

**PERÍMETRO DE PROTECCIÓN DEL MANANTIAL DE SIETE FUENTES DE ABASTECIMIENTO A LA PEDANÍA DE CUENCA EN EL MUNICIPIO DE HINOJARES (JAÉN)**



## ÍNDICE

Pag nº

---

<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>3</b>
<b>2. SITUACIÓN ACTUAL DE LOS ABASTECIMIENTOS.....</b>	<b>5</b>
2.1. INFRAESTRUCTURAS DE CAPTACIÓN .....	6
2.1.1. <i>Captaciones de abastecimiento</i> .....	6
2.2. SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DEL MUNICIPIO.....	6
2.2.1. <i>Depósitos y conducciones</i> .....	6
2.2.2. <i>Esquema general</i> .....	8
2.2.3. <i>Importancia de la captación y volúmenes captados</i> .....	9
<b>3. GEOLOGÍA E HIDROGEOLOGÍA.....</b>	<b>10</b>
3.1. MARCO GEOLÓGICO E HIDROGEOLÓGICO .....	10
3.2. LÍMITES Y GEOMETRÍA DEL ACUÍFERO.....	13
3.3. PARÁMETROS HIDRODINÁMICOS Y PIEZOMETRÍA .....	15
3.4. FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLÓGICO .....	15
3.5. HIDROQUÍMICA DEL SECTOR .....	16
<b>4. FOCOS POTENCIALES DE CONTAMINACIÓN .....</b>	<b>19</b>
4.1. ORIGEN DE LA INFORMACIÓN DE FOCOS POTENCIALES DE CONTAMINACIÓN .....	19
4.2. INVENTARIO DE FOCOS POTENCIALES DE CONTAMINACIÓN .....	20
4.2.1. <i>Actividad agrícola</i> .....	20
4.2.2. <i>Actividad ganadera</i> .....	20
4.2.3. <i>Actividad industrial</i> .....	21
4.2.4. <i>Residuos sólidos urbanos</i> .....	21
4.2.5. <i>Aguas residuales</i> .....	21
4.3. FOCOS DE CONTAMINACIÓN PRÓXIMOS A LAS CAPTACIONES .....	22
4.4. INDICIOS DE CONTAMINACIÓN EN LAS CAPTACIONES .....	23
<b>5. VULNERABILIDAD FRENTE A LA CONTAMINACIÓN .....</b>	<b>25</b>
5.1. DISTRIBUCIÓN EN EL ENTORNO Y ÁREAS DE RECARGA .....	25
5.2. RELACIÓN DE LA VULNERABILIDAD CON LOS FOCOS POTENCIALES DE CONTAMINACIÓN.....	26
5.2.1. <i>Tipología de la distribución de presiones y vulnerabilidad</i> .....	26
5.3. EVALUACIÓN CUALITATIVA DE LA VULNERABILIDAD Y DEL RIESGO .....	26

<b>6. DELIMITACIÓN Y ZONIFICACIÓN DEL PERÍMETRO DE PROTECCIÓN.....</b>	<b>30</b>
6.1. ANÁLISIS HIDROGEOLÓGICO .....	30
6.1.1. Límites hidrogeológicos y geometría del acuífero.....	30
6.1.2. Funcionamiento (isopiezas y líneas de flujo) .....	33
6.2. CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS (BALANCE DE RECURSOS O MÉTODOS ANALÍTICOS) .....	34
6.3. ZONAS DE INFLUENCIA Y ZONAS DE ALIMENTACIÓN .....	34
6.4. ZONA DE RESTRICCIONES ABSOLUTAS.....	36
6.5. ZONA DE RESTRICCIONES MÁXIMAS .....	36
6.6. ZONA DE RESTRICCIONES MODERADAS .....	37
6.7. ZONA DE PROTECCIÓN DE LA CANTIDAD .....	37
<b>7. RED DE CONTROL Y VIGILANCIA .....</b>	<b>39</b>
<b>8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>41</b>
<b>9. REFERENCIAS .....</b>	<b>42</b>

#### 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 Nº 1: SITUACIÓN DE LAS CAPTACIONES DE ABASTECIMIENTO

PLANO Nº 2: MAPA DE VULNERABILIDAD Y PRESIONES

PLANO Nº 3: MAPA DEL PERÍMETRO DE PROTECCIÓN

## 1. INTRODUCCIÓN

El presente informe corresponde a la delimitación y justificación técnica del perímetro de protección del manantial Siete Fuentes (213870005), que abastece al núcleo de población de Cuenca, pedanía perteneciente al Término Municipal de Hinojares, y está situado en la Masa de Agua Subterránea (MAS) 05.02 "Quesada-Castril".

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 m<sup>3</sup> 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 DE LOS ABASTECIMIENTOS**

El municipio de Hinojares tiene una población residente estable de 425 habitantes (Cifras de población referidas al 01/01/2008), de los que 365, corresponden al núcleo de Hinojares y 60 a la pedanía de Cuenca.

En función del consumo anual en 2007, que fue de 19.653 m<sup>3</sup> (53,84 m<sup>3</sup>/día), según datos facilitados por el Ayuntamiento (datos de los contadores de agua en las casas), de los cuales 16.878 m<sup>3</sup> (46,24 m<sup>3</sup>/día) son del núcleo de Hinojares y 2.775 m<sup>3</sup> (7,60 m<sup>3</sup>/día) de la pedanía de Cuenca, se ha calculado una dotación de unos 127 l/hab/día. En los meses de verano, julio, agosto y septiembre de 2007, la población de Cuenca asciende entorno a los 96 habitantes, subiendo el consumo en esos meses a 12,17 m<sup>3</sup>/día, representando esto una dotación de 203 l/hab/día para este periodo. A estos valores habría que añadirles, al menos, un 10% de pérdidas en la red.

El abastecimiento al municipio de Hinojares se realiza, en su totalidad, mediante aguas subterráneas que provienen de dos manantiales. Ambos, el manantial del Puente de la Cerrada (213870003) y el manantial de Siete Fuentes (213870005) captan aguas pertenecientes a la Masa de Agua Subterránea (MAS) 05.02 "Quesada – Castril".

Este informe presenta la delimitación del perímetro de protección del manantial de Siete Fuentes. La localización de este manantial se muestra en el plano de situación nº 1 y en la figura 2.

## **2.1. INFRAESTRUCTURAS DE CAPTACIÓN**

### **2.1.1. Captaciones de abastecimiento**

- **Manantial de Siete Fuentes (213870005)**

Se localiza en materiales carbonatados de la MAS 05.02 "Quesada - Castril". Se sitúa a cota 900 msnm al sur del cerro de Cuenca. El manantial se encuentra en la pedanía de Cuenca y a unos 3,5 km de Hinojares. Este manantial corresponde al nacimiento del Río Turrilla y se encuentra aguas abajo del Parque Natural de Sierra de Cazorla, Segura y Las Villas.

El manantial tiene un caudal medio de 5-10 l/s, pudiendo llegar en épocas de mayores precipitaciones a los 20 l/s. Una parte del caudal se capta para el abastecimiento del núcleo de Cuenca, y el sobrante se vierte al Arroyo de las Palomas. En verano su caudal puede reducirse hasta la mitad, siendo menor la aportación al Arroyo. El agua es captada y bombeada al depósito de Cuenca.

Las coordenadas UTM del manantial de Siete Fuentes son:

- X: 502726
- Y: 4176853

## **2.2. SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DEL MUNICIPIO**

### **2.2.1. Depósitos y conducciones**

Existen un total de tres depósitos de regulación en uso. A continuación se presentan las características de los depósitos pertenecientes al sistema de abastecimiento del núcleo de Hinojares.

- **DE23042001 Depósito de Las Eras**

Cota (msnm): 700

Base: Rectangular

Tipo: Superficial

Capacidad (m<sup>3</sup>): 120

Origen del agua: Manantial de Puente de la Cerrada

Núcleo al que abastece: Hinojares

- **DE23042002 Depósito de Cuevas Nuevas**

Cota (msnm): 750

Base: Rectangular

Tipo: Superficial

Capacidad (m<sup>3</sup>): 40

Origen del agua: Depósito de las Eras

Núcleo al que abastece: Barriada de Cuevas Nuevas

- **DE23042003 Depósito de Cuenca**

Cota (msnm): 920

Base: Rectangular

Tipo: Superficial

Capacidad (m<sup>3</sup>): 20

Origen del agua: Manantial de Siete Fuentes

Núcleo al que abastece: Pedanía de Cuenca

De estos datos se deduce que la capacidad total de regulación del sistema de abastecimiento del municipio de Hinojares es de 180 m<sup>3</sup>, si bien no están conectados entre sí el subsistema de abastecimiento del núcleo de Hinojares y el de Cuenca.

