



Instituto Geológico
y Minero de España



97
Municipios
para vivir

**APLICACIÓN DE TÉCNICAS HIDROGEOLÓGICAS PARA
LA INCORPORACIÓN A LA ORDENACIÓN DEL
TERRITORIO DE MEDIDAS PREVENTIVAS DE LA
CONTAMINACIÓN Y/O DE LA EXPLOTACIÓN
INADECUADA DE LOS ACUÍFEROS EN 19 TÉRMINOS
MUNICIPALES DE LA SEGUNDA FASE DEL PLAN DE
CONTROL**

TOMO I: MEMORIA

Octubre 2007

Dirección Técnica y Supervisión

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA

- D. Juan Antonio Luque Espinar** (Dirección del Proyecto)
- D. Crisanto Martín Montañés** (Elaboración y redacción)
- D^a. Dolores Haro Ruiz** (Focos potenciales de contaminación)
- D. Jorge Jiménez Sánchez** (Trabajo de campo)
- D. Luis Miguel Hueso Quesada** (Trabajo de campo)
- D. Juan Carlos Rubio Campos** (Colaborador)

EXCMA. DIPUTACIÓN PROVINCIAL DE JAÉN

- D. Miguel Rosales Peinado** (Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos)
- D. Juan José Gay Torres** (Ingeniero Técnico de Obras Públicas)
- D. Juan de Dios Olid Melero** (Geólogo)

ÍNDICE

	<u>Pág.</u>
1. - <u>INTRODUCCIÓN</u>	5
2. - <u>METODOLOGÍA Y TRABAJOS REALIZADOS</u>	12
3. - <u>ESTADO ACTUAL DE LOS ABASTECIMIENTOS URBANOS</u>	15
3.1. - CARACTERÍSTICAS GENERALES	17
3.2. - CARACTERÍSTICAS DE LAS INSTALACIONES	19
3.3. - OPTIMIZACIÓN DE INSTALACIONES	25
3.4. - RECOMENDACIONES GENERALES	25
4. - <u>RECURSOS DISPONIBLES Y PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS</u>	31
4.1. - CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS ACUÍFEROS	32
4.2. - RESUMEN DE DATOS DE BALANCE DE LOS ACUÍFEROS EXPLOTADOS PARA ABASTECIMIENTO	62
4.3. - CARACTERÍSTICAS HIDROQUÍMICAS DE LAS AGUAS DE ABASTECIMIENTO	63
4.4. - CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE ALTERNATIVAS AL ABASTECIMIENTO ACTUAL	68
5. - <u>FOCOS POTENCIALES DE CONTAMINACIÓN</u>	71
6. - <u>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</u>	78
7. - <u>ANEJOS</u>	93

7.1. – ESTADILLO DE CONTROL PARA INSTALACIONES MUNICIPALES	94
7.2. – ENCUESTA DE CUANTIFICACIÓN DE VOLÚMENES DE BOMBEO	95
7.3. – FICHAS DE FOCOS POTENCIALES DE CONTAMINACIÓN	103
7.4. – FICHAS DE ACONDICIONAMIENTO DE MANANTIALES	106

1. - INTRODUCCIÓN

1. - INTRODUCCIÓN

El “Plan de control de abastecimientos urbanos mediante aguas subterráneas de la provincia de Jaén” se enmarca dentro de las actividades previstas en el Convenio de Colaboración establecido entre la Diputación de Jaén y el Instituto Geológico y Minero de España (I.G.M.E.), como continuación de las labores de asesoramiento realizadas en los últimos años y pretende analizar los abastecimientos de los 97 términos municipales de la provincia.

Los datos existentes sobre abastecimientos de agua indican que en la provincia de Jaén, con una población en 2005 de 660.284 (Fuente: I.N.E.), aproximadamente un 32 % de la misma se abastece exclusivamente de las aguas subterráneas, y un 79 % tiene de algún modo dependencia de las mismas, sin embargo, sólo el 15 % de los núcleos se abastece con exclusividad de aguas superficiales, frente a un 67 % de subterráneas y un 18 % de mixtas (Gay Torres et al.2002, in González Ramón et al. 2006). Se hace, por tanto, necesario proteger estos recursos hídricos en dos líneas fundamentales: asegurar la cantidad y mantener unas condiciones de calidad aceptable para el consumo humano.



Figura 1: Población y núcleos abastecidos en la provincia de Jaén. (Fuente: Gay-Torres et al. 2002. Presente y Futuro de la Aguas Subterráneas en la provincia de Jaén).

En este marco y en una 1ª fase se analizaron un total de 21 municipios. En el presente proyecto, denominado 2ª fase, se analizan 19 municipios que son los siguientes: **Albanchez de Mágina, Bedmar y Garcéz, Cabra del Santo Cristo, Cambil, Campillo de Arenas, Cárcheles, Castillo de Locubín, Frailes, Fuensanta de Martos, Huelma, Jimena, Jódar, Larva, Mancha Real, Noalejo, Pegalajar, Torres, Valdepeñas de Jaén y Los Villares.**

En la figura 2 se indica el ámbito de trabajo de esta 2ª fase del Plan de Control.

Los objetivos son los siguientes:

- Análisis del estado actual de las captaciones destinadas al abastecimiento de los municipios haciéndose especial hincapié en el acondicionamiento de los manantiales para su control y en los rendimientos de las instalaciones electromecánicas de impulsión de agua. Una vez realizado el estudio del sistema de abastecimiento se está en condiciones de definir las posibles mejoras funcionales y estructurales, que conduzcan a una optimización de la instalación de abastecimiento y, en el caso de que proceda, la ubicación de posibles captaciones complementarias a las actuales.
- Reconocimiento del acuífero captado con el fin de establecer unas recomendaciones de explotación y de protección de la cantidad y la calidad, Para ello se han determinado y caracterizado las posibles afecciones al mismo, con el fin de establecer unas recomendaciones de explotación y de protección que servirán para definir perímetros de protección.

Las masas de aguas subterráneas (M.A.S.) relacionadas con el abastecimiento y focos potenciales de contaminación de los núcleos analizados se incluyen en el cuadro nº 1; en el cuadro nº 2 se incluyen aquellas relacionadas con los focos potenciales de contaminación.

Cuadro nº 1.- M.A.S. implicadas en los abastecimientos urbanos.

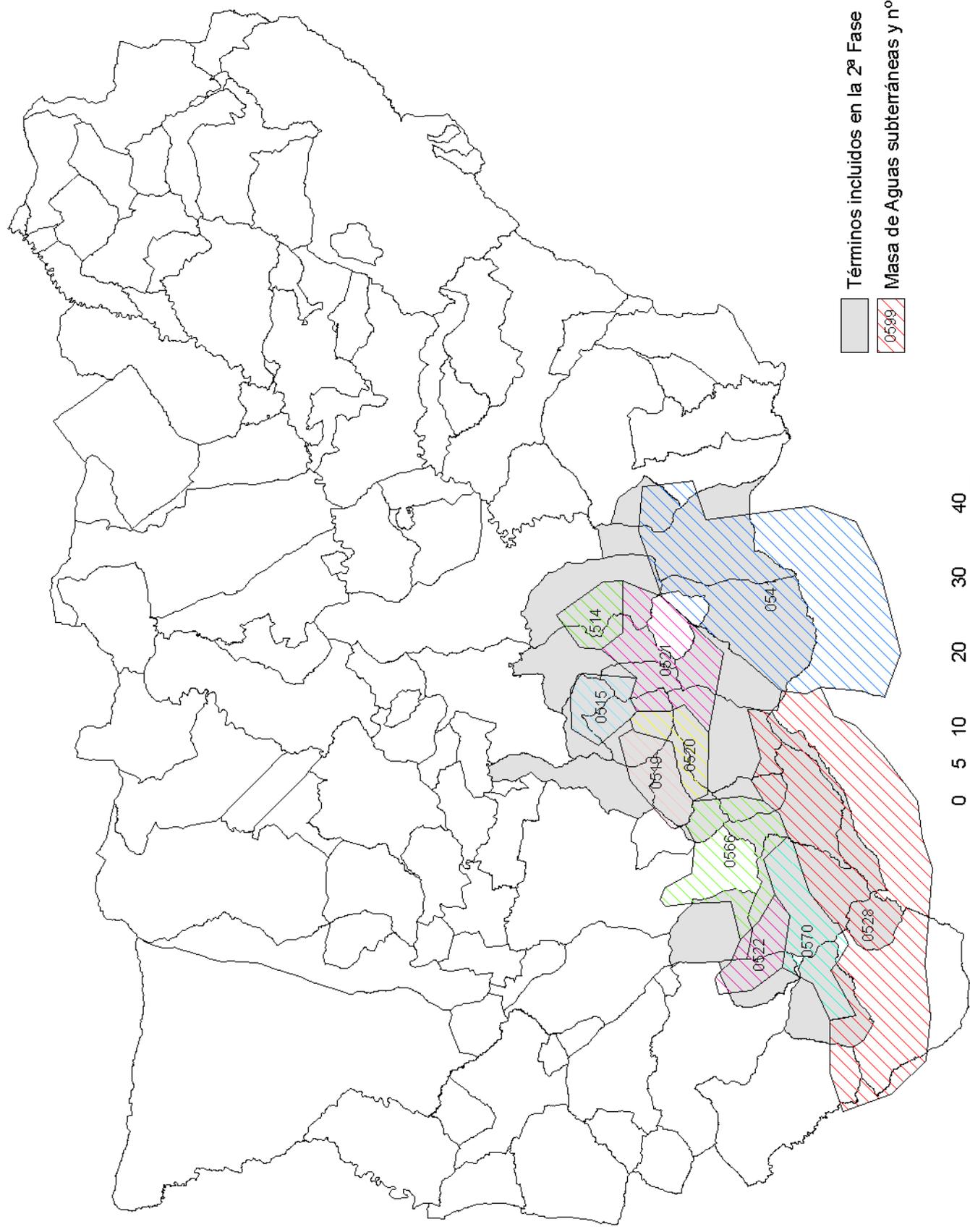
M.A.S.	MUNICIPIOS	NÚCLEOS
05.14 "Bedmar-Jódar"	Bedmar y Garcéz	Bedmar y Garcéz
	Jódar	Jódar
05.15 "Torres-Jimena"	Albanchez de Mágina	Albanchez de Mágina y Hútar
	Jimena	Jimena
05.19 "Mancha Real-Pegalajar"	Mancha Real	Mancha Real
	Pegalajar	Pegalajar
05.20 "Almadén"	Cambil	Cambil
	Pegalajar	Pegalajar
	Torres	Torres
05.21 "Sierra Mágina"	Huelma	Huelma
	Torres	Torres
	Bedmar y Garcéz	Bedmar y Garcéz
05.22 "Mentidero-Montesinos"	Fuensanta de Martos	Fuensanta de Martos, Los Encinares, El Reguelo, Valдохornillo, Las Veletas y Las Ventas.
05.28 "Mts. Orientales. Sector Norte"	Cambil	Arbuniel
	Campillo de Arenas	Campillo de Arenas
	Frailes	Frailes y Puerto Blanco
	Noalejo	Noalejo y Hoya del Salobral
05.41 "Guadahortuna-Larva"	Cabra del Santo Cristo	Cabra del Santo Cristo, Estación de Cabra y Estación de Huesa
	Huelma	Solera
	Larva	Larva
05.66 "Grajales-Pandera"	Cárcheles	Cárcchel y Carchelejo
	Los Villares	Los Villares
05.70 "Gracia Ventisquero"	Castillo de Locubín	Castillo de Locubín y Ventas del Carrizal.
	Valdepeñas de Jaén	Valdepeñas de Jaén
Sin masa definida	Huelma	Huelma
	Castillo de Locubín	La Alfavila

Cuadro nº 2.- M.A.S. relacionadas con los focos potenciales de contaminación identificados en los términos municipales.

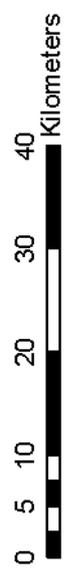
M.A.S.	MUNICIPIOS
05.14 "Bedmar-Jódar"	Bedmar y Garcéz y Jódar
05.15 "Torres-Jimena"	Albanchez de Mágina, Jimena y Torres
05.19 "Mancha Real-Pegalajar"	Mancha Real, Pegalajar y Torres
05.20 "Almadén"	Cambil, Pegalajar y Torres
05.21 "Sierra Mágina"	Bedmar y Garcéz, Huelma y Torres
05.22 "Mentidero-Montesinos"	Fuensanta de Martos y Valdepeñas de Jaén
05.28 "Mts. Orientales. Sector Norte"	Cambil, Campillo de Arenas, Cárcheles, Frailes y Noalejo
05.41 "Guadahortuna-Larva"	Cabra del Santo Cristo, Huelma y Larva
05.66 "Grajales-Pandera"	Cárcheles, Pegalajar, Valdepeñas de Jaén y Los Villares
05.70 "Gracia Ventisquero"	Castillo de Locubín y Valdepeñas de Jaén
Sin M.A.S. definida	Albanchez de Mágina, Bedmar y Garcéz, Cambil, Castillo de Locubín, Cárcheles, Fuensanta de Martos, Huelma, Jimena, Jódar, Larva, Mancha Real, Pegalajar, Torres y Los Villares.

En lo que respecta al abastecimiento mediante aguas superficiales, de los municipios estudiados tan sólo Valdepeñas de Jaén complementa el abastecimiento mediante una captación de aguas superficiales.

Figura 3: Masas de aguas subterráneas implicadas en la 2ª Fase



Términos incluidos en la 2ª Fase
Masa de Aguas subterráneas y nº de identificación



2. - METODOLOGÍA Y TRABAJOS REALIZADOS

2. - METODOLOGÍA Y TRABAJOS REALIZADOS

Los trabajos realizados han sido los siguientes:

- **Recopilación y revisión de la documentación bibliográfica** existente sobre el área de estudio. En este sentido destacan los distintos estudios hidrogeológicos realizados en el marco del convenio de colaboración entre la Diputación y el I.G.M.E. en muchos de los municipios del sector, así como otros estudios de carácter regional, entre los que cabe mencionar:
 - Plan Hidrológico del Guadalquivir. Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente. Confederación Hidrográfica del Guadalquivir. 1999.
 - Plan de control de recursos y gestión de captaciones de aguas subterráneas de la provincia de Jaén (1ª Fase). 1995.
 - Plan de control de abastecimientos urbanos mediante aguas subterráneas de la provincia de Jaén (1ª Fase). 2006
 - Normas de explotación de las unidades hidrogeológicas de la Cuenca del Guadalquivir. Instituto Geológico y Minero de España y Confederación Hidrográfica del Guadalquivir. 2001
 - Atlas Hidrogeológico de la Provincia de Jaén. Diputación Provincial de Jaén-Instituto Geológico y Minero de España. 1997.
 - Presente y futuro de las aguas subterráneas en la provincia e Jaén. Publicaciones del Instituto Geológico y Minero de España. 2002.
 - Abastecimientos, aguas subterráneas y nitratos en la provincia de Jaén. 2002.
 - Las aguas minerales, minero-medicinales y termales de la provincia de Jaén. Instituto Geológico y Minero de España y Diputación de Jaén. 2003.

Por otra parte, se han recopilado las estadísticas necesarias para la cumplimentación de las diferentes fichas a rellenar y para el cálculo de demandas y consumos de agua de la población. Éstas se han basado en las estadísticas municipales sobre el padrón municipal, recopiladas durante la realización de las encuestas, estimaciones de población estacional, realizadas por los Ayuntamientos, dotaciones estándares a poblaciones y volúmenes anuales consumidos, obtenidos de contador volumétrico y aportados por los ayuntamientos o las entidades gestoras del abastecimiento, o deducidos de los volúmenes captados en las diferentes fuentes de suministro municipal.

Para el tratamiento de la información sobre puntos de agua y evaluación de extracciones, se han utilizado los datos del I.G.M.E.

- **Realización de encuestas de cuantificación de volúmenes de bombeo.** Se han realizado 7 encuestas de cuantificación de volúmenes de bombeo para estimar el rendimiento de las instalaciones de elevación de agua conectadas a la red de distribución de energía eléctrica, y determinar la relación entre el consumo eléctrico y el volumen de agua bombeado.
- **Revisión y actualización del inventario de puntos acuíferos.** Se han revisado más de 99 puntos de agua.
- **Análisis de posibles focos de contaminación.** Se han localizado y caracterizado los principales focos potenciales de contaminación existentes en los 19 municipios considerados y en el entorno de las captaciones de abastecimiento. Además, se ha evaluado la afección potencial sobre la calidad de las aguas subterráneas.
- **Análisis químicos de las aguas utilizadas para abastecimiento urbano.** La caracterización físico-química de las aguas de abastecimiento se ha establecido a partir de los análisis de las aguas de abastecimiento de las diferentes fuentes de suministro, realizados por el IGME.
- **Reconocimiento hidrogeológico del entorno y estimación de la extracción de aguas en el sector de acuífero en que se ubican las captaciones de abastecimiento.**
- **Estudio económico del precio del agua.** A partir de los datos obtenidos en la realización de las encuestas de cuantificación de volúmenes de bombeo y conociendo los consumos eléctricos mensuales correspondientes a un año, se ha realizado un estudio económico de las elevaciones de agua, estableciéndose unas recomendaciones referentes tanto a la explotación, la instalación eléctrica y de impulsión, como al tipo de contrato óptimo para la energía eléctrica, de manera que se consigan ahorros significativos en los costes asociados al abastecimiento.
- **Elaboración de una base de datos.** Con los datos georeferenciados procedentes de las encuestas de cuantificación de volúmenes de bombeo, los focos potenciales de contaminación y la optimización de instalaciones se ha elaborado una base de datos que permita realizar el seguimiento de los municipios estudiados pudiendo verificar la evolución en el tiempo de aquellos parámetros que se estime oportuno de manera ágil y eficaz así como su integración en un SIG.
- **Análisis de datos y Memoria Final.** La Memoria se ha estructurado en dos partes. Una **Memoria General** en la que se recogen los aspectos relativos a metodologías, descripción de trabajos realizados, exposición global de datos y conclusiones generales; y una **Memoria de municipios** en la que se expone la información recogida y analizada, y las conclusiones y recomendaciones para cada uno de los municipios.

3. - ESTADO ACTUAL DE LOS ABASTECIMIENTOS URBANOS

3. - ESTADO ACTUAL DE LOS ABASTECIMIENTOS URBANOS

Con objeto de evaluar el estado en que se encuentran las distintas captaciones utilizadas para abastecimiento urbano, se ha procedido a estudiar el sistema de abastecimiento de cada municipio, revisando y localizando depósitos de regulación y redes de abastecimiento en alta, comprobando el estado general de los distintos elementos de los equipos para elevación de agua.

En el caso de los sondeos se han realizando encuestas de cuantificación a las instalaciones aplicando la metodología de evaluación de extracciones de aguas subterráneas mediante contadores eléctricos, rendimientos y costes del agua desarrollada por el I.G.M.E.

Este método, aplicable a captaciones con equipos de elevación conectados a la red general de distribución de energía eléctrica, ha permitido evaluar el rendimiento de las instalaciones y el volumen total bombeado por las mismas.

A través de las encuestas de cuantificación se obtienen los parámetros hidráulicos y eléctricos de funcionamiento de la impulsión. Con los consumos extraídos de los recibos de electricidad, que suponen la demanda real, se calculan los volúmenes bombeados. Dichos parámetros y los volúmenes diarios bombeados podrán utilizarse como punto de partida en la elaboración de los distintos supuestos a considerar para valorar las posibilidades de mejora y optimización de cada instalación de bombeo.

En lo que se refiere a manantiales utilizados para abastecimiento, en aquellos considerados significativos en cuanto a su caudal y/o importancia relativa, se ha elaborado una ficha de acondicionamiento de manantiales para facilitar la determinación del caudal a la vez que propone una optimización de la propia captación.

3.1. - CARACTERÍSTICAS GENERALES

Los municipios incluidos en la 2ª fase del Plan de Control tienen una población estable total de 100.794 habitantes (2005) con un incremento estacional evaluado en aproximadamente 19.000 habitantes. La demanda base se ha calculado para las dotaciones teóricas máximas asignadas para el horizonte 2012 en el Plan Hidrológico del Guadalquivir (cuadro nº 3). Estas dotaciones, como se indica en el dicho plan, incluyen las pérdidas en conducciones, depósitos y distribución y se refieren, por tanto, al punto de captación o salidas de embalses, es decir, volúmenes suministrados.

POBLACION ABASTECIDA POR EL SISTEMA	ACTIVIDAD INDUSTRIAL COMERCIAL								
	ALTA			MEDIA			BAJA		
	1992	2002	2012	1992	2002	2012	1992	2002	2012
Menos de 10 000	260	270	280	230	240	250	200	210	220
De 10000 a 50 000	290	300	310	260	270	280	230	240	250
De 50 000 a 250 000	340	350	360	290	310	330	260	280	300
Más de 250 000	410	410	410	360	370	380	310	330	350

Cuadro nº 3: Dotaciones para población permanente (l/hab y día) del Plan Hidrológico del Guadalquivir.

El consumo base se ha obtenido con las encuestas de cuantificación de volúmenes de bombeo y de contador volumétrico así como con los valores facilitados por los ayuntamientos, Diputación Provincial de Jaén y/o las empresas gestoras. Los datos de población, demanda y consumo así como el origen del suministro (sondeo, manantial o captación superficial) y la capacidad de almacenamiento diferenciados por municipio se muestran en el cuadro nº 4.

Como se puede observar, el consumo es superior a la demanda teórica en Cabra del Santo Cristo, Campillo de Arenas, Fuensanta de Martos, Huelma, Jódar, Mancha Real y Pegalajar, siendo especialmente significativo en Mancha Real. En cuanto a la capacidad de almacenamiento óptima (1,5 veces la demanda punta) en los casos de Cambll, Jimena, Jódar, Mancha Real, Pegalajar, Torres y Valdepeñas de Jaén está por encima de la existente.

Cuadro nº 4: Características generales de los municipios.

MUNICIPIO	POBLACIÓN		DOT. (l/hab/día)	DEMANDA (m ³ /día)		CONSUMO (m ³ /día)		INFRAESTRUCTURA					
	RESID.	ESTAC.		BASE	PUNTA	BASE	PUNTA	SUMINISTRO			ALMACENAMIENTO		
								SOND.	MAN.	SUP.	Nº. DEP.	TOT. (m ³)	OPT. (m ³)
ALBANCHEZ DE MÁGINA	1.358	250	220	299	354	218	256	1	2	0	2	780	531
CABRA DEL SANTO CRISTO	2.246	350	220	494	571	403	590	2	1	0	5	3.040	857
CAMBIL	3.024	450	220	665	764	400	568	3	3	0	4	659	1.146
CAMPILLO DE ARENAS	2.026	350	220	446	523	850	1.047	3	1	0	2	900	784
CASTILLO DE LOCUBIN	5.004	350	220	1.101	1.178	700	899	3	3	0	9	3.610	1.767
FRAILES	1.801	200	220	396	440	333	370	2	2	0	4	677	660
FUENSANTA DE MARTOS	3.312	500	220	729	839	600	916	1	3	0	3	1.500	1.258
HUELMA	6.180	450	220	1.360	1.459	1.685	1.808	7	3	0	6	2.250	2.188
JIMENA	1.478	250	220	325	380	235	333	2	1	0	2	400	570
JODAR	12.153	500	240	2.917	3.037	5.801	6.040	5	0	0	2	2.200	4.555
LARVA	474	100	220	104	126	53	78	2	0	0	3	725	189
MANCHA REAL	10.187	750	270	2.750	2.953	3.500	6.478	6	1	0	3	3.400	4.429
NOALEJO	2.155	150	220	474	507	350	389	5	3	0	4	1.130	761
PEGALAJAR	3.136	650	220	690	833	575	865	1	13	0	1	900	1.249
TORRES	1.725	600	220	380	512	-	-	0	3	0	4	715	767
VALDEPEÑAS DE JAEN	4.315	650	220	949	1.092	746	859	0	5	1	3	1.400	1.638
LOS VILLARES	5.289	650	220	1.164	1.307	900	2	0	2	0	4	3.170	1.960
CARCHELES	1.479	250	220	325	380	-	-	3	2	0	5	2.000	571
BEDMAR Y GARCÍEZ	3.210	750	220	706	871	526	692	2	2	0	6	2.289	1.307
TOTAL	70.552	8.200						48	50	1	72	31.745	27.187

3.2. - CARACTERÍSTICAS DE LAS INSTALACIONES

De los 19 municipios estudiados, 16 de ellos tienen una cierta dependencia de la extracción de agua subterránea que se acentúa en gran medida en los meses de estiaje en los que además de la disminución de los caudales drenados por los manantiales, el aumento de la población contribuye a una mayor demanda de agua para el abastecimiento. En el cuadro nº 5 se resumen el número de captaciones actual o potencialmente en uso en los municipios estudiados.

Cuadro nº 5: Tipos de captaciones para abastecimiento

NATURALEZA	Número de captaciones
Sondeos / pozos	48
Manantiales / galerías	50
Captaciones superficiales	1

La mayoría de las instalaciones de bombeo están automatizadas, de modo que se activan mediante sondas en el depósito distribuidor cuando los niveles bajan hasta un mínimo. En otros casos se accionan manualmente, manteniéndolas en marcha cierto número de horas al día según la apreciación del encargado municipal, o disponen de reloj que activa el funcionamiento de la impulsión durante cierto número de horas, graduado regularmente atendiendo a las previsiones y experiencia del encargado municipal.

Solamente nueve de los sondeos reconocidos disponen de tubo piezométrico, elemento imprescindible para poder llevar un control de los niveles estáticos y dinámicos de los sondeos de abastecimiento.

Las elevaciones de agua han sido estudiadas mediante las encuestas de cuantificación de volúmenes de bombeo realizadas al efecto. Han sido objeto de chequeo todas aquellas captaciones de suministro urbano y titularidad públicas que cuentan con instalación eléctrica, en las que se puede determinar experimentalmente la relación entre los consumos de energía y los volúmenes bombeados, cumplimentándose a este fin la correspondiente encuesta para cuantificación de volúmenes de bombeo.

Para el cálculo de volúmenes bombeados y el coste de impulsión de éstos se han tenido en consideración los recibos de electricidad de un año completo (incluyendo I.V.A., 16%), con datos siempre que ha sido posible del año 2005. En algunos casos no ha sido posible disponer de todos los recibos, por lo que se han extrapolado los datos de otros meses de consumos aparentemente similares para completar el consumo de un año.

En el cuadro nº 6 se resumen los datos de las encuestas de cuantificación de volúmenes de extracción.

Cuadro nº 6: Resumen de los datos de las encuestas de cuantificación de volúmenes de extracción

MUNICIPIO	DENOMINACION	FECHA	Alt. Man. (m)	Q (l/s)	Pa (kW)	E (m ³ /kWh)	Rdmtto (%)	VALORES ANUALES			COSTE UNITARIO	
								CONSUMO ELÉCTRICO (kW/año)	VOLUMEN EXTRAIDO (m3/año)	FACTUR. (€)	(€/m ³)	(€/kwh)
ALBANCHEZ DE MÁGINA	EL CALVARIO	31/08/06	124	13 (a)	34,69 (b)	1,39	45,6	(c)	(c)	(c)	(c)	(c)
CABRA DEL SANTO CRISTO	CERRO DE LOS PEONES	28/06/06	137	72	170,32	1,52	57,0	(d)	(d)	(d)	(d)	(d)
CAMBIL	LAS ROSAS	25/08/06	-	6,8	-	0,4735 (e)	-	120.656	57.136	12.774	0,223	0,106
CAMPILLO DE ARENAS	ALMENDRO GORDO	15/08/04	110	11,6	30,93	1,35	40,3	201.350	271.852	21.448	0,079	0,106
LARVA	MAJABLANQUILLA II	01/09/06	160,27	4,7	12,45	1,37	59,6	9.130	12.508	1.079	0,086	0,118
PEGALAJAR	CERRO DE LA ARTESILLA	24/08/06	135,30	28,1	75,39	1,34	49,6	(d)	(d)	(d)	(d)	(d)
CÁRCHELES	PUENTE CÁRCHEL I	22/08/06	69,93	7,6	26,78	1,02	19,4	(d)	(d)	(d)	(d)	(d)

(a) : Caudal estimado
 (b) : Procedente de encuestas anteriores
 (c) : No existe caudalímetro
 (d) : El Ayuntamiento no facilita los recibos
 (e) : Calculado en función del volumen y consumo energético de un periodo de control

La distribución de volúmenes bombeados por municipio, que solamente se ha podido calcular en tres casos, es muy variable. Existen municipios con un consumo muy alto, caso de Campillo de Arenas con casi 0,3 hm³/año con el sondeo de Almendro Gordo. Este aspecto se refleja en la figura nº 4.

