



MINISTERIO
DE MEDIO AMBIENTE

CONFEDERACIÓN
HIDROGRÁFICA
DEL SURESTE



**NUEVA APORTACIÓN AL
CONOCIMIENTO HIDROGEOLÓGICO DEL
ENTORNO URBANO DE MURCIA**

Abril 2007

ÍNDICE GENERAL

1	INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES.....	1
1.1	OBJETIVOS Y ALCANCE	3
1.2	UBICACIÓN GEOGRÁFICA Y GEOLÓGICA DE LA ZONA DE ESTUDIO	7
1.3	REDES DE CONTROL PIEZOMÉTRICO	12
2	ACUITARDO.....	20
2.1	DEFINICIÓN, LITOLÓGIA, GEOMETRÍA.....	20
2.2	FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLÓGICO	32
2.2.1	Aportaciones	32
2.2.2	Extracciones.....	38
2.2.3	Piezometría	47
2.2.4	Parámetros Hidráulicos	55
3	ACUÍFERO SUPERIOR (PRIMER NIVEL DE GRAVAS) DE MURCIA	57
3.1	DEFINICIÓN, LITOLÓGIA Y GEOMETRÍA	57
3.1.1	Consideraciones hidrogeológicas sobre la estructura del Primer Nivel de Gravas y su relación con el acuitardo	62
3.2	APORTACIONES	80
3.3	EXTRACCIONES.....	83
3.3.1	Sistemas de refrigeración con agua subterránea.....	84
3.3.2	Red Urbana de Riego (R.U.R.)	85
3.3.3	Pozos de uso industrial	93
3.3.4	Pozos de uso agrícola.....	96
3.4	PIEZOMETRÍA.....	112

3.4.1	Características hidráulicas y reservas.....	122
4	RELACIÓN DEL ACUÍFERO PROFUNDO CON EL RESTO DEL SISTEMA.	124
4.1	DEFINICIÓN Y GEOMETRÍA	124
4.2	APORTACIONES	138
4.3	EXTRACCIONES.....	141
4.4	PIEZOMETRÍA.....	145
4.5	CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS.....	151
5	RELACIÓN DEL ACUÍFERO PROFUNDO CON EL RESTO DEL SISTEMA.	156
6	CONCLUSIONES	168
7	BIBLIOGRAFÍA	176

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura nº 1. Localización de la zona de estudio.	7
Figura nº 2. Ubicación de los Piezómetros urbanos de la CHS.....	13
Figura nº 3. Esquema constructivo del Piezómetro Corto	15
Figura nº 4. Esquema constructivo del Piezómetro Largo.....	16
Figura nº 5. Situación de los sondeos profundos de la CHS. TM. Murcia.	18
Figura nº 6. Situación de los sondeos profundos de la CHS. Alicante.	19
Figura nº 7. Esquema constructivo y columna litológica del piezómetro P3C donde se cortaron arcillas margosas impermeabilizando las gravas inferiores del acuitardo superior.	22
Figura nº 8. Distintos piezómetros en los que se repite la misma estructura litológica, con un impermeable encima de las gravas.	23
Figura nº 9. Piezómetros en los que se encima de las gravas aparecen arenas, en conexión hidráulica con aquellas.	25
Figura nº 10. Isohipsas de techo del PRIMER NIVEL DE GRAVAS.	29
Figura nº 11. Columna litológica del piezómetro Largo negativo del barrio San Basilio. Obsérvese como en los 28 m. de profundidad primeros no aparece ningún indicio de gravas o arenas.....	31
Figura nº 12. Evolución de las precipitaciones en la estación 7182B, Fontes, Murcia.	33
Figura nº 13. Evolución de las aportaciones del Río Segura a Contraparada..	34
Figura nº 14. Esquema hidrodinámico de los achiques de sótanos. Tomado de SENENT ALONSO, M; 1995.....	43
Figura nº 15. Geometría del primer nivel de gravas.	59

Figura nº 16. Isopacas del primer nivel de gravas.....	60
Figura nº 17. Corte hidrogeológico del subsuelo del casco urbano de Murcia obtenido por correlación de la información disponible.	61
Figura nº 18. Perfil hidrogeológico esquemático del subsuelo del casco urbano de Murcia donde se aprecia la geometría del primer nivel de gravas.	62
Figura nº 19. Gráficos de evolución piezométrica en piezómetros pareados. ...	66
Figura nº 20. Gráficos de evolución piezométrica en piezómetros de EMUASA. Periodo 1994-1996.....	68
Figura nº 21. Mapa de isopiezas de los piezómetros de EMUASA del septiembre de 1995.	69
Figura nº 22. Gráficos de evolución piezométrica en piezómetros pareados (Palacio de Justicia y Museo de la Ciencia).	71
Figura nº 23. Gráficos de evolución piezométrica en piezómetros pareados (Polideportivo Santiago El Mayor).	73
Figura nº 24. Gráficos de evolución piezométrica en piezómetros pareados (Corte Inglés y Atalayas).	75
Figura nº 25. Mapa de isopiezas de los piezómetros CHS de julio de 2006. ...	79
Figura nº 26. Imagen aérea que muestra la ubicación de los sondeos de EMUASA (puntos rosa con texto en azul) y los piezómetros CHS (puntos naranjas con texto en amarillo) en el centro de Murcia.	92
Figura nº 27. Imagen aérea que muestra la ubicación sondeos de la Junta de Hacendados (puntos verdes), de los sondeos de EMUASA (puntos rojos) y los piezómetros IGME (puntos azules) en el centro de Murcia.	97
Figura nº 28. Gráfico de evacuación de material en un supuesto de 10 g/l de arrastre observado en campo.	100

Figura nº 29. Gráficos de evolución piezométrica, que se interpretan como evoluciones de superposición de bombeos cíclicos.....	118
Figura nº 30. Esquema de interpretación de superposición de radios de influencia.....	119
Figura nº 31. Gráfico de evolución piezométrica y precipitación. Edificio Volante Norte.	120
Figura nº 32. Gráfico de evolución piezométrica y precipitación. Edificio Volante Sur.	120
Figura nº 33. Croquis de los sondeos Barriomar y Malecón.....	126
Figura nº 34. Croquis del sondeo Alguazas (Aljucer, Murcia).	128
Figura nº 35. Esquema constructivo del sondeo Benejúzar.	130
Figura nº 36. Distribución de tubería filtrante en los sondeos CHS. Estimación de volumen de reservas.....	134
Figura nº 37. Modelo conceptual de Acuífero Profundo en el sector Murcia-Orihuela.....	140
Figura nº 38. Evoluciones piezométricas de los sondeos de la CHS.	145
Figura nº 39. Mapa de isotransmisividades de la Vega Media del Segura.....	152
Figura nº 40. Evolución teórica del radio de influencia en los sondeos de explotación.....	155
Figura nº 41. Diagráfia, columna litológica y croquis de entubación del sondeo 5.....	159
Figura nº 42. Evolución piezométrica en estático del sondeo nº 5 y del piezómetro Ermita de San Antón.	161
Figura nº 43. Esquema constructivo del piezómetro “MALECÓN RÍO” (P26L), ubicado junto al sondeo Malecón (Murcia).....	162

Figura nº 44. Evolución piezométrica en el sondeo Malecón y el piezómetro P26L.....	165
Figura nº 45. Evolución piezométrica en el sondeo Malecón y el piezómetro P26L a partir del día 28 de septiembre de 2.006.	166
Figura nº 46. Evolución piezométrica en el sondeo Malecón y el piezómetro P26L.....	167

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla nº 1. Piezómetros que captan el acuitardo	48
Tabla nº 2. Gráficos de evolución piezométrica de los piezómetros cortos.....	49
Tabla nº 3. Red Urbana de Riego (R.U.R.) de Emuasa	89
Tabla nº 4. Puntos de agua destinados a uso industrial.....	94
Tabla nº 5. Datos de extracción de los sondeos de uso industrial	95
Tabla nº 6. Puntos de agua destinados a uso agrícola, localizados dentro del perímetro del PRIMER NIVEL DE GRAVAS.....	107
Tabla nº 7. Puntos de agua destinados a uso agrícola, localizados fuera del perímetro del PRIMER NIVEL DE GRAVAS.....	108
Tabla nº 8. Volúmenes explotados en el año 2.006 en los puntos de agua destinados a uso agrícola, localizados dentro del perímetro del PRIMER NIVEL DE GRAVAS.....	109
Tabla nº 9. Volúmenes explotados en el año 2.006 en los puntos de agua destinados a uso agrícola, localizados fuera del perímetro del PRIMER NIVEL DE GRAVAS.....	111
Tabla nº 10. Piezómetros que captan el acuífero superior	112
Tabla nº 11. Gráficos de evolución piezométrica de los piezómetros Largos (en azul) y cortos (en naranja) actualizado a 17 de abril de 2007.....	114
Tabla nº 12. Características de los pozos con más de 100 m de profundidad.	143
Tabla nº 13. Volumen alumbrado por la batería de sondeos de la CHS del acuífero profundo en el año hidrológico 2005-2006.....	144

Tabla nº 14. Relación de parámetros hidráulicos estimados para el acuífero profundo de la Vega Media del Segura.	151
Tabla nº 15. Cálculo de coeficientes de almacenamiento en la Vega Media.	154
Tabla nº 16. Profundidades piezométricas medidas	165

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía nº 1. Imagen que muestra la maquina de perforación ejecutando un piezómetro, junto a la Plaza Castilla	27
Fotografía nº 2. Acequia de Barreras a su paso por el Barrio del Carmen, cerca de la estación de ferrocarril.	35
Fotografía nº 3. Imagen del embalse de la presa hinchable. Al fondo se ve la ciudad y la torre de la Catedral a la derecha.....	38
Fotografía nº 4. Vista del caudal de drenaje el 23 de agosto de 2006.	41
Fotografía nº 5. Vista del caudal de drenaje el 9 de marzo de 2007.	41
Fotografía nº 6. Bombeo de agua subterránea en un solar en la zona Norte de Murcia	45
Fotografía nº 7. Estado actual de sondeo de la Junta de Hacendados.....	99
Fotografía nº 8. Grietas en el entorno de un pozo por vaciado de material con el agua bombeada en el aforo.	101
Fotografía nº 9. Instalación de losa de hormigón armado para cubrir las subsidencias del terreno.	102
Fotografía nº 10. Ejemplo de arrastre mecánico de sedimentos.....	105
Fotografía nº 11. Granulometría de gravas y cantos del Sondeo nº 5.....	137
Fotografía nº 12. Distribución de sondeos de explotación en el entorno del piezómetro de la Ermita de San Antón.....	158
Fotografía nº 13. Situación del sondeo Malecón y piezómetro Malecón P26L.	163

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO Nº 1. Informe de estado de varios puntos de control de niveles piezométricos.

ANEXO Nº 2. Relación total de medidas piezométricas realizadas.

ANEXO Nº 3. Mapas de isopiezas. Golden Surfer:

- 3A: Mapas de isopiezas del acuífero superior.
- 3B: Mapas de isopiezas del acuífero profundo.

ANEXO Nº 4. Modelo sedimentológico del acuitardo. Hydrogeo analyst

ANEXO Nº 5. Columnas litológicas de los piezómetros de la CHS.

ANEXO Nº 6. Planos.

- Plano nº 1. Localización de la red de piezómetros de control de la CHS.
- Plano nº 2. Localización de los puntos de control de las acequias.
- Plano nº 3. Zonas de drenaje del acuitardo.
- Plano nº 4. Localización de los sondeos de la R.U.R. y de uso industrial.
- Plano nº 5. Localización de los pozos de uso agrícola.
- Plano nº 6. Localización de los sondeos del acuífero profundo.

1 INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

El presente estudio se realiza a petición de la Comisaría de Aguas de la Confederación Hidrográfica del Segura (en adelante CHS) para conocer la posible incidencia de la explotación de nuevos sondeos profundos de sequía, de titularidad pública, en el sistema hidrogeológico del entorno urbano de Murcia.

La actual situación de sequía 2005-2007 en la Cuenca del Segura ha obligado a buscar soluciones para paliar el déficit hídrico mediante la captación de aguas subterráneas.

Desde el principio, la Administración entendió que la ejecución y puesta en marcha de una batería de sondeos en las vegas media y baja del Segura, con destino a caudal ecológico y regadío, que minimizara los impactos sociales, económicos y medioambientales de dicha sequía, debía llevar asociado un estudio hidrogeológico. Dicho estudio incluiría el control de los volúmenes bombeados, las evoluciones piezométricas y demás circunstancias relacionadas y serviría de herramienta técnica en la toma de decisiones.

Dicho estudio debería partir del conocimiento existente hasta esa fecha e incorporar los nuevos datos obtenidos de las perforaciones, aforos, testificaciones geofísicas, volúmenes bombeados por la batería de sondeos de

sequía, actualización de inventarios de captaciones, estimación de las aportaciones y respuesta piezométrica a los bombeos.

Todo ello, para poder establecer modelos conceptuales que expliquen el funcionamiento hidrogeológico del sistema multicapa y que den pautas científicas para la gestión sostenible del mismo en periodos de sequía.

Por tanto, en este estudio se estructura, sintetiza e interpreta la nueva y muy abundante información geológica e hidrogeológica obtenida durante los trabajos de campo y gabinete efectuados en el marco de las obras de emergencia para paliar los efectos de la sequía en la Vega Media y Vega Baja del Segura, iniciados desde finales de julio de 2005 hasta abril de 2007.

Dicho estudio, se fundamenta en la información generada por la ejecución (previo diseño), seguimiento y control de una nueva red de 31 piezómetros urbanos de Murcia y una batería de 29 sondeos profundos, con unos 6 km lineales de columnas de perforación, distribuidas en 200 km² siguiendo el valle del Segura, desde Murcia a Benejúzar (Alicante).

Gracias a ello, el presente estudio aporta un nuevo enfoque al conocimiento del sistema hidrogeológico Vegas Media y Baja del Segura que posibilita la incorporación de importantes volúmenes de aguas subterráneas de aceptable calidad química para caudal ecológico, riego (e incluso en algún caso, para abastecimiento a poblaciones con escaso tratamiento).

Contribuyendo a una adecuada gestión conjunta de las aguas de la Cuenca del Segura.

El área de estudio se centra en el entorno urbano de Murcia, sin que se pueda evitar, para comprender los resultados obtenidos, incorporar información del resto del sistema hidrogeológico VEGAS MEDIA Y BAJA DEL SEGURA.

1.1 OBJETIVOS Y ALCANCE

El objetivo básico del presente estudio es la mejora del conocimiento del funcionamiento hidrogeológico del acuífero multicapa de la Unidad Hidrogeológica Vega Media y Baja del Segura 07.28, fundamentalmente del tramo superior del acuífero y en el entorno del casco urbano de Murcia.

Para ello se plantearon los siguientes objetivos:

1. Revisión y actualización del inventario de puntos de agua del casco urbano de Murcia y de la zona de huerta próxima.
2. Distribución y volumen de agua bombeada para el drenaje de sótanos de edificios, túneles y vaciado de solares en construcción.
3. Distribución, características constructivas, grupos de bombeo y volumen de agua bombeada de los sondeos:
 - Municipales de riego de los jardines de Murcia.
 - Refrigeración de edificios.

- Riego e industria en el entorno del casco urbano de Murcia.
4. Distribución, características y estimación del volumen circundante e infiltrado al acuitado de la red de acequias que atraviesan el casco urbano de Murcia.
 5. Seguimiento de la evolución piezométrica de la red CHS, sondeos propios de la CHS, piezómetros de la Empresa Municipal de Aguas de Murcia (EMUASA) y otros organismos oficiales que operan en el área de estudio. Todo ellos para detectar zonificaciones espaciales de la profundidad del nivel freático o piezométrico.
 6. Incorporación y análisis de la información hidrogeológica obtenida de la batería de los nuevos sondeos profundos de sequía realizados por la CHS en los años 2005 y 2006.

Dentro de las labores de campo realizadas se han identificado las infraestructuras de captación existentes en el casco urbano de Murcia (sondeos, pozos o drenajes subterráneos, etc.); determinando el tramo acuífero captado, así como el caudal instantáneo y volumen extraído.

Para ello, se han realizado visitas de campo “in situ” a los distintos sondeos, pozos y puntos de extracción de la zona de estudio, tanto dentro como en el extrarradio del casco urbano. Se han visitado industrias, comunidades de regantes, regantes particulares, comunidades de vecinos, aparcamientos públicos, etc. Estos trabajos de campo se realizaron durante la segunda mitad del año 2006.

Durante la toma de datos de campo, la Comisaría de Aguas de la CHS, ha remitido una petición oficial de información a la Empresa Municipal de Aguas de Murcia (EMUASA) para cuantificar el volumen de extracción de estas instalaciones subterráneas (sótanos y excavaciones que achican el agua a la red de alcantarillado), íntimamente relacionadas con la explotación del nivel superior del acuífero, sin que hasta el momento se halla recibido contestación. Este hecho ha imposibilitado realizar un balance preciso de la zona superficial del sistema multicapa en el casco urbano de Murcia.

Simultáneamente, se han llevado a cabo una serie de campañas de control piezométrico cuya periodicidad y frecuencia han sido determinadas por el Director del Estudio D. Luis Francisco Turrión Peláez, efectuándose un seguimiento de la red CHS (en ocasiones horario, y en otras semanal) de los niveles piezométricos en Murcia.

Esta información piezométrica obtenida al término de cada campaña ha sido entregada, prácticamente en tiempo real, a la Dirección del Estudio para su análisis en la Comisaría de Aguas.

Posteriormente, en gabinete, se ha revisado la información de inventario recopilada, ordenando y estructurando su contenido, llevándose a cabo el tratamiento informático de los datos mediante el software más actualizado de la empresa Schlumberger Water Service denominado HydroGeo Analyst (Sistema de Análisis de Información de Sondeos).

En dicho análisis se establece la correlación de las columnas litológicas de los sondeos y piezómetros de la CHS para el estudio y definición de tramos acuíferos superiores (ACUITARDO Y PRIMER NIVEL DE GRAVAS) y del acuífero profundo.

También y siguiendo las indicaciones de la Dirección de Estudio, se elaboraron una serie de informes de afección puntual a determinados piezómetros ejecutados y/o controlados por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME en adelante), con objeto de determinar la procedencia de la afección registrada. Dichos informes se recopilan monográficamente en el Anexo nº 1 del presente texto.

El informe que a continuación se redacta, se estructura de acuerdo con la distribución de tramos acuíferos que se diferencian, tanto lateralmente como en profundidad: acuitardo, acuífero superior y acuífero profundo.

Por lo relevante que ha sido la información aportada por la nueva red de piezómetros CHS, antes de entrar en la caracterización del sistema multicapa, se profundizará en el diseño y ejecución de esta novedosa red, porque se considera de vital importancia para entender el funcionamiento hidrogeológico descubierto en la “epidermis” urbana del mismo.

1.2 UBICACIÓN GEOGRÁFICA Y GEOLÓGICA DE LA ZONA DE ESTUDIO

La zona de estudio se localiza en el casco urbano de Murcia y sus alrededores. Los límites geográficos más característicos son: por el Norte, la línea formada por las pedanías de Espinardo, Zarandona y Casillas; por el Este Puente Tocinos y Rincón de Villanueva; por el Sur, Aljucer, Barrio del Progreso y Patiño; y por el oeste, Rincón de Beniscornia, La Albatalía y La Arboleja. Ver Figura nº 1.

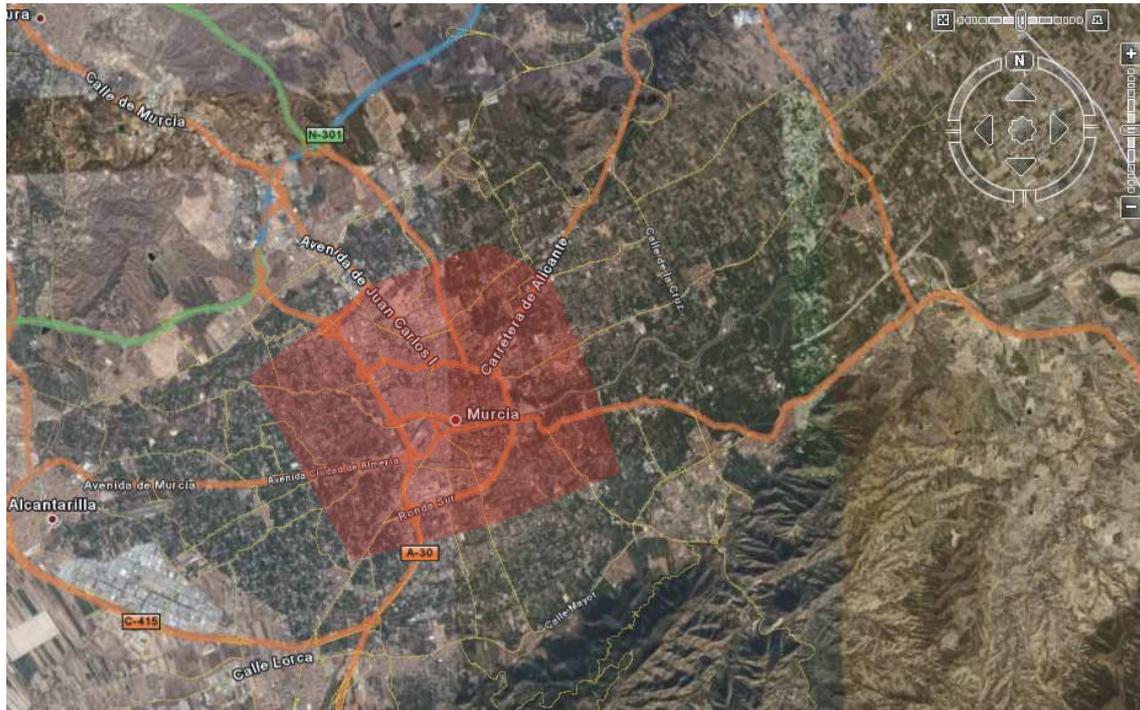


Figura nº 1. Localización de la zona de estudio.

Geológicamente, esta zona se engloba dentro de las Cordilleras Béticas, que forman, junto con el Rift, la terminación occidental del Orógeno Alpino Perimediterráneo, desde el Estrecho de Gibraltar hasta Asia Menor.

La cadena Bético-Rifeña presenta una complicada estructura en mantos de corrimiento, originada durante el Terciario, permitiendo la colisión de dos grandes Placas tectónicas: la Africana y la Ibérica.