El sistema de conducciones de abastecimiento tiene una longitud total próxima a los 2,4 km de tuberías. Sus principales características se incluyen en el cuadro siguiente.

Código	Diámetro (mm)	Tipo	Longitud (m)	Procedencia	Final
CO23042001	110	PVC	1.843	Pte. De la Cerrada	Dep. de las Eras
CO23042002	-	Fibroc -PVC	556	Dep. de las Eras	Dep. Cuevas Nuevas
		<b>Total</b>	2.399		

### 2.2.2. Esquema general

El sistema de abastecimiento de las captaciones de abastecimiento a Hinojares se muestra en el siguiente esquema.

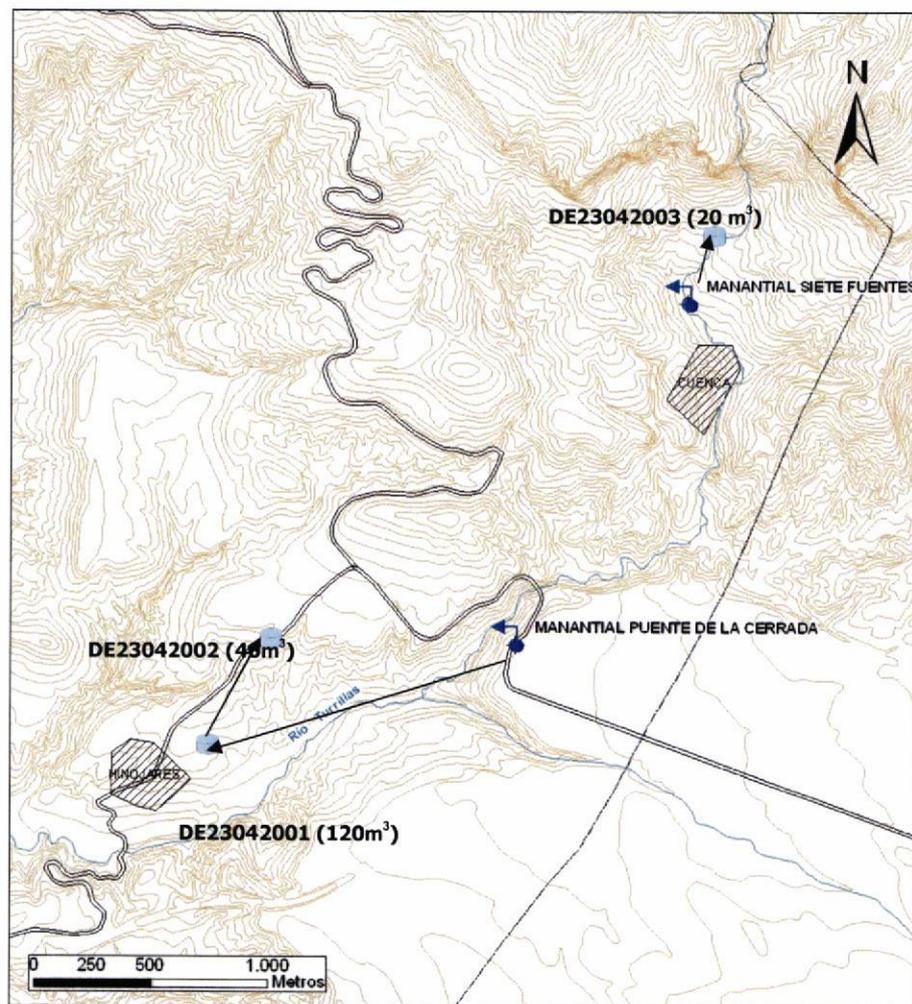


Fig. 1. Sistema de abastecimiento de las captaciones de abastecimiento a Hinojares

### **2.2.3. Importancia de la captación y volúmenes captados**

Según los datos de consumo de agua, facilitados por el Ayuntamiento de Hinojares, para el año 2007, el abastecimiento con aguas subterráneas supone un 100% del total del consumo anual.

Este consumo total se reparte entre las captaciones según el cuadro siguiente:

<b>AGUAS SUBTERRÁNEAS DE ABASTECIMIENTO A HINOJARES</b>		
<b>Captación</b>	<b>Consumo anual 2007</b>	<b>Porcentaje del consumo (%)</b>
Man. Puente de la Cerrada	16.878	85,9
Man. Siete Fuentes	2.775	14,1
<b>Total</b>	<b>19.653</b>	<b>100</b>

El agua extraída del manantial de Siete Fuentes es usada para abastecer a la pedanía de Cuenca con un 14% del consumo total.

### **3. GEOLOGÍA E HIDROGEOLOGÍA**

#### **3.1. MARCO GEOLÓGICO E HIDROGEOLÓGICO**

El manantial Siete Fuentes (213870005), utilizado para el abastecimiento de la pedanía de Cuenca se localiza en materiales incluidos en la MAS 05.02 "Quesada-Castril". Esta unidad pertenece en su totalidad al dominio Prebético interno caracterizado por la presencia de una serie mesozoica potente, en su mayor parte de carácter marino, en la que abundan los materiales calizos y dolomíticos y, en menor medida, las margas-margocalizas y algunos paquetes detríticos. Las series son más completas y potentes cuanto más al SE, apareciendo también aquí un Paleógeno marino bien desarrollado.

Es una de las unidades de mayor extensión de Andalucía, con más de 1.500 km<sup>2</sup>. A diferencia de otros sectores, en la zona estudiada tiene un importante desarrollo el acuífero jurásico, que aflora en una estrecha franja que ocupa el extremo occidental de la Sierra de Segura, con unos 25 km<sup>2</sup> de afloramientos permeables.

La formación carbonatada jurásica presenta un espesor variable de entre 200 y 400 m según las secciones, y se dispone en la mayoría de los casos con buzamientos débiles de componente Este, hacia el interior de la sierra. El drenaje tiene lugar hacia el cauce de los arroyos Trujala, Orcera y Molinos, en el límite occidental de la unidad, a 770-810 m de altitud.

La secuencia estratigráfica continúa hacia techo con margas y margocalizas, con paquetes de calizas y dolomías poco potentes del Jurásico superior y Cretácico inferior, de escaso interés hidrogeológico. El Cretácico superior se superpone a un horizonte muy continuo de varias decenas de metros formado por arenas cuarzosas y margas (Formación Utrillas), de comportamiento impermeable. La serie de Cretácico superior consta de una potente sucesión de dolomías de 200-300 m, eventualmente coronadas por calizas del Senonense.

Los acuíferos cretácicos de este sector se encuentran colgados, y presentan su descarga en el contacto basal con la formación Utrillas, a cotas de entre 900 y 1.400

m. Su permeabilidad se debe principalmente a fisuración, con escaso desarrollo de la karstificación, por lo cual su grado de regulación natural es moderadamente alto. Las posibilidades de regulación mediante sondeos en acuíferos cretácicos son muy escasas debido al pequeño volumen de reservas que poseen y a la inexistencia de emplazamientos adecuados. En determinados puntos se ha planteado la ejecución de drenes horizontales junto al contacto basal, pero con pocas posibilidades de conseguir una regulación importante.

