

**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 17
TÉRMINOS MUNICIPALES DE LA TERCERA FASE DEL PLAN DE
CONTROL**

TOMO I: MEMORIA



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 17 TÉRMINOS
MUNICIPALES DE LA TERCERA FASE DEL PLAN DE
CONTROL**

TOMO I: MEMORIA

Junio 2008

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>	29
4.1. - CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS ACUÍFEROS	30
4.2. - RESUMEN DE DATOS DE BALANCE DE LOS ACUÍFEROS EXPLOTADOS PARA ABASTECIMIENTO	64
4.3. - CARACTERÍSTICAS HIDROQUÍMICAS DE LAS AGUAS DE ABASTECIMIENTO	65
4.4. - CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE ALTERNATIVAS AL ABASTECIMIENTO ACTUAL	69
5. - <u>FOCOS POTENCIALES DE CONTAMINACIÓN</u>	72
6. - <u>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</u>	77

7. - <u>ANEJOS</u>	86
7.1. – ESTADILLO DE CONTROL PARA INSTALACIONES MUNICIPALES	87
7.2. – ENCUESTA DE CUANTIFICACIÓN DE VOLÚMENES DE BOMBEO	88
7.3. – FICHAS DE FOCOS POTENCIALES DE CONTAMINACIÓN	96

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.

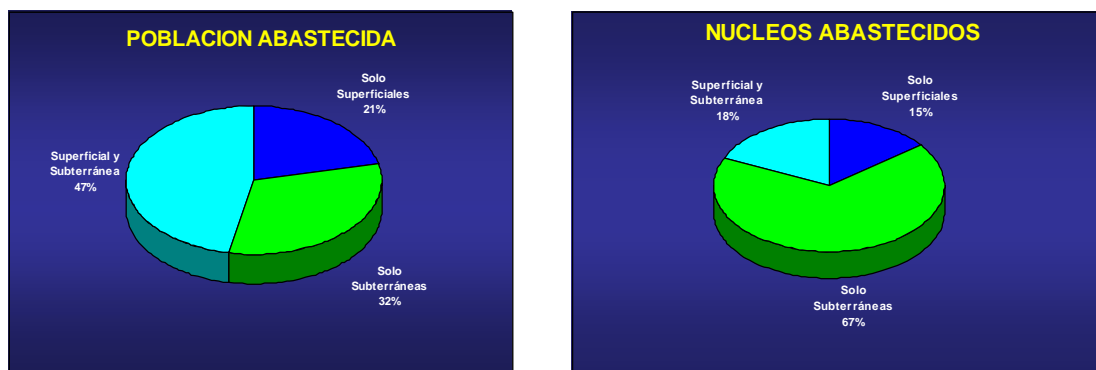


Figura 1: Población y núcleos abastecidos en la provincia de Jaén. (Fuente: Gay-Torres et al. 2002. Presente y Futuro de la Aguas Subterráneas en la provincia de Jaén).

En este marco y en unas 1ª y 2ª fase se analizaron un total de 21 y 19 municipios respectivamente. En el presente proyecto, denominado 3ª fase, se analizan 17 municipios que son los siguientes: **Alcalá la Real, Alcaudete, Bailén, Belmez de la Moraleda, Chilluévar, La Guardia de Jaén, Guarromán, Hinojares, Huesa, Jamilena, Martos, Peal de Becerro, Pozo Alcón, Quesada, Santo Tomé, Torredelcampo, Torredonjimeno.**

En la figura 2 se indica el ámbito de trabajo de esta 3ª fase del Plan de Control.

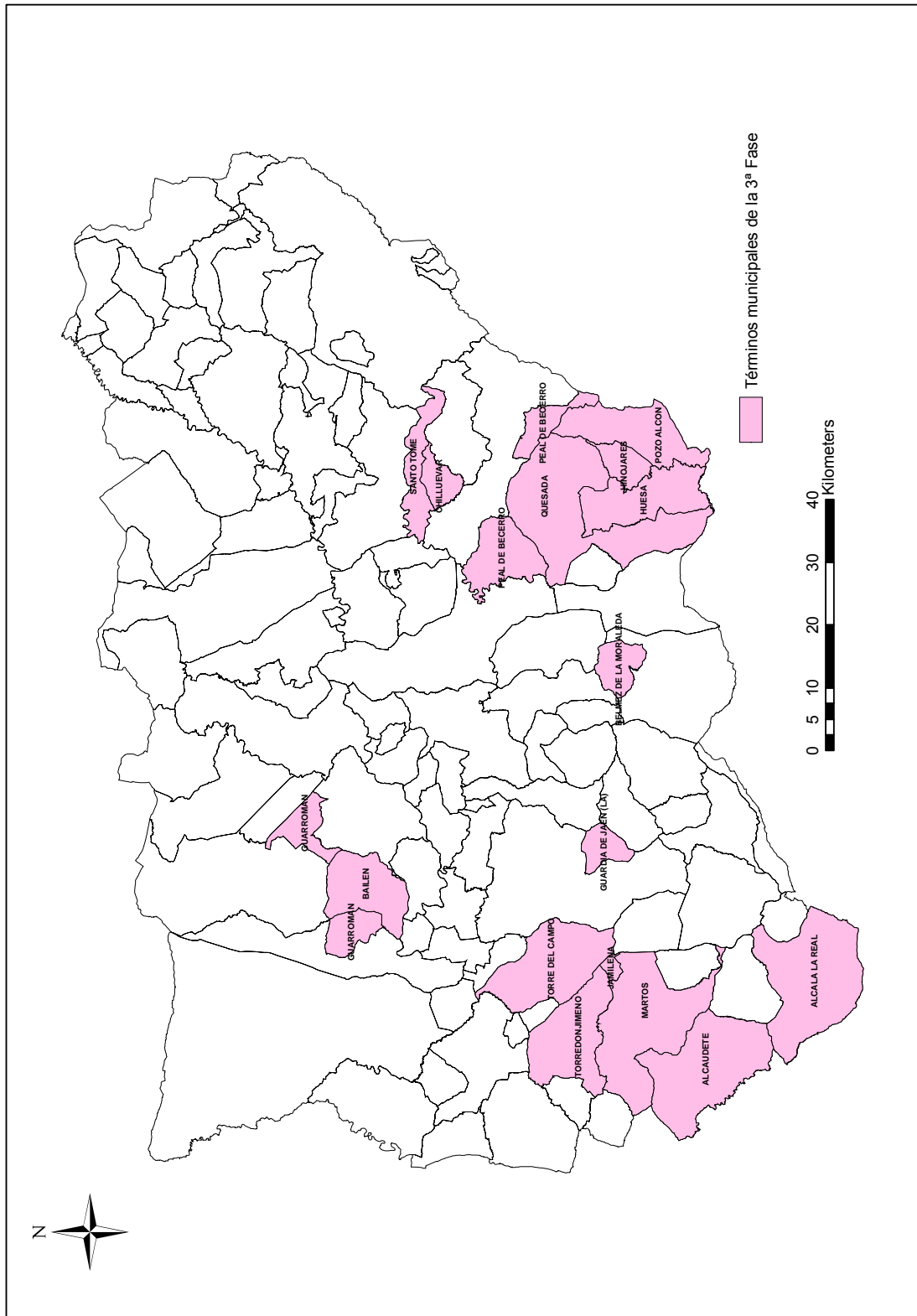


Figura 2: Municipios incluidos en la 3ª Fase del Plan de Control

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 exclusivamente con los focos potenciales de contaminación.

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

M.A.S.	MUNICIPIO	NÚCLEOS
05.01 "Sierra de Cazorla"	Chilluévar	Chilluévar
	Peal de Becerro	Peal de Becerro, Hornos y Toya
	Quesada	Quesada y Cortijuelo
05.02 "Quesada-Castril"	Hinojares	Hinojares y Cuenca
	Huesa	Huesa, Ceal, Cerrillo y Cortijo Nuevo
	Quesada	Belerda, Collejares, Los Rosales, Tíscar y Don Pedro
05.07 "Ahillo-Caracolera"	Alcaudete	Alcaudete, Bobadilla y Noguerones
	Martos	Venta de Pantalones
05.16 "Jabalruz"	Jamilena	Jamilena
	Martos	Martos, La Carrasca, Las Casillas, Monte Lope-Álvarez y Baños de Agua
	Torredelcampo	Torredelcampo
05.17 "Jaén"	Torredelcampo	Torredelcampo
05.18 "San Cristóbal"	La Guardia de Jaén	La Guardia de Jaén
05.21 "Sierra Mágina"	Belmez de la Moraleda	Bélmez de la Moraleda y Aulabar
05.24 "Bailén-Guarromán-Lin."	Guarromán	Guarromán
05.28 "Mts. Orientales-S. N."	Alcalá la Real	Alcalá la Real, Caserías, Charilla, Fuente Álamo, Las Grajeras, Hortichuela, Mures, Peñas de Majalcorón y La Pedriza.
	Alcaudete	Sabariego
05.34 "Madrid-Parapanda"	Alcalá la Real	Ermita Nueva, Cequia y Las Pilillas.
05.37 "Albayate-Chanzas"	Alcalá la Real	Peñas de Majalcorón
05.41 "Guadahortuna-Larva"	Belmez de la Moraleda	Bélmez de la Moraleda y Aulabar
05.70 "Gracia-Ventisquero"	Alcalá la Real	Hoya de Charilla
Sin M.A.S. definida	Bailén	El Burguillo

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

M.A.S.	MUNICIPIOS
05.01 "Sierra de Cazorla"	Chilluévar, Huesa, Quesada y Santo Tomé
05.02 "Quesada-Castril"	Hinojares, Huesa y Pozo Alcón
05.07 "Ahillo-Caracolera"	Alcaudete
05.16 "Jabalruz"	Jamilena, Martos y Torredonjimeno
05.17 "Jaén"	Torredelcampo
05.18 "San Cristóbal"	La Guardia de Jaén
05.21 "Sierra Mágina"	Bélmez de la Moraleda
05.24 "Bailén-Guarromán-Linares"	Guarromán
05.26 "Aluvial del Guadalquivir. Curso Alto"	Peal de Becerro y Santo Tomé
05.28 "Montes Orientales. Sector Norte"	Alcalá la Real y Alcaudete
05.34 "Madrid-Parapanda"	Alcalá la Real
Sin M.A.S. definida	Alcalá la Real, Alcaudete, Bailén, Bélmez de la Moraleda, Chilluévar, La Guardia de Jaén, Martos, Peal de Becerro, Pozo Alcón, Quesada, Torredelcampo y Torredonjimeno

En lo que respecta al abastecimiento mediante aguas superficiales, de los municipios estudiados los de Martos, Jamilena, Torredelcampo, Chilluévar y Belmez de la Moraleda complementan el abastecimiento mediante captaciones de aguas superficiales. Los de Santo Tomé, Pozo Alcón, Torredonjimeno y Bailén se abastecen exclusivamente de aguas superficiales aunque este último tiene una pedanía (El Burguillo) que se abastece mediante aguas subterráneas.

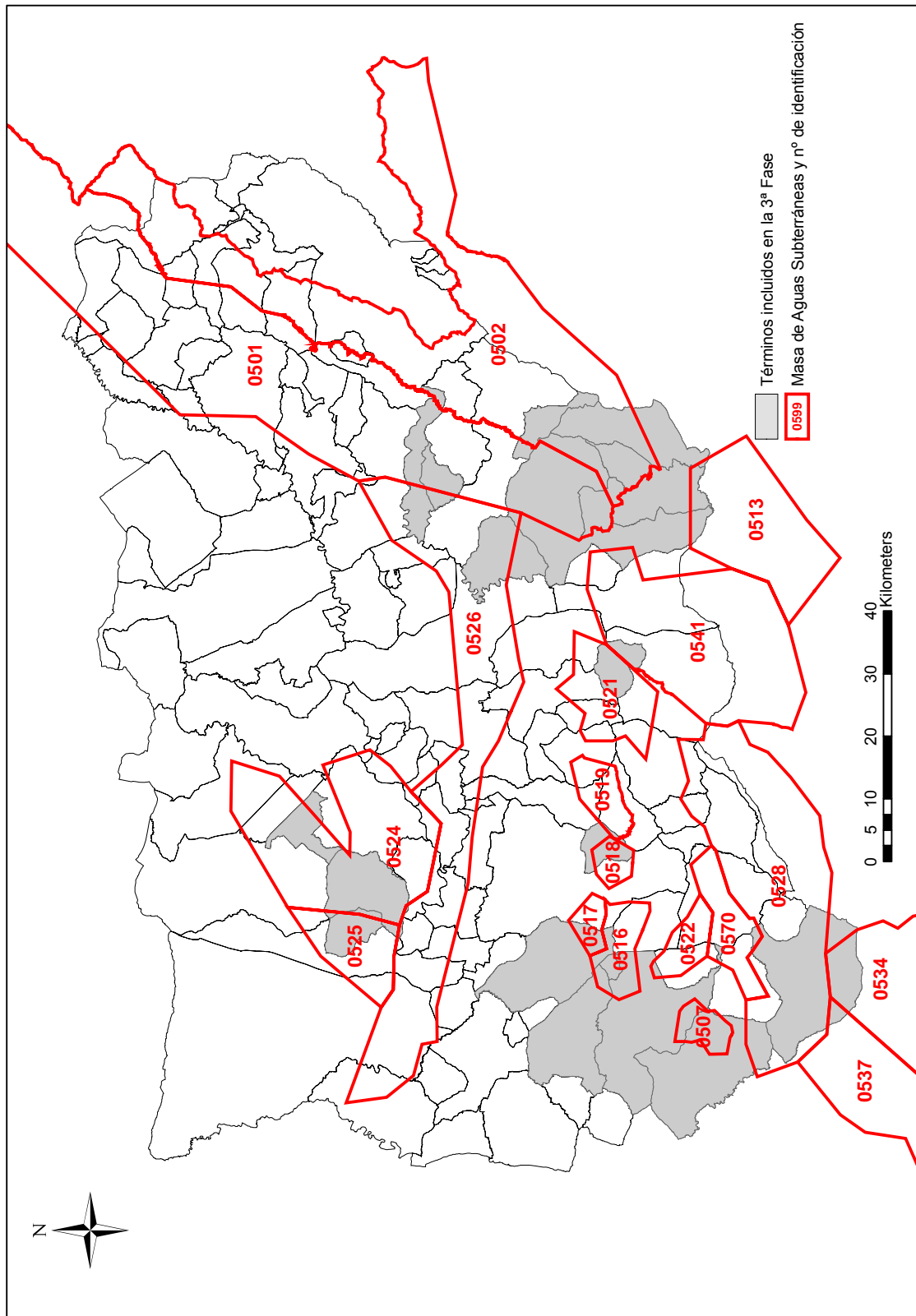


Figura 3: Masas de aguas subterráneas implicadas en la 3ª Fase

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
 - Plan de control de abastecimientos urbanos mediante aguas subterráneas de la provincia de Jaén (2ª Fase). 2007
 - 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 y evaluación de extracciones, se han utilizado además los datos del inventario de puntos de agua del I.G.M.E.

- **Realización de encuestas de cuantificación de volúmenes de bombeo:** Se han realizado 11 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 53 puntos de agua.
- **Análisis de posibles focos de contaminación:** Se han localizado y caracterizado los principales focos potenciales de contaminación existentes en los 17 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.**
- **Elaboración de una base de datos:** Con los datos georeferenciados procedentes de la revisión de las instalaciones, las encuestas de cuantificación de volúmenes de bombeo y los focos potenciales de contaminación 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.

3.1. - CARACTERÍSTICAS GENERALES

Los municipios incluidos en la 3ª fase del Plan de Control tienen una población estable total de 138.219 habitantes (2005) con un incremento estacional evaluado en aproximadamente 8.850 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 en las celdillas sombreadas, el consumo es superior a la demanda teórica en Alcaudete, Chilluévar, Huesa, Peal de Becerro, Santo Tomás y Torredonjimeno. En cuanto a la capacidad de almacenamiento óptima (1,5 veces la demanda punta) en los casos de Alcaudete, Guarromán, Martos, Pozo Alcón y Santo Tomás 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)
ALCALÁ LA REAL	22.038	1.500	280	6.171	6.591	-	-	10	5	0	30	11.522	9.886
ALCAUDETE	11.143	850	250	2.786	2.998	3.100	3.897	3	2	0	10	4.312	4.497
BAILÉN	18.202	550	220	4.004	4.125	3.644	3.754	0	1	1	5	7.000	6.188
BELMEZ DE LA MORALEDA	1.937	200	220	426	470	280	316	0	3	2	3	1.666	705
CHILLUÉVAR	1.676	100	220	369	391	397	421	1	0	1	3	1.100	586
LA GUARDIA DE JAÉN	2.811	200	220	618	662	564	604	2	0	0	2	1.100	994
GUARROMÁN	2.909	600	250	727	877	470	780	2	0	0	1	900	1.316
HINOJARES	467	250	220	103	158	55	82	0	2	0	3	180	237
HUESA	2.727	25	220	600	605	815	823	0	1	0	4	1.475	908
JAMILENA	3.429	250	220	754	809	700	1.308	2	1	1	4	2.640	1.214
MARTOS	23.804	1.200	280	6.665	7.001	-	-	1	2	1	11	4.580	10.502
PEAL DE BECERRO	5.470	650	220	1.203	1.346	1.850	2.070	2	1	0	3	3.200	2.020
POZO ALCÓN	5.437	750	220	1.196	1.361	940	995	0	0	1	4	1.816	2.042
QUESADA	5.964	700	220	1.312	1.466	1.371	1.532	1	6	0	10	2.663	2.199
SANTO TOMÉ	2.287	250	220	503	558	762	846	0	0	1	1	750	837
TORREDEL CAMPO	13.961	425	250	3.490	3.597	2.750	3.982	4	1	1	4	9.900	5.395
TORREDONJIMENO	13.957	350	250	3.489	3.577	4.387	4.497	0	0	1	2	8.000	5.365
TOTAL	138.219	8.850						28	25	10	100	62.804	54.891

3.2. - CARACTERÍSTICAS DE LAS INSTALACIONES

De los 17 municipios estudiados, 4 se abastecen totalmente mediante aguas superficiales, 5 tienen una cierta dependencia y 8 de ellos lo hacen exclusivamente mediante aguas subterráneas. 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	28
Manantiales / galerías	25
Captaciones superficiales	10

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 diez 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. Sin embargo, solamente en un caso se ha podido llevar a cabo la encuesta correctamente ya que en el resto faltaba alguno de los elementos necesarios (tubo piezométrico, caudalímetro, contador de energía, etc.)