En épocas anteriores, durante el Mesozoico y Terciario inferior, estas placas estuvieron bordeadas por extensos márgenes continentales. Los sedimentos depositados en los márgenes sudibérico y norteafricano se reconocen en la actualidad en las Zonas Externas de la Cordillera Bética y del Rift.

Entre ambos márgenes se situaba un extenso y complejo dominio paleogeográfico marino, pero en el que también había áreas muy someras o incluso emergidas. Coexistían por tanto, cuencas profundas y estrechas, de carácter oceánico, y bloques tectónicamente muy móviles de corteza continental recubierta de formaciones sedimentarias.

Las rocas que constituyen estos bloques corticales intermedios aparecen en la actualidad intensamente deformadas y en buena parte metamorfizadas, formando las Zonas Internas de las cordilleras Béticas.

Los sedimentos que se depositaron en las cuencas marinas más profundas forman los Complejos de los Flyschs y ciertas unidades metamórficas de carácter ofiolítico incluidas en los materiales Nevado-Filábrides de las Zonas Internas Béticas.

Estas Zonas Internas Bético-Rifeñas conforman una única entidad estructural mayor, denominada Bloque de Alborán, y es una microplaca situada entre Europa y África que se individualizó como consecuencia de las deformaciones que produjeron entre el Paleógeno y el Mioceno Inferior.

Este proceso culminó con la estructuración en mantos de corrimiento de las Zonas Internas Bético-Rifeñas. Como consecuencia de la migración hacia el Oeste del bloque de Alborán, a favor de grandes accidentes transcurrentes y cabalgantes, se abrieron las cuencas oceánicas Argelo-Balear y del Este de Alborán.

Sobre este conjunto orogénico se superpone una antefosa, la Depresión del Guadalquivir, una depresión interior que se corresponde esencialmente con el mar de Alborán y una serie de depresiones intramontañosas como es el caso de las depresiones de Granada, Guadix-Baza, Fortuna, Guadalentín o Vegas del Segura.

Durante el Neógeno y el Cuaternario estas fosas tectónicas son rellenadas por potentes series de sedimentos que se apoyan discordantemente

sobre los materiales de las Zonas Externas e Internas que conforman su basamento.

Estas cuencas evolucionan en sincronía con la actividad tectónica. En efecto, se pueden diferenciar dos tipos: las depresiones formadas durante el Mioceno Inferior y Medio, que presentan un carácter típicamente sinorogénico, y las cuencas postorogénicas, formadas a partir del Tortoniense, que también están afectadas por deformaciones geotectónicas más tardías, y en muchas ocasiones presentan orientaciones estructurales distintas a las típicas de la Cordillera Bética.

La Vega Media y Baja del Segura es una de esta depresiones tardías formada durante el Mioceno y Plio-Cuaternario, por el acomodo de las grandes estructuras de la Cordilleras Béticas y rellenada por materiales detríticos depositados durante el Plioceno y Cuaternario.

El sistema acuífero multicapa de la Vega Media del Segura se formó, por tanto, por el relleno sedimentario de tipo continental, (que en algún momento incluso pudo incluir episodios marinos someros) a partir de abanicos aluviales asociados a los frentes montañosos de fallas activas que limitan la cuenca.

Estos sedimentos fueron retrabajados sincrónica y sucesivamente por corrientes tractivas fluviales de alta energía, que alternaban con desbordamientos tranquilos de los cursos fluviales, donde se depositarían potentes estratos arcillosos de llanura de inundación. Estos cambios en la

energía de la corriente pueden estar en relación con la actividad neotectónica y con movimientos isostáticos continentales que llegan a desplazar la línea costera hacia el interior.

Sobre estos abanicos y en cambio lateral de facies se depositan sedimentos transportados por el Río Segura, provenientes de la cabecera y relieves circundantes. Se trata, en la actualidad, de un sistema fluvial tipo meandriforme, es decir, un canal único de alta sinuosidad, sometido a una fuerte presión antrópica. El curso se encuentra encauzado, artificialmente, desde la cabecera (Contraparada) hasta su desembocadura en Guardamar. Es muy común la existencia de meandros abandonados que constituyen en su mayoría zonas verdes de Dominio Público Hidráulico.

Los regímenes de energía del río en la Vega Media, durante el Holoceno, en función de la correlación efectuada, evidencian, sistemas tipo “Braided” en cabecera y sistemas anastomosados hacia zonas más distales que intercalan periodos de muy alta energía que dan paso a inundaciones de baja energía y depósito de materiales finos (grandes paquetes de arcillas y limos). Estos periodos de alta energía es probable que estén relacionados con el deshielo post-glaciación.

1.3 REDES DE CONTROL PIEZOMÉTRICO

Para el tratamiento y análisis de la evolución piezométrica en los tres tramos acuíferos considerados, se cuenta con una red integrada por 60 nuevos puntos que se distribuyen de la siguiente manera:

- Piezómetros urbanos Cortos: 17 piezómetros
- Piezómetros urbanos Largos: 14 piezómetros
- Sondeos profundos: 29 sondeos

Más concretamente la red de piezómetros urbanos de la CHS consta de 31 puntos de control distribuidos por los distintos barrios de Murcia capital.

De ellos, 17 se ejecutaron para captar el acuitardo (Piezómetros cortos): emplazados en la “piel” del sistema hidrogeológico multicapa, y 14 para captar las gravas que se encuentran inmediatamente por debajo de él (Piezómetros largos). Del los 31 totales, en 10 casos se han construido los piezómetros por parejas de largos y cortos en la misma ubicación, equidistando 2 m.

De esa forma, ha sido posible observar, por primera vez, la evolución en 10 puntos del casco urbano de Murcia de ambos tramos litológicos de forma individualizada e independiente. En la Figura nº 2 se muestra la ubicación de esta nueva red de piezómetros.

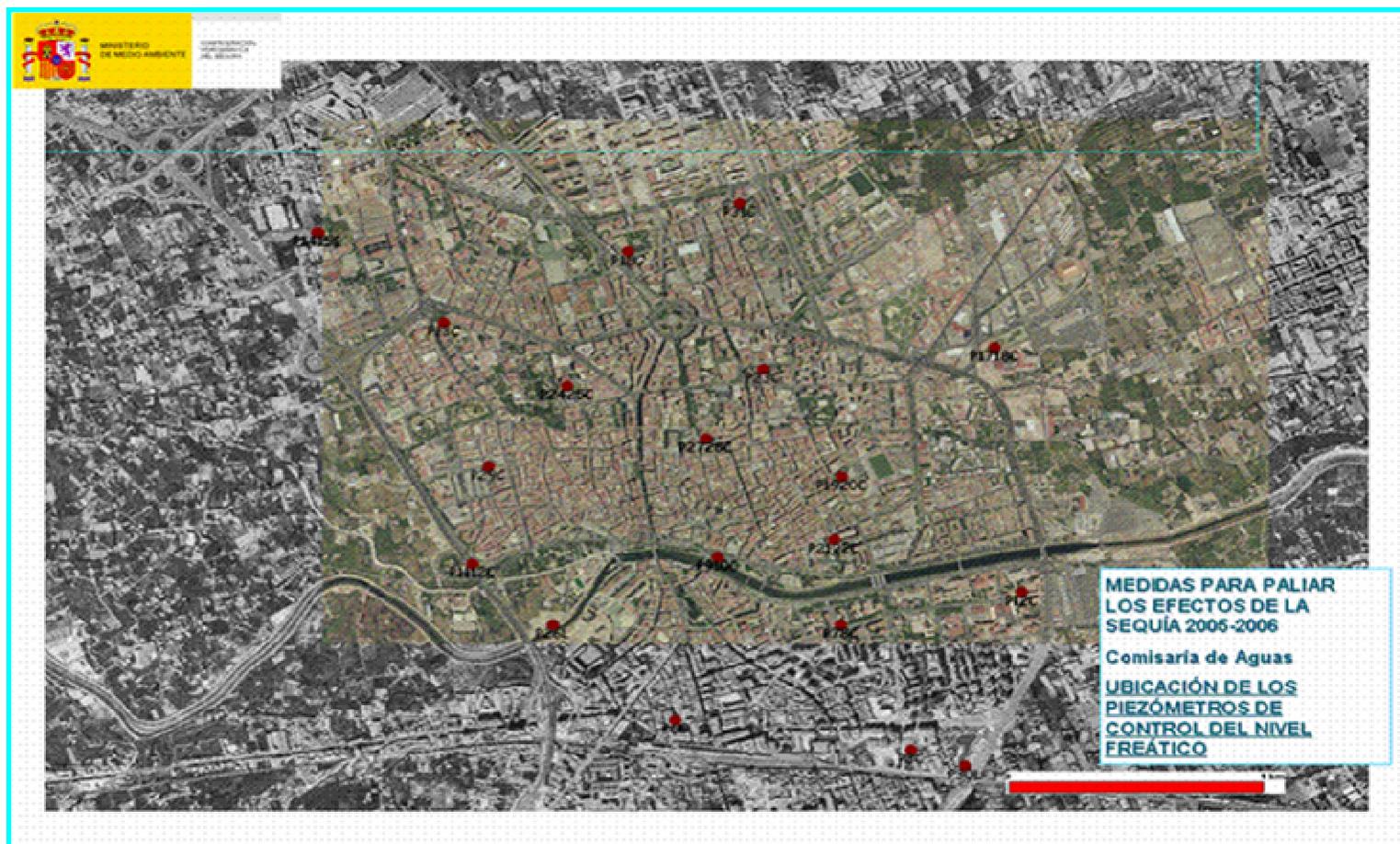


Figura nº 2. Ubicación de los Piezómetros urbanos de la CHS

Todos estos piezómetros se encuentran nivelados topográficamente con una precisión de ± 2 cm.

El método de perforación empleado es de rotación directa mediante corona, con recuperación de testigo continuo. Durante la perforación, cuando se alcanzaba el primer nivel de gravas (acuífero superior), se procedía de dos formas:

- Piezómetro Corto- Acuitardo: Se cementa la parte final del sondeo, entre 1 y 2 m. para sellar y aislar el flujo ascendente procedente de las gravas. Luego se entubaba el resto de la perforación con tubería ciega de PVC ranurando los dos metros inferiores. El espacio anular se rellena de grava silíceo subredondeada homométrica de 2-4 mm. de diámetro. Este piezómetro capta, por tanto, solamente el agua contenida en los estratos situados por encima del primer nivel acuífero (primer tramo permeable constituido por gravas) y se denomina Piezómetro Corto. Ver Figura nº 3.

ESQUEMA CONSTRUCTIVO DE UN PIEZÓMETRO CORTO (ACUITARDO)

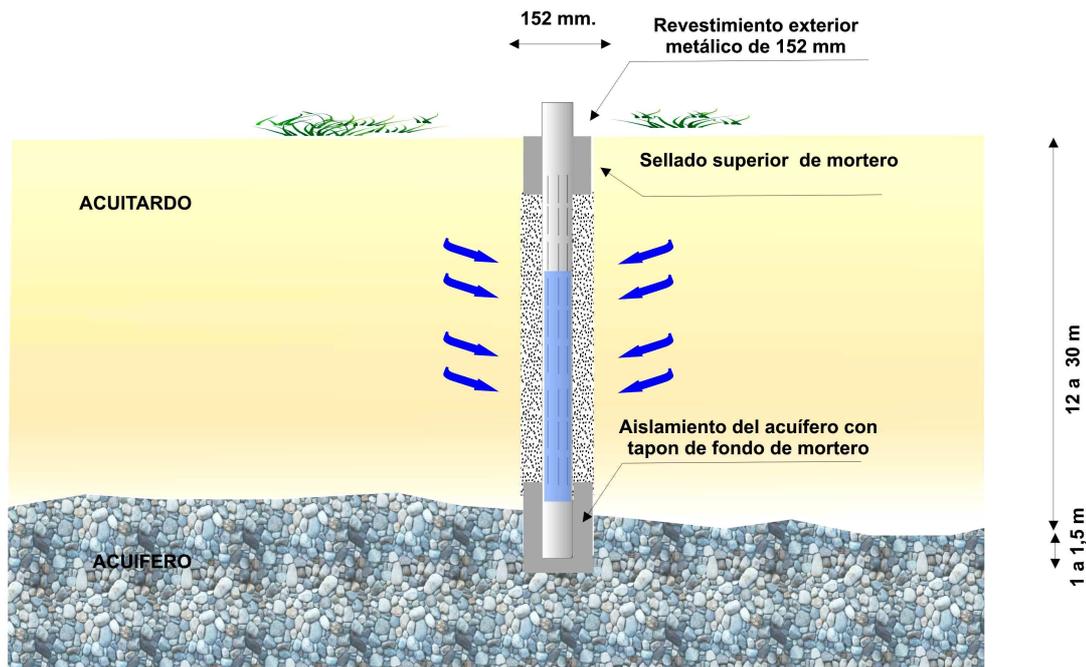


Figura nº 3. Esquema constructivo del Piezómetro Corto

- Piezómetro Largo- Primer nivel de gravas: Se continúa la perforación penetrando en las gravas unos 2 m más. Luego, se ranura la tubería de PVC únicamente en la zona enfrentada a las gravas. Se engravilla esta parte profunda, se sella el techo del nivel permeable mediante una capa de bentonita “en pelets” y el resto del sondeo se cementa hasta la boca, aislando los tramos superiores. El piezómetro capta solamente del

acuífero el primer nivel de gravas y está aislado del acuitardo suprayacente. Se denomina Piezómetro Largo. Ver Figura nº 4.

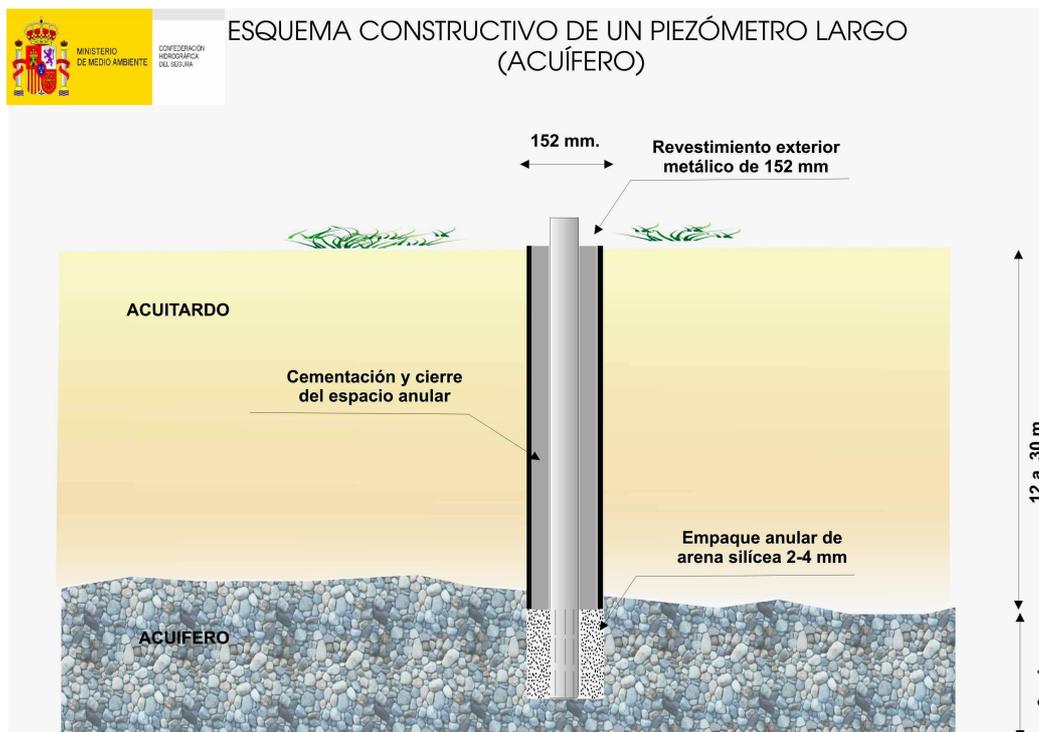


Figura nº 4. Esquema constructivo del Piezómetro Largo

Esta red piezométrica se complementa con la red de sondeos profundos ejecutados por la CHS para su explotación. Son 29 sondeos con profundidades comprendidas entre 200 y 300 m.

Estos sondeos captan los niveles inferiores del sistema multicapa (acuífero profundo) y tienen su parte superior (entre 40 y 80 m) aislada con tubería ciega y cementada, para evitar la interconexión del agua de los sedimentos superficiales y del primer nivel de gravas (acuífero superior) a través del propio sondeo.

Por tanto, las piezometrías obtenidas en estos sondeos reflejan la evolución del nivel piezométrico resultante de los distintos estratos de gravas productivos existentes, aproximadamente, desde la cota del nivel del mar hasta los 200 m de profundidad. Todos ellos confinados por potentes paquetes de arcillas impermeables suprayacentes.

Dichas evoluciones, como se verá, son independientes de las de los niveles superiores, acuitado y acuífero superior (ver apartado 4).

También se ha contado con datos de piezometría de otros puntos de control, pertenecientes al Instituto Geológico y Minero de España (IGME), realizados a finales de los años 90, a los que se les ha realizado un seguimiento detallado.

En la Figura nº 5 y Figura nº 6 se muestra la ubicación de los sondeos en la Vega Media y Vega Baja respectivamente.



Figura nº 5. Situación de los sondeos profundos de la CHS. TM. Murcia.

MEDIDAS PARA PALIAR LOS EFECTOS DE LA SEQUÍA 2005-2006 UBICACION DE LOS SONDEOS EJECUTADOS EN LA VEGA BAJA DEL SEGURO

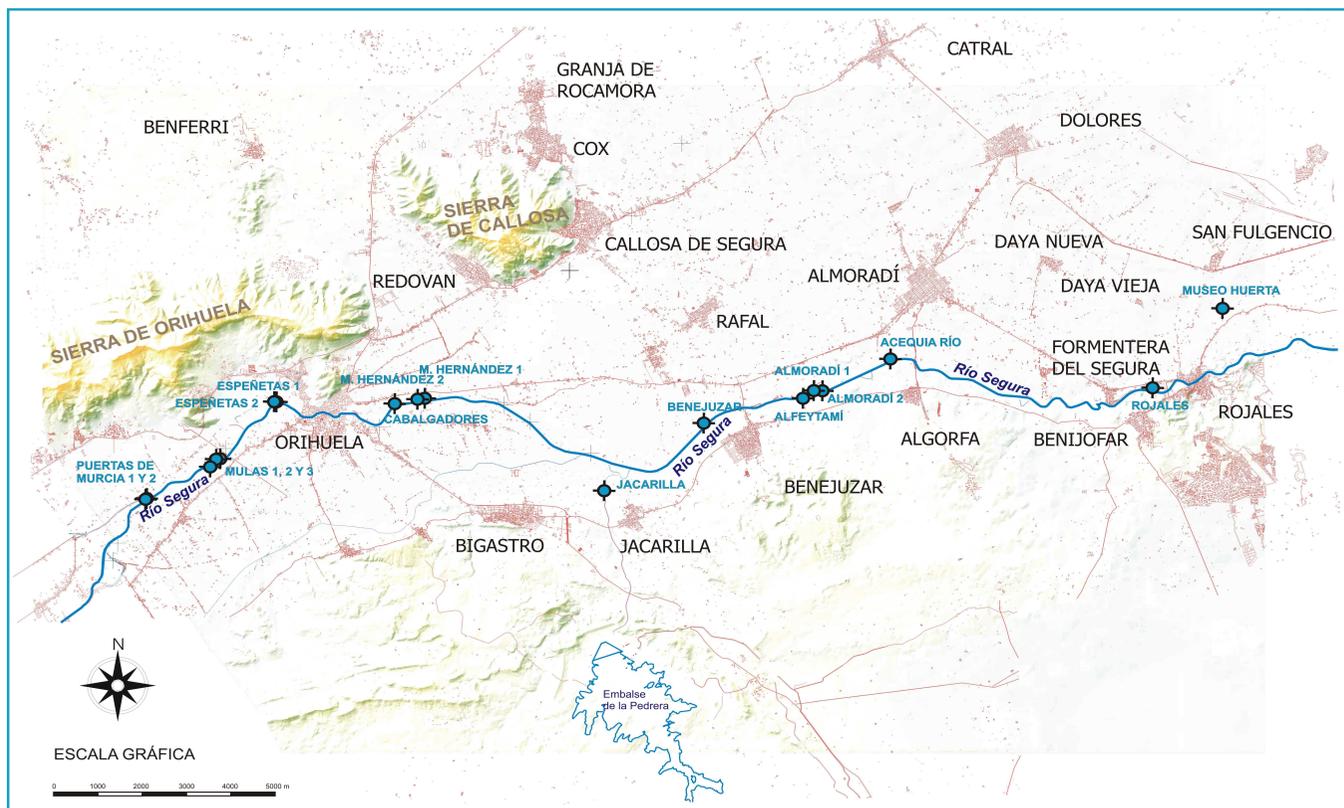


Figura nº 6. Situación de los sondeos profundos de la CHS. Alicante.

2 ACUITARDO

2.1 DEFINICIÓN, LITOLOGÍA, GEOMETRÍA

El acuitardo de Murcia (cuya primera referencia bibliográfica la encontramos en el estudio de SENENT ALONSO, M; 1995 (1)) constituye la franja más superficial del relleno detrítico de la vega de Murcia y consta de una alternancia de arcillas, limos, arenas finas (y ocasionalmente pasadas decimétricas de gravas arenosas), con gran heterogeneidad tanto vertical como horizontal y con un espesor variable entre 12 y 50 m según el mismo autor.

A techo, tiene un tramo de relleno antrópico, de entre 0,5 y 4 m, y la base se apoya unas veces sobre sedimentos de mayor permeabilidad (arenas), y en otras por materiales prácticamente impermeables (arcillas y limos arcillosos).

Las columnas litológicas de los recientes piezómetros urbanos ejecutados por la CHS, han puesto de manifiesto la existencia de dos esquemas sedimentarios diferentes en la base del acuitardo en función de la zona de la ciudad donde nos encontremos:

(1) INFORME HIDROGEOLÓGICO SOBRE LOS EFECTOS DE LA SEQUÍA EN LOS EDIFICIOS DE LA CIUDAD DE MURCIA. Murcia, noviembre de 1995. UNIVERSIDAD DE MURCIA, INSTITUTO DEL AGUA.

