



MINISTERIO  
DE EDUCACIÓN  
Y CIENCIA



Instituto Geológico  
y Minero de España

## PROPUESTA DE PERÍMETROS DE PROTECCIÓN

# JÓDAR

CORREO

granada@igme.es

Urb. Alcázar del Genil, 4  
Edif. Zulema. Bajo.  
18006-Granada  
Tel. : 958 18 31 43/46  
Fax : 958 122 990



## **ÍNDICE**

### **1. INTRODUCCIÓN**

### **2. SITUACIÓN ACTUAL DEL ABASTECIMIENTO**

### **3. GEOLOGÍA E HIDROGEOLOGÍA**

- 3.1. Marco geológico
- 3.2. Descripción hidrogeológica
- 3.3. Límites y geometría del acuífero
- 3.4. Hidroquímica del sector
- 3.5. Parámetros hidrodinámicos y piezometría
- 3.6. Funcionamiento hidrogeológico y balance hidráulico

### **4. VULNERABILIDAD DEL ACUÍFERO FRENTE A LA CONTAMINACIÓN**

- 4.1. Inventario de focos contaminantes
- 4.2. Vulnerabilidad frente a la contaminación
- 4.3. Sistema de vigilancia

### **5. DELIMITACIÓN DE LAS ZONAS DE PROTECCIÓN**

- 5.1. Introducción
- 5.2. Zona de restricciones absolutas
- 5.3. Zona de restricciones máximas
- 5.4. Zona de restricciones moderadas
- 5.5. Protección de la cantidad
- 5.6. Poligonal envolvente

### **6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## **BILIOGRAFÍA**

## **ANEXOS**

ANEXO I: Tabla de ordenación de actividades

ANEXO II: Ficha de inventario de los puntos de abastecimiento



## 1. INTRODUCCIÓN

La realización de este estudio se enmarca en el Convenio de asistencia técnica suscrito entre la Excm. Diputación de Jaén y el Instituto Geológico y Minero de España.

La dirección técnica y supervisión de este estudio ha sido llevada a cabo por D. Juan Antonio Luque Torres (IGME), siendo G&V Aplicaciones Ambientales S.L. la empresa redactora en colaboración con los geólogos D. José Luis García García y D. Manuel Hódar Correa.

El perímetro de protección de captaciones de agua para abastecimiento público es una figura contemplada en la Directiva Marco del Agua (D.M.A.) (2000/60/CE), elaborada por la Unión Europea en 2000 y que está prevista en la legislación española sobre aguas:

- Art. 42, 56 y 97 c del Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas.
- Art. 172 y 173 del Reglamento del Dominio Público Hidráulico (R.D.P.H.), aprobado por R.D. 849/1986, de 11 de abril.
- Art. 82 del Reglamento de la Administración Pública del Agua y de la Planificación Hidrológica (R.A.P.A.P.H.), aprobado por R.D. 927/1988, de 29 de julio
- Art. 7 y 13 de Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano.

El perímetro de protección aparece también recogido en el artículo 6 de la Directiva 2006/118/CE, de 12 de diciembre de 2006, relativa a la protección de las aguas subterráneas contra la contaminación y el deterioro. En este artículo se confirma la importancia del perímetro de protección como herramienta útil para evitar la entrada en los acuíferos de sustancias contaminantes que alteren la calidad de las aguas.

La planificación hidrológica en España contempla los perímetros de protección de captaciones de abastecimiento en el Plan Hidrológico Nacional (P.H.N.), así como en los Planes Hidrológicos de cuenca, aprobados mediante R.D. 1664/1998, de 24 de julio.

Según el artículo 173.3 del R.D.P.H., estos perímetros “tienen por finalidad la protección de captaciones de agua para el abastecimiento a poblaciones o zonas de especial interés ecológico, paisajístico, cultural o económico”.

La legislación estatal prevé dos posibilidades a la hora de la determinación del perímetro, ya sea a través de los planes hidrológicos (artículo 42 del texto refundido de la Ley de Aguas) o, en su ausencia, o para completar sus determinaciones, por el Organismo de cuenca (artículo 56.3 del texto refundido de la Ley de Aguas y artículo 173 del R.D.P.H.). El procedimiento se iniciará (artículo 173.3 del R.D.P.H.):



- De oficio en las áreas de actuación del Organismo de cuenca.
- A solicitud de la autoridad medioambiental.
- A solicitud de la autoridad municipal.
- A solicitud de cualquier otra autoridad sobre la que recaigan competencias sobre la materia.