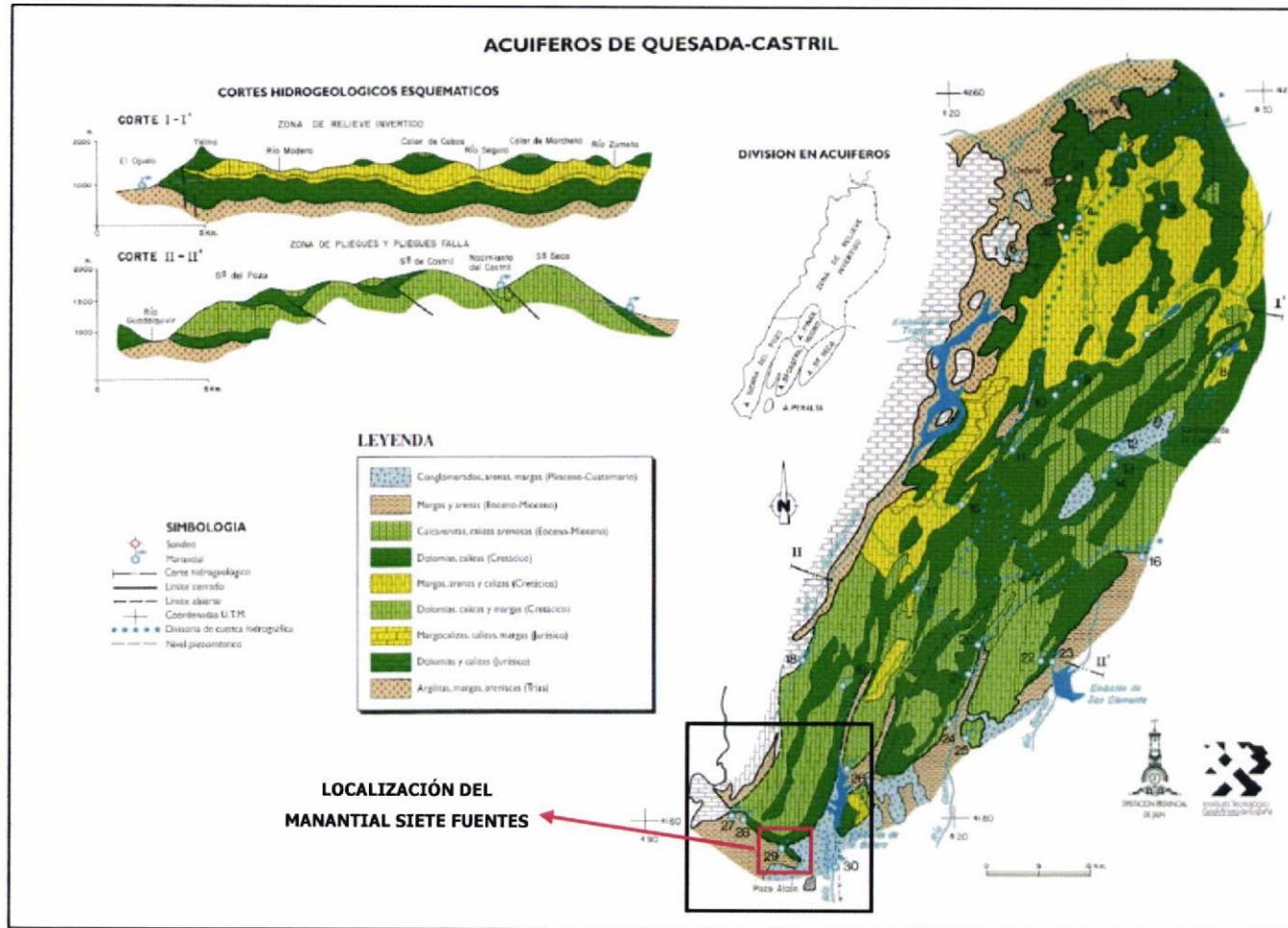


Fig. 2. Hidrogeología del área donde se ubica el manantial Siete Fuentes

### 3.2. LÍMITES Y GEOMETRÍA DEL ACUÍFERO

La geometría interna de la unidad y la delimitación de sistemas o subunidades hidrogeológicas está condicionada por la tectónica de pliegues y fallas y por el grado de desmantelamiento del relieve, factores que permiten diferenciar grandes áreas o subunidades.

El grado de conocimiento del acuífero no permite diferenciar siempre compartimentos o subunidades, salvo casos muy claros. La base impermeable de la unidad en este sector es el Trías arcilloso que aflora hacia el Oeste, fundamentalmente.

Al sur se distingue una gran Subunidad, llamada **de Pliegues-Falla**, constituida por tres grandes sectores, **Sierra del Pozo, Sierra de Castril y Sierra Seca** que coinciden con grandes antiformes. Los materiales acuíferos principales están compuestos por formaciones carbonatadas del Cretácico (Valanginiense y Cenomaniense principalmente) y Terciario, aunque existen pequeños afloramientos de calizas liásicas.

El manantial objeto del perímetro drena recursos del sector Sierra del Pozo, de 120 km<sup>2</sup> de superficie de afloramientos permeables, en el que se encuentran los **Acuíferos Borosa, Arroyo Frío, La Canal-Torre del Vinagre y Cabañas-Gualay**.

En la siguiente figura se muestra la geología de la zona en la que se encuentra el manantial de Siete Fuentes.



### 3.3. PARÁMETROS HIDRODINÁMICOS Y PIEZOMETRÍA

Existe muy poca información disponible respecto a los parámetros hidráulicos de la Unidad, debido fundamentalmente a la escasez de sondeos existentes, si bien, en el sector podría estimarse en torno a los 300 m<sup>2</sup>/día. No obstante, en el sondeo Trujala I se obtuvieron valores de 40 y 15-20 m<sup>2</sup>/día. Este sondeo se sitúa sobre materiales jurásicos formados por calizas y dolomías, por lo que este acuífero tiene unas características hidrogeológicas similares a la zona de la que drena los recursos el manantial Siete Fuentes.

PARÁMETROS HIDROGEOLÓGICOS				
FUENTE DE INFORMACIÓN	TRANSMISIVIDAD (m <sup>2</sup> /día)	COEFICIENTE DE ALMACENAMIENTO	ESPESOR DEL ACUÍFERO (m)	POROSIDAD EFICAZ (%)
Norma de explotación de la UH 05.02 (Quesada-Castril)	15-40 (Sondeo Trujala I)	2.10 <sup>-2</sup>	200-300 (formaciones carbonatadas del cretácico superior)	
Atlas Hidrogeológico de Jaén			300-400	
Mapa Hidrogeológico de España				1-3

### 3.4. FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLÓGICO

La alimentación del sistema se produce mayoritariamente por infiltración directa del agua de lluvia sobre los afloramientos permeables, en algunas zonas de la infiltración procedente de las precipitaciones en forma de nieve, producida durante la época de deshielo y en otras por infiltración de la escorrentía superficial de los cauces que las atraviesan. Puede existir una transferencia hídrica desde los acuíferos colindantes de

la Cuenca del Segura.

Las salidas se deben principalmente a manantiales, sobre todo en la mitad sur de la Unidad, con cotas comprendidas entre los 950 y 1300 metros. Es posible que exista transferencia hídrica hacia la vecina MAS 05.01 Cazorra. El nivel de base impermeable de la Unidad está constituido por las arcillas del Triás, mientras que los principales materiales acuíferos están constituidos por las potentes formaciones calizas y dolomíticas del Jurásico y Cretácico. Los materiales acuíferos están separados entre sí, sobre todo en el Cretácico, por potentes formaciones de margas, margas arenosas y margocalizas.

La complejidad estructural, junto con las características litológicas, que provoca la gran compartimentación en acuíferos, induce a que la piezometría presente bruscos cambios de cota y sin continuidad. Igualmente las direcciones del flujo subterráneo varían sustancialmente de un acuífero a otro.

### **3.5. HIDROQUÍMICA DEL SECTOR**

Las aguas de la Unidad Quesada-Castril (05.02) presentan conductividades comprendidas entre 215 y 685  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y, en su mayoría, inferiores a 400  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . El valor medio es de 377  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Todos los valores de conductividad por encima de 500  $\mu\text{S}/\text{cm}$  corresponden al Jurásico de Hornos o a puntos relativamente anómalos de Sierra de Castril o Castril de La Peña, mientras que los inferiores a 300 predominan en Pinar Negro y Sierra Seca, con valores puntuales en Sierra de Castril y otros acuíferos (CHG, 2001).

Las facies hidroquímicas son predominantemente bicarbonatadas, variables de cálcicas a magnésicas, y en segundo término puede haber localmente una cierta incidencia de sulfatos o cloruros, poco acusada (CHG, 2001).

Los contenidos iónicos en los diversos componentes mayoritarios son lógicamente bajos o moderados y característicos de aguas procedentes de materiales calizo dolomíticos: 130 a 375 mg/l de bicarbonatos, inferior a 40 mg/l los sulfatos (aunque

excepcionalmente se superan los 50-100 mg/l, en puntos anómalos), menos de 40 mg/l y generalmente menos de 10 mg/l para los cloruros, de 1 a 26 mg/l para el sodio y de 30 a 100 mg/l para el calcio. El contenido en nitratos es muy bajo en general, inferior a 15 mg/l, y en varios de los acuíferos es prácticamente nulo (CHG, 2001).

Se dispone de dos análisis recientes de los manantiales de abastecimiento a Hinojares procedentes de la Base de datos del IGME.