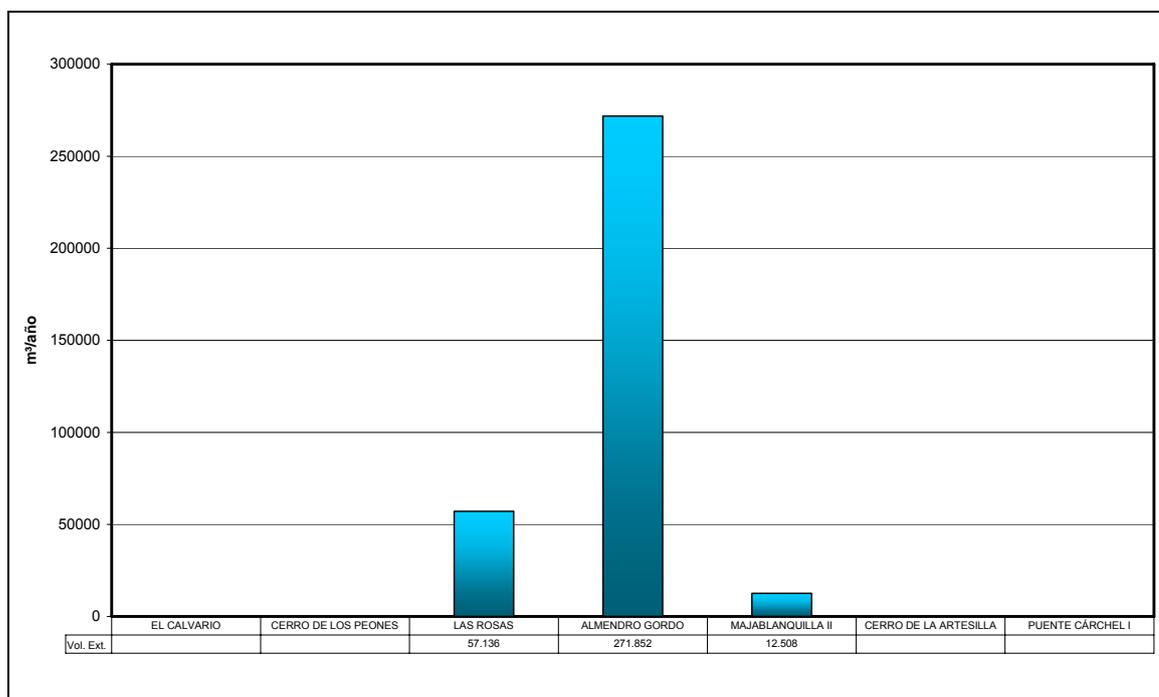


Figura nº 4: Volumen de agua elevada anualmente en captaciones de agua subterránea.

El caudal de explotación oscila entre 72 y 4,7 l/s, con una media de 21,8 l/s. Las alturas manométricas oscilan entre 160 y 70 m, con un valor medio de aproximadamente 123 m.

La relación E calculada, entre el volumen de agua bombeado y la energía eléctrica consumida para realizar el trabajo, toma valores entre 1,02 y 1,52 m³/kWh, siendo la media de 1,3 m³/kWh. En el caso del sondeo de Las Rosas (Cambil) se ha obtenido un valor de E de 0,4735 m³/kWh calculado con los datos de consumo eléctrico e hídrico, no con la encuesta de cuantificación.

En la figura 5 se representan las instalaciones analizadas, situándose en ordenada la altura manométrica y en abscisas la relación E entre el volumen bombeado y el consumo eléctrico. Los datos han quedado distribuidos en varias curvas de isorrendimientos (del 10% al 70%), observándose como hay una instalación con rendimiento inferior al 40% que aparentemente presenta anomalías en su funcionamiento. Estos casos se tratan particularmente en los informes municipales. Asimismo, se observa que 6 instalaciones presentan rendimientos superiores al 40%, lo que representa el 85% de las analizadas, destacando de este grupo las identificadas con los nº 2 y 5, correspondientes al sondeo de

Cerro de Los Peones de Cabra del Santo Cristo y de Majablanquilla II de Larva con rendimientos superiores al 57%.

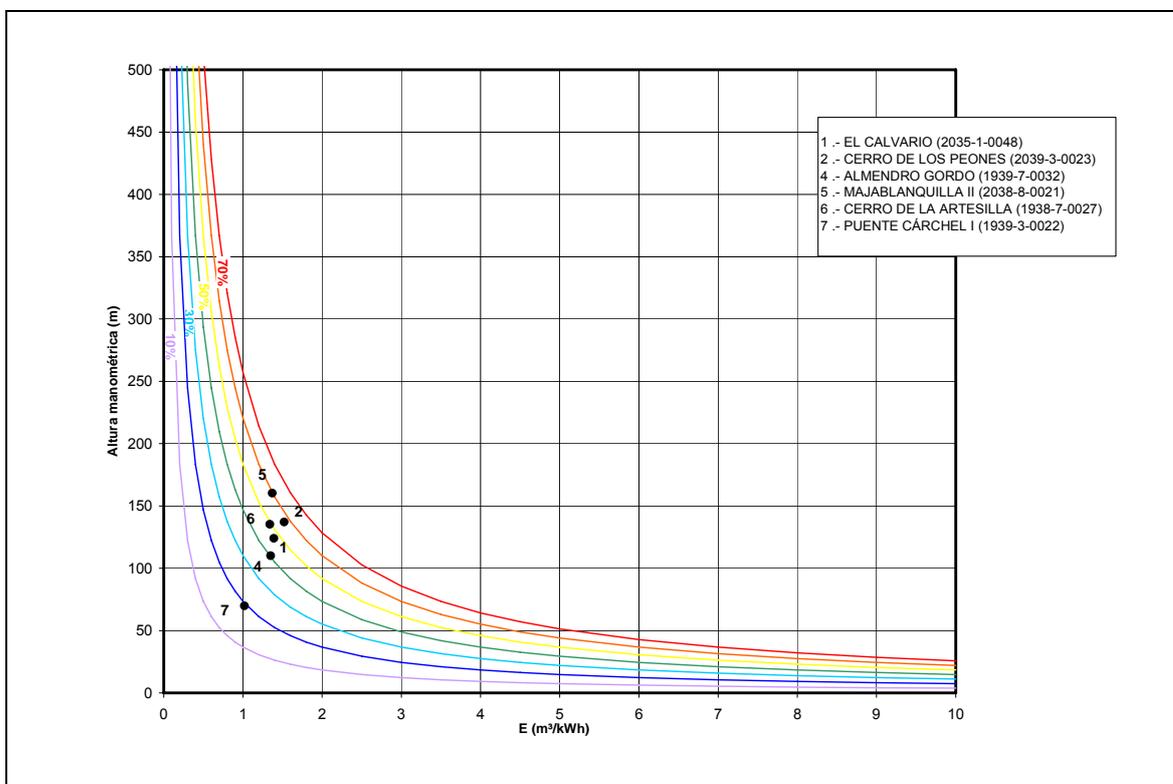


Figura nº 5: Relación entre E, altura de impulsión y rendimiento de las instalaciones estudiadas.

Los rendimientos apreciados en las instalaciones oscilan entre el 59,6%, como máximo, y el 19,4%, como mínimo, presentando en conjunto un valor medio del 45,3%. Solamente una captación presenta un rendimiento inferior al 40%, que se considera inadecuado. Su origen suele ser una mala adaptación de la electrobomba al caudal de extracción y a la altura manométrica.

Otra captación presenta un rendimiento entre el 40% y el 45%, que se considera malo y dos de ellas presentan rendimiento entre el 45% y el 50% que se puede considerar bajo.

En los informes municipales se califican los rendimientos según se indican en la tabla siguiente:

Anómalo	> 65 %
Óptimo	Entre 55 y 65 %
Normal	Entre 50 y 55 %
Bajo	Entre 45 y 50 %
Muy bajo	Entre 40 y 45 %
Inadecuado	< 40 %

Más representativo que la gestión económica del agua es el coste unitario del metro cúbico de agua elevado. La distribución por sondeo de este parámetro se representa en el histograma de la figura 6. Hay que insistir que se hace referencia al coste eléctrico del agua impulsada en las instalaciones de bombeo.

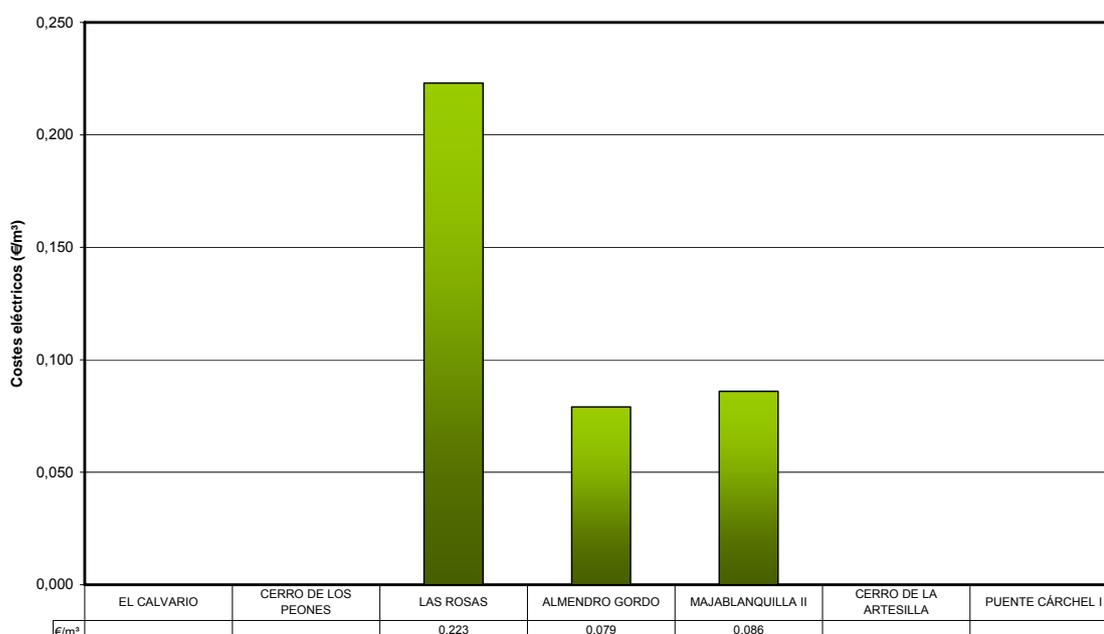


Figura nº 6 : Coste eléctrico del agua elevada €/m³

Así, en la figura 6, indicativa de una posible "mala gestión eléctrica" y/o un alto coste de elevación de agua, destaca sobre todos el sondeo de Las Rosas de Cambil, con 0,226 €/m³.

En la figura 7 se ha representado el diagrama de distribución de las instalaciones chequeadas respecto a los costes unitarios, indicando también la media de ambos parámetros. Por un lado, las instalaciones cercanas al eje de abscisas serían indicativas de una "gestión eléctrica adecuada" (valores bajos del kWh), mientras que, al contrario, los más alejados del eje lo serían de una "mala gestión eléctrica". Las tres instalaciones chequeadas están en el primer caso. Por otra parte, las instalaciones cercanas al eje de ordenadas representan un bajo coste de elevación de agua y un alto coste las más alejadas, apareciendo como destacados de una buena gestión los sondeos de Almendro Gordo (Campillo de Arenas) y Majablanquilla II (Larva) y como mala el sondeo de Las Rosas de Cambil.

El concepto de "mala gestión eléctrica" es necesario tomarlo con ciertas reservas, ya que en algunos casos es posible que sea debido a imponderables. Todas las circunstancias relativas a las características de las instalaciones comentadas de forma

general en este epígrafe serán objeto de detallada explicación en el texto del municipio correspondiente, así como las alternativas propuestas para una mejor explotación del sistema de abastecimiento.

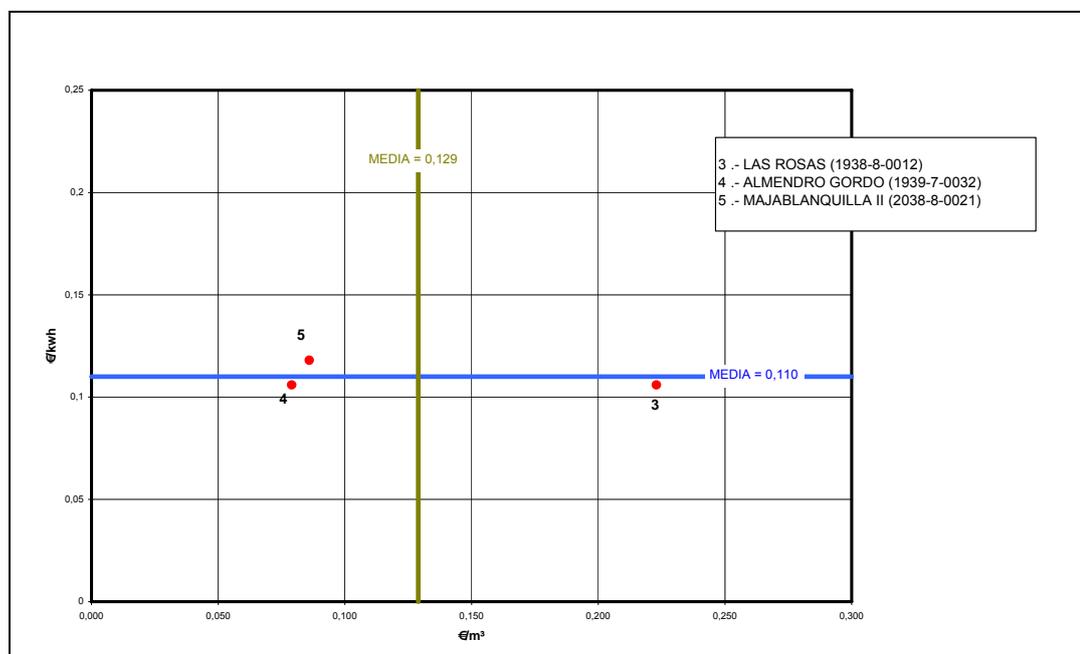


Figura 7: Relación entre el gasto unitario del agua y el eléctrico

3.3. - OPTIMIZACIÓN DE INSTALACIONES

En este apartado se analizan las circunstancias que condicionan el funcionamiento y el coste de cada instalación eléctrica, y se definen unas directrices básicas a seguir, buscando siempre abaratar significativamente la explotación.

Sin embargo como el mercado del suministro eléctrico ha sido liberalizado, no existen tarifas de obligado cumplimiento. Esto invalida en parte este apartado, pues en cada caso se debe tratar la tarifa mediante una negociación particular entre consumidor y compañía eléctrica.

No obstante, es procedente incidir en la adecuada instalación desde el punto de vista de rendimiento y de un excesivo consumo de energía reactiva, esto se incluye las recomendaciones generales del apartado siguiente.

3.4. - RECOMENDACIONES GENERALES

La puesta en marcha del Plan de Control, siguiendo la filosofía del mismo resumida en la introducción de esta Memoria, debe servir de punto de partida para el seguimiento y mejora de los abastecimientos urbanos.

Hay que señalar, por una parte, que en muchas ocasiones los propios ayuntamientos carecen de información exacta sobre las características de las instalaciones de abastecimiento. Por otra parte, y no menos importante, el control de las explotaciones se realiza de forma parcial y esporádica, y se restringe, en el mejor de los casos a medidas eventuales del nivel piezométrico, lecturas del contador y, más raramente, medida de los caudales aprovechados.

En primer lugar se recomienda el control de los volúmenes de agua que entran en los depósitos reguladores de abastecimiento, ya sea impulsados o por gravedad. En este sentido, las encuestas para cuantificación de volúmenes de bombeo suponen una herramienta de gran utilidad para llevar a cabo este control que se complementaría con el seguimiento periódico de los contadores de energía y verificaciones de los factores que intervienen en la encuesta.

Por otro lado, y también con carácter periódico, es necesario medir la evolución de los niveles piezométricos, tanto estático como dinámico, y de los caudales de bombeo. Para ello se recomienda la instalación de elementos que permitan realizar estas medidas, principalmente tuberías piezométricas en los sondeos que, como se ha indicado anteriormente, son prácticamente inexistentes. Por lo que respecta al caudal, para su medida, sería necesario acondicionar secciones para instalar caudalímetros.

Para el control de las instalaciones, además de las visitas periódicas de técnicos especializados, es de suma importancia la colaboración del personal municipal. A tal fin, se ha diseñado un estadillo, que se adjunta al final de este epígrafe, en el que se recogen algunos parámetros, relativamente fáciles de medir, a cumplimentar por el encargado de cada instalación.

Por lo que respecta al estado de las instalaciones, sería muy recomendable realizar un chequeo detallado de las mismas, con la finalidad de acotar con más precisión las posibles anomalías, algunas de ellas observadas en el Plan de Control, y proponer soluciones para su optimización.

Se han observado con frecuencia rendimientos anómalos en las instalaciones, en gran parte debidos a un sobredimensionamiento de los equipos de bombeo, ya que en muchos casos se necesita una válvula de regulación de caudal para evitar descensos importantes en el nivel de agua. La consecuencia de estas instalaciones se refleja en los bajos rendimientos, en un mayor consumo eléctrico y, por tanto, en el incremento del coste del m³ de agua bombeada.

Las instalaciones eléctricas asociadas a impulsiones, presentan salvo en un caso, una potencia contratada por debajo de la potencia activa real del equipo de bombeo. En los casos en que no hay maxímetro instalado, esto redundaría en un menor valor del término de potencia facturado. Sin embargo, en instalaciones con maxímetro, si sus registros superan el 105% de la potencia contratada, se factura el valor registrado por el maxímetro más el doble de la diferencia entre el valor registrado por el maxímetro y el valor correspondiente al 105% de la potencia contratada, por lo que se debería contratar una potencia acorde a la potencia activa real.

Las recomendaciones para la mejora exclusivamente de la infraestructura de las instalaciones, descritas de forma más detallada en los informes municipales, se resumen en el cuadro nº 6.

En el estudio realizado han sido objeto de análisis las instalaciones en la red en alta exclusivamente, es decir, hasta los depósitos de distribución, no entrándose en valoraciones sobre el estado de las redes de distribución en baja. El grado de deterioro de éstas conlleva, con bastante frecuencia, importantes pérdidas, en parte causa de la necesidad de mayores dotaciones para satisfacer la demanda.

Cuadro nº 6: Resumen de recomendaciones para la mejora de las infraestructuras

MUNICIPIO	MEJORAS
ALBANCHEZ DE MÁGINA	<ul style="list-style-type: none"> • Instalar una tubería piezométrica de diámetro adecuado y un caudalímetro en el sondeo del Calvario y llevar a cabo su seguimiento. • Una vez instalada la tubería piezométrica y el caudalímetro, realizar la encuesta de cuantificación correctamente y rediseñar, si procede, la instalación del sondeo. • Instalar un sistema de medida de caudal en los manantiales Fuente Borbote y Fuente de los Siete Caños y llevar a cabo su seguimiento. • Adecuar el sistema de extracción de agua de la Fuente de los Siete Caños para evitar la caída de elementos indeseables.
BEDMAR Y GARCÍEZ	<ul style="list-style-type: none"> • Instalar una tubería piezométrica de diámetro adecuado, un caudalímetro y una espita tomamuestras en el sondeo Cuevas Negras y llevar a cabo su seguimiento. • Una vez instalada la tubería piezométrica y el caudalímetro, realizar la encuesta de cuantificación correctamente y rediseñar, si procede, la instalación del sondeo. • Realizar una limpieza seguida de una testificación y ensayo de bombeo (si procede) en el sondeo Cuevas Negras I y rediseñar su instalación en función de los resultados obtenidos para tenerlo de reserva o en uso alternativo con el Cuevas Negras. • Instalar un sistema de medida de caudal en los manantiales Sistillo y llevar a cabo su seguimiento. • Proteger el manantial de Sistillo 1 para evitar el baño y eventuales vertidos. • Seguimiento de la calidad química y del caudal de dicho manantial dado la contrastada variabilidad del contenido de algunos elementos como los sulfatos.
CABRA DEL SANTO CRISTO	<ul style="list-style-type: none"> • Instalar una tubería piezométrica de diámetro adecuado y dos caudalímetros en el sondeo del Cerro de los Peones y llevar a cabo su seguimiento. • Una vez instalada la tubería piezométrica y los caudalímetros, realizar la encuesta de cuantificación correctamente y rediseñar, si procede, la instalación del sondeo. • Instalar un sistema de medida de caudal en el manantial del Nacimiento y llevar a cabo su seguimiento. • Llevar a cabo un seguimiento del contenido en nitratos del sondeo del Cerro de los Peones.
CAMBIL	<ul style="list-style-type: none"> • Acondicionar el manantial del Cortijo de Villanueva según la Ficha de Acondicionamiento de Manantiales que se adjunta y llevar a cabo un control del caudal drenado. • Incluir de nuevo la Fuente de la Celada en el sistema de abastecimiento a Cambil con algún sistema de medida del caudal y llevar a cabo su seguimiento. • Corregir la no accesibilidad visual al contador de energía eléctrica del sondeo de Las Rosas e instalar una tubería piezométrica de diámetro adecuado y llevar a cabo su seguimiento. Una vez instalada la tubería piezométrica y el acceso al contador de energía, realizar la encuesta de cuantificación correctamente.

MUNICIPIO	MEJORAS
	<ul style="list-style-type: none"> • Instalar una tubería piezométrica, un caudalímetro y una espita tomamuestras en el sondeo de Los Mimbrales y llevar a cabo su seguimiento. Posteriormente realizar la encuesta de cuantificación correctamente. • Instalar un sistema de medida de caudal en la Fuente de Las Mimbres y llevar a cabo su seguimiento. • Reparar e instalar con tubería piezométrica el sondeo de Cañada Barbarín e incluirlo en el sistema de abastecimiento a Arbuniel. El agua de este sondeo es de mucha mejor calidad que la del sondeo de Los Mimbrales. • Aumentar la capacidad de almacenamiento.
CAMPILLO DE ARENAS	<ul style="list-style-type: none"> • Acondicionar el manantial de Matarratones para tener acceso al mantenimiento de la captación y llevar a cabo un control del caudal drenado. • Instalar una tubería piezométrica de diámetro adecuado en el sondeo de Almendro Gordo y llevar a cabo el seguimiento de la evolución del nivel piezométrico. • Una vez instalada la tubería piezométrica, realizar la encuesta de cuantificación correctamente.
CASTILLO DE LOCUBÍN	<ul style="list-style-type: none"> • Instalar sistemas de medida del caudal en los manantiales de El Pedregal, Las Herrezuelas y Hoyo Piedra y llevar a cabo un control del caudal drenado. • Instalar tuberías piezométricas, un caudalímetro y espitas tomamuestras en los sondeos del Nacimiento del Río San Juan y llevar a cabo su seguimiento. Además, sería conveniente instalar contadores de energía eléctrica independientes y posteriormente realizar la encuesta de cuantificación correctamente.
CÁRCHELES	<ul style="list-style-type: none"> • Instalar una tubería piezométrica de diámetro adecuado en el sondeo Puente Cárcchel II y llevar a cabo su seguimiento. • Una vez instalada la tubería piezométrica en el sondeo Puente Cárcchel II, realizar la encuesta de cuantificación correctamente y rediseñar, si procede, la instalación del sondeo. • Instalar un sistema de medida de caudal en los manantiales Fuente Blanca y Fuente Parrilla y llevar a cabo su seguimiento. • Prestar especial atención a la evolución del contenido en nitratos del agua de Fuente Blanquilla y Fuente Parrilla. • Reparar la caseta de Fuente Blanca para evitar la caída de elementos indeseables en la captación. • Rediseñar la instalación del sondeo Puente Cárcchel I ya que el rendimiento inadecuado puede tener origen en una mala aplicación de la electrobomba al caudal de extracción y a la altura manométrica o estar muy desgastada y tener fugas volumétricas internas muy superiores a las del origen. • Adecuar la potencia contratada para la instalación del sondeo Puente Cárcchel I a la potencia activa de la misma (26,78 kW). • Instalar un sistema de control piezométrico automatizado en el sondeo 193930028, situado próximo a los sondeos de abastecimiento, para determinar la evolución del nivel piezométrico del acuífero en este sector.
FRAILES	<ul style="list-style-type: none"> • Instalar una tubería piezométrica de diámetro adecuado en

MUNICIPIO	MEJORAS
	<p>el sondeo de Almendro Gordo y llevar a cabo el seguimiento de la evolución del nivel piezométrico. Además instalar un contador de energía eléctrica solamente para el sondeo.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Una vez instalada la tubería piezométrica y el contador de energía eléctrica realizar la encuesta de cuantificación correctamente. • Instalar un sistema de medida de caudal en el manantial del Nacimiento (para abastecimiento y riego) y llevar a cabo su seguimiento tanto para abastecimiento como para riego. • Aumentar la capacidad de almacenamiento del núcleo de Frailes.
FUENSANTA DE MARTOS	<ul style="list-style-type: none"> • Instalar un sistema de medida de caudal en los manantiales de La Fuente de la Negra y La Fuentecica y llevar a cabo su seguimiento.
HUELMA	<ul style="list-style-type: none"> • Instalación y puesta en servicio del sondeo Las Cabritas. • Instalación de caudalímetros, tuberías piezométricas, espitas tomamuestras y contadores eléctricos independientes en todos los sondeos de abastecimiento al municipio. • Una vez instalados los sondeos adecuadamente, realizar las encuestas de cuantificación correctamente y rediseñar, si procede, las instalaciones de los sondeos. • Instalar un sistema de medida de caudal en los manantiales de Fuente de las Negras y Gualijar y llevar a cabo su seguimiento. • Instalación de un sistema de medida automática del nivel y almacenamiento de datos en el sondeo Gualijar 3. • Reparar el depósito de Gualijar para que pueda realizar su función. • Puentear el depósito de Gualijar hasta su reparación.
JIMENA	<ul style="list-style-type: none"> • Instalar una tubería piezométrica de diámetro adecuado y un caudalímetro en el sondeo de La Sierra y llevar a cabo su seguimiento. • Una vez instalada la tubería piezométrica y el caudalímetro, realizar la encuesta de cuantificación correctamente y rediseñar, si procede, la instalación del sondeo. • Instalar, en caso de reanudarse la surgencia, un sistema de medida de caudal en el manantial de la Ermita de Cánava y llevar a cabo su seguimiento. • Aumentar la capacidad de almacenamiento de agua del municipio y reparar los depósitos.
JÓDAR	<ul style="list-style-type: none"> • Instalar una tuberías piezométricas de diámetro adecuado, caudalímetros y espitas tomamuestras en los sondeos Jódar I a IV y llevar a cabo su seguimiento. • Una vez instaladas las tuberías piezométricas y los caudalímetros, realizar las encuestas de cuantificación correctamente y rediseñar, si procede, las instalaciones de los sondeos.
LARVA	<ul style="list-style-type: none"> • Instalar un cuadro eléctrico, tubería piezométrica, caudalímetro y espita tomamuestras en el sondeo La Casería y ponerlo en uso. • Una vez instalado con la tubería piezométrica y los caudalímetro, realizar la encuesta de cuantificación

MUNICIPIO	MEJORAS
	<p>correctamente y rediseñar, si procede, la instalación del sondeo.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Realizar un análisis fisicoquímico del agua procedente del sondeo de La Casería y, en caso de tener un menor contenido en sulfatos, dar prioridad a este sondeo sobre el de Majablanquilla II en el abastecimiento. • Llevar a cabo un seguimiento de la evolución del nivel, de los caudales bombeados y de las características fisicoquímicas de ambos sondeos.
MANCHA REAL	<ul style="list-style-type: none"> • Instalar una tubería piezométrica en el sondeo de Peña del Águila y contadores individuales de energía eléctrica en ese sondeo y en los de La Cantera y Los Pinos. • Una vez instalados con la tubería piezométrica y contadores de energía eléctrica individuales, realizar la encuesta de cuantificación correctamente y rediseñar, si procede, las instalaciones de los sondeos. • Instalar algún sistema de medida del caudal en el manantial de Los Charcones y llevar a cabo su seguimiento. • Llevar a cabo un seguimiento de la evolución del contenido en nitratos del agua del sondeo Peña del Águila.
NOALEJO	<ul style="list-style-type: none"> • Instalar tuberías piezométricas de diámetro adecuado y caudalímetros en los sondeos de abastecimiento y llevar a cabo el seguimiento de la evolución del nivel piezométrico. • Una vez instaladas las tuberías piezométricas y los caudalímetros, realizar la encuesta de cuantificación correctamente en aquellos sondeos en exista contador de energía eléctrica. • Instalar un sistema de medida de caudal en los tres manantiales de abastecimiento y llevar a cabo su seguimiento. • Llevar a cabo un seguimiento de la calidad del agua de los manantiales de Fuente de la Hoya y Fuente del Cerezo, sobre todo de su contenido en nitratos.
PEGALAJAR	<ul style="list-style-type: none"> • Instalar sistemas de medida del caudal en los manantiales y llevar a cabo su seguimiento. • Elaborar la encuesta de cuantificación completa. • Llevar a cabo el control de la evolución del nivel en el sondeo y de los caudales bombeados. • Aumentar la capacidad de almacenamiento (en proyecto).
TORRES	<ul style="list-style-type: none"> • Acondicionar el manantial los manantiales de abastecimiento y llevar a cabo un control de los caudales drenados. • Aumentar la capacidad de almacenamiento.
VALDEPEÑAS DE JAÉN	<ul style="list-style-type: none"> • Instalar sistemas de medida del caudal en los manantiales de El Vadillo, El Estanquillo, Fuente Anguita, Los Chorros y Los Cierzos y llevar a cabo un control del caudal drenado. • Aumentar la capacidad de almacenamiento de agua hasta al menos los 1.800 m³ de manera que se cubra 1,5 veces la demanda punta teórica.
LOS VILLARES	<ul style="list-style-type: none"> • Acondicionar el manantial de Río Frío según la Ficha de Acondicionamiento de Manantiales que se adjunta y llevar a cabo un control del caudal drenado. • Reparar el Depósito Pequeño.

4. – RECURSOS DISPONIBLES Y PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS

4. - RECURSOS DISPONIBLES Y PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS

En este epígrafe se hace un análisis de las características generales de los acuíferos captados para abastecimiento, junto con la evaluación de los recursos disponibles en cantidad y en calidad. Asimismo se hacen una serie de consideraciones y recomendaciones de cara al planteamiento de posibles alternativas al abastecimiento.

4.1. - CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS ACUÍFEROS

Las masas de agua subterránea en las que se ubican los puntos de abastecimiento urbano de los núcleos de población objeto de esta fase del Plan de Control se indican en el cuadro nº 7.