En el cuadro nº 6 se resumen los datos de las encuestas de cuantificación de volúmenes de extracción. En los casos en que ha sido posible, se ha incluido información procedente de encuestas anteriores realizadas por el IGME.

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 (m³/kWh)	Rdmt (%)	VALORES ANUALES			COSTE UNITARIO	
								CONSUMO ELÉCTRICO (kW/año)	VOLUMEN EXTRAIDO (m3/año)	FACTUR. (€)	(€/m³)	(€/kwh)
ALCALÁ LA REAL	ABAST. A MURES	10/04/07	44,7	0,9	-	-	-	-	31.601 (f)	-	-	-
ALCALÁ LA REAL	EL CHAPARRAL (1 Y 2)	09/04/07	129,18	60	180	1,20	42,26	469.281	892.291	27.919	0,031	0,059
ALCAUDETE	CERRO DE LA CAL I	27/10/06	84 (b)	69 (b)	111,12 (b)	2,25 (b)	51,48 (b)	-	-	-	-	-
LA GUARDIA DE JAÉN	CASTILLO I	20/11/06	120	21 (a)	37,8 (b)	1,97 (b)	64,49	106.350 (e)	209.661 (e)	-	-	-
JAMILENA	LOMA PINEDA	28/11/06	89,4 (b)	17,7 (b)	27,45 (b)	2,32 (b)	56,57 (b)	(d)	111.907 (f)	-	-	-
MARTOS	LA MALEZA	26/10/06	59,5	6,76	-	-	-	-	213.183	-	-	-
QUESADA	SONDEO LA MAJUELA	19/12/06	-	8	-	-	-	-	2.995 (f)	-	-	-
TORREDELCAMPO	SOND. CUESTA NEGRA	30/11/06	-	7	51,7	0,49	-	-	162.692 (f)	-	-	-
TORREDELCAMPO	POZO DE LA CUEVA	30/11/06	31,6	3 (a)	3,8	2,84	24,48	-	22.936 (f)	-	-	-
ALCAUDETE	CERRO DE LA CAL II	03/04/96	76 (b)	56 (a)	66,72 (b)	3,02 (b)	62,60 (b)	-	-	-	-	-
MARTOS	SONDEO BOBADILLA	18/07/96	182 (b)	11,2 (b)	32,59 (b)	1,24 (b)	61,38	-	-	-	-	-

(a) : Caudal estimado
 (b) : Procedente de encuestas anteriores
 (c) : No existe caudalímetro
 (d) : No existe contador de energía eléctrica
 (e) : Calculado en función del volumen y consumo energético de un periodo de control
 (f) : Volumen facilitado por la empresa gestora del servicio

La distribución de volúmenes bombeados por municipio, que solamente se ha podido calcular en ocho casos, es muy variable. Existen municipios con un consumo muy alto, caso de Alcalá la Real con casi 0,9 hm³/año con los sondeos del Chaparral. Este aspecto se refleja en la figura nº 4.

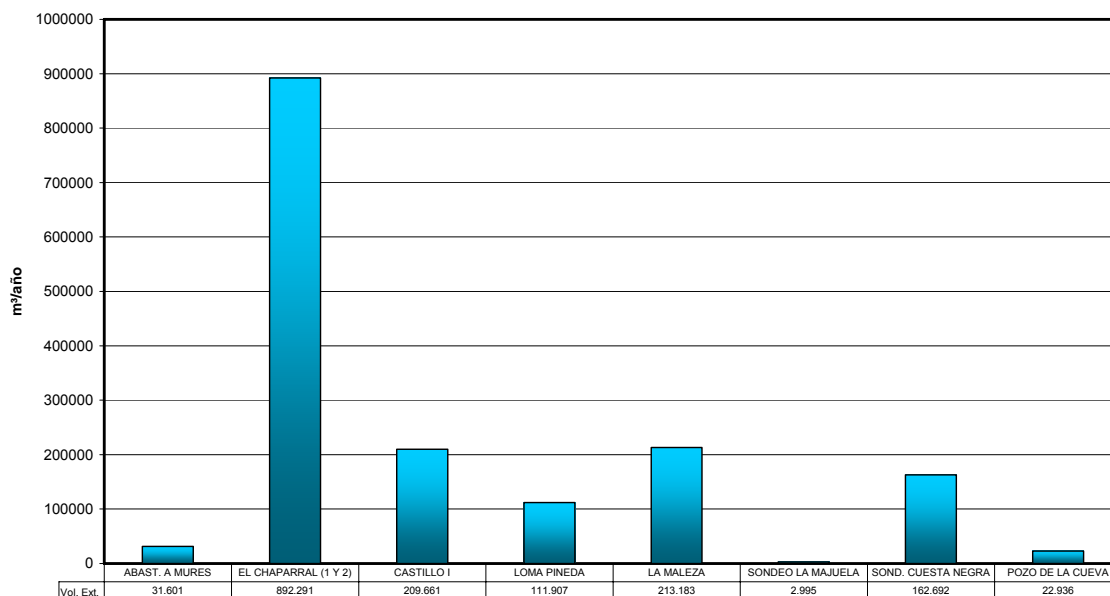


Figura nº 4: Volumen de agua elevada anualmente en captaciones de agua subterránea.

El caudal de explotación oscila entre 69 y 0,9 l/s, con una media de 22,6 l/s. Las alturas manométricas oscilan entre 182 y 31,6 m, con un valor medio de aproximadamente 92,5 m.

La relación E calculada, entre el volumen de agua bombeado y la energía eléctrica consumida para realizar el trabajo, toma valores entre 3,02 y 0,49 m³/kWh, siendo la media de 1,9 m³/kWh.

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%, destacando de este grupo las identificadas con los nº 4, 10 y 11, correspondientes al Castillo I (La Guardia de Jaén), Cerro de la Cal II (Alcaudete) y Sondeo Bobadilla (Martos) con rendimientos superiores al 60%.

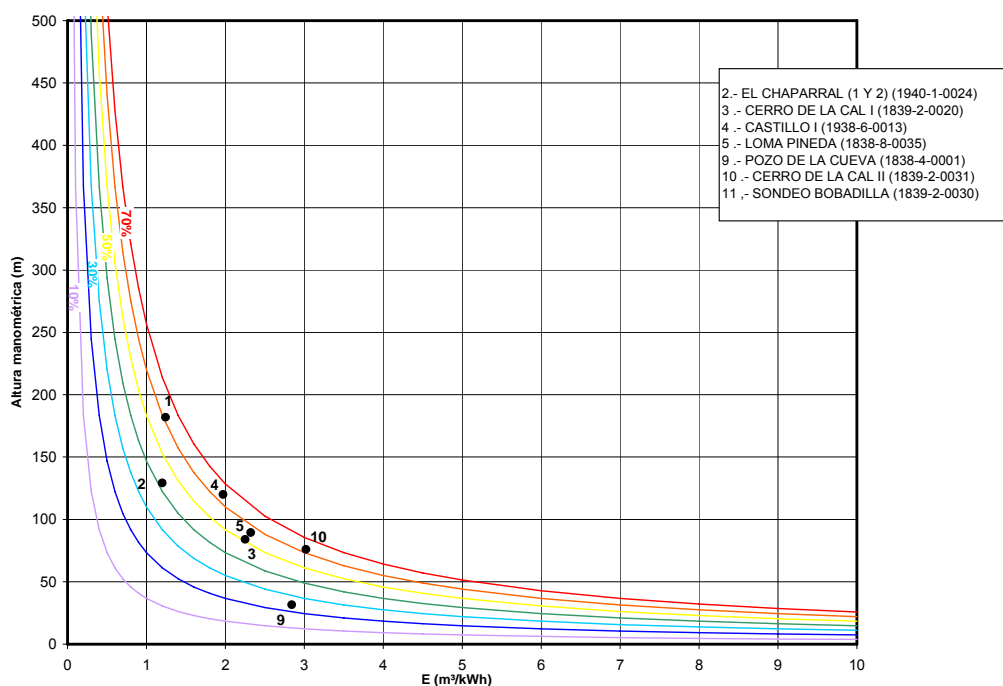


Figura nº 5: Relación entre E, altura de impulsión y rendimiento de las instalaciones estudiadas.

Los rendimientos apreciados en las instalaciones oscilan entre el 64,5%, como máximo, y el 24,5%, como mínimo, presentando en conjunto un valor medio del 51,9%. Solamente una captación presenta un rendimiento inferior al 40%, que se considera inadecuado y otra presenta un rendimiento entre el 40% y el 45%, que se considera malo. Su origen suele ser una mala adaptación de la electrobomba al caudal de extracción y a la altura manométrica.

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 que incluye todos los casos de las diferentes fases del plan de control en que se ha podido calcular este parámetro, destacando el único punto de la tercera fase. Hay que insistir que se hace referencia al coste eléctrico del agua impulsada en las instalaciones de bombeo.

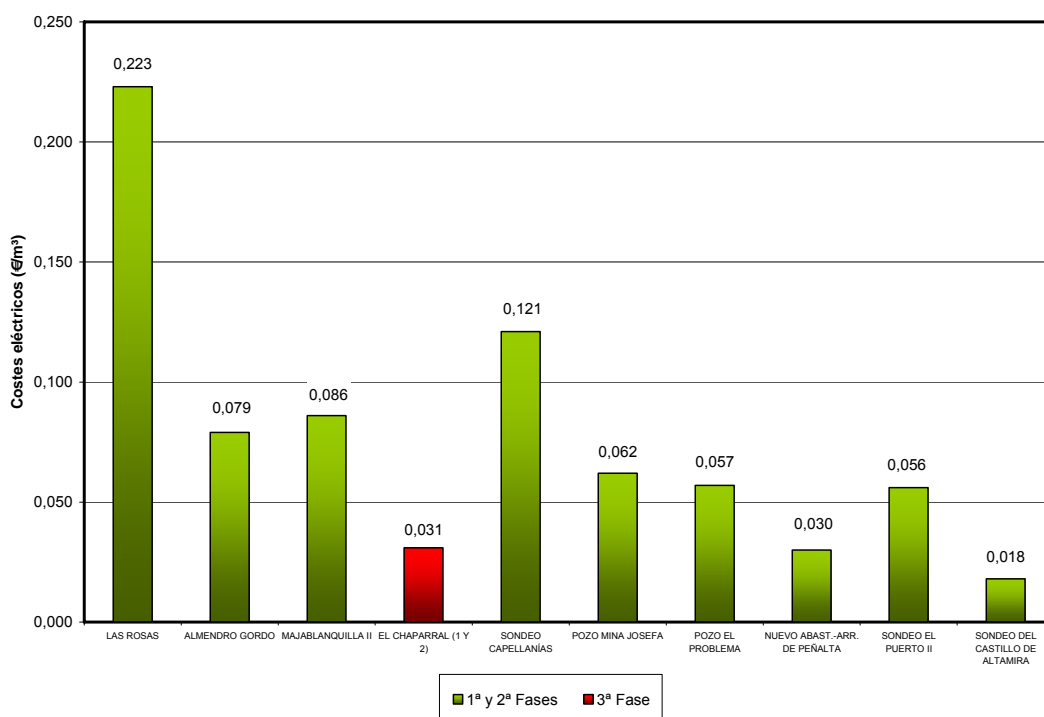


Figura nº 6 : Coste eléctrico del agua elevada €/m³

Así, en la figura 6, indicativa de una posible "mala gestión eléctrica" y/o un alto coste de elevación de agua, destacan los sondeos del Chaparral de la 3ª fase, con 0,031 €/m³ como uno de los de más bajo coste del m³ elevado.

En la figura 7 se ha representado el diagrama de distribución de las instalaciones chequeadas en todas las fases del plan 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". La única instalación chequeada en la 3ª fase está 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 también como destacados con una buena gestión los sondeos del Chaparral de abastecimiento a Alcalá la Real.

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.

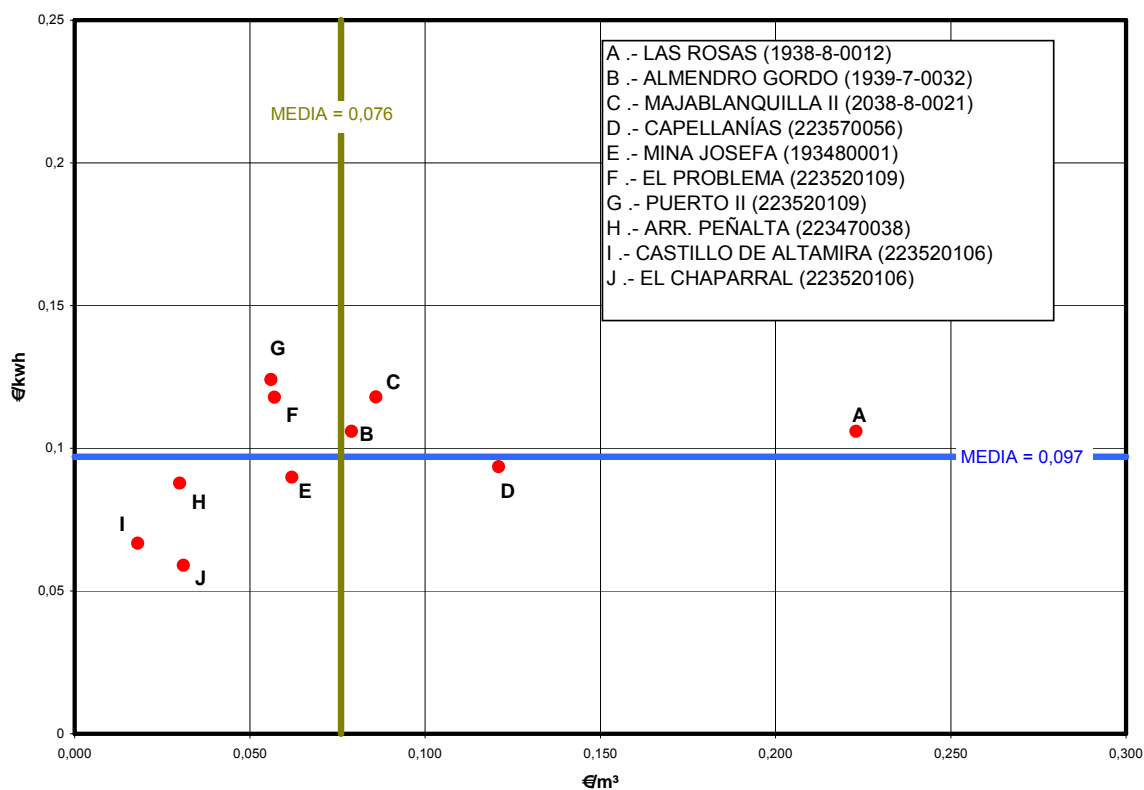


Figura 7: Relación entre el gasto unitario del agua y el eléctrico

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 esta memoria, 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, suelen presentar una potencia contratada por debajo de la potencia activa real del equipo de bombeo. En los casos en que no hay máxímetro instalado, esto redundaría en un menor valor del término de potencia facturado. Sin embargo, en instalaciones con máxímetro, si sus registros superan el 105% de la potencia contratada, se factura el valor registrado por el máxímetro más el doble de la diferencia entre el valor registrado por el máxímetro 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
ALCALÁ LA REAL	<ul style="list-style-type: none"> • Acondicionar los manantiales de Fuente Somera, Fuente Corredera, Fuente Robledo, La Maleza-La Lastra y la Hoya de Charilla con sistemas de control de caudal y llevar a cabo un control del caudal drenado. • Corregir la no accesibilidad visual al contador de energía eléctrica del sondeo de Abastecimiento a Mures y llevar a cabo su seguimiento. Una vez subsanado, realizar la encuesta de cuantificación correctamente. • Instalar una tubería piezométrica en los sondeos de Hortichuela, Ermita Nueva y Charilla y llevar a cabo su seguimiento. • Instalar un sistema de medida de caudal en los sondeos de Llanos I, II y III, Hortichuela, Ermita Nueva y Charilla y llevar a cabo su seguimiento. • Una vez subsanadas estas deficiencias, realizar las encuestas de cuantificación de extracciones. • Instalar espita tomamuestra en los sondeos de Llanos I, II y III, Hortichuela y Ermita Nueva.
ALCAUDETE	<ul style="list-style-type: none"> • Acondicionar el manantial de Fuente Armuña con sistemas de control de caudal y llevar a cabo un control del caudal drenado así como protegerlo de caídas de elementos indeseables. • Instalar una tubería piezométrica y de medida de caudal en los sondeos del Cerro de la Cal y Bobadilla y llevar a cabo su seguimiento. • Una vez subsanadas estas deficiencias, realizar las encuestas de cuantificación de extracciones. • Aumentar la capacidad de regulación de los depósitos para cubrir 1,5 la demanda punta.
BAILÉN	<ul style="list-style-type: none"> • No se contemplan
BELMEZ DE LA MORALEDA	<ul style="list-style-type: none"> • Acondicionar el manantial los manantiales de abastecimiento y llevar a cabo un control de los caudales drenados.
CHILLUÉVAR	<ul style="list-style-type: none"> • Instalar tubería piezométrica y caudalímetro en el sondeo de Los Vilchetes y llevar a cabo un seguimiento de los niveles y volúmenes bombeados.
GUARROMÁN	<ul style="list-style-type: none"> • Continuar con el control de caudales bombeados en los sondeos de abastecimiento y complementarlo con un control semanal de la evolución del nivel piezométrico. • Aumentar la capacidad de regulación, lo que también facilitaría la disminución de los caudales instantáneos de bombeo.
HINOJARES	<ul style="list-style-type: none"> • Aumentar la capacidad de almacenamiento. • Acondicionar los manantiales de abastecimiento para poder medir el caudal drenado y llevar a cabo su seguimiento.
HUESA	<ul style="list-style-type: none"> • Acondicionar el manantial de abastecimiento para poder medir el caudal drenado y llevar a cabo su seguimiento.
JAMILENA	<ul style="list-style-type: none"> • Instalar un contador de energía eléctrica en el sondeo de Loma Pineda y realizar la encuesta de cuantificación. • Llevar a cabo el seguimiento de la evolución del nivel piezométrico y de los volúmenes extraídos en el mismo sondeo.
LA GUARDIA DE JAÉN	<ul style="list-style-type: none"> • Instalar tubería piezométrica, caudalímetro y espita

MUNICIPIO	MEJORAS
	<p>tomamuestras en el sondeo Castillo I.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Una vez instalado con la tubería piezométrica y los caudalímetro, realizar la encuesta de cuantificación correctamente y rediseñar, si procede, la instalación del sondeo. • Llevar a cabo un seguimiento de la evolución del nivel, de los caudales bombeados y de las características fisicoquímicas del agua de ambos sondeos.
MARTOS	<ul style="list-style-type: none"> • Llevar a cabo el seguimiento de la evolución del nivel piezométrico, de los volúmenes extraídos en el mismo sondeo y del caudal drenado por los manantiales. • Depurar las aguas residuales del municipio.
PEAL DE BECERRO	<ul style="list-style-type: none"> • Instalar sistemas de control de caudal y realizar medidas periódicas en el manantial de La Maleza en los periodos en que drene así como instalar tubería piezométrica en los dos sondeos de abastecimiento y llevar a cabo un seguimiento de los niveles y volúmenes bombeados.
POZO ALCÓN	<ul style="list-style-type: none"> • Aumentar la capacidad de almacenamiento hasta cubrir 1,5 veces la demanda punta
QUESADA	<ul style="list-style-type: none"> • Acondicionar los manantiales de abastecimiento para poder medir el caudal drenado y llevar a cabo su seguimiento. • Instalar tubería piezométrica y caudalímetro en el sondeo del Hoyazo y llevar a cabo un control de la evolución del nivel piezométrico y de los caudales bombeados.
SANTO TOMÉ	<ul style="list-style-type: none"> • Aumentar la capacidad de almacenamiento hasta cubrir 1,5 veces la demanda punta
TORREDELCAMPO	<ul style="list-style-type: none"> • Llevar a cabo el seguimiento de la evolución del nivel piezométrico, de los volúmenes extraídos en el mismo sondeo y del caudal drenado por los manantiales.
TORREDONJIMENO	<ul style="list-style-type: none"> • No se contemplan

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, existe un punto de abastecimiento sin masa de agua subterránea definida.