PUNTO	Cl	SO <sub>4</sub>	HCO <sub>3</sub>	CO <sub>3</sub>	NO <sub>3</sub>	Na	Mg	Ca	K	C.E	pH	FECHA
Manantial Siete Fuentes	3	15	279	0	2	5	19	69	0	464	7,6	08/06/2006
Manantial Puente de La Cerrada	66	84	292	0	39	47	35	88	3	764	7,4	08/06/2006

El agua del Manantial Siete Fuentes es de mineralización media con apenas contenidos en nitratos, por lo que es un agua de buena calidad.

El agua del Manantial Puente de La Cerrada que abastece a la pedanía de Cuenca es de mineralización alta y con una concentraciones de nitratos algo alta, de 39 mg/l, que está por debajo del límite legal establecido de 50 mg/l según la legislación vigente (R.D 140/2003), pero habría que controlar este parámetro en un futuro.

Los análisis se han representado en un diagrama de Piper para ver su facies hidroquímica.

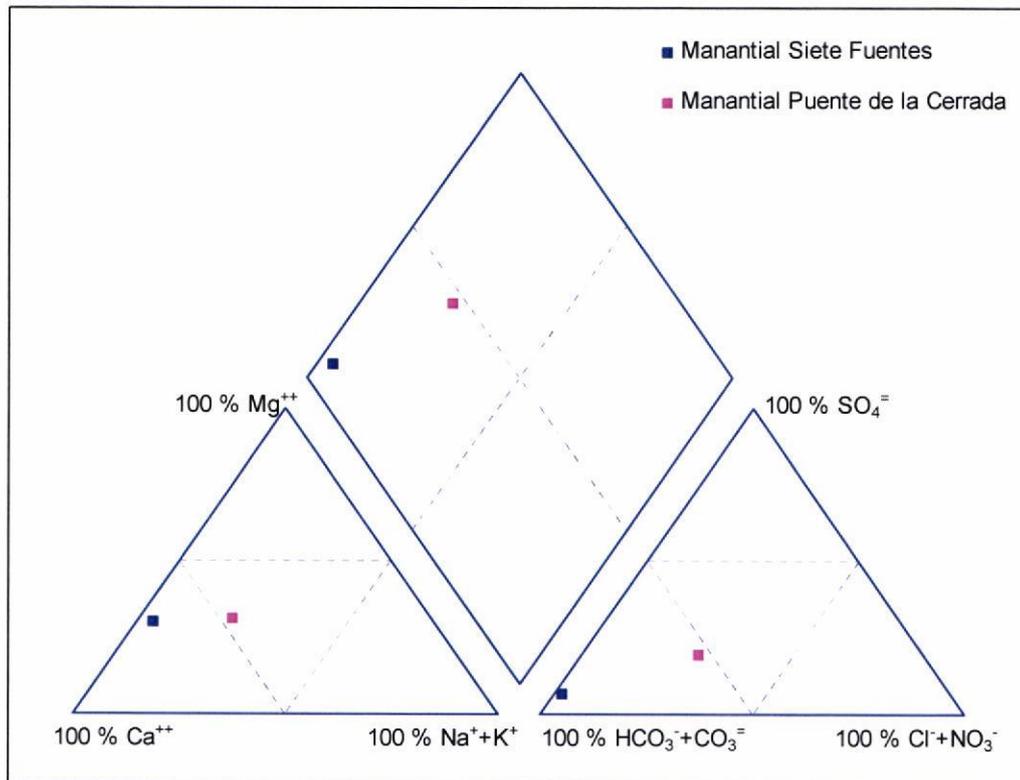


Fig. 4 Diagrama de Piper de las aguas de los manantiales de abastecimiento a Hinojares

El manantial Siete Fuentes presenta un agua con facies fuertemente bicarbonatada cálcica, característica de acuíferos carbonatados de alta montaña, que están escasamente roturados y habitados.

### Microbiología

Respecto a los parámetros microbiológicos, en el análisis químico y microbiológico ofrecido por el Ayuntamiento de Hinojares (incluido en el anexo 4), se puede observar que en el manantial de Siete Fuentes existe la presencia de Bacterias Coliformes, en concreto E. Coli.

#### **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, piscifactorias 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  $\text{kg}/\text{km}^2$ , 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

Los principales focos potenciales de contaminación se encuentran en el entorno del núcleo urbano de Hinojares y el manantial de Siete Fuentes se encuentra aguas arriba de la mayoría de focos de la zona. La distribución de los focos potenciales de contaminación se muestra junto con la vulnerabilidad en el plano nº 2.

El listado de los focos potenciales de contaminación se presenta en el Anexo de presiones (Anexo 3).

### 4.2.1. Actividad agrícola

No se han encontrado actividades agrícolas en la zona de recarga del manantial Siete Fuentes, no obstante, existe una zona de cultivo de olivar en secano a una distancia de 25 m aguas abajo de la captación. El área cultivada se sitúa en las proximidades del arroyo de Las Palomas.

Según el Instituto Nacional de Estadística el aprovechamiento de las tierras labradas de este municipio (cifras referidas a 1999) es el siguiente:

<b>Actividad agrícola</b>	<b>Hectáreas cultivadas</b>
Herbáceos	49
Frutales	218
Olivar	583
Viñedo	0
Otras tierras labradas	0

### 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. Sin embargo, según información del Ayuntamiento, antiguamente existía una granja

aguas arriba de la captación que puede ser la causa de la presencia de E. Coli en los análisis de aguas del manantial debido a la persistencia de purines en la zona.

Según el Instituto Nacional de Estadística las unidades ganaderas para el municipio de Hinojares (cifras referidas a 1999) son las siguientes:

<b>Actividad ganadera</b>	<b>Unidades ganaderas</b>
Bovinos	0
Ovinos	180
Caprinos	22
Porcinos	0
Equinos	2
Aves	0

#### **4.2.3. Actividad industrial**

No se ha encontrado ninguna actividad industrial que pueda suponer una afección a las aguas subterráneas en la zona de recarga de la captación, ya que el manantial se sitúa aguas abajo del Parque Natural de Sierra de Cazorla, Segura y Las Villas.

#### **4.2.4. Residuos sólidos urbanos**

En ningún caso los emplazamientos de vertido y tratamiento de residuos se encuentran en zonas de recarga del manantial. Existe una escombrera a unos 350 m del núcleo urbano de Hinojares, aguas abajo de la captación, a una distancia 3 km, por tanto, la afección a las aguas subterráneas captadas por el manantial es nula.

#### **4.2.5. Aguas residuales**

Las aguas residuales urbanas generadas en el municipio se vierten después de un tratamiento secundario al Río Turrillas, y no representan una afección potencial para

las aguas subterráneas captadas por el abastecimiento por encontrarse fuera del ámbito de su recarga.

#### **4.3. FOCOS DE CONTAMINACIÓN PRÓXIMOS A LAS CAPTACIONES**

El único foco de contaminación próximo al manantial es la actividad agrícola formada por cultivos de olivar en secano y que se desarrolla unos 25 m al sur de la captación, en el entorno del arroyo de Las Palomas.

La situación de estos focos respecto al manantial Siete Fuentes se muestra en la siguiente figura:



Fig. 5. Entorno de la captación de abastecimiento

#### 4.4. INDICIOS DE CONTAMINACIÓN EN LAS CAPTACIONES

Los análisis de aguas del manantial Siete Fuentes presentan parámetros microbiológicos anómalos, ya que se ha detectado la presencia de E. Coli. Estos valores pueden ser debidos, según datos facilitados por el Ayuntamiento, a una antigua granja situada aguas arriba de la captación. Debido a esto, puede existir una

presencia de purines en el terreno que se infiltren y lleguen hasta el manantial de Siete Fuentes.

## **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.

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.

Los afloramientos carbonatados permeables presentan a priori un alto grado de vulnerabilidad a la contaminación debido a su elevada permeabilidad por fisuración-karstificación, 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 muy reducidas.

### **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.

Los valores de vulnerabilidad son bajos en toda la zona de recarga alóctona del manantial, formada por calizas y margas del cretácico inferior. La zona más próxima al manantial, que constituye la zona de recarga autóctona formada por calizas y dolomías del cretácico superior, tiene una vulnerabilidad alta y moderada, siendo los

valores altos los más próximos a la captación.

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

En la zona de recarga del manantial no se encuentra ningún foco potencial de contaminación que pueda producir una afección a las aguas subterráneas. Los cultivos de olivar, situados a una distancia de 25 m aguas abajo de la captación, se encuentran en terrenos de baja vulnerabilidad.