La mayoría de los acuíferos captados son de naturaleza carbonatada, con permeabilidad por fisuración y karstificación, existiendo también materiales de naturaleza detrítica, con permeabilidad por porosidad intergranular. Además, existen una serie de puntos de abastecimiento sin masa de agua subterránea definida.

Cuadro nº 7: M.A.S. aprovechadas para abastecimiento.

MUNICIPIOS	NÚCLEOS	M.A.S.
ALBANCHEZ DE MÁGINA	Albanchez de Mágina y Hútar	05.15 "Torres-Jimena"
BEDMAR Y GARCÍEZ	Bedmar y Garcéz	05.14 "Bedmar-Jódar"
		05.21 "Sierra Mágina"
CABRA DEL SANTO CRISTO	Cabra del Santo Cristo, Estación de Cabra y Estación de Huesa	05.41 "Guadahortuna-Larva"
CAMBIL	Arbuniel	05.28 "Mts. Orientales. Sector Norte"
	Cambil	05.20 "Almadén"
CAMPILLO DE ARENAS	Campillo de Arenas	05.28 "Mts. Orientales. Sector Norte"
CÁRCHELES	Cárcchel y Carchelejo	05.66 "Grajales-Pandera"
CASTILLO DE LOCUBÍN	Castillo de Locubín y Ventas del Carrizal.	05.70 "Gracia Ventisquero"
	La Alfavila	Sin masa definida
FRAILES	Frailes y Puerto Blanco	05.28 "Mts. Orientales. Sector Norte"
FUENSANTA DE MARTOS	Fuensanta de Martos, Los Encinares, El Reguelo, Valdohornillo, Las Veletas y Las Ventas.	05.22 "Mentidero-Montesinos"
HUELMA	Huelma	05.21 "Sierra Mágina"
		Sin masa definida
	Solera	05.41 "Guadahortuna-Larva"

MUNICIPIOS	NÚCLEOS	M.A.S.
JIMENA	Jimena	05.15 "Torres-Jimena"
JÓDAR	Jódar	05.14 "Bedmar-Jódar"
LARVA	Larva	05.41 "Guadahortuna-Larva"
LOS VILLARES	Los Villares	05.66 "Grajales-Pandera"
MANCHA REAL	Mancha Real	05.19 "Mancha Real-Pegalajar"
NOALEJO	Noalejo y Hoya del Salobral	05.28 "Mts. Orientales. Sector Norte"
PEGALAJAR	Pegalajar	05.20 "Almadén"
		05.19 "Mancha Real-Pegalajar"
TORRES	Torres	05.20 "Almadén"
		05.21 "Sierra Mágina"
VALDEPEÑAS DE JAÉN	Valdepeñas de Jaén	05.70 "Gracia Ventisquero"

M.A.S. 05.14 "BEDMAR-JÓDAR"

La M.A.S. se sitúa en la comarca de Jódar dentro de la provincia de Jaén, a unos 35 km al este de la capital. Se incluye en la Cuenca Alta del Guadalquivir dentro de los términos municipales de Bedmar y Garcéz y Jódar, encontrándose los núcleos de Bedmar y Jódar situados en ella.

El clima existente en la M.A.S. es mediterráneo seco de carácter subtropical cálido con una precipitación media de 500 mm/a y una temperatura media entre 16 y 17 °C para el periodo comprendido entre 1940/41 y 1984/85 y una ETP entre 900 y 950 mm/a y una Lluvia útil de 150 mm/a.

Desde el punto de vista geológico, se encuadra en el dominio estratigráfico denominado "Prebético de Jaén" y se sitúa 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.

Las unidades litoestratigráficas que aparecen son de muro a techo las siguientes:

- **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.

- Mioceno: Sobre los afloramientos cretácicos de la Cueva del Aire y de la Serrezuela de Bedmar aparece un tramo de calizas algales que puede alcanzar hasta 70 metros de potencia. Este tramo no aparece sobre el afloramiento de la Golondrina. El resto de materiales miocenos está conformado por margas grises y blanquecinas entre los que pueden aparecer olistolitos de diversa naturaleza.
- Cuaternario: Se trata de conglomerados, gravas y arcillas que conforman los depósitos de origen coluvial y aluvial existentes en la zona y que presentan escasa potencia.

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. 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.

En cuanto a las características hidrogeológicas de los materiales, Se trata de una M.A.S. carbonatada permeable por fisuración-karstificación, fundamentalmente libre aunque pudiera presentar confinamiento bajo los sedimentos impermeables que la limitan, especialmente en su borde oriental.

Tiene una superficie de materiales permeables próxima a 17 km² 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 km². 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 km². 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.

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 Garcéz (203760012) y El Pradillo (203770005), estando los demás secos.

Antes de comenzar las extracciones por bombeos, los recursos eran drenados fundamentalmente por el manantial de Carratraca (203820009) y Mahoma (203820011) al suroeste, y Fuente de Garciez (203760012) 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.

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 203760017, aunque existen datos puntuales en otros sondeos desde 1963 (203760001). A partir de 1995, la CHG controla los puntos nº 2038/2/23 y 34.

Entre los años 1963 y 1985 se registraron descensos en los niveles de unos 10 m en el sector de Jódar con 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, existe 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.

No existen datos sobre las reservas de agua explotables acumuladas en el acuífero, ya que no se conoce el coeficiente de almacenamiento ni la estructura en detalle. De todas formas se puede hacer una estimación de las reservas mínimas explotables que puede ser una aproximación a la realidad. Si se considera que el 60 % de la superficie de afloramientos permeables se encuentra saturada en un espesor de 50 metros y se aplica un coeficiente de almacenamiento de 2×10^{-2} se obtiene la cifra de al menos 10 hm^3 de reservas potencialmente explotables.

Las aguas subterráneas de la unidad presentan facies bicarbonatadas cálcicas, cálcicas-magnésicas o magnésico-cálcicas acordes con el tipo de materiales que constituyen el acuífero, la mineralización es ligera y la dureza media. Para abastecimiento, las aguas cumplen la normativa que marca la reglamentación española y para riego pertenecen al grupo C₁ S₁ por lo que son aptas para toda clase de suelos.

Los afloramientos carbonatados permeables de la unidad están considerados como muy vulnerables a la contaminación debido a su elevada permeabilidad por fisuración-karstificación.

M.A.S. 05.15 “TORRES-JIMENA”

La M.A.S. se sitúa en la provincia de Jaén a unos 30 km al este de la capital. Se incluye en la Cuenca Alta del Guadalquivir dentro de los términos municipales de Mancha Real, Torres, Albánchez de Mágina, Jimena y Bedmar y Garcéz; los núcleos de Torres, Albánchez de Mágina y Jimena se encuentran dentro de la M.A.S..

Presenta un clima mediterráneo húmedo de carácter subtropical con una precipitación media de 500-700 mm/a y una temperatura media anual de 15,4 °C para el periodo comprendido entre 1944/45 y 1996/97 y una ETP de 804,0 mm/a y una Lluvia útil para el año medio entre 216,9 y 190,6 mm/a.

La M.A.S. está conformada por sedimentos pertenecientes al dominio estratigráfico denominado regionalmente como “Prebético de Jaén” y se sitúa 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.

Las unidades litoestratigráficas que aparecen de muro a techo son las siguientes:

- Cretácico inferior: Los materiales más antiguos que aparecen en la unidad consisten en unas dolomías masivas muy tectonizadas cuya potencia no supera los 100 metros. A techo se sitúa una alternancia de areniscas calcáreas y margas verdosas y sobre estas una nueva alternancia de margas y arcillas verdes y amarillentas con calizas bioclásticas y calizas amarillentas. Su potencia es superior a los 200 metros.
- Cretácico superior: En la zona de Aznatín aparecen representadas una facies exclusivamente de calizas y otra constituida por calizas y dolomías. El tramo inferior corresponde a unos 400 metros de calizas sobre las que se sitúan unos 100 o 200 metros de dolomías y calizas.
- Mioceno: Los materiales miocenos más antiguos corresponden a la “Unidad Olistostrómica del Guadalquivir” y están constituidos por un conjunto de rocas de diversa naturaleza, como son arcillas y margas de colores variados, areniscas rojas, dolomías y yesos, que se reconocen como procedentes de unidades triásicas, además existen bloques de materiales pertenecientes al Cretácico y Terciario y materiales margosos del Mioceno inferior y parte del medio. Sobre esta unidad se encuentran unos niveles de calizas de algas y calcarenitas cuyo principal afloramiento aparece al sur de Jimena con unos 70 metros de espesor, también se encuentran orlando los materiales cretácicos del Aznatín con espesores en torno a los 30 metros. A techo se sitúan unos niveles de margas calcáreas blancas que pueden aparecer también reposando directamente sobre la unidad olistostrómica. En la zona pueden alcanzar espesores entre 150 y 300 metros.
- Cuaternario: Se trata de conglomerados, gravas y arcillas que conforman los depósitos de origen coluvial y aluvial existentes en la zona y que presentan escasa potencia.

La estructura que presentan los materiales cretácicos se ha interpretado como del tipo “cartón de huevos” por interferencia de pliegues ENE-OSO a NE-SO y pliegues NNO-SSE, con culminaciones antiformales formadas por materiales cretácicos y cubetas con margas miocenas. De norte a sur, las diversas estructuras que aparecen son: el pliegue de Jimena, que constituye un anticlinal tumbado vergente hacia el norte con núcleo de materiales cretácicos y calizas miocenas y un sinclinal con margas miocenas que es cabalgado por los anticlinales tumbados de Arroyo de Pinar y de Aznatín. Estos pliegues afectan a las calizas y dolomías del Cretácico superior, que constituyen los principales

relieves correspondientes a sus flancos normales. A su vez están afectados por pliegues N0-SE y fallas NNO-SSE y E-O con componentes normal y de desgarre. Al sur de Aznatín hay un estrecho sinclinal E-O con Mioceno y un anticlinal que evoluciona a cabalgamiento en el flanco norte entre Torres y Albánchez.

Los bordes de estas estructuras presentan buzamientos muy acentuados, e incluso invertidos en sus flancos septentrionales, por lo que las calizas se introducen rápidamente bajo las margas miocenas. Frecuentemente estos bordes se encuentran así mismo fallados, por fallas normales o inversas.

Se trata de una M.A.S. carbonatada, permeable por fisuración-karstificación y con carácter libre, aunque pudiera presentar confinamiento bajo los sedimentos impermeables que la limitan, especialmente bajo los recubrimientos de las margas miocenas en los núcleos sinclinales.

Tiene una superficie de materiales permeables de 20 km² con potencias del orden de 600 metros de materiales carbonatados cretácicos y miocenos, si bien, en el afloramiento de Jimena, las potencias se encuentran en torno a los 70 metros.

Sobre la base de las diferencias litológicas e hidrogeológicas existentes se pueden diferenciar dos subunidades:

- Subunidad de Aznatín: Su superficie de afloramientos permeables es de 17 km². Los materiales acuíferos que la constituyen son calizas y dolomías del Cretácico superior y localmente calizas algales miocenas. El sustrato impermeable está conformado por margas, arcillas y areniscas del Cretácico inferior.
- Subunidad de Jimena: Tiene una superficie de afloramientos permeables de 3 km². Los materiales acuíferos que la constituyen son las calizas algales miocenas mientras que el sustrato impermeable son margas, arcillas y areniscas del Cretácico inferior.

La alimentación se produce exclusivamente a partir de la infiltración directa de las precipitaciones, que tienen lugar sobre los afloramientos carbonatados.

La descarga se produce por más de una veintena de manantiales, aunque el volumen de agua drenado por sólo 5 de ellos representa hasta el 85% del total de las salidas de la M.A.S.. Otras descargas se producen mediante bombeos en los sondeos para abastecimiento y regadío existentes.

Todos los puntos de descarga de una cierta entidad se localizan en el borde oriental de los macizos carbonatados, por lo que hay que suponer una componente principal oeste-este en el sentido del flujo subterráneo, sin destacar un flujo más limitado hacia el norte.

A lo largo del borde oriental la cota de las surgencias va disminuyendo de sur a norte, con saltos aparentemente bruscos de cota topográfica, lo que tendría un cierto significado hidrogeológico en relación directa con la estructura en pliegues-falla del acuífero.

En la Subunidad de Jimena el nivel piezométrico se sitúa a cotas de 620-660 m s.n.m. correspondiente a los manantiales de la Presa (203750007) y de Cánava (203750006), con caudales medios superiores a los 10 l/s, y al sondeo nº 203750009. Las surgencias más importantes de la Subunidad de Aznatín son los manantiales de San José

de Hútar (nº 203810017 y 18) situados a cotas de 720 y 715 m s.n.m., al este del Cerro de Aznatín. Este manantial tiene caudales, para el periodo de 1983-2000, comprendidos entre los 2 l/s medidos en el estiaje de 1999 y 400 l/s registrados en enero de 1997, con medias en torno a los 70 l/s. En el sector de Albanchez la única salida representativa corresponde al la Fuente de los Siete Caños (203810057), cuya cota es de 805 m s.n.m. con caudales medios en torno a los 5 l/s, inferiores a los que cabría esperar si tenemos en cuenta la superficie permeable a la que esta asociada. El resto de manantiales son en su mayoría debidos al drenaje natural de niveles de agua colgados, con bajos caudales y cotas de surgencia comprendidas entre 900 y 1200 m s.n.m.

No existe ningún punto de control piezométrico por lo que se desconoce la evolución de niveles.

No existen datos sobre reservas de agua explotables acumuladas en el acuífero, ya que no se conoce el coeficiente de almacenamiento ni la estructura en detalle. De todas formas se puede hacer una estimación de las reservas mínimas explotables que puede ser una aproximación a la realidad. Si se considera que el 60 % de la superficie de afloramientos permeables se encuentra saturada en un espesor de 50 metros y se aplica un coeficiente de almacenamiento de 2×10^{-2} se obtiene la cifra de al menos 12 hm^3 de reservas potencialmente explotables.

Las aguas de la M.A.S. presentan facies bicarbonatadas cálcicas o cálcico-magnésicas, acordes con el tipo de materiales que constituyen el acuífero, con mineralizaciones ligeras y durezas medias. Para abastecimiento las aguas cumplen la normativa que marca la reglamentación española y para riego son del tipo C₁ S₁, por lo que son aptas para toda clase de suelos.

Los afloramientos carbonatados permeables de la M.A.S. están considerados como muy vulnerables a la contaminación debido a su elevada permeabilidad por fisuración-karstificación.

M.A.S. 05.19 “MANCHA REAL-PEGALAJAR”

La M.A.S. se sitúa en la provincia de Jaén a unos 10 km al este de la capital. Se incluye en la Cuenca Alta del Guadalquivir dentro de los términos municipales de Mancha Real, Pegalajar, La Guardia y Torres; los núcleos de Pegalajar y Mancha Real se encuentran dentro de la M.A.S..

Presenta un clima mediterráneo húmedo de carácter templado con una precipitación media de 500-700 mm/a y una temperatura media anual de 15,4 °C para el periodo comprendido entre 1944/45 y 1996/97 y una ETP de 804,0 mm/a y una Lluvia útil para el año medio entre 216,9 y 190,6 mm/a.

La M.A.S. se localiza en el sector septentrional de las Cordilleras Béticas, en la zona que limita las Zonas Externas con los materiales de la Depresión del Guadalquivir.

Los afloramientos existentes abarcan edades comprendidas entre el Cretácico inferior y el Cuaternario, y se incluyen, junto a los de Bedmar-Jódar, Torres-Jimena y Jaén, dentro del conjunto de afloramientos más meridionales y occidentales de la Zona Prebética, constituyendo el denominado Prebético de Jaén.

La estructura de la Serrezuela de Pegalajar, consiste en un anticlinal de dirección

general N40E buzante hacia el suroeste, cuyo flanco noroccidental aparece muy verticalizado, pudiendo incluso presentar inversiones, y con un flanco suroriental con buzamientos más suaves, en torno a los 30°. La estructura se complica mediante una serie de fracturas perpendiculares a la dirección del pliegue principal que provocan desplazamientos y hundimientos en el eje del anticlinal. En la mitad meridional, aparece una fractura subparalela a la directriz principal en la que afloran los materiales margosos del Cretácico inferior. El flanco noroccidental de la Serrezuela de Pegalajar cabalga los niveles carbonatados del Serravaliense como han demostrado los sondeos S-2 (193830027) y S-4 (193830029) realizados por la DGOH.

La Sierra de Mojón Blanco cabalga a la de Pegalajar, afectando a los materiales miocenos que recubren el valle que separa ambas sierras. Esta sierra corresponde en términos generales a una gran estructura monoclinal replegada, con el flanco septentrional con fuertes buzamientos, lo que es general en ambas estructuras, mientras que en los flancos meridionales los buzamientos son suaves.

Se trata de una M.A.S. carbonatada, permeable por fisuración-karstificación y en general con carácter libre.

Tiene una superficie de materiales permeables carbonatados de 28 km² con potencias del orden de 300 metros. Los materiales margosos del Cretácico inferior constituyen el sustrato impermeable principal; dentro del Cretácico superior se pueden diferenciar los materiales del Cenomaniense inferior que consisten en una serie básicamente caliza pero en la que se intercalan niveles de calizas margosas, margocalizas y margas que restan permeabilidad al conjunto; en cambio el Cenomaniense superior-Senonense, está formado por un conjunto de calizas y dolomías masivas de alta permeabilidad que constituyen el acuífero más importante de la M.A.S..

Los materiales prebéticos cretácicos que conforman la M.A.S. aparecen como grandes bloques embutidos entre las margas y arcillas de la Unidad Olistostrómica, este hecho ocasiona que sus bordes se encuentren muy tectonizados y, por otra parte, perfectamente definidos. El límite noroccidental de la Sierra de Pegalajar, aparece como un borde de fractura, en el que la disposición de las capas es vertical llegando a invertirse en algunas zonas. La morfología resultante asegura un borde impermeable en el que no hay posibilidad de comunicación hídrica con otras unidades cercanas. Sólo la existencia de los depósitos aluviales del Río Guadalbullón en la esquina suroccidental podría permitir un drenaje oculto hacia ellos. El borde meridional está definido en casi toda su extensión por el afloramiento de margas del Cretácico inferior a excepción del sector de la Hoya de la Sierra, donde las margas miocenas recubren los carbonatos cretácicos que podrían llegar a ponerse en contacto con los carbonatos subbéticos de la M.A.S. 05.20 "Almadén", existiendo la posibilidad de comunicación hídrica entre ambos, aunque de escasa cuantía caso de existir. El borde oriental aparece recubierto por margas miocenas que ocultan una posible relación con los carbonatos subbéticos de la unidad de Almadén, desde donde podrían existir aportes ocultos, como parecen poner de manifiesto los análisis de isótopos en el manantial de los Charcones.

El borde septentrional es el más complejo, por un lado los datos geofísicos apuntan hacia la continuidad de los carbonatos bajo los materiales pliocenos en la zona nororiental. Inmediatamente al sur de Mancha Real se sitúa el Acuífero Mioceno Intermedio, que también ha sido denominado Acuífero Mioceno de Mancha Real o Compartimento de las Barrenas. Este acuífero está formado por un paquete de carbonatos y calcarenitas

miocenas situado bajo un recubrimiento de conglomerados pliocuaternarios y en contacto con los carbonatos cretácicos. La superficie mínima ha sido acotada, mediante un análisis del vaciado de reservas, entre 0,5 y 0,9 km² y el espesor de los materiales carbonatados cortados por los sondeos que lo explotan es algo superior a 100 metros. Se encuentra en contacto con el borde del acuífero carbonatado con el que existe una compleja relación hídrica.

El principal horizonte acuífero lo forman las calizas y dolomías del Cenomaniense superior-Senonense. La Sierra de Pegalajar aparece individualizada en dos sectores denominados en trabajos previos septentrional y meridional, que son consecuencia de la barrera impermeable ocasionada por la presencia de los materiales margosos del Cretácico inferior en el núcleo de la estructura anticlinal existente. Sin embargo, la presencia de un nivel colgado en el sector septentrional complica este esquema, ya que este nivel se encuentra relacionado con el sector meridional, especialmente en épocas en las que el nivel piezométrico aparece elevado. El sector meridional se encuentra además en comunicado con la Sierra de Mojón Blanco, y podría drenar parte de sus recursos hacia el acuífero Mioceno de Mancha Real a través de los conglomerados pliocuaternarios y hacia estos mismos conglomerados en el sector nororiental.

La alimentación se produce exclusivamente a partir de la infiltración directa de las precipitaciones, que tienen lugar sobre los afloramientos carbonatados.

La descarga se produce a través de diversos manantiales, de salidas ocultas hacia los materiales Pliocenos y Miocenos adosados a los bordes y especialmente por bombeos en los sondeos existentes.

No existen datos sobre reservas de agua explotables acumuladas en el acuífero, ya que apenas se dispone de datos sobre valores del coeficiente de almacenamiento. De todas formas se puede hacer una estimación de las reservas mínimas explotables que puede ser una aproximación a la realidad. Si se considera que el 60 % de la superficie de afloramientos permeables se encuentra saturada en un espesor de 100 metros y se aplica un coeficiente de almacenamiento de 2×10^{-2} se obtiene la cifra del orden de 34 hm³ de reservas potencialmente explotables.

Las aguas relacionadas con los materiales carbonatados cretácicos de la M.A.S. presentan facies bicarbonatadas cálcicas o cálcico-magnésicas, acordes con el tipo de materiales que constituyen el acuífero, con mineralizaciones ligeras en la mayoría de los casos y durezas medias.

En el Acuífero de Mancha Real la facies es igualmente bicarbonatada cálcica, si bien, en el sondeo Barrena II (193830025) se detectaron en la zona más profunda, aguas cloruradas sódicas y fuerte mineralización que podrían estar relacionadas con el contacto entre los materiales miocenos y los materiales pertenecientes a la Unidad Olistostrófica en la que existen rocas solubles evaporíticas. Para abastecimiento, las aguas cumplen la normativa que marca la reglamentación española.

Los afloramientos carbonatados permeables de la M.A.S. están considerados como muy vulnerables a la contaminación debido a su elevada permeabilidad por fisuración-karstificación.

M.A.S. 05.20 “ALMADÉN”

La M.A.S. se sitúa en la Cuenca del Guadalquivir dentro de los términos municipales de Pegalajar, Cambil y Torres. Sobre ella no se localiza ningún núcleo de población.

Presenta un clima mediterráneo templado cálido, según la clasificación de Papadakis con una precipitación media de 800 mm/a y una temperatura media anual de 16-17 °C para el periodo comprendido entre 1955/56 y 1984/85 y una ETP entre 900 y 950 mm/a y una Lluvia útil media anual entre 360 y 400 mm/a.

La M.A.S. se asocia a los tramos carbonatados de edad jurásica aflorantes en la alineación montañosa Almadén-Atalaya, los cuales se asignan a las unidades intermedias del dominio subbético.

Las unidades litoestratigráficas que aparecen son de muro a techo las siguientes:

- Triásico: son materiales arcillo-margosos, que forman la base impermeable de la M.A.S..
- Lías inferior: son unas dolomías grises oscuras que no afloran en toda su potencia por estar cepilladas por una falla inversa que las pone en contacto con las margas del cretácico. Su potencia no sobrepasa los 40 m.
- Lías inferior-medio: está formado por calizas grises micríticas en estratos de hasta 2 m en la base que, hacia el techo, van disminuyendo de potencia. A techo el color es más oscuro y presentan un intenso diaclasado. Su potencia es próxima a 250 m.
- Domeriense superior-Toarciense: se trata de una alternancia de margas y margocalizas que a techo tienen un nivel de calizas nodulosas en facies de “falsa brecha”. La potencia del conjunto es de unos 50 m.
- Dogger: calizas grises micríticas permeables en bancos de unos 20 cm. En ocasiones de aspecto masivo, en las que se intercalan pequeños niveles de margas gris-verdosas, y niveles de sílex hacia la parte central. Debido a razones tectónicas no afloran en su totalidad, siendo su mayor potencia vista próxima a 100 m.
- Malm: margas, margocalizas y calizas de unos 200 m de potencia.
- Cretácico: margocalizas, margas y calizas. También lo forman niveles de margas y areniscas con intercalaciones de turbiditas terrígenas.
- Terciario: formado en su mayoría por margas y calcarenitas con olistolitos de edad cretácica.
- Cuaternario: principalmente derrubios de ladera, conos de deyección y glacia.

La M.A.S. está formada por un manto de cabalgamiento de materiales jurásicos de la Unidad Intermedia sobre litologías, eminentemente margosas, del Prebético. El frente de cabalgamiento se sitúa al norte de la unidad, sin embargo, por el sur, este y oeste, los afloramientos permeables están delimitados por fallas de gravedad que ponen en contacto el jurásico con margas y arcillas del Terciario o, en el caso de la zona oriental, con las

litologías de margas y areniscas cretácicas del Prebético (ventana tectónica).

Se trata de una M.A.S. carbonatada permeable por fisuración y karstificación. Tiene una superficie permeable de unos 31,3 km².

Todos los límites del acuífero son cerrados. El norte está definido por un cabalgamiento que pone en contacto los materiales carbonatados del jurásico, que constituyen el acuífero, con arcillas y margas del Mioceno o, en algunos puntos, con calizas brechoides y margas del Cretácico superior.

Los límites este, oeste y sur están formados por fallas de gravedad que ponen en contacto el Jurásico con margas y arcillas del Terciario o, en el caso del límite oriental, con margas, areniscas y calizas cretácicas del Prebético Interno.

No obstante, en el suroeste de la unidad existe una abertura que podría permitir la comunicación del acuífero carbonatado con el río Guadalbullón. Esa comunicación hidráulica se realizaría a través de litologías terciarias, pues las calizas jurásicas tienen continuidad hidrogeológica en esa zona, compuestas por calcarenitas y margas miocenas de unos 150 m de espesor.

La potencia del acuífero es difícil de estimar dadas las condiciones de afloramiento de los materiales que lo constituyen, pero en principio se puede considerar entre 500 y 1000 m (equivalente al sector Cárceles-Carluca).

Los acuíferos de la M.A.S. están constituidos por materiales calcáreos y dolomíticos. Hacia el techo tienen intercalaciones margosas, que en ocasiones pueden ser importantes. En el extremo SE hay un afloramiento de calizas y dolomías del Subbético Interno que probablemente constituyen un bloque alóctono, desligado del resto del acuífero, enclavado en materiales de baja permeabilidad del Terciario.

La alimentación se produce exclusivamente por infiltración del agua de lluvia sobre sus afloramientos permeables. Las descargas se producen principalmente a través de los manantiales, ya que los bombeos son escasos en la actualidad. Debido a la escasez de sondeos no se puede establecer un flujo subterráneo a partir de las isopiezas, conociéndose fundamentalmente sobre la base de la cota de las principales surgencias naturales.

Los manantiales más importantes por el volumen drenado son: 193880003 (Villanueva), 2038100025 (Fuente del Zar) y 203810022 (Fuenmayor). El primero está situado en el límite sur, a 937 m s.n.m., y los otros dos, están situados junto al borde noreste, a cota 1180 y 1240 m s.n.m respectivamente. Los tres manantiales tienen una enorme variabilidad de caudales. El 193880003 tiene un caudal medio de 105 l/s, con máximos de 900 l/s (año 1997) y mínimos de algo menos de 20 l/s. Es posible que estos valores difieran algo de la realidad, ya que se han obtenido a partir de medidas puntuales. De idéntica forma ocurre con los otros dos, que se miden conjuntamente. El caudal medio es de unos 47 l/s, y el mínimo y máximo, 10 y 360 l/s respectivamente (6).

En todos los puntos controlados, junto con las importantes oscilaciones, se observa una disminución del caudal de drenaje desde 1983 hasta 1995 que, en principio, únicamente se puede atribuir a la disminución de la recarga por efecto de las sequías, ya que las extracciones por bombeo son poco importantes.

Considerando un espesor saturado medio de 500 m, una superficie de 31,3 km² y una porosidad eficaz del 2 al 5% se podrían acotar las reservas mínimas, que estarían comprendidas entre unos 310 y 785 hm³.

Las aguas de la M.A.S. son de facies bicarbonatadas cálcicas o cálcico magnésicas, con salinidades del orden de 350-400 mg/l. La conductividad presenta valores generalmente entre 250-400 µmhos/cm. El índice SAR es bajo. Utilizando la clasificación de la calidad del agua para usos agrícolas, las muestras mayoritariamente pertenecen a la clase C₂-S₁, por lo que son aguas de salinidad media, aptas para la mayoría de cultivos. Para abastecimiento las aguas presentan, en general, buena calidad química para el consumo humano.

Los afloramientos permeables de la M.A.S. presentan un alto riesgo de contaminación de las aguas subterráneas debido, sobre todo, a la elevada permeabilidad de los materiales que la conforman.

M.A.S. 05.21 “SIERRA MÁGINA”

La M.A.S. se sitúa en la Cuenca del Guadalquivir dentro de los términos municipales de Bedmar, Jódar, Huelma, Cambil, Albanchez de Mágina, Belmez de la Moraleda y Torres. Si bien no existe ningún núcleo urbano a excepción de Belmez de la Moraleda dentro de la misma.

Presenta un clima mediterráneo templado cálido, según la clasificación de Papadakis con una precipitación media entre 700 y 800 mm/a y una temperatura media anual de 15-17 °C para el periodo comprendido entre 1955/60 y 1984/61 para la Subunidad de Mágina y en el período 1944/45 a 1996/97 para la Subunidad de Cárceles-Carluco y una ETP entre 770 y 950 mm/a y una Lluvia útil media anual entre 355 y 400 mm/a.