- En el sector Sur y Sureste del casco urbano, debajo del acuitardo hay varios metros de arcillas (ocasionalmente con pasadas de arcillas margosas) que lo independizan de las gravas infrayacentes.

En este sector, el acuitardo tiene un nivel freático distinto e independiente del nivel piezométrico de las gravas inferiores, como se demostrará más adelante. Se han constatado diferencias de cota topográfica de hasta 2 m entre el nivel freático del acuitardo y el nivel piezométrico de las gravas cautivas inferiores, medidos en dos piezómetros distantes 2 m entre sí (ver Figura nº 7 y Figura nº 8).

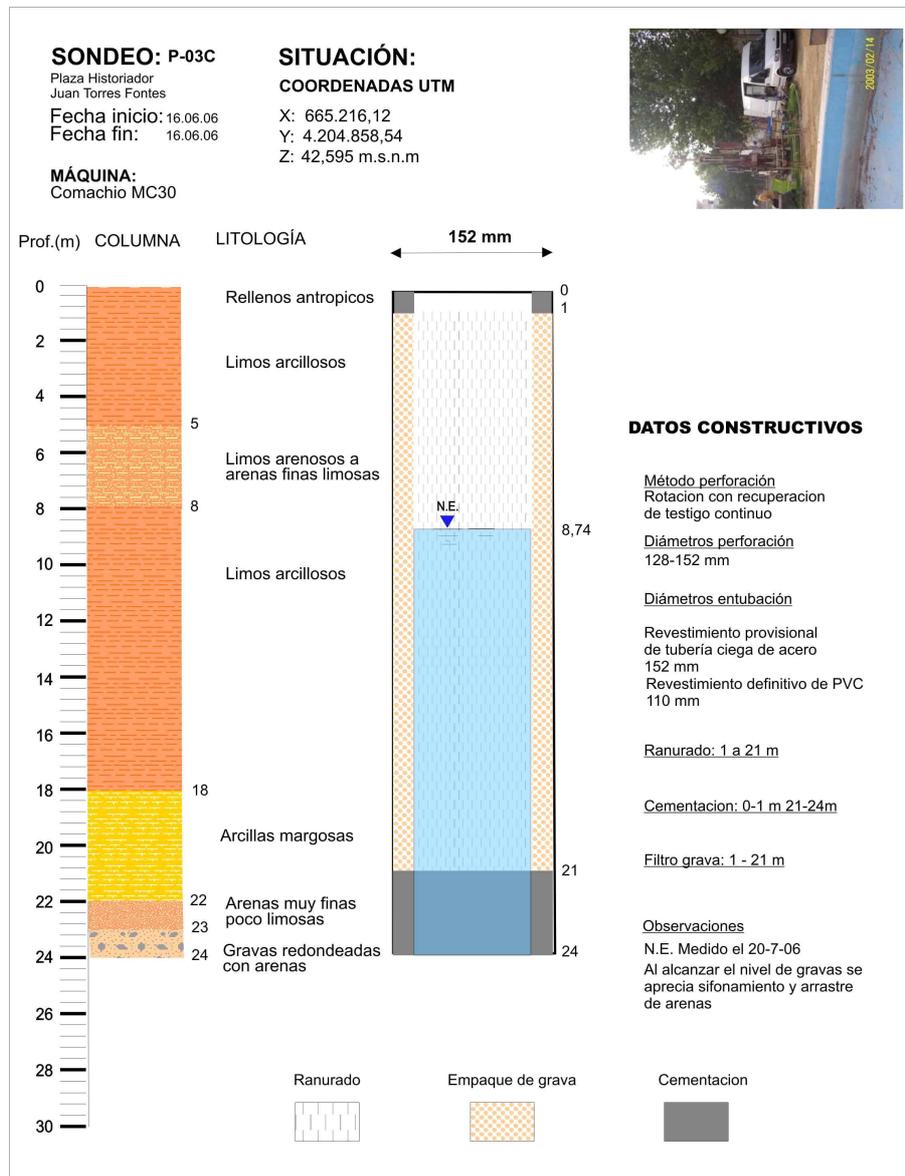


Figura nº 7. Esquema constructivo y columna litológica del piezómetro P3C donde se cortaron arcillas margosas impermeabilizando las gravas inferiores del acuitardo superior.

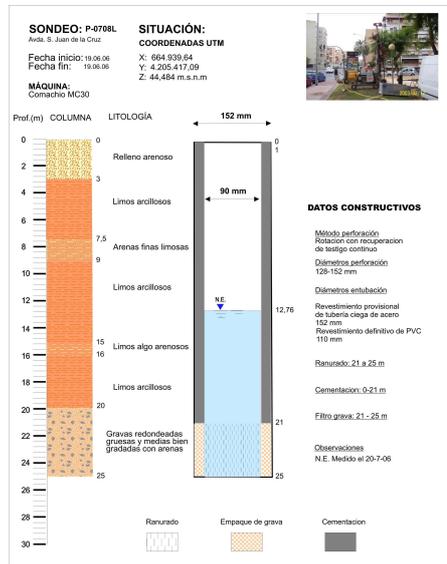
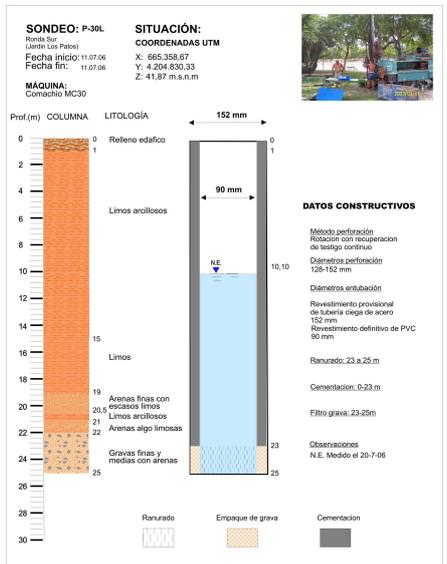
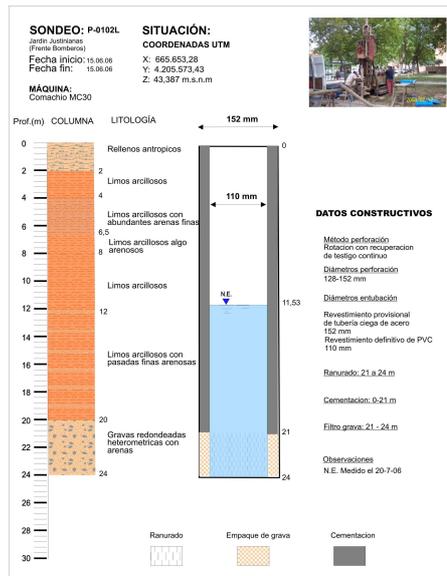
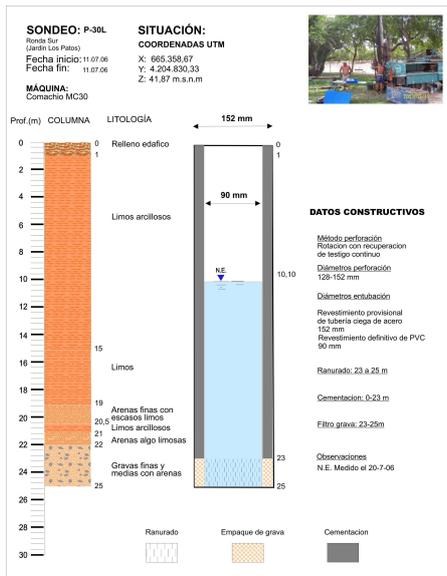


Figura nº 8. Distintos piezómetros en los que se repite la misma estructura litológica, con un impermeable encima de las gravas.

Y, en otro caso, debajo del acuitardo hay varios metros de limos arenosos y arenas finas (centro urbano, sector Norte y Noreste). En estas zonas el nivel freático y piezométrico coinciden y es único. El nivel del agua en el acuitardo y en las gravas tiene la misma cota topográfica. Dichas arenas están conectadas hidráulicamente con el primer nivel de gravas que se encuentra a continuación y a más profundidad (ver Figura nº 9).

Esta reciente constatación litológica, unida a las exhaustivas medidas que se vienen haciendo de sus niveles, es de vital importancia para el conocimiento hidrodinámico del entorno hidrogeológico del casco urbano de Murcia.

Pone de manifiesto, como más adelante se detallará, la existencia de dos niveles piezométricos claramente diferenciados en la mitad sur de Murcia y cuya evolución en el tiempo no tiene exactamente las mismas causas.

También, que históricamente es el nivel piezométrico de las gravas cautivas, que descansan bajo el acuitardo, es el que se ha tomado como referencia del nivel freático.

Sus fluctuaciones, con mínimos piezométricos registrados a mediados de los años 90, se han relacionado con desecaciones del terreno. En cambio, ni cuando se alcanzaron aquellos mínimos, dejaron de encontrarse cautivas dichas gravas, por estar saturadas y confinadas en este sector.

El agua contenida que rellena sus poros se encuentra a presión debida a su confinamiento (es decir, con el nivel piezométrico muy por encima del techo de dichas gravas). Entraremos en este descubrimiento de vital importancia más adelante, porque abre la puerta a un nuevo modelo conceptual del sistema hidrogeológico de Murcia.

Siguiendo con el acuitardo, añadiremos que subyacente al mismo y como antes se ha dicho, aparece el primer estrato de gravas, que denominaremos aquí acuífero “PRIMER NIVEL DE GRAVAS”.

Presenta una potencia de varios metros de espesor de gran continuidad lateral y está constituido por gravas gruesas y cantos, muy redondeadas limpias y lavadas. Son muy transmisivas y tienen un alto coeficiente de almacenamiento.

La profundidad a la que se encuentran estas gravas es variable, oscilando entre los 10 y 25 m.



Fotografía nº 1. Imagen que muestra la maquina de perforación ejecutando un piezómetro, junto a la Plaza Castilla

El acuitardo se comporta, en líneas generales, como un acuífero libre con una muy baja Transmisividad, de permeabilidad baja a muy baja ($< 10^{-6}$ m/s) y escasa porosidad eficaz.

Este paquete limo arenoso-arcilloso, se extiende por toda la vega de Murcia hacia Orihuela, donde lateralmente va cambiando a facies únicamente arcillosas altamente plásticas e impermeables.

En los bordes de las sierras y relieves que encajonan la Vega Media se observa un cambio lateral hacia facies más groseras (de mayor permeabilidad) que conforman depósitos neógenos de ladera, fundamentalmente rellenos de pie de monte y conos de deyección en conexión hidráulica en profundidad con los niveles profundos de gravas.

A partir de los datos de columnas litológicas de los piezómetros CHS, de la batería de sondeos profundos de las obras de emergencia de sequía de reciente ejecución, de la información litológica existente de pozos de EMUASA y de otros sondeos (cuya información se considera fiable) se han generado un mapa de isohipsas (isopropiedades en cota m s.n.m.) del techo del PRIMER NIVEL DE GRAVAS y que da idea de la profundidad hasta la que llega el ACUITARDO en cada zona del entorno estudiado.

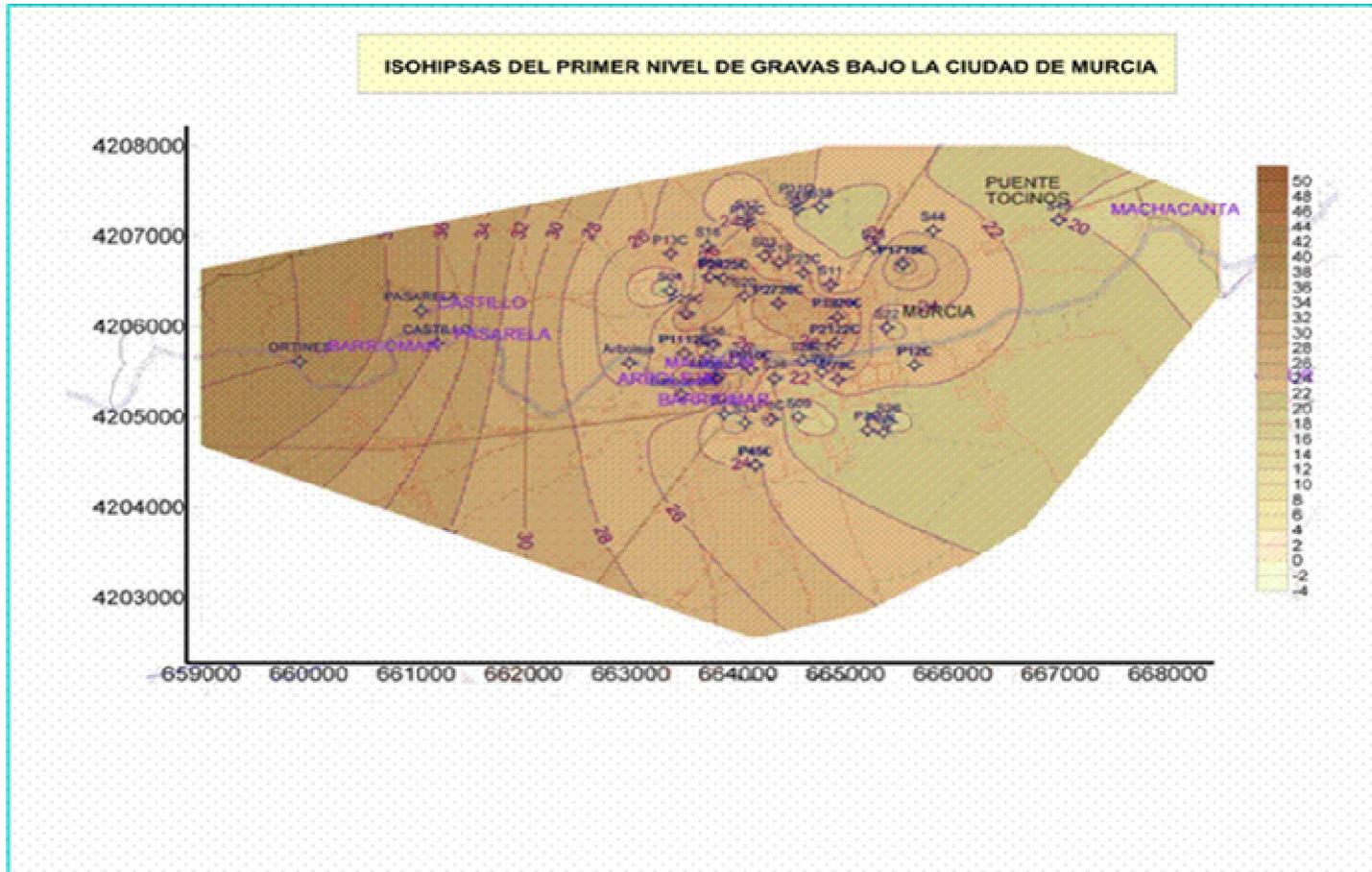


Figura nº 10. Isohipsas de techo del PRIMER NIVEL DE GRAVAS.

En la anterior Figura nº 10 se ve que el techo del PRIMER NIVEL DE GRAVAS tiene una cota más elevada al Oeste de la ciudad (Rincón de Beniscornia) que paulatinamente se hunde en dirección Este, aguas abajo del Río Segura.

Por tanto, en la cabecera (aguas arriba de la ciudad de Murcia), el muro del ACUITARDO se encuentra más cerca de la superficie y va descendiendo hacia el Este (zona de la Machacanta, Alquerías, Beniel), adquiriendo cada vez más espesor en este recorrido.

Veremos más adelante que este hundimiento del techo de las gravas infrayacentes hacia levante, no es tal. Más bien, lo que se deduce de la correlación de todas las columnas litológicas, es que EL PRIMER NIVEL DE GRAVAS se acuña hasta desaparecer hacia el Este. De tal forma que en la confluencia del Río Segura y el Río Guadalentín, estas gravas ya no están. El hueco dejado es sustituido por potentes paquetes arcillosos.

Tampoco se encuentran estas gravas en la zona del Ranero y Espinardo. Aquí el ACUITARDO tiene más de 50 m de espesor lo que evidencia un acuñamiento lateral del PRIMER NIVEL DE GRAVAS también por el Norte (ver Figura nº 11).

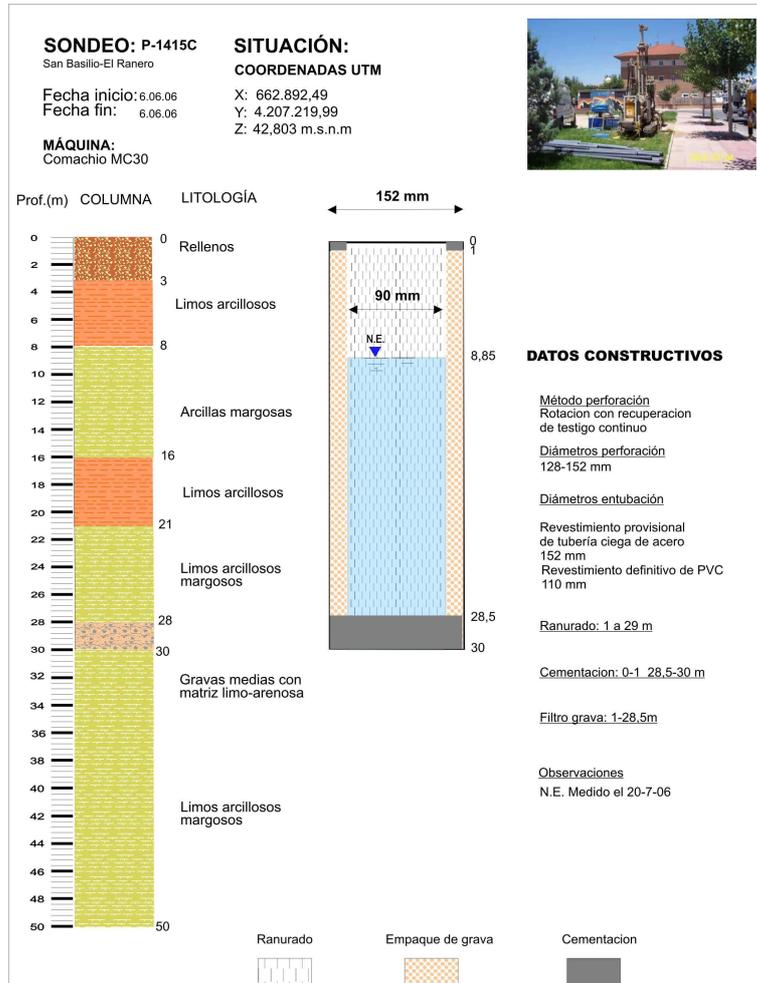


Figura nº 11. Columna litológica del piezómetro Largo negativo del barrio San Basilio. Obsérvese como en los 28 m. de profundidad primeros no aparece ningún indicio de gravas o arenas.

Podemos añadir también que el espesor del acuitado en el centro de la zona urbana es mayor en el Barrio de San Andrés (estación de autobuses-Museo Salzillo) y en la zona de La Condomina-La Fama (18-20 m), y menor al Norte y Oeste del centro urbano (unos 12 m).

Así, podemos considerar un espesor medio del acuitado en el entorno urbano de Murcia, aunque variable, de 15 m.

2.2 FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLÓGICO

2.2.1 Aportaciones

Las aportaciones al acuitado se deben principalmente a recarga por infiltración directa de agua de lluvia o escorrentía. En la Figura nº 12 se muestra la evolución de las precipitaciones en la estación pluviométrica localizada en la sede de CHS, Plaza Fontes.

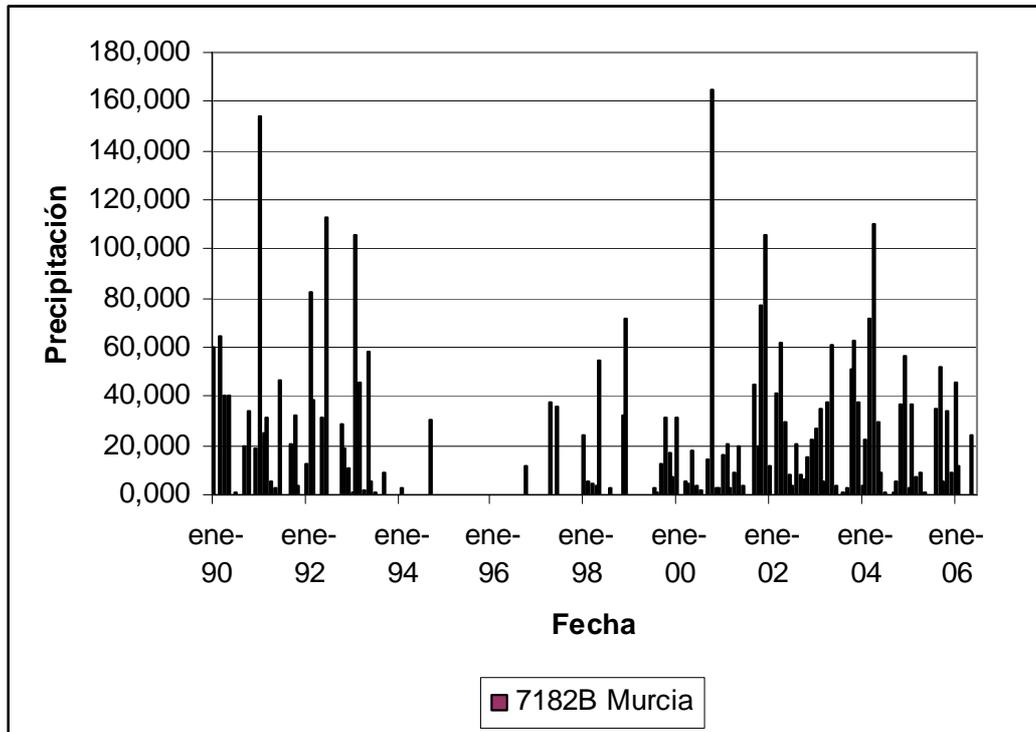


Figura nº 12. Evolución de las precipitaciones en la estación 7182B, Fontes, Murcia.

Otra fuente de recursos procede de la infiltración por pérdidas en la red de acequias que se ramifica por Murcia. Estas canalizaciones tienen sus paredes laterales de obra de mampostería. Sin embargo, el fondo de las mismas se encuentra sin impermeabilizar, por lo que se producen pérdidas hacia el acuitardo.

Estas filtraciones son importantes, ya que se trata de una recarga directa y continua al acuitardo.