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

MUNICIPIO	NÚCLEOS	M.A.S.
ALCALÁ LA REAL	Alcalá la Real, Caserías, Charilla, Fuente Álamo, Las Grajeras, Hortichuela, Mures, Peñas de Majalcorón y La Pedriza.	05.28 "Mts. Orientales-S. N."
	Ermita Nueva, Cequia y Las Pilillas.	05.34 "Madrid-Parapanda"
	Peñas de Majalcorón	05.37 "Albayate-Chanzas"
	Hoya de Charilla	05.70 "Gracia-Ventisquero"
ALCAUDETE	Alcaudete, Bobadilla y Noguerones	05.07 "Ahilló-Caracolera"
	Sabariego	05.28 "Mts. Orientales-S. N."
BAILÉN	El Burguillo	Sin M.A.S. definida
BELMEZ DE LA MORALEDA	Bélmez de la Moraleda y Aulabar	05.21 "Sierra Mágina"
		05.41 "Guadahortuna-Larva"
CHILLUÉVAR	Chilluévar	05.01 "Sierra de Cazorla"
GUARROMÁN	Guarromán	05.24 "Bailén-Guarromán-Lin."
HINOJARES	Hinojares y Cuenca	05.02 "Quesada-Castril"
HUESA	Huesa, Ceal, Cerrillo y Cortijo Nuevo	05.02 "Quesada-Castril"
JAMILENA	Jamilena	05.16 "Jabalruz"
LA GUARDIA DE JAÉN	La Guardia de Jaén	05.18 "San Cristóbal"
MARTOS	Venta de Pantalones	05.07 "Ahilló-Caracolera"
	Martos, La Carrasca, Las Casillas, Monte Lope-Álvarez y Baños de Agua	05.16 "Jabalruz"
PEAL DE BECERRO	Peal de Becerro, Hornos y Toya	05.01 "Sierra de Cazorla"
QUESADA	Quesada y Cortijuelo	05.01 "Sierra de Cazorla"
	Belarda, Collejares, Los Rosales, Tíscar y Don Pedro	05.02 "Quesada-Castril"
TORREDELCAMPO	Torredelcampo	05.16 "Jabalruz"
		05.17 "Jaén"

M.A.S. 05.01 “SIERRA DE CAZORLA”

La M.A.S. 05.01 se encuadra prácticamente en su totalidad en el extremo oriental de la provincia de Jaén, ocupando también una pequeña parte del extremo septentrional de Albacete. Pertenecen a esta M.A.S. todos los relieves calizo-dolomíticos de las sierras de Cazorla y Las Cuatro Villas. Sus alineaciones montañosas, de dirección SO-NE, configuran la divisoria de aguas entre la Cuenca Hidrográfica del Alto Guadalquivir y la Cuenca Hidrográfica del Guadalquivir Medio.

El clima existente es mediterráneo subtropical con una precipitación media de 800 mm/a (variable entre 595 mm/a y 1.305 mm/a) y una temperatura media entre 11,5 y 14 °C para el periodo comprendido entre 1960/61 y 1994/95.

Desde el punto de vista geológico, la M.A.S. se encuadra en el dominio Prebético Externo dentro de las Zonas Externas de las Cordilleras Béticas. Presenta, sobre mapa, una geometría alargada con dirección NNE-SSO y en ella se diferencian dos unidades geológicas que son las siguientes:

- ✓ **La Unidad de Beas de Segura**, que ocupa la zona más occidental y se superpone mecánicamente a los materiales triásicos de la Cobertera Tabular de la Meseta hacia el norte y el oeste, hacia el sur a las margas blancas del Mioceno de la Depresión del Guadalquivir y hacia el este es limitada por la Unidad de la Sierra de Cazorla que cabalga sobre ella.
- ✓ **La Unidad de la Sierra de Cazorla**, que ocupa la zona más oriental. Su límite occidental coincide con la Unidad de Beas y con las margas blancas del Mioceno superior de la Depresión del Guadalquivir en el sur, cabalgando sobre ambas formaciones. El límite oriental está representado por los materiales triásicos de la Formación Hornos-Siles y la Unidad de la Sierra del Pozo en el sur (Prebético Interno).

El Zócalo Paleozoico está formado básicamente por filitas intensamente plegadas, intruidas por un batolito granítico. Discordantemente sobre el zócalo aparece la cobertera posthercínica, compuesta por materiales triásicos, jurásicos, cretácicos y neógenos. Los materiales cuaternarios, escasamente representados, son de origen aluvial y están constituidos por arenas, limos y conglomerados, discordantes sobre cualquiera de los anteriores.

En cuanto a las características hidrogeológicas de los materiales, se trata de una M.A.S. compuesta por dos subunidades hidrogeológicas que coinciden con las unidades geológicas de Beas y de Sierra de Cazorla.

Subunidad de Beas de Segura: Tiene 213 km² de extensión y 113 km² de superficie de afloramientos permeables, caracterizada por una alternancia de arcillas y arcillitas con carbonatos jurásicos y formando una secuencia monoclinial buzante al SE. Posiblemente una gran parte de estas alternancias tienen un origen tectónico por superposición de escamas, diferenciándose estructuralmente de las escamas de la unidad geológica de Cazorla por su menor buzamiento. Según la naturaleza litológica, la disposición estructural, la frecuencia y espesor de estas discontinuidades, en esta Subunidad se han diferenciado dos sectores: **Sector de Beas de Segura**, debido al

predominio de intercalaciones margoarcillosas sobre las carbonatadas (60–40 %) y **Sector Sierra de las Villas**, donde predominan los materiales dolomíticos sobre las intercalaciones margoarcillosas.

Los límites occidental y oriental son claros y están definidos por el frente de cabalgamiento sobre los materiales del Mioceno medio de la Depresión del Guadalquivir y el de la Sierra de Cazorla sobre la Subunidad de Beas, respectivamente.

Subunidad de Sierra de Cazorla: Tiene una extensión de 441 km² de los que 280 corresponden a materiales permeables, aproximadamente coincidentes con la unidad geológica del mismo nombre. Se diferencia de la Subunidad de Beas por presentar una secuencia estratigráfica más compleja que la anterior y unos buzamientos mayores en las escamas. Debido a la complejidad litológica y estructural y las diferentes características hidrogeológicas se diferencian varios sectores con distintos acuíferos:

- Afloramientos Tabulares del Norte. De norte a sur se distinguen los siguientes acuíferos: Acuífero Calderón-Alcaraz, Acuífero de Oruña y Acuífero de Carrasco.
- Escamas del Guadalquivir. De muro a techo se diferencian los siguientes acuíferos: Escamas Inferiores, Escamas de Aguascebas y Escamas del Tranco.
- Escamas de Cazorla. Por razones tectónicas y litológicas se individualizan varios acuíferos: Acuífero Béjar, Acuífero Gilillo, Acuífero de la Viñuela y Nacimiento del Guadalquivir.
- Sierra de Quesada. Se define en este sector el Acuífero de Sierra de Quesada.

La alimentación del sistema se produce mayoritariamente por infiltración directa del agua de lluvia sobre los afloramientos permeables, pudiendo existir una transferencia hídrica desde la Unidad Hidrogeológica 05.02 Quesada-Castril.

La descarga se produce principalmente a través de un elevado número de manantiales (más de 500), que surgen a cotas comprendidas entre los 430 y los 1040 m s.n.m. en el caso de la Subunidad de Beas y entre los 650 y 1250 m s.n.m. en el de la Subunidad de Cazorla y cuyos caudales suelen ser escasos, generalmente inferiores a 10 l/s y mayoritariamente inferiores a 5 l/s. Esta proliferación de manantiales a diferentes cotas es producto de la compleja compartimentación en pequeños sistemas.

La M.A.S. se encuentra, en su conjunto, limitada a muro por los materiales acuícludos del Trías, los cuáles están constituidos fundamentalmente por arcillas yesíferas. Las arcillas mesozoicas también son acuícludos y son responsables de la elevada compartimentación del acuífero junto con los procesos tectónicos. El material acuífero, debido a porosidad secundaria, generada por procesos de paelokarstificación, karstificación y fisuración, está constituido por los niveles de carbonatos del Jurásico en la Subunidad de Beas y además por niveles de carbonatos cretácicos, niveles de carbonatos, conglomerados, arenas y calcarenitas miocenos y aluviales cuaternarios en la Subunidad de Cazorla.

La complejidad estructural (estructuración en escamas), conjuntamente con la segmentación de los afloramientos carbonatados por niveles arcillomargosos intercalados, induce a que la piezometría presente bruscos cambios de cota y sin continuidad. Igualmente las direcciones del flujo subterráneo varían sustancialmente de

un acuífero a otro.

En la Subunidad de Beas, las aguas presentan una salinidad variable de media a alta o localmente muy alta, con conductividades comprendidas generalmente entre 500 y 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, si bien en algunos puntos se superan ampliamente estos valores, llegando hasta 16 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el manantial de los Baños del Saladillo (213670037). Este punto es claramente anómalo en el contexto de la Subunidad, y podría tener relación con materiales salinos asociados a alguna de las fallas inversas que afectan al acuífero, que provocan un enriquecimiento en sodio típico de materiales margo-arcillosos.

Las facies hidroquímicas son variables desde bicarbonatadas (cálcicas o magnésicas y ocasionalmente sódicas) hasta sulfatadas cálcicas o cloruradas sódicas. Los componentes mayoritarios presentan también, lógicamente, amplios rangos de variación en los análisis disponibles: desde 4 a 3.800 mg/l los cloruros, 28 a 920 mg/l para los sulfatos, de 1 a 2.457 mg/l para el sodio, 36 a 385 mg/l para el calcio, etc.

Cabe destacar en el acuífero de Beas el contenido en nitratos, que está comprendido entre 8 y 52 mg/l, aunque generalmente se superan los 20 mg/l, probablemente por influencia de las actividades agrícolas sobre los afloramientos del acuífero.

Las muestras analizadas (en su mayoría después de 1996) en todos los acuíferos diferenciados de la Subunidad de Sierra de Cazorla presentan unas características muy homogéneas en todos los acuíferos, con conductividades siempre comprendidas entre 230 y 820 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y, en su mayoría, inferiores a 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$. El valor medio es de 445 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Las facies hidroquímicas son predominantemente bicarbonatadas, variables de cálcicas a magnésicas, aunque en segundo término puede haber localmente una cierta incidencia de sulfatos o cloruros. Los contenidos iónicos en los diversos componentes mayoritarios son lógicamente bajos o moderados y característicos de aguas procedentes de materiales calizo dolomíticos: 150 a 465 mg/l de bicarbonatos, inferior a 50 mg/l los sulfatos (aunque excepcionalmente se superan los 200 mg/l), menos de 50 mg/l y generalmente menos de 10 mg/l para los cloruros, de 1 a 34 mg/l para el sodio y de 30 a 80 mg/l para el calcio (en ocasiones se llega hasta 145 mg/l).

Dentro de esta homogeneidad se puede apreciar que los valores más altos de cloruros, sulfatos, calcio y magnesio aparecen en los afloramientos tabulares del norte, cambiando hacia el sur en las Escamas de Cazorla a agua fuertemente bicarbonatada cálcica. De la misma manera los valores de conductividad decrecen de norte a sur, salvo anomalías puntuales como el sondeo 223520080, correspondiente al acuífero de Escamas del Tranco, que es el de mayor conductividad de la subunidad (820 $\mu\text{S}/\text{cm}$) y el que presenta los mayores valores de sulfatos (218 mg/l) y calcio (145 mg/l), probablemente por la influencia local de materiales evaporíticos triásicos.

El contenido en nitratos de las aguas subterráneas es muy bajo en toda la subunidad, con valores inferiores a 10 mg/l en la mayoría de los acuíferos y una media global de 2 mg/l.

Los acuíferos incluidos en esta M.A.S. se pueden considerar muy vulnerables a la contaminación, al tratarse de materiales carbonatados con permeabilidad por fisuración y karstificación.

M.A.S. 05.02 “QUESADA-CASTRIL”

La M.A.S. de Quesada-Castril pertenece en su mayor parte a la provincia de Jaén, alcanzando en su extremo norte y oriental una pequeña porción de Albacete. El borde suroriental queda incluido en la provincia de Granada y la reciente delimitación extiende este borde hasta la provincia de Murcia.

El clima existente es mediterráneo subtropical y mediterráneo templado con una precipitación media de 820 mm/a (variable entre 450 mm/a y 1320 mm/a) y una temperatura media entre 11,5 y 14 °C para el periodo comprendido entre 1960/61 y 1994/95.

Los materiales de esta M.A.S., desde el punto de vista geológico, pertenecen al dominio Prebético Interno dentro de las Zonas Externas de las Cordilleras Béticas.

Esta M.A.S. se define sobre los niveles permeables del dominio Prebético Interno, geográficamente situados en las sierras del Pozo, Castril y Segura, que tienen continuidad cartográfica con la anteriormente denominada Unidad de la Cuenca del Segura 07.07 “Fuente Segura-Fuensanta”. El conjunto de acuíferos posee una extensión de unos 570 km² y unos 520 de superficie de afloramientos permeables, con altitudes superiores a 800 m, aunque cotas superiores a 2.000 m también se superan en varios sectores de la M.A.S..

Se trata de una M.A.S. caracterizada por una gran variabilidad de secuencias litológicas, siendo frecuentes los cambios laterales de facies, una estructuración en mantos de cabalgamiento y escamas, y el acuñamiento de formaciones, sobre todo en el Cretácico. En consecuencia, se genera una compartimentación de los diferentes horizontes permeables, dando como resultado acuíferos independientes, que se agrupan en subunidades según su localización geográfica.

Subunidad de relieve invertido: Sus acuíferos están constituidos por dolomías del Cretácico superior, las cuales forman los núcleos sinclinales que dan los relieves montañosos de la zona. De esta manera se individualizan pequeños acuíferos colgados como el Acuífero Padroncillo o el sistema de Acuíferos colgados de Siles-Orcera (compartido con la cuenca del Segura).

Subunidad Jurásica: está constituida por dos acuíferos, Hornos y Aguasmulas, ambos formados por dolomías del Lías-Dogger. Presentan una superficie de afloramientos permeables de unos 38 km².

Subunidad Central o de Pinar Negro: está constituida por un único acuífero del mismo nombre que la subunidad y los materiales que lo componen son: dolomías cretácicas, paleógenas y miocenas. La superficie de afloramiento es de 185 km², e incluye la cuenca endorreica de los llanos de Hernán-Pelea desarrollada en la divisoria de las cuencas del Guadalquivir y Segura.

Subunidad de Pliegues-Falla: está constituida por tres grandes sectores, Sierra del Pozo, Sierra de Castril y Sierra Seca que coinciden con grandes antiformes. Los materiales acuíferos principales están compuestos por formaciones carbonatadas del Cretácico (Valanginiense y Cenomaniense principalmente) y Terciario, aunque existen pequeños

afloramientos de calizas liásicas. Dentro de cada sector podemos distinguir varios acuíferos: en el Sector Sierra del Pozo, de 120 km² de superficie de afloramientos permeables, se encuentran los Acuíferos Borosa, Arroyo Frío, La Canal-Torre del Vinagre y Cabañas-Gualay. En el Sector Sierra de Castril, de 94 km² de superficie de afloramientos permeables, se encuentran los Acuíferos S^a de Castril, Bolera y Peralta. En el Sector Sierra Seca, de 89 km² de superficie de afloramientos permeables, se encuentran los Acuíferos S^a Seca y Castril de la Peña.