Las actividades que pueden ser restringidas o prohibidas en el área definida por el perímetro de protección están indicadas en el artículo 173.6 del R.D.P.H. Sin embargo, el alcance e importancia de estas limitaciones llegaría a impedir prácticamente el desarrollo de cualquier actividad si se aplicase a toda la extensión del perímetro, por lo que el artículo 173.5 del R.D.P.H. señala respecto a las actividades que podrán imponerse condicionamientos en el ámbito del perímetro a ciertas actividades o instalaciones que puedan afectar a la cantidad o la calidad de las aguas subterráneas. Dichas actividades o instalaciones se relacionarán en el documento de delimitación del perímetro. El sistema más frecuentemente empleado consiste en dividir el perímetro en diversas zonas alrededor de la captación, graduadas de mayor a menor importancia en cuanto a las restricciones de actividad impuestas sobre ellas.



## 2. SITUACIÓN ACTUAL DEL ABASTECIMIENTO

Actualmente para abastecimiento a Jimena se usan las siguientes captaciones:

- Sondeo Fuente Vieja o Jódar V, con nº IGME 2038-3-0012
- Sondeo Los Tomillares, con nº IGME 2037-6-0022
- Sondeo Jódar IV, con nº IGME 2037-4-0024
- Sondeo Jódar III, con nº IGME 2037-6-0025

Todas las captaciones explotan recursos de la masa de agua 05.14 Bédmar – Jódar.

Para más información, se remite al lector a las memorias municipales de la 2ª Fase del Plan de Control de recursos y gestión de captaciones de aguas subterráneas para abastecimientos urbanos de la provincia de Jaén.



### **3. GEOLOGÍA E HIDROGEOLOGÍA**

#### **3.1. Marco geológico**

La masa de agua 05.14 Bédmar – Jódar está conformada por sedimentos pertenecientes al dominio estratigráfico del “Prebético de Jaén”, en el borde septentrional de los afloramientos de las Zonas Externas de las Cordilleras Béticas, en contacto con los materiales de la Depresión del Guadalquivir (IGME, 1988).

Las unidades litoestratigráficas que aparecen son las siguientes (ITGE, 1992 a y b):

- Triásico. Se trata de una alternancia de materiales arcillosos rojizos, limolitas y yesos en bancos masivos.
- Cretácico inferior. Los niveles inferiores consisten en una alternancia de areniscas calcáreas y margas verdosas. Los niveles superiores son una alternancia de margas y arcillas verdes y amarillentas con calizas bioclásticas y calizas amarillentas. Su potencia es superior a los 200 metros.
- Cretácico superior. Corresponde a una potente serie formada fundamentalmente por calizas grises, beige y blancas, bioclásticas u oolíticas que en los afloramientos de la Cueva del Aire y de la Serrezuela de Bedmar aparecen casi totalmente dolomitizadas. Tiene unos 600 metros de potencia.
- Cretácico superior. Corresponde a una potente serie formada fundamentalmente por calizas grises, beige y blancas, bioclásticas u oolíticas que en los afloramientos de la Cueva del Aire y de la Serrezuela de Bedmar aparecen casi totalmente dolomitizadas. Tiene unos 600 metros de potencia.
- Cuaternario. Se trata de conglomerados, gravas y arcillas que conforman los depósitos de origen coluvial y aluvial existentes en la zona de escasa potencia.

#### **3.2. Descripción hidrogeológica**

La masa de agua Bedmar – Jódar tiene una superficie de materiales permeables próxima a 17 km<sup>2</sup> (IGME, 1983) con potencias del orden de 600 metros, de materiales carbonatados cretácicos y miocenos. El conjunto reposa sobre las margas del Cretácico inferior y a su vez está solapado por margas del Mioceno.

Sobre la base de la geometría de la unidad, se pueden diferenciar dos subunidades:



- Subunidad de Bedmar – Jódar s.e: Su superficie de afloramientos permeables es próxima a 14 km<sup>2</sup>. Los materiales acuíferos que la constituyen son calizas y dolomías del Cretácico superior y localmente calizas algales miocenas. El sustrato impermeable está constituido por margoareniscas del Cretácico inferior.
- Subunidad de la Golondrina: Tiene una superficie de afloramientos permeables de unos 3 km<sup>2</sup>. Los materiales acuíferos que la constituyen son los mismos que los de la subunidad de Bedmar-Jódar s.e. y también su sustrato, a excepción de las calizas miocenas que no aparecen en este afloramiento. Los límites septentrional y meridional corresponden a límites abiertos, en contacto con materiales cuaternarios que presentan cierta permeabilidad.

### **3.3. Límites y geometría del acuífero**

La masa de agua se sitúa en la comarca de Jódar dentro de la provincia de Jaén, a unos 35 km al este de la capital.

Se trata de una masa de agua carbonatada permeable por fisuración-karstificación, fundamentalmente libre aunque pudiera presentar confinamiento bajo los sedimentos impermeables que la limitan, especialmente en su borde oriental.

