° C	Ausencia en 1 ml	100 U.F.C./ml
BACTERIAS COLIFORMES	Ausencia en 100 ml	0 U.F.C./100ml
E.COLI	Ausencia en 100 ml	0 U.F.C./100ml
ENTEROCOCO	Ausencia en 100 ml	0 U.F.C./100ml
CLOSTRIDIUM PERFRINGENS	Ausencia en 100 ml	0 U.F.C./100ml

COMENTARIOS: Se trata de un agua POTABLE según el R. D. 140/2003 de 7 de Febrero, en relación a los parámetros ensayados.

JAEN 05-02-08

M. ALCANTARA
 PC01-PD03-F1/01

RAMON RUIZ BOSCH (ING. AGRONOMO) - JUAN A. TELLO JIMENEZ (QUIMICO) - MANUEL ALCANTARA CASTILLO (FARMACEUTICO)

CLIENTE: EMPRESA MUNICIPAL DE AGUAS DE TORREDELCAMPO.

DIRECCION:

LOCALIDAD: TORREDELCAMPO. JAEN

ASUNTO: INFORME SOBRE ANALISIS COMPLETO DE AGUA.

REF. LABORATORIO: 778.08 FECHA RECEPCION MUESTRA: 21/07/08

REF. CLIENTE: DEPOSITO CUESTA NEGRA

INFORME

LAS DETERMINACIONES QUE SOBRE LA CITADA MUESTRA SE HAN REALIZADO, ARROJAN LOS SIGUIENTES RESULTADOS:

	RESULTADO	VALOR MAXIMO
ANTIMONIO (mg/l)	< 0.001	0.005
ARSENICO (mg/l)	< 0.005	0.01
BENCENO (microg/l)	No se detecta	1.00
BENZO (ALFA) PIRENO (microg/l)	No se detecta	0.01
BORO (mg/l)	0.31	1.00
CADMIO (microg/l)	< 0.005	5
CIANUROS (mg/l)	< 0.005	0.05
COBRE (mg/l)	< 0.005	2
CROMO (microg/l)	0.006	50
1,2 DICLOROETANO (microg/l)	No se detecta	3.00
FLUORURO (mg/l)	0.55	1.50
H.P.A. (microg/l)	No se detecta	0.10
Benzo (b) Fluoranteno (microg/l)	No se detecta	
Benzo (ghi) Perileno (microg/l)	No se detecta	
Benzo (k) Fluoranteno (microg/l)	No se detecta	
Indeno(1,2,3 cd)Pireno (microg/l)	No se detecta	
MERCURIO (microg/l)	< 0.005	1
NIQUEL (microg/l)	< 0.005	20
NITRATO (mg/l)	10.43	50
NITRITO (mg/l)	< 0.08	0.50
PLOMO (microg/l)	1.23	25
SELENIO (microg/l)	< 0.05	10
T.H.M. s (microg/l)	No se detecta	150
Bromodichlorometano (microg/l)	No se detecta	
Bromoformo (microg/l)	No se detecta	
Cloroformo (microg/l)	No se detecta	
Dibromoclorometano (microg/l)	No se detecta	
TRICLOROETILENO+		
TETRACLOROETILENO (microg/l)	No se detecta	10

LABORATORIO AGRITEST, C.B.

N.I.F. E-23373723

LABORATORIO AUTORIZADO POR LA CONSEJERÍA DE AGRICULTURA Y PESCA N.º A - 92 - AU
LABORATORIO AUTORIZADO POR LA CONSEJERÍA DE SANIDAD N.º A 85A

Polígono Industrial «Los Olivares» - C/. La Iruela, 8

Teléfono y fax: 953 28 00 40

23009 JAÉN

RAMON RUIZ BOSCH (ING. AGRONOMO) - JUAN A. TELLO JIMENEZ (QUIMICO) - MANUEL ALCANTARA CASTILLO (FARMACEUTICO)