El acuífero está constituido por dos potentes series carbonatadas del Jurásico pertenecientes a dos dominios litoestratigráficos diferentes (el Subbético Externo de Sierra Mágina y las Unidades Intermedias), que aparecen superpuestas tectónicamente.

Las unidades litoestratigráficas que aparecen son de muro a techo las siguientes:

- Triásico inferior y medio: son los materiales más antiguos, con facies Keuper, y consisten en arcillas, limolitas y yesos.
- Subbético Externo Sierra Mágina:
 - Triásico superior, Lías inferior y medio: formado por dolomías, calizas brechificadas y brechas tectónicas. Pueden alcanzar una potencia de 500-800 m.
 - Jurásico medio y superior: lo forman calizas nodulosas oolíticas y con sílex, con intercalaciones margosas. Llegan a presentar espesores de hasta 200 m.
- Unidades intermedias:
 - Triásico superior, Lías y Dogger: dolomías, dolomías brechoides, calizas tableadas y calizas bioclásticas y oolíticas. Tienen una potencia de 600-1000 m.
 - Oxfordiense: margas y arcillas radiolaríticas con intercalaciones de calizas

nodulosas. Es una delgada serie de 15 a 40 m de espesor.

- Malm (Kimmeridgiense y Portlandiense): calizas tableadas negras con juntas e intercalaciones margosas grises y verdes. Tienen una potencia de 200-300 m.
- Cretácico y Oligoceno: margas grises y arcillas rojas con yesos. También se detecta la presencia de olistolitos y brechas calcáreas.
- Mioceno inferior: está formado por paquetes de calcarenitas. No presentan una gran potencia en el seno de la unidad, pero hay datos que revelan una potencia de 300 m en las cercanías de los municipios de Cárcel y Carchelejo, al sur de la unidad, y fuera de la poligonal.
- Cuaternario: principalmente gravas, cantos y bloques calcáreos con matriz limo-arcillosa, en general de aspecto caótico y que a veces presentan un intenso encostramiento y cementación carbonatada. Se trata de sedimentos postectónicos de tipo coluvial, y, aluviales ligados esencialmente al río Jandulilla.

Se trata de una M.A.S. carbonatada permeable por fracturación y karstificación. Tiene una superficie permeable de unos 97 km² distinguiéndose fundamentalmente dos subunidades:

- ✓ Subunidad Mágina: Su superficie de afloramientos permeables es de 60 km² y su espesor medio del orden de 700 m aunque presenta variaciones significativas de unos sectores a otros, desde 500-800 m en la zona de Sierra Mágina-la Serrezuela-Peñalisa, a unos de 600-1000 m en la Sierra de la Cruz. Los límites hidráulicos del acuífero se consideran cerrados en la mayor parte del mismo, y vienen impuestos por el cabalgamiento del Subbético Externo de Mágina y/o por contactos mecánicos con materiales triásicos, cretácicos o terciarios impermeables. Tan sólo en la mitad oriental del límite septentrional se considera la existencia de un flujo hacia la Subunidad Cárcel-Carlucó.
- ✓ Subunidad Cárcel-Carlucó: Su superficie de afloramientos es de 37 km² y su espesor medio de 500-1000 m. El límite septentrional es impermeable; está constituido por una serie de margas, calizas y areniscas del Cretácico inferior. Los límites este y oeste vienen marcados por estos mismos materiales. El basamento impermeable no llega a aflorar en ningún punto, pero cabe suponer que está formado por materiales arcillosos, marga-arcillosos y yesíferos del Triásico aunque, dado el carácter alóctono de las Unidades Intermedias podrían, incluso, estar apoyadas sobre formaciones del Cretácico o del Terciario.

La alimentación se produce por infiltración del agua de lluvia sobre sus afloramientos permeables. Las descargas se producen a través de los manantiales, mediante extracciones por bombeo y un probable drenaje subterráneo al río Jandulilla y a materiales miocenos.

La piezometría de la Subunidad de Sierra Mágina es complicada. Aunque no existe una red de sondeos en el seno de la subunidad, por las cotas de los manantiales se pueden establecer unas direcciones de flujo. Hay dos zonas bien diferenciadas, que están separadas por la importante fractura que se sitúa al este de la Cumbre de Sierra Mágina, con dirección NNO-SSE. Las dos zonas se han denominado zona suroccidental y zona nororiental.

En el sector suroccidental, la parte sureste es drenada por el manantial de El Gargantón nº 20386009 (caudal medio aproximado de 300 l/s) a cota 1120 y la parte oeste por el manantial de Mata Begid nº 203850007 (caudal medio aproximado de 125 l/s) situado a cota 1010.

El principal manantial del sector nororiental es el Manantial del Parque nº 203860007 (caudal medio aproximado de 30 l/s), situado a unos 875 m s.n.m..

La subunidad de Cárceles-Carlucó es menos conocida, al no existir ninguna perforación en su interior. El flujo parece dirigirse hacia el norte y noreste, hacia el nacimiento del río Bedmar (manantiales de Sistillo nºs 203820004 y 203820005, a 700 y 680 m s.n.m. respectivamente). El manantial Sistillo I nº203820005 presenta caudales medios de 287 l/s (con máximos de 2800 l/s) bastante superiores al manantial Sistillo II nº 203820004.

En la Subunidad de Cárceles-Carlucó, las aguas son de facies bicarbonatadas cálcicas o cálcico magnésicas, a excepción de los puntos de agua situados en el borde SO, donde el contacto con materiales triásicos, de matriz yesífera, hace que las facies sean sulfatadas cálcicas. La Subunidad de Sierra Mágina presenta una facies fuertemente bicarbonatada, generalmente cálcica. La proporción de magnesio aumenta hacia el este.

Las aguas analizadas pertenecen mayoritariamente a la clase C₂-S₁, por lo que son aguas de salinidad media, aptas para la mayoría de cultivos. En la Subunidad Cárceles-Carlucó las aguas se incrementan en sales, sobre todo en épocas de sequía, llegando a la clase C₃-S₁ (aguas moderadamente salinas, pudiendo no ser apropiadas para riego). Para abastecimiento las aguas presentan, en general, buena calidad química para el consumo humano.

Los afloramientos permeables de la M.A.S. presentan un alto riesgo de contaminación de las aguas subterráneas.

M.A.S. 05.22 “MENTIDERO-MONTESINOS”

La M.A.S. se sitúa en la margen izquierda del Guadalquivir y más concretamente en la cabecera de la cuenca del Río Víboras, en su margen izquierda, al sur de la provincia de Jaén y a unos 10 km al sur de la capital. Se localiza entre las poblaciones de Valdepeñas de Jaén y Fuensanta de Martos. Se incluye en la Cuenca Baja del Guadalquivir principalmente dentro de los términos municipales de Fuensanta de Martos, Valdepeñas de Jaén y Los Villares. Dentro de ella se encuentra el núcleo urbano de Fuensanta de Martos.

Presenta un clima templado cálido mediterráneo seco con una precipitación media anual comprendida entre 625 y 786 mm y una temperatura media anual entre 14,6 y 16,5 °C para el periodo entre los años 1975 y 1994 y una E.T.R. entre 265 y 283 mm y una Lluvia Útil media anual entre 554 y 702 mm (R.U. 25 mm).

La M.A.S. está conformada por materiales pertenecientes al Subbético, y más concretamente al Subbético Externo, los más antiguos pertenecen al Triásico, y los más modernos al Cuaternario.

Desde el punto de vista estructural, los materiales jurásicos presentes en la M.A.S. se disponen en una estructura sinclinal de flancos con buzamiento muy suave y fondo horizontal-subhorizontal. Este sinclinal se encuentra compartimentado por una

banda de materiales triásicos sobre los que descansa toda la estructura.

Se trata de una M.A.S. carbonatada permeable por fisuración y karstificación. Tiene una superficie total de afloramientos permeables de 23 km² distinguiéndose dos acuíferos denominados Mentidero y Montesinos. Esta subdivisión responde a la individualización de los materiales carbonatados jurásicos en dos macizos montañosos separados por un valle donde afloran las arcillas y margas del Triásico, confiriéndoles esta circunstancia funcionamientos hidrogeológicos independientes.

Los materiales permeables que lo conforman son las calizas y dolomías de la Formación Gavilán, y en menor medida las calizas de la Formación Camarena que en conjunto presentan espesores comprendidos entre 250 y 600 metros.

Los límites de la M.A.S. son cerrados por contacto con los materiales triásicos basales en la práctica totalidad de la M.A.S. y, al norte, por los materiales cretácicos de muy baja permeabilidad. Un pequeño sector del límite occidental aparece recubierto por materiales cenozoicos con reducida extensión y bajo los que parece existir prolongación de los materiales acuíferos jurásicos.

El sustrato impermeable está constituido por los materiales margo-arcillosos triásicos.

- Subunidad de Mentidero :

Situada al noroeste de la M.A.S., ocupa una extensión de 21 km² de los que 15,6 km² corresponden a afloramientos permeables de rocas carbonatadas jurásicas. El conjunto presenta un espesor de 400-600 metros.

Los límites del acuífero son de carácter cerrado y corresponden al contacto basal con los materiales impermeables del Trías. Un pequeño sector del límite occidental aparece cubierto por materiales cenozoicos con reducida extensión siendo probable la continuidad bajo estos de los carbonatos jurásicos.

La descarga se produce fundamentalmente y de manera difusa hacia el cauce del Río Fuensanta dentro del núcleo urbano de Fuensanta de Martos a cota 710-720 m s.n.m.. Además, existen dos manantiales principales que son los de Fuente Lavadero (183940002) y Fuente Negra (183940001) a la cota 710 m s.n.m., con caudales medios de surgencia de 35 y 10 l/s, respectivamente.

- Subunidad de Montesinos :

Ocupa una extensión de 7,3 km² correspondientes en su totalidad a materiales carbonatados permeables. El espesor de estos materiales permeables oscila entre 250 y 300 metros.

Al igual que en el caso del acuífero de Mentidero, todos los límites son cerrados y coinciden con el contacto basal de los materiales impermeables triásicos.

La descarga del acuífero se produce principalmente a través del manantial de Chircales (193910023) a cota 990 m s.n.m. y con un caudal medio en el periodo 1983-1995 de 54,5 l/s (1,72 hm³/a). El resto de las surgencias carecen de entidad y suponen un caudal

de unos 10 l/s.

Las dos subunidades incluidas en la unidad presentan un carácter libre y anisótropo.

La alimentación del conjunto de la M.A.S. se produce por infiltración del agua de lluvia caída sobre los afloramientos permeables. En el caso de la subunidad de Montesinos, son relativamente importantes las precipitaciones sólidas.

Las salidas naturales se producen principalmente mediante salidas difusas al Río Fuensanta para la subunidad de Mentidero y por el manantial de Chircales (193910023) para la de Montesinos.

Los niveles piezométricos vienen impuestos en las dos subunidades por las cotas de las surgencias principales. Estas son de entre 710 y 720 m s.n.m. para Mentidero y de 990 m s.n.m. para el caso de Montesinos.

Las reservas hídricas de la unidad son las siguientes:

- Subunidad de Mentidero: Se ha estimado un espesor saturado medio de 150 m para la zona central de la subunidad, con una extensión aproximada de 8 km², lo que supone un volumen mínimo de reservas de 24 hm³, aplicando un coeficiente de almacenamiento de 2×10^{-2} .
- Subunidad de Montesinos: Las reservas se han estimado considerando el mismo coeficiente de almacenamiento y un espesor saturado medio de 50 m para una superficie de 5 km² que ocupa la zona central del acuífero, lo que supone un volumen mínimo de 5 hm³.

Las aguas subterráneas de la M.A.S. son, en general, de mineralización entre ligera y notable. Los valores de la conductividad están comprendidos entre 370 y 801 µmhos/cm con un promedio de 517 µmhos/cm. Presentan facies bicarbonatada o sulfatada cálcica o cálcico-magnésica. En cuanto a la diferenciación por acuíferos, las muestras procedentes de los manantiales del acuífero de Mentidero presentan facies bicarbonatada o bicarbonatada-sulfatada cálcico-magnésica y en algún caso cálcica. El agua procedente del manantial de Chircales (1939/1/23) (Montesinos) presenta facies bicarbonatada calcico-magnésica con un relativamente alto contenido en cloruros y sodio. Se trata de aguas que varían entre los tipos C₂S₁ y C₃S₁ presentando riesgo de alcalinización bajo y de salinización del suelo de medio a alto para su uso en regadío.

La práctica totalidad de los materiales acuíferos presentes en la M.A.S. presentan una vulnerabilidad alta a la contaminación.

M.A.S. 05.28 “MONTES ORIENTALES. SECTOR NORTE”

La M.A.S. se sitúa en el límite de las provincias de Jaén y Granada, en la transversal de Alcalá la Real-Huelma. Se localiza en la Cuenca Alta del Guadalquivir e incluye parte de los términos municipales siguientes: Benalúa de las Villas, Campotéjar, Colomera, Iznalloz, Montillana, Montejícar en la provincia de Granada y Alcalá la Real, Cambil, Campillo de Arenas, Castillo de Locubín, Frailes, Huelma, Los Cárcheles, Noalejo y Valdepeñas de Jaén en la provincia de Jaén.

Se caracteriza por la existencia de un clima mediterráneo templado según la clasificación de Papadakis con una precipitación anual media entre 475 y 657 mm para el período 1944/45-1996/97 y una ETR comprendida entre 155 y 316 mm.

Los materiales que constituyen la M.A.S. se asignan a la Zona Subbética en los dominios del Subbético Externo y Medio. Engloba además en su extremo oriental materiales acuíferos neógenos.

Las unidades litoestratigráficas que aparecen son de muro a techo las siguientes:

- Triásico. Está constituido básicamente por arcillas versicolores y yeso entre los que aparecen enclaves de ofitas, materiales carbonatados y niveles de areniscas.
- Lías inferior y medio. Formado por dolomías masivas y calizas tableadas que en conjunto pueden alcanzar espesores de hasta 1200 metros, aunque los espesores más frecuentes son de 400 metros.
- Lías superior-Dogger. Sobre las calizas y dolomías de la base del Jurásico se sitúa una serie constituida por margocalizas, margas y calizas tableadas, con niveles de rocas volcánicas cuyo espesor puede superar los 1500 m.
- Malm. Se caracteriza por la presencia de un nivel inferior margoso de hasta 150 m de potencia y un nivel superior permeable constituido por calizas nodulosas y calizas con sílex, con una potencia de 15-30 m.
- Mioceno. Corresponde a una serie margo-arenosa con un especial desarrollo de niveles calcareníticos y areniscosos en el sector occidental, en esta zona tiene una potencia media de 50-60 m y constituye el acuífero de Alcalá la Real-Santa Ana.
- Plioceno: Formado por niveles detríticos de diversa naturaleza, margas, conglomerados, arenas y calizas lacustres, cuya potencia podría llegar a alcanzar los 100 m.
- Cuaternario. Corresponde a abanicos aluviales, piedemontes, fondos de valle y depósitos aluviales.

Los materiales carbonatados que constituyen la mayor parte de la M.A.S. se disponen según dos franjas paralelas con orientación NE-SO, separadas por un frente de cabalgamiento y niveles margocalizos cretácicos.

En el sector noroccidental, los materiales calcáreos liásicos cabalgan sobre margas y margocalizas cretácicas y jurásicas, actuando las arcillas y yesos triásicos como nivel de despegue. Los materiales calcáreos, sobre todo en las sierras del Trigo y Montillana, aparecen asociados a pliegues afectados por una intensa fracturación y cabalgamientos que llegan a invertir la serie en muchos sectores.

Los materiales del sector suroccidental corresponden a varios pliegues anticlinales y sinclinales sucesivos, de dirección NE-SO, de tal modo que los afloramientos calcáreos aparecen en los ejes anticlinales y aunque se encuentran conectados en profundidad, en superficie se encuentran separados por materiales margocalizos jurásicos que constituyen los núcleos sinclinales.

En el borde suroccidental este conjunto de materiales cabalga hacia el sur sobre depósitos terciarios; en el extremo suroriental, los materiales acuíferos se encuentran soterrados bajo materiales pliocenos detríticos constituidos por conglomerados y arcillas.

Se trata fundamentalmente de una M.A.S. constituida mayoritariamente por acuíferos carbonatados permeables por fisuración-karstificación, de carácter libre aunque aparecen sectores confinados bajo sedimentos de baja permeabilidad cretácicos y jurásicos asociados a los núcleos sinclinales. Los acuíferos de La Camuña y Alcalá la Real-Santa Ana son acuíferos mixtos, permeables por porosidad y fisuración-karstificación constituidos por areniscas y calcarenitas bioclásticas.

Dentro de la M.A.S. se distinguen tres formaciones permeables con características de acuífero: las dolomías y calizas del Lías inferior, las calizas tableadas, nodulosas y oolíticas del Dogger-Malm y las calcarenitas Miocenas.

A continuación se realiza una breve descripción de cada una de las subunidades y acuíferos que constituyen esta M.A.S..

Subunidad Frailes–Boleta. Este acuífero, con una extensión aproximada de 25 km², se sitúa al norte de la localidad de Frailes y está constituido por materiales jurásicos y cretácicos pertenecientes a las series de transición entre el Subbético Medio y Externo. Los materiales permeables están formados por dolomías y calizas del Lías inferior, con potencias del orden de 300 m, cuyos afloramientos ocupan una extensión de unos 2,2 km². Sobre estos materiales, se dispone una serie margocalcárea, de carácter semipermeable, que abarca del Lías medio al Cretácico. Los límites norte y noreste corresponden a materiales impermeables triásicos, que lo desconectan del acuífero de Fresnedilla-Pico Madera, y además constituyen su substrato. Al sureste, limita con el acuífero de Frailes-Montillana, y al este, con el de Charilla, límites que vienen definidos por la presencia de arcillas triásicas. Al noroeste, limita con el acuífero de Gracia-Morenita; este límite no está bien definido y existe la posibilidad de comunicación hidráulica entre ambos.

Subunidad Frailes–Montillana. Se sitúa entre las localidades de Noalejo y de Montillana, constituyendo los relieves montañosos de las sierras de Montillana y los Andanillos, que ocupan una superficie de 35 km². El acuífero principal está constituido por dolomías y calizas tableadas liásicas, que con un espesor conjunto de unos 300 m, afloran en una extensión de 15,5 km². Existe además un nivel acuífero secundario constituido por calizas nodulosas y calcarenitas del Jurásico superior. La subunidad está asociada a una estructura anticlinal con cierre periclinal hacia el noreste y que cabalga sobre margas cretácicas al suroeste. El substrato impermeable del acuífero está constituido fundamentalmente por arcillas y yesos del Trías, y por margas cretácicas en la zona suroriental. Estas últimas constituyen además su límite septentrional. El límite meridional debe estar constituido por materiales del Trías. Al noreste los materiales acuíferos se hundieron bajo las margas y margocalizas cretácicas, pudiendo continuar en profundidad hasta los afloramientos de la Subunidad de Alta Coloma.

Subunidad Sierra del Trigo-Puerto Arenas. Se localiza en la zona nororiental de la unidad y se extiende desde el cerro del Maceral situado al oeste de Noalejo, hasta el entorno de Puerto Arenas. Ocupa una superficie de 40 km², mientras que sus afloramientos permeables ocupan una extensión de 18 km². Presenta dos niveles acuíferos, el principal está constituido por calizas y dolomías del Lías con un espesor de 100-200 m, y un nivel superior de 30-40 m constituido por calizas nodulosas del Malm. La Subunidad está asociada al sinclinal del barranco de Monasterio y una sucesión de anticlinal y sinclinal invertidos, todos ellos de vergencia noreste. El substrato impermeable está constituido por arcillas y yesos del Trías; su límite meridional corresponde a los afloramientos de arcillas y yesos del Trías y materiales margosos sobre los que cabalgan estas estructuras. El límite

septentrional corresponde a los afloramientos margosos del manto de Cambil.

Subunidad Fresnedilla-Pico Madera. Corresponde a los relieves montañosos de la Sierra del Trigo que ocupan una superficie de 40 km²; en ella se localizan dos niveles acuíferos, el principal constituido fundamentalmente por calizas y dolomías del Lías, con espesores de 100-200 m y el otro, asociado a calizas nodulosas y con sílex del Malm que presenta espesores de 40-80 m; los afloramientos permeables del acuífero principal ocupan una superficie de 5 km². Sus límites oriental y occidental corresponden a sendos núcleos anticlinales donde afloran materiales arcillosos del Trías, el primero con dirección N-S y el segundo con forma sinusoide. En el borde norte, el acuífero se ve soterrado bajo una potente serie margosa del Cretácico inferior, mientras que en su parte meridional el límite está constituido por la serie margosa cretácica sobre la que cabalga.

Subunidad de Alta Coloma. Está constituida por calizas y dolomías liásicas que, con potencias superiores a 300 m, se extienden desde Montillana y Noalejo hasta Arbuniel y Montejícar y afloran en los núcleos anticlinales de una serie muy replegada en dirección NE-SO. La superficie de los afloramientos permeables es de unos 35 km² sin embargo la superficie total del acuífero es bastante más elevada, ya que hay amplias zonas donde existe un recubrimiento de materiales de baja permeabilidad poco potente. Hacia el sur y oeste, los materiales acuíferos están recubiertos por la potente serie margosa jurásico-cretácica suprayacente que constituye su límite en dichos sectores. Su sustrato impermeable y límites septentrional y oriental están constituidos por arcillas y yesos del Trías

Subunidad Alcalá la Real-Santa Ana. Esta subunidad se sitúa entre los núcleos de Alcalá la Real y Santa Ana, está constituida por calcarenitas, arenas y conglomerados miocenos que ocupan una superficie de 6,6 km². Se trata de un afloramiento tabular con espesores entre 36 y 97 m (50-60 metros de espesor medio) que se dispone, horizontalmente o buzando ligeramente al suroeste, sobre una formación margosa del Mioceno que constituye sus límites y substrato impermeable. Aunque presenta carácter libre, en su zona suroriental existen algunos sectores confinados o semiconfinados, debido a la existencia de cambios laterales de facies.

Subunidad de La Camuña. Corresponde a un acuífero libre del Mioceno superior que se extiende al sur de Castillo de Locubín, ocupando una superficie de 5,5 km². Está constituido por calcarenitas y arenas del Mioceno superior, que presentan espesores comprendidos entre 150 y 250 m. Estos materiales se disponen sobre una formación margosa del Mioceno, que constituye los límites y substrato impermeable. En el límite occidental, en contacto con los materiales permeables, se desarrolla un extenso glacis, formado por gravas y arcillas.

Subunidad de Charilla. Se localiza al norte de la localidad de Santa Ana, en las inmediaciones de la pedanía de Charilla. Tiene una extensión próxima a 6 km², en la que afloran materiales calcáreos y margocalcáreos jurásicos pertenecientes a las series de transición entre el Subbético Medio y Externo. Está formada por calizas y dolomías del Lías inferior que, con una potencia mínima de 70 m, afloran en una superficie de 1 km². Sobre estos materiales se disponen materiales margocalcáreos del Jurásico medio y superior. El substrato impermeable corresponde a materiales arcillosos del Trías que constituyen además, sus límites septentrional, oriental y occidental. Hacia el suroeste, los materiales acuíferos se encuentran solapados por materiales margosos miocenos.

Subunidad de Vadillo. Corresponde a un pequeño afloramiento jurásico, constituido por una estructura sinclinal, de dirección NE-SO y 3,5 km² de superficie. Se sitúa al este de la localidad de Castillo de Locubín, en torno al río Guadalquivir que lo atraviesa de sur a norte. Está constituido por calizas y dolomías del Lías inferior, con una potencia mínima de 70 m, sobre las que se disponen materiales margocalcáreos del Lías superior y calizas con sílex del Dogger, que ocupan el núcleo del sinclinal. El afloramiento jurásico se presenta colgado respecto al Trías, que constituye el substrato y los límites impermeables. Al suroeste, los materiales acuíferos se ven solapados por materiales margosos miocenos.

Subunidad de San Pedro-La Rábida. Ambos conjuntos se sitúan al oeste de Alcalá la Real, en las inmediaciones de la localidad de La Rábida. El acuífero de la Sierra de San Pedro está constituido por un tramo calizo-dolomítico del Lías inferior de unos 100 m de potencia y unos 5 km² de extensión, perteneciente a una unidad geológica de carácter alóctono cuya serie estratigráfica es típica del Subbético Medio. El acuífero de la Rábida está constituido por un afloramiento detrítico de edad Pliocuaternalio, que alcanza una potencia de 10-15 m y una extensión de unos 4 km².

La disposición interna de la Sierra de San Pedro consiste en una sucesión monoclinada buzante hacia el norte, por lo que en esta dirección el tramo permeable queda confinado bajo las margas y margocalizas de su propia serie. Esta misma disposición se observa en el borde oriental del acuífero, mientras que en el meridional queda limitado por un extenso afloramiento de margas y arcillas triásicas. En su extremo suroccidental está parcialmente solapado por el Pliocuaternalio de La Rábida.

La alimentación de la M.A.S. se produce exclusivamente por infiltración de las precipitaciones sobre los afloramientos permeables y de forma diferida mediante percolación desde los materiales calco-margosos que recubren buena parte de las subunidades carbonatadas, esto debe ser especialmente importante en el acuífero de Alta Coloma, ya que el volumen de recursos drenado por el manantial de Arbuniel (193940002), única salida natural de este acuífero, es notablemente superior a la suma de las infiltraciones calculadas a partir de los afloramientos de alta permeabilidad del acuífero.

Las descargas se realizan fundamentalmente a través de manantiales en los contactos con los materiales impermeables que las limitan, con excepción de algunos acuíferos como Alcalá la Real-Santa Ana o San Pedro-La Rábida donde la explotación por bombas es importante.

Las aguas presentan facies bicarbonatadas cálcicas y cálcico-magnésicas, son de mineralización media-alta y aptas para el consumo humano. Puntualmente en zonas de descarga relacionadas con materiales salinos del Trías, se localizan aguas con un contenido elevado en sulfatos, que puede impedir su utilización para abastecimiento urbano al superarse los límites marcados por la Reglamentación española, tal es el caso del manantial de Arbuniel (193940002) en la Subunidad de Alta Coloma.

Los afloramientos acuíferos de elevada permeabilidad presentan un riesgo potencialmente alto de contaminación en relación con las características propias de sus materiales carbonatados, mientras que los materiales semipermeables que recubren el acuífero, presentan un riesgo moderado de contaminación.

M.A.S. 05.41 “GUADAHORTUNA-LARVA”

La M.A.S. se sitúa al sureste de Sierra Mágina, entre las provincias de Jaén y

Granada, en el extremo suroriental de la Comarca de los Montes Orientales.

Desde el punto de vista geográfico, comprende un sector norte de topografía muy irregular con alineaciones montañosas muy interrumpidas, con cotas superiores a los 1200 metros, de dirección aproximada este-oeste. Se encuentra limitada al sur por una región de una altitud media elevada (superior a los 1000 metros), con un relieve más monótono, con formas suaves y alomadas (sector de Torre Cardela–Pedro Martínez). Entre ambos sectores se localiza una zona deprimida respecto a ambos que configura una gran altiplanicie profundamente disectada por el Río Guadahortuna, sobre todo en el sector oriental.

El clima, atendiendo a su régimen térmico, es de tipo “templado-cálido”, y en función de su régimen de humedad es de tipo “mediterráneo húmedo”. Los datos climáticos de que se dispone pertenecen al periodo 1960/61-1993/94 para el sector incluido en la provincia de Granada y al 1940/41-1985/86 al incluido en la provincia de Jaén. Estos indican una precipitación media anual de 500 mm en el sector norte de la unidad, disminuyendo hacia el sureste hasta valores inferiores a 380 mm al este de Alamedilla y una temperatura media anual que aumenta de sur a norte, entre 13 °C en Torrecardela a 15 °C en Larva. La E.T.P. oscila entre 772 mm y 455 mm y la Lluvia útil media anual entre 245 y 270 mm.

Los materiales que constituyen la M.A.S. se asignan a la Zona Subbética en el dominio Subbético Medio aunque algunos autores atribuyen esta zona a las denominadas “Unidades Intermedias”.

A grandes rasgos, dentro de la M.A.S. se pueden diferenciar tres sectores o franjas de orientación claramente bética (S-SE), ubicadas en el dominio Subbético Medio:

- Un sector norte (Cabra de Santo Cristo–Larva), en el que están presentes afloramientos de materiales mesozoicos y neógenos, que conforman una zona de gran complejidad estructural.
- Un sector sur (Torrecardela–Pedro Martínez), en el que aparecen casi exclusivamente sedimentos paleógenos y aquitanienses conformando un extenso sinclinal.
- Un sector central (Guadahortuna), situado entre los dos anteriores, que se encuentra ocupado por materiales recientes (Mioceno superior–Cuaternario) que ocultan la historia previa de esta zona.

En esta M.A.S. los principales acuíferos están constituidos por los niveles carbonatados jurásicos principalmente, y menor importancia tienen los tramos calcareníticos paleógenos y Tortoniense, así como los niveles detrítico pliocuaternarios y cuaternarios recientes.

Entre los niveles carbonatados jurásicos destacan las dolomías y calizas del Lías inferior que aparecen como acuíferos colgados, libres o confinados según el sector de que se trate. Deben su elevada permeabilidad a procesos de fracturación y/o karstificación. Las calizas del Dogger y Malm, tienen igualmente un comportamiento acuífero, pero debido a la presencia de niveles margosos, la permeabilidad del conjunto es inferior al tramo inferior liásico.