La estructura de los materiales cretácicos de la Cueva del Aire, consiste en un anticlinal asimétrico de dirección NE-SO, vergente al oeste, en cuyo núcleo llegan a aflorar las margas de base. Se encuentra totalmente rodeado por los materiales impermeables de techo (IGME, 1988). En la Golondrina, la estructura es un anticlinal tumbado de dirección ENE-OSO y vergencia norte, el flanco septentrional es prácticamente vertical, mientras que el meridional tiene un buzamiento aproximado de 30-40°. Está rodeada en su mayor parte por materiales arcillosos terciarios en contacto discordante, excepto en su extremo suroeste, en el que los materiales calizos cretácicos aparecen en contacto mecánico con las arcillas y yesos triásicos (DGOH, 1995).

### **3.4. Hidroquímica del sector**

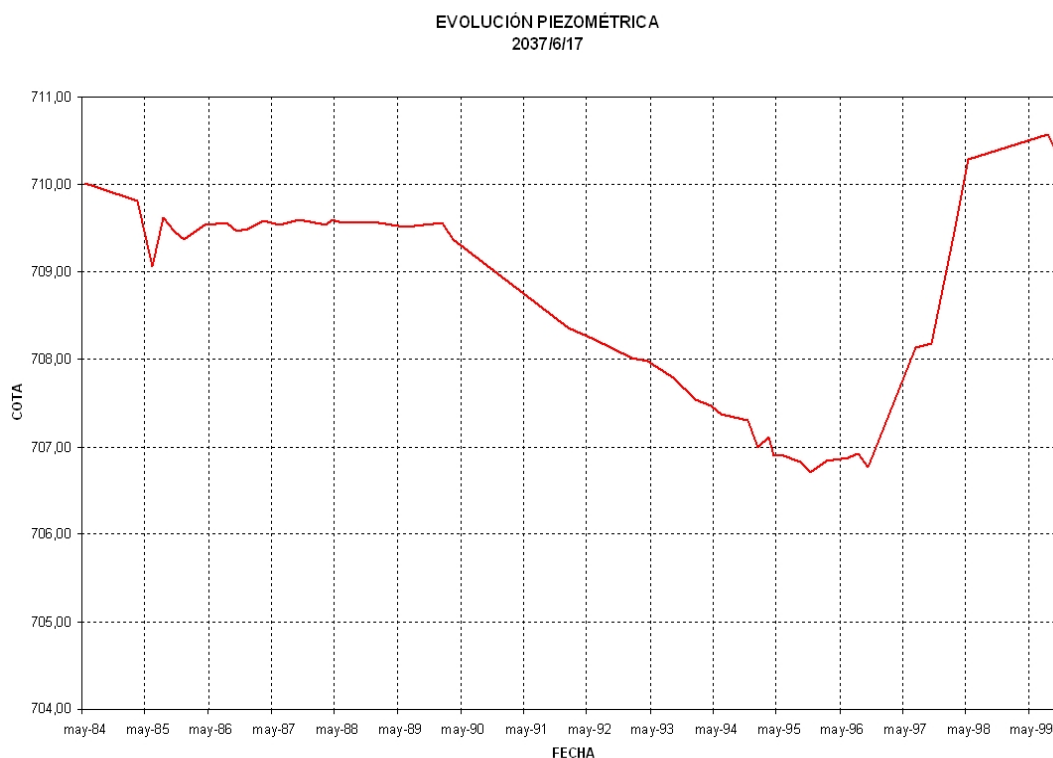
Las aguas subterráneas de la unidad presentan una composición bicarbonatada cálcica, cálcica-magnésica o magnésico-cálcica acorde con el tipo de materiales que constituyen el acuífero, la mineralización es ligera y la dureza media.

### **3.5. Parámetros hidrodinámicos y piezometría**

En el sondeo nº 2038/2/22 realizado por el SGOP en 1991 se obtuvo, tras un bombeo de 23 horas de duración con un caudal de 109 l/s, una transmisividad de 6.640 m<sup>2</sup>/día, mientras que

en el sondeo nº 2038/2/24, también realizado por el SGOP, se obtuvo una transmisividad de 6,3 m<sup>2</sup>/día tras 22 horas de bombeo con un caudal de 2,2 l/s (DGOH, 1993). Por otra parte, en algunos sondeos efectuados por el antiguo INC en las inmediaciones de Jódar se obtuvieron caudales específicos comprendidos entre 30 y 50 l/s/m (IGME, 1983). Por último, un informe del SGOP (DGOH, 1991) cita una transmisividad de 1.000 m<sup>2</sup>/día obtenida en ensayos de bombeos sin que se especifique el punto en el que se realizó.