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

Las salidas se deben principalmente a manantiales, sobre todo en la mitad sur de la M.A.S., con cotas comprendidas entre los 950 y 1300 metros. Es posible que exista transferencia hídrica hacia la vecina M.A.S. 05.01 "Sierra de Cazorla".

El nivel de base impermeable de la M.A.S. está constituido por las arcillas del Trías, mientras que los principales materiales acuíferos están constituidos por las potentes formaciones calizas y dolomíticas del Jurásico y Cretácico. Los materiales acuíferos están separados entre sí, sobre todo en el Cretácico, por potentes formaciones de margas, margas arenosas y margocalizas.

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

Las aguas de esta M.A.S. presentan unas características muy homogéneas en todos los acuíferos considerando un total de 183 análisis realizados entre 1989 y 1997.

Las conductividades se pueden calificar de bajas a medias, siempre comprendidas entre 215 y 685 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y, en su mayoría, inferiores a 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$. El valor medio de los análisis es de 377 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Todos los valores de conductividad por encima de 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ corresponden al Jurásico de Hornos o a puntos relativamente anómalos de Sierra de Castril o Castril de La Peña, mientras que los inferiores a 300 predominan en Pinar Negro y Sierra Seca, con valores puntuales en Sierra de Castril y otros acuíferos.

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

Los contenidos iónicos en los diversos componentes mayoritarios son lógicamente bajos o moderados y característicos de aguas procedentes de materiales calizo dolomíticos: 130 a 375 mg/l de bicarbonatos, inferior a 40 mg/l los sulfatos (aunque excepcionalmente se superan los 50-100 mg/l, en puntos anómalos), menos de 40 mg/l y generalmente menos de 10 mg/l para los cloruros, de 1 a 26 mg/l para el sodio y de 30 a 100 mg/l para el calcio. El contenido en nitratos es muy bajo en general, inferior a 15 mg/l en todos los análisis, y en varios de los acuíferos es prácticamente nulo.

Los acuíferos incluidos en esta M.A.S. se pueden considerar muy vulnerables a la contaminación en sus afloramientos, al tratarse de materiales carbonatados con permeabilidad por fisuración y karstificación (dolomías y calizas de diferentes tramos, desde el Lías al Mioceno, esencialmente).

M.A.S. 05.07 “AHILLO-CARACOLERA”

La M.A.S. se sitúa en la margen izquierda del Guadalquivir y más concretamente en la subcuenca hidrográfica del Guadajoz-Salado, al sur de la provincia de Jaén y a unos 30 km al suroeste de la capital. Se localiza entre las poblaciones de Alcaudete y Fuensanta de Martos. Presenta un clima templado cálido mediterráneo seco en su mayor parte.

Desde el punto de vista geológico, la M.A.S. se encuadra en el dominio Subbético, y más concretamente al Subbético Externo, y cuya serie abarca desde el Triásico hasta el Cuaternario. Las unidades litoestratigráficas que aparecen son de muro a techo las siguientes:

- **Triásico:** arcillas multicolores con predominancia del rojo y el verde típicas de las facies Keuper y facies carbonatadas del Muschelkalk. La potencia de las facies Keuper es desconocida y la de las Muschelkalk está entre 200 y 250 metros. También afloran, como por ejemplo al este de la Sierra de Ahillo, rocas subvolcánicas básicas (ofitas) intercaladas entre los carbonatos de facies Muschelkalk.
- **Jurásico:** compuesto por dolomías grises sobre el que se disponen calizas blanco-grisáceas o beigeas. La potencia de las dolomías es de 100 metros en la Sierra de Ahillo y de más de 500 en la Sierra de Chircales-Caracolera. La potencia total del tramo es superior a 700 m. La serie jurásica continúa con un tramo de margocalizas y margas con algunos niveles calizos. La potencia es de alrededor de 90 m. El siguiente tramo lo componen calizas de color rojo y aspecto noduloso con una potencia de algo menos de 80 m y edad Dogger. Esta serie jurásica finaliza con un tramo similar al anterior, de calizas con un carácter noduloso. La potencia es del orden de 50 m y la edad Malm.
- **Cretácico:** Está muy bien desarrollado en la M.A.S. lo componen margocalizas y margas, calizas y margas con nódulos de sílex. La potencia total de los distintos tramos del Cretácico debe ser superior a 700 m.
- **Terciario:** Los materiales correspondientes a este periodo aparecen solamente en un pequeño afloramiento de calizas y margocalizas detríticas de color blanco-grisáceo que descansan discordantemente sobre términos jurásicos en la Sierra de Chircales-Caracolera. Presentan una potencia de alrededor de 50 m y son de edad Oligoceno terminal-Mioceno inferior. Además, se considera dentro del Terciario a las denominadas Unidades Olistostrómicas, compuestas por un conjunto más o menos caótico de brechas, megabrechas y bloques constituidos por rocas de diversas litologías entre las que destacan arcillas, yesos y dolomías del Trías. Dado su carácter caótico es difícil establecer su potencia, no obstante se calculan espesores máximos del orden de los 800 y 1000 metros.
- **Cuaternario:** Los depósitos cuaternarios se restringen a un importante afloramiento de coluviones que aparece en la vertiente norte de la Sierra de Chircales-Caracolera, a varios conos de deyección ligados a las zonas más altas de la Sierra de Ahillo y a estrechas franjas de depósitos aluviales ligadas a los actuales cursos de agua.

Se trata de una M.A.S. carbonatada permeable por fisuración y karstificación. Tiene una superficie total de afloramientos permeables de 14 km².

Se distinguen dos subunidades denominadas Ahillo y Caracolera-Chircales. Esta subdivisión responde a la individualización de los materiales carbonatados jurásicos en dos macizos montañosos separados en superficie y en profundidad por arcillas y margas del Triásico, lo que les confiere funcionamientos hidrogeológicos independientes.

Los límites de la M.A.S. vienen definidos por los materiales margosos cretácicos y paleógenos al sur, por las arcillas versicolores triásicas al norte y este, que también constituyen el substrato impermeable, y por las arcillas de la Unidad Olistostrómica al oeste.

- Subunidad de Ahillo: Se define como Subunidad de Ahillo al conjunto de afloramientos calizo-dolomíticos del jurásico junto con algunos de calizas triásicas que constituyen la sierra del mismo nombre situada al este de la localidad de Alcaudete. Presenta una superficie permeable total de 8,1 km² de los que la mayor parte, 5,5 km² corresponde a las calizas y dolomías del Lías inferior con potencias de 750 m, y a las calizas oolíticas del Dogger y Malm (potencia próxima a 125 m). El resto de la superficie permeable, 2,6 km² corresponden a las calizas triásicas de su borde oriental y a las que se supone conectadas al acuífero principal. Los límites de la subunidad son de carácter cerrado y corresponden al contacto basal con los materiales impermeables del Trías. La descarga natural se produce, en el borde occidental, por el manantial de Fuente Armuña (183920006) a cota 735 m s.n.m., y en el oriental por varios manantiales entre los que cabe destacar el de Caños de Carmona (183930009) y Barranco González (183930010) a cotas 735 y 790 m s.n.m., respectivamente, y que surgen en las proximidades de afloramientos de calizas triásicas. En el borde sur existe otro conjunto de manantiales entre los que destaca el de Fuente Vieja (183970007) a cota 812 m s.n.m..
- Subunidad de Caracolera-Chircales: Esta subunidad, situada al norte de la M.A.S. y en la margen izquierda del Río Víboras, entre el Arroyo de Ahillo y el Barranco de Los Temples, ocupa las Sierras de La Caracolera y Chircales. Tiene una extensión de materiales permeables de 6 km² correspondientes, al igual que en el caso de la Subunidad de Ahillo, a las calizas y dolomías del Lías inferior con potencias de 750 m, y a las calizas oolíticas del Dogger y Malm con potencias próximas a 125 m. Sus límites vienen definidos por los materiales margosos cretácicos y paleógenos al sur, por las arcillas versicolores triásicas al norte y este y por las arcillas de la Unidad Olistostrómica al oeste. La descarga del acuífero se produce principalmente a través del manantial de Fuente La Higuera (183920013) a cota 470 m s.n.m. El resto de las surgencias carecen de entidad.

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 M.A.S. 05.28 "Montes Orientales. Sector Norte").

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

El flujo subterráneo tiene, en cada uno de los tres acuíferos por separado, una dirección general de este a oeste. En el caso del acuífero Cornicabra-Noguerones, existe un flujo de su sector oriental hacia el este (acuífero de Ventisquero).

En cuanto a las relaciones con las M.A.S. colindantes, sólo 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.

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 570 y 2420 $\mu\text{mhos/cm}$ con un promedio de 1057 $\mu\text{mhos/cm}$.

Presentan facies bicarbonatada o sulfatada cálcica. El agua procedente del manantial de Fuente Armuña (183920006) (Ahilló) presenta facies sulfatada cálcica y la del de Fuente La Higuera (183920013) (Caracolera-Chircales), bicarbonatada cálcica. En general son aguas aptas para su uso en abastecimiento urbano.

En cuanto a la calidad para su uso en agricultura son 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.

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

M.A.S. 05.16 "JABALCUZ"

La M.A.S. Jabalcuz se sitúa en la margen izquierda del Guadalquivir y más concretamente en la cabecera de la cuenca del Río Guadalbullón, en su margen izquierda, al sur de la provincia de Jaén al suroeste de la capital y muy cerca de la misma. Presenta un clima mediterráneo subtropical con una precipitación media anual comprendida entre 426 y 923 mm y una temperatura media anual de 17-18 °C.

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

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

- **Triásico:** Esta formado, en la denominada serie de Jabalcuz-La Grana, por margas y arcillas con intercalaciones evaporíticas típicas de las facies Keuper.
- **Jurásico:** La litoestratigrafía de la serie jurásica en Jabalcuz-La Grana es la siguiente:
 - Lías inferior: Está integrado por dolomías y calizas con una potencia mínima de 450 m.
 - Lías medio-superior: Se trata de un paquete de margocalizas y calizas margosas tableadas gris azuladas con intercalaciones de bancos calizos. Su

potencia es del orden de 1.200 m en el sector de Jabalcuz y en el de La Grana no debe superar los 400 m.

- Dogger: Está compuesto por calizas oolíticas con sílex, con una potencia próxima a los 400 m.
- Malm: Se compone de margocalizas y margas radiolaríticas y de brechas calizas, calizas de carácter turbidítico y calizas con sílex con margocalizas y margas intercaladas.

La serie jurásica en el Cerro Fuente, perteneciente al dominio del Subbético Externo, es la que a continuación se describe:

- Lías inferior: Compuesto por un paquete de dolomías que pasa a calizas hacia el techo con una potencia visible que puede superar los 200 m.
- Lías medio-superior: Sobre el tramo anterior se dispone una alternancia de margas y margocalizas cuya potencia es aparentemente escasa y que resulta difícil de precisar debido a la intensa tectonización del afloramiento.
- Dogger: Está constituido por calizas oolíticas cuya potencia mínima es del orden de 50 m.

- Cretácico: Está compuesto por margas y margocalizas con intercalaciones de niveles areniscosos. La potencia, en el sector de Jabalcuz, es ligeramente superior a 3.000 m y se reduce a 400 en La Grana. Además, intercalados en los materiales cretácicos aparecen algunos "klippes" sedimentarios compuestos por materiales triásicos margosos y jurásicos carbonatados de los que es un claro representante la Peña de Martos.
- Terciario: En este periodo se distinguen dos conjuntos que son los siguientes:
 - a) Unidad Olistostrómica: Su litología se compone de materiales de diversa naturaleza, como son arcillas y margas de colores variados, areniscas rojas, dolomías y yesos que se reconocen como procedentes de unidades triásicas y margas, margocalizas y areniscas calcáreas procedentes de conjuntos cretácicos, paleógenos y miocenos.
 - b) Unidad de Castro del Río (o detrítico-carbonatada): Se ubica mediante discordancia angular sobre la Unidad Olistostrómica y en ella se distinguen cuatro tipos de facies: de arenas silíceas y margas, de margas blancas y limos margosos, de areniscas y areniscas calcáreas y de calcarenitas, conglomerados y calizas de algas. Dentro de la poligonal envolvente de la M.A.S. aparecen materiales de facies de conglomerados y calizas de algas, con un espesor del orden de 150 m y de facies de margas blancas y limos margosos, con una potencia que tal vez supere los 100 m. La edad del conjunto abarca desde el Serravaliense superior hasta el Tortoniense superior.
- Cuaternario: Al norte de la Sierra de La Grana existen importantes extensiones recubiertas por depósitos de ladera, en general de espesor reducido. Aunque con menor superficie de afloramiento, también aparecen estos materiales en el sector del Arroyo de Reguchillo. Conviene destacar la existencia de depósitos travertínicos en este último sector cuya génesis está relacionada con ciertas surgencias que aparecen en el entorno.

Se trata de una M.A.S. carbonatada permeable por fisuración y karstificación. Tiene una superficie total de afloramientos permeables de 7,7 km² distinguiéndose tres subunidades denominadas Lías de Jabalcuz, Dogger de Jabalcuz y Cerro Fuente. Además de estas subunidades cabe destacar acuífero el formado por el conjunto de

materiales neógenos, calcarenitas principalmente, situados al oeste de la M.A.S., en las proximidades de Torredonjimeno.

El sustrato de la M.A.S. está constituido por la denominada Unidad Olistostrómica de la Depresión del Guadalquivir en su sector norte y por materiales triásicos impermeables en el resto.

- Subunidad del Lías de Jabalcuz: Situado al noreste de la M.A.S., consiste en una estrecha franja de 4 km de longitud y 1,5 km² de superficie que alcanza una potencia máxima de 300 m. Está compuesto por el conjunto de materiales calizo-dolomíticos del Lías inferior. El sustrato impermeable lo integran los materiales arcillosos del Trías de la base de la unidad, así como las margas y margocalizas del Cretácico superior de la unidad de Jaén.
- Subunidad del Dogger de Jabalcuz: Se localiza en la vertiente sur de las Sierras de Jabalcuz y La Grana y ocupa una extensión de 5 km² correspondientes a calizas con sílex, con potencias que oscilan entre 150 y 300 m. Su sustrato impermeable lo componen las calizas margosas del Lías medio-superior y, a su vez, es solapado por las margas y calizas silíceas del Malm.
- Acuífero de Cerro Fuente: Está constituido por las calizas y dolomías del Lías inferior y las calizas del Dogger, del dominio Subbético Externo, que forman un isleo tectónico de una extensión aproximada de 1,2 km². Sus límites están definidos por un contacto de cabalgamiento que, en superficie, se encuentra solapado por derrubios y depósitos de pié de monte. Su estructura interna es bastante compleja, presentando numerosas fallas y contactos mecánicos a favor de los cuales afloran, en algunos puntos, margas y yesos del Trías que además constituyen posiblemente el sustrato impermeable del acuífero. Su potencia máxima está próxima a los 200 metros.

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

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

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

En cuanto a su uso para regadío, las aguas de la M.A.S. se incluyen en el tipo C₂S₁ siendo válidas para todo tipo de excepto en suelos de escasa permeabilidad y para el abastecimiento son en general aguas potables.

La práctica totalidad de los materiales carbonatados permeables presentes en la M.A.S. presentan una vulnerabilidad alta a la contaminación debido a su elevada permeabilidad por fisuración-karstificación siendo los sectores más vulnerables los cercanos a los núcleos urbanos existentes.

M.A.S. 05.17 “JAÉN”

La M.A.S. 05.17 “Jaén” se encuentra localizada en la mitad sur de la provincia de Jaén inmediatamente al oeste de la capital. Presenta un clima mediterráneo húmedo de carácter templado cálido con una precipitación anual media de 600-800 y una temperatura anual media de 16,9 ° C

Desde el punto de vista geológico se incluye en la zona Prebética, concretamente 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:

- Cretácico inferior: Los niveles inferiores están conformados por una alternancia de calizas margosas, margas y margocalizas que pueden alcanzar potencias de 400 metros. A continuación aparece un tramo de calizas en bancos y nodulosas con potencias en torno a 250 metros, seguido de un paquete de margas, calizas margosas y margocalizas, que a techo pasa a estar constituido casi exclusivamente por margas; su potencia es cercana a 250 metros. La serie del Cretácico inferior culmina con una alternancia de niveles calizos y margosos con una potencia algo superior a los 100 metros.
- Cretácico superior: La serie está básicamente constituida por calizas que pueden ser masivas, en bancos o con estratificación nodulosa; la potencia máxima se encuentra en torno a los 250 metros. En el arroyo de Reguchillo, la serie para esta edad es diferente, consiste en calizas arenosas alternantes con margas a muro, margas y margocalizas y finalmente calizas, en ocasiones con sílex, con intercalaciones margosas; la potencia del conjunto puede superar los 450 metros.
- Mioceno: Todo el conjunto de materiales cretácicos se encuentra rodeado de sedimentos de carácter margoso del Mioceno medio, es la denominada “Unidad Olistostrómica del Guadalquivir” y está constituida por materiales de diversa naturaleza y edad, englobados en una masa de arcillas y margas de procedencia mayoritariamente triásica. La propia sierra de Jaén se cree que está englobada en estas a modo de un gran bloque (megaolistolito). Sobre estos materiales y recubriendo los bordes de los materiales cretácicos se sitúa la “Unidad Detrítico Carbonatada” de edad Mioceno medio-superior. Esta formada por margas grises y blancas, si bien a muro pueden aparecer niveles de conglomerados de 30-40 metros de espesor o bien calizas de algas y calcarenitas con potencias que no suelen superar los 60 metros.
- Plioceno: En el sector septentrional de la M.A.S. aparecen varias manchas de conglomerados con niveles de limos cuyas potencias máximas pueden alcanzar 30-40 metros.

- **Cuaternario:** Los materiales de esta edad que aparecen en la M.A.S. se limitan a derrubios de ladera y al aluvial del arroyo del Reguchillo, de escaso espesor.