	RESULTADO	VALOR MAXIMO
Tetracloroeteno (microg/l)	No se detecta	
Tricloroeteno (microg/l)	No se detecta	
ALUMINIO (microg/l)	9.09	200
AMONIO (mg/l)	< 0.20	0.50
CLORURO (mg/l)	17.73	250
COLOR (Pt/Co)	0.00	15
CONDUCTIVIDAD (20° C microS/cm)	630	2500
HIERRO (mg/l)	< 0.005	0.20
MANGANESO (microg/l)	0.91	50
OLOR	No se aprecia	3 a 25°
OXIDABILIDAD (mg O2/l)	1.23	5
pH(Potenciométricamente)	7.83	6.5-9.5
SABOR	No se aprecia	3 a 25°
SODIO (mg/l)	3.50	200
SULFATO (mg/l)	31.16	250
TURBIDEZ (U.N.F.)	< 0.50	1.00
PLAGUICIDAS TOTALES (microg/l)	< 0.03	0.50
Aldrín (microg/l)	< 0.03	0.03
Dieldrín (microg/l)	< 0.03	0.03
Heptacloro (microg/l)	< 0.03	0.03
Heptacloro epóxido (microg/l)	< 0.03	0.03
Simazina (microg/l)	< 0.10	0.10
Terbutilazina (microg/l)	< 0.10	0.10
Atrazina (microg/l)	< 0.10	0.10
Dimetoato (microg/l)	< 0.10	0.10
CLORO RESIDUAL LIBRE (mg/l)	0.50	1.00
CLORO RESIDUAL COMBINADO (mg/l)	0.62	2.00
RECUENTO A 22° C	Ausencia en 1 ml	100 U.F.C./ml
BACTERIAS COLIFORMES	Ausencia en 100 ml	0 U.F.C./100ml
E.COLI	Ausencia en 100 ml	0 U.F.C./100ml
ENTEROCOCO	Ausencia en 100 ml	0 U.F.C./100ml
CLOSTRIDIUM PERFRINGENS	Ausencia en 100 ml	0 U.F.C./100ml

COMENTARIOS: Se trata de un agua POTABLE según el R. D. 140/2003 de 7 de Febrero, en relación a los parámetros ensayados.