La complejidad estructural de los materiales que conforman la Unidad, unido a la variabilidad de los materiales acuíferos presentes en la misma, individualiza una serie afloramientos acuíferos con un funcionamiento hidrogeológico independiente de los demás. Con estas premisas, los acuíferos presentes en la Unidad se pueden agrupar de acuerdo a su composición litológica en: Acuíferos carbonatados jurásicos y miocenos (Subunidad de Larva–Solera y Subunidad de Gante–Santerga), Acuíferos calcareníticos oligocenos–aquitanienses (Subunidad de Altos de Torrecardela) y Acuíferos detríticos (Subunidad Pliocuaternaria de la Depresión de Guadahortuna y Subunidad del Aluvial del Río Guadahortuna).

ACUÍFEROS CARBONATADOS JURÁSICOS:

Subunidad de Larva–Solera: Se localiza en la transversal definida por los núcleos de población de Larva y Solera. Está constituida por materiales carbonatados jurásicos y calcareníticos miocenos que afloran en las sierras del Buitre, Larva, Cújar, Solera, Sazadilla, Los Chotos y Morrón, constituyendo la subunidad de Larva – Solera con 35 km² de extensión aproximada de afloramientos permeables.

Los límites impermeables de este acuífero vienen determinados en su mayor parte por areniscas y arcillas del Trías y por formaciones margosas cretácicas y terciarias. En el sector suroriental los materiales acuíferos están en contacto con materiales permeables pliocuaternarios. Las arcillas triásicas constituyen el sustrato impermeable del acuífero dolomítico, mientras que hacia la base de las calcarenitas aparecen formaciones margosas terciarias.

En esta subunidad se pueden diferenciar tres acuíferos con un funcionamiento independiente: Acuífero de Cabra de Santo Cristo, Acuífero de Chotos-Sazadilla-Los Nacimientos y Acuífero de Larva

Subunidad de Gante–Santerga: Al sur de la subunidad anteriormente descrita, cerca del núcleo urbano de Guadahortuna se localiza la Subunidad de Gante–Santerga.

El acuífero está constituido por afloramientos de calizas y dolomías jurásicas que configuran una estructura anticlinal de dirección este–oeste, extendiéndose desde la Sierra de Santerga al oeste hasta el Cortijo de Gante al este. La potencia media del conjunto carbonatado es de 300 metros, con una superficie de afloramientos permeables de unos 9 km², distribuidos 4,9 km² en la Sierra de Santerga y el resto en los relieves que se extienden hacia el este.

El sustrato impermeable de la subunidad los constituyen las margas y arcillas del Trías. El borde sur y este de la subunidad están representados por el contacto con los materiales detríticos pliocuaternarios de relleno de la depresión de Guadahortuna. Los bordes norte y oeste están constituidos por margocalizas y arcillas cretácicas, así como por materiales arcillosos triásicos cabalgantes al norte y extruídos a favor de una estructura normal al sur.

En la subunidad, existen barreras impermeables debido a la fracturación y a presencia de tramos margosos cretácicos que individualizan diferentes acuíferos definidos por las estructuras anticlinales como Acuífero de Los Gallardos, Acuífero de Santerga y Acuífero de La Serreta–Gante-Cabeza Montosa:

ACUÍFEROS CALCARENÍTICOS OLIGOCENOS

Subunidad calcarenítica de los Altos de Torrecardela: Este acuífero está constituido por calcarenitas, areniscas bioclásticas y margas de edad Eoceno medio–Aquitaniense, que afloran en una extensión de unos 60 km². Presenta frecuentes cambios de facies tanto lateral como verticalmente, con potencias que pueden superar los 100 metros. Estos materiales se sitúan concordantemente sobre margas blanquecinas con niveles de areniscas hacia techo, o bien sobre materiales inferiores (capas rojas), igualmente margosos, por medio de una discordancia angular. En cualquier caso, ambos constituyen la base impermeable de este acuífero.

En conjunto constituyen una serie de relieves alomados entre las depresiones de Guadahortuna y Moreda–Huélago. Las calcarenitas suelen presentar un aspecto masivo, constituyendo verdaderos promontorios en el relieve, como es el caso del Cerro Mochila, el Alto de Doña Marina, el pico Torrecilla o el Alto de los Navazuelos entre otros. Cuando presentan intercalaciones margosas dan lugar a relieves más suaves.

Los afloramientos permeables de esta formación, unos 47 km², constituyen un acuífero de moderada potencialidad, limitado por la presencia de numerosas intercalaciones margosas y por el juego de fracturación que induce a pensar en una fuerte compartimentación del mismo.

En la zona que nos ocupa se pueden diferenciar dos sectores; uno al norte de Torrecardela, en el que las calcarenitas constituyen una capa superficial poco enraizada que se denomina afloramiento de Mochila; y otro al sur de Torrecardela, que constituye un sinforme tumbado, vergente al norte, cuyo flanco inverso, muy verticalizado, aflora bajo el casco urbano de Torrecardela. La divisoria hidrogeológica entre ambos sectores, parece localizarse en el núcleo de esta sinforma, a favor de una fractura de dirección NE-SO.

ACUÍFEROS DETRÍTICOS

Subunidad Plio-cuaternaria de la Depresión de Guadahortuna: El acuífero está conformado por conglomerados más o menos cementados y lentejones de arenas que constituyen el tramo superior del Plioceno–Cuaternario. Presenta una gran heterogeneidad en su permeabilidad y en conjunto es de baja a media. Se disponen subhorizontalmente sobre un tramo basal, esencialmente limo–arcilloso, que constituye el impermeable de base. La superficie de afloramientos permeables de esta subunidad es de 161 km².

Este tramo superior permeable ha sido erosionado en los cauces de ríos y arroyos, dando lugar a una alta compartimentación del acuífero en sectores de escasa entidad, cada uno de los cuales se encuentra drenado por pequeños manantiales, que nacen en el contacto con el impermeable de base, condicionados por la topografía.

La disposición subhorizontal de los materiales permeables, impide la acumulación de reservas de interés. La potencia media del horizonte acuífero no supera los 6 a 7 metros de espesor, de los cuales los 2 ó 3 metros inferiores suelen estar saturados.

Subunidad del Aluvial del Río Guadahortuna: Está constituido por niveles de gravas finas y arenas en una matriz limosa, con una permeabilidad media–baja en su conjunto, debida a porosidad intergranular. Estos materiales permeables reposan sobre los limos de la base Plioceno–Cuaternario, los cuales actúan como impermeables de base.

El aluvial del Río Guadahortuna ocupa una superficie de 14 km², con una cuenca de recepción de unos 225 km².

La potencia del aluvial varía entre los 15 y 7 metros, aumentando aguas abajo. Desde el punto de vista litológico, existe un predominio de los materiales finos, limos y arcillas, en el que se intercalan niveles de arenas.

Las aguas de la M.A.S. presentan una gran variabilidad en cuanto a su calidad química en función del acuífero del que procedan:

- El acuífero de Larva presenta una gran variabilidad en la conductividad de sus aguas, con valores comprendidos entre 255 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (213810005) y 5.790 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (203840027), lo que parece indicar la existencia de diferentes sectores acuíferos claramente diferenciados.
- En el acuífero de Chotos–Sazadilla–Los Nacimientos, las aguas son de facies bicarbonatada cálcica y de bajos contenidos en sales, presentando una calidad aceptable para consumo humano, con excepción de los nitratos, que superan al máximo admisible exigido en la Reglamentación Técnico-Sanitaria para abastecimiento y control de las aguas potables de consumo público (R.D. 1138/1990 de 14 de septiembre).
- Las aguas del acuífero Gante–Santerga (Manantial de Gante nº 203930021) presentan una facies sulfatada–bicarbonatada cálcico–magnésica, con un residuo seco superior a los 500 mg/l. Los contenidos en sulfatos y magnesio pueden ser debidos a contaminación en profundidad por materiales triásicos. En relación a la calidad para consumo humano, son de calidad tolerable, solo el contenido en magnesio está próximo al límite no tolerable. Las aguas analizadas pertenecen al grupo C₃-S₁, por lo que su utilización en regadíos estaría limitada a suelos con buen drenaje.
- Las aguas procedentes del acuífero calcarenítico de los Altos de Torrecardela presentan unas concentraciones en nitratos superiores al máximo admisible exigido en la Reglamentación Técnico-Sanitaria para abastecimiento y control de las aguas potables de consumo público (R.D. 1138/1990 de 14 de septiembre).
- Las aguas del Aluvial del Río Guadahortuna, son de facies bicarbonatadas cálcicas con salinidad total comprendida entre 50 y 1000 mg/l. Desde el punto de vista de su uso para consumo humano son de buena calidad química, si bien en la analítica disponible no se determinó su contenido en nitratos.

Como se puede observar existe una gran dispersión en los parámetros expuestos, como era previsible dada la gran diversidad de litologías que presentes la Unidad, y, por tanto, la variabilidad de acuíferos que la constituyen.

En el Mapa de Vulnerabilidad de los acuíferos frente a la contaminación en Andalucía, que se recoge en el Atlas Hidrogeológico de Andalucía, se representan como “zonas de vulnerabilidad alta” las áreas ocupadas por afloramientos carbonatados jurásicos debido a la alta velocidad de circulación de las aguas, a su escasa capacidad de retención de contaminantes y a una autodepuración limitada. El resto de la superficie de la M.A.S. está representada como “zona de vulnerabilidad baja”. Especial mención merece el acuífero detrítico del Aluvial del Río Guadahortuna, la escasa profundidad hasta el agua lo

hace muy vulnerable a la contaminación.

M.A.S. 05.66 “GRAJALES-PANDERA”

La M.A.S. se sitúa al sureste de la ciudad de Jaén y está constituida por las sierras que le dan nombre. En esta unidad se incluye, además, la de Cárcchel, situada entre las sierras de Pandera y Grajales, en las estribaciones orientales de las mismas, y entre las localidades de Cárcchel y Carchelejo. Los términos municipales incluidos de forma parcial son: Los Villares, Valdepeñas de Jaén, Campillo de Arenas, Cárcchelos, Jaén y Pegalajar. No existen núcleos de entidad situados sobre la unidad, a excepción de Carchelejo y Cárcchel, ubicados en el borde oriental.

El clima presente en la M.A.S. es mediterráneo templado cálido y húmedo con una precipitación media anual entre 500 y 1000 mm y una temperatura media anual de 17,1 °C para el periodo de años comprendido entre 1944/45 a 1996/97 y una E.T.P. media anual de 855,5 mm y una Lluvia útil media anual (RU 25-75) de 467,9–418,6 mm.

Los materiales que la constituyen se asignan a la Zona Subbética en el dominio del Subbético Externo.

La estructura interna viene condicionada por un sinclinal de dirección de eje N150E, en cuyo núcleo llegan a aflorar materiales cretácicos, y por una falla inversa localizada en la zona central, que superpone las dolomías liásicas al Cretácico anteriormente mencionado.

El conjunto es una masa alóctona, en cuya base frecuentemente se localizan afloramientos de margas y arcillas triásicas, que se dispone sobre margas y margocalizas cretácicas de las Unidades Intermedias. Su sector noroccidental se encuentra cubierto por materiales impermeables del Mioceno medio, pertenecientes a la Depresión del Guadalquivir, mientras que el borde oriental lo está por una importante masa alóctona triásica y por varios afloramientos detríticos del Oligoceno superior-Mioceno inferior.

Se trata de una M.A.S. carbonatada permeable por fisuración-karstificación, fundamentalmente libre aunque pudiera presentar confinamiento, en su borde noroccidental, bajo los sedimentos impermeables que la limitan.

Dentro de ella se distinguen tres formaciones permeables con características de acuífero: las dolomías y calizas del Lías inferior, las calizas tableadas, nodulosas y oolíticas del Dogger, y las calcarenitas miocenas. Además cabe mencionar el aluvial del río Jaén donde hay una concentración de pozos excavados.

La superficie total de afloramientos de materiales permeables asciende a 82,8 km².

En función de la litología de los materiales permeables y de su funcionamiento hidrogeológico pueden diferenciarse dos subunidades:

- Subunidad de Grajales-Pandera: Está formada, básicamente, por dos paquetes carbonatados, uno de calizas y dolomías del Lías inferior y otro de calizas nodulosas, oolíticas y con sílex del Malm. El primero alcanza potencias máximas del orden de 700 m, mientras que el segundo varía de 50 a cerca de 200 m. Entre ambos se localiza una serie de margas y margocalizas de carácter impermeable que los desconectan, aunque

localmente puede existir continuidad como consecuencia de las fracturas que las afectan.

La base impermeable del acuífero, constituida por materiales triásicos (arcillas y margas), dispuestos sobre margas y margocalizas cretácicas, está afectada por fracturas y flexuras que han propiciado la creación de umbrales, así como fosas. Uno de estos umbrales se sitúa en el borde oriental de la Sierra de la Pandera a cotas superiores a la del nivel piezométrico, lo que ha condicionado la existencia de un sector con funcionamiento hidráulico independiente del resto de la unidad.

Su superficie de afloramientos permeables es de 74,4 km² de los que el sector de Sierra de la Pandera ocuparía de 13 a 15 km².

- Subunidad de Cárcchel: La denominación alude al acuífero existente entre las localidades de Cárcchel y Carchelejo, está constituida por calizas detríticas, conglomerados y areniscas de edad Oligoceno-Mioceno inferior.

Se dispone en discordancia angular sobre margas y margocalizas cretácicas de la unidad Grajales-Pandera, que actúan como impermeable basal, aunque muy localmente contacta con las calizas del Dogger-Malm de esa misma unidad sin que exista relación hidrogeológica entre ambas. El conjunto se encuentra basculado hacia el este, donde se localizan los sectores de menor cota.

Su potencia oscila entre 150 y 300 m, y la extensión de sus afloramientos permeables es de 4,4 km².

En la Subunidad de Grajales-Pandera la alimentación se produce por infiltración directa de las precipitaciones y por recarga a partir de las pérdidas del embalse del Quiebrajano y del propio río en cabecera.

Las salidas se centralizan en los manantiales del Río Frío (193910001) y en los de Mingo (193850018, 19 y 20), con caudales medios de 127 y 600 l/s respectivamente obtenidos por el IGME durante el periodo de control 1981/82-1985/86. Otras salidas se realizan en los sondeos de Peñas de Castro (nº 193850030, 31, 34 y 43), junto a los sondeos del Caserío de la Merced (nº 1938622, 23 y 26), en estos últimos las extracciones sólo se producen en épocas de sequía como apoyo a los caudales aportados por el embalse del Quiebrajano.

En cuanto a la Subunidad de Cárcchel las entradas se producen por infiltración del agua de lluvia y las salidas se realizan por bombeo en los sondeos de abastecimiento a Cárcchel y Carchelejo y en menor medida de forma natural a través de manantiales de la Parrilla (193930002) y Santa Lucía (193930009).

La piezometría de la Subunidad de Grajales-Pandera viene definida en su mayor parte por las surgencias de los manantiales de Río Frío, a cota 940 m s.n.m. y por los de Mingo, a cota 510 m s.n.m. En las proximidades de estos últimos, los sondeos de Peñas de Castro presentan un nivel piezométrico en estiaje similar (500 m s.n.m.). Cercanos a los manantiales de Río Frío se localizan un conjunto de manantiales a cotas de 1.300-1.500 m s.n.m., entre ellos destaca el manantial 193910024, por su carácter minero-medicinal, situado a 1.080 m s.n.m..

La Subunidad de Cárcchel presenta niveles piezométricos a cotas de 790-800 m s.n.m., según las surgencias 193930009 y 13 y a 970 m s.n.m. según sondeo 193930014 y el manantial de la Parrilla. La dirección de circulación subterránea es hacia el este.

No existen datos sobre reservas de agua explotables acumuladas en los acuíferos que componen la M.A.S., ya que no se conoce el coeficiente de almacenamiento ni la estructura en detalle. Si se considera para el sector del Mingo una superficie de acuífero saturada de al menos 40 km² en 100 metros de espesor y se aplica un coeficiente de almacenamiento de 2×10^{-2} se obtiene la cifra de 80 hm³ de reservas potencialmente explotables cifra que puede considerarse como una estimación orientativa de la potencialidad del embalse subterráneo. Si bien, la totalidad de reservas existentes puede superar, en este sector, los 200 hm³.

En el sector de la Pandera, la superficie saturada es mucho más modesta y también el espesor a considerar, debido a las características de la estructura de este sector, en el que una parte importante del mismo se encuentra “colgada” sobre su sustrato impermeable. Si se consideran 7 km² saturados en un espesor de 50 metros utilizando el mismo coeficiente de almacenamiento se obtiene la cifra de 7 hm³ de reservas explotables.

En la Subunidad de Grajales-Pandera las aguas presentan facies bicarbonatadas-sulfatadas cálcicas, poco concentradas en sales y aptas para consumo humano. La relativamente elevada concentración de sulfatos podría explicarse por la presencia de materiales evaporíticos triásicos a muro de la unidad.

La Subunidad de Cárcel presenta facies bicarbonatadas cálcicas de baja salinidad y aptas para el consumo humano, desde el punto de vista de su calidad química.

La M.A.S. presenta un riesgo potencialmente alto de contaminación en relación con las características propias de permeabilidad de los materiales carbonatados.

M.A.S. 05.66 “GRAJALES-PANDERA”

La M.A.S. se sitúa en la margen izquierda del Guadalquivir y más concretamente en la cabecera de las cuencas de los ríos Víboras y San Juan, al sur de la provincia de Jaén y a unos 20 km al sur de la capital. Se localiza entre las poblaciones de Valdepeñas de Jaén y Castillo de Locubín.

Se incluye en la Cuenca Baja del Guadalquivir principalmente dentro de los términos municipales de Castillo de Locubín y Valdepeñas de Jaén y en menor medida en los de Martos y Fuensanta de Martos y Alcalá La Real. Dentro de ella se encuentran los núcleos urbanos de Valdepeñas de Jaén y Castillo de Locubín.

Presenta un clima templado cálido mediterráneo que es húmedo en el sector oriental y seco en el occidental con una precipitación media anual entre 493 y 786 mm y una temperatura media anual de 15,7 °C para el periodo comprendido entre los años 1975 y 1994 y una E.T.R. entre 262 y 282 mm y una Lluvia Útil media anual entre 309 y 504 mm (R.U. 25 mm).

La M.A.S. está conformada por materiales pertenecientes al Subbético, y más concretamente en el Subbético Externo, los más antiguos pertenecen al Triásico, y los más modernos al Cuaternario.

La estructura general de la zona corresponde a un apilamiento de grandes láminas tectónicas siendo la superposición de unidades más significativa la de la denominada Unidad de Ventisquero sobre las Unidades Intermedias. Las superficies de cabalgamiento

son de muy bajo ángulo y coinciden generalmente con la discontinuidad mecánica del límite Trías-Lías.

Se trata de una M.A.S. carbonatada permeable por fisuración y karstificación. Tiene una superficie total de afloramientos permeables de 40 km² distinguiéndose tres subunidades denominadas Ventisquero, Cornicabra-Noguerones y Gracia-Morenita.

Los materiales permeables que la conforman son las calizas y dolomías de la Formación Gavilán, y en menor medida las calizas nodulosas y calizas con sílex de las Formaciones Veleta y Ammonítico Rosso Superior que en conjunto presentan espesores comprendidos entre 140 y 325 metros.

Todos los límites son cerrados por contacto con los materiales triásicos, a excepción del suroriental en el que existe continuidad con los carbonatos jurásicos del Acuífero Frailes-Boleta, perteneciente a la M.A.S. 05.28 "Montes Orientales. Sector Norte" con el que podría existir intercambio hídrico.

El sustrato impermeable debe estar constituido por los materiales margo-arcillosos triásicos, si bien no hay sondeos que lo alcancen por lo que no se dispone de datos contrastados sobre la profundidad a la que se encuentra.

- Subunidad de Ventisquero: Situada al este de la M.A.S., ocupa una extensión de 20,6 km² de los que 11,6 km² corresponden a afloramientos permeables de rocas carbonatadas jurásicas y el resto son materiales cretácicos superpuestos. El conjunto de materiales carbonatados presenta un espesor de 300-325 metros. Los 9 km² localizados en el centro del acuífero se encuentran semiconfinados bajo las calizas, margocalizas y margas del Cretácico inferior cuya permeabilidad varía entre media y baja. Sobre estos materiales cretácicos aparece un pequeño klippe de materiales triásicos y jurásicos en el Cerro Altomiro.

Todos los límites del acuífero son de carácter cerrado a excepción del sector sureste en el que se superpone al acuífero contiguo de Cornicabra-Noguerones y por el que parece probable que exista una transferencia de recursos desde este último hacia el acuífero de Ventisquero.

La descarga se produce fundamentalmente a través de cuatro surgencias situadas en la población de Valdepeñas de Jaén. Estos manantiales son los del Chorro (193910022), Vadillo (193910018), Chorrillo (193910019) y Estanquillo (193910020). Su cota de surgencia está comprendida entre 930 y 980 m s.n.m. y su caudal medio conjunto es de 199 l/s.

- Subunidad de Cornicabra-Noguerones: Ocupa una extensión de 11,3 km² de los que 9,5 km² corresponden a materiales carbonatados permeables y 1,8 km² a margocalizas cretácicas de carácter impermeable que recubren a los anteriores en el sector occidental del acuífero. El espesor de materiales permeables oscila entre 280 y 290 metros.

Al igual que en el caso del acuífero de Ventisquero, todos los límites son cerrados excepto el que pone en contacto ambos acuíferos, que es de carácter abierto.

Desde el punto de vista hidrogeológico, el acuífero tiene dos sectores perfectamente diferenciados. La divisoria entre ambos se produce mediante un estrechamiento de los materiales permeables a causa de la elevación de la base impermeable triásica por efecto de un anticlinal. El sector occidental resultante, con una superficie de materiales permeables de 7,2 km², se drena por los manantiales de Papel

Alta (193950001) a cota 1.020 m s.n.m. y Papel Baja (193950002) a cota 970 m s.n.m. con un caudal medio conjunto de 45 l/s. La parte meridional de este sector, con una superficie aproximada de 1,2 km², se encuentra colgada con respecto al acuífero y se supone que drena hacia el sur. El sector oriental tiene una superficie permeable de 2,3 km² y descarga de forma oculta hacia el acuífero de Ventisquero.

- Subunidad de Gracia–Morenita: Al igual que en los acuíferos anteriormente descritos, los materiales permeables que lo conforman son las calizas y dolomías jurásicas (Formación Gavilán, y en menor medida las calizas nodulosas de la Formación Ammonítico Rosso Superior) que en conjunto presentan espesores comprendidos entre 140 y 290 metros. La superficie de afloramientos permeables es de 19,1 km² mientras que el acuífero ocupa una extensión total aproximada de 28 km². El resto de afloramientos corresponden a materiales margocalcáreos cretácicos y a materiales triásicos superpuestos tectónicamente a la serie jurásica, ambos de baja permeabilidad.

Todos los límites son cerrados por contacto con los materiales triásicos, a excepción del suroriental en el que existe continuidad con los carbonatos jurásicos del Acuífero Frailes-Boleta con el que podría existir intercambio hídrico. El sustrato impermeable esta constituido por los materiales margo-arcillosos triásicos.

La descarga se realiza exclusivamente a través del nacimiento del Río San Juan (183980003) a cota 645 m s.n.m.. Esta surgencia tiene un caudal medio de 290 l/s.

Como consecuencia de su estructura geológica, en profundidad se encuentran los flancos normales de los sinclinales tumbados, conectados entre sí, conformando un importante reservorio de aguas subterráneas al aparecer saturados en gran parte de su extensión, especialmente el flanco normal y la charnela del sinclinal de la Morenita, que está saturado en su totalidad.

Del estudio de la geometría del acuífero se deduce que gran parte de su zona saturada se encuentra en situación de confinamiento, ya sea debido a la superposición tectónica de los materiales triásicos o, en mayor medida, a la de las margas cretácicas suprayacentes.

La alimentación del conjunto de la M.A.S. se produce por infiltración del agua de lluvia caída sobre los afloramientos permeables, en el caso de la Subunidad de Gracia-Morenita también por percolación de la escorrentía superficial a través de los cauces del Río Grande y del Arroyo de los Cabañeros, percolación desde las margocalizas cretácicas suprayacentes y mediante aportes laterales desde el Acuífero Frailes-Boleta (incluido en la Unidad Hidrogeológica 05.28 Montes Orientales. Sector Norte).

Las salidas naturales se producen principalmente por manantiales son los del Chorro (193910022), Vadillo (193910018), Chorrillo (193910019) y Estanquillo (193910020) para el acuífero de Ventisquero, los de Papel Alta (193950001) y Papel Baja (193950002) para el de Cornicabra-Noguerones y el Nacimiento del Río San Juan (183980003) para el de Gracia-Morenita.

En cuanto a las relaciones con las M.A.S. colindantes, solo se contempla la existencia de continuidad entre el acuífero de Gracia-Morenita y con los carbonatos jurásicos del acuífero Frailes-Boleta (M.A.S. 05.28 "Montes Orientales. Sector Norte") con el que podría existir intercambio hídrico.

Los niveles piezométricos vienen impuestos en los tres acuíferos por las cotas de las surgencias principales. Estas son de entre 930 y 980 m s.n.m. para el acuífero de Ventisquero, de entre 970 y 1.020 m s.n.m. para el de Cornicabra-Noguerones y de 645 m

s.n.m. (Nacimiento del Río San Juan (183980003)) para el caso del acuífero de Gracia-Morenita que puede considerarse como el único manantial claramente relacionado con este último y que drena la totalidad de sus recursos.

Los únicos puntos de observación piezométrica de que se dispone son los sondeos Víboras II, IV, V y VI (183940022, 183940031, 183940032 y 183940033) situados al norte del Cerro de la Morenita y en los que el nivel piezométrico se encuentra entre 651 y 660 metros lo que implica gradientes del orden del 0,2 % en dirección suroeste en la subunidad de Gracia-Morenita.

Las reservas hídricas de la unidad son las siguientes:

- Acuífero de Ventisquero: considerando que en algo más de la mitad occidental de la zona central del acuífero, situados bajo materiales cretácicos, los niveles permeables se encuentran completamente saturados, para una superficie de 5 km², con un espesor de 300 m y un coeficiente de almacenamiento de 2×10^{-2} se suponen unas reservas mínimas de 30 hm³.
- Acuífero de Cornicabra-Noguerones: Para el cálculo de reservas se considera que una parte del sector occidental con una superficie de 2,5 km² presenta la serie jurásica parcialmente saturada y que en el extremo occidental (1 km²), esta se encuentra totalmente saturada. Estas superficies, con un espesor medio saturado de 120 m y un coeficiente de almacenamiento de 2×10^{-2} suponen unas reservas mínimas de 8,4 hm³. En el sector oriental, las reservas son prácticamente inexistentes.
- Acuífero de Gracia-Morenita: Para las reservas potencialmente explotables se calculan unos 36 hm³ en la zona libre. Este volumen se obtiene considerando unos 18 km² de acuífero (se desprecia el posible espesor saturado existente en el sector del Cerro Marroquí) con espesores saturados superiores o iguales a 200 metros, de los que al menos 6 km² se encuentran confinados en dicho espesor saturado y el resto puede considerarse libre. El coeficiente de almacenamiento aplicado es de $1,5 \times 10^{-2}$ a la zona libre y de $3,5 \times 10^{-5}$ a la confinada.

Las reservas totales disponibles en el acuífero se estiman en 117 hm³ de los que 52,5 hm³ corresponden al sector del Cerro de la Morenita (7 km² de extensión con al menos 500 metros de espesor de zona saturada como media, a los que se le puede aplicar un coeficiente de almacenamiento de $1,5 \times 10^{-2}$) y el resto, 64,5 hm³, al sector ocupado desde el Cerro de Gracia hasta el Nacimiento del Río San Juan (5 km² con un espesor saturado de 500 metros y 6 km² con un espesor de 300 metros en zona libre, con un coeficiente de almacenamiento de $1,5 \times 10^{-2}$).

Hay que resaltar que estas cifras deben considerarse como un margen de magnitud.

Las aguas subterráneas de la M.A.S. son, en general, de mineralización entre ligera y notable. Los valores de la conductividad están comprendidos entre 236 y 1405 µmhos/cm con un promedio de 604 µmhos/cm.

Presentan facies bicarbonatadas o sulfatadas cálcicas o cálcico-magnésicas. En cuanto a la diferenciación por subunidades, las muestras procedentes de los manantiales de la Subunidad de Ventisquero presentan facies sulfatadas-bicarbonatadas cálcico-magnésicas y más raramente cálcicas y las de la de Cornicabra-Noguerones, bicarbonatadas o bicarbonatadas-sulfatadas cálcico-magnésicas y en algún caso cálcicas. .

En cuanto a las aguas de la Subunidad de Gracia-Morenita, estas presentan facies

sulfatadas cálcicas (Nacimiento del Río San Juan (183980003)), bicarbonatadas-sulfatadas cálcicas (sondeos Víboras II y IV (183940022 y 183940031)) y bicarbonatadas cálcicas (sondeos Víboras V y VI (183940032 y 183940033)). Además, se observa una evolución del agua del acuífero desde facies bicarbonatadas hacia sulfatadas (hacia el norte) que es función del tiempo de residencia del agua en el acuífero.

Se trata de aguas que varían entre los tipos C_2S_1 y C_3S_1 presentando riesgo de alcalinización bajo y de salinización del suelo de medio a alto para su uso en regadío.

En general, las aguas procedentes de la unidad se clasificarían como aptas para consumo humano.

La práctica totalidad de los materiales acuíferos presentes en la unidad presentan una vulnerabilidad alta a la contaminación.