La evolución piezométrica en la subunidad de Bedmar-Jódar s.e. se conoce, fundamentalmente, gracias al control periódico que desde 1984 realiza el IGME en el sondeo nº 2037/6/17, aunque existen datos puntuales en otros sondeos desde 1963 (2037/6/1). A partir de 1995, la CHG controla los puntos nº 2038/2/23 y 34.



**Figura 1. Evolución piezométrica de la UH 05.14**

Entre los años 1963 y 1985 se registraron descensos en los niveles de unos 10 m en el sector de Jódar. En el gráfico de evolución de niveles (fig 1), correspondiente al piezómetro nº 2037/6/17 controlado por el IGME, se observa un descenso de niveles del orden de 1 metro hasta 1985 y una estabilización hasta 1989, a partir de aquí, y coincidente con la sequía de los años noventa, se observa un descenso de niveles continuado hasta el año 1996 que puede cifrarse en unos 3 metros. Posteriormente, y debido a las abundantes lluvias de finales de los noventa se observa una espectacular recuperación incluso por encima de los niveles registrados en 1984.



### 3.6. Funcionamiento hidrogeológico y balance hidráulico

La alimentación se produce exclusivamente a través de la infiltración directa de las precipitaciones.

Actualmente las salidas se originan mediante bombeos en los sondeos existentes con excepción de unos 5-7 l/s que se drenan por los manantiales del nordeste, fundamentalmente la Fuente de Garciez (2037/6/12) y El Pradillo (2037/7/5), estando los demás secos.

Antes de comenzar las extracciones por bombeos, los recursos eran drenados fundamentalmente por el manantial de Carratraca (2038/2/9) y Mahoma (2038/2/11) al suroeste, y Fuente de Garciez (2037/6/12) y fuentes públicas de Jódar, al noreste, debiendo marcar cada grupo la posición del nivel piezométrico en su respectivo sector a 680 y 640 metros de cota.

La Subunidad de la Golondrina no presenta salidas visibles, tampoco se conoce la posición del nivel piezométrico al no existir sondeos; se supone que podría drenar sus recursos de forma oculta hacia la Subunidad de Bedmar-Jódar s.e. o bien hacia los materiales cuaternarios que recubren parte de sus bordes.

Los principales datos del balance que se ofrece a continuación proceden de IGME (1983 y 1988), que son los que definen con mayor rigor y profundidad las componentes del mismo. Ambos informes son de la década de los 80 y necesitan una actualización especialmente en lo que se refiere a las entradas ya que la explotación por bombeos parece mantenerse más o menos semejante.

#### Entradas:

Subunidad de Bedmar-Jódar s.e.	
- Infiltración de agua de lluvia (80% de Llu)	1,7 hm <sup>3</sup> /año
Subunidad de La Golondrina.	
- Infiltración de agua de lluvia (80% de Llu)	0,5 hm <sup>3</sup> /año
TOTAL	2,2 hm <sup>3</sup> /año

#### Salidas:

Subunidad de Bedmar-Jódar s.e.	
- Extracciones por bombeos	1,44 hm <sup>3</sup> /año
- Drenaje manantiales del nordeste	0,26 hm <sup>3</sup> /año



Subunidad de La Golondrina.  
- Ocultas

0,5 hm<sup>3</sup>/año

TOTAL

2,2 hm<sup>3</sup>/año



## **4. VULNERABILIDAD DEL ACUÍFERO FRENTE A LA CONTAMINACIÓN**

### **4.1. Inventario de focos contaminantes**

El municipio de Jódar presenta una muy importante actividad agrícola e industrial.

La actividad industrial es muy importante y variada, destacando la existencia de tres almazaras con sus correspondientes balsas de alpechín, dos industrias cárnicas, otras dos de conservas vegetales y otra de productos de limpieza. Estas actividades se encuentran fundamentalmente en el núcleo urbano o en sus proximidades sobre terrenos detríticos de media a alta permeabilidad, por lo que la afección potencial sobre las aguas subterráneas puede llegar a ser muy significativa, mientras que sobre las captaciones de abastecimiento, debido a su ubicación, será insignificante.

La actividad agrícola, desarrollada a lo largo de todo el término municipal, corresponde al cultivo casi exclusivo del olivo, con más de 6.400 ha cultivadas. La afección potencial de estas actividades sobre la calidad de los recursos subterráneos es de carácter difuso, derivada de las labores de abonado y tratamientos fitosanitarios. En cuanto a la afección potencial sobre las captaciones de abastecimiento, esta afección no parece que pueda llegar a ser significativa debido a la escasa presencia de zonas cultivadas en las proximidades de las captaciones.

La actividad ganadera, de menor importancia que las anteriores, corresponde fundamentalmente a la explotación de ganado ovino, con unas 2.400 cabezas de este tipo de ganado. La cabaña ganadera de este municipio se encuentra diseminada a lo largo del término municipal, siendo por tanto bajas las posibilidades de afección a las aguas subterráneas o de abastecimiento.