### 5.2.1. Tipología de la distribución de presiones y vulnerabilidad

Debido a que no se han encontrado focos potenciales de contaminación en la zona de recarga del mismo, el ámbito de la recarga está formado por terrenos de baja vulnerabilidad para la recarga alóctona y valores altos y moderados en la zona de recarga autóctona, pero sin encontrarse presiones significativas que puedan suponer afecciones al agua subterránea, al situarse éstas aguas abajo de la captación. No obstante, existen cultivos aguas abajo del manantial, a una distancia de 25 m del mismo. Estos cultivos se sitúan en una zona de vulnerabilidad baja, sin embargo, existe un área cultivada sobre materiales de alta vulnerabilidad con una superficie de 2.725 m<sup>2</sup>.

TIPO DE CONTAMINACIÓN	PRESIONES	CONTAMINANTES	DISTANCIA A LA CAPTACIÓN	VULNERABILIDAD
Difusa	Agrícola. Cultivos de secano	Nitratos Plaguicidas	25 m	Baja-Alta

## 5.3. EVALUACIÓN CUALITATIVA DE LA VULNERABILIDAD Y DEL 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.

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

<b>HI index</b>	<b>Clase de peligrosidad</b>
[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 del índice de vulnerabilidad obtenido con el método COP y el índice de peligrosidad. 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 en secano	25	1	1	25	Baja	1,341	0,053	Bajo

Los cultivos de olivar en secano situados a escasos metros del manantial suponen un riesgo bajo para las aguas subterráneas.

## **6. DELIMITACIÓN Y ZONIFICACIÓN DEL PERÍMETRO DE PROTECCIÓN**

En la definición del perímetro de protección 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**

El manantial drena principalmente un crestón de dolomías masivas y brechoides y calizas tableadas del Cretácico superior, así como los recursos alóctonos del arroyo de Las Palomas, infiltrados parcialmente al alcanzar el contacto con la barra carbonatada.

El caudal medio de este manantial se ha estimado en 10-20 l/s, aunque presenta importantes variaciones en función de las precipitaciones.

El sistema hidrogeológico subterráneo se desarrolla en el seno de una potente barra de materiales carbonatados (dolomías masivas y brechificadas y calizas tableadas) del Cretácico superior, que se dispone según una estructura groseramente monoclinial, con buzamientos de unos 30° al ESE. El muro de este paquete es una formación de margas arenosas y calcarenitas (Cretácico inferior), que se dispone según contacto estratigráfico normal, constituyendo el substrato impermeable de la unidad.

Hacia el ESE, el afloramiento carbonatado se ve interrumpido por un borde tectónico de contorno, que pone en contacto los mencionados materiales carbonatados del Cretácico superior con las margas y calizas del Mioceno (Terciario).

A partir de estas características y configuración geológica, los límites hidrogeológicos de la unidad acuífera vienen marcados por:

- Hacia el NE el límite de la unidad se ha establecido en una divisoria subterránea que coincidiría en gran medida con la divisoria superficial entre el pico Lanchas y el barranco de Majada Honda. Esta divisoria se encuentra dentro de la barra carbonatada y se ha establecido ante la falta de estructuras de entidad que pudieran ejercer un control hidrogeológico.
- Hacia el ESE, el contacto mecánico que limita a la unidad constituye un borde impermeable para el sistema.
- Por el NO, el límite de la unidad viene marcado por el contacto de muro de la formación carbonatada con las margas y calcarenitas del Cretácico inferior. Esta línea actúa como borde de recarga en buena parte de su traza, al menos donde existe cuenca alóctona vertiente hacia ella.
- Hacia el Oeste se localiza la zona de descarga de la unidad, en un punto bajo de la formación carbonatada donde confluyen el contacto mecánico que limita el macizo por el ESE y el contacto basal de una importante acumulación coluvial, localizada al pie de los escarpes carbonatados del pico Lanchas.

A continuación se representa el esquema geológico de los límites definidos.



### **6.1.2. Funcionamiento (isopiezas y líneas de flujo)**

A tenor de la configuración del acuífero, la dirección del flujo subterráneo es hacia el Oeste, condicionada por la localización del nivel de base (punto bajo del afloramiento carbonatado) y por la disposición estructural del paquete carbonatado. También deben de existir otros flujos subterráneos menores procedentes del Norte, de la infiltración parcial del arroyo de las Palomas al interceptar la barra de dolomías y calizas tableadas.

El máximo desnivel potencial es de unos 500 m, entre las cotas más elevadas de la superficie de recarga autóctona y el manantial, lo que sugiere un amplio desarrollo vertical de la zona vadosa. Este factor va a condicionar una respuesta rápida del sistema, sin apenas capacidad de regulación y modulación, con fuertes contrastes entre los caudales altos y los de estiaje.

Como ya se ha indicado, la descarga del sistema (Siete Fuentes) se produce en la cota más baja de la zona de contacto entre el coluvión, la formación carbonatada y el borde impermeable de carácter tectónico del ESE.

Respecto a la recarga del sistema, se pueden diferenciar tres ámbitos con implicaciones hidrogeológicas, y respecto a la vulnerabilidad, muy diferentes:

- Recarga directa y difusa sobre el afloramiento carbonatado: presenta dos elementos que permiten una ligera modulación de la recarga, como es el epikarst y una zona vadosa de gran espesor.
- Recarga directa y difusa sobre el coluvión: la modulación o filtrado es nulo debido a que se trata de una acumulación de bloques calizos sin apenas material fino intercalado y a que se encuentra en la zona inmediata aguas arriba del manantial, por lo que el espesor de la zona vadosa también será muy reducido.
- Recarga alóctona: procede de la infiltración puntual y parcial de las escorrentías generadas en la cabecera del arroyo de las Palomas (materiales

de baja permeabilidad) cuando dicho cauce atraviesa la barra carbonatada. La infiltración se produce a través del contacto de muro del paquete carbonatado y su tasa variará de forma importante en función de los caudales que porte el arroyo. En aguas altas: la infiltración será limitada, mientras que en estiaje podrá llegar a ser del cien por cien.

En consecuencia, la ponderación de una tipología de recarga u otra en el balance general de los recursos drenados por el manantial de Siete Fuentes va a depender fundamentalmente del estado de la recarga del sistema. Así, durante las épocas de estiaje disminuirá el peso de la recarga difusa (autóctona) frente a la participación de la recarga alóctona, mientras que en episodios de recarga intensa disminuirá la participación de la recarga alóctona frente a la difusa.

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

Para tantear 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)
213870005	Manantial	Manantial Siete Fuentes	10-20	Mixto	Libre	500	0,70	1,00	1,70

## 6.3. ZONAS DE INFLUENCIA Y ZONAS DE ALIMENTACIÓN

Para la estimación del área de recarga se ha considerado la lluvia útil reseñada en las Normas para la masa Quesada-Castril, que se sitúa en torno a los 500 mm/a. La tasa de infiltración en las zonas de recarga directa se ha estimado en un 90%, atendiendo

a las características de los materiales y su organización interna. Por otra parte, para las zonas de infiltración preferencial generadas por la irrupción de un cauce externo en la unidad acuífera, se ha estimado una tasa de infiltración para los recursos alóctonos en torno al 20-30% como media, aunque este porcentaje variará en función del estado foronómico del cauce (aguas altas o estiaje).

A partir de esta aportación media de 10-20 l/s y los condicionantes de la tasa de infiltración y de los parámetros climáticos, se ha extrapolado una cuenca de alimentación de aproximadamente 5,2 km<sup>2</sup>. Esta área de recarga se divide entre la extensión del cuerpo acuífero propiamente dicho (recarga difusa directa), que supone unos 0,8 km<sup>2</sup>, con una tasa de infiltración del 90%, y la cuenca alta del arroyo de Las Palomas, que se infiltra parcialmente (10-30%) al alcanzar el contacto con la barra carbonatada, que supone una superficie de 4,60 km<sup>2</sup>.

#### 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 = 20 l/s

$T$  = 40 m<sup>2</sup>/día

$m_e$  = porosidad eficaz = 0,01

Los datos obtenidos son los siguientes:

	$S_o$ (m)	$S_u$ (m)	$B$ (m)	$B'$ (m)
<b>MANANTIAL SIETE FUENTES</b>	27	26	2.160	1.080

En vista a los resultados se define una zona de restricciones absolutas de radio 30 m en torno a la captación.