4.2. – RESUMEN DE DATOS DE BALANCE DE LOS ACUÍFEROS EXPLOTADOS PARA ABASTECIMIENTO

Los datos de balance que se indican en cuadro nº 8 se han recopilado de estudios previos, fundamentalmente de las Propuestas de Normas de Explotación de la Cuenca del Guadalquivir (2001), y no pretenden dar valores absolutos, sino órdenes de magnitud, y por lo tanto una aproximación al volumen de recursos hídricos disponibles.

Cuadro nº 8: Balances hídricos de las M.A.S. aprovechadas.

M.A.S.	SUBUNIDAD	SUP. (km ²)	ENTRADAS (hm ³ /año)	SALIDAS (hm ³ /año)		
				MAN.	SOND.	OCULT.
05.14 Bedmar-Jódar	Bedmar-Jódar	14	1,7	0,26	1,44	-
	La Golondrina	3	0,5	-	-	0,5
05.15 Torres-Jimena	Jimena	3	0,5	0,5	-	-
	Aznatín	17	2,7	1,6	1,1	-
05.20 Almadén	-	28	5	1	2,4	1,6
05.22 Mentidero-Montesinos	Mentidero	21	3	3	-	-
	Montesinos	7,3	2	2	-	-
05.28 Mts. Orientales. Sector Norte	Frailles-Boleta	2,2	2,8	2,8	-	-
	Frailles-Montillana	15,5	5,8	4,5	0,7 ⁽¹⁾	0,6
	S ^a Trigo-Puerto Arenas	18	5,7	0,1	-	5,6
	Alta Coloma	35	10,8 ⁽²⁾	15,7	0,3 ⁽¹⁾	-
	Fresnedilla-Pico Madera	5	5	4	-	-
	Alcalá la Real-St ^a Ana	6,6	1,3	0,8	0,4 ⁽¹⁾	-
	La Camuña	5,5	1,4	0,7	0,1 ⁽¹⁾	0,6
	Charilla	1	0,7	0,65	-	-
	Vadillo	3,5	0,7	0,7	-	-
S. Pedro-La Rábida	5	2	-	0,25 ⁽¹⁾	-	
05.41 Guadahortuna-Larva	Larva-Solera	35	3	1,9	0,4	0,7
	Gante-Santerga	9	1,3	0,3	0,2	0,8
	Altos de Torrecardela	60	3	0,2	1	1,8
	P-Q.Dep. Guadahortuna	161	6,1	2,4	2,2	1,5
	Al. Río Guadahortuna	14	3,9	0,4	3,5	-

05.66 Grajales - Pandera	Grajales-Pandera	74,4	24	22	2	-
	Cárcel	4,4	0,5	0,35	0,15	-
05.70 Gracia- Ventisquero	Ventisquero	11,6	6,5	7	-	-
	Cornicabra-Noguerones	9,5	3	2,5	-	-
	Gracia-Morenita	19,1	10,5	10,5	-	-

(1): Sólo para abastecimiento (2): Existen entradas desconocidas

4.3. - CARACTERÍSTICAS HIDROQUÍMICAS DE LAS AGUAS DE ABASTECIMIENTO

Para conocer las características químicas del agua y su calidad para utilización en abastecimiento, se han tomado muestras de agua para su posterior análisis en las diferentes fuentes de suministro.

Los análisis han sido realizados por el laboratorio del IGME y sus resultados se adjuntan en las fichas municipales. Las características más significativas de las muestras se resumen en el cuadro nº 9.

En la figura nº 8 se incluye un diagrama de Piper en el que se han representado las facies hidroquímicas de las muestras analizadas agrupadas por municipios.

La conductividad medida oscila entre 1.640 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en Larva (sondeo Majablanquilla II nº 203840035) y 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en Cambil (sondeo Las Rosas nº 193880012), con un valor medio de 519 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

En general todas las aguas son de facies bicarbonatadas cálcicas o cálcico-magnésicas a excepción del agua del sondeo Peña del Águila (193830019) que es clorurada-bicarbonatada sódico-cálcica, la del sondeo de Majablanquilla (203840035) sulfatada cálcico-magnésica, la del manantial de Sistillo 2 (203820004) bicarbonatada-clorurada cálcico-sódica y la de los sondeos Almendro Gordo (193970032) y Los Mimbrales (193940008) y los manantiales de Los Charcones (193840055) y Nacimiento del Río Arbuniel (193940002) que es sulfatada cálcica.

En la figura nº 9 se incluye un diagrama de Schoeller en el que se han representado los parámetros considerados entre otros como indicadores de potabilidad de las aguas en el Real Decreto 140/2003 de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano. Como se puede observar, todas las aguas analizadas presentan valores inferiores a dichos parámetros indicadores a excepción del manantial del Nacimiento del Río Arbuniel (Cambil) y los sondeos de Majablanquilla II (Larva) y Los Mimbrales (Cambil) que superan el indicado de sulfatos y el sondeo de Almendro Gordo (Campillo de Arenas) que está algo por encima del límite.

En cuanto al contenido en nitratos, las muestras de Fuente de la Hoya del Salobral (194020021) y Fuente del Cerezo (194020022) en Noalejo, Fuente Blanca (193930010) en Cárcheles, sondeo Peña del Águila (193830019) en Mancha Real y sondeo Cerro de Los Peones (203930023) en Cabra del Santo Cristo presentan elevados valores aunque no por encima de los 50 mg/l considerados como límite máximo. La muestra de la Fuente de La Peña (203910011) en Huelma presenta un contenido en nitratos de 74 mg/l, muy superior a dicho límite.

Cuadro nº 9: Resumen características hidroquímicas

MUNICIPIO	Nº IGME	TOPONIMIA	NAT.	DQO	Cond.	Cl	SO ₄	HCO ₃	CO ₃	NO ₃	Na	Mg	Ca	K	pH	NO ₂	NH ₄	P ₂ O ₅	SiO ₂
ALBANCHEZ DE MÁGINA	203810006	Siete Caños	Man.	0,7	442	25	10	222	0	16	18	18	55	1	7,8	0	0	0	9
	203810045	El Calvario	Sond.	0,5	326	10	6	207	0	8	7	11	58	0	7,8	0	0	0	4,8
BEDMAR Y GARCÍEZ	203820004	Sistillo 2 (Río Cuadros)	Man.	0,5	597	90	36	196	0	5	65	14	58	1	7,7	0	0	0	3,9
	203820014	Cuevas Negras I	Sond.	0,4	496	15	28	274	0	9	12	29	55	1	7,6	0	0	0	9,6
CABRA DEL SANTO CRISTO	203870002	El Nacimiento	Man.	0,5	474	12	94	190	0	12	8	25	69	0	7,6	0	0	0	4,7
	203930023	Cerro Los Peones	Sond.	0,6	701	44	63	290	0	39	28	26	91	0	7,2	0	0	0	9,3
CAMBIL	193880003	Villanueva	Man.	0,5	345	4	30	201	0	6	4	16	49	0	7,2	0	0	0	5,2
	193880012	Las Rosas (Cambil)	Sond.	0,7	200	3	12	85	0	11	2	2	35	0	7,3	0	0	0	8,7
	193940002	Nacimiento del Río Arbuniel	Man.	0,6	1236	6	540	265	0	6	9	76	200	0	7,1	0	0	0	9
	193940008	Los Mimbrales (Arbuniel)	Sond.	0,5	972	6	446	262	0	9	7	56	168	0	7,1	0	0	0	8,7
	193940011	Las Mimbres (Arbuniel)	Man.	0,5	470	11	37	246	0	27	4	22	76	0	7,1	0	0	0	8,4
CAMPILLO DE ARENAS	193970032	Almendro Gordo	Sond.	0,5	893	5	310	288	0	9	8	46	146	1	7,1	0	0	0	9,3
CÁRCHELES	193930002	Fuente Parrilla	Man.	0,4	474	5	24	272	0	30	4	16	77	0	7,2	0	0	0	10,2
	193930010	Manantial Fuente Blanca	Man.	0,5	430	13	26	194	0	34	8	17	62	0	7,3	0,34	0	0	8
	193930022	Sondeo Puente Cárcel I	Sond.	0,7	369	8	32	193	0	14	8	15	50	0	7,4	0	0	0	6,6
FRAILES	193950022	Los Rosales	Sond.	0,8	583	10	40	304	0	27	10	30	69	0	7,1	0	0	0	8,9
	194010013	El Nacimiento (La Huerta)	Man.	0,7	567	2	83	286	0	5	3	21	93	0	7,2	0	0	0	8,6
HUELMA	203850022	Tosquilla II	Sond.	0,4	499	4	27	310	0	9	5	35	55	0	7,5	0	0	0	6,2
	203860018	Gualijar II	Sond.	0,6	332	2	27	202	0	5	2	20	42	0	7,8	0	0	0	4,7
	203870027	Cújar	Sond.	0,4	384	4	26	230	0	15	3	20	54	0	7,7	0	0	0	5,4
	203910009	Chopo	Sond.	0,5	510	7	32	283	0	28	9	26	73	1	7,4	0	0	0	9,2
	203910011	Fuente La Peña	Man.	0,5	475	6	31	228	0	74	7	14	81	0	7,5	0	0	0	14,4
JIMENA	203810049	Sondeo del Moro (de La Sierra)	Sond.	0,5	211	8	7	121	0	8	0	11	34	0	7,8	0	0	0	3,9
JÓDAR	203760001	Jódar II	Sond.	0,6	572	53	31	279	0	8	36	25	64	2	7,6	0	0	0	10,7

MUNICIPIO	Nº IGME	TOPONIMIA	NAT.	DQO	Cond.	Cl	SO ₄	HCO ₃	CO ₃	NO ₃	Na	Mg	Ca	K	pH	NO ₂	NH ₄	P ₂ O ₅	SiO ₂
	203760002	Jódar I	Sond.	0,5	574	53	32	276	0	8	36	26	58	2	7,5	0	0	0	11,3
LARVA	203840035	Majablanquilla II	Sond.	0,5	1640	208	560	236	0	9	123	94	162	4	7,3	0	0	0	10,1
LOS VILLARES	193910001	Río Frío	Man.	0,6	325	2	67	139	0	7	2	18	46	0	7,6	0	0	0	2,1
MANCHA REAL	193830019	Peña del Águila	Sond.	0,5	420	62	35	64	0	34	40	4	44	0	7,4	0	0	0	11,6
	193830020	Serrezuela-Caserón de Monroy	Sond.	0,8	360	25	16	136	0	11	16	16	32	0	7,7	0	0	0	6,9
	193840039	Cantera (Pinos 2)	Sond.	0,7	240	17	13	90	0	8	11	7	28	0	7,5	0	0	0	7,8
NOALEJO	193960007	Navalcán V	Man.	0,4	393	6	62	181	0	6	6	21	55	0	7,6	0	0	0	4,6
	194020021	Fuente La Hoya del Salobral	Man.	0,6	359	4	61	132	0	33	3	21	48	1	7,7	0	0	0	6,1
	194020022	Fuente Cerezo	Man.	0,7	372	7	59	126	0	39	4	18	53	0	7,4	0	0	0	3,5
TORRES	193840055	Los Charcones	Man.	0,7	220	8	18	93	0	9	5	5	35	0	7,3	0	0	0	10,1
VALDEPEÑAS DE JAÉN	193910020	El Estanquillo	Man.	0,5	647	2	220	192	0	5	2	25	116	0	7,4	0	0	0	5,6
	193910022	Fuente Los Chorros I	Man.	0,6	639	1	204	194	0	5	3	24	116	0	7,4	0	0	0	5,5
	193910046	Fuente Anguita	Man.	0,5	440	2	120	156	0	4	2	21	72	0	7,5	0	0	0	5,2

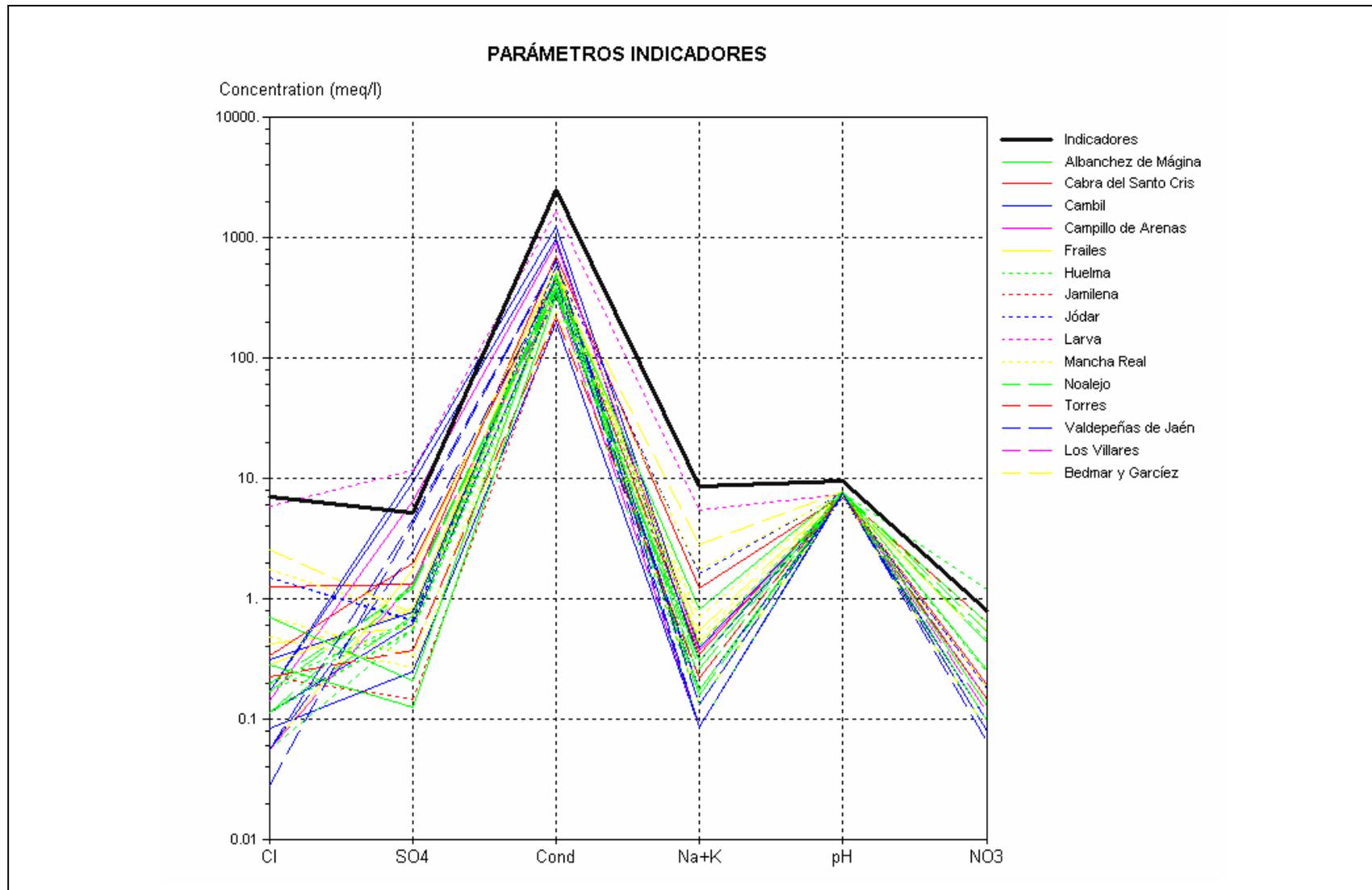


Figura nº 9: Diagrama de Schoeller con los parámetros indicadores

4.4. – CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE ALTERNATIVAS AL ABASTECIMIENTO ACTUAL

En el cuadro nº 10 se resumen las principales características de los abastecimientos a los núcleos urbanos estudiados en esta fase del Plan de Control, que totalizan una población de 70.552 habitantes, según datos del Instituto Nacional de Estadística para 2005.

Respecto al origen del abastecimiento de agua, la práctica totalidad de la población abastecida depende de las aguas subterráneas.

Los municipios se abastecen solamente desde manantiales son Fuensanta de Martos, Torres, Valdepeñas de Jaén y Los Villares que suman una población de 14.641 habitantes (aunque Valdepeñas de Jaén dispone de una captación superficial en reserva) a los que habría que añadir los municipios de Albanchez de Mágina, Cabra del Santo Cristo, Cambil y Frailes que con una población en torno a 8.429 habitantes dependen entre un 50 y un 75% (según estimaciones) de las descargas por manantiales. En el lado opuesto tenemos una población total de 30.472 habitantes de los municipios de Huelma, Jimena, Jódar, Larva y Mancha Real con prácticamente un 100% de agua procedente de extracción, Campillo de Arenas (90%), Pegalajar (80%) y Noalejo y Cárcheles (70%).

En el resumen correspondiente de cada municipio se indica el estado del sector de acuífero explotado por las captaciones de agua subterránea en cuanto a la cantidad y calidad de sus recursos. Cuando es necesario, se sugieren posibles zonas para la ubicación de sondeos alternativos y/o complementarios al abastecimiento actual, ya sea con fines preventivos o para paliar problemas actuales o previsibles a corto plazo.

Cuadro nº 10: Resumen de los abastecimientos

NÚCLEOS	Población residente	Caudal bombeado (m ³ /día)	Demanda base (m ³ /día)	Consumo base (m ³ /día)	Consumo anual (m ³ /año)	Origen del suministro		
	2005					% Sondeos	% Manantiales	% Capt. superf.
ALBANCHEZ DE MÁGINA	1.358	-	299	218	79.714	25	75	0
CABRA DEL SANTO CRISTO	2.246	-	494	403	172.406	50	50	0
CAMBIL	3.024	57.316 ⁽¹⁾	665	400	171.841	50	50	0
CAMPILLO DE ARENAS	2.026	271.852	446	850	300.234	90	10	0
CASTILLO DE LOCUBIN	5.004	-	1.101	700	286.873	75	25	0
FRAILES	1.801	-	396	333	125.000	25	75	0
FUENSANTA DE MARTOS	3.312	-	729	600	252.098	0	100	0
HUELMA	6.180	-	1.360	1.685	626.000	99	1	0
JIMENA	1.478	98.204	325	235	98.204	100	0	0
JODAR	12.153	2.139.005	2.917	5.801	2.139.005	100	0	0
LARVA	474	22.575	104	53	22.575	100	0	0
MANCHA REAL	10.187	1.499.075	2.750	3.500	1.499.075	100	0	0
NOALEJO	2.155	-	474	350	135.581	70	30	0
PEGALAJAR	3.136	-	690	575	258.471	80	20	0
TORRES	1.725	-	380	-	-	0	100	0
VALDEPEÑAS DE JAEN	4.315	-	949	746	282.814	0	100	1 ⁽²⁾
LOS VILLARES	5.289	-	1.164	900	416.030	0	100	0
CARCHELES	1.479	-	325	-	-	70	30	0
BEDMAR Y GARCÍEZ	3.210	-	706	526	215.449	30	30	0

⁽¹⁾ Solamente del sondeo Las Rosas⁽²⁾ En reserva

En el cuadro nº 11 se resumen las consideraciones sobre alternativas de abastecimiento indicadas en los respectivos informes municipales. En algunos municipios, la cantidad y/o calidad del agua de abastecimiento no hace necesaria la propuesta de abastecimientos alternativos o las alternativas consisten en mejoras del actual sistema de abastecimiento.

Cuadro nº 11: Resumen alternativas de abastecimiento

MUNICIPIO	ALTERNATIVAS
ALBANCHEZ DE MÁGINA	<ul style="list-style-type: none"> No se proponen.
CABRA DEL SANTO CRISTO	<ul style="list-style-type: none"> No se proponen.
CAMBIL	<ul style="list-style-type: none"> Sondeo de regulación del manantial del Cortijo de Villanueva.
CAMPILLO DE ARENAS	<ul style="list-style-type: none"> No se proponen.
CASTILLO DE LOCUBIN	<ul style="list-style-type: none"> Incluir el sondeo del Puerto del Castillo en el sistema de abastecimiento para situaciones de emergencia.
FRAILES	<ul style="list-style-type: none"> Estudio hidrogeológico en la Subunidad Frailes-Boleta encaminado a perforar un sondeo de abastecimiento a Frailes. Estudio hidrogeológico en la Subunidad Frailes-Boleta encaminado a perforar un sondeo de abastecimiento a Puerto Blanco.
FUENSANTA DE MARTOS	<ul style="list-style-type: none"> No se proponen.
HUELMA	<ul style="list-style-type: none"> No se proponen.
JIMENA	<ul style="list-style-type: none"> No se proponen.
JODAR	<ul style="list-style-type: none"> No se proponen.
LARVA	<ul style="list-style-type: none"> No se proponen.
MANCHA REAL	<ul style="list-style-type: none"> Instalar y poner en servicio el sondeo de reciente construcción del Caserón de Rodrigo.
NOALEJO	<ul style="list-style-type: none"> Realizar un estudio hidrogeológico en la Subunidad Fresnedilla-Pico Madera en la zona equidistante entre Noalejo y Hoya del Salobral.
PEGALAJAR	<ul style="list-style-type: none"> No se proponen.
TORRES	<ul style="list-style-type: none"> No se proponen.
VALDEPEÑAS DE JAEN	<ul style="list-style-type: none"> No se proponen.
LOS VILLARES	<ul style="list-style-type: none"> Estudio hidrogeológico en el término municipal encaminado a aumentar los recursos hídricos disponibles no alterando el equilibrio hídrico actual del Río Frío
CÁRCHELES	<ul style="list-style-type: none"> No se proponen.
BEDMAR Y GARCÍEZ	<ul style="list-style-type: none"> La perforación de un sondeo de regulación del manantial de Sistillo 1.

5. - FOCOS POTENCIALES DE CONTAMINACIÓN

5 - FOCOS POTENCIALES DE CONTAMINACIÓN

La localización de las actividades que pueden constituir focos potenciales de contaminación de las aguas subterráneas es importante para preservar la calidad química de los recursos explotados para abastecimiento a las poblaciones. En este sentido se ha buscado delimitar claramente la incidencia de las actividades potencialmente contaminantes localizadas en los municipios incluidos en esta fase del Plan de Control o fuera de éste en el entorno de captaciones de abastecimiento municipal, analizando su situación respecto al acuífero y las captaciones de abastecimiento urbano y la tipología de los vertidos potencialmente contaminantes, para proceder a una mejor ordenación de estas actividades, de tal manera que no se presenten problemas de calidad en las captaciones municipales.

En cada municipio se han localizado los focos potenciales de contaminación, puntos de vertido de aguas residuales urbanas, vertederos de residuos sólidos urbanos e inertes, cementerios, granjas y actividades industriales con vertidos potencialmente contaminantes, indicando, en estas últimas, su localización en el núcleo urbano o en suelo industrial. Asimismo, se han localizado las estaciones depuradoras de aguas residuales existentes en cada municipio, indicando su estado de funcionamiento.

Los acuíferos carbonatados son especialmente sensibles a todo tipo de actividad contaminante, por su escaso poder autodepurador y la gran rapidez de transmisión de los posibles contaminantes, dada la naturaleza de estos acuíferos. En el presente estudio se han tratado acuíferos carbonatados de gran importancia, pertenecientes a distintas M.A.S. como son las 05.14 "Bedmar-Jódar", 05.15 "Torres-Jimena", 05.19 "Mancha Real-Pegalajar", 05.20 "Almadén", 05.21 "Sierra Mágina", 05.22 "Mentidero-Montesinos", 05.28 "Mts. Orientales. Sector Norte", 05.41 "Guadahortuna-Larva", 05.66 "Grajales-Pandera" y 05.70 "Gracia Ventisquero". Sin embargo, la afección potencial sobre estos acuíferos será relativamente baja, dada la escasa importancia de las actividades que se llevan a cabo en estas zonas.

En el cuadro nº 12 se recogen los principales focos que, deducidos del estudio detallado realizado sobre el terreno y plasmado en las fichas de focos potenciales de contaminación, pueden suponer un factor de riesgo potencial para las captaciones de abastecimiento público. Igualmente se ha estimado el grado de dicha posibilidad de afección desde insignificante hasta elevada, debiendo, en cualquier caso, concretarse con estudios de detalle.

Aspecto a destacar es la elevada afección potencial de dos granjas avícolas situadas aguas arriba y muy próximas a las captaciones de abastecimiento a Fuensanta de Martos y de una equina y escombrera a las captaciones de abastecimiento a Jódar. También la de una granja ovina próxima al abastecimiento a Larva. Asimismo, destaca la afección potencial a las captaciones situadas dentro de cascos urbanos (Frailes y Pegalajar).

Cuadro nº 12: Resumen de las potenciales afecciones a las captaciones de aguas subterráneas.

MUNICIPIO	CAPT. POT. AFECTADAS	FOCOS POTENCIALES DE AFECCIÓN	POTENCIALIDAD DE LA AFECCIÓN
ALBANCHEZ DE MÁGINA	Borbote	Ninguno	Nula
	Siete Caños	7	Insignificante
	El Calvario	Ninguno	Nula
CABRA DEL SANTO CRISTO	El Nacimiento	Ninguno	Nula
	Cerro Los Peones	Ninguno	Nula
	Las Nogueras	12	Insignificante
CAMBIL	Fuente La Cela (Cambíl)	Ninguno	Nula
	Las Mimbres (Arbuniel)	17 y 18	Insignificante
	Nacimiento del Río Arbuniel	15	Insignificante
	Villanueva	Ninguno	Nula
	Cañada Barbarín (Arbuniel)	Ninguno	Nula
	Covezuelas (Cambíl)	Ninguno	Nula
	Los Mimbrales (Arbuniel)	18	Insignificante
CAMPILLO DE ARENAS	Matarratones	Ninguno	Nula
	Almendro Gordo	Ninguno	Nula
	Campillo de Arenas III	3	Alta
	Campillo de Arenas IV	3	Alta
CASTILLO DE LOCUBIN	Las Herrezuelas	Ninguno	Nula
	Nacimiento del Río San Juan II	Ninguno	Nula
	Nacimiento del Río San Juan I	Ninguno	Nula
	El Pedregal (junto al depósito)	12 y 16	Baja
	El Hoyo Piedra	Ninguno	Nula
	El Puerto	12, 15 y 16	Baja
FRAILES	Fuente El Nacimiento (La Huerta)	Frailes	Elevado
	Puerto Blanco	2 y 4	Insignificante
	Chaparral	1	Elevada
	Los Rosales	Ninguno	Nula
FUENSANTA DE MARTOS	Drenaje del encauzamiento	17 y 18	Elevada

MUNICIPIO	CAPT. POT. AFECTADAS	FOCOS POTENCIALES DE AFECCIÓN	POTENCIALIDAD DE LA AFECCIÓN
	Fuente El Lavadero	17 y 18	Elevada
	Fuente La Negra	17 y 18	Elevada
	Manantial Fuentecica	17 y 18	Elevada
	Pozo del Parque	17 y 18	Elevada
HUELMA	Fuente Las Negras	Ninguno	Nula
	Fuente La Peña	Ninguno	Nula
	Chopo	Huelma	Insignificante
	Cújar	Ninguno	Nula
	Gualijar I	Ninguno	Nula
	Gualijar II	Ninguno	Nula
	Las Cabritas	Ninguno	Nula
	Tosquilla I	Ninguno	Nula
	Tosquilla II	Ninguno	Nula
JIMENA	Manantial de la Ermita (El Arca de Cánava)	Ninguno	Nula
	Sondeo de la Ermita (Arco Cánava)	Ninguno	Nula
	Sondeo del Moro (de La Sierra)	Ninguno	Nula
JODAR	Jódar I	14	Elevada
	Jódar II	14	Elevada
	Jódar III	14	Elevada
	Jódar IV	14	Elevada
	Jódar V	Ninguna	Nula
LARVA	Sondeo La Casería	1, 2 y 5	Elevada
	Sondeo Majablanquilla II	Ninguno	Nula
MANCHA REAL	Manantial Los Charcones.	Ninguno	Nula
	Barrena I	Ninguno	Nula
	Barrena II	Ninguno	Nula
	Cantera (Pinos 2)	Ninguno	Nula
	Hoyo Mateo	Ninguno	Nula
	Los Pinos	Ninguno	Nula

MUNICIPIO	CAPT. POT. AFECTADAS	FOCOS POTENCIALES DE AFECCIÓN	POTENCIALIDAD DE LA AFECCIÓN
	Serrezuela	Ninguno	Nula
NOALEJO	Fuente Cerezo (Hoya del Salobral)	Ninguno	Nula
	Fuente La Hoya del Salobral	Ninguno	Nula
	Navalcán I	Ninguno	Nula
	Navalcán II	Ninguno	Nula
	Navalcán V	Ninguno	Nula
	Navalcán IV	Ninguno	Nula
	Pozo Cañada de Rabaledo	Ninguno	Nula
	Prado La Hoya	Ninguno	Nula
PEGALAJAR	Barranco Goro	Ninguno	Nula
	El Abulagar (Caña Martín)	Ninguno	Nula
	El Chinar	Ninguno	Nula
	Fuente Cañada de La Hazadilla	Ninguno	Nula
	Fuente de Las Reposas	Ninguno	Nula
	Fuente del Tío Ratón	Ninguno	Nula
	Fuente La Reja	Pegalajar	Elevado
	Fuente Loma Chirona	Ninguno	Nula
	Fuente Los Canónigos	Ninguno	Nula
	Nacimiento Los Canónigos	Ninguno	Nula
	Los Berros	Ninguno	Nula
	Los Charcones	Ninguno	Nula
	Peña Blanca (Fuente del Perro)	Ninguno	Nula
	El Puerto o Cerro de la Artesilla	Ninguno	Nula
TORRES	Chorrillo Alto	Ninguno	Nula
	Fuenmayor	Ninguno	Nula
	Fuente del Orado	Ninguno	Nula
VALDEPEÑAS DE JAEN	Los Cierzos	Ninguno	Nula
	El Estanquillo	Ninguno	Nula
	El Vadillo	Ninguno	Nula

MUNICIPIO	CAPT. POT. AFECTADAS	FOCOS POTENCIALES DE AFECCIÓN	POTENCIALIDAD DE LA AFECCIÓN
	Fuente Anguita	Ninguno	Nula
	Fuente Los Chorros I	Núcleo	Elevada
	Fuente Los Chorros II	Núcleo	Elevada
LOS VILLARES	Río Frío	32	Insignificante
	Pandera I	Ninguno	Nula
	Pandera II	Ninguno	Nula
CARCHELES	Fuente Parrilla	Ninguno	Nula
	Manantial Fuente Blanca	Ninguno	Nula
	Sondeo Parrilla I	Ninguno	Nula
	Sondeo Puente Cárcel I	Ninguno	Nula
	Sondeo Puente Cárcel II	Ninguno	Nula
BEDMAR Y GARCÍEZ	Río Cuadros o Sistillo 1 y 2	Ninguno	Nula
	Cuevas Negras	Ninguno	Nula

Las fuentes potenciales de contaminación de origen agrícola son especialmente significativas en el caso de acuíferos de naturaleza detrítica, ya que los componentes de los fertilizantes inorgánicos en exceso (que no absorben las plantas) y otros productos, se acumulan en los substratos superiores, percolando hasta niveles inferiores con los riegos o la llegada de las lluvias. Se produce entonces una paulatina contaminación del acuífero, principalmente por el aumento de las concentraciones de nitratos. Este problema es especialmente grave en aquellas captaciones situadas en materiales detríticos cultivados.

6. – CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6. – CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A modo de resumen, las principales conclusiones del estudio en esta fase del Plan de control se extractan en el cuadro nº 13. En los correspondientes informes municipales se hace un tratamiento más extenso de cada uno de los temas.

En el cuadro se indican:

- Datos de población, relativa a los datos del I.N.E. de 2005, junto con las estimaciones municipales de población estacional que se añade a la residente, normalmente, en época estival.
- La capacidad de almacenamiento de los depósitos (m³).
- Se resumen las recomendaciones para la optimización de captaciones.
- La limitación de recursos para satisfacer la demanda desde el punto de vista de la cantidad y de la calidad.
- Los focos de contaminación que potencialmente suponen más riesgo para captaciones de abastecimiento público.
- Las alternativas de abastecimiento consideradas en los casos que pueden ser más necesarias.

Por último, con las observaciones realizadas, se propone en el cuadro nº 14 la relación de las tareas más evidentes recomendadas, valorando mediante asignación de un orden de prioridad las posibles actuaciones y justificando la graduación propuesta.

Cuadro nº 13.-Resumen conclusiones y recomendaciones

MUNICIPIO	POBLACIÓN ABASTECIDA		DEPÓSITOS (m ³)	RECOMENDACIONES	LIMITACIÓN DE RECURSOS		FOCOS CONTAMINANTES		ALTERNATIVAS CAPTACIÓN
	Estable	Estacional			CANTIDAD	CALIDAD	Origen	Afección	
ALBANCHEZ DE MÁGINA	1.358	250	780	<p>Instalar una tubería piezométrica de diámetro adecuado y un caudalímetro en el sondeo del Calvario y llevar a cabo su seguimiento.</p> <p>Una vez instalada la tubería piezométrica y el caudalímetro, realizar la encuesta de cuantificación correctamente y rediseñar, si procede, la instalación del sondeo.</p> <p>Instalar un sistema de medida de caudal en los manantiales Fuente Borbote y Fuente de los Siete Caños y llevar a cabo su seguimiento.</p> <p>Adecuar el sistema de extracción de agua de la Fuente de los Siete Caños para evitar la caída de elementos indeseables.</p> <p>Realizar una revisión del inventario de puntos de agua en la masa de agua drenada por los manantiales de abastecimiento haciendo especial hincapié en las extracciones de aguas subterráneas para determinar la veracidad de la opinión manifestada por los informantes al respecto de la afección a los manantiales por los sondeos de nueva construcción.</p>	En periodos de baja pluviometría	-	Escombrera	Insignifican.	No se proponen
CABRA DEL SANTO CRISTO	2.246	350	3.040	<p>Instalar una tubería piezométrica de diámetro adecuado y dos caudalímetros en el sondeo del Cerro de los Peones y llevar a cabo su seguimiento.</p> <p>Una vez instalada la tubería piezométrica y los caudalímetros, realizar la encuesta de cuantificación correctamente y rediseñar, si procede, la instalación del sondeo.</p> <p>Instalar un sistema de medida de caudal en el manantial del Nacimiento y llevar a cabo su seguimiento.</p> <p>Realizar un estudio en el sondeo de Las Nogueras (testificación y/o ensayo de bombeo) con el objetivo de determinar el origen de la salinidad del agua y su posible eliminación.</p> <p>Llevar a cabo un seguimiento del contenido en nitratos del sondeo del Cerro de los Peones.</p>	No existe en condiciones normales	Alto contenido en nitratos	Agricultura	Media	No se proponen

MUNICIPIO	POBLACIÓN ABASTECIDA		DEPÓSITOS (m ³)	RECOMENDACIONES	LIMITACIÓN DE RECURSOS		FOCOS CONTAMINANTES		ALTERNATIVAS CAPTACIÓN
	Estable	Estacional			CANTIDAD	CALIDAD	Origen	Afección	
				Depurar las ARU antes de utilizarlas para regadío.					
CAMBIL	3.024	450	659	<p>Acondicionar el manantial del Cortijo de Villanueva según la Ficha de Acondicionamiento de Manantiales que se adjunta y llevar a cabo un control del caudal drenado.</p> <p>Corregir la no accesibilidad visual al contador de energía eléctrica del sondeo de Las Rosas e instalar una tubería piezométrica de diámetro adecuado y llevar a cabo su seguimiento. Una vez instalada la tubería piezométrica y el acceso al contador de energía, realizar la encuesta de cuantificación correctamente.</p> <p>Instalar una tubería piezométrica, un caudalímetro y una espita tomamuestras en el sondeo de Los Mimbrales y llevar a cabo su seguimiento. Posteriormente realizar la encuesta de cuantificación correctamente.</p> <p>Depurar las aguas residuales de Arbuniel.</p> <p>Aumentar la capacidad de almacenamiento.</p>	En periodos de baja pluviometría	Alto contenido en sulfatos (Arbuniel)	-	-	<p>Sondeo de regulación del manantial del Cortijo de Villanueva.</p> <p>Incluir de nuevo la Fuente de la Celada en el sistema de abastecimiento.</p> <p>Reparar e instalar con tubería piezométrica el sondeo de Cañada Barbarín e incluirlo en el sistema de abastecimiento a Arbuniel.</p>
CAMPILLO DE ARENAS	2.026	350	900	<p>Acondicionar el manantial de Matarratones para tener acceso al mantenimiento de la captación y llevar a cabo un control del caudal drenado.</p> <p>Instalar una tubería piezométrica de diámetro adecuado en el sondeo de Almendro Gordo y llevar a cabo el seguimiento de la evolución del nivel piezométrico.</p> <p>Una vez instalada la tubería piezométrica, realizar la encuesta de cuantificación correctamente.</p> <p>Tomar las medidas oportunas para tratar de disminuir el consumo de agua por habitante ya que los consumos punta y base duplican a las demandas teóricas para una población de sus características.</p>	No existe en condiciones normales	-	A.R.U.	Alta	No se proponen

MUNICIPIO	POBLACIÓN ABASTECIDA		DEPÓSITOS (m ³)	RECOMENDACIONES	LIMITACIÓN DE RECURSOS		FOCOS CONTAMINANTES		ALTERNATIVAS CAPTACIÓN
	Estable	Estacional			CANTIDAD	CALIDAD	Origen	Afección	
				Depurar las ARU del municipio antes de su vertido al río.					
CASTILLO DE LOCUBIN	5.004	350	3.610	<p>Instalar sistemas de medida del caudal en los manantiales de El Pedregal, Las Herrezuelas y Hoyo Piedra y llevar a cabo un control del caudal drenado.</p> <p>Instalar tuberías piezométricas, un caudalímetro y espitas tomamuestras en los sondeos del Nacimiento del Río San Juan y llevar a cabo su seguimiento. Además, sería conveniente instalar contadores de energía eléctrica independientes y posteriormente realizar la encuesta de cuantificación correctamente.</p> <p>Depurar las ARU del municipio (los dos núcleos).</p>	No existe en condiciones normales	-	Escombrera, Almacén de frutas y Estación de Servicio	Baja	Llevar a cabo un estudio en el sondeo del Puerto del Castillo para conocer su estado actual y determinar claramente la posible afección al manantial utilizado para riego para poder incluirlo en el sistema de abastecimiento para situaciones de emergencia.
FRAILES	1.801	200	677	<p>Instalar una tubería piezométrica de diámetro adecuado en el sondeo de Almendro Gordo y llevar a cabo el seguimiento de la evolución del nivel piezométrico. Además instalar un contador de energía eléctrica solamente para el sondeo.</p> <p>Una vez instalada la tubería piezométrica y el contador de energía eléctrica realizar la encuesta de cuantificación correctamente.</p> <p>Instalar un sistema de medida de caudal en el manantial del Nacimiento (para abastecimiento y riego) y llevar a cabo su seguimiento tanto para abastecimiento como para riego.</p> <p>Aumentar la capacidad de almacenamiento del núcleo de Frailes.</p> <p>Depurar las ARU del municipio.</p>	No existe en condiciones normales	Alto contenido en sulfatos del sondeo del Chaparral	Almazara y casco urbano	Elevada	<p>Realizar un estudio hidrogeológico en la Subunidad Frailes-Boleta encaminado a perforar un sondeo de abastecimiento a Frailes.</p> <p>Realizar otro estudio hidrogeológico en la Subunidad Frailes-Boleta encaminado a perforar un sondeo que solucione el abastecimiento de la pedanía de Puerto Blanco.</p>
FUENSANTA DE MARTOS	3.312	500	1.500	Instalar un sistema de medida de caudal en los manantiales de La Fuente de la Negra y La Fuentecica y llevar a cabo su seguimiento.	No existe en condiciones normales	-	Granjas avícolas	Elevada	No se proponen.

MUNICIPIO	POBLACIÓN ABASTECIDA		DEPÓSITOS (m ³)	RECOMENDACIONES	LIMITACIÓN DE RECURSOS		FOCOS CONTAMINANTES		ALTERNATIVAS CAPTACIÓN
	Estable	Estacional			CANTIDAD	CALIDAD	Origen	Afección	
				<p>Realizar un estudio detallado de las características de la captación del drenaje al río Fuensanta haciendo especial hincapié en la calidad del agua y su posible contaminación de origen antrópico.</p> <p>Depurar las aguas residuales urbanas del municipio.</p>					
HUELMA	6.180	450	2.250	<p>Instalación de caudalímetros, tuberías piezométricas, espitas tomamuestras y contadores eléctricos independientes en todos los sondeos de abastecimiento al municipio.</p> <p>Una vez instalados los sondeos adecuadamente, realizar las encuestas de cuantificación correctamente y rediseñar, si procede, las instalaciones de los sondeos.</p> <p>Instalar un sistema de medida de caudal en los manantiales de Fuente de las Negras y Gualjar y llevar a cabo su seguimiento.</p> <p>Instalación de un sistema de medida automática del nivel y almacenamiento de datos en el sondeo Gualjar 3.</p> <p>Reparar el depósito de Gualjar para que pueda realizar su función.</p> <p>Puentear el depósito de Gualjar hasta su reparación.</p> <p>Depurar las aguas residuales de Solera.</p> <p>Como medida general, se recomienda disminuir el consumo de agua en toda la población.</p>	En periodos de baja pluviometría	-	Núcleo urbano	Insignifican.	Poner en servicio el sondeo denominado Las Cabritas.
JIMENA	1.478	250	400	<p>Instalar una tubería piezométrica de diámetro adecuado y un caudalímetro en el sondeo de La Sierra y llevar a cabo su seguimiento.</p> <p>Una vez instalada la tubería piezométrica y el caudalímetro, realizar la encuesta de cuantificación correctamente y rediseñar, si procede, la instalación del sondeo.</p>	En periodos de baja pluviometría	-	-	-	No se proponen.

MUNICIPIO	POBLACIÓN ABASTECIDA		DEPÓSITOS (m ³)	RECOMENDACIONES	LIMITACIÓN DE RECURSOS		FOCOS CONTAMINANTES		ALTERNATIVAS CAPTACIÓN
	Estable	Estacional			CANTIDAD	CALIDAD	Origen	Afección	
				<p>Instalar, en caso de reanudarse la surgencia, un sistema de medida de caudal en el manantial de la Ermita de Cánava y llevar a cabo su seguimiento.</p> <p>Aumentar la capacidad de almacenamiento de agua del municipio y reparar los depósitos.</p> <p>Llevar a cabo un estudio en el sondeo del Arca de Cánava para determinar las posibilidades de rehabilitación (limpieza, testificación, ensayo de bombeo, etc.).</p> <p>Realizar una revisión del inventario de puntos de agua en la masa de agua subterránea captada para abastecimiento haciendo especial hincapié en las extracciones de aguas subterráneas para determinar la veracidad de la opinión manifestada por los informantes al respecto de la afección a los manantiales por los sondeos de nueva construcción.</p>					
JÓDAR	12.153	500	2.200	<p>Instalar una tuberías piezométricas de diámetro adecuado, caudalímetros y espitas tomamuestras en los sondeos Jódar I a IV y llevar a cabo su seguimiento.</p> <p>Una vez instaladas las tuberías piezométricas y los caudalímetros, realizar las encuestas de cuantificación correctamente y rediseñar, si procede, las instalaciones de los sondeos.</p> <p>Llevar a cabo un estudio hidrogeológico en el acuífero de La Golondrina donde se ubica el sondeo Jódar V para determinar la explotación de sus recursos de una manera sostenible.</p> <p>Como recomendación general, se deberían tomar las medidas oportunas para disminuir el excesivo consumo de agua en el municipio.</p>	No existe en condiciones normales	-	Granja equina	Elevada	Realizar de un estudio hidrogeológico para distribuir los sondeos de abastecimiento a Jódar a lo largo de los bordes este y sureste de La Serrezuela y evitar los importantes descensos que sin duda se deben producir en la zona donde se concentran actualmente.
LARVA	474	100	725	<p>Instalar un cuadro eléctrico, tubería piezométrica, caudalímetro y espita tomamuestras en el sondeo La Casería y ponerlo en uso.</p>	En periodos de baja pluviometría	Alto contenido en sulfatos del sondeo Majablanquilla	Granja ovina	Elevada	Abastecimiento mediante aguas superficiales

MUNICIPIO	POBLACIÓN ABASTECIDA		DEPÓSITOS (m ³)	RECOMENDACIONES	LIMITACIÓN DE RECURSOS		FOCOS CONTAMINANTES		ALTERNATIVAS CAPTACIÓN
	Estable	Estacional			CANTIDAD	CALIDAD	Origen	Afección	
				<p>Una vez instalado con la tubería piezométrica y los caudalímetros, realizar la encuesta de cuantificación correctamente y rediseñar, si procede, la instalación del sondeo.</p> <p>Realizar un análisis fisicoquímico del agua procedente del sondeo de La Casería y, en caso de tener un menor contenido en sulfatos, dar prioridad a este sondeo sobre el de Majablanquilla II en el abastecimiento.</p> <p>Llevar a cabo un seguimiento de la evolución del nivel, de los caudales bombeados y de las características fisicoquímicas de ambos sondeos.</p>		II			
MANCHA REAL	10.187	750	3.400	<p>Instalar una tubería piezométrica en el sondeo de Peña del Águila y contadores de energía eléctrica en ese sondeo y en los de La Cantero y Los Pinos.</p> <p>Una vez instalados con la tubería piezométrica y contadores de energía eléctrica individuales, realizar la encuesta de cuantificación correctamente y rediseñar, si procede, las instalaciones de los sondeos.</p> <p>Instalar algún sistema de medida del caudal en el manantial de Los Charcones y llevar a cabo su seguimiento.</p> <p>Llevar a cabo un seguimiento de la evolución del contenido en nitratos del agua del sondeo Peña del Águila.</p> <p>Continuar con el control de la evolución de niveles en los sondeos y de los caudales drenados.</p>	No existe en condiciones normales	Alto contenido en nitratos del sondeo Peña del Águila	-	-	Instalar y poner en servicio el sondeo de reciente construcción del Caserón de Rodrigo.
NOALEJO	2.155	150	1.130	<p>Instalar tuberías piezométricas de diámetro adecuado y caudalímetros en los sondeos de abastecimiento y llevar a cabo el seguimiento de la evolución del nivel piezométrico.</p>	No existe en condiciones normales	Alto contenido en nitratos de la Fuente de la Hoya y del	-	-	Realizar un estudio hidrogeológico en la Subunidad Fresnedilla-Pico

MUNICIPIO	POBLACIÓN ABASTECIDA		DEPÓSITOS (m ³)	RECOMENDACIONES	LIMITACIÓN DE RECURSOS		FOCOS CONTAMINANTES		ALTERNATIVAS CAPTACIÓN
	Estable	Estacional			CANTIDAD	CALIDAD	Origen	Afección	
				<p>Una vez instaladas las tuberías piezométricas y los caudalímetros, realizar la encuesta de cuantificación correctamente en aquellos sondeos en exista contador de energía eléctrica.</p> <p>Instalar un sistema de medida de caudal en los tres manantiales de abastecimiento y llevar a cabo su seguimiento.</p> <p>Llevar a cabo un seguimiento de la calidad del agua de los manantiales de Fuente de la Hoya y Fuente del Cerezo, sobre todo de su contenido en nitratos.</p> <p>Depurar las aguas residuales del municipio antes de su vertido.</p>		Cerezo			Madera en la zona equidistante entre Noalejo y Hoya del Salobral encaminado a perforar un sondeo que solucione los posiblemente futuros problemas de escasez en Noalejo y de calidad en Hoya del Salobral.
PEGALAJAR	3.136	650	900	<p>Instalar sistemas de medida del caudal en los manantiales y llevar a cabo su seguimiento.</p> <p>Elaborar la encuesta de cuantificación completa.</p> <p>Llevar a cabo el control de la evolución del nivel en el sondeo y de los caudales bombeados.</p> <p>Aumentar la capacidad de almacenamiento. (en proyecto la construcción de un nuevo depósito).</p> <p>Depurar las ARU de La Cerradura.</p>	No existe en condiciones normales	-	Núcleo	Elevada	-
TORRES	1.725	600	715	<p>Acondicionar el manantial los manantiales de abastecimiento y llevar a cabo un control de los caudales drenados.</p> <p>Aumentar la capacidad de almacenamiento.</p>	No existe en condiciones normales	-	-	-	No se proponen
VALDEPEÑAS DE JAEN	4.315	650	1.400	<p>Instalar sistemas de medida del caudal en los manantiales de El Vadillo, El Estanquillo, Fuente Anguita, Los Chorros y Los Cierzos y llevar a cabo un control del caudal drenado.</p> <p>Aumentar la capacidad de almacenamiento de agua hasta al menos los 1.800 m³ de manera que se cubra 1,5 veces la demanda punta teórica.</p> <p>Depurar las aguas residuales urbanas del municipio.</p>	No existe en condiciones normales	-	-	-	No se proponen

MUNICIPIO	POBLACIÓN ABASTECIDA		DEPÓSITOS (m ³)	RECOMENDACIONES	LIMITACIÓN DE RECURSOS		FOCOS CONTAMINANTES		ALTERNATIVAS CAPTACIÓN
	Estable	Estacional			CANTIDAD	CALIDAD	Origen	Afección	
LOS VILLARES	5.289	650	3.170	<p>Acondicionar el manantial de Río Frío según la Ficha de Acondicionamiento de Manantiales que se adjunta y llevar a cabo un control del caudal drenado.</p> <p>-----</p> <p>Reparar el Depósito Pequeño.</p>	En periodos de baja pluviometría	-	Hotel rural	Insignifican.	Llevar a cabo un estudio hidrogeológico en el término municipal encaminado a aumentar los recursos hídricos disponibles no alterando el equilibrio hídrico actual del Río Frío.
CÁRCHELES	1.479	250	2.000	<p>Instalar una tubería piezométrica de diámetro adecuado en el sondeo Puente Cárcchel II y llevar a cabo su seguimiento.</p> <p>-----</p> <p>Una vez instalada la tubería piezométrica en el sondeo Puente Cárcchel II, realizar la encuesta de cuantificación correctamente y rediseñar, si procede, la instalación del sondeo.</p> <p>-----</p> <p>Instalar un sistema de medida de caudal en los manantiales Fuente Blanca y Fuente Parrilla y llevar a cabo su seguimiento.</p> <p>-----</p> <p>Prestar especial atención a la evolución del contenido en nitratos del agua de Fuente Blanquilla y Fuente Parrilla.</p> <p>-----</p> <p>Reparar la caseta de Fuente Blanca para evitar la caída de elementos indeseables en la captación.</p> <p>-----</p> <p>Rediseñar la instalación del sondeo Puente Cárcchel I ya que el rendimiento inadecuado puede tener origen en una mala aplicación de la electrobomba al caudal de extracción y a la altura manométrica o estar muy desgastada y tener fugas volumétricas internas muy superiores a las del origen.</p> <p>-----</p> <p>Adecuar la potencia contratada para la instalación del sondeo Puente Cárcchel I a la potencia activa de la misma (26,78 kW).</p>	No existe en condiciones normales	Alto contenido en nitratos de Fuente Blanca y Fuente Parrilla	-	-	No se proponen.

MUNICIPIO	POBLACIÓN ABASTECIDA		DEPÓSITOS (m ³)	RECOMENDACIONES	LIMITACIÓN DE RECURSOS		FOCOS CONTAMINANTES		ALTERNATIVAS CAPTACIÓN
	Estable	Estacional			CANTIDAD	CALIDAD	Origen	Afección	
				<p>Instalar un sistema de control piezométrico automatizado en el sondeo 193930028, situado próximo a los sondeos de abastecimiento, para determinar la evolución del nivel piezométrico del acuífero en este sector.</p> <p>Depurar las aguas residuales urbanas de Cárcel y llevar a cabo el proyecto de conexión de las del polígono industrial a la red de Carchelejo.</p>					
BEDMAR Y GARCÍEZ	3.210	750	2.289	<p>Instalar tubería piezométrica, caudalímetro y espita tomamuestras en el sondeo Cuevas Negras y llevar a cabo su seguimiento.</p> <p>Una vez instalada la tubería piezométrica y el caudalímetro, realizar la encuesta de cuantificación correctamente y rediseñar, si procede, la instalación del sondeo.</p> <p>Realizar limpieza, testificación y ensayo de bombeo (si procede) en el sondeo Cuevas Negras I y rediseñar su instalación en función de los resultados para tenerlo de reserva o en uso alternativo con el Cuevas Negras.</p> <p>Instalar un sistema de medida de caudal en los manantiales Sistillo y llevar a cabo su seguimiento.</p> <p>Proteger el manantial de Sistillo 1 para evitar el baño y eventuales vertidos.</p> <p>Seguimiento de la calidad química y del caudal de dicho manantial dado la contrastada variabilidad del contenido de algunos elementos como los sulfatos.</p> <p>Depurar las aguas residuales de Garcíez.</p>	No existe en condiciones normales	-	-	-	Llevar a cabo un estudio hidrogeológico encaminado a la perforación de un sondeo de regulación del manantial de Sistillo 1.

Cuadro nº 14.- Prioridad de futuras actuaciones

MUNICIPIO	ACTUACIONES	PRIORIDAD	JUSTIFICACIÓN
ALBANCHEZ DE MÁGINA	Instalar tubería piezométrica y caudalímetro en el sondeo del Calvario y llevar a cabo su seguimiento.	I	2
	Realizar la encuesta de cuantificación correctamente y rediseñar, si procede, la instalación del sondeo.	I	2
	Instalar un sistema de medida de caudal en los manantiales y llevar a cabo su seguimiento.	I	2
	Adecuar el sistema de extracción de agua de la Fuente de los Siete Caños para evitar la caída de elementos indeseables.	I	1
	Realizar una revisión de las extracciones en la masa de agua drenada por los manantiales de abastecimiento	II	3
CABRA DEL SANTO CRISTO	Instalar tubería piezométrica y dos caudalímetros en el sondeo del Cerro de los Peones y llevar a cabo su seguimiento.	I	2
	Realizar la encuesta de cuantificación correctamente y rediseñar, si procede, la instalación del sondeo.	I	2
	Instalar un sistema de medida de caudal en el manantial del Nacimiento y llevar a cabo su seguimiento.	I	2
	Realizar un estudio en el sondeo de Las Nogueras para determinar el origen de la salinidad del agua y su posible eliminación.	II	2
	Llevar a cabo un seguimiento del contenido en nitratos del sondeo del Cerro de los Peones.	I	1
	Depurar las ARU antes de utilizarlas para regadío.	I	2
CAMBIL	Acondicionar el manantial del Cortijo de Villanueva y llevar a cabo un control del caudal drenado.	I	2
	Instalar una tubería piezométrica (accesibilidad al contador) y realizar la encuesta de cuantificación en el sondeo Las Rosas.	I	2
	Instalar tubería piezométrica, caudalímetro y espita tomamuestras en sondeo Los Mimbrales y realizar la encuesta.	I	2
	Depurar las aguas residuales de Arbuniel.	I	2
	Aumentar la capacidad de almacenamiento.	I	2
	Sondeo de regulación del manantial del Cortijo de Villanueva.	II	2
	Incluir de nuevo la Fuente de la Celada en el sistema de abastecimiento.	II	3
	Reparar e instalar con tubería piezométrica el sondeo de Cañada Barbarín e incluirlo en el sistema de abastecimiento.	I	1
CAMPILLO DE ARENAS	Acondicionar el manantial de Matarratones para tener acceso al mantenimiento y llevar a cabo un control del caudal drenado.	I	2
	Instalar una tubería piezométrica en el sondeo de Almendro Gordo y llevar a cabo el seguimiento.	I	2
	Una vez instalada la tubería piezométrica, realizar la encuesta de cuantificación correctamente.	I	2
	Disminuir el consumo de agua por habitante.	II	3
	Depurar las ARU del municipio antes de su vertido al río.	I	2
CASTILLO DE LOCUBIN	Instalar sistemas de medida del caudal en los manantiales y llevar a cabo un control del caudal drenado.	I	2
	Instalar tuberías piezométricas, caudalímetro, espitas tomamuestras y contadores de energía eléctrica independientes en los sondeos del Nacimiento del Río San Juan. Llevar a cabo su seguimiento y realizar la encuesta de cuantificación.	I	2
	Depurar las ARU del municipio (los dos núcleos).	I	2
	Llevar a cabo un estudio en el sondeo del Puerto del Castillo e incluirlo en el sistema para situaciones de emergencia.	II	3
FRAILES	Instalar una tubería piezométrica y contador de energía eléctrica específico en el sondeo de Almendro Gordo (seguimiento).	I	2
	Posteriormente, realizar la encuesta de cuantificación correctamente.	I	2
	Instalar un sistema de medida de caudal en el manantial del Nacimiento y llevar a cabo su seguimiento.	I	2

MUNICIPIO	ACTUACIONES	PRIORIDAD	JUSTIFICACIÓN
	Aumentar la capacidad de almacenamiento del núcleo de Frailes.	I	2
	Depurar las ARU del municipio.	I	2
	Realizar un estudio hidrogeológico en la Subunidad Frailes-Boleta encaminado a perforar dos sondeos de abastecimiento.	II	3
FUENSANTA DE MARTOS	Instalar un sistema de medida de caudal en la Fuente de la Negra y La Fuentecica y llevar a cabo su seguimiento.	I	2
	Realizar un estudio de la captación del drenaje al río Fuensanta al respecto de la calidad del agua y su posible contaminación.	I	1
	Depurar las aguas residuales urbanas del municipio.	I	2
HUELMA	Instalación de caudalímetros, tuberías piezométricas, espitas tomamuestras y contadores eléctricos independientes en todos los sondeos de abastecimiento al municipio.	I	2
	Posteriormente realizar las encuestas de cuantificación correctamente y rediseñar, si procede, las instalaciones de los sondeos.	I	2
	Instalar un sistema de medida de caudal en los manantiales de Fuente de las Negras y Gualjar y llevar a cabo su seguimiento.	I	2
	Instalación de un sistema de medida automática del nivel y almacenamiento de datos en el sondeo Gualjar 3.	II	2
	Reparar el depósito de Gualjar para que pueda realizar su función.	II	2
	Puentear el depósito de Gualjar hasta su reparación.	I	2
	Depurar las aguas residuales de Solera.	I	2
	Poner en servicio el sondeo denominado Las Cabritas.	I	3
JIMENA	Como medida general, se recomienda disminuir el consumo de agua en toda la población.	II	3
	Instalar una tubería piezométrica y un caudalímetro en el sondeo de La Sierra y llevar a cabo su seguimiento.	I	2
	Posteriormente realizar la encuesta de cuantificación correctamente y rediseñar, si procede, la instalación del sondeo.	I	2
	Instalar un sistema de medida de caudal en el manantial de la Ermita de Cánava y llevar a cabo su seguimiento.	II	2
	Aumentar la capacidad de almacenamiento de agua del municipio y reparar los depósitos.	I	2
	Llevar a cabo un estudio en el sondeo del Arca de Cánava para determinar las posibilidades de rehabilitación.	II	2
JÓDAR	Realizar una revisión de las extracciones en la masa de agua drenada por los manantiales de abastecimiento.	II	3
	Instalar tuberías piezométricas, caudalímetros y espitas tomamuestras en los sondeos y llevar a cabo su seguimiento.	I	2
	Posteriormente realizar las encuestas de cuantificación correctamente y rediseñar, si procede, las instalaciones de los sondeos.	I	2
	Estudio hidrogeológico en el acuífero de La Golondrina (Jódar V) para su explotación de una manera sostenible.	I	3
	Estudio hidrogeológico para distribuir espacialmente los sondeos de abastecimiento a Jódar.	III	2
LARVA	Disminuir el excesivo consumo de agua en el municipio.	II	3
	Instalar adecuadamente el sondeo La Casería y ponerlo en uso.	II	2
	Posteriormente, realizar la encuesta de cuantificación correctamente y rediseñar, si procede, la instalación del sondeo.	II	2
	Realizar un análisis fisicoquímico del agua del sondeo de La Casería para plantear su prioridad sobre el de Majablanquilla II.	I	3
	Llevar a cabo un seguimiento del nivel, los caudales bombeados y las características fisicoquímicas de ambos sondeos.	II	3
MANCHA REAL	Abastecimiento mediante aguas superficiales	II	3
	Instalar tubería piezométrica en Peña del Águila y contadores individuales de energía en ese y en La Cantera y Los Pinos.	I	2