Las acequias se alimentan del Río Segura en el paraje de Contraparada (Alcantarilla), lugar donde se desvía el agua hacia las acequias mayores de la Vega del Segura; Barreras (margen derecha) y Aljufía (margen izquierda), que a su vez alimentan la red de acequias secundarias (Nerva, Benetucer, Aljada, etc.). El siguiente gráfico (Figura nº 13) se refleja la evolución de las aportaciones del Río Segura en la estación de aforos de Contraparada desde el año 1.990 hasta la actualidad.

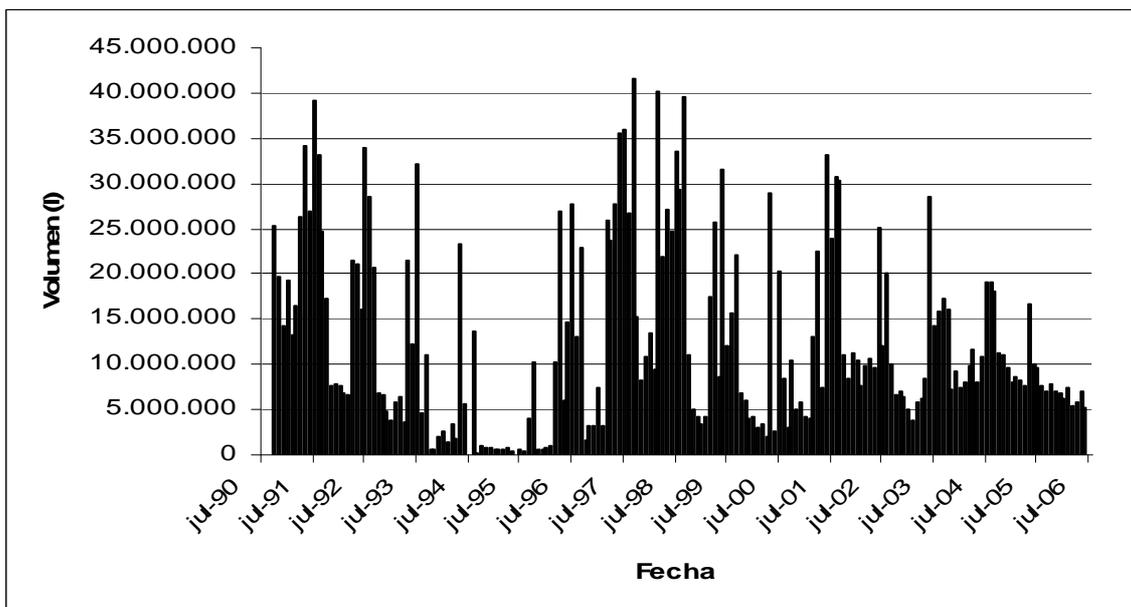
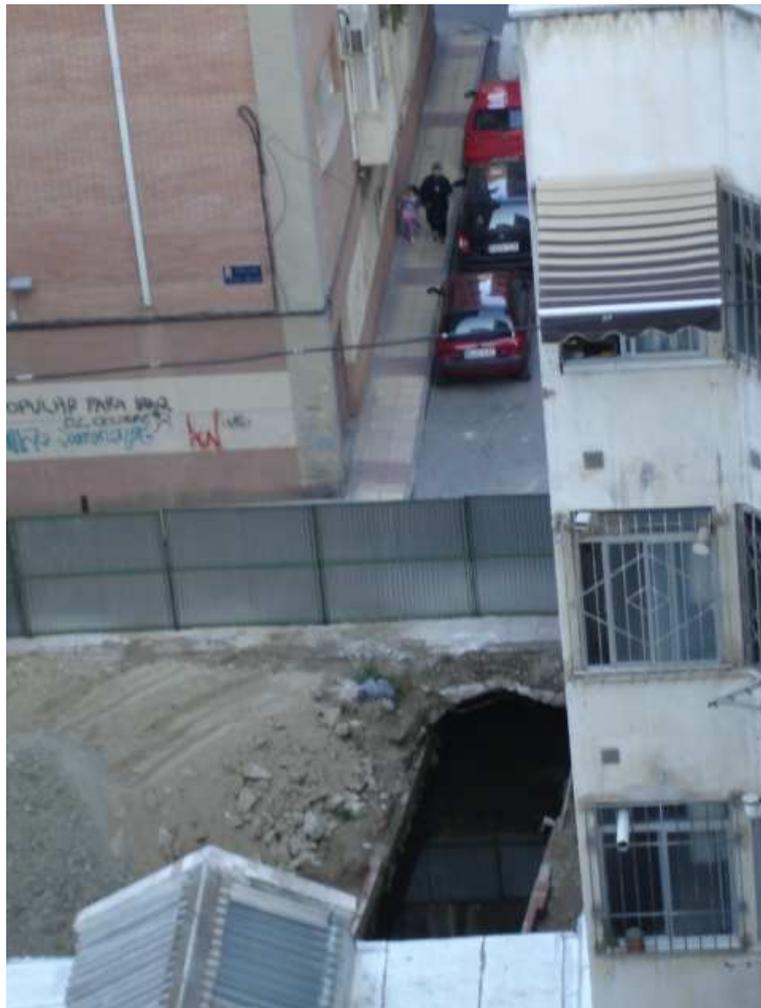


Figura nº 13. Evolución de las aportaciones del Río Segura a Contraparada.

La Fotografía nº 2 muestra una de estas acequias a su paso por la ciudad.



Fotografía nº 2. Acequia de Barreras a su paso por el Barrio del Carmen, cerca de la estación de ferrocarril.

Hay que destacar que en la sequía actual las acequias mantienen un caudal constante (unos 5.000 m³/mes), mientras que durante la sequía de 1.994-96 permanecieron prácticamente secas, ya que no llegaban recursos a Contraparada. En el Azud de Ojós el río era derivado por las infraestructuras del postravase Tajo-Segura de la margen izquierda.

Durante el pasado verano de 2005, las acequias de la margen izquierda: acequia mayor de Aljufía, acequias de Zairaiche, Nelva, Benetucer, etc., han estado transportando agua de forma continua.

En fechas recientes, mes de febrero de 2006, ha entrado en funcionamiento la conducción de la Junta de Hacendados conocida como Cinturón Norte, por lo que las acequias de la margen izquierda han reducido su operatividad.

La acequia mayor de la margen derecha (Barreras), no funciona de forma continua, ya que los recursos se desvían por la entubación conocida como Cinturón Sur. Sin embargo, en los episodios de precipitaciones tormentosas, se deriva parte del agua por las acequias (hecho ocurrido durante el otoño de 2006). Otras acequias secundarias de esta margen (Alguazas, Junco) han transportado agua gracias a los pozos que han vertido a ellas (pozo de la Acequia de Alguazas, pozo Carril de los Farineas, pozo Los Torres).

Se ha realizado un plano con las principales acequias que surcan el casco urbano de Murcia y fotografías realizadas a las mismas en el contexto del presente estudio (ver Plano nº 2 del Anexo nº 6).

También hay que tener en cuenta que en los alrededores del casco urbano el regadío se realiza principalmente por inundación o “riego a manta”, por lo que se produce una tasa de infiltración elevada.

También se produce recarga por el retorno de regadíos procedente del riego de unas 100 hectáreas de jardines municipales con pozos someros. El volumen destinado al regadío se estima entre 1 y 1,5 hm³, por lo que estimando un 20 % de infiltración eficaz del retorno, habría que añadir a la recarga del acuitardo otros 200.000-300.000 m³ anuales.

Otra fuente importante de aportaciones, proceden de la relación río-acuífero. Aunque el actual cauce del Río Segura está impermeabilizado tras el encauzamiento realizado a principios de los años 90, es evidente la pérdida de caudal en determinados tramos del río aguas arriba de Murcia, como por ejemplo en el azud de la presa hinchable de la Arboleja (ver Fotografía nº 3). Estas infiltraciones recargarían directamente el acuitardo y el primer nivel de gravas a través de las arenas interpuestas.



Fotografía nº 3. Imagen del embalse de la presa hinchable. Al fondo se ve la ciudad y la torre de la Catedral a la derecha.

2.2.2 Extracciones

Los principales puntos de extracción del mismo se deben al drenaje de infraestructuras subterráneas tales como sótanos, túneles (Ronda Norte y

Plaza de Castilla), aparcamientos subterráneos públicos o privados y vaciado de solares durante la ejecución de edificios o aparcamientos.

Todos estos achiques vierten a la red de alcantarillado. La Empresa Municipal de Aguas de Murcia (EMUASA) tiene instalados contadores en cada entronque para cuantificar el volumen vertido. Se ha realizado una petición oficial de datos a EMUASA para valorar el volumen de esta extracción del acuitardo, sin que hasta el momento se haya recibido contestación.

Existen pozos de escasa profundidad para uso domestico, cuyo impacto sobre el acuitardo en la zona urbana es prácticamente despreciable, aunque en ocasiones, durante su ejecución, se han evacuado volúmenes importantes de material fino (limos arenas finas y arcillas) del acuitardo.

2.2.2.1 Sótanos

Se han visitado numerosos subterráneos para la obtención de datos de extracción. De estas visitas de campo se deduce lo siguiente:

- Todos los sótanos o subterráneos inventariados poseen sistema de drenaje, vertiendo el volumen drenado al alcantarillado público, donde hay instalado un contador por parte de la Empresa Municipal de Aguas de Murcia (EMUASA).
- Los sótanos de una planta subterránea no realizan extracciones.

- Los sótanos con dos plantas subterráneas solo realizan extracciones en periodos de lluvia, cuando el nivel freático asciende. Es de destacar que no realizan un drenaje continuo desde hace varios años.
- Los sótanos con tres plantas subterráneas, en la actualidad, bombean esporádicamente, solo en periodo de lluvia, cuando el nivel freático asciende. No realizan un drenaje continuo desde hace varios meses (desde el inicio de la actual sequía).
- Las nuevas instalaciones de Automóviles Tomás Guillen, en la zona Norte de la ciudad (tras el Carrefour Zaraiche) se encuentran en construcción. Posee 4 plantas y sótano. Al inicio de la construcción (hace unos 10 meses), la obra era constantemente drenada por un sistema de 6 bombas. Actualmente solo funcionan 2 de ellas y de forma discontinua. No llevan control del caudal extraído.
- Sótanos de cinco plantas de profundidad solo existe el Aparcamiento de Almudí, donde se realiza un drenaje continuo. El caudal de extracción se estimó en 0,25 l/s durante el verano del 2006. Actualmente es de unos 0,4 l/s. Este caudal aumenta cuando se producen precipitaciones.

En las siguientes fotografías se aprecia el aumento del caudal drenado.



Fotografía nº 4. Vista del caudal de drenaje el 23 de agosto de 2006.



Fotografía nº 5. Vista del caudal de drenaje el 9 de marzo de 2007.

Las características de los sótanos drenantes localizados más destacables son:

- El Hotel NH Amistad tiene 3 plantas sótano. Cuenta con doble muro apantallado, entre los cuales existe una zanja que canaliza el volumen drenado hacia una arqueta de 1,5 x 1,5 x 1 m. En ella hay instalada una bomba que la vacía automáticamente cuando se llena.
- El Hospital Reina Sofía tiene 3 plantas sótano. Posee doble muro apantallado, con canalizaciones entre ambos muros, independientes en cada planta. En las plantas -1 y -2, el agua drenada se vierte al alcantarillado junto con los aseos y demás servicios e instalaciones de las plantas. La planta -3 vierte a una arqueta de 2 x 1,5 x 1 m con dos bombas de achique automáticas.

- El edificio Torres Gemelas de Murcia, localizado en el cruce de la N-340 (carretera de Monteagudo-Alicante), con la Avenida Primero de Mayo, posee 3 plantas sótano. La instalación consta de 20 bombas de achique, distribuidas por el perímetro de la obra. Al inicio de la misma, en verano de 2.003, funcionaban todas 24 h/día. Desde julio del pasado año, no se extrae agua ya que los sondeos permanecen secos. Se estima que la cota mas baja de la obra está a -13 m, mientras que el piezómetro de control P1718C (situado a uno 100 m) tiene una profundidad piezométrica de 12,54 m.
- Las instalaciones de Automóviles Tomás Guillén tienen 4 plantas, con doble muro apantallado. Están en construcción. Para poder construir los cimientos, se instaló un sistema de achique de 6 bombas, las cuales funcionaban constantemente. Actualmente solo funcionan 2 y de forma esporádica.
- El Aparcamiento Almudí tiene 5 plantas. Posee un sistema de drenaje por zanjas conectadas entre sí, y que vierten a una arqueta de 1,2 x 1,2 x 0,80. Desde esta arqueta se vierte por gravedad a otra de 2 x 1,5 x 1 con 2 bombas de achique automáticas. El drenaje es constante. El caudal de extracción se estimó en 0,25 l/s durante el verano del 2006. Actualmente es de unos 0,4 l/s (marzo de 2007).

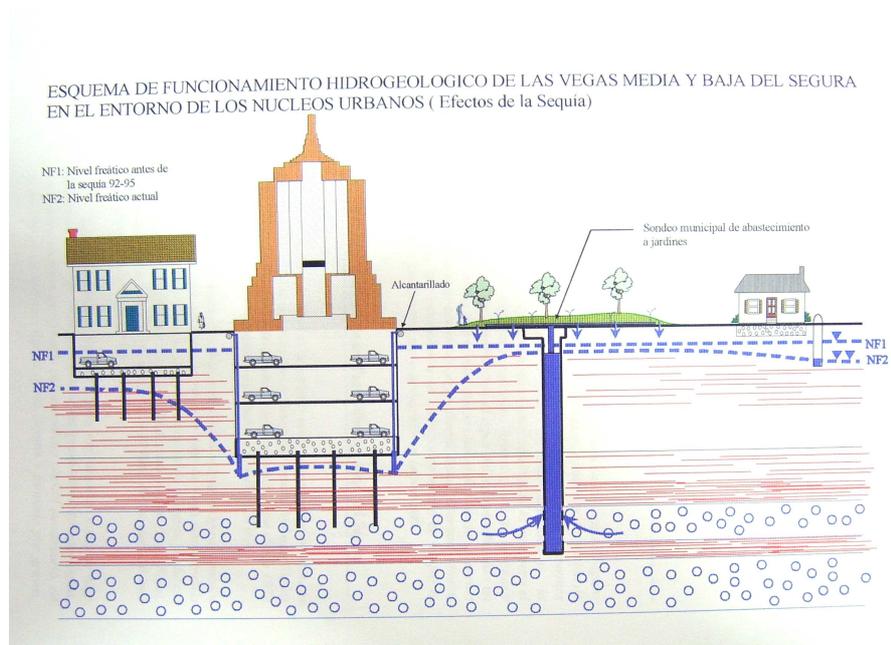


Figura nº 14. Esquema hidrodinámico de los achiques de sótanos. Tomado de SENENT ALONSO, M; 1995.

2.2.2.2 Túneles subterráneos

En el núcleo urbano de Murcia existen 2 túneles subterráneos, Plaza de Castilla y Avda. Primero de Mayo. En ambos existen sistemas de drenaje del nivel freático. El estado actual de los mismos, así como las posibles horas de funcionamiento y volumen extraído se desconoce, siendo la Empresa Municipal de Aguas de Murcia (EMUASA) la responsable del mantenimiento y gestión de los mismos.

Tras la inauguración del túnel de Plaza Castilla, debido a un fallo en el sistema de drenaje, se produjeron problemas por inundación del vial.

Dada la profundidad de los túneles, lo más probable es que bombeen pocas horas, solo en épocas de lluvias.

2.2.2.3 Drenaje de obras

En la zona Norte de la ciudad (zona de Juan Carlos I, Juan de Borbón) se están construyendo numerosos edificios. Para la realización de los cimientos hubo que drenar el nivel freático de forma continuada. Sin embargo, tras varios meses de bombeo, el nivel ha descendido en toda la zona debido al vaciado general del acuífero, por lo que actualmente, en los sótanos, no se realizan un drenaje continuo. Este hecho se confirma con lo anteriormente descrito sobre las obras de Automóviles Tomás Guillén, las cuales poseen el sótano más profundo (actualmente en construcción) de la zona norte de Murcia.

Algo similar ha ocurrido en el sector Sur de la ciudad, en la zona de Ronda Sur.



Fotografía nº 6. Bombeo de agua subterránea en un solar en la zona Norte de Murcia

Como conclusión sobre los achiques urbanos podemos decir que resulta difícil estimar con rigor el volumen extraído por drenaje de sótanos, túneles y aparcamientos debido al carácter pluripuntual del sistema instalado en los subterráneos y a la mezcla de aguas de procedencia diversa.

Este sistema consta de zanjas o muros dobles apantallados que drenan el nivel freático. Este volumen es conducido hacia una o varias arquetas. En

ellas, un sistema de bombas realiza la evacuación directa al alcantarillado accionándose de forma automática, bien mediante sistemas de interruptor tipo boya, o en menor medida mediante sondas de paro y arranque en función de la sumergencia.

La Empresa Municipal de Aguas de Murcia (EMUASA) efectúa lecturas regulares de los contadores que entroncan los drenajes a la red de saneamiento. Pero el volumen reflejado en dichos contadores no procede solo del drenaje del agua freática. En muchos casos los efluentes de los aseos vierten al mismo sistema de achique y las infiltraciones o desagües procedentes del agua de lluvia también.

En el caso de aparcamientos privados de comunidades de vecinos, el volumen drenado se entronca antes del contador al proveniente de los saneamientos de los domicilios particulares.

En el Plano nº 3 del Anexo nº 6 se incluyen los principales sótanos o subterráneos que drenan actualmente el acuitardo.

Descarga vertical a las gravas

Del análisis de las evoluciones piezométricas registradas junto con las columnas litológicas de cada piezómetro, se desprende que existe una recarga vertical, desde el acuitardo a las gravas infrayacentes, en aquellas zonas urbanas donde las gravas y el acuitardo están conectados hidráulicamente a

través de una capa intermedia arenosa, tal y como se ha mencionado en epígrafes anteriores. Los esquemas gráficos explicativos aparecen más adelante, cuando se hable del nivel acuífero denominado PRIMER NIVEL DE GRAVAS.

Indicaremos aquí simplemente que en esas zonas, y en los mínimos estivales de la actual sequía, se ve como el nivel freático se encuentra a cota topográfica inferior del techo de las arenas superpuestas a las gravas (allí donde estas gravas no están confinadas por arcillas). Esto implica que, en estos sectores, las arenas hacen el efecto de “sumidero” o “imbornal subterráneo” y favorecen el drenaje del acuitardo hacia las gravas más profundas.

Dicho volumen de drenaje no debe ser muy significativo ya que las gravas siguen permaneciendo en carga hidráulica (con el agua por encima del techo de las mismas) incluso durante los veranos de la sequía del 95-96 y de la actual 2005-2006. Tal y como se ha podido comprobar comparando la situación actual y las evoluciones piezométricas de los pozos de EMUASA durante el periodo 1994-1997.

2.2.3 Piezometría

De los 31 Piezómetros de la red de la CHS, 22 se han perforado pareados. Es decir, uno de ellos se ha emplazado sólo en el acuitardo (cementando el fondo) y al lado se ha perforado otro en el que se ha

cementado toda la parte superior, dejando ranurados solo los primeros metros de las gravas; como ya se explicó anteriormente (Apartado 1.3).

En la Tabla nº 1 se incluyen los sondeos que se ejecutaron para captar solamente el acuitardo sin tocar las gravas. (Véase el esquema constructivo antes descrito).

En algunos casos, como se ha dicho, por debajo del acuitardo hay un nivel de arenas en conexión hidráulica con las gravas inferiores del acuífero PRIMER NIVEL DE GRAVAS. En estos piezómetros, y a pesar de que la perforación tiene aislada con cemento el metro final, donde se tocaron las gravas, el nivel piezométrico es único y piezómetro corto y largo coinciden. Prueba de que dichas arenas ponen en conexión el agua de las gravas y del ACUITARDO.

Tabla nº 1. Piezómetros que captan el acuitardo □

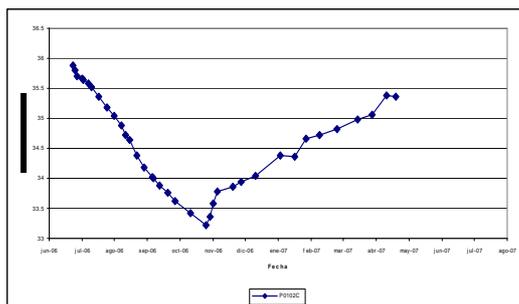
Piezómetro*	Toponimia	X U.T.M.	Y U.T.M.	Z m s.n.m.	Prof.
P0102C	Jardín frente Bomberos	665.653,28	4.205.573,43	43,387	17,36
P03C	Plaza Torres Fontes	665.216,12	4.204.858,54	42,595	19,10
P0405C	Campo fútbol Sgo. Mayor	664.170,27	4.204.466,57	43,294	15,10
P06C	Plaza Pintor Párraga	664.320,93	4.404.975,76	43,387	13,86
P0708C	Avda. San Juan de la Cruz	664.939,64	4.205.417,09	44,414	16,71
P0910C	Plaza Fundadora	664.125,91	4.205.526,04	44,438	15,29
P1112C	Malecón puente autovía	663.507,30	4.205.703,78	43,942	15,33
P13C	Jardín C/Abderramán II	663.379,07	4.206.802,99	41,304	14,00
P1415C	Jardín Fco. Cebrián	662.892,49	4.207.219,99	42,803	27,77

Tabla nº 1. Piezómetros que captan el acuitardo □

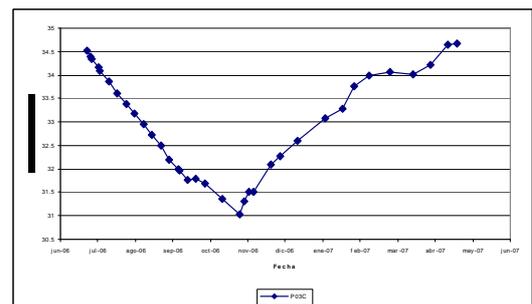
Piezómetro*	Toponimia	X U.T.M.	Y U.T.M.	Z m s.n.m.	Prof.
P16C	Plaza Camilo José Cela	664.098,98	4.207.133,04	40,087	8,35
P1718C	Centro comercial Atalayas	665.542,51	4.206.693,44	41,859	15,80
P1920C	Plaza Ortega Cano	664.931,64	4.206.105,97	42,615	11,07
P2122C	Palacio de Justicia	664.908,02	4.205.815,88	43,507	13,10
P23C	C/ Greco , colegio San Pablo	664.617,57	4.206.593,32	41,34	12,99
P2425C	El Corte Inglés	663.875,21	4.206.533,46	41,413	10,66
P2728C	Plaza Santo Domingo	664.384,08	4.206.255,08	41,35	10,32
P29C	Estación Bus/Museo Salcillo	663.524,12	4.206.151,52	43,20	12,45
P31C	Cronista Almela	664.553,72	4.207.371,19	39,047	11,15

Se ha realizado un seguimiento del movimiento del agua subterránea en estos piezómetros de forma continuada durante la ejecución del estudio. Los resultados de las diferentes medidas se incluyen en el Anexo nº 2.