#### 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:

	<b>S<sub>o</sub> (m)</b>	<b>S<sub>u</sub> (m)</b>	<b>B (m)</b>	<b>B' (m)</b>
<b>MANANTIAL SIETE FUENTES</b>	235	175	2.160	1.080

Teniendo en cuenta la configuración del acuífero, la zona de restricciones máximas se delimitará mediante criterios hidrogeológicos debido a que se considera insuficiente la extensión obtenida para esta zona mediante el método de Wyssling.

Finalmente esta zona se delimita por el Norte en el arroyo situado al norte del Collado del Rasete, continuando este límite hacia el Este hasta el Cerro de Cuenca.

#### **6.6. ZONA DE RESTRICCIONES MODERADAS**

La zona de restricciones moderadas limita el área comprendida entre la zona de restricciones máximas y la isocrona de 4 años.

Debido a la configuración geológica del acuífero del que explota agua la captación objeto del perímetro de protección, 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 las zonas de recarga autóctona y alóctona para la captación de abastecimiento. Por tanto la zona de restricciones moderadas será la envolvente de las dos zonas indicadas.

#### **6.7. ZONA DE PROTECCIÓN DE LA CANTIDAD**

Se delimita un perímetro de protección de la cantidad, con el apoyo de criterios hidrogeológicos, en función del grado de afección que podrían producir determinadas captaciones en los alrededores.

Para la protección de la cantidad del manantial de abastecimiento se definirá un

perímetro en función del radio de influencia R:

$$R = 1,5 (T t / S)^{1/2} = 2.598 \text{ m}$$

Donde:

T = transmisividad = 500 m<sup>2</sup>/día

t = tiempo de bombeo (120 días)

S = coeficiente de almacenamiento = 0,02

La zona de protección de la cantidad se delimita mediante una radio de 2.600 m con centro en la captación, y dentro de la zona de restricciones moderadas.

## **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.

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
<b>AGRICULTURA Y GANADERÍA</b>			
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
<b>RESIDUOS SÓLIDOS</b>			
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
<b>VERTIDOS LÍQUIDOS</b>			
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
<b>ACTIVIDADES INDUSTRIALES</b>			
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
<b>OTROS</b>			
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 manantial Siete Fuentes explota la Masa de Agua Subterránea (MAS) 05.02 “Quesada – Castril” constituido fundamentalmente por materiales calizo-dolomíticos del Lías inferior. Este manantial corresponde al nacimiento del Río Turrilla y se encuentra aguas abajo del Parque Natural de Sierra de Cazorla, Segura y Las Villas.

Tiene un caudal medio de 5-10 l/s, pudiendo llegar en épocas de mayores precipitaciones a los 20 l/s. Una parte del caudal se capta para el abastecimiento del núcleo de Cuenca, y el sobrante se vierte al Arroyo de las Palomas.

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 nº 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 MAS 05.02 (Quesada-Castril)

ITGE. Mapa geológico de España, escala 1:50 000. Hoja de Pozo Alcón nº 21-38 (949).

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

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.

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

## **ANEXOS**

**ANEXO I**  
**REPORTAJE FOTOGRÁFICO**



Foto 1. Manantial Siete Fuentes, Cuenca, Hinojares.



Foto 2. Manantial Siete Fuentes, Cuenca, Hinojares.



Foto 3. Manantial Siete Fuentes, Cuenca, Hinojares.

**ANEXO II**  
**FICHAS DE INVENTARIO DE CAPTACIONES**

**Instituto Geológico y Minero de España**

**INVENTARIO PUNTO ACUÍFERO**

1 N° de registro **213870006**

2 COORDENADAS Lambert

N° de puntos descritos **1**

Hoja topográfica 1/50.000 **POZO ALCÓN**

Número **949**

X **502619** Y **9196564**

Mzso Sector X Y

**30 S** **502619** **9196564**

3 Croquis acotado o mapa detallado

4 Cuenca hidrográfica **GLADALQUIR**

Unidad hidrogeológica **02**

Sistema acuífero

Provincia **JAEN**

Término Municipal **HINOJARES**

Toponimia **CLER TUENDES**

5 Objeto

Cota **905**

Referencia topográfica

6 Naturaleza **MANANTIAL**

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**

Cantidad extraída (Dm³)

Durante **dis** 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. U Ve**

11 MEDIDAS DE NIVEL Y/O CAUDAL

Fecha	Altura del agua respecto a la referencia	Caudal m/h	Cota absoluta del agua	Método de medida

12 Sistema de Explotación:

13 Zonas Húmedas:

14 Usuario **ALGUACIL DEL AYUNTAMIENTO DE HINOJARES**

Nombre Propietario **953 39 11**

Dirección **PLAZA DE LA CONSTITUCIÓN N.º 1** Localidad **HINOJARES**

16 OBSERVACIONES

18 Modificaciones efectuadas en los datos del punto acuífero

Año en que se efectuó la modificación

17 Instruido por **TOHÁS EGIDO**

Fecha **12 / 11 / 08**

Consumo anual (m³/año)	<b>33.270</b>	Días de bombeo	
Caudal instantáneo (l/s)		Consumo municipio (m³/año)	<b>25.592</b>
Volumen diario (m³/día)	<b>914</b>	Entidad gestora	<b>Ayto. Hinojares</b>



**ANEXO III**  
**FICHAS DE INVENTARIO DE PRESIONES**

## PRESIONES INVENTARIADAS EN CAMPO

Provincia	Término Municipal	Nucleo urbano	Dirección/Paraje	Nombre	Tipo de actividad	Topología	Estado	Descripción	Sustancias contaminantes	UTM X	UTM Y	Superficie (m2)	Captacion	Distancia a la captacion	Otras captaciones	Distancia al cauce más próximo	Nombre del cauce
Jaén	Hinojares	Hinojares	Carretera JV-3265 k. 34,5	Cementerio	Cementerio	Puntual	Activo	Cementerio	Materia orgánica	500430	4174689	1800	Manantial Siete Fuentes	1500			Río Turillas

**ANEXO IV**  
**ANÁLISIS QUÍMICOS**

<b>CLIENTE:</b> Ayuntamiento de Hinojares	<b>Ref. muestra:</b> 268/08/AG/005
<b>Dirección:</b> Plaza de la Constitución 1	<b>Tipo de Análisis:</b> De control en depósitos
<b>Localidad:</b> 23486 Hinojares (Jaén)	

<b>TIPO DE AGUA:</b> De abastecimiento público	
<b>Fecha de muestra:</b> 09-07-08	<b>Fecha de comienzo del análisis:</b> 09-07-08
<b>Red de muestreo:</b> Red de abastecimiento de Aldea de Cuenca	
<b>Punto de muestreo:</b> Depósito	
<b>Cond. de transporte:</b> Refrigeración	<b>Cond. de almacenamiento:</b> Refrigeración

**ANALITICA SEGUN REAL DECRETO 140/2003 DE 7 DE FEBRERO**

	Resultados obtenidos	Unidades	[ ] máx. admisible	Método Analítico
<b>ANALISIS ORGANOLEPTICO</b>				
	Olor : No se aprecia		3 diluciones a 25 °C	PNT FQ19
	Sabor : No se aprecia		3 diluciones a 25 °C	PNT FQ19
	Color = <10 mg Pt/l		15 mg Pt/l	PNT FQ17
	Turbidez = 0,24 U.N.F.		1 U.N.F.	PNT FQ18
<b>ANALISIS FISICO</b>				
	pH = 7,62		6,5-9,5	PNT FQ21
	Conductividad a 20 °C = 453 µS/cm		2.500 µS/cm	PNT FQ20
<b>ANALISIS QUIMICO</b>				
	Amonio (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) = <0,1 mg/litro		0,5 mg/litro	PNT FQ5
<b>ANALISIS MICROBIOLOGICO</b>				
	Bacterias Coliformes = 9 u.f.c./100 ml		0 en 100 ml	PNT M1
	Escherichia Coli = 9 u.f.c./100 ml		0 en 100 ml	PNT M1
	Bacterias aerobias a 22 °C = 216 u.f.c./ml		100 u.f.c./ml	PNT M2
	Clostridium perfringens = Ausencia u.f.c./100 ml		0 en 100 ml	PNT M9
<b>OTROS</b>				
	Agente desinfectante residual			
	Cloro residual libre = <0,05 mg Cl <sub>2</sub> /litro		0,2-1,0 mg Cl <sub>2</sub> /litro	PNT FQ12

**Dictamen:** Los parámetros ensayados NO cumplen con el R.D. 140/2003  
Niveles de cloro residual libre por debajo del mínimo  
Contaminación microbiológica  
En Baza, a 15 de julio de 2008

VºBº El Director Técnico

Fdo: José H. Hortal Sánchez  
Lcdo. en Ciencias Químicas/  
18800 BAZA (Granada)

VºBº El Responsable de Calidad

Fdo: Fº José Martínez Pozo  
Lcdo. en Ciencias Químicas y T. A.