En cuanto a la presencia de actividades potencialmente contaminantes dentro de la poligonal envolvente de las captaciones, es destacable la ubicación de un establo equino y de un vertedero clausurado de escombros en la zona de restricciones máximas de las captaciones 2037-6-0022, 24 y 25.

Para más información sobre focos potenciales de contaminación, se remite al lector a las memorias municipales de la 2ª Fase del Plan de Control de recursos y gestión de captaciones de aguas subterráneas para abastecimientos urbanos de la provincia de Jaén.

### **4.2. Vulnerabilidad frente a la contaminación**

Los afloramientos carbonatados permeables de la unidad están considerados como muy vulnerables a la contaminación debido a su elevada permeabilidad por fisuración-karstificación (DIPUTACIÓN DE JAÉN – ITGE, 1997; ITGE – JUNTA DE ANDALUCÍA, 1998).

### 4.3. Sistema de vigilancia

Dada la presencia de actividades potencialmente contaminantes, se propone llevar a cabo un seguimiento de la eficiencia del perímetro de protección delimitado que garantice el mantenimiento de la calidad del agua en las captaciones de abastecimiento. Para ello, se han seleccionado una serie de puntos de agua en los que llevar a cabo un muestreo de aguas subterráneas, con la realización de análisis periódicos de parámetros de interés, acordes con el tipo de contaminación potencial que se podría generar.

A continuación se especifican los puntos de control propuestos, parámetros a determinar y frecuencia de análisis:

<b>Nº IGME</b>	<b>Determinaciones</b>	<b>Frecuencia</b>
2037-6-0002	Constituyentes mayoritarios, metales pesados, especies nitrogenadas, fungicidas, pesticidas y herbicidas	Anual
2037-6-0004	Constituyentes mayoritarios, metales pesados, especies nitrogenadas, fungicidas, pesticidas y herbicidas	Anual
2038-3-0003	Constituyentes mayoritarios, metales pesados, especies nitrogenadas, fungicidas, pesticidas y herbicidas	Anual

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

## 5. DELIMITACIÓN Y ZONACIÓN DE UN POSIBLE PERÍMETRO DE PROTECCIÓN

### 5.1. Introducción

Para la delimitación del perímetro de protección se ha utilizado el criterio del tiempo de tránsito según el método de Wyssling, en el que se distinguen tres áreas de restricciones de uso crecientes con la proximidad a la captación, denominadas:

- Zona I o de restricciones absolutas (tiempo de tránsito de 1 día).
- Zona II o de restricciones máximas (tiempo de tránsito de 50 días).
- Zona III o de restricciones moderadas (tiempo de tránsito de 4 años).

A aplicación de este método precisa el conocimiento una serie de variables como son:

- $i$ : Gradiente hidráulico.
- $Q$ : Caudal de bombeo ( $m^3/s$ ).
- $k$ : Permeabilidad horizontal ( $m/s$ ).
- $m_c$ : Porosidad eficaz.
- $b$ : Espesor del acuífero.

A partir de estos datos se calcula el radio de influencia o de la llamada zona  $X_0$ , la anchura del frente de llamada ( $B$ ), el ancho de llamada a la altura de la captación ( $B'$ ) y la velocidad efectiva ( $V_e$ ) según las expresiones siguientes:

$$X_0 = \frac{Q}{2 \cdot \pi \cdot b \cdot i \cdot k} \quad ; \quad B = \frac{Q}{k \cdot b \cdot i} \quad ; \quad B' = \frac{B}{2} \quad ; \quad V_e = \frac{k \cdot i}{m_e}$$

Mientras que la distancia desde la captación a un punto con un tiempo de tránsito  $t$  (en días, se puede calcular siguiendo la siguiente expresión:

$$S = \frac{\pm l + \sqrt{l(l + 8X_0)}}{2}$$

Siendo  $l$  el producto de la velocidad efectiva ( $V_e$ ) por el tiempo de tránsito. El signo positivo inicial se usa para calcular la distancia aguas arriba de la captación, mientras que el signo negativo se usa para calcular la distancia aguas debajo de la captación.