La M.A.S. constituye un acuífero carbonático de carácter libre, aunque podrían existir sectores confinados, localizado al oeste de la ciudad de Jaén y se extiende en una estrecha franja de unos 7 km de longitud y 2 de ancho hasta las inmediaciones de la localidad de Torre del Campo.

Los materiales permeables tienen una extensión de 12,5 km² y están formados por un paquete de carbonatos del Cretácico inferior (Albiense) y otro del Cretácico superior (Cenomaniense) ambos con potencias del orden de 250 metros. El sustrato impermeable lo constituye la ritmita margoso-calcárea del Cretácico inferior y la Unidad Olistostromica miocena.

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

- **Subunidad Castillo-La Ímora.** Su superficie de afloramientos permeables es de 8,5 km². Corresponde al núcleo y flanco septentrional del anticlinal que estructura la Sierra de Jaén. En el núcleo afloran calizas albienses y en el flanco septentrional, materiales calcáreos cenomanienses. Ambos paquetes se encuentran conectados hidráulicamente gracias al desplazamiento vertical provocado por varias importantes fracturas.
- **Subunidad Peña de Jaén.** Tiene una superficie de afloramientos permeables de 4 km². Corresponde al flanco meridional del citado anticlinal. Esta constituido por calizas de edad Cenomaniense que se disponen sobre materiales margocalcáreos impermeables del Cretácico inferior y que constituyen sus límites. Hacia el sur el acuífero se encuentra cubierto por materiales margosos miocenos.

La alimentación procede exclusivamente de la infiltración directa de las precipitaciones.

El drenaje natural de las dos subunidades, se realiza por los manantiales de La Peña (193810002), para la subunidad de la Peña, y de la Magdalena (193810035 y 36), para la subunidad Castillo-La Ímora. Ambos manantiales se sitúan a una cota aproximada de 600 metros correspondiente al contacto mecánico entre el acuífero y los materiales impermeables.

El manantial de la Magdalena quedó seco tras el inicio de extracciones en los sondeos de Santa Catalina (193810032 y 45) y no existe actualmente ningún punto de control de niveles en dicha M.A.S., aunque se sabe que en el sector oriental de la subunidad Castillo-La Ímora se encuentran en torno a 570-580 m s.n.m. El gradiente hidráulico en esta subunidad está comprendido entre el 1 y 2 % y la circulación del flujo subterráneo se produce en dirección este.

En la subunidad de la Peña no hay explotación. En el manantial de la Peña se controlan las descargas desde 1983 observándose fuertes oscilaciones de caudal desde menos de 1 l/s hasta caudales superiores a 200 l/s con respuesta muy rápida a las precipitaciones.

Las aguas presentan facies bicarbonatada cálcica, con una mineralización ligera en los principales puntos de agua y notable en otros menos importantes.

Los afloramientos carbonatados permeables de la M.A.S. presentan un alto grado de vulnerabilidad a la contaminación debido a su elevada permeabilidad por fisuración-karstificación.

M.A.S. 05.18 “SAN CRISTÓBAL”

La M.A.S. 05.18 “San Cristóbal” se sitúa en la margen izquierda del Guadalquivir, al sur de la confluencia de los Ríos Jaén o Quiebrajano y Guadalbullón. Presenta un clima mediterráneo subtropical con una precipitación media anual de 488 mm y una temperatura media anual de 18,5-17-1 °C.

Los materiales que la conforman se incluyen principalmente en el dominio paleogeográfico denominado “Unidades Intermedias”, caracterizado por su naturaleza litoestratigráfica y sedimentológica mixta entre las zonas subbética y prebética propiamente dichas.

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

- **Jurásico:** La serie jurásica de San Cristóbal es la siguiente:
 - Lías inferior-medio: Se trata de un paquete de calizas y dolomías cuya potencia máxima está en torno a los 300 metros. No llega a aflorar, aunque se supone que se encuentra cubierto por el término que se describe a continuación.
 - Lías medio-superior: Está constituido por una alternancia de calizas grises tableadas, margocalizas y margas, estas últimas relativamente frecuentes hacia techo. Su potencia es superior a los 400 m.
 - Dogger: Está compuesto por calizas oolíticas con sílex. Presenta una potencia que oscila entre 150 y 250 m.
 - Malm: Se compone de margocalizas y margas radiolaríticas cuyo espesor es de 50 m sobre las que se dispone una sucesión carbonatada de brechas calizas, calizas de carácter turbidítico y calizas con sílex con margocalizas y margas intercaladas. La potencia de esta sucesión está entre 300 y 350 m.
- **Cretácico:** Está compuesto por una sucesión relativamente monótona de margas y margocalizas con intercalaciones de niveles areniscos que se dispone sobre el tramo anterior mediante contacto mecánico. Su potencia es indeterminada.
- **Terciario:** Los materiales de este periodo corresponden a la denominada Unidad Olistostrómica que se compone de materiales de diversa naturaleza, como son arcillas y margas de colores variados, areniscas rojas, dolomías y yesos que se reconocen como procedentes de unidades triásicas y margas, margocalizas y areniscas calcáreas procedentes de conjuntos cretácicos, paleógenos y miocenos. Se le atribuye una edad Langhiense medio-Serravaliense inferior.

Incluidos en estas unidades, de edad Mioceno y en la inmediata proximidad al núcleo de La Guardia de Jaén, existen dos afloramientos de calizas muy compactas, de aspecto masivo, que ofrecen un elevado contraste topográfico respecto a los materiales margosos que les rodean. Sobre uno de tales afloramientos se ubica el castillo de La Guardia. Afloran a favor de fallas normales, cuyos planos se conservan muy bien. Corresponden a bloques de paquetes de calizas prebéticas pertenecientes a la “Unidad Olistostrómica de la Depresión del Guadalquivir. Alrededor de estos

materiales y, sobre todo, al norte y oeste de la M.A.S., aparecen materiales margosos del Mioceno medio-superior, localmente muy recubiertos por depósitos cuaternarios.

- **Cuaternario:** Conviene destacar la existencia de depósitos travertínicos junto a los paquetes carbonatados prebéticos y los aluviales ligados a los Ríos Guadalbullón y Jaén cuyo espesor no supera en ningún caso los 10 metros.

Se trata de una M.A.S. carbonática permeable por fisuración y karstificación. Tiene una superficie total de afloramientos permeables de 10 km² de los que 4 km² corresponden al tramo acuífero representado por las calizas oolíticas del Dogger y 6 km² a los paquetes semipermeables del Lías medio-superior y Malm.

El sustrato de la M.A.S. está constituido por la denominada "Unidad Olistostrómica de la Depresión del Guadalquivir".

Los tramos más permeables de los descritos en el apartado sobre estratigrafía corresponden a las calizas y dolomías del Lías inferior (que no llegan a aflorar pero se supone su existencia), las calizas oolíticas del Dogger y las calizas del Malm. El tramo de calizas tableadas del Lías presenta una permeabilidad inferior a las anteriores.

Los materiales margosos del Cretácico inferior, que ocupan extensiones importantes bordeando los materiales jurásicos, se consideran, en conjunto, como impermeables.

La alimentación del conjunto de la M.A.S. se produce por infiltración del agua de lluvia caída sobre los afloramientos permeables. Las salidas son debidas a extracciones por bombeos y en menor medida a surgencias por manantiales.

Los principales manantiales son los identificados con los números 193860002 y el 193820002. El primero de ellos corresponde a un conjunto de surgencias que tradicionalmente han existido en el núcleo de La Guardia, y que quedaron secas tras la entrada en funcionamiento del sondeo del Castillo (193860013) cuyo nivel piezométrico se situaba en 1994 a unos 590 m.s.n.m.

Las aguas subterráneas de la M.A.S. presentan diferentes facies según los distintos sectores. Así, en el borde norte, las aguas presentan facies sulfatada magnésica-cálcica y los mayores valores de conductividad (193820002, 193820003, 193820004 y 193820005). En el borde este, son de facies bicarbonatada magnésica y un contenido total en sales moderadamente bajo (193860002).

En cuanto a su uso para regadío, según la clasificación del USSLS, las aguas del borde norte de la M.A.S. se incluyen en el tipo C₃S₁ por lo que su uso queda limitado a suelos con buen drenaje. Las procedentes de los bordes este y suroeste pertenecen al tipo C₂S₁ por lo que son válidas para todo tipo de excepto en suelos de escasa permeabilidad y para el abastecimiento son en general aguas potables.

La práctica totalidad de los materiales carbonatados permeables presentes en la M.A.S. presentan una vulnerabilidad alta a la contaminación debido a su elevada permeabilidad por fisuración-karstificación.

Los materiales aluviales asociados a los principales ríos se considera que

presentan una vulnerabilidad media.

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 1955/56 y 1984/85 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 M.A.S., pero hay datos que revelan una potencia de 300 m en las cercanías de los municipios de Cárchel y Carchelejo, al sur de la misma, 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 Cárceles-Carluco.
- ✓ Subunidad Cárceles-Carluco: 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, margo-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 su seno, 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-Carluco 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 nº 203820005 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-Carluco, 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-Carluco 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. 05.24 “BAILÉN-GUARROMÁN-LINARES”

La M.A.S. 05.24 “Bailén-Guarromán-Linares” se sitúa al norte de la provincia de Jaén y se incluye en la Cuenca Alta del Guadalquivir. Presenta un clima subtropical cálido mediterráneo húmedo, según la clasificación de Papadakis con una precipitación media anual de 600-700 mm y temperatura media anual de 18°C.

Los materiales involucrados en la M.A.S 05.24 son los que configuran las fosas de Bailén-Guarromán y de Linares, tanto los que las rellenan como los que las forman. En ambas fosas aparecen materiales de edad carbonífera, triásica, miocena y cuaternaria. La Fosa de Bailén-Guarromán, que es la más importante desde el punto de vista hidrogeológico dentro de la M.A.S., se desarrolló en los materiales carboníferos y triásicos a favor de dos fallas más o menos paralelas con dirección noreste-suroeste, siendo la falla más occidental la que presenta mayor salto. Se formó una depresión que fue posteriormente rellenada por materiales marinos transgresivos de edad miocena, y posteriormente de materiales detríticos continentales cuaternarios.

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

- **Paleozoico:** En las inmediaciones de la fosa los materiales corresponden, en su mayor parte, al Carbonífero, que está representado por una serie rítmica de lutitas y areniscas con esporádicos niveles de conglomerados. Aparecen muy replegados y presentan un ligero metamorfismo regional. Estos materiales flanquean generalmente a los situados en el interior de la fosa, con los que se relacionan mediante contacto mecánico o discordancia angular.
- **Triásico:** Los materiales del Trías descansan en discordancia sobre el Paleozoico. Se pueden distinguir tres tramos de potencia variable: Tramo inferior de facies conglomerática, intermedio de facies arenoso-lutítica, y por último, el tramo superior, de facies lutítico-margosa. En conjunto los depósitos triásicos varían de potencia, desde unos 15 m en el límite noroccidental, a 40-45 m en las inmediaciones de Carboneros y al este de Martín Malo y más de 60 m al sur de la Carretera Linares-Bailén.
- **Mioceno:** Sobre los materiales triásicos se sitúan en discordancia los depósitos marinos del Mioceno superior, que constituyen la casi totalidad de los afloramientos en el interior de la fosa de Bailén. Comprenden tres tramos de diferentes características litológicas,

de los que el superior está escasamente representado en la fosa de Bailén y que son, de muro a techo depósitos detríticos del Mioceno de Base (Tortonense superior), margas azules (Tortonense superior-Andaluciense) y los denominados tramos terminales areniscosos (Andaluciense).

- Plioceno y Cuaternario: Se atribuyen al Plioceno o Pliocuaternario unos conglomerados heterométricos semisuelos con cantos silíceos y matriz areno-arcillosa de color rojizo, que aparecen en el borde suroccidental de la fosa y al norte de Bailén. Aparecen discordantes sobre materiales triásicos o miocenos. Su espesor en el área presenta un máximo de 50-55 m, ocupando en general los relieves más altos en el interior de la fosa. El Cuaternario está representado por sedimentos de origen fluvial, con escaso desarrollo en el área, en la que destacan únicamente las terrazas aluviales ligadas al río Guadiel.

Se trata de una M.A.S. detrítica permeable por porosidad intergranular. Tiene una superficie permeable de unos 4,7 km² distinguiéndose fundamentalmente dos subunidades divididas por el río Guadiel, la Subunidad de Bailén-Guarromán y la Subunidad de Linares:

- Subunidad de Bailén-Guarromán: Corresponde con los límites de la anteriormente definida como Unidad de Bailén-Guarromán. Los materiales acuíferos están constituidos exclusivamente por los materiales detríticos del Mioceno de Base, pudiendo en ocasiones comportarse como un acuífero de tipo multicapa al contener intercalaciones margosas impermeables. Su superficie de afloramientos permeables es de 2,5 km² y su espesor medio del orden de 30 m, aunque presenta variaciones significativas de unos sectores a otros, desde 12 m en el borde oriental, a más de 50 m en el borde occidental. Los límites son abiertos al sur y sureste por continuidad del Mioceno de Base bajo los cursos del Guadalquivir y Guadiel, y cerrados al oeste, por contacto mecánico tectónico mediante fallas normales con el zócalo Hercínico. Al norte, el límite está definido por el contacto con el sustrato impermeable triásico, erosionado.
- Subunidad de Linares: Al igual que en la otra subunidad, los materiales acuíferos los constituyen exclusivamente los materiales detríticos del Mioceno de Base y puede tener carácter multicapa. Su superficie de afloramientos permeables es de 2,2 km² y su espesor medio cabe esperar que sea similar a la Subunidad de Bailén-Guarromán. Los límites son abiertos al sur y sureste por continuidad del Mioceno de Base bajo los cursos del Guadalquivir y Guadalimar, y al SO por continuidad bajo el Guadiel. Al norte el límite es cerrado debido al contacto con los materiales impermeables triásicos que forman el sustrato.

La alimentación se produce por drenaje diferido de los materiales semipermeables suprayacentes al horizonte acuífero, y en menor medida por la infiltración directa del agua de lluvia y de la escorrentía de los cursos de agua que atraviesan la fosa. En la Subunidad de Bailén-Guarromán, la descarga natural se produce esencialmente hacia el río Guadalquivir, concentrándose en determinados puntos, como es el caso del manantial 193650022 (Fuente del Molino), y como descarga difusa al arroyo de los Ríos. En la Subunidad de Linares no hay presencia de manantiales de importancia, por lo que la descarga natural debe producirse de forma subterránea hacia el aluvial del río Guadalimar.

En cuanto a la calidad química, algunos puntos muestreados en 1984 presentan unas facies bicarbonatadas cálcicas con concentraciones en nitratos generalmente bajas a excepción de los puntos 193560031 y 193620022 (29 y 16 mg/l respectivamente). Esta agua recibe la designación de C₂S₁ y C₃S₁ según la clasificación de aguas para uso agrícola.

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

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 Triás, y por margas cretácicas en la zona suroriental. Estas últimas constituyen además su límite septentrional. El límite meridional debe estar constituido por materiales del Triás. Al noreste los materiales acuíferos se

hunden 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 M.A.S. 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 substrato 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 Rábita. Ambos conjuntos se sitúan al oeste de Alcalá la Real, en las inmediaciones de la localidad de La Rábita. 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 Rábita está constituido por un afloramiento detrítico de edad Pliocuaternal, 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 monoclinial 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 Pliocuaternal de La Rábita.

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 Rábita donde la explotación por bombeos 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. 05.34 “MADRID-PARAPANDA”

La M.A.S. 05.34 “Madrid-Parapanda” se sitúa en su práctica totalidad en la provincia de Granada, el extremo noroccidental de ésta, quedando una pequeña porción de la misma dentro de las provincias de Jaén y Córdoba.

Se caracteriza por un clima de tipo Mediterráneo templado con una precipitación media anual de 633 mm y una temperatura media anual de 15 °C.

Esta M.A.S. se sitúa en el sector central de las Cordilleras Béticas, en la zona de contacto entre las Zonas Externas y las Zonas Internas, estando integrada por distintas subunidades hidrogeológicas que pertenecen a dominios litoestratigráficos diferentes. La Subunidad de Sierra de Obéilar presenta la serie del Subbético Interno, las Subunidades de Madrid y Parapanda pertenecen a la unidad alóctona de Parapanda–Hacho de Loja (Subbético Interno Septentrional), mientras que los afloramientos permeables jurásicos de Sierra Pelada-Sierra de la Ermita y Montefrío, pertenecen al Subbético Medio. Por último y como acuíferos de interés local, se señala la existencia de un conjunto de afloramientos postorogénicos, litológicamente formados por calcarenitas del Mioceno superior, que afloran en las proximidades de la localidad de Montefrío.

- Subunidad Sierra de Parapanda: Al igual que la Sierra de Madrid, esta formada por calizas y dolomías del Lías presentando estos materiales una potencia superior a los 650 m. Está limitada al este por las mismas margas cretácicas sobre las que cabalga, que así mismo impiden la conexión hidráulica con la Sierra de Madrid. Al oeste, limita con materiales de carácter impermeable del Jurásico y al sur, con sedimentos cuaternarios que confinan una mínima parte de la subunidad, siendo el resto de carácter libre. La extensión de afloramientos permeables es de unos 16 km².
- Subunidad Sierra de Madrid: Coincide con la sierra del mismo nombre y se presenta al noreste de la población de Íllora. Esta formada por los mismos materiales que la Sierra de Parapanda. La subunidad de Sierra de Madrid cabalga sobre los materiales impermeables de naturaleza margosa del Cretácico y del Terciario, estando también confinada al sur por efecto de los recubrimientos cuaternarios y pliocuaternarios y, presentando carácter de acuífero libre en el resto. Esta subunidad presenta una extensión de afloramientos permeables de 8 km².
- Subunidad Sierra de Obéilar: Comprende el promontorio del mismo nombre, presentando una superficie de unos 3 km². Esta subunidad a diferencia de las dos anteriores, está formada por calizas y dolomías del Subbético Interno y se encuentra mucho más compartimentada, quedando los bloques de materiales permeables aislados sobre un sustrato impermeable formado por materiales del Cretácico y del Triásico, de forma que cada uno puede constituir un acuífero independiente. Al igual que las otras dos subunidades el comportamiento hidráulico es de acuífero libre aunque en algunos

sectores puede quedar semiconfinado por los niveles detríticos cuaternarios y pliocuaternarios.