Tabla nº 2. Gráficos de evolución piezométrica de los piezómetros cortos

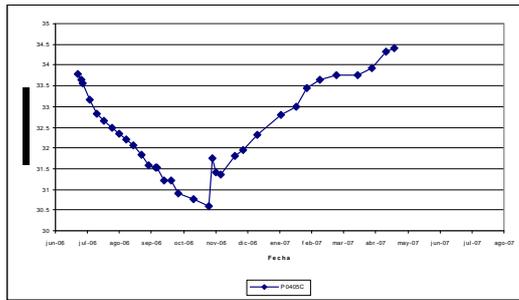


Piezómetro P0102C

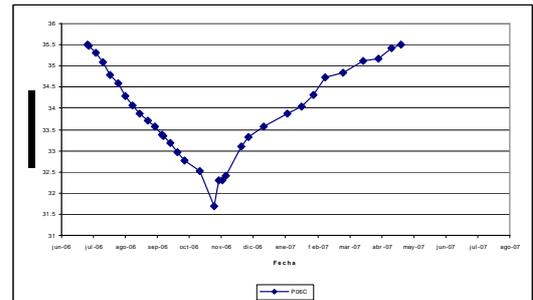


Piezómetro P03C

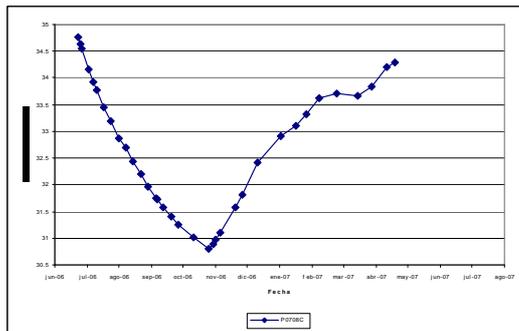
Tabla nº 2. Gráficos de evolución piezométrica de los piezómetros cortos



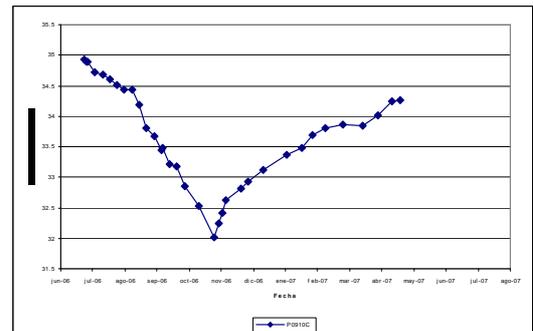
Piezómetro P0405C



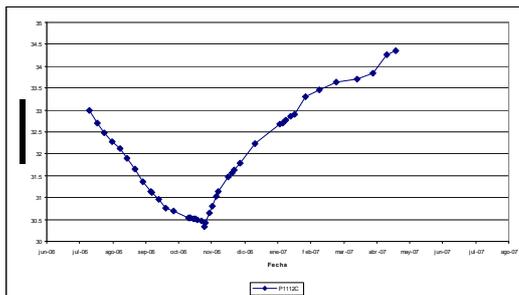
Piezómetro P06C



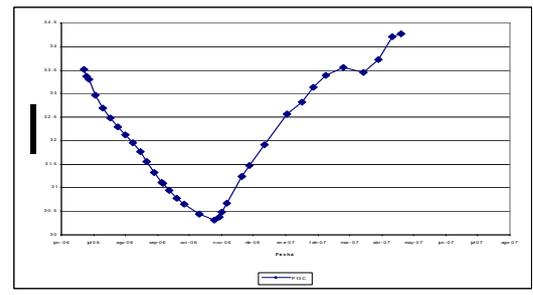
Piezómetro P0708C



Piezómetro P0910C

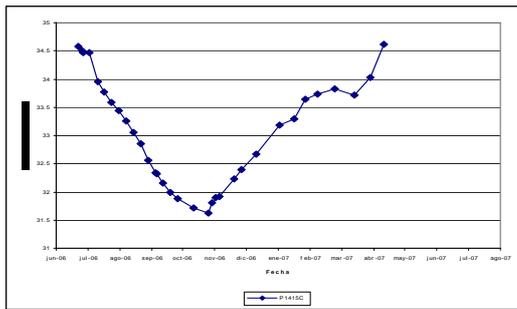


Piezómetro P1112C

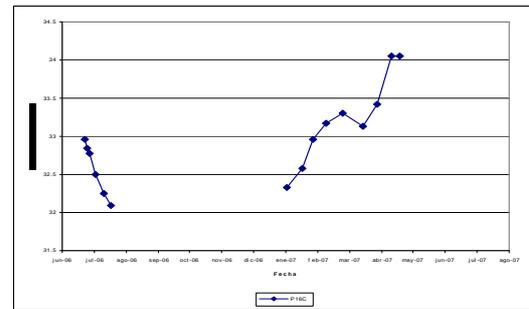


Piezómetro P13C

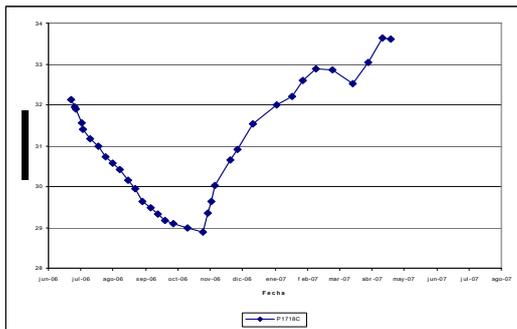
Tabla nº 2. Gráficos de evolución piezométrica de los piezómetros cortos



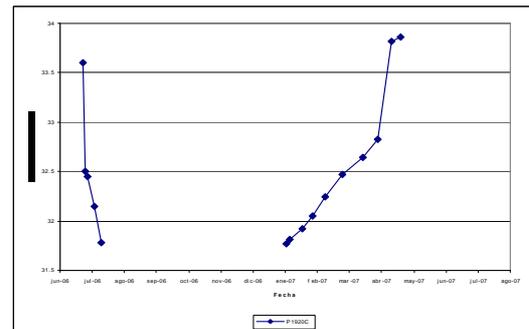
Piezómetro P1415C



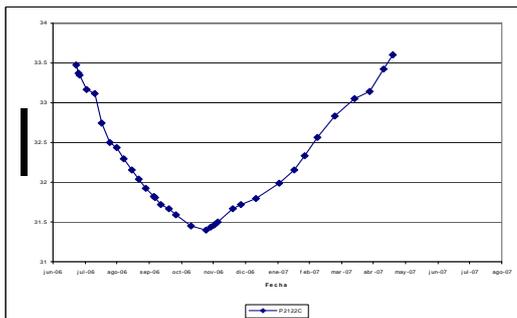
Piezómetro P16C



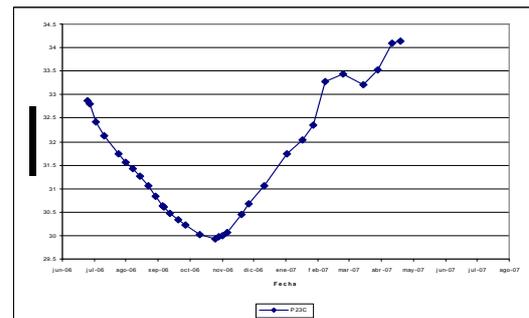
Piezómetro P1718C



Piezómetro P1920C

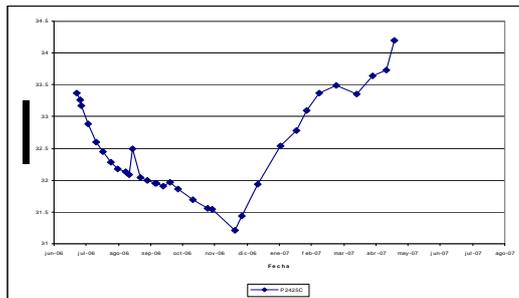


Piezómetro P2122C

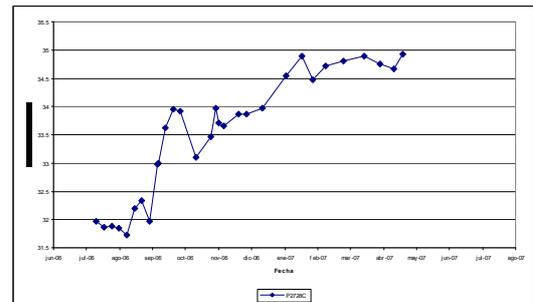


Piezómetro P23C

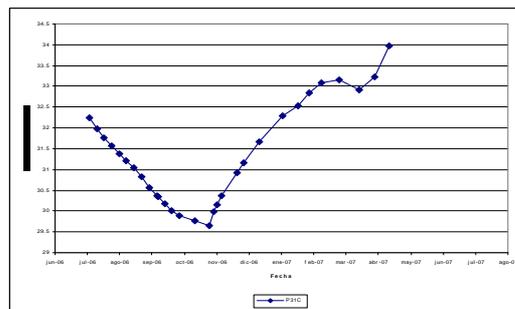
Tabla nº 2. Gráficos de evolución piezométrica de los piezómetros cortos



Piezómetro P2425C



Piezómetro P2728C



Piezómetro P31C

En todas las evoluciones se observa como la tendencia es descendente desde el comienzo de las mediciones (principios de julio de 2006), hasta la campaña realizada el día 2 de noviembre de 2006.

Debido a las significativas precipitaciones acaecidas a primeros de noviembre (unos 60 l/m² en la vega media del Segura en varios días), que favorecen la parada de los pozos de riego de jardines municipales y del resto de la zona de estudio, los niveles comienzan a recuperarse de forma ininterrumpida hasta la actualidad.

Dos de los piezómetros, P16C y P1920C, se secaron durante el verano pasado. Sin embargo, ambos se han recuperado a inicios del año 2007 gracias a las últimas precipitaciones.

Los descensos netos oscilaron entre los 3 y 4,5 m, siendo la cota más baja alcanzada de 28,879 m s.n.m.

La única excepción la presenta el piezómetro P2728C, localizado en la Plaza Santo Domingo, donde se observa una tendencia al ascenso de nivel desde el comienzo de su control. Es posible que su evolución se encuentre influenciada por la acequia mayor de Aljufía, la cuál tiene su recorrido bastante cerca del piezómetro. Otra explicación podría hallarse en las diferentes tuberías de saneamiento localizadas en el entorno del piezómetro. Es posible que se hayan producido algunas pérdidas hacia el acuitardo. Una tercera explicación sería una construcción defectuosa o una rotura de la tubería ciega en la parte superior.

Al inicio de las mediciones (inicios del mes de julio), la cota piezométrica se situaba a los 34 m s.n.m. y fue descendiendo hasta los 32 m s.n.m. en septiembre. A partir del día 14 de septiembre de 2.006 se observa un ascenso en los niveles (debido a un período de lluvias y a la parada de los pozos urbanos de jardines) que se continúa hasta el día 15 de septiembre de 2.006.

Después de esta clara recuperación de niveles, se vuelve a un estado de descenso continuado hasta el 2 de noviembre de 2006, alcanzando un nivel mínimo entre los 31,4 y 30,6 m s.n.m.

A partir de ese momento, la tendencia cambia bruscamente, con un rápido ascenso piezométrico en estos piezómetros cortos que llega hasta la fecha de redacción del presente estudio (abril 2007).

En ese momento se han alcanzado los niveles de la primavera del año 2.006.

En el capítulo siguiente se hará un estudio comparado de las parejas de piezómetros que claramente captan acuitardo y acuífero PRIMER NIVEL DE GRAVAS, su diferente evolución a lo largo del verano 2006 y su comparación con los mínimos del acuífero PRIMER DE GRAVAS de mediados de los años 90.

También se verá la relación de la cota topográfica de la superficie piezométrica del acuífero PRIMER NIVEL DE GRAVAS, la cota topográfica del techo de estas gravas y el techo del nivel de arcillas impermeables que independizan el acuitardo suprayacente de las gravas infrayacentes.

Podrá verse la diferente velocidad de descenso y ascenso del nivel freático en el acuitardo (más lento) en comparación con la evolución del nivel piezométrico cautivo del acuífero PRIMER NIVEL DE GRAVAS (más rápido).

Este último y más directamente influenciado por la progresión o relajación del cono de descensos resultante de las interacciones de los bombeos cíclicos de los sondeos municipales o de su parada a primeros de noviembre por las lluvias de otoño.

2.2.4 Parámetros Hidráulicos

En el marco del “Estudio hidrogeológico del acuífero de las Vegas Media y Baja del Segura y su relación con cauces naturales y artificiales de su territorio” (IGME-DGOHCA, 2.001), se realizaron 14 ensayos de bombeo para caracterizar los parámetros hidráulicos del acuitardo.

En algunas zonas, debido a la baja permeabilidad de los materiales, no fue posible realizar extracciones ya que se agotaba el agua del sondeo (incluso con caudales de centésimas de litro por segundo).

En estos puntos se realizaron ensayos tipo Bail test (provocando una depresión "instantánea" en el sondeo mediante la introducción de un cilindro hueco con un dispositivo para la extracción de agua. También mediante un bombeo de corta duración para, inmediatamente, ir midiendo la evolución del nivel durante la recuperación.

Como corresponde a un medio arcilloso-limoso, los valores de permeabilidad son bajos, entre 10^{-5} y 10^{-7} m/s (la mayoría de ellos inferiores a 0,5 m/d).

También es baja la porosidad eficaz (inferior a 1 %) excepto en el sector entre Zarandona y Monteagudo, donde la facies más arenosa confiere al acuitardo características hidrodinámicas más favorables para el almacenamiento y conducción de agua subterránea.

En este sector, la Permeabilidad alcanza valores medios de 4×10^{-4} m/s (entre 25 y 50 m/d) y la porosidad eficaz es del 4,5 %.

Dentro del casco urbano de Murcia, se localizan varios de estos 14 puntos investigados. En ellos se obtuvieron permeabilidades entre $1,05 \times 10^{-6}$ y $6,52 \times 10^{-6}$ m/s. En uno de ellos la porosidad eficaz fue de 5,2 %.

Si consideramos una porosidad eficaz media del 3%, un espesor saturado teórico de acuitardo de 8 m y una extensión en el entorno de Murcia de 36 Km^2 , podemos estimar unas reservas del acuitardo en esta zona estudiada del orden de los 8-9 hm^3 .

3 ACUÍFERO SUPERIOR (PRIMER NIVEL DE GRAVAS) DE MURCIA

3.1 DEFINICIÓN, LITOLOGÍA Y GEOMETRÍA

En el presente estudio se define ACUÍFERO SUPERIOR del entorno urbano de Murcia, o acuífero “PRIMER NIVEL DE GRAVAS”, al primer estrato de gravas que aparece a muro del acuitardo, a una profundidad de techo entre 12 y 20 m. dependiendo de las zonas.

Esta constituido fundamentalmente por gravas gruesas bien redondeadas, limpias y bastante homogéneas. Tiene gran continuidad en horizontal, extendiéndose por todo el entorno urbano de Murcia. En este nivel se soportan la mayor parte de los pilotajes de las cimentaciones realizadas en las últimas décadas.

El espesor de este estrato es variable de unas zonas a otras de la ciudad, pudiéndose considerar un espesor medio de 7 m. Su base descansa en un estrato arcilloso continuo, de varios metros de espesor y que lo independiza del resto del sistema multicapa profundo.

Este nivel acuífero tiene forma de cuña: Presenta una mayor potencia y proximidad a la superficie Oeste del área de estudio (Rincón de Benisornia, Rincón de Seca, Puebla de Soto) y se hunde y acuña hacia el Este, cambiando lateralmente a facies con alto contenido en finos (arcillas y limos) hasta

desaparecer, aguas abajo de Murcia, en la zona de La Machacanta definida por la confluencia del río Guadalentín (Reguerón) con el río Segura y en la pedanía de Santa Cruz.

Tampoco se observa continuidad lateral hacia el Sur y Norte. Al Noroeste de la ciudad (zona del Ranero- Juan Carlos I) se ve claramente como desaparece (Ver Figura nº 11).

La definición de este nuevo acuífero ha sido posible gracias a la integración de toda la información hidrogeológica disponible: la aportada por 29 sondeos profundos de las obras de emergencia para paliar los efectos de la sequía de la CHS, la obtenida de los 31 piezómetros urbanos antes referidos, la litológica que ya se disponía de EMUASA y la de inventarios preexistentes, previo análisis y validación.

Los sondeos de sequía de reciente construcción de la CHS además han permitido conocer la estructura real del sistema hidrogeológico multicapa en la Vega Media del Segura y en concreto en el entorno urbano de Murcia, ya que en sondeo BARRIOMAR la perforación llegó a tocar el basamento metamórfico que se encuentra a 305 m de profundidad.

En las siguientes figuras (Figura nº 15, Figura nº 16, Figura nº 17 y Figura nº 18) se observa la geometría deducida de este acuífero somero, los isoespesores del mismo (isopacas) y un corte geológico esquemático con la información que recientemente se ha obtenido.

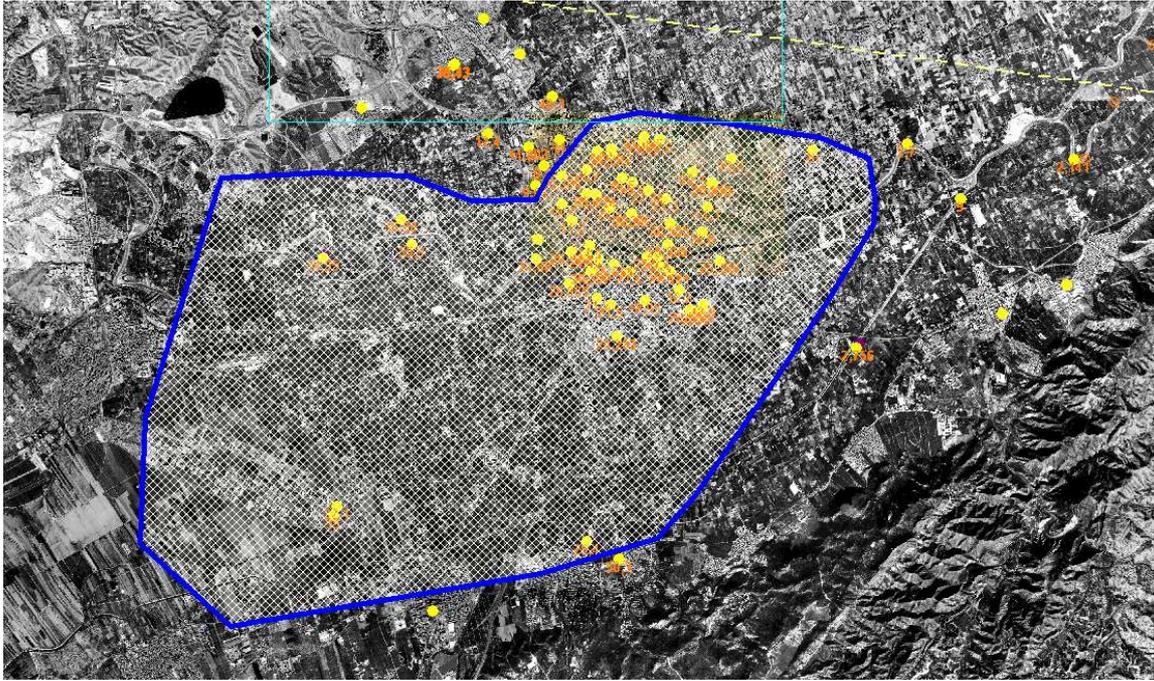


Figura nº 15. Geometría del primer nivel de gravas.

En amarillo los sondeos con columna litológica conocida y nivelada topográficamente.

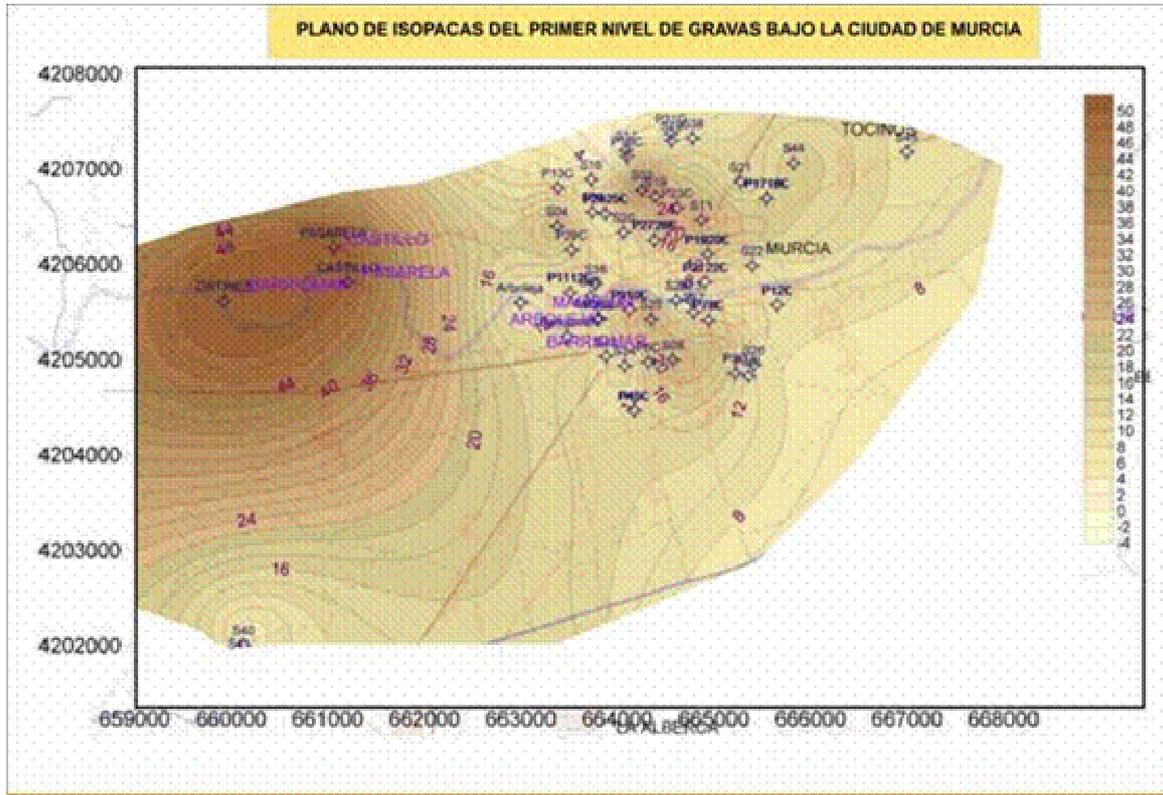


Figura nº 16. Isopacas del primer nivel de gravas.