Para el cálculo de los perímetros de protección de las captaciones de este municipio se ha utilizado la hoja de cálculo propuesta en ITGE (1998), que simplifica las superficies protegidas

de un elipsoide a un trapecio. En esta hoja de cálculo se han considerado los siguientes datos de partida en las captaciones de Jódar:

- Sondeo Fuente Vieja o Jódar V (2038-3-0012):

	Abreviatura	Datos	Procedencia
Caudal de bombeo (l/seg)	$Q_i$	10	Ficha IGME
Transmisividad ( $m^2/día$ )	T	100	Informe hidrogeológico
Espesor total zonas transmisivas	b	100	Ficha IGME
Permeabilidad (m/día)	K	1	Cálculo
Porosidad	m	0,01	Estimación propia
Coefficiente almacenamiento	S	0,01	Estimación propia
Gradiente Hidráulico	i	0,01	Cálculo propio
Dirección de flujo respecto al Norte	grados	45	Estimación propia
Incertidumbre dirección flujo	grados	20	
Longitud captación (UTM)	m	471172	
Latitud captación (UTM)	m	4186076	

- Sondeo Los Tomillares (2037-6-0022):

	Abreviatura	Datos	Procedencia
Caudal de bombeo (l/seg)	$Q_i$	25	Ficha IGME
Transmisividad ( $m^2/día$ )	T	100	Informe hidrogeológico
Espesor total zonas transmisivas	b	40	Estimación propia
Permeabilidad (m/día)	K	2,5	Cálculo
Porosidad	m	0,01	Estimación propia
Coefficiente almacenamiento	S	0,01	Estimación propia
Gradiente Hidráulico	i	0,01	Cálculo propio
Dirección de flujo respecto al Norte	grados	90	Estimación propia
Incertidumbre dirección flujo	grados	20	
Longitud captación (UTM)	m	467913	
Latitud captación (UTM)	m	4188007	

- Sondeo Jódar IV (2037-6-0024):

	Abreviatura	Datos	Procedencia
Caudal de bombeo (l/seg)	$Q_i$	38	Ficha IGME
Transmisividad ( $m^2/día$ )	T	100	Ficha IGME
Espesor total zonas transmisivas	b	70	Estimación propia
Permeabilidad (m/día)	K	1,428	Cálculo
Porosidad	m	0,01	Estimación propia

	Abreviatura	Datos	Procedencia
Coeficiente almacenamiento	S	0,01	Estimación propia
Gradiente Hidráulico	i	0,01	Cálculo propio
Dirección de flujo respecto al Norte	grados	90	Estimación propia
Incertidumbre dirección flujo	grados	20	
Longitud captación (UTM)	m	468171	
Latitud captación (UTM)	m	4188051	

- Sondeo Jódar III (2037-6-0025):

	Abreviatura	Datos	Procedencia
Caudal de bombeo (l/seg)	$Q_l$	10	Ficha IGME
Transmisividad ( $m^2/día$ )	T	100	Ficha IGME
Espesor total zonas transmisivas	b	80	Estimación propia
Permeabilidad (m/día)	K	1,25	Cálculo
Porosidad	m	0,01	Estimación propia
Coeficiente almacenamiento	S	0,01	Estimación propia
Gradiente Hidráulico	i	0,01	Cálculo propio
Dirección de flujo respecto al Norte	grados	90	Estimación propia
Incertidumbre dirección flujo	grados	20	
Longitud captación (UTM)	m	468179	
Latitud captación (UTM)	m	4188013	

Con estos valores, los parámetros de partida para definir las zonas de protección de acuerdo con el método de Wyssling son los siguientes:

Jódar	2038-3-0012	2037-6-0022	2037-6-0024	2037-6-0025
$X_0$ o radio de llamada (m)	138	344	523	138
B o ancho de llamada (m)	864	2160	3283	864
$B^*$ o ancho de llamada a la altura de la captación (m)	432	1080	1642	432
$V_e$ o velocidad eficaz (m/día)	1	3	1	1

Según la metodología propuesta, se realiza una zonación dentro del perímetro de protección de la captación objeto de estudio en tres zonas, con restricciones mayores de uso cuanto más próximas a las captaciones.

## 5.2. Zona de restricciones absolutas

Se considera como el círculo cuyo centro es la captación a proteger y cuyo radio ( $s_i$ ) es la distancia que tendría que recorrer una partícula para alcanzar la captación en un día. Esta zona tendrá una forma circular u oval dependiendo de las condiciones hidrodinámicas, aunque se puede representar como un círculo por simplicidad, cumpliendo igualmente el objetivo que se persigue, que es proteger la captación y sus proximidades.

Jódar	2038-3-0012	2037-6-0022	2037-6-0024	2037-6-0025
$S_i$ aguas arriba (m)	17	43	39	39
$S_i$ aguas abajo (m)	16	41	39	39

En las cuatro captaciones se adoptarán los polígonos teóricos aunque ligeramente modificados para adaptarlos a las condiciones reales del terreno. En esta zona se evitarán todas las actividades, excepto las relacionadas con el mantenimiento y explotación de la captación, para lo que se recomienda la construcción de una caseta que proteja la captación (en el caso de que no exista), que se valle la zona definida y se instale un drenaje perimetral.