- Subunidad Sierra de la Ermita-Sierra Pelada-Montefrío: Estos afloramientos calizos jurásicos los constituyen un conjunto de pliegues en relevo, de dirección ONO-ESE, a lo largo de cuyos ejes anticlinales afloran materiales permeables del Jurásico inferior formando relieves como los de Sierra de la Ermita y Sierra Pelada. El afloramiento carbonatado del Sierra de la Ermita está constituido por las calizas pisolíticas y oolíticas del Lías inferior-medio, que aquí adquieren una extensión de 4,5 km² y que muy probablemente están conectadas con el afloramiento de Sierra Pelada situado inmediatamente al sur y de forma paralela y en el que la superficie de materiales aflorantes permeables es de 5,5 km². En ambas sierras la serie es perfectamente concordante y todos sus límites se encuentran sellados por materiales margosos y margocalizos del Lías medio-superior. Los afloramientos liásicos de la Sierra de la Ermita pudieran estar conectados con la estructura que permite el asomo de los mismos materiales en las partidas del Hachuelo y del Bañuelo de Montefrío, lo que explicaría caudal de drenaje del manantial del Bañuelo (184130015), próximo a los 200 l/s en una medida puntual.
- Subunidad Areniscas de Montefrío: Los afloramientos de estos materiales que se observan en las inmediaciones de la localidad de Montefrío forman dos acuíferos con un funcionamiento hidráulico independiente y que se han denominado como los acuíferos de: Peña de los Gitanos (el más oriental) y acuífero de Montefrío, (sobre el que se asienta la localidad). El primero aflora en unos 3 km², presentando las areniscas un espesor que pasa de 10 m en su margen septentrional a 50 m en la meridional. El acuífero de Montefrío, presenta una superficie de 4,5 km² con un espesor variable que alcanza como máximo los 100 m. Ambos acuíferos presentan carácter libre y se encuentran colgados sobre los materiales impermeables de edad anterior.

Las distintas subunidades que integran la M.A.S. reciben su alimentación exclusivamente a partir de la infiltración procedente del agua de lluvia.

La facies hidroquímica más abundante es la bicarbonatada cálcico-magnésica de baja mineralización, con conductividades inferiores a los 450 µS/cm, aunque los puntos acuíferos ligados a las calizas liásicas del Subbético medio presentan facies sulfatada-bicarbonatada cálcico-magnésicas con conductividades inferiores a los 950 µS/cm.

Los materiales que conforman la M.A.S. presentan un riesgo potencialmente alto de contaminación en relación con las características propias de permeabilidad de los materiales carbonatados que la forman.

M.A.S. 05.37 “ALBAYATE-CHANZAS”

La mayor parte de la M.A.S. se localiza dentro de la provincia de Granada, a unos 60 km al noroeste de la capital, aunque también se implanta sobre algunos términos municipales de las provincias de Córdoba y Jaén. Se incluye en la Cuenca Alta del Guadalquivir.

Presenta un clima del tipo mediterráneo continental con inviernos suaves y veranos calurosos con una precipitación media anual de 595-750 mm y una temperatura media anual de 14-15 °C.

La mayor parte de la M.A.S. se sitúa dentro del dominio Subbético Medio, y se caracteriza por la presencia de materiales carbonatados muy variados, abundancia de calizas y margocalizas e intercalaciones de materiales volcánicos interestratificados.

La serie-tipo, de muro a techo en orden estratigráfico, podría describirse a grandes rasgos como sigue:

- Triásico: compuesto por arcillas versicolores con abundantes yesos, y de forma dispersa ofitas y materiales carbonatados (dolomías). Su posición estratigráfica y elevada plasticidad no permiten calcular su espesor. Constituyen el impermeable de base.
- Lías: dolomías en cuya base pueden aparecer carniolas y calizas tableadas. Sobre ellas se disponen calizas, calizas margosas, margocalizas y margas. La potencia total puede alcanzar los 800 m.
- Dogger y Malm: vienen representados por un conjunto de margas verdes y rojas, calizas nodulosas y calizas detríticas con sílex. Su espesor es variable pero alcanza en su conjunto unos 200 m. En la base del Dogger encontramos rocas volcánicas básicas, en la alineación Lojilla-Algarinejo y en la Sª de Albayate, formando coladas de unos 10 m de potencia pero por superposición llegan a alcanzar hasta 40 m.
- Cretácico: está constituido por margas y margocalizas con potencias variables en torno a los 200 m.
- Neógeno: en la parte inferior aparecen margas, mientras que la parte superior está compuesta por calcarenitas, que llegan a alcanzar unos 70 m de potencia.

Se trata de una M.A.S. carbonatada, con elevada permeabilidad secundaria por fisuración y karstificación. Existen pequeños acuíferos detríticos de permeabilidad primaria por porosidad intergranular que funcionan como acuíferos libres. La superficie permeable global es de unos 70 km² de la que sólo 1,2 km² corresponden a los afloramientos detríticos. Los límites de los acuíferos carbonatados son en general las margas yesíferas del Trías, constituyen el sustrato impermeable y el límite lateral estanco en el flanco occidental de la M.A.S., que la desconecta de la M.A.S. 05.36 "Rute-Horconera". El resto de los límites suelen ser contactos normales con las margas cretácicas.

Los principales acuíferos están constituidos por dolomías y calizas del Jurásico inferior. Funcionan como acuíferos libres, aunque la presencia de series carbonatadas margosas superpuestas, hacen que los niveles más productivos queden confinados en algunas zonas. El acuífero de las calcarenitas miocenas del cerro del Alcornocal se encuentra colgado, con descargas a muro y escaso volumen de reservas.

La recarga natural se produce exclusivamente por infiltración directa del agua de lluvia caída sobre los afloramientos permeables.

Se distinguen fundamentalmente cuatro subunidades:

- Subunidad de Albayate-Sierra del Espino: Tiene una superficie de afloramientos permeables de 53 km² con un espesor medio de 250 m de materiales constituidos por calizas gris-azuladas y dolomías de edad liásica. La estructura geológica corresponde a un doble anticlinal por lo que es razonable pensar en la existencia de una conexión hidráulica entre las dos sierras.
- Subunidad de Chanzas-Ojete-Iznájar: Posee una superficie de afloramientos permeables de 13 km² con un espesor que puede llegar a los 300 m. El acuífero está constituido por dolomías y calizas grises de edad liásica que afloran en el núcleo

anticlinal de la Sierra de Chanzas. La base impermeable la forman las margas y arcillas triásicas y también parte de los materiales de baja permeabilidad del Lías medio-superior que constituyen el resto de los bordes. El Lías superior, con facies de margocalizas, calizas margosas y margas, presenta acuíferos localmente explotables, pero con rendimientos mucho más reducidos, en torno a 2 l/s.

- **Loma del Santísimo:** Es de pequeña entidad, y actúa de forma independiente del resto de las subunidades. Los manantiales que drenaban la Subunidad se encuentran actualmente secos debido a la captación de los recursos por el sondeo de abastecimiento a Iznájar (174130020). La superficie permeable que aflora es de 4,8 km² con una potencia que puede superar los 300 m.
- **Acuíferos del Mioceno:** Son pequeños afloramientos de calcarenitas, de estructura tabular, apoyados sobre diferentes materiales margosos. La capacidad de infiltración es menor que las calizas jurásicas. Configuran un pequeño acuífero de 1,2 km² de extensión. Su disposición favorece la aparición de numerosos manantiales. El cerro del Alcornocal tiene su zona de descarga hacia el sur, en los puntos 174140001, 174140002 y 174140003 a cota 760, 750 y 620 m respectivamente, con caudales de 3,5 a 5 l/s. El flujo subterráneo tiene sentido noreste-suroeste y los materiales permeables tienen un espesor de 70 a 100 m.

Las aguas del acuífero de Albayate-Sierra del Espino tienen facies bicarbonatadas cálcicas y una salinidad inferior a 500 mg/l. En la Subunidad de Chanzas-Ojete-Iznájar las facies varían de un sector a otro: bicarbonatadas cálcicas en el sector sur y bicarbonatadas sódico-magnésicas en el sector norte. En el sector norte se han detectado en algunos manantiales niveles altos de nitritos por lo que no cumplen las normas de potabilidad.

La clasificación para riego según S.A.R. es, para la mayoría de los manantiales y sondeos, del tipo C₂-S₁, lo que indica que son aguas de salinidad media y bajas en sodio, por lo que pueden usarse en la mayoría de los suelos.

La M.A.S. presenta un riesgo de contaminación muy alto en los acuíferos carbonatados y algo más bajo en los detríticos. La vulnerabilidad frente a la contaminación aumenta debido al escaso desarrollo de los suelos.

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 M.A.S., 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 sinclinorio.
- 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 tortonienses, 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 M.A.S., 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 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 Plio-cuaternaria 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 substrato 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 substrato impermeable de la subunidad los constituyen las margas y arcillas del Trías. El borde sur y este 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 µS/cm (213810005) y 5.790 µS/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 y 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 M.A.S., 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. 05.70 “GRACIA-VENTISQUERO”

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.

Se pueden diferenciar tres subunidades, que son las siguientes:

- 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 está 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 M.A.S. 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 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 $\mu\text{mhos/cm}$ con un promedio de 604 $\mu\text{mhos/cm}$.

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 M.A.S. se clasifican como aptas para consumo humano.

La práctica totalidad de los materiales acuíferos existentes 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.	Ocultas
05.01 S ^a . de Cazorra	Cazorla	113	111,5	95,0	2,5	14,0
05.02 Quesada-Castril	Pliegues-Falla/S ^a del Pozo	120	138,5	124,5	0,5	13,5
05.07 Ahillo-Caracolera	Ahillo	8,1	1,9	0,2	1,7	-
	Caracolera-Chircales	6	1,6	1,4	0,2	-
05.16 Jabalcuz	Cerro Fuente	1,2	0,2	0,18	0,02	-
	Dogger de Jabalcuz	5	1,2	0,2	1,0	-
	Lías de Jabalcuz	1,5	1,3	1,0	0,3	-
05.17 Jaén	Castillo-La Ímora	8,5	2,0	0,0	2,8	-
05.18 San Cristóbal	-	10	0,75	0,05	0,70	-
05.21 Sierra Mágina	Mágina	60	13,5	11,4	0,6	1,5
05.24 Bailén-Guarromán-Linares	Bailén-Guarromán	2,5	8,45	1,25	3,4	3,8
05.28 "Montes Orientales. Sector Norte	Frailles-Montillana	15,5	5,8	4,5	0,7 ⁽¹⁾	0,6
	Alcalá la Real-St ^a Ana	6,6	1,3	0,8	0,4 ⁽¹⁾	-
	Charilla	1	0,7	0,65	-	-
	Vadillo	3,5	0,7	0,7	-	-
	S. Pedro-La Rábida	5	2	-	0,25 ⁽¹⁾	-
05.34 Madrid-Parapanda	S ^a . Ermita-S ^a . Pelada-Montefrío	10	3,0	2,6	0,4	0,0
05.37 Albayate-Chanzas	Albayate-Sierra del Espino	53	8,0	6,5	0,3	1,2
05.41 Guadahortuna-Larva	Larva-Solera	35	3	1,9	0,4	0,7
05.70 Gracia-Ventisquero	Gracia-Morenita	19,1	10,5	10,5	-	-

(1): Sólo para abastecimiento

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 1.089 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en Alcalá la Real (sondeos del Chaparral nº 194010024) y 180 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y también en Alcalá la Real (Fuente Somera nº 184040014), con un valor medio de 456 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

En general todas las aguas son de facies bicarbonatadas cálcicas o cálcico-magnésicas a excepción del agua del sondeo Bobadilla-Fuente la Higuera (183920030) de Alcaudete que es clorurada-bicarbonatada sódico-cálcica, la de los sondeos del Chaparral (194010024) de abastecimiento a Alcalá la Real que es bicarbonatada-sulfatada cálcica y la de los sondeos de Cuesta Negra (183880036) de Torredelcampo) y Loma Pineda (183880035) de Jamilena y del manantial de Taza de Plata (183930016) en Martos que es de facies 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.

En cuanto al contenido en nitratos, la muestra del manantial del Puente de la Cerrada (213870003) en Hinojares presenta elevados valores (39 mg/l) aunque no por encima de los 50 mg/l considerados como límite máximo. Asimismo, la muestra de los sondeos del Chaparral (194010024) presenta un contenido en sulfatos de 205 mg/l, próxima al límite establecido (250 mg/l), teniéndose constancia por las visitas de campo de valores habitualmente más altos de este ión.

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
ALCALÁ LA REAL	184040014	Fuente Somera	Man.		180	4	2	98	0	12	2	3	36	0	7,8	0,00	0,00	0,00	4,7
	184040075	Llanos I	Sond.		295	12	2	148	0	9	8	5	56	1	7,8	0,00	0,00	0,00	6,5
	194010024	El Chaparral	Sond.		1089	84	205	303	0	15	52	27	168	1	7,3	0,00	0,00	0,00	18,0
ALCAUDETE	183920030	S. Bobadilla-Fte La Higuera	Sond.	0,6	1038	186	66	232	0	5	109	19	94	1	7,5	0,00	0,00	0,00	5,6
	183920020	Cerro de La Cal I	Sond.	0,5	583	27	85	214	0	10	18	24	75	0	7,6	0,00	0,00	0,00	7,3
BAILÉN	183580001	Huerta del Gato	Man.	0,6	363	16	32	162	0	0	20	16	34	3	7,6	0,00	0,00	0,00	48,4
BELMEZ DE LA MORALEDA	203860007	N. Belmez I	Man.	0,5	278	6	5	169	0	8	4	10	46	0	7,5	0,00	0,00	0,00	3,4
	203860014	N. Belmez II	Man.	0,5	267	6	6	164	0	9	2	12	44	0	7,8	0,00	0,00	0,00	3,4
	203870014	Aulabar	Man.	0,7	439	13	34	216	0	19	11	26	51	0	7,9	0,00	0,00	0,00	5,2
CHILLUÉVAR	213670046	Pozo Los Vilchetes	Sond.	0,6	380	3	22	191	0	3	2	31	25	0	7,6	0,00	0,00	0,00	5,3
GUARROMÁN	193560075	El Salcedo	Sond.	0,6	645	32	48	317	0	1	22	38	65	4	7,6	0,00	0,00	0,00	24,5
HIÑOJARES	213870005	Nto. 7 Fuentes	Man.	0,6	464	3	15	279	0	2	5	19	69	0	7,6	0,00	0,00	0,00	5,6
	213870003	Puente de La Cerrada	Man.	0,6	764	66	84	292	0	39	47	35	88	3	7,4	0,00	0,00	0,00	12,7
HUESA	213830018	Barranco de La Canal	Man.	0,5	416	16	37	226	0	2	11	20	61	1	7,8	0,00	0,00	0,00	5,8
JAMILENA	183880035	Loma Pineda	Sond.	0,5	330	1	104	69	0	9	5	9	47	0	7,5	0,00	0,00	0,00	8,6
LA GUARDIA DE JAEN	193860013	Castillo I	Sond.	0,8	438	34	6	222	0	18	26	17	54	1	7,6	0,76	0,00	0,00	8,4
MARTOS	183930016	Taza de Plata	Man.	0,7	470	1	147	96	0	3	6	22	53	0	7,4	0,00	0,00	0,00	12,5
	183770028	Maleza Sondeo	Sond.	0,7	230	5	14	108	0	6	6	6	33	0	7,6	0,00	0,00	0,00	9,1
PEAL DE BECERRO	213760008	La Majuela	Sond.	0,4	355	2	40	201	0	4	0	22	45	0	7,5	0,00	0,00	0,00	3,5
	213770017	Chorro Bajo	Sond.	0,4	437	3	27	264	0	4	2	23	57	0	7,5	0,00	0,00	0,00	4,7
QUESADA	213770001	Artesón	Man.	0,6	434	2	38	264	0	4	0	25	59	0	7,4	0,00	0,00	0,00	2,8
TORREDELCAMPO	183880036	Cuesta Negra	Sond.	0,8	392	2	114	93	0	2	4	17	47	0	7,4	0,00	0,00	0,00	9,3
	183840001	La Cueva	Pozo	0,7	311	18	39	111	0	8	12	10	41	1	7,2	0,00	0,00	0,00	15,4
	183840006	Torrecilla	Mina	1,4	351	17	48	122	0	19	11	12	50	0	7,4	0,00	0,00	0,00	24,4