JAEN 05-08-08

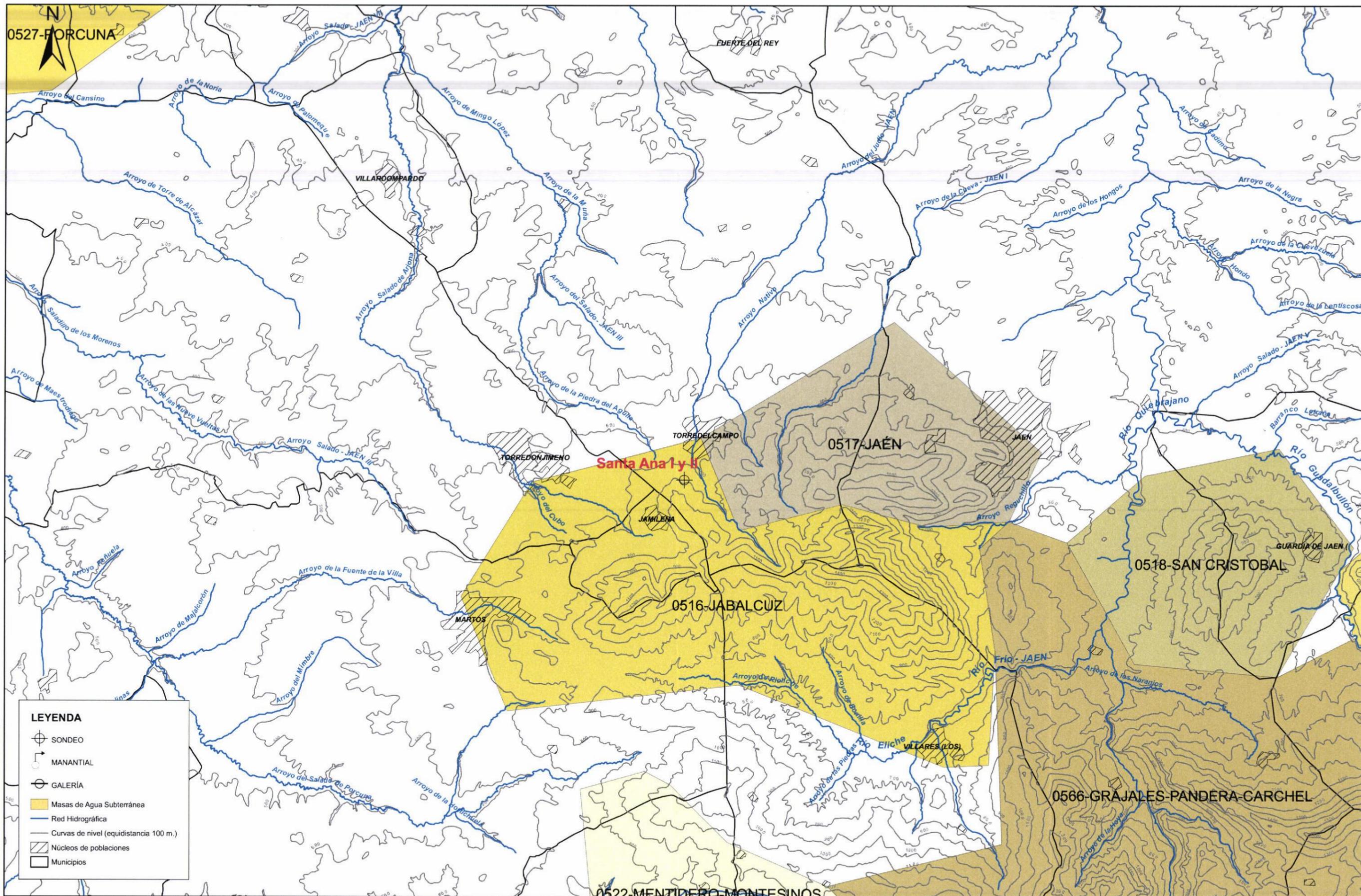
PC01-PD03-F1/01


M. ALCANTARA

PLANOS

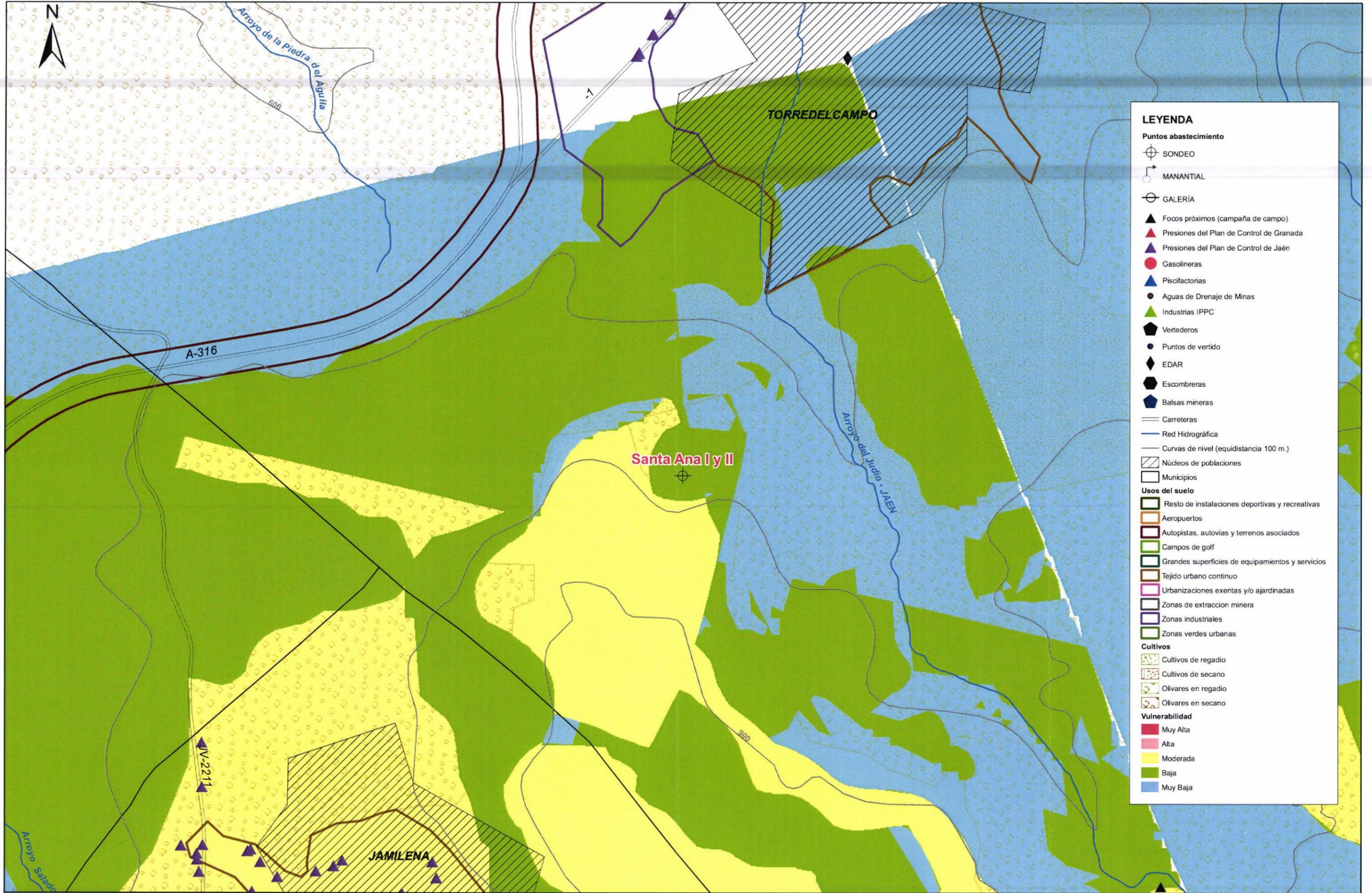
INDICE DE PLANOS

- Plano nº 1 - Situación de las captaciones de abastecimiento.
- Plano nº 2 - Mapa de vulnerabilidad y presiones.
- Plano nº 3 - Mapa del perímetro de protección.



LEYENDA

- SONDEO
- MANANTIAL
- GALERÍA
- Masas de Agua Subterránea
- Red Hidrográfica
- Curvas de nivel (equidistancia 100 m.)
- Núcleos de poblaciones
- Municipios



LEYENDA

Puntos abastecimiento

- SONDEO
- MANANTIAL
- GALERÍA
- Focos próximos (campana de campo)
- Presiones del Plan de Control de Granada
- Presiones del Plan de Control de Jaén
- Gasolineras
- Piscifactorias
- Aguas de Drenaje de Minas
- Industrias IPPC
- Vertederos
- Puntos de vertido
- EDAR
- Escombreras
- Balsas mineras

Carreteras

Red Hidrográfica

Curvas de nivel (equidistancia 100 m.)