MUNICIPIO	ACTUACIONES	PRIORIDAD	JUSTIFICACIÓN
	Posteriormente, realizar la encuesta de cuantificación correctamente y rediseñar, si procede, las instalaciones de los sondeos.	I	2
	Instalar algún sistema de medida del caudal en el manantial de Los Charcones y llevar a cabo su seguimiento.	I	2
	Llevar a cabo un seguimiento de la evolución del contenido en nitratos del agua del sondeo Peña del Águila.	I	1
	Continuar con el control de la evolución de niveles en los sondeos y de los caudales drenados.	III	2
	Instalar y poner en servicio el sondeo de reciente construcción del Caserón de Rodrigo.	I	2
NOALEJO	Instalar tuberías piezométricas y caudalímetros en los sondeos y llevar a cabo el seguimiento.	I	2
	Posteriormente, realizar la encuesta de cuantificación correctamente.	I	2
	Instalar un sistema de medida de caudal en los tres manantiales de abastecimiento y llevar a cabo su seguimiento.	I	2
	Llevar a cabo un seguimiento de la calidad del agua de Fte. La Hoya y Fte. del Cerezo, sobre todo de su contenido en nitratos.	I	1
	Depurar las aguas residuales del municipio antes de su vertido.	I	2
	Estudio hidrogeológico en la Subunidad Fresnedilla-Pico Madera para perforar un sondeo de abastecimiento.	III	3
PEGALAJAR	Instalar sistemas de medida del caudal en los manantiales y llevar a cabo su seguimiento.	I	2
	Elaborar la encuesta de cuantificación completa.	I	2
	Llevar a cabo el control de la evolución del nivel en el sondeo y de los caudales bombeados.	I	2
	Aumentar la capacidad de almacenamiento. (en proyecto la construcción de un nuevo depósito).	II	2
	Depurar las ARU de La Cerradura.	I	2
TORRES	Acondicionar el manantial los manantiales de abastecimiento y llevar a cabo un control de los caudales drenados.	I	2
TORRES	Aumentar la capacidad de almacenamiento.	II	2
VALDEPEÑAS DE JAEN	Instalar sistemas de medida del caudal en los manantiales y llevar a cabo un control del caudal drenado.	I	2
	Aumentar la capacidad de almacenamiento.	II	2
	Depurar las aguas residuales urbanas del municipio.	I	2
LOS VILLARES	Acondicionar el manantial de Río Frío y llevar a cabo un control del caudal drenado.	I	2
	Reparar el Depósito Pequeño.	I	2
	Estudio hidrogeológico para a aumentar los recursos hídricos disponibles no alterando el equilibrio hídrico actual del Río Frío.	II	2
CÁRCHELES	Instalar una tubería piezométrica de diámetro adecuado en el sondeo Puente Cárcel II y llevar a cabo su seguimiento.	I	2
	Posteriormente, realizar la encuesta de cuantificación correctamente y rediseñar, si procede, la instalación del sondeo.	I	2
	Instalar un sistema de medida de caudal en los manantiales Fuente Blanca y Fuente Parrilla y llevar a cabo su seguimiento.	I	2
	Prestar especial atención a la evolución del contenido en nitratos del agua de Fuente Blanquilla y Fuente Parrilla.	I	1
	Reparar la caseta de Fuente Blanca para evitar la caída de elementos indeseables en la captación.	I	1
	Rediseñar la instalación del sondeo Puente Cárcel I.	II	2
	Adecuar la potencia contratada para la instalación del sondeo Puente Cárcel I a la potencia activa de la misma.	I	2
	Instalar un sistema de control piezométrico automatizado en el sondeo 193930028.	I	2
Depurar las aguas residuales urbanas de Cárcel y realizar la conexión de las del polígono industrial a la red de Carchelejo.	I	2	

MUNICIPIO	ACTUACIONES	PRIORIDAD	JUSTIFICACIÓN
BEDMAR Y GARCÍEZ	Instalar tubería piezométrica, caudalímetro y espita tomamuestras en Cuevas Negras y llevar a cabo su seguimiento.	I	2
	Posteriormente, realizar la encuesta de cuantificación correctamente y rediseñar, si procede, la instalación del sondeo.	I	2
	Realizar limpieza, testificación y ensayo de bombeo (si procede) en el sondeo Cuevas Negras I y rediseñar su instalación.	II	2
	Instalar un sistema de medida de caudal en los manantiales Sistillo y llevar a cabo su seguimiento.	I	2
	Proteger el manantial de Sistillo 1 para evitar el baño y eventuales vertidos.	I	1
	Seguimiento de la calidad química y del caudal de dicho manantial.	I	1
	Depurar las aguas residuales de Garcíez.	I	2
	Estudio hidrogeológico encaminado a la perforación de un sondeo de regulación del manantial de Sistillo 1.	II	3

Prioridades de las actuaciones		Justificación de la prioridad:	
I	A corto plazo	1	Problemas de calidad de recursos utilizados
II	A medio plazo	2	Necesidad de mejoras en las instalaciones. Optimización.
III	A largo plazo	3	Problemas de cantidad de recursos utilizados

7. – ANEJOS

7.2. – ENCUESTA DE CUANTIFICACIÓN DE VOLÚMENES DE BOMBEO

ESQUEMA METODOLÓGICO

El esquema metodológico se basa en la determinación de cada uno de los parámetros necesarios para deducir los volúmenes de extracción, rendimientos de la captación y coste energético del agua. De forma gráfica un esquema simplificado del proceso se refleja en la figura 1.

La cuantificación de las extracciones en función de los consumos energéticos de una captación parte de considerar que, si no existe una modificación de las características de la instalación para un mismo nivel dinámico en el sondeo, la relación entre ambos parámetros permanece constante a lo largo del tiempo. Ello implica considerar como despreciables los efectos de arranque y parada de la electrobomba sobre dicha relación, al igual que el desgaste de la misma.

Las condiciones del nivel dinámico se pueden generalizar y simplificar, considerando a escala anual dos condiciones: una en niveles altos y otra en estiaje con niveles bajos, estimando un período de tiempo para cada hipótesis.

Por tanto, para el cálculo de las extracciones en función del consumo energético, es suficiente determinar con cierta precisión la relación "E" entre el volumen extraído y la energía eléctrica consumida, para las condiciones del nivel dinámico del período de cálculo.

Para **establecer la relación "E"**, de forma práctica, se precisa determinar el **caudal de extracción** y la **potencia activa de la instalación**. Para esta última es necesario conocer la **constante K del contador** y la **velocidad de giro del disco del mismo**.

El **rendimiento total de la instalación** de la captación se define, de forma teórica, como el producto de los rendimientos de cada uno de los elementos que intervienen: motor, bomba, transformador y resto de elementos eléctricos. **De forma práctica, el rendimiento total de la instalación se calcula en función de tres parámetros: caudal, altura manométrica y potencia activa de la instalación.** Éstos son de suma importancia para la aplicación del método y su medición o cálculo deberán realizarse de la forma más precisa posible.

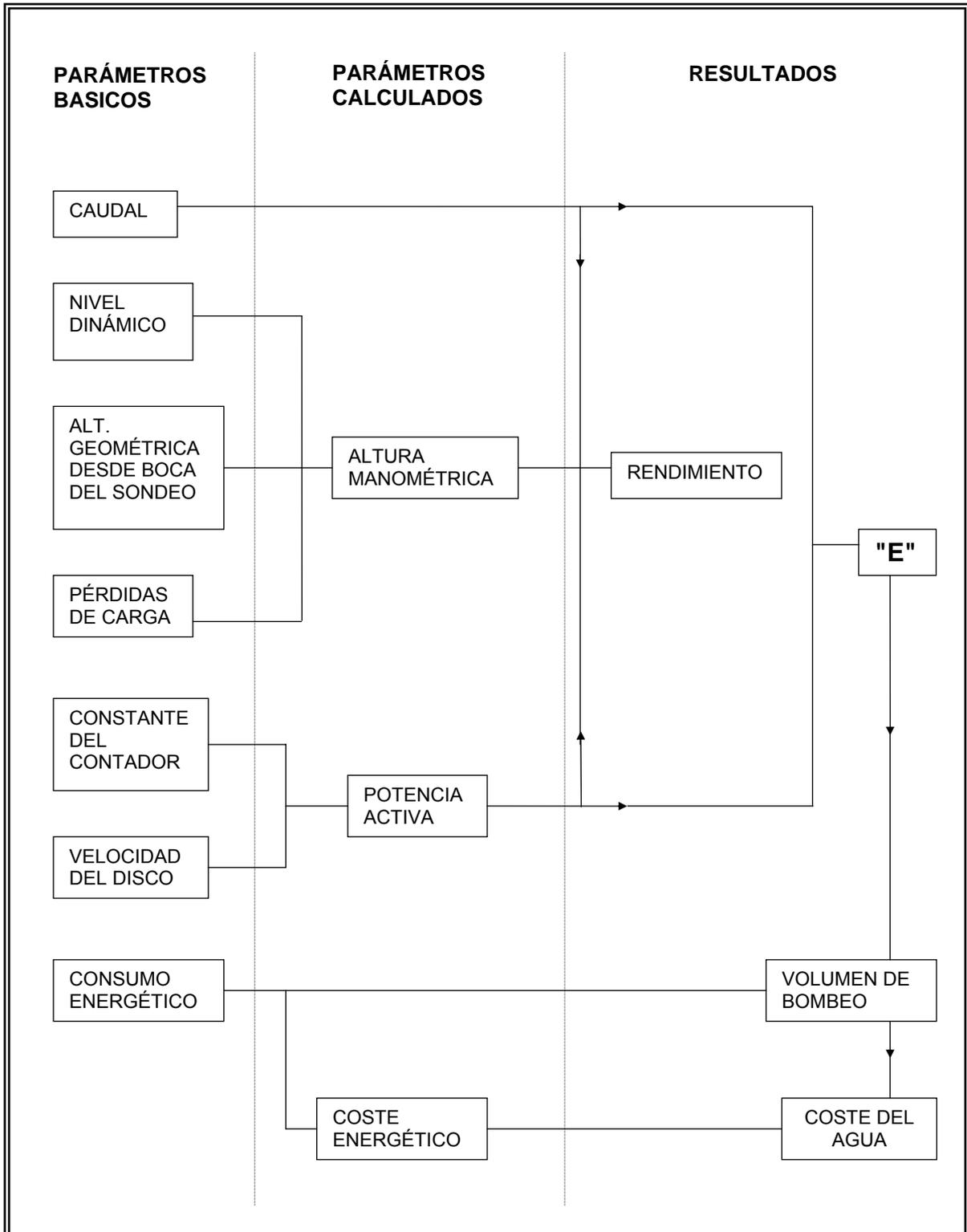


Figura 1. Esquema metodológico.

A partir del rendimiento total, estimando los rendimientos del transformador y de los elementos eléctricos, se puede deducir el rendimiento del grupo motobomba.

El **volumen de agua bombeada** en un período de tiempo dado es el resultado de multiplicar la relación E por el consumo eléctrico en dicho período.

El coste energético real del agua de una captación es la relación entre el pago realizado a la compañía eléctrica suministradora (debido a la potencia contratada, al consumo en kWh y a los recargos/bonificaciones por discriminación horaria y por reactiva) en un determinado período de tiempo y el volumen de agua extraído en ese mismo período, expresado en €/m³.

La reducción del coste del agua se basa en el análisis de los rendimientos y su posible mejora, así como en la adopción de una tarifa contratada y de unos tiempos de bombeo apropiados a las características de la instalación.

DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS

CAUDAL DE EXPLOTACIÓN

Dada la importancia de este parámetro es necesario determinarlo con la mayor exactitud posible mediante los diferentes métodos de aforo existentes: molinete, volumétricos, por ultrasonidos, electromagnéticos, etc.

En muchos casos el único método posible es el volumétrico que se realiza en el depósito o en alguna arqueta intermedia de la conducción, para lo cual es necesario medir con precisión las dimensiones del depósito y registrar en él el tiempo de llenado de un volumen suficientemente representativo teniendo cerradas las válvulas de salida. También es posible aforar volumétricamente en un recipiente cuya capacidad es conocida. Un método que comienza a usarse son los caudalímetros de ultrasonidos que no precisan actuación alguna en la tubería y su precisión es bastante buena. Actualmente es frecuente encontrar instalaciones que poseen contadores volumétricos colocados en la conducción.

En los casos en que se deba recurrir a la medida en el depósito habrán de tenerse en cuenta las posibles fugas, tomas o derivaciones existentes en la conducción.

ALTURA MANOMÉTRICA

Es la altura total que debe vencer una bomba para elevar el caudal de explotación a través de una conducción desde un nivel inferior a otro superior. Este parámetro es fundamental para establecer las condiciones actuales de las instalaciones, así como posibles actuaciones futuras. Su valor se obtendrá por la suma de los tres parámetros básicos siguientes:

- **Profundidad del nivel dinámico**
- **Altura geométrica** desde la embocadura del sondeo hasta el punto más alto de la conducción, normalmente es el punto de vertido del agua.
- **Pérdidas de carga** a lo largo de la conducción.
- **Profundidad del nivel dinámico.** Su valor es variable en función del régimen pluviométrico, las extracciones realizadas en la captación o más ampliamente en el acuífero y las obturaciones de la superficie por la que fluye el agua a la captación. **Este parámetro es el de mayor incidencia en el cálculo de la altura manométrica.**

Cuando las oscilaciones del nivel son de escasa cuantía, el régimen de explotación puede considerarse homogéneo y la electrobomba tendrá un punto o zona de funcionamiento constante. Si las oscilaciones toman valores considerables se producen variaciones de la altura manométrica de elevación y de los caudales de extracción que pueden ser importantes, con lo que se dificulta la cuantificación de los volúmenes bombeados. La forma correcta de salvar el problema consiste en hacer un seguimiento continuo de niveles y caudales; si bien, una aproximación puede ser el tomar un valor fijo del nivel dinámico en estiaje y otro en época de lluvias, estimando los diferentes niveles a lo largo del año a partir de datos de piezómetros próximos o de precipitaciones de lluvia.

· **Altura geométrica.** La obtención de este parámetro mediante altímetros, planos o levantamientos topográficos no presenta dificultad y los errores, aún en los casos más desfavorables, no suelen tener una influencia decisiva sobre la fiabilidad de los resultados.

· **Pérdidas de carga.** Se producen en la conducción debido al rozamiento del agua con las paredes de la misma o al paso del agua por válvulas y accesorios. **Las pérdidas son directamente proporcionales a la longitud de conducción**, que debe tomarse desde la profundidad de aspiración de la electrobomba hasta el punto de vertido, considerando los tramos de conducción en los que varía, bien el material, el diámetro o ambos.

Por otra parte, **cada uno de los accesorios que existen en la conducción (válvulas, codos, curvas, ensanchamientos, estrechamientos y otros) genera unas pérdidas de carga adicionales**, que comúnmente **se suelen expresar en metros de longitud equivalente de tubería recta**, para un cierto diámetro.

Se puede realizar el cálculo conjunto de la altura geométrica desde la boca del sondeo y las pérdidas de carga en la conducción exterior, midiendo la **presión en un punto próximo al codo de salida del sondeo y antes de las válvulas**. La presión, traducida a metros, proporciona la suma de los dos valores citados. Si a este valor se le suma la profundidad del nivel dinámico y las pérdidas originadas en la tubería del sondeo contadas desde la profundidad de aspiración se tiene nuevamente la altura manométrica total. Esta medición con manómetro tiene una especial importancia en los casos en que existen válvulas de

compuerta o de cierre estranguladas, ya que es difícil el cálculo teórico de las pérdidas, a veces muy elevadas y de gran influencia en los resultados

POTENCIA ACTIVA

La potencia activa es la consumida por el conjunto de las instalaciones (electrobomba, transformador, cuadro de maniobra, cables de baja tensión, etc.) para realizar el trabajo de impulsión del agua. Para su medida se puede utilizar el contador de energía activa.

El valor de la **potencia activa calculada debe ser del orden de magnitud de la potencia de la electrobomba** existente expresada en kW y de la **potencia contratada** que figura en el recibo eléctrico.

Cabe puntualizar que además de la potencia activa, se consume también una **potencia reactiva**, que es la que se pierde en las líneas de corriente y redes de distribución de energía. Este consumo, medido en un contador independiente, depende de la instalación eléctrica e incide en el coste energético como un recargo o bonificación al consumidor. Su aplicación por las compañías eléctricas se dirige a inducir al usuario a la mejora de sus instalaciones.

CONSUMO ENERGÉTICO

El consumo energético de las instalaciones electromecánicas existentes en una captación se recoge en el recibo de las Compañías de Electricidad. En él se recogen los datos de dos lecturas consecutivas del contador de energía activa, sus fechas de medida y el consumo en el período situado entre ambas, al igual que para el contador de reactiva.

Si el contador es de tarifa múltiple (valle-llano-punta), se especifican para cada tipo sus lecturas y consumos.

En el recibo también se indica, si es que existe, el factor corrector por el que hay que multiplicar la diferencia de lecturas para obtener el consumo.

RESULTADOS A OBTENER

RENDIMIENTO

El rendimiento total de una instalación de captación es el producto de los rendimientos de cada uno de los elementos que la componen. En él se incluye **el rendimiento de la bomba, del motor, del transformador y de los cables de baja tensión**. En la práctica, sus valores óptimos suelen oscilar:

- Rendimiento de la bomba (del 65 al 75 %, dependiendo de su estado de conservación y de su situación en la curva característica).
- Rendimiento del motor (del 85 al 90 %).
- Rendimiento del transformador (del 95 al 97 %).
- Rendimiento del resto de los elementos eléctricos (del 95 al 99%, dependiendo fundamentalmente de la longitud de los cables de conexión).

Es habitual hablar del rendimiento del grupo motobomba, que se suele situar entre el 55 y el 68 %.

En conjunto el rendimiento total es del orden del 50 al 65 %.

El cálculo exacto de estos rendimientos por separado es complejo, sin embargo, a partir de los parámetros calculados anteriormente puede obtenerse el valor del rendimiento total de la instalación.

El rendimiento es de gran importancia pues es indicativo de si la instalación está funcionando correctamente. Un rendimiento inadecuado suele tener el origen en una mala adaptación de la electrobomba al caudal de extracción y a la altura manométrica, al no funcionar dentro de la zona de curva característica para la que se obtienen rendimientos óptimos. Los rendimientos del motor y de la bomba son los que más suelen afectar al rendimiento total.

RELACIÓN "E"

Esta relación expresa el volumen de agua extraída por cada unidad de energía que consume la instalación (m^3/kWh).

Para calcular la relación "E" (volumen extraído/energía consumida) es necesario medir el caudal de bombeo y el consumo energético por unidad de tiempo. Teniendo en cuenta la forma de registro de los contadores de energía, para medir directamente y con precisión el consumo energético por unidad de tiempo, es necesario realizar un ensayo con una duración suficiente que permita visualizar y definir en dicho contador el consumo energético. El valor de "E" se determina así, a partir de las características del contador de energía eléctrica y de la instalación, midiendo el caudal de bombeo (por el método de aforo más adecuado a las características de la captación) y la potencia activa del grupo motobomba conectado al contador.

VOLUMEN DE BOMBEO

El volumen total extraído de una captación se calcula multiplicando el consumo total de energía activa en el período estudiado por el valor de la relación "E".

El tiempo total de bombeo en un lapso dado se obtiene de dividir el consumo de energía en el mismo entre la potencia activa que absorbe la instalación. Con este resultado se pueden calcular tiempos medios de funcionamiento, incluso de forma mensual cuando se disponga de los recibos.

COSTE ENERGÉTICO DEL AGUA

Para evaluar el coste energético del agua es necesario disponer al menos de un recibo de la compañía de electricidad y de los **datos de consumo energético en el período que se pretende estudiar**. Además, la información que se puede extraer es importante y afecta no sólo a los costes, siendo indispensable para calcular la potencia activa cuando el factor corrector no aparece expresado en el contador de electricidad. El recibo también incluye los datos del contrato con la compañía eléctrica: potencia y tarifa contratada. Aplicando las tarifas eléctricas, publicadas anualmente en el B.O.E., a la información mencionada se obtiene el importe total adeudado.

Para el cálculo del coste del agua y su optimización, interesa conocer las tarifas aplicadas y los importes desglosados que están recogidas en el recibo. Los bloques básicos que conforman la facturación son:

- Término de potencia: término fijo, función de la potencia contratada.
- Término de energía: función del consumo energético en el período de facturación.
- Complemento por discriminación horaria: cuando existe tarifa múltiple se aplicará un recargo o bonificación según la energía consumida en cada uno de los períodos horarios.
- Complemento por reactiva: se constituye mediante un recargo o descuento porcentual sobre el total de la facturación básica, función del consumo de energía reactiva que se ha producido en el período de facturación.

El primer bloque se aplicará siempre, el segundo cuando exista consumo de energía y los dos restantes dependerán del tipo de tarifa y discriminación horaria contratada.

El resto de la facturación lo compondrá el posible equipo de medida alquilado que pueda existir y el IVA.

En cuanto a las tarifas cabe comentar que existen dos tipos básicos que son las de baja tensión (suministros efectuados a tensiones no superiores a 1000 voltios) y las de alta tensión (superiores a 1000 voltios) aplicándose en el escalón de tensión que corresponda en cada caso. Cada uno de estos tipos se subdivide según períodos de utilización (corto, medio o largo) y usos. Estas tarifas se aprueban anualmente por Real Decreto y pueden ser consultadas por cualquier usuario. Con la información de consumos y la aplicación de las tarifas se obtienen los costes eléctricos.

La relación entre el volumen extraído, deducido del consumo energético y el importe adeudado por todos los conceptos, descontando el IVA, permite obtener el precio del m³ de agua extraído.

Para este cálculo se utilizan varios recibos, preferentemente los correspondientes a un año completo, con lo que se obtienen los costes medios anuales, los máximos y los mínimos

.

7.3. – FICHAS DE FOCOS POTENCIALES DE CONTAMINACIÓN

El análisis de posibles focos de contaminación ha constituido uno de los aspectos más importantes de este trabajo. Para ello se han localizado y caracterizado los principales focos potenciales existentes en los términos municipales considerados.

Esta información se ha recopilado y presentado en fichas cuyas particularidades se describen a continuación.

Cada ficha consta de siete apartados principales, esto es, datos generales, actividades industriales, ganaderas, agrícolas, urbanas, resumen y abastecimientos urbanos, junto con una tabla de valoración del impacto potencial a las aguas subterráneas y un mapa de situación de cada uno de los elementos inventariados.

DATOS GENERALES:

En este apartado se indican el nombre y los diferentes núcleos de población que constituyen el municipio así como los datos de superficie, población (residente fija y estacional) y la densidad de población.

ACTIVIDADES INDUSTRIALES:

En primer lugar se enumeran y describen someramente las diferentes actividades industriales en el municipio. En esta descripción se indican el número de industrias de cada tipo, la potencia contratada (en el caso de utilizar la energía eléctrica) y el número de empleados.

En cuanto a los residuos, éstos se dividen en sólidos y líquidos. En ambos casos se atiende a su procedencia y características. Para los sólidos, el tipo de gestión que se lleva a cabo se indica con una letra según la tabla siguiente:

Letra	Tipo de gestión
A	Se eliminan en vertedero controlado
B	Se eliminan en vertedero incontrolado con otros residuos
C	Se amontonan sobre el terreno
D	Recogidos por el servicio municipal de basuras
E	Se acumulan en el recinto y eliminados por empresa de gestión
F	Otra modalidad
G	Se utiliza como subproducto

En el caso de los residuos líquidos industriales, junto con su descripción y el caudal de vertido en l/s, se indica la gestión con una letra como se expone en la siguiente tabla:

Letra	Tipo de gestión
A	Se vierten a cauces públicos sin depurar
B	Se vierten a una acequia o canalización
C	Se vierten a la red de saneamiento
D	Se vierten sobre el terreno, zanjas, pozos, fosas sépticas
E	En balsas acondicionadas (impermeabilizadas)
F	Otra modalidad

Por último, en la tabla de análisis de la afección potencial a las aguas subterráneas se hace una descripción somera de la afección potencial para cada actividad.

ACTIVIDADES GANADERAS:

Las actividades ganaderas se dividen según el tipo de ganado (bovino, ovino...) indicándose el número de cabezas y de granjas. En base a estos datos se calcula la carga contaminante total en kg de N, DBO₅ y PO₅ al año, así como la población equivalente en número de habitantes.

Para este apartado se han tenido en cuenta los datos del censo ganadero del año 1997 de la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía. Junto a cada tabla se incluye una valoración general de la afección potencial a las aguas subterráneas.

ACTIVIDADES AGRÍCOLAS:

En la correspondiente tabla se relacionan los diferentes cultivos diferenciándose el número de hectáreas de secano y regadío, en función de las cuales se calcula el N utilizado como abono (en kg/año). Además, se incluyen otros productos utilizados en las labores agrícolas como pesticidas, fungicidas, etc., y una valoración de la afección potencial a las aguas subterráneas, haciendo especial hincapié en las captaciones de abastecimiento al municipio.

ACTIVIDADES URBANAS:

Los residuos procedentes de la actividad urbana se han dividido en sólidos y líquidos. En ambos casos se incluye el organismo o empresa que se encarga de su gestión; también se determina la producción media anual en tm para los sólidos y el volumen de aguas residuales urbanas en m³ para los residuos líquidos.

En la tabla correspondiente a los residuos sólidos se indica el nombre del vertedero, los núcleos a los que corresponde, su tipología (controlado, incontrolado, etc.) y una valoración sobre la posible afección a las aguas subterráneas.

Igualmente, para los residuos líquidos se presenta una tabla con el nombre de los puntos de vertido, su procedencia, el tratamiento a que son sometidos y una valoración de iguales características que en el caso de los sólidos.

HOJA RESUMEN:

En la hoja resumen se presenta un cuadro en el que se describe brevemente cada tipo de actividad (industrial, ganadera, agrícola y urbana) asignándole una valoración de la afección potencial a las aguas subterráneas, cuya leyenda se aclara en la tabla siguiente, y la unidad hidrogeológica afectada.

Letra	Valoración
E	Elevado
M	Medio
B	Bajo
I	Insignificante

ABASTECIMIENTOS URBANOS:

En este apartado se enumeran los puntos de abastecimiento indicando su naturaleza, caudal en l/s, los núcleos a los que abastece y el número del inventario del I.G.M.E.

TABLAS DE VALORACIÓN DE IMPACTO POTENCIAL A LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

En esta tabla se resumen los focos potenciales de contaminación con la numeración adoptada en el MAPA DE SITUACIÓN, la descripción de la actividad desarrollada y la unidad hidrogeológica afectada de la que se indica su tipología (detrítico, carbonatado, etc.) junto con el nivel piezométrico. Finalmente se indica una estimación cualitativa, en función de la profundidad del nivel piezométrico y de las características de la zona no saturada, de la capacidad de autodepuración de ésta y una valoración potencial del impacto. La leyenda utilizada para estas dos últimas características se presenta en las tablas siguientes:

Letra	Capacidad de Autodepuración	Letra	Valoración del impacto
N	Nula	I	Insignificante
B	Baja	B	Bajo
S	Significativa	M	Medio
E	Elevada	E	Elevado

7.4. – FICHAS DE ACONDICIONAMIENTO DE MANANTIALES

Para la elaboración de las fichas de acondicionamiento de manantiales se ha usado la base de datos del I.G.M.E. así como la información disponible de los informes y estudios referentes a los puntos junto con los datos tomados en las correspondientes visitas. Estos datos se han estructurado como se describe a continuación.

Constan de tres partes bien diferenciadas:

DATOS ADMINISTRATIVOS

Se incluyen, junto al mapa de situación a escala 1:50.000, el nombre del manantial, el número del inventario, el número de la Hoja del Mapa del Servicio Geográfico del Ejército a escala 1:50.000, las coordenadas U.T.M. y la cota calculada sobre mapa 1:10.000 de la Junta de Andalucía.

Un segundo grupo de datos en este apartado lo componen la Cuenca Hidrográfica y Subcuenca, la unidad hidrogeológica a la que pertenece el punto, el término municipal y la toponimia del lugar junto con una descripción del acceso al manantial.

DATOS HIDROGEOLÓGICOS

Éstos son la utilización del agua, las poblaciones abastecidas y tanto el caudal medio de drenaje de la surgencia como el que se usa para abastecimiento. Se acompaña de una descripción de la misma desde el punto de vista hidrogeológico y de un esquema general de funcionamiento (corte hidrogeológico).

SECCIONES PROPUESTAS

Compuesta por un croquis de las secciones propuestas y una descripción del estado actual y del acondicionamiento necesario.