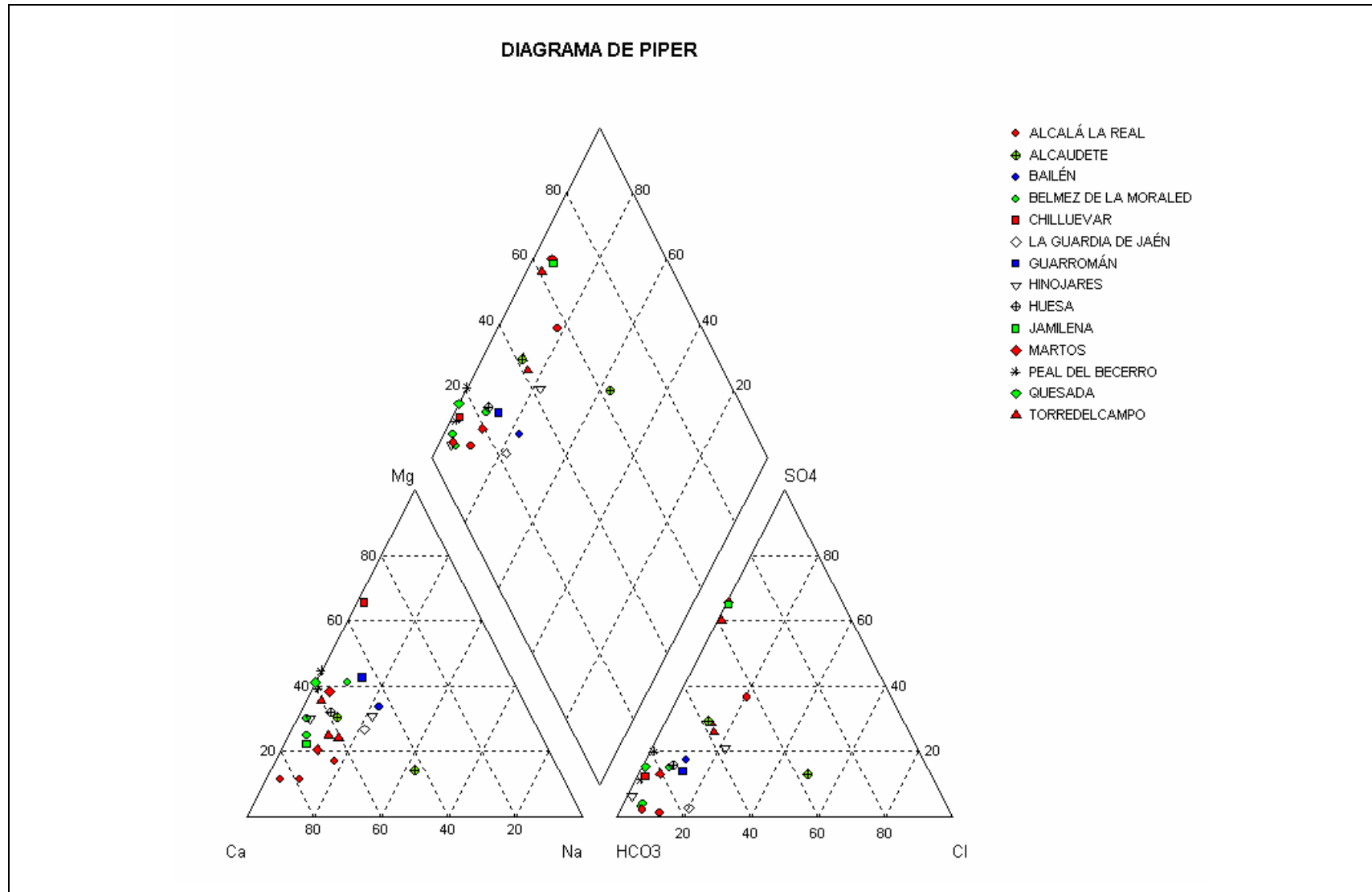


Figura nº 9: Diagrama de Piper

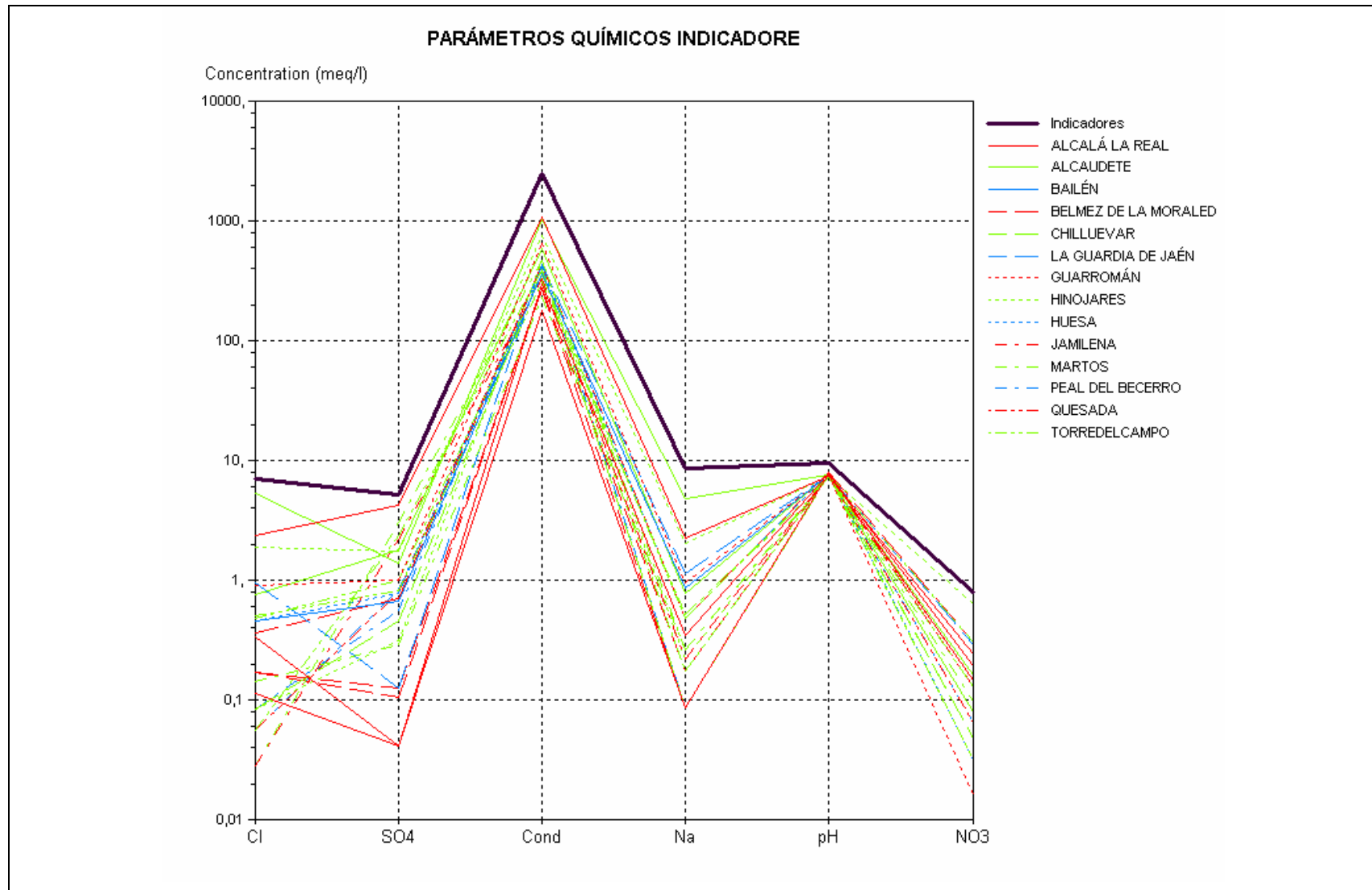


Figura nº 9: Diagrama de Schoeller con los parámetros indicadores

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 estable de 138.219 habitantes, según datos del Instituto Nacional de Estadística para 2005.

Respecto al origen del abastecimiento de agua, en ocho de los diecisiete municipios la población abastecida depende de las aguas subterráneas.

Los municipios se abastecen solamente desde manantiales son Belmez de la Moraleda, Hinojares, Huesa y Quesada (en un 90%) que suman una población de 11.095 habitantes. En el lado opuesto tenemos una población total de 44.371 habitantes de los municipios de La Guardia de Jaén, Guarromán y Peal de Becerro con un 100% de agua procedente de extracción, Alcaudete (97%) y Alcalá la Real (80%).

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	Demanda base	Consumo base	Consumo anual	Origen del suministro		
	2005	(m ³ /día)	(m ³ /día)	(m ³ /día)	(m ³ /año)	% Sond.	% Man.	% Sup.
ALCALÁ LA REAL	22.038	1.695.818	6.171	-	2.145.662	80	20	0
ALCAUDETE	11.143	-	2.786	3.100	1.235.202	97 ⁽¹⁾	3	0
BAILÉN	18.202	-	4.004	3.644	1.340.000	0	0	100
BELMEZ DE LA MORALEDA	1.937	-	426	280	104.859	0	100	0
CHILLUÉVAR	1.676	50.000	369	397	146.900	35 ⁽¹⁾	0	65
LA GUARDIA DE JAÉN	2.811	209.661	618	564	209.661	100	0	0
GUARROMÁN	2.909	192.190	727	470	192.190	100	0	0
HINOJARES	467	-	103	55	24.083	0	100	0
HUESA	2.727	-	600	815	298.113	0	100	0
JAMILENA	3.429	111.907	754	700	336.928	33	0	67
MARTOS	23.804	213.183	6.665	-	2.582.358	8	7	84
PEAL DE BECERRO	5.470	695.234	1.203	1.850	695.234	100	0	0
POZO ALCÓN	5.437	-	1.196	940	347.998	0	0	100
QUESADA	5.964	-	1.312	1.371	515.000	10 ⁽¹⁾	90	0
SANTO TOMÉ	2.287	-	503	762	285.871	0	0	100
TORREDELCAMPO	13.961	213.627	3.490	2.750	1.159.740	16	2 ⁽¹⁾	82
TORREDONJIMENO	13.957	-	3.489	4.387	1.611.200	0	0	100

(1) Estimado.

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
ALCALÁ LA REAL	<ul style="list-style-type: none"> Recarga artificial en el Acuífero de Los Llanos.
ALCAUDETE	<ul style="list-style-type: none"> No se proponen.
BAILÉN	<ul style="list-style-type: none"> Realizar los estudios hidrogeológicos adecuados para disponer de un sistema de abastecimiento alternativo para el municipio.
BELMEZ DE LA MORALEDA	<ul style="list-style-type: none"> Llevar a cabo un estudio hidrogeológico para realizar las captaciones oportunas para que no sea necesaria la captación de aguas superficiales.
CHILLUÉVAR	<ul style="list-style-type: none"> Realizar un estudio hidrogeológico encaminado a realizar un sondeo de investigación/explotación que complemente los caudales para abastecimiento.
LA GUARDIA DE JAÉN	<ul style="list-style-type: none"> Poner en servicio el sondeo Castillo II según las recomendaciones del informe final de su construcción.
GUARROMÁN	<ul style="list-style-type: none"> Llevar a cabo un estudio hidrogeológico encaminado a la perforación de un nuevo sondeo que permita bombear caudales inferiores en los actualmente existentes y así evitar los descensos puntuales elevados en las captaciones.
HINOJARES	<ul style="list-style-type: none"> No se proponen.
HUESA	<ul style="list-style-type: none"> No se proponen.
JAMILENA	<ul style="list-style-type: none"> No se proponen.
MARTOS	<ul style="list-style-type: none"> Realizar un estudio hidrogeológico para la ubicación de un sondeo preventivo en las proximidades del manantial de La Maleza para su regulación.
PEAL DE BECERRO	<ul style="list-style-type: none"> No se proponen.
POZO ALCÓN	<ul style="list-style-type: none"> Realizar un estudio hidrogeológico en el que se determine el origen de la supuesta contaminación del agua de los manantiales existentes en los núcleos de Pozo Alcón y Fontanar.
QUESADA	<ul style="list-style-type: none"> Llevar a cabo las recomendaciones del estudio realizado por el IGME para la mejora del abastecimiento a Los Rosales y Collejares.
SANTO TOMÉ	<ul style="list-style-type: none"> Realizar un estudio hidrogeológico en la zona central del término municipal, en materiales pertenecientes a la M.A.S 05.01 "Sierra de Cazorla", encaminado a la perforación de un sondeo o sondeos que garanticen el abastecimiento en periodos de escasez de aguas superficiales.
TORREDELCAMPO	<ul style="list-style-type: none"> Llevar a cabo el sondeo recomendado en el estudio hidrogeológico "Investigación hidrogeológica como apoyo al abastecimiento de Torredelcampo (Jaén)", realizado en 2008 por el I.G.M.E..
TORREDONJIMENO	<ul style="list-style-type: none"> Realizar un estudio hidrogeológico encaminado a proporcionar una alternativa de abastecimiento mediante aguas subterráneas para situaciones de emergencia.

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 los mismos. En este estudio se han tratado, en relación con los focos potenciales de contaminación, acuíferos carbonatados de gran importancia pertenecientes a distintas M.A.S. como son las 05.01 "Sierra de Cazorla", 05.02 "Quesada-Castril", 05.07 "Ahillo-Caracolera", 05.16 "Jabalruz", 05.07 "Jaén", 05.18 "San Cristóbal", 05.21 "Sierra Mágina", 05.28 "Mts. Orientales. Sector Norte" y 05.34 "Madrid-Parapanda. 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, identificados en el 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 tres granjas situadas aguas arriba y muy próximas a las captaciones de abastecimiento a Alcaudete (Cerro de la Cal I y II y Fuente Armuña) y de un complejo turístico y una granja situadas próximas al manantial del Vadillo (Quesada). Asimismo se considera elevada la afección potencial del núcleo de Jamilena con respecto al Pozo de Fuente Álamo, del de La Guardia de Jaén junto con sus vertidos de ARU con sus sondeos de

abastecimiento (Castillo I y II) y del de la urbanización de Megatín con respecto al Pozo de Pericano.

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.

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
ALCALÁ LA REAL	Llanos II	Polígono Industrial de Santa Ana	Media
	Llanos I	Polígono Industrial de Santa Ana	Media
	El Chaparral (1 y 2)	Ninguno	Nula
	Sondeo Hortichuela o Pilas de Fte. Soto	12, 26 y 88	Media-Baja
	Sondeo La Rábida	Ninguno	Nula
	Abto. a Mures	Ninguno	Nula
	Sondeos Ermita Nueva (1 y 2)	77	Media
	La Charilla	4 y 44	Media
	Sondeo Peñas de Majalcorón	Ninguno	Nula
	Llanos III	Polígono Industrial de Santa Ana	Media
	Fuente Robledo	Ninguno	Nula
	La Corredera	Ninguno	Nula
	Hoya de Charilla	Ninguno	Nula
	Fuente Somera	Polígono Industrial de Santa Ana	Baja
	La Maleza (La Lastra)	Ninguno	Nula
ALCAUDETE	Sondeo Cerro de la Cal I	48, 49 y 50	Elevada
	Sondeo Cerro de la Cal II	48, 49 y 50	Elevada
	Sondeo de Bobadilla (Fuente La Higuera)	Ninguno	Nula
	Manantial La Yedra	101	Baja
	Manantial Fuente Armuña	48, 49 y 50	Elevada
BAILÉN	Man. Huerta del Gato	Ninguno	Nula
BELMEZ DE LA MORALEDA	Las Huertas (Nto. de Belmez)	6	Insignificante
	Manantial de Aulabar (Aulabar)	Ninguno	Nula
	Manantial del Parque	6	Insignificante
CHILLUÉVAR	Sondeo de Los Vilchétos	Ninguno	Nula
GUARROMÁN	El Salcedo y El Chaparral	Ninguno	Nula
HINOJARES	Siete Fuentes-Cuenca (A. Cuevas)	Ninguno	Nula
	Manantial Puente de La Cerrada	2, 3, 4, 5, 6, 7 y 12	Insignificante

MUNICIPIO	CAPT. POT. AFECTADAS	FOCOS POTENCIALES DE AFECCIÓN	POTENCIALIDAD DE LA AFECCIÓN
HUESA	Barranco La Canal (La Mina)	Ninguno	Nula
JAMILENA	Sondeo Loma Pineda	Ninguno	Nula
	Pozo de Fuente Álamo	Núcleo de Jamilena	Elevada
	Fuente Mayor	Núcleo de Jamilena	Baja
LA GUARDIA DE JAÉN	Sondeo Castillo II (nuevo)	Núcleo de La Guardia	Media
	Sondeo Castillo I	4 y núcleo	Elevada
MARTOS	Sondeo La Maleza	Ninguno	Nula
	Manantial La Maleza	Ninguno	Nula
	Man. Taza Plata (El Quemado)	Ninguno	Nula
PEAL DE BECERRO	Sondeo de Majuela	Ninguno	Nula
	Sondeo del Chorro	Ninguno	Nula
	Manantial de Majuela	Ninguno	Nula
QUESADA	El Hoyazo	Ninguno	Nula
	Arroyo Artesón	Ninguno	Nula
	Río Béjar	Ninguno	Nula
	Cerro Villena	Ninguno	Nula
	Cañá de Vita	Ninguno	Nula
	Vadillo	29 y 36	Elevada
TORREDELCAMPO	Sondeo Santa Ana II	Ninguno	Nula
	Sondeo Cuesta Negra	Ninguno	Nula
	Pozo de Pericano	Urb. Megatín	Elevada
	Pozo de La Cueva	Ninguno	Nula
	Manantial Torrecillas	Ninguno	Nula

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 (m³)	RECOMENDACIONES	LIMITACIÓN DE RECURSOS		FOCOS CONTAMINANTES		ALTERNATIVAS CAPTACIÓN
	Estable	Estacional			CANTIDAD	CALIDAD	Origen	Afección	
ALCALÁ LA REAL	22.038	1.500	11.522	<p>Acondicionar los manantiales de Fuente Somera, Fuente Corredera, Fuente Robledo, La Maleza-La Lastra y la Hoya de Charilla con sistemas de control de caudal y llevar a cabo un control del caudal drenado.</p> <p>Corregir la no accesibilidad visual al contador de energía eléctrica del sondeo de Abastecimiento a Mures y llevar a cabo su seguimiento. Una vez subsanado, realizar la encuesta de cuantificación correctamente.</p> <p>Instalar una tubería piezométrica en los sondeos de Hortichuela, Ermita Nueva y Charilla y llevar a cabo su seguimiento.</p> <p>Instalar un sistema de medida de caudal en los sondeos de Llanos I, II y III, Hortichuela, Ermita Nueva y Charilla y llevar a cabo su seguimiento.</p> <p>Una vez subsanadas estas deficiencias, realizar las encuestas de cuantificación de extracciones.</p> <p>Instalar espita tomamuestra en los sondeos de Llanos I, II y III, Hortichuela y Ermita Nueva.</p>	En estiaje	Sulfatos en Sondeos Chaparral y nitratos en Charilla y Peñas de Majalcorón	Polígono Santa Ana y agricultura	Media	Recarga artificial en el Acuífero de Los Llanos.
ALCAUDETE	11.143	850	4.312	<p>Acondicionar el manantial de Fuente Armuña con sistemas de control de caudal y llevar a cabo un control del caudal drenado así como protegerlo de caídas de elementos indeseables.</p> <p>Instalar una tubería piezométrica y de medida de caudal en los sondeos del Cerro de la Cal y Bobadilla y llevar a cabo su seguimiento.</p> <p>Una vez subsanadas estas deficiencias, realizar las encuestas de cuantificación de extracciones.</p> <p>Aumentar la capacidad de regulación de los depósitos para cubrir 1,5 la demanda punta.</p>	-	-	Granjas	Elevada	No se proponen
BAILÉN	18.202	550	7.000	No se contemplan	-	-	-	-	Realizar los estudios hidrogeológicos