## 5.3. Zona de restricciones máximas

Se considera la zona de restricciones máximas como el espacio ( $s_{ii}$ ) que tendría que recorrer una partícula para alcanzar la captación en más de un día y menos de 50. Queda por tanto delimitada entre la zona de protección inmediata y la isocrona de 50 días.

Jódar	2038-3-0012	2037-6-0022	2037-6-0024	2037-6-0025
$S_{ii}$ aguas arriba (m)	153	382	323	176
$S_{ii}$ aguas abajo (m)	87	216	228	93

A efectos prácticos, se adoptará el polígono teórico salvo que éste supere los límites establecidos en la poligonal envolvente de la captación. En el Anexo I se incluye la relación de actividades y limitaciones que se deben imponer.

## 5.4. Zona de restricciones moderadas

Limita el área comprendida entre la zona de protección próxima II y la isocrona de 4 años (radio  $s_{iii}$ ). Cuando el límite de zona de alimentación del sondeo esté a una distancia menor que la citada isocrona, el límite de la zona lejana coincidirá con la zona de alimentación.



Jódar	2038-3-0012	2037-6-0022	2037-6-0024	2037-6-0025
S <sub>III</sub> aguas arriba (m)	1.821	4.553	3.090	2.210
S <sub>III</sub> aguas abajo (m)	138	344	523	138

Al igual que en caso de la zona de restricciones máximas, a efectos prácticos se adoptará el polígono teórico salvo que éste supere los límites establecidos en la poligonal envolvente de la captación. También en el Anexo I se incluye la relación de actividades y limitaciones que se deben imponer.

### 5.5. Protección de la cantidad

Se delimita un único perímetro de protección de la cantidad para cada captación, 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 en sondeos de abastecimiento se calcula el descenso en el nivel piezométrico que podrían provocar sondeos de semejantes características a las de los sondeos 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 (m).
- T: Transmisividad (m<sup>2</sup>/día).
- Q: Caudal (m<sup>3</sup>/día).
- t: Tiempo de bombeo (generalmente 120 días).
- r: Distancia al sondeo de captación (de 50 a 1.000 m).
- S: Coeficiente de almacenamiento.

Jódar	T	Q	D (r=50)	D (r=100)	D (r=200)	D (r=500)	D (r=1.000)
2038-3-0012	100	864	4,796	3,844	2,892	1,634	0,682
2037-6-0022	100	2.160	11,991	9,611	7,231	4,085	1,705
2037-6-0024	100	3.283	18,226	14,608	10,991	6,209	2,592
2037-6-0025	100	864	4,796	3,844	2,892	1,634	0,682

En las captaciones 2038-3-0012 y 2037-6-0025, se obtiene que el descenso provocado por un sondeo que explote 10 l/s durante 120 días continuados provocará un descenso inferior al 10 % del espesor saturado incluso encontrándose tan solo 50 m de distancia. En la captación 2037-6-0022, el descenso provocado por un sondeo equivalente situado a 500 m de distancia representa el 10,21 % del espesor saturado, mientras que si se encuentra a 1.000 m, el descenso será del 4,26 %. Finalmente, en la captación 2037-6-0024, el descenso provocado por un sondeo equivalente situado a 200 m de distancia representa el 15,7 % del espesor saturado, mientras que si se encuentra a 500 m, el descenso será del 8,87 %.

A pesar de estas condiciones, teniendo en cuenta las características de los acuíferos y con el fin de mantener unas altas garantías para el abastecimiento, se recomienda que las áreas de protección a la cantidad de las captaciones coincidan con la poligonal envolvente.

### 5.6. Poligonal envolvente

Esta poligonal engloba las zonas delimitadas anteriormente. Así, al ser en parte coincidentes, se define una única área para todas las captaciones. Las coordenadas de los vértices de la misma son los siguientes:

Vértice	Coordenada X	Coordenada Y	Cota
1	463975	4187081	640
2	463997	4188274	645
3	466092	4189762	660
4	468397	4190898	630
5	469192	4189556	640
6	468826	4189116	685
7	468385	4188011	655
8	468480	4187670	690
9	470628	4186414	720
10	471176	4186108	710
11	471260	4185464	745
12	471015	4184417	710
13	470262	4184107	760
14	468720	4184639	985
15	468122	4184345	810
16	466026	4184470	705
17	464339	4185471	700



## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Los puntos tratados en el presente documento son el Sondeo Los Tomillares (2037-6-0022), Jódar IV (2037-6-0024), Jódar III (2037-6-0025) y Vieja o Jódar V (2038-3-0012):
- Todas las captaciones explotan la masa de agua 05.14 Bédmar – Jódar.
- Aunque no son especialmente importantes, existen dos focos de contaminación en la zona de restricciones máximas de las captaciones 2037-6-0022, 2037-6-0024 y 2037-6-0025
- La vulnerabilidad de los acuíferos frente a la contaminación puede considerarse como muy alta debido a la naturaleza carbonatada de éstos y al escaso espesor de suelo.
- La delimitación de las distintas zonas de que constan los perímetros de protección se ha basado fundamentalmente en criterios hidrogeológicos, apoyándose en los cálculos realizados siguiendo el método de Wyssling.
- Las normas de explotación de la unidad contempla la protección frente a la contaminación de todos los afloramientos permeables de la unidad, por lo que las garantías de protección son mayores.
- Para una mejor protección de los acuíferos, algunas de las zonas de protección se han hecho coincidir con la poligonal envolvente de sus captaciones. Las zonas de restricciones absolutas también han sido modificadas para adaptarlas a las condiciones reales del terreno.