QUIMICA BAZA responde únicamente de las características por el ensayadas y no del producto en general

Por el Servicio de Análisis de Alimentos de la Junta de Andalucía, con el n.º A-2344  
 Se declara Pública para la formación de manipuladores de alimentos, con el n.º 229/Andel  
 Junta de Andalucía, Pesca y Alimentación para el análisis de aguas y alimentos, con el n.º A-2364U

<b>CLIENTE:</b> Ayuntamiento de Hinojares	<b>Ref. muestra:</b> 268/08/AG/008
<b>Dirección:</b> Plaza de la Constitución 1	<b>Tipo de Análisis:</b> De control en grifo
<b>Localidad:</b> 23486 Hinojares (Jaén)	

<b>TIPO DE AGUA:</b> De abastecimiento público	<b>Fecha de muestra:</b> 17/09/2008	<b>Fecha de comienzo del análisis:</b> 17/09/2008
<b>Red de muestreo:</b> Red de abastecimiento de Hinojares		
<b>Punto de muestreo:</b> Fuente pública		
<b>Cond. de transporte:</b> Refrigeración	<b>Cond. de almacenamiento:</b> Refrigeración	

**ANALITICA SEGUN REAL DECRETO 140/2003 DE 7 DE FEBRERO**

	<b>Resultados obtenidos</b>	<b>Unidades</b>	<b>[ ] máx. admisible</b>	<b>Método Analítico</b>
<b>ANALISIS ORGANOLEPTICO</b>				
	Olor : No se aprecia		3 diluciones a 25 °C	PNT FQ19
	Sabor : No se aprecia		3 diluciones a 25 °C	PNT FQ19
	Color = <10 mg Pt/l		15 mg Pt/l	PNT FQ17
	Turbidez = 0,32 U.N.F.		5 U.N.F.	PNT FQ18
<b>ANALISIS FISICO</b>				
	pH = 7,60		6,5-9,5	PNT FQ21
	Conductividad a 20 °C = 682 µS/cm		2.500 µS/cm	PNT FQ20
<b>ANALISIS QUIMICO</b>				
	Amonio (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) = <0,1 mg/litro		0,5 mg/litro	PNT FQ5
	Hierro = <0,1 mg/litro		0,2 mg/litro	PNT FQ11
<b>ANALISIS MICROBIOLOGICO</b>				
	Bacterias Coliformes = Ausencia u.f.c./100 ml		0 en 100 ml	PNT M1
	Escherichia Coli = Ausencia u.f.c./100 ml		0 en 100 ml	PNT M1
<b>OTROS</b>				
	Agente desinfectante residual			
	Cloro residual libre = 0,24 mg Cl <sub>2</sub> /litro		0,2-1,0 mg Cl <sub>2</sub> /litro	PNT FQ12

**Dictamen:** Los parámetros ensayados cumplen con el R.D. 140/2003

En Baza, a 19 de septiembre de 2008.

VºBº El Director Técnico  
 Fdo: José M. Hortal Sánchez  
 Lcdo. en Ciencias Químicas

**QUIMICA BAZA, S.L.L.**  
 C.I.F. B - 18553420  
 C/. Solares, 26 - Bajos  
 18800 BAZA (Granada)

VºBº El Responsable de Calidad  
 Fdo: Fco José Martínez Pozo  
 Lcdo. en Ciencias Químicas y T. A.

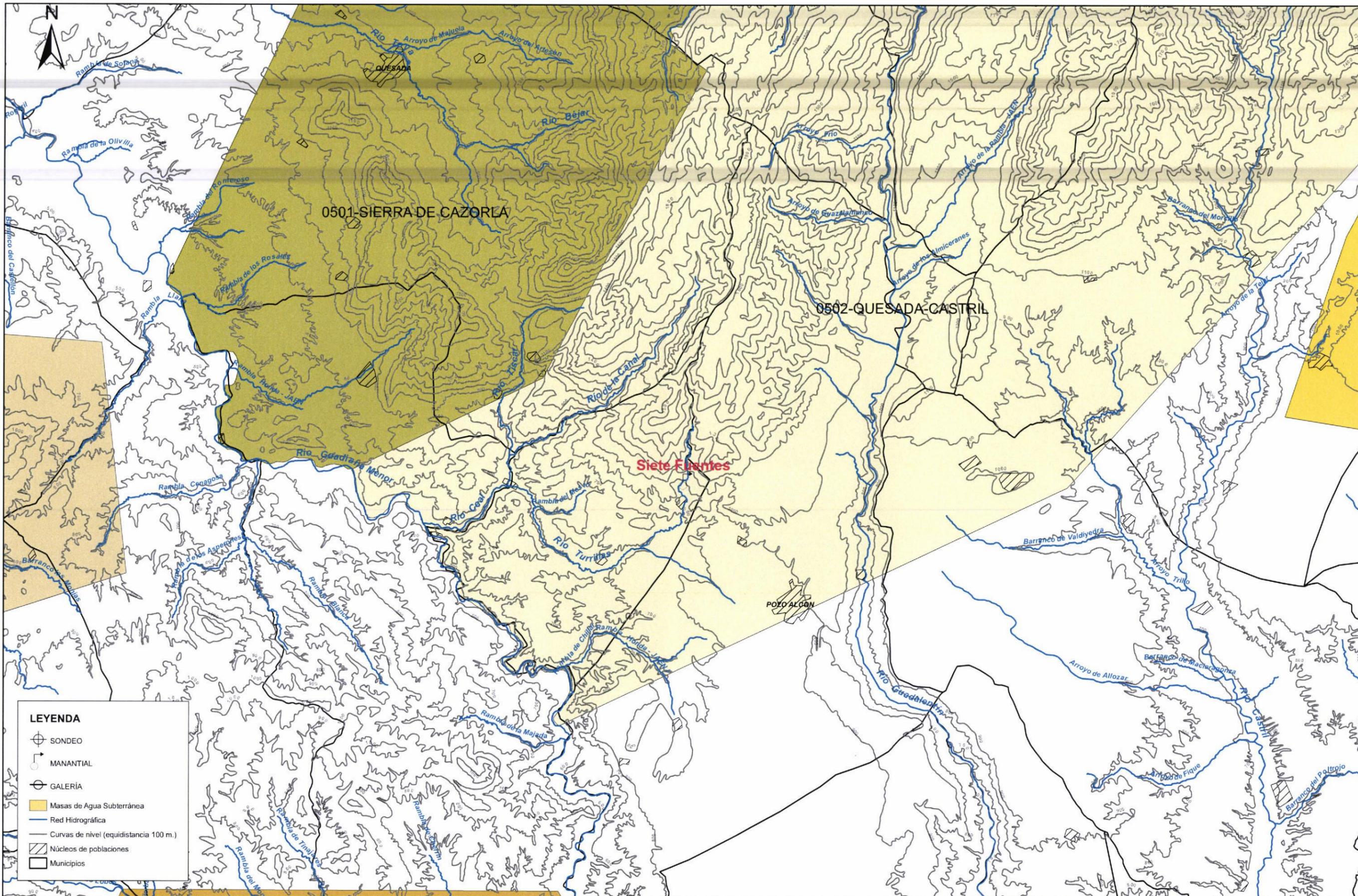
QUIMICA BAZA responde únicamente de las características por él ensayadas y no del producto en general

## **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



GOBIERNO DE ESPAÑA  
MINISTERIO DE CIENCIA E INNOVACION



Agencia Andaluza del Agua  
CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE



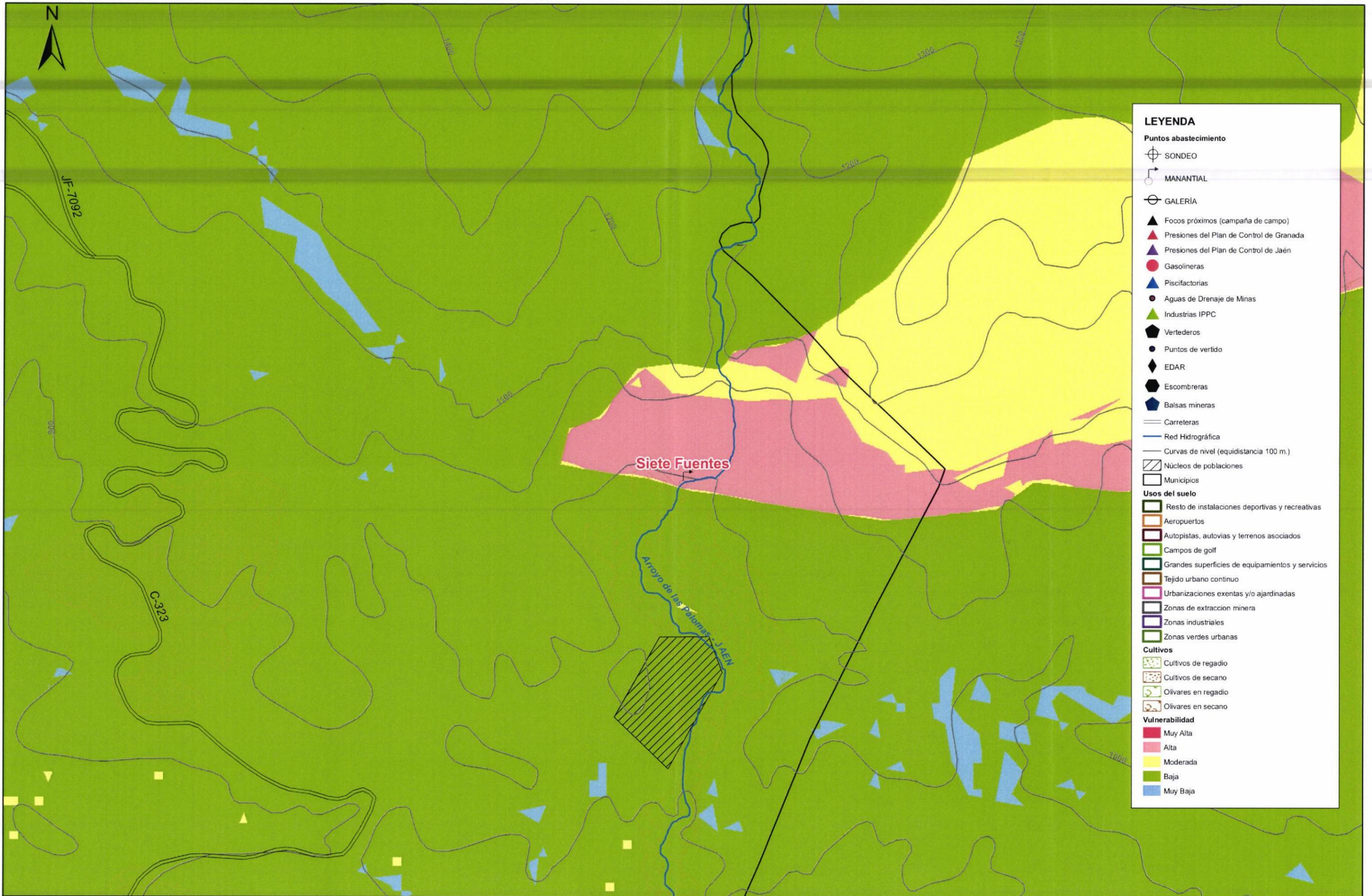
GOBIERNO DE ESPAÑA  
MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO

DIRECCIÓN GENERAL DEL AGUA  
CONFERENCIACIÓN HIDROGRÁFICA DEL GUADALQUIVR

ESCALA:  
**1:100.000**  
0 1.000 2.000 m.

TÍTULO:  
**PLANO DE SITUACIÓN. MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA**

PLANO  
Nº 1



**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
- Piscifactorías
- 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**

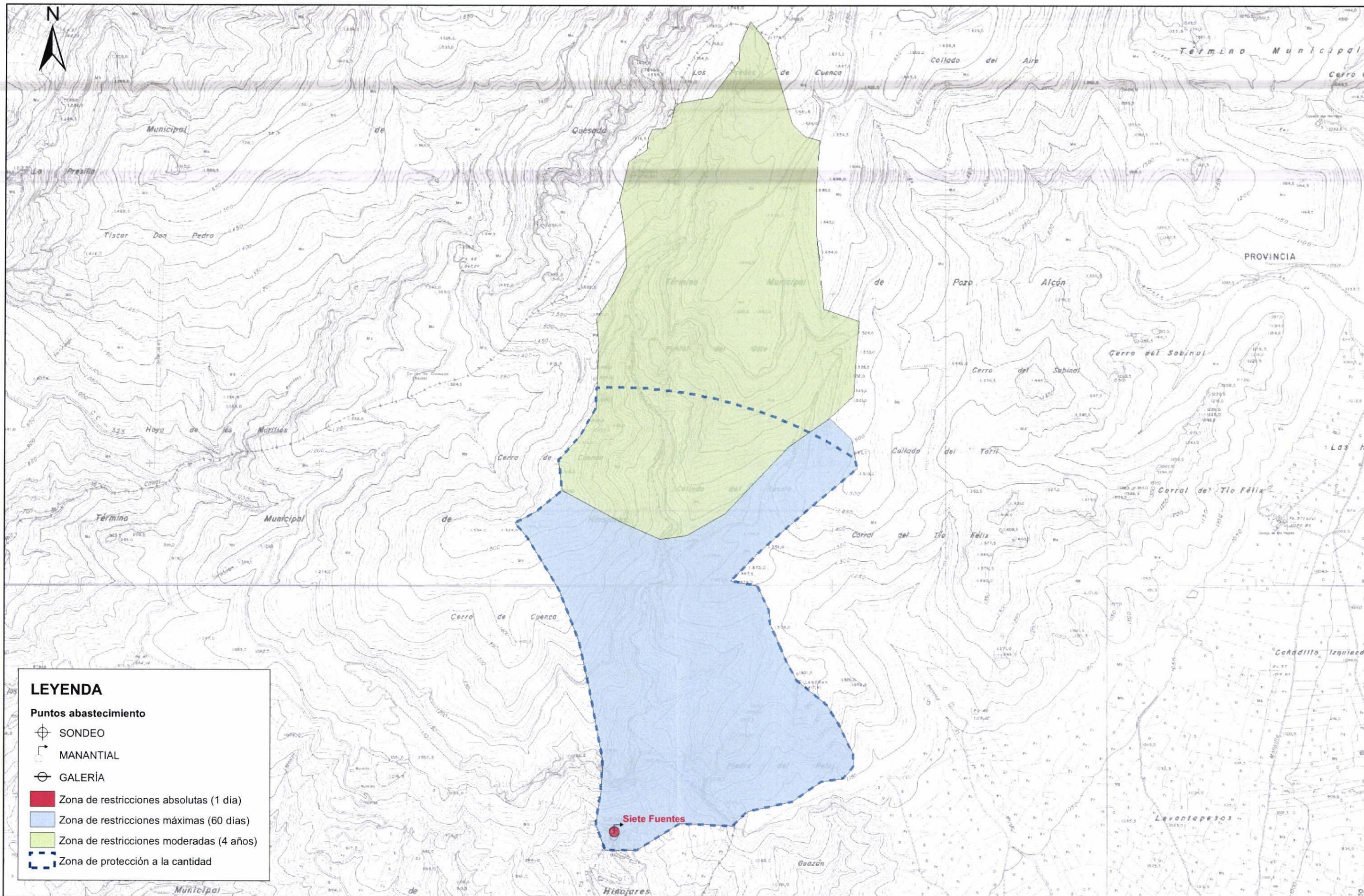
- Resto de instalaciones deportivas y recreativas
- Aeropuertos
- Autopistas, autovías y terrenos asociados
- Campos de golf
- Grandes superficies de equipamientos y servicios
- Tejido urbano continuo
- Urbanizaciones exentas y/o ajardinadas
- Zonas de extracción minera
- Zonas industriales
- Zonas verdes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

**Cultivos**

- Cultivos de regadío
- Cultivos de secano
- Olivares en regadío
- Olivares en secano

**Vulnerabilidad**

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



**LEYENDA**

- Puntos abastecimiento**
- ⊕ SONDEO
  - └─┘ MANANTIAL
  - ⊖ GALERIA
- Zona de restricciones absolutas (1 día)
  - Zona de restricciones máximas (60 días)
  - Zona de restricciones moderadas (4 años)
  - ⋯ Zona de protección a la cantidad