Núcleos de poblaciones

Municipios

Usos del suelo

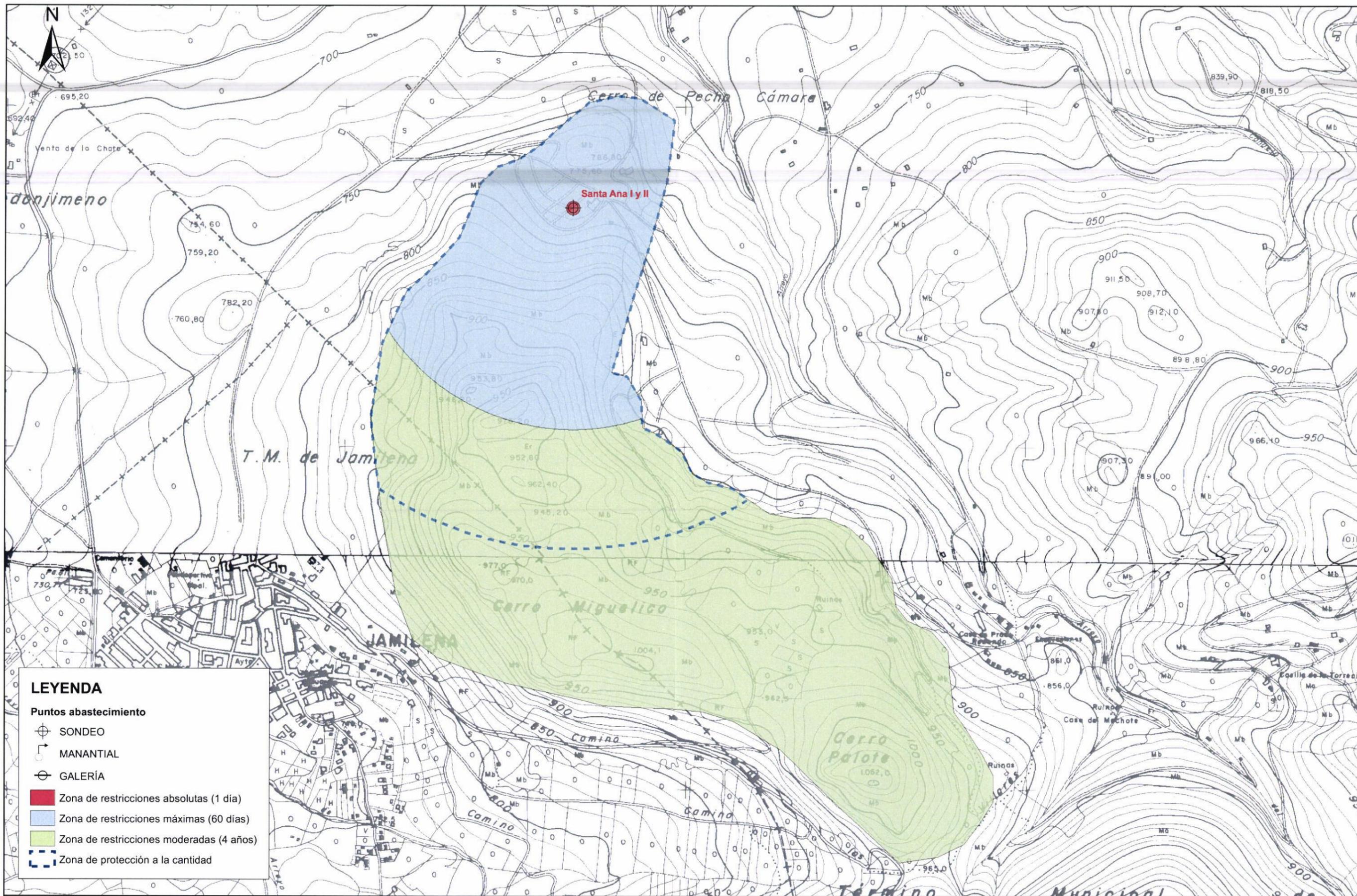
- Resto de instalaciones deportivas y recreativas
- Aeropuertos
- Autopistas, autovías y terrenos asociados
- Campos de golf
- Grandes superficies de equipamientos y servicios
- Tejido urbano continuo
- Urbanizaciones exentas y/o ajardinadas
- Zonas de extracción minera
- Zonas industriales
- Zonas verdes urbanas

Cultivos

- Cultivos de regadío
- Cultivos de secano
- Oliveros en regadío
- Oliveros en secano

Vulnerabilidad

- Muy Alta
- Alta
- Moderada
- Baja
- Muy Baja



LEYENDA

Puntos abastecimiento

- ⊕ SONDEO
- ⌈ MANANTIAL
- ⊖ GALERÍA

- Zona de restricciones absolutas (1 día)
- Zona de restricciones máximas (60 días)
- Zona de restricciones moderadas (4 años)
- Zona de protección a la cantidad



GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE CIENCIA E INNOVACIÓN



Agencia Andaluza del Agua
CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE



GOBIERNO DE ESPAÑA
MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, Y MEDIO RURAL Y MARINO

DIRECCIÓN GENERAL DEL AGUA
CONFERENCIACIÓN HIDROGRÁFICA DEL GUADALQUIVR

ESCALA:
1:10.000
0 100 200 m.

TÍTULO:
PLANO DE DELIMITACIÓN DEL PERÍMETRO DE PROTECCIÓN

PLANO Nº 3