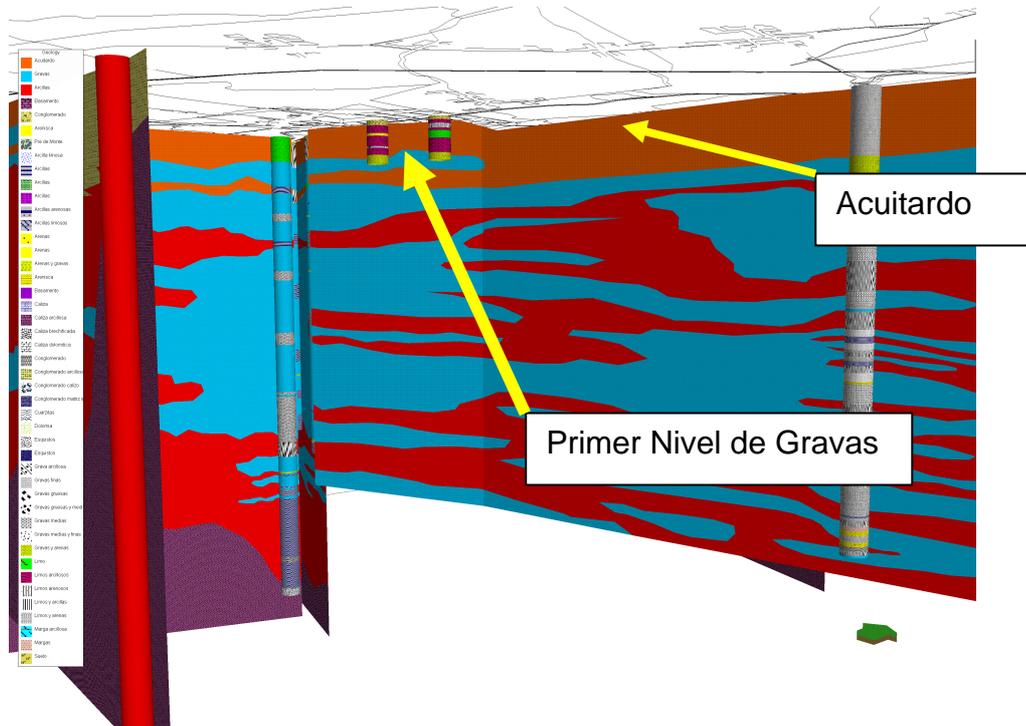


Figura nº 17. Corte hidrogeológico del subsuelo del casco urbano de Murcia obtenido por correlación de la información disponible.

En azul se dibujan los estratos de grava, en naranja la zona somera del acuífero multicapa que denominamos ACUITARDO.

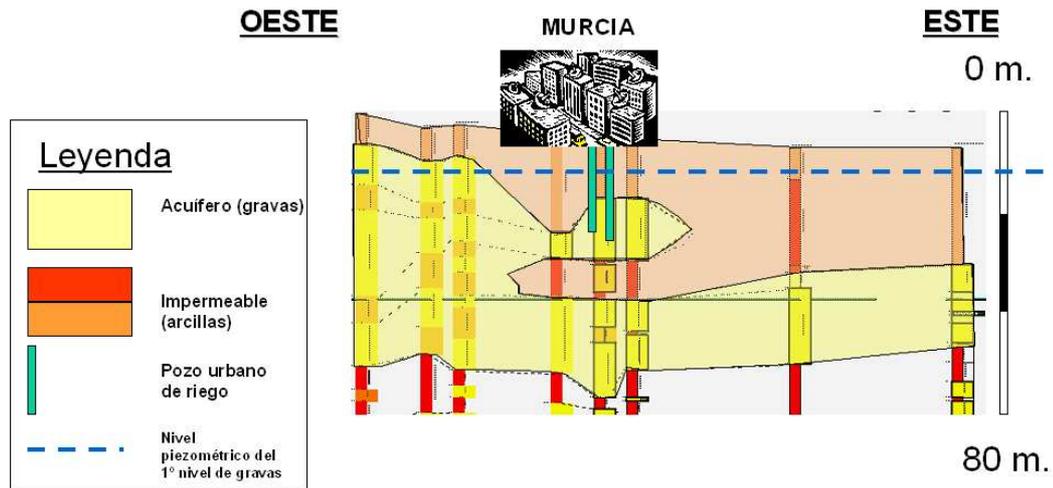


Figura nº 18. Perfil hidrogeológico esquemático del subsuelo del casco urbano de Murcia donde se aprecia la geometría del primer nivel de gravas.

Como se ha dicho, tiene forma de cuña elevada hacia el Oeste y una extensión superficial de unos 40 km² y, como se ve en los esquemas anteriores, en el sector occidental (Rincón de Beniscornia) el primer nivel de gravas está conectado con los niveles de gravas más profundos.

3.1.1 Consideraciones hidrogeológicas sobre la estructura del Primer Nivel de Gravas y su relación con el acuitardo

Se hace hincapié aquí en las repercusiones hidrogeológicas y piezométricas que tiene esta estructura en cuña del estrato más superior de

gravas, recientemente descubierta, que se extiende por debajo del entorno urbano de Murcia.

El primer hecho de relevancia que merece ser considerado es que este acuífero se encuentra cautivo en gran parte de la ciudad de Murcia, a juzgar por las columnas litológicas de los 31 piezómetros de reciente construcción de la red de control de la CHS (que se adjuntan como en el Anexo nº 5 al final del presente informe) y las evoluciones de sus respectivas cotas del nivel del agua a lo largo de la realización del presente estudio (mediados 2006- abril 2007).

Este confinamiento se confirmó durante la perforación de gran número de estos piezómetros del tipo LARGO. De tal forma, que cuando la corona perforadora llegaba a las gravas se notaba una irrupción de agua al interior del sondeo y un sifonamiento del material. Este hecho hacía ascender estas gravas por el interior del taladro acompañadas de agua a presión con un potencial superior a la del techo del nivel acuífero.

En todos estos casos se comprobó posteriormente que el nivel piezométrico acabó situándose varios metros por encima de la cota de su techo litológico.

Prueba ésta inequívoca de su confinamiento y de la carga hidráulica a la que se encuentra sometido el acuífero debido a su forma de cuña: más potente y emergida en la zona de cabecera (hacia el Noroeste, aguas arriba de Murcia) que se sumerge y acuña, hasta desaparecer hacia el Este.

Más evidente es el confinamiento cuando el material que recubre las gravas es un estrato arcilloso de varios metros de espesor. Estas arcillas aíslan el acuífero cautivo (conformado por las gravas inferiores) del ACUITARDO libre superior.

Por otra parte, el confinamiento de las gravas en muchas zonas queda claramente confirmado por la diferente evolución piezométrica de los dos piezómetros (corto-acuitardo-C y largo-gravas-L) ejecutados de forma pareada. A continuación se presentan una serie de ejemplos gráficos (Figura nº 19, Figura nº 20, Figura nº 21 y Figura nº 22) correspondientes a diferentes configuraciones de interconexión entre el PRIMER NIVEL DE GRAVAS y el ACUITARDO:

3.1.1.1 Estructura litológica: GRAVAS-ARCILLAS IMPERMEABLES-ACUITARDO

En la Figura nº 19 se representa gráficamente la evolución piezométrica pareada en dos zonas urbanas de Murcia de la margen derecha del Río Segura. Concretamente en el barrio Infante Juan Manuel: la primera ubicada en el jardín próximo al parque de Bomberos (piezómetros P0102C y P0102L) y la segunda en la Plaza San Juan de la Cruz (P0708C y P0708L).

En ambos casos se representa la evolución, durante el mismo periodo de tiempo, del agua en el acuitardo (piezómetros cortos C) y la del acuífero

primer nivel de gravas (piezómetros largos L). La variación de la cota topográfica de la lámina del agua en el acuitardo se representa en color verde y en la de las gravas en marrón rojizo.

En el mismo tipo de gráfico se inserta además en diferentes colores la columna litológica cortada durante la perforación. La trama de cuadrículas anaranjada representa al ACUÍFERO PRIMER NIVEL DE GRAVAS. Su techo se encuentra a la cota 23,351 m s.n.m., en el primer caso, y a 24,484 m s.n.m., en el segundo.

Encima de estas gravas se representa el estrato de arcillas (color rosado) que llega hasta la cota 31,351 m s.n.m. y 28,484 m s.n.m. respectivamente. A partir de estas cotas (techo de las arcillas) se encuentra la base del acuitardo propiamente dicho, cuya posición se representa con una franja de color amarillo. Ver los gráficos anteriores.

Como puede verse, en ningún caso el nivel del agua en el piezómetro, que únicamente capta las gravas (Largo, líneas color marrón), se encuentra por debajo del techo de dichas gravas. En el mínimo piezométrico registrado a finales de octubre de 2006 el agua se encontraba entre 7 m y 6 m por encima del techo del acuífero, es decir, en carga hidráulica con una presión de entre 0,7-0,6 kg/cm².

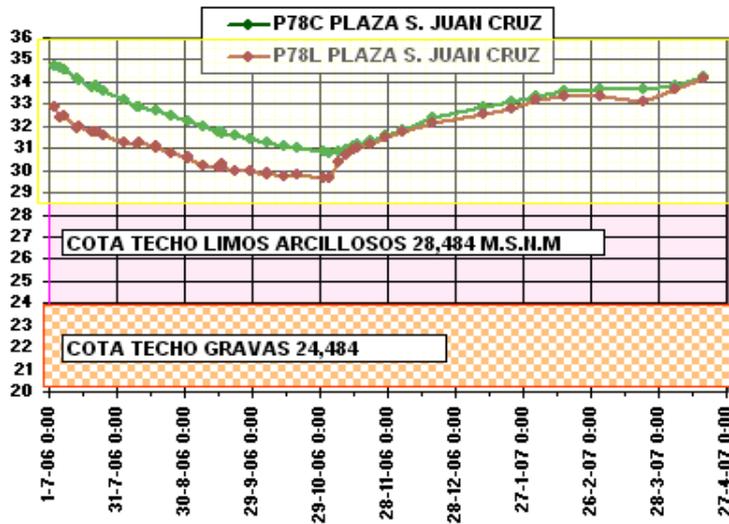
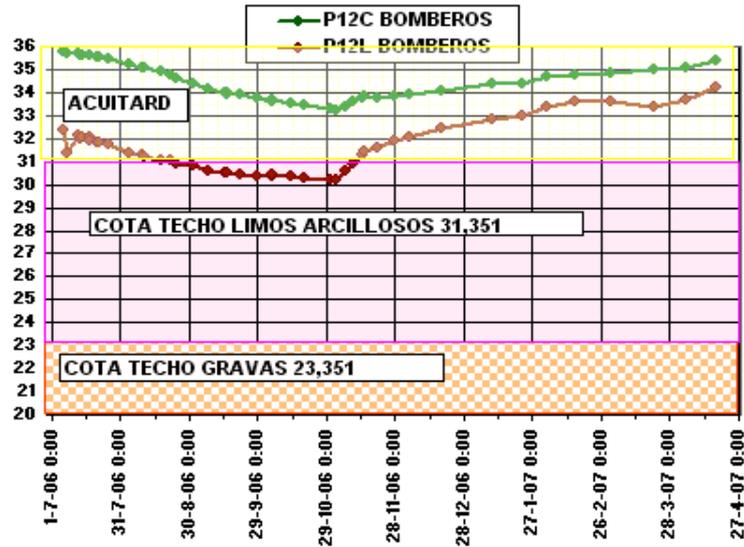


Figura nº 19. Gráficos de evolución piezométrica en piezómetros pareados.

En marrón, nivel del PRIMER NIVEL DE GRAVAS. En verde nivel del ACUITARDO en el mismo punto.

Este mínimo piezométrico (entre 29-30 m s.n.m.) registrado en el primer nivel de gravas en la sequía actual, coincide con el registrado en la misma zona en la sequía anterior de mediados de los años 90 (septiembre del 95) y medido en los piezómetros de EMUASA, de los que la CHS tiene información de todos ellos desde 1994 –fecha de ejecución- hasta finales de 1997.

Se han estudiado las evoluciones piezométricas de más de 50 piezómetros procedentes de estos sondeos urbanos para riego de jardines de la Red Urbana de Riegos (R.U.R.) municipales durante aquel periodo de sequía.

En el gráfico siguiente (Figura nº 20) se representa la evolución de la lámina de agua en los sondeos de EMUASA durante la sequía de mediados de los 90. En ella se aprecia como la mayoría de las evoluciones piezométricas coinciden en mostrar oscilaciones del orden de 4 o 5 m.

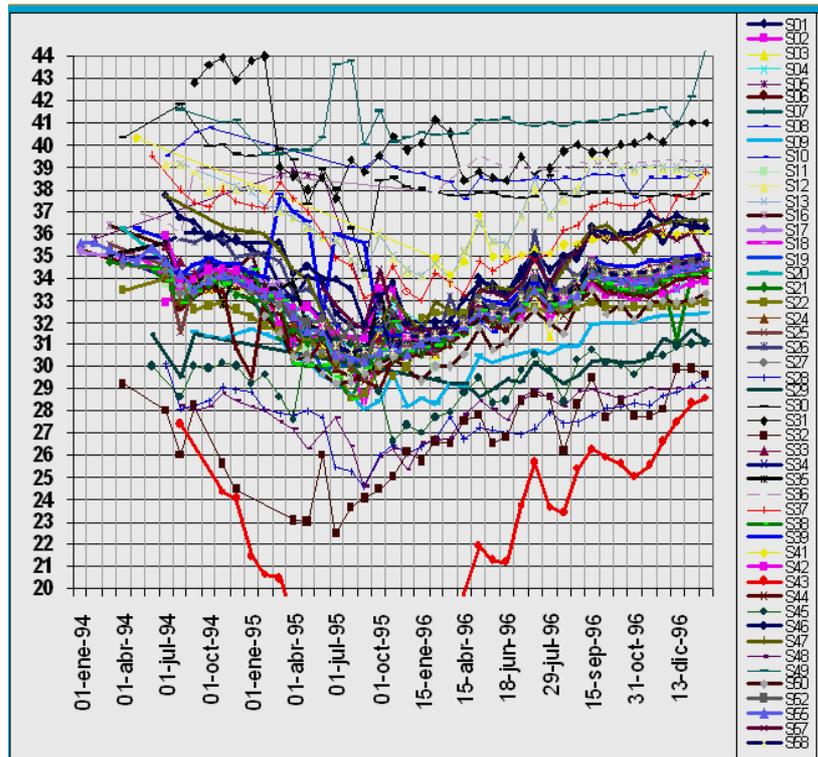


Figura nº 20. Gráficos de evolución piezométrica en piezómetros de EMUASA. Periodo 1994-1996.

En la siguiente figura (Figura nº 21) se dibujan las isopiezas de ese mínimo de septiembre de 1995. Se aprecia como la zona más deprimida de la superficie piezométrica se encuentra en el entorno urbano de Murcia, concretamente en su mitad Sureste (Infante).

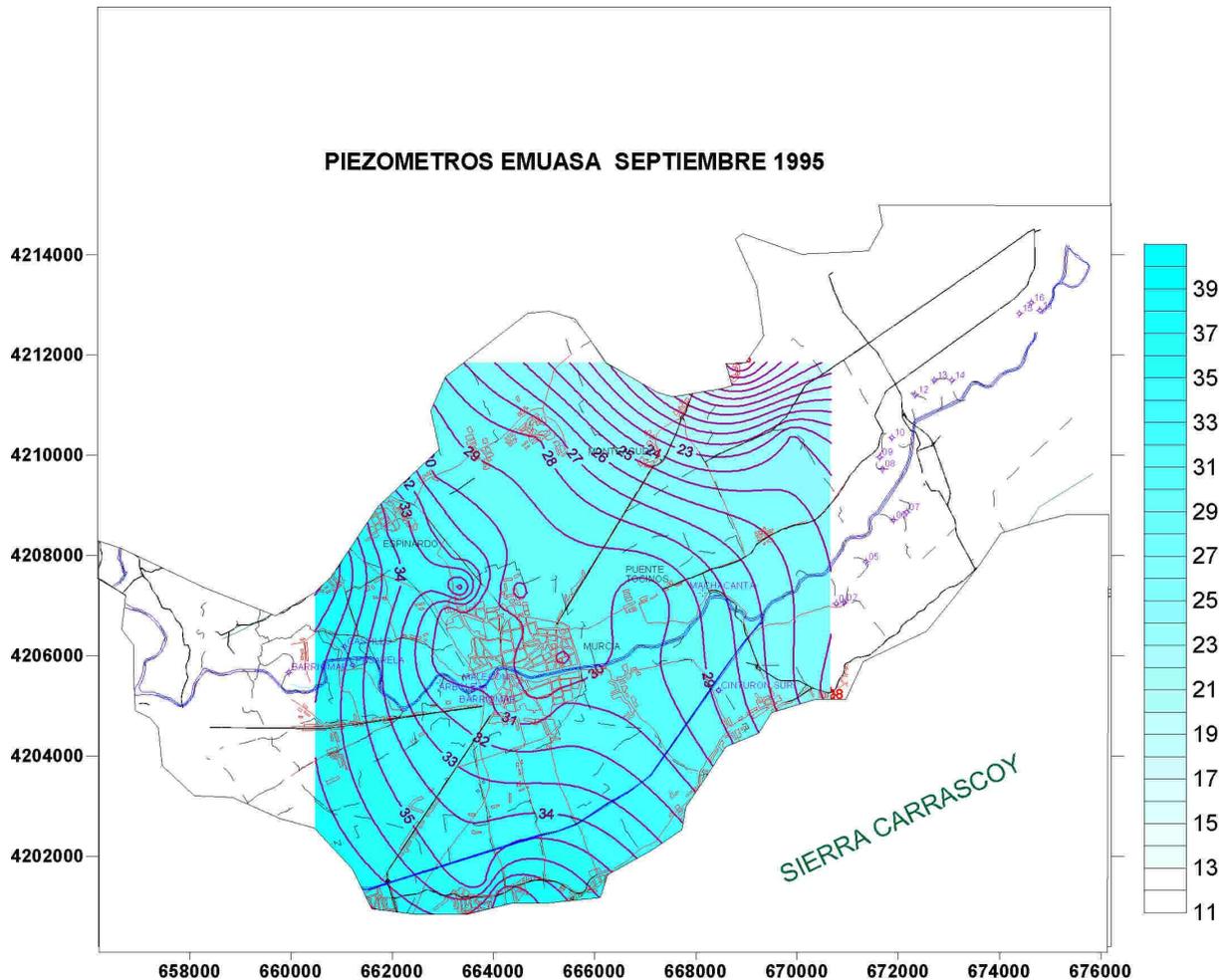


Figura nº 21. Mapa de isopiezas de los piezómetros de EMUASA del septiembre de 1995.

La primera conclusión es inmediata: el acuífero PRIMER NIVEL DE GRAVAS, en las zonas de la ciudad donde tiene una capa de arcillas suprayacente, es cautivo y se comporta como un “colchón de agua” para el terreno que tiene encima, con una presión confinante que oscila entre 1 kg/cm²

y entre $0,6 \text{ kg/cm}^2$ en los mínimos estivales o de sequía, y que por tanto es incompresible.

Además, ni tan siquiera en los periodos de sequía como el actual o el de la década anterior, el acuífero deja de ser cautivo en esas zonas. Por tanto, en estos sectores el acuífero nunca se llega a vaciar y pasar a acuífero libre por vaciado de dichas gravas. Por tanto, a la hora de modelizar este acuífero somero, hay que considerar que su S (coeficiente de almacenamiento) será del orden de 10^{-4} correspondiente a confinamientos en materiales detríticos.

Similares ejemplos los encontramos en la margen izquierda del Río Segura, al Norte de la zona anterior: piezómetros del Palacio de Justicia; o también hacia el Oeste, en los piezómetros pareados del Museo de la Ciencia. En la Figura nº 22 se representan las evoluciones piezométricas de los piezómetros pareados correspondientes a estas localizaciones.

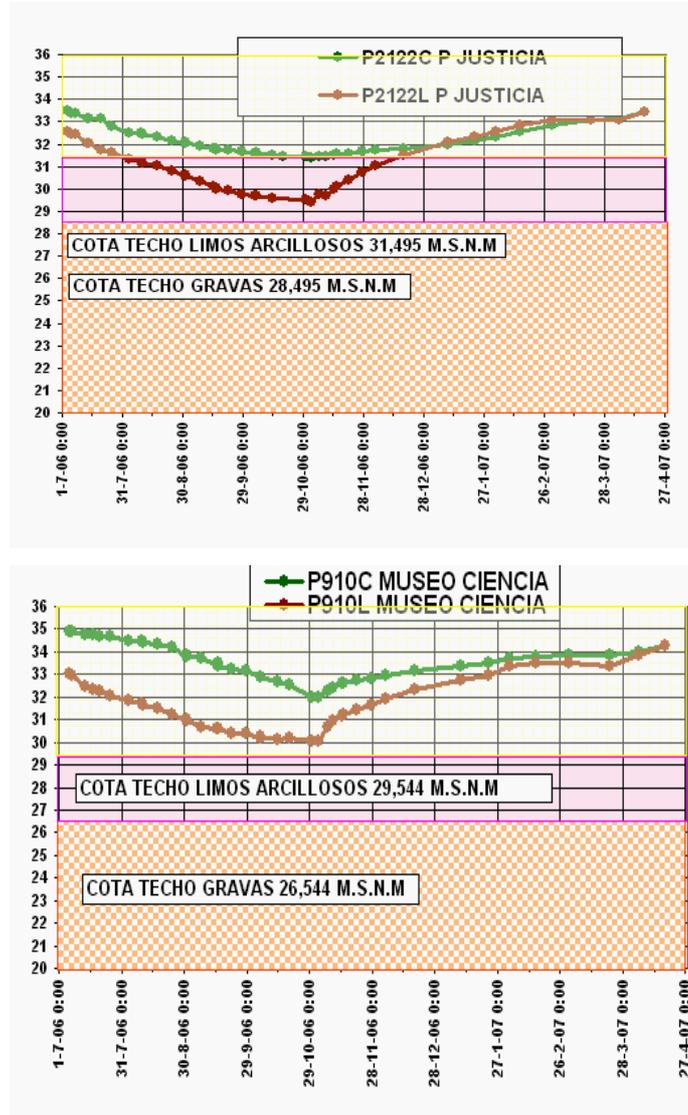


Figura nº 22. Gráficos de evolución piezométrica en piezómetros pareados (Palacio de Justicia y Museo de la Ciencia).