MUNICIPIO	POBLACIÓN ABASTECIDA		DEPÓSITOS (m ³)	RECOMENDACIONES	LIMITACIÓN DE RECURSOS		FOCOS CONTAMINANTES		ALTERNATIVAS CAPTACIÓN
	Estable	Estacional			CANTIDAD	CALIDAD	Origen	Afección	
									adecuados para disponer de un sistema de abastecimiento alternativo para el municipio.
BELMEZ DE LA MORALEDA	1.937	200	1.666	Acondicionar los manantiales de abastecimiento y llevar a cabo un control de los caudales drenados.	-	-	-	-	Llevar a cabo un estudio hidrogeológico para realizar las captaciones oportunas para que no sea necesaria la captación de aguas superficiales.
CHILLUÉVAR	1.676	100	1.100	Instalar tubería piezométrica y caudalímetro en el sondeo de Los Vilchetes y llevar a cabo un seguimiento de los niveles y volúmenes bombeados.	-	-	-	-	Realizar un estudio hidrogeológico encaminado a realizar un sondeo de investigación/explotación que complemente los caudales para abastecimiento.
LA GUARDIA DE JAÉN	2.811	200	1.100	Continuar con el control de caudales bombeados en los sondeos de abastecimiento y complementarlo con un control semanal de la evolución del nivel piezométrico. Aumentar la capacidad de regulación, lo que también facilitaría la disminución de los caudales instantáneos de bombeo.	-	-	ARU	Elevada	Poner en servicio el sondeo Castillo II según las recomendaciones del informe final de su construcción.
GUARROMÁN	2.909	600	900	Aumentar la capacidad de almacenamiento. Acondicionar los manantiales de abastecimiento para poder medir el caudal drenado y llevar a cabo su seguimiento.	-	-	-	-	Llevar a cabo un estudio hidrogeológico encaminado a la perforación de un nuevo sondeo que permita bombear caudales inferiores en los actualmente existentes y así evitar los descensos puntuales elevados en las captaciones
HINOJARES	467	250	180	Acondicionar el manantial de abastecimiento para poder medir el caudal drenado y llevar a	-	-	-	-	No se proponen

MUNICIPIO	POBLACIÓN ABASTECIDA		DEPÓSITOS (m ³)	RECOMENDACIONES	LIMITACIÓN DE RECURSOS		FOCOS CONTAMINANTES		ALTERNATIVAS CAPTACIÓN
	Estable	Estacional			CANTIDAD	CALIDAD	Origen	Afección	
				cabo su seguimiento.					
HUESA	2.727	25	1.475	Instalar un contador de energía eléctrica en el sondeo de Loma Pineda y realizar la encuesta de cuantificación. Llevar a cabo el seguimiento de la evolución del nivel piezométrico y de los volúmenes extraídos en el mismo sondeo.	-	-	-	-	No se proponen
JAMILENA	3.429	250	2.640	Instalar tubería piezométrica, caudalímetro y espita tomamuestras en el sondeo Castillo I. Una vez instalado con la tubería piezométrica y los caudalímetro, realizar la encuesta de cuantificación correctamente y rediseñar, si procede, la instalación del sondeo. Llevar a cabo un seguimiento de la evolución del nivel, de los caudales bombeados y de las características fisicoquímicas del agua de ambos sondeos.	-	-	Casco urbano	Elevada	No se proponen
MARTOS	23.804	1.200	4.580	Llevar a cabo el seguimiento de la evolución del nivel piezométrico, de los volúmenes extraídos en el mismo sondeo y del caudal drenado por los manantiales. Depurar las aguas residuales del municipio.	-	-			Realizar un estudio hidrogeológico para la ubicación de un sondeo preventivo en las proximidades del manantial de La Maleza para su regulación.
PEAL DE BECERRO	5.470	650	3.200	Instalar sistemas de control de caudal y realizar medidas periódicas en el manantial de La Majuela en los periodos en que drene así como instalar tubería piezométrica en los dos sondeos de abastecimiento y llevar a cabo un seguimiento de los niveles y volúmenes bombeados.	-	-	-	-	No se proponen
POZO ALCÓN	5.437	750	1.816	Aumentar la capacidad de almacenamiento hasta cubrir 1,5 veces la demanda punta	-	-	-	-	Realizar un estudio hidrogeológico en el que se determine el origen de la supuesta contaminación del agua de los manantiales existentes en los núcleos de Pozo Alcón y

MUNICIPIO	POBLACIÓN ABASTECIDA		DEPÓSITOS (m ³)	RECOMENDACIONES	LIMITACIÓN DE RECURSOS		FOCOS CONTAMINANTES		ALTERNATIVAS CAPTACIÓN
	Estable	Estacional			CANTIDAD	CALIDAD	Origen	Afección	
									Fontanar.
QUESADA	5.964	700	2.663	Acondicionar los manantiales de abastecimiento para poder medir el caudal drenado y llevar a cabo su seguimiento. Instalar tubería piezométrica y caudalímetro en el sondeo del Hoyazo y llevar a cabo un control de la evolución del nivel piezométrico y de los caudales bombeados.	-	-	Complejo turístico y granja	Elevada	Llevar a cabo las recomendaciones del estudio realizado por el IGME para la mejora del abastecimiento a Los Rosales y Collejares.
SANTO TOMÉ	2.287	250	750	Aumentar la capacidad de almacenamiento hasta cubrir 1,5 veces la demanda punta	-	-	-	-	Realizar un estudio hidrogeológico en la zona central del término municipal, en materiales pertenecientes a la M.A.S 05.01 "Sierra de Cazorla", encaminado a la perforación de un sondeo o sondeos que garanticen el abastecimiento en periodos de escasez de aguas superficiales.
TORREDELCAMPO	13.961	425	9.900	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).	-	-	Urb. Megatín	Elevada	Llevar a cabo el sondeo recomendado en el estudio hidrogeológico "Investigación hidrogeológica como apoyo al abastecimiento de Torredelcampo (Jaén)", realizado en 2008 por el I.G.M.E..
TORREDONJIMENO	13.957	350	8.000	No se contemplan	-	-	-	-	Realizar un estudio hidrogeológico para proporcionar una alternativa mediante aguas subterráneas para emergencias.

Cuadro nº 14.- Prioridad de futuras actuaciones

MUNICIPIO	ACTUACIONES	PRIORIDAD	JUSTIFICACIÓN
ALCALÁ LA REAL	Acondicionar los manantiales de Fuente Somera, Fuente Corredera, Fuente Robledo, La Maleza-La Lastra y la Hoya de Charilla con sistemas de control de caudal y llevar a cabo un control del caudal drenado.	I	2
	Corregir la no accesibilidad visual al contador de energía eléctrica del sondeo de Abastecimiento a Mures y llevar a cabo su seguimiento. Una vez subsanado, realizar la encuesta de cuantificación correctamente.	I	2
	Instalar una tubería piezométrica en los sondeos de Hortichuela, Ermita Nueva y Charilla y llevar a cabo su seguimiento.	I	2
	Instalar un sistema de medida de caudal en los sondeos de Llanos I, II y III, Hortichuela, Ermita Nueva y Charilla y llevar a cabo su seguimiento.	I	2
	Una vez subsanadas estas deficiencias, realizar las encuestas de cuantificación de extracciones.	II	2
	Instalar espita tomamuestra en los sondeos de Llanos I, II y III, Hortichuela y Ermita Nueva.	I	2
	Recarga artificial en el Acuífero de Los Llanos.	I	3
ALCAUDETE	Acondicionar el manantial de Fuente Armuña con sistemas de control de caudal y llevar a cabo un control del caudal drenado así como protegerlo de caídas de elementos indeseables.	I	2,3
	Instalar una tubería piezométrica y de medida de caudal en los sondeos del Cerro de la Cal y Bobadilla y llevar a cabo su seguimiento.	I	2
	Una vez subsanadas estas deficiencias, realizar las encuestas de cuantificación de extracciones.	II	2
	Aumentar la capacidad de regulación de los depósitos para cubrir 1,5 la demanda punta.	II	2
BAILÉN	Realizar los estudios hidrogeológicos adecuados para disponer de un sistema de abastecimiento alternativo para el municipio.	II	3
BELMEZ DE LA MORALEDA	Acondicionar los manantiales de abastecimiento y llevar a cabo un control de los caudales drenados.	I	2
	Llevar a cabo un estudio hidrogeológico para realizar las captaciones oportunas para que no sea necesaria la captación de aguas superficiales.	II	3
CHILLUÉVAR	Instalar tubería piezométrica y caudalímetro en el sondeo de Los Vilchetes y llevar a cabo un seguimiento de los niveles y volúmenes bombeados.	I	2
	Realizar un estudio hidrogeológico encaminado a realizar un sondeo de investigación/explotación que complemente los caudales para abastecimiento.	I	3
LA GUARDIA DE JAÉN	Continuar con el control de caudales bombeados en los sondeos de abastecimiento y complementarlo con un control semanal de la evolución del nivel piezométrico.	I	2
	Aumentar la capacidad de regulación, lo que también facilitaría la disminución de los caudales instantáneos de bombeo.	II	2
	Poner en servicio el sondeo Castillo II según las recomendaciones del informe final de su construcción.	I	2
	Suprimir El vertido de ARU en las proximidades del sondeo Castillo II	I	1
GUARROMÁN	Aumentar la capacidad de almacenamiento.	II	2
	Acondicionar los manantiales de abastecimiento para poder medir el caudal drenado y llevar a cabo su seguimiento.	I	2
	Llevar a cabo un estudio hidrogeológico encaminado a la perforación de un nuevo sondeo que permita bombear caudales inferiores en los actualmente existentes y así evitar los descensos puntuales elevados en las captaciones	II	3
HINOJARES	Acondicionar el manantial de abastecimiento para poder medir el caudal drenado y llevar a cabo su seguimiento.	I	2
HUESA	Instalar un contador de energía eléctrica en el sondeo de Loma Pineda y realizar la encuesta de cuantificación.	I	2
	Llevar a cabo el seguimiento de la evolución del nivel piezométrico y de los volúmenes extraídos en el mismo sondeo.	I	2

MUNICIPIO	ACTUACIONES	PRIORIDAD	JUSTIFICACIÓN
JAMILENA	Instalar tubería piezométrica, caudalímetro y espita tomamuestras en el sondeo Castillo I	I	2
	Una vez instalado con la tubería piezométrica y los caudalímetro, realizar la encuesta de cuantificación correctamente y rediseñar, si procede, la instalación del sondeo.	II	2
	Llevar a cabo un seguimiento de la evolución del nivel, de los caudales bombeados y de las características fisicoquímicas del agua de los sondeos de abastecimiento.	I	2
MARTOS	Llevar a cabo el seguimiento de la evolución del nivel piezométrico, de los volúmenes extraídos en el mismo sondeo y del caudal drenado por los manantiales.	I	2
	Depurar las aguas residuales del municipio.	I	1
	Realizar un estudio hidrogeológico para la ubicación de un sondeo preventivo en las proximidades del manantial de La Maleza para su regulación	II	3
PEAL DE BECERRO	Instalar sistemas de control de caudal y realizar medidas periódicas en el manantial de La Majuealen los periodos en que drene así como instalar tubería piezométrica en los dos sondeos de abastecimiento y llevar a cabo un seguimiento de los niveles y volúmenes bombeados.	I	2
POZO ALCÓN	Aumentar la capacidad de almacenamiento hasta cubrir 1,5 veces la demanda punta	II	2
	Realizar un estudio hidrogeológico en el que se determine el origen de la supuesta contaminación del agua de los manantiales existentes en los núcleos de Pozo Alcón y Fontanar	III	1
QUESADA	Acondicionar los manantiales de abastecimiento para poder medir el caudal drenado y llevar a cabo su seguimiento.	I	2
	Instalar tubería piezométrica y caudalímetro en el sondeo del Hoyazo y llevar a cabo un control de la evolución del nivel piezométrico y de los caudales bombeados.	I	2
	Llevar a cabo las recomendaciones del estudio realizado por el IGME para la mejora del abastecimiento a Los Rosales y Collejares.	I	2
SANTO TOMÉ	Aumentar la capacidad de almacenamiento hasta cubrir 1,5 veces la demanda punta	II	2
	Realizar un estudio hidrogeológico en la zona central del término municipal, en materiales pertenecientes a la M.A.S 05.01 "Sierra de Cazorra", encaminado a la perforación de un sondeo o sondeos que garanticen el abastecimiento en periodos de escasez de aguas superficiales.	III	3
TORREDELCAMPO	Instalar sistemas de medida del caudal en los manantiales y llevar a cabo su seguimiento.	I	2
	Elaborar la encuesta de cuantificación completa.	II	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).	I	2
	Llevar a cabo el sondeo recomendado en el estudio hidrogeológico "Investigación hidrogeológica como apoyo al abastecimiento de Torredelcampo (Jaén)", realizado en 2008 por el I.G.M.E..	I	2
TORREDONJIMENO	Realizar un estudio hidrogeológico encaminado a proporcionar una alternativa de abastecimiento mediante aguas subterráneas para situaciones de emergencia.	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

7.1. – ESTADILLO DE CONTROL EN INSTALACIONES MUNICIPALES DE ABASTECIMIENTO

NOMBRE/Nº REGISTRO TOPONIMIA			TÉRMINO MUNICIPAL ENCARGADO				
FECHA/HORA	MEDIDA DE NIVEL		Hora puesta en marcha/Hora parada	Lecturas contador eléctrico	Lectura contador volumétrico	Lectura contador de horas	OBSERVACIONES (Incidencias o cambios realizados en la captación; determinaciones de caudal que se realicen a través de contadores volumétricos en intervalo determinado, u otros tipos de aforos; y determinaciones de potencia activa mediante la medida de rev/seg de rueda contador de activa).
	EN MARCHA	PARADA					

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.

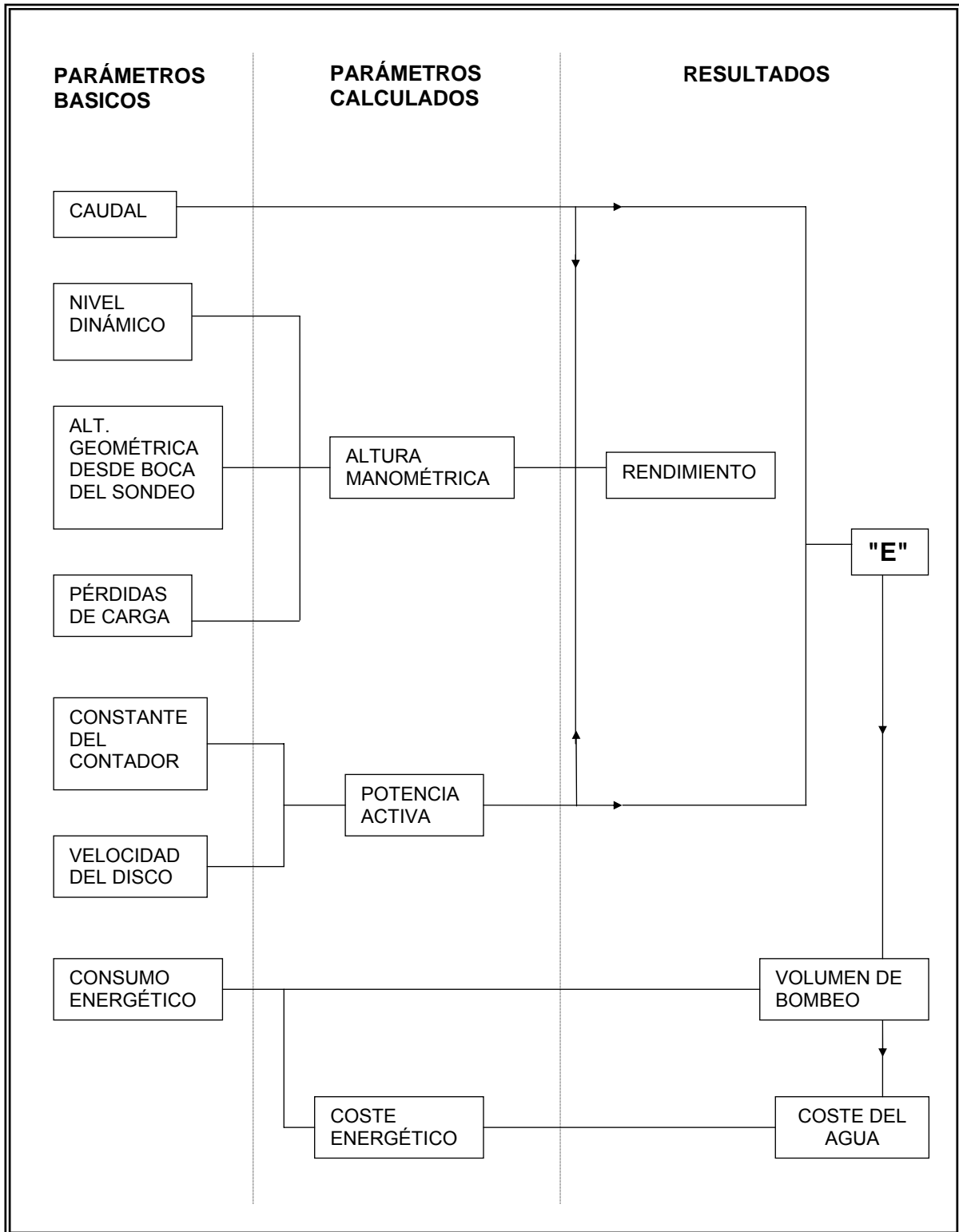


Figura 1. Esquema metodológico.

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 (detritico, 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