## BIBLIOGRAFÍA

- DGOH (1991). Estudio de los recursos hidráulicos para la recarga artificial del acuífero Bedmar-Jódar, Jaén.
- DGOH (1993). Sondeos de investigación hidrogeológica para el estudio de las zonas de recarga artificial del acuífero de Bedmar-Jódar (Jaén).
- DGOH (1995). Normas de explotación de las unidades hidrogeológicas con afección directa a los embalses de regulación y fuentes de abastecimientos a poblaciones de la cuenca del Guadalquivir. Unidad Hidrogeológica 05.14 Bedmar-Jódar.
- DIPUTACIÓN DE JAÉN-ITGE (1997). Atlas hidrogeológico de la provincia de Jaén.
- IGME (1983). "Proyecto de investigación hidrogeológica infraestructural de los sistemas acuíferos 30 y 31. Cuenca Alta del Guadalquivir".
- IGME (1988). "Estado de explotación del acuífero Bedmar-Jódar (Jaén)". Proyecto para estudios de asesoramiento técnico en materia de aguas subterráneas a las administraciones públicas en las cuencas hidrográficas del Guadalquivir (Andalucía).
- IGME (2003). Perímetros de protección para captaciones de agua subterránea destinada al consumo humano. Mitología y aplicación al territorio.
- ITGE (1992a). "Memoria y mapa geológico de España, escala 1:50.000. Hoja de Baeza nº 20-37 (927).
- ITGE (1992b). "Memoria y mapa geológico de España, escala 1:50.000. Hoja de Torres nº 20-38 (948)".
- ITGE (1998). Estudio de la viabilidad de las captaciones de Agua Natural Teixidó S.L. y delimitación de su perímetro de protección. La Massana, Principado de Andorra (inédito).
- ITGE-Junta de Andalucía (1998). Atlas hidrogeológico de Andalucía.



## Anexo I: Tabla de actividades restringidas

MINISTERIO  
DE EDUCACIÓN  
Y CIENCIA

INSTITUTO GEOLÓGICO  
Y MINERO DE ESPAÑA



DEFINICIÓN DE ACTIVIDADES	ZONA DE RESTRICCIONES MÁXIMAS			ZONA DE RESTRICCIONES MODERADAS		
	Prohibido	Condicional	Permitido	Prohibido	Condicional	Permitido
<b>Actividades agrícolas</b>						
Uso de fertilizantes	*				*	
Uso de herbicidas	*				*	
Uso de pesticidas	*			*		
Almacenamiento de estiércol	*				*	
Vertido de restos de animales	*				*	
Ganadería intensiva	*			*		
Ganadería extensiva		*				*
Almacenamiento de materias fermentables para alimentación del ganado	*				*	
Abrevaderos o refugios de ganado		*				*
Silos	*				*	
<b>Actividades urbanas</b>						
Vertidos superficiales de aguas residuales sobre el terreno	*			*		
Vertidos de aguas residuales urbanas en pozos negros, balsas o fosas sépticas	*			*		
Vertidos de aguas residuales urbanas en cauces públicos	*			*		
Vertidos de residuos sólidos urbanos	*			*		
Cementerios	*			*		
<b>Actividad industrial</b>						
Asentamientos industrial	*			*		
Vertidos de residuos líquidos industriales	*				*	
Vertidos de residuos sólidos industriales	*			*		
Almacenamiento de hidrocarburos	*			*		
Depósitos de productos radioactivos	*			*		
Inyección de residuos industriales en pozos y sondeos	*			*		
Conducciones de líquido industrial	*			*		
Conducciones de hidrocarburos	*			*		
Apertura y explotación de canteras	*				*	
Relleno de canteras o explotaciones	*			*		
<b>Otras</b>						
Campings	*				*	
Ejecución de nuevas perforaciones o pozos no destinados para abastecimiento	*				*	



## **ANEXO II: Ficha de inventario del punto de abastecimiento**

MINISTERIO  
DE EDUCACIÓN  
Y CIENCIA

INSTITUTO GEOLÓGICO  
Y MINERO DE ESPAÑA