En marrón nivel del PRIMER NIVEL DE GRAVAS. En verde nivel del ACUITARDO en el mismo punto.

La evolución comparada en todos estos casos del acuífero PRIMER NIVEL DE GRAVAS con el ACUITARDO, pone de manifiesto que los ascensos y descensos piezométricos en las gravas son más acusados (tienen una mayor pendiente) que en los piezómetros que captan solo el ACUITARDO.

Y también, que en el inicio de la etapa de bombeos en este acuífero de marzo de 2007, básicamente constituidos por los sondeos municipales de riego de jardines de la R.U.R. (EMUASA), generan interferencias de bombeo que se hacen notar claramente mediante inflexiones en la evolución de los piezómetros largos (gravas cautivas) pero no así en los cortos (acuitardo libre).

La irregular geometría del techo de las gravas, así como su inclinación y hundimiento hacia el Este, hace que varíe la carga hidráulica de confinamiento en cada zona.

3.1.1.2 Estructura litológica: GRAVAS- ARENAS - ARCILLAS IMPERMEABLES

El acuífero también se comporta como cautivo en aquellas zonas en las que a techo de las gravas las arcillas son reemplazadas por limos arenosos. Por encima de estos limos arenosos se cortan arcillas y limos arcillosos hasta la superficie del terreno.

La evolución de los dos piezómetros (Largo y Corto) es coincidente siempre. El piezómetro corto, que como sabemos no toca las gravas, se quedó abierto en los limos arenosos. Tales limos arenosos se encuentran en conexión hidráulica con las gravas, formando “un todo uno”. Las arcillas y limos arcillosos superiores deben ser muy pobre en agua, prácticamente impermeables, pudiéndose decir que en estas zonas no existe acuitardo. El gráfico siguiente de la Figura nº 23 ilustra este ejemplo y corresponde a la evolución de los dos piezómetros pareados, próximos al Polideportivo Santiago el Mayor, en la Ronda Sur (P0405C y P0405L).

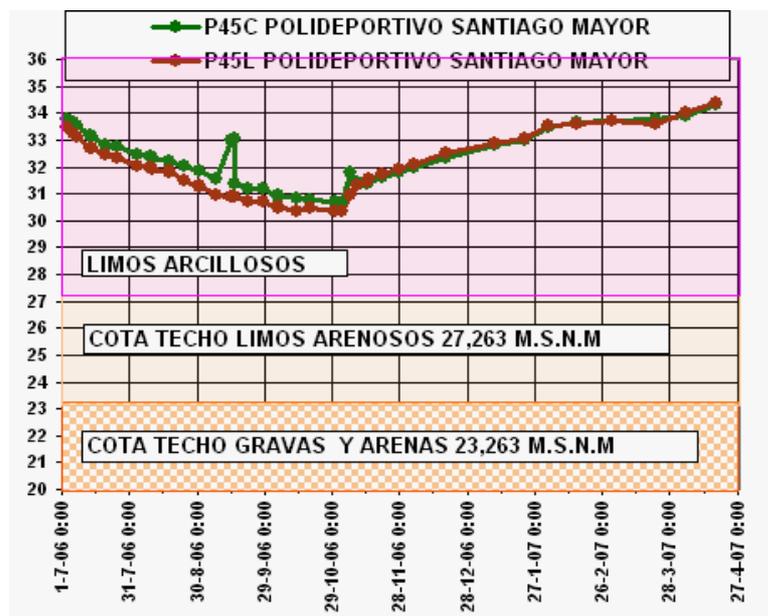


Figura nº 23. Gráficos de evolución piezométrica en piezómetros pareados (Polideportivo Santiago El Mayor).

En marrón nivel del PRIMER NIVEL DE GRAVAS. En verde nivel del ACUITARDO en el mismo punto.

En aquellas zonas de la ciudad donde el espesor de estos limos arenosos del ejemplo anterior (en conexión hidráulica con las gravas inferiores) suben hasta la cota topográfica 30-31 m s.n.m., como ocurre en los ejemplos que se muestran a continuación (localizados en el jardín próximo al Corte Inglés -Zona Noroeste- y en el jardín de la zona Atalayas -Ronda de Levante, sector Noreste de la ciudad-) el acuífero (suma del primer nivel de gravas y los limos arenosos suprayacentes) empieza siendo cautivo durante el invierno, pasa a ser libre a partir de agosto hasta finales de octubre, y vuelve a ser cautivo durante el resto del otoño y el invierno.

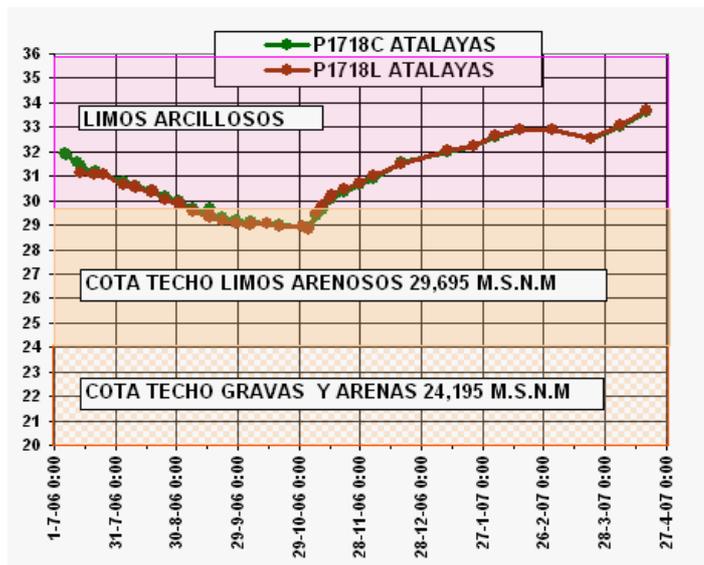
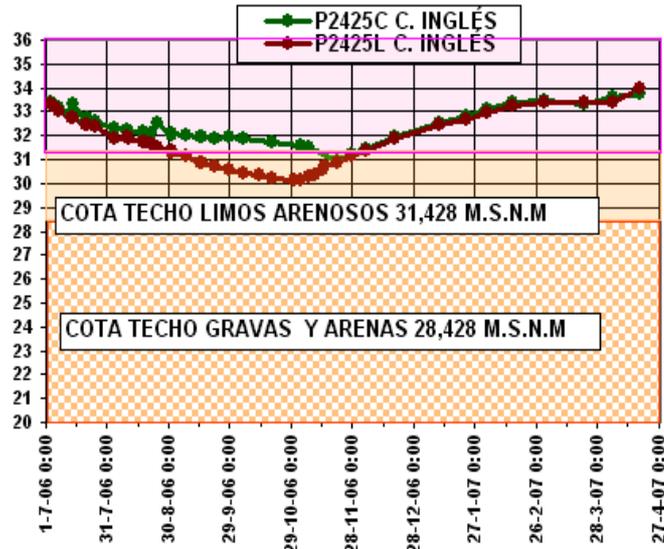


Figura nº 24. Gráficos de evolución piezométrica en piezómetros pareados (Corte Inglés y Atalayas).

En marrón nivel del PRIMER NIVEL DE GRAVAS. En verde nivel del ACUITARDO en el mismo punto.

En el caso del Corte Inglés, y a la vista de las columnas litológicas (ver Anexo nº 5), si parece que por encima de los limos arenosos, los sedimentos son algo permeables. En este caso si deberíamos hablar de ACUITARDO, como roca capaz de almacenar algo de agua en su interior y trasmitirla, aunque débilmente.

De ser así, aquí el ACUITARDO estaría conectado hidráulicamente con el acuífero PRIMER NIVEL DE GRAVAS, siendo el nivel piezométrico de ambas formaciones único y por tanto, nivel freático.

En los sectores de la ciudad donde se da esta circunstancia (al que podríamos incluir también la zona de la Condomina-Plaza de Toros) las arenas que se encuentran entre las gravas (abajo) y los limos arenosos (acuitardo), funcionan a modo de “sumidero” o “imbornal hidrogeológico reversible”. Permitiendo en verano la descarga parcial del acuitardo hacia las gravas (desde la cota 30-31 m s.n.m., hasta la 29-30 m s.n.m.) y facilitando en invierno la recarga del acuitardo desde las gravas por flujo ascendente del agua. En cualquier caso, estas transferencias son del orden de 1 m de columna piezométrica, ya que la cota topográfica mínima registrada de las gravas cautivas es de 29-30 m s.n.m.

Hubiera sido de gran ayuda poder contar con más columnas litológicas de taladros y piezómetros realizados en la ciudad en el marco de otros estudios para poder cartografiar en detalle el sector del acuífero cautivo y el sector libre.

Otra consideración sobre la geometría lenticular del acuífero PRIMER NIVEL DE GRAVAS está en relación con su limitación lateral y su forma de cuña. Recordamos que su continuidad lateral hacia el Este queda interrumpida aguas abajo de Murcia, y lo mismo ocurre hacia el Norte y hacia el Sur.

En invierno, y más en los años húmedos, donde la recarga vertical es más significativa, el drenaje lateral hacia el Este, Norte y Sur queda dificultado por el cambio lateral de facies de gravas a arcillas.

Esto obliga a que el agua subterránea, en carga hidráulica (superior a 1 kg/cm², como hemos visto) busque una salida (drenaje vertical ascendente) en las zonas suprayacentes menos impermeables.

Este fenómeno explicaría lo que se conoce como “fontanillas” en las pedanías murcianas de Zarandona, Casillas, en el paraje El Castelar (Espinardo) y Vereda de la Cueva. Lugares estos ubicados fuera del casco urbano de Murcia y en la parte oriental de la zona de estudio.

También se descargaría mediante flujo ascendente siguiendo longitudinalmente el fondo de los azarbes, azarbones y meranchos existentes también aguas abajo de Murcia.

La limitación lateral y su desconexión en profundidad del resto del sistema multicapa se explicaría también en el hecho de que: piezómetros y sondeos poco profundos, alejados del entorno urbano de Murcia (por tanto, emplazados ya claramente fuera del acuífero PRIMER NIVEL DE GRAVAS) y no influenciados por bombeos próximos, no hayan reflejado oscilaciones tan significativas como las vistas dentro del casco urbano de Murcia.

Estos pozos y piezómetros no captan este primer nivel de gravas. Las primeras gravas que tocan aparecen a mayor profundidad, pertenecientes a un segundo nivel de gravas más profundo, de mayor continuidad lateral y por tanto con mayores reservas.

En Murcia ciudad se forma un “embudo de descensos piezométricos”, que es más acusado durante los veranos de las sequías 1995 y de 2006, cuyo mínimo llega a bajar a la cota 29 m s.n.m.

Dicho embudo se forma por la superposición de los conos de bombeo y la interacción de los radios de influencia de los sondeos municipales de la R.U.R. y algunos de riego de la Huerta emplazados en este acuífero tan limitado lateralmente. Ver mapa siguiente (Figura nº 25).

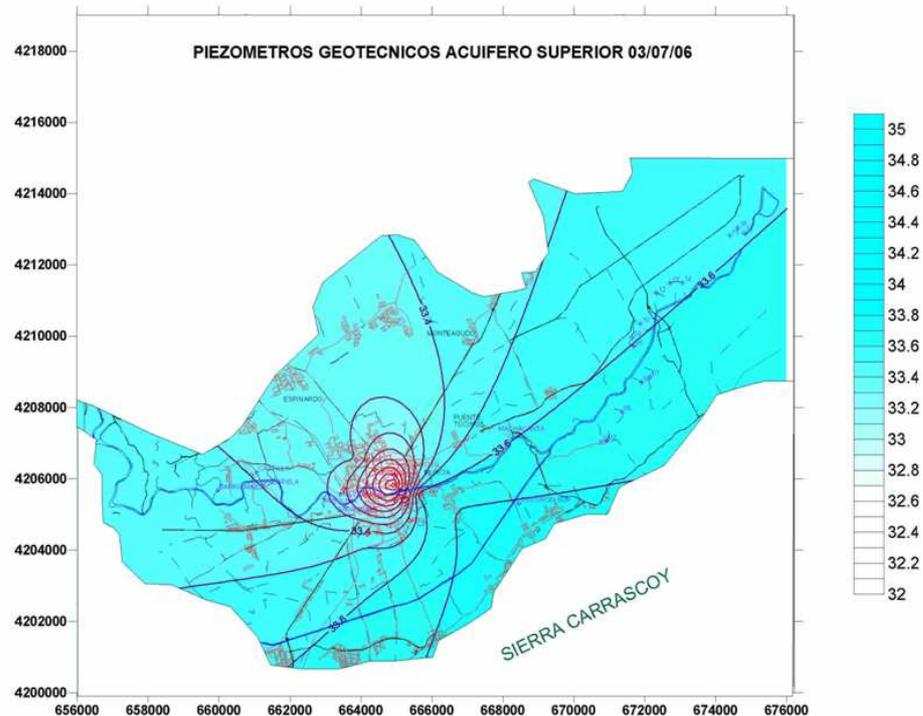


Figura nº 25. Mapa de isopiezas de los piezómetros CHS de julio de 2006. En él se aprecia un “embudo hidrogeológico” en Murcia ciudad similar al que se produjo en septiembre de 1995, antes indicado.

Considérese que todos estos sondeos, urbanos y periurbanos, solamente captan los primeros metros del acuífero PRIMER NIVEL DE GRAVAS. Algunos de ellos, los que se perforaron a percusión, sifonaban las gravas cautivas, con lo que se dificultaba la maniobra de cuchareo y limpieza previa a la introducción del trepano.

De tal forma, que cuando el trépano volvía a entrar en el sondeo, éste se había derrumbado en los metros finales, con lo que la maniobra había que repetirla. Como el objetivo era poder bombear agua, y éste se cubría con apenas unos metros de penetración en las gravas, la perforación se daba por concluida ante las dificultades de seguir avanzando. Eso no impedía obtener caudales importantes.

A la reducción de la Transmisividad en los pozos por explotar solamente los primeros metros iniciales, hay que añadir la limitación de que el acuífero funciona como cautivo o semicautivo en gran parte de la zona y durante casi todo el año, como se vio anteriormente. Por tanto, los conos de bombeo de los bombesos cíclicos de pozos someros tan próximos se solapan.

3.2 APORTACIONES

Las entradas de recursos al acuífero se producen por recarga vertical desde el cauce del río Segura -en la zona occidental del mismo- y desde el ACUITARDO en las zonas donde está conectado hidráulicamente con las gravas. Aquí el ACUITARDO, trasmite en vertical el agua procedente de las filtraciones de la red de acequias, del retorno de regadíos, la lluvia y demás fugas de redes urbanas.

Recarga vertical desde el cauce del río Segura

Como se ha descrito anteriormente, el carácter confinado del acuífero no abarca la totalidad del mismo. En efecto, en la zona de cabecera (Rincón de Beniscornia, Arboleja, presa hinchable en el río Segura) el ACUITARDO descansa directamente sobre este acuífero y se encuentran en conexión hidráulica.

El pasado verano 2006 se estimó en 150 l/s el caudal continuo infiltrado desde el cauce del río en esta zona. Dicho caudal se estima en función de los datos de aporte aguas arriba de la presa hinchable. La infiltración se produce, principalmente a través de la mampostería lateral sumergida del pequeño embalse que genera dicha presa hinchable.

Este valor se obtuvo de sumar el caudal circulante por el río en aquel momento en el tramo Contraparada y la cola de dicho embalse más el caudal del sondeo CHS en el Rincón de Beniscornia, denominado Ortines, que aportaba unos 100 l/s al cauce del Segura.

Pues bien, en aquel momento, por la presa hinchable apenas saltaba agua. Todo ese caudal se infiltraba en el acuífero. Esta recarga se produce de forma continua a lo largo del año, lo que supone una infiltración al sistema hidrogeológico del orden de los 4 hm³.

Recarga vertical desde el acuitardo

En el entorno urbano, también recibe recarga vertical del ACUITARDO en aquellas zonas donde el acuífero (gravas) es libre. Además, estas gravas pueden recargar verticalmente el ACUITARDO en estos mismos sectores cuando la piezometría del acuífero asciende, como ya se ha explicado antes.

Otra fuente de recarga del acuífero a través de los paquetes semipermeables superiores, se encuentra en el retorno de regadíos procedentes de la agricultura de la zona.

Como es sabido, para la distribución del agua de riego en la Huerta de Murcia se utiliza una intrincada red superficial de transporte formada por acequias, acequietas, brazales, azarbes y meranchos, los cuales tienen bastantes fugas y filtraciones a lo largo del recorrido. En la mayoría de los casos se encuentran sin entubar, con el lecho de tierra.

También hay que tener en cuenta que en los alrededores del casco urbano, el regadío se realiza exclusivamente por riego por inundación o “riego a manta”, por lo que gran parte del agua se infiltra en el subsuelo. En aquellas zonas de cabecera del acuífero o donde se encuentra conectado hidráulicamente con el ACUITARDO (sectores libre o semiconfinado) esta recarga va directamente a parar al acuífero PRIMER NIVEL DE GRAVAS. Igual ocurre con el agua de lluvia que se infiltra.

No era objetivo de este estudio analizar de forma exhaustiva y profundizar en el cálculo de la recarga del acuífero primer nivel de gravas, pormenorizando y estudiando por separado los factores que la componen y antes indicados.

No obstante, podemos decir que a los 4 hm³ infiltrados por el río desde el microembalse de la presa hinchable, y antes referidos, habría que añadir al menos otros 4 hm³ procedente del conjunto de los factores antes indicados.

3.3 EXTRACCIONES

El acuífero superior o PRIMER NIVEL DE GRAVAS es el tramo productivo más superficial del sistema hidrogeológico de la Vega Media en la zona de estudio y era, hasta la fecha, el único explotado de los niveles de gravas existentes en profundidad.

Fuera del área de estudio, donde este acuífero ya se ha acuñado y desaparecido lateralmente, el espesor del paquete superior arcilloso limoso aumenta hasta llegar al siguiente nivel de gravas.

En estas zonas, fuera del perímetro urbano de Murcia, estas gravas más profundas forman parte ya del segundo nivel de gravas (desde el punto de vista estratigráfico regional) aunque sean el primero y único que cortan los sondeos tradicionales.

Esto se debe a que tradicionalmente, durante la perforación de un pozo o sondeo a percusión, y una vez atravesados los niveles superficiales arcilloso-limosos y alcanzado el estrato de gravas objetivo, se detenía la perforación por dos razones: porque el trépano no podía avanzar por el sifonamiento de las gravas (cautivas y en carga hidráulica) y porque los escasos metros perforados en dichas gravas aportaban, por si solos, el caudal de bombeo buscado (hasta de 100 l/s). Esto ha supuesto que la profundidad media de las perforaciones inventariadas sea de 60 m.

Esta accesibilidad a importantes recursos hídricos subterráneos ha posibilitado la proliferación de pozos de sequía que captan las primeras gravas que aparecen en la serie.

El uso destinado al agua alumbrada es variado, pudiéndose establecer varias categorías.

3.3.1 Sistemas de refrigeración con agua subterránea

Hasta finales de los años 90 se ha venido utilizando sistemas de refrigeración con agua subterránea. Dicho sistema captaba agua de pozo para su utilización en un circuito cerrado de refrigeración, aprovechando la mayor capacidad del agua para transportar el calor hacia el radiador, donde se enfría, produciendo frío. Este sistema es mucho más eficaz que los sistemas de refrigeración por aire, ya que el calor específico del agua es alto.

Sin embargo, a raíz de los brotes de Legionela del verano de 2001, este sistema se ha ido sustituyendo de los edificios por la refrigeración por aire, donde no existe acumulación de agua, que es donde se forman las colonias de esta bacteria.

Actualmente no queda ningún establecimiento, comercio o vivienda con refrigeración por agua.

3.3.2 Red Urbana de Riego (R.U.R.)

EMUASA (Empresa Municipal de Murcia para la distribución de agua) mantiene y gestiona una Red Urbana de Riego (R.U.R.) de jardines y limpieza de viaria con pozos urbanos.

La red está compuesta por sondeos de pequeño diámetro que captan el primer nivel de gravas y posiblemente también, el acuitardo en algunos casos.

Generalmente se ejecutaban a rotación directa con diámetros de 300 mm, entubándose con PVC sanitario de 180 mm de diámetro interior y 6 atmósferas de presión. Estas tuberías son claramente ineficientes para estos sondeos por su escasa resistencia mecánica. El empuje del terreno sobre ellas las fractura, lo que favorece el arrastre continuo de una pequeña fracción de sedimentos con el agua bombeada.

La rotación directa expulsa el fluido de perforación en el fondo del sondeo por los orificios del tricono y asciende con el detritus por las paredes de la perforación hasta alcanzar la superficie. En terrenos poco consolidados es frecuente que se formen cavidades en el interior del sondeo (“rehoyas”) por desprendimiento de las paredes debidas a la inyección del fluido a presión por el trépano contra la formación limoso-arenosa o arcillosa.

Otros de estos sondeos se realizaron mediante el método de percusión. Ya se explicó anteriormente las dificultades que tienen estos métodos de perforación para profundizar en dentro de los estratos de gravas confinados.

Con el fin de que el sondeo no se colapse durante la perforación, se introducía una tubería para evitar desprendimientos de las paredes. Este sistema de tubería auxiliar tiene el riesgo de que las capas de arcillas atravesadas colapsen o se hinchen y “abracen dicha tubería”, lo que obliga a esta tubería auxiliar de perforación como tubería de revestimiento definitiva.

Por tanto, dicha tubería, y antes de ser instalada en el sondeo, debe de llevar ya las ranuras o filtros definitivos, en previsión de que no pueda extraerse luego. Pero como no se sabe, antes de realizar la perforación, a que profundidad exacta y con que espesor se cortarían las gravas, es frecuente que se ranure un tramo lineal de tubería de mayor longitud al que luego quedará enfrenteado al estrato de gravas. Incluso puede que se ranure la longitud total de la entubación con rajadas de longitud variable distribuidas al tresbolillo.

Esto hace que cuando se bombea agua del sondeo, no solo se extrae el agua contenida en las gravas, sino que también la procedente del acuitardo.

Las gravas del acuífero son limpias, y una vez desarrolladas, no tienen arrastres y no pasan por las ranuras. Pero en cambio, los limos arcilloso-arenosos si pueden acompañar al agua bombeada. A modo de ejemplo, si por cada litro de agua bombeada se transportara únicamente 10 gramos de este material como arrastre mecánico de sedimentos, tendríamos que se ha extraído 1 Tonelada de este material en apenas 100 m³ de agua bombeada.

Para reducir o mitigar el arrastre, en ocasiones, se procede a la instalación del empaque de gravas, situado entre la tubería definitiva y la pared de perforación. Dicha instalación, en ocasiones se efectuaba por vertido directo en el “ánulus”, del sondeo y en otras mediante varillaje, realizando de forma simultánea labores de pistoneo o desarrollo con aire.

Se cuenta con abundante información sobre estos sondeos y su evolución piezométrica proporcionada por EMUASA en el año 1997. Desde entonces la ciudad de Murcia se ha expandido bastante, creándose nuevos jardines y zonas verdes, regadas con agua de nuevos pozos. Algunos de los sondeos que se ejecutaron durante el año 1994, y estuvieron en funcionamiento en un principio, hoy se encuentran sustituidos por otros situados en otras zonas.

La ubicación y características de estos sondeos nuevos y las zonas regadas asociadas se desconocen.

En la actualidad, las perforaciones más antiguas están llegando al término de su vida útil, produciéndose roturas de las entubaciones y arrastres de sedimentos que han obligado a abandonarlos en algunos casos. La CHS desconoce cuantos, cuando y cuales de estos sondeos ejecutados en 1994 han sido reemplazados por otros y en que momento fueron dados de baja.

Según la página web oficial de Emuasa, en total se trata de 53 sondeos, distribuidos por todo el término municipal de Murcia pero más concentrados en los 12 km² que conforman su casco urbano de Murcia. Aquí se localizan 29 del total (el 55 %), el resto (24) se distribuyen por las diversas pedanías: Puente Tocinos (3 sondeos), Monteagudo (2 sondeos), Espinardo (2 sondeos), etc.

Según la misma web, la superficie total de riego asciende a 951.000 m², estando el 82 % regada con aguas subterráneas, unos 779.820 m². La explotación media de los últimos 5 años es de 815.000 m³. Esto supone que la dotación media es de 0,957 m³ por metro cuadrado y año (m³/m²/año).

Se desconoce el volumen bombeado destinado al baldeo de calles y el de otros pozos municipales como el del parque de bomberos en el Polígono Infante, cerca del Centro Comercial Eroski.

En el momento actual podemos hablar del orden de 1 hm³ al año de agua bombeada por EMUASA del acuífero PRIMER NIVEL DE GRAVAS (excluyendo los pozos de las pedanías), sin poder precisar más por falta de información actualizada.

En la Tabla nº 3 se muestran los datos de la R.U.R. de los que dispone la CHS y en la Figura nº 26 se representa la ubicación de dichos puntos, diferenciando entre sondeo de explotación y piezómetro.

Tabla nº 3. Red Urbana de Riego (R.U.R.) de Emuasa

Código	Toponimia	X U.T.M.	Y. U.T.M.	Prof. (m)	Prof. de la Bomba (m)	Caudal (l/s)
C 93421035	PARKING EMUASA	664185	4206930	18		
C 93421122	EDAR ZARANDONA	665620	4207665			
S01	PRYCA ZARAICHE	663244	4207965	69	17	
S02	AUDITÓRIUM, PARQUE FOFO	663891	4207166	50	30	3
S03	PLAZA CIRCULAR	664252	4206780	48	19	5
S04	LA SEDA	663374	4206400	46	22	5
S05	MALECÓN	663723	4205666	50	19,5	3
S06	EL PALMERAL	665477	4206351	47	20,8	
S07	JARDÍN SAUCE, INF. JUAN MANUEL	665070	4205149	46	24,7	5
S08	PINTOR PEDRO FLORES	664573	4204999	35	21,5	5
S09	JARDÍN FRENTE A IGLESIA	664881	4210294	31	18	5
S10	JARDÍN JUNTO A "EL CHARCO"	664194	4201243	47	26	5
S11	PLAZA DE LA CONSTITUCIÓN(JARDÍN FRENTE UNIVERSIDAD)	664871	4206466	46	19,4	5
S12	ESPINARDO I; JARDÍN CENTRO PUEBLO	661809	4208417	72	25	3
S13	ESPINARDO II; JARDÍN CENTRO PUEBLO			30	28	10
S14	AUTOVÍA 1	662312	4207423	46		

Tabla nº 3. Red Urbana de Riego (R.U.R.) de Emuasa

Código	Toponimia	X U.T.M.	Y. U.T.M.	Prof. (m)	Prof. de la Bomba (m)	Caudal (l/s)
S15	AUTOVÍA 2	662996	4206664	44		
S16	SIERRA ESPUÑA	663727	4206892	26	20	3
S17	PZA. CAMILO JOSÉ CELA	664091	4207195	30	20	3
S18	LOS ÁLAMOS. JARDÍN LOS ÁLAMOS.	664560	4207299	26	19	3
S19	LA FAMA, LOS PERROS	664394	4206710	72	23	5
S20	SON ESTEBAN	664064	4206336	26	21	3
S21 CR-1	JARDÍN JUNTO GASOLINERA LAS ATALAYAS	665274	4206864	29		8
S22	PLAZA FEDERICO SERVET	665395	4205989	30	16	
S23	CRUZ ROJA 1	664756	4205624	50		
S24	CRUZ ROJA 2	664612	4205624	30	20,45	5
S25	FLORIDABLANCA. FRENTE IGLESIA DEL CARMEN	664349	4205426	34	25	5
S26	TORRE DE ROMO. CALLE LIMONAR	665412	4204943	72	21	7
S27	INFANTE JUAN MANUEL	664789	4205500	30	20,85	4
S29	MONTEAZAHAR DE BENIAJÁN	669725	4204802	35		
S30	LA ALBERCA. JARDÍN CENTRO DEL PUEBLO	663738	4201493	36	19	5
S33	SAN BASILIO	663114	4206946	35,5	25	3
S34	JARDÍN DE VIUDES	664076	4204935	28,3	23	3
S35	JARDÍN LA PÓLVORA	663740	4206551	18,4	13	
S36	MALECÓN 2, P. SOBEJANO	663773	4205796	30	16	
S37	JARDÍN FRENTE ESTRELLA DE LEVANTE, ESPINARDO	662253	4209081	34		8
S38 CR-2	CIUDAD RESIDENCIAL 2, FRENTE COLEGIO	664779	4207324	27,4	13	8
S39	PLAZA BOHEMIA	663342	4207334	36	20	5
S40	POLÍGONO SAN GINES 1	660126	4202007	48		
S41	POLÍGONO SAN GINES 2	660080	4201865	41		

Tabla nº 3. Red Urbana de Riego (R.U.R.) de Emuasa

Código	Toponimia	X U.T.M.	Y. U.T.M.	Prof. (m)	Prof. de la Bomba (m)	Caudal (l/s)
S42	MATADERO. NUDO AUTOVÍA FRENTE ANTIGUO MATADERO MUNICIPAL	663880	4205034	34	20	5
S44	PALACIO DE DEPORTES	665826	4207062	35	26	5
S45	JARDÍN FRENTE LIWE.	666995	4207180	32	24,43	
S46	ESPINARDO, CITROEN	662770	4208580	41	30	8
S47	EL PUNTAL, JARDÍN FRENTE HOGAR DEL PENSIONISTA	662860	4209630	58,8	40	4
S48	MONTEAGUDO. JARDÍN CENTRO PUEBLO	667270	4209840	48	17,66	4
S49	FRENTE HOGAR DEL PENSIONISTA	660480	4207800	38	22	3,5
S50	JARDÍN EN NUEVA URBANIZACIÓN					
S52	VIVEROS MUNICIPALES DE LA ALBATALÍA	663020	4205880	106	26,15	3
S56	JARDÍN EN MONTEAZAHAR	669725	4204803	72	35	8
S58	PISCINA DEL MURCIA PARQUE	663893	4205607	31	15	4
S100	PUENTE TOCINOS (MERCADO-PLAZA REGIÓN DE MURCIA)	666960	4206932	37		
S101	JARDÍN MIGUEL ÁNGEL BLANCO (PUENTE TOCINOS)	666293	4206722	37,8		
S102	EDAR RINCÓN DE GALLEGO	670090	4207741	40,5		



Figura nº 26. Imagen aérea que muestra la ubicación de los sondeos de EMUASA (puntos rosa con texto en azul) y los piezómetros CHS (puntos naranjas con texto en amarillo) en el centro de Murcia.

3.3.3 Pozos de uso industrial

Determinado tipo de industrias necesitan un aporte importante de agua. La accesibilidad y rentabilidad del uso de aguas subterráneas, ha hecho proliferar los sondeos de pequeño diámetro para su captación.

La expansión urbanística que vive Murcia desde hace unos años ha provocado la migración del suelo industrial hacia el extrarradio o a los polígonos industriales. Actualmente, dentro del casco urbano y su entorno más cercano, existen apenas 13 pozos en funcionamiento (Plano nº 1).

Normalmente se trata de pozos o sondeos con un caudal pequeño (menor a los 15 l/s), que funciona unas horas al día. El uso al que se destina el agua es muy variado: lavadero de coches, limpieza de maquinaria y/o vehículos, refrigeración de cámaras frigoríficas, etc. En la Tabla nº 4 y Tabla nº 5 se detallan los puntos de agua inventariados y los datos de caudal proporcionados por los propietarios.

Se puede ver la escasa profundidad a la que se encuentran las aspiraciones de las bombas en todos los casos.

Tabla nº 4. Puntos de agua destinados a uso industrial

Titular	Código	X UTM	Y UTM	Profundidad (m)	Prof. Bomba (m)
AUTOMOCIÓN DEL SURESTE, SA; AUSSA	IN 001	665560	4207390	40	25
AYUNTAMIENTO DE MURCIA, CF. REAL MURCIA	IN 002	665034	4206187		10
CROMADOS JUAN NICOLÁS E HIJOS	IN 003	665280	4204805	32	15
LAVADERO INFANTE	IN 004	665780	4205455	Desconocido	Desconocido
LAVADERO WESUMAT	IN 005	663083	4207562	Desconocido	Desconocido
LÍNEAS REGULARES DEL SURESTE, S.A. (LATBUS)	IN 006	663955	4204585	42	Desconocido
SANATORIO VIRGEN DE LA VEGA	IN 007	664025	4206885		
SIRVENT MIRALLES, RAMÓN; HELADOS LA FUENSANTA	IN 008	665700	4207450		
RODENAS MESEGUER, SA	IN 009	662228	4205270		
PARQUE DE BOMBEROS	IN 010	665608	4205472	35	24

Tabla nº 5. Datos de extracción de los sondeos de uso industrial

Código	Horas de Bombeo	Caudal (l/s)	Volumen bombeado (l/día)	Volumen bombeado anual (m3)	Uso	Observaciones
IN 001	Varias horas, 6 d/semana	1,50	5.000	1.440	Lavado de vehículos e instalaciones	Llenan una cuba de 5000 l diariamente de forma automática
IN 002					Riego de campo de fútbol y limpieza de instalaciones	En reserva para emergencias. Lo ponen en marcha regularmente para mantenimiento.
IN 003	5 h/día 5 día/semana	2,25	40.500	9.720	Limpieza de material e instalaciones	
IN 004	Desconocidas	5	Desconocido	Desconocido	Lavadero de coches	
IN 005	Desconocidas	2,5	27.000	9.855	Lavadero de coches	Sondeo perforado por Emuasa para sustitución de antiguo pozo excavado
IN 006	3 h/día 7 día/sem	2	21.600	7.884		En proceso de sustitución por traslado de instalaciones
IN 007					Lucha contra incendios	Lo ponen regularmente en marcha para su mantenimiento
IN 008	3 h/día 6 día/sem	1	10.800	3.110	Alimenta un compresor que esta en proceso de sustitución	
IN 009	3 h/día 7 día/sem	25			Lo utilizan para refrigeración de cámaras frigoríficas de uso industrial	
IN 010					Llenado de cubas de los camiones	Debido a los arrastres del pozo, solo bombean en caso de emergencia
TOTAL				32.009		

3.3.4 Pozos de uso agrícola

Se trata, sin duda, del tipo de explotación más extendida e intensiva de los diferentes usos del agua subterránea en la huerta de Murcia, pero como ya se ha dicho, no todos estos pozos captan el acuífero PRIMER NIVEL DE GRAVAS. (Plano nº 5).

El número de pozos y sondeos en la huerta de Murcia es muy alto. Según el inventario realizado por la CHS durante la sequía de mediados de los 90, supera los 600 puntos aunque solamente el 10 % de dichas captaciones sacaban el 90 % del total del volumen estimado. El resto eran, en su inmensa mayoría, pozos comunes de uso doméstico, con caudal inferior 1 l/s, para riego del jardín de la parcela o de un pequeño huerto.

Tal y como se comentó con anterioridad (inicio del apartado 3.3), los pozos y sondeos de la Vega Media para uso agrícola tienen una profundidad media de 55 m (dato obtenido de promediar las profundidades de las captaciones inventariadas).

Esto significa que las extracciones efectuadas inciden directamente sobre las primeras gravas que aparecen en cada zona: las del primer nivel de gravas en el entorno de Murcia, según la geometría descrita, o las del segundo nivel de gravas, más profundo, en el resto de la huerta.

En la ortoimagen siguiente (Figura nº 27) de la zona de estudio se delimita el perímetro (proyectado en superficie) del acuífero PRIMER NIVEL DE GRAVAS con una línea discontinua color naranja. Los puntos verdes indican la ubicación de los pozos de sequía de la Junta de Hacendados gestionados por la CHS durante la sequía, los puntos rojos representan la ubicación de los sondeos de EMUASA de la R.U.R. y los puntos azules son piezómetros de la red IGME en el acuífero.

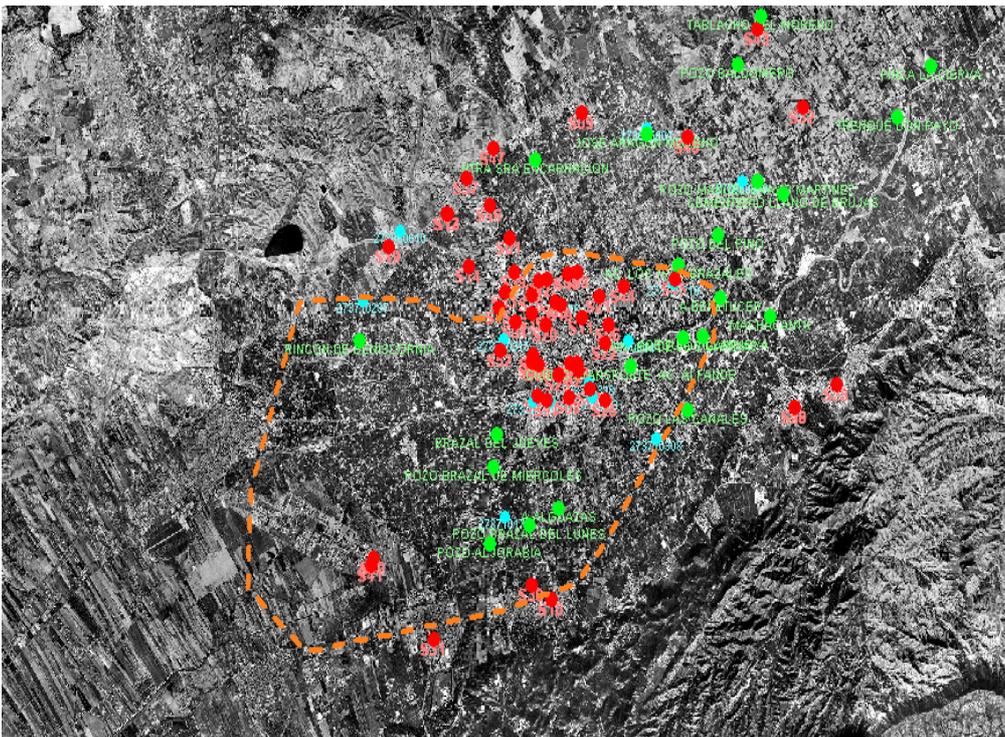


Figura nº 27. Imagen aérea que muestra la ubicación sondeos de la Junta de Hacendados (puntos verdes), de los sondeos de EMUASA (puntos rojos) y los piezómetros IGME (puntos azules) en el centro de Murcia.

Como puede verse, no todos los antiguos pozos de sequía de la huerta (puntos verdes) se encuentran dentro del perímetro del acuífero PRIMER NIVEL DE GRAVAS. En cambio, sí se aprecia una clara concentración de pozos de EMUASA dentro de este acuífero (puntos rojos).

En cuanto a las características de los pozos de uso agrícola, podemos decir que, aunque en los metros iniciales se solía dejar tubería ciega, cementada en su anular exterior, estas cementaciones y las chapas de las tuberías están a día de hoy muy deterioradas, dada la antigüedad de estos pozos, que superan los 20 años.

En otros casos, tramos enteros de las tuberías de revestimiento se han roto y descolgado. Estos desperfectos en las entubaciones permiten la conexión con los tramos semipermeables superiores y posibilitan el arrastre mecánico de sedimentos junto con el agua bombeada. La fotografía siguiente (Fotografía nº 7), tomada del interior de uno de estos sondeos, ilustra este hecho. Puede apreciarse como los cantos de grava han quedado al descubierto.



Fotografía nº 7. Estado actual de sondeo de la Junta de Hacendados

Los efectos de este arrastre mecánico de sedimentos se ven en las inmediaciones del propio pozo: en el suelo aparecen grietas curvadas hacia el propio pozo de bombeo por la subsidencia del terreno y grietas importantes y bien desarrolladas en las casas del entorno próximo.

El volumen de sedimento extraído puede ser muy importante. Por ejemplo, solo con que en un litro de agua bombeada haya 10 gramos de arcilla arrastrada, supone 1 Tonelada de sedimentos de la zona de cimentación en

100 m³ de agua bombeada. Algo que se consigue en pocas horas de bombeo y a escaso caudal. El gráfico de la Figura nº 28 y fotografías siguientes ilustran este ejemplo.

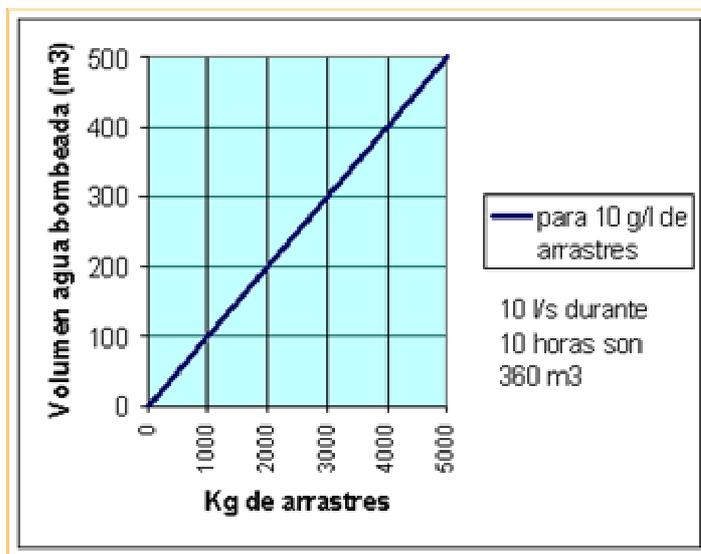


Figura nº 28. Gráfico de evacuación de material en un supuesto de 10 g/l de arrastre observado en campo.

Grietas junto a un pozo de bombeo y producidas por la evacuación por bombeo de grandes cantidades de sedimentos del suelo, se ha visto recientemente en un pozo sin autorización ejecutado a finales de octubre pasado al Este de la zona de estudio. (Ver fotografías siguientes).



Fotografía nº 8. Grietas en el entorno de un pozo por vaciado de material con el agua bombeada en el aforo.

La Fotografía nº 9 muestra los trabajos de acondicionamiento del entorno del pozo, mediante la instalación de una losa de hormigón armado que cubre una amplia zona para evitar subsidencias del terreno.



Fotografía nº 9. Instalación de losa de hormigón armado para cubrir las subsidencias del terreno.

Las deficiencias constructivas observadas en los sondeos inventariados en la vega media hasta la fecha, se deben fundamentalmente a los siguientes factores:

Utilización de métodos de perforación que evacúan cantidades de terreno muy superiores al volumen objeto de perforación, generando agrietamientos y subsidencias.

Las percusiones realizadas en la Vega Media en medio detrítico saturado, evacuan grandes cantidades de volúmenes de material, sobre todo en los niveles mas transmisivos (gravas), con objeto de poder sobrepasar dichos niveles, obligando en niveles de mayor potencia y Transmisividad a bajar la tubería auxiliar, por detrás del trépano, con objeto de poder continuar la perforación. Ello conlleva instalación de tramos filtrantes en zonas de finos, con el consiguiente arrastre durante el desarrollo. Además no se puede garantizar la correcta colocación del empaque de grava debido al desprendimiento simultáneo de material. Con las operaciones de pistoneo, se puede optimizar dicha colocación, no obstante dicha operación prácticamente no se realiza. Como ejemplo, se tiene constancia de ejecuciones de sondeos llevados a cabo por el antiguo Instituto Nacional de Colonización (INC), en las que se emplearon más de 11 meses de plazo, alcanzando profundidades según los antiguos inventarios realizados de hasta 205 m. En el nuevo inventario realizado, utilizando cámara de video, no se han encontrado en la Vega Media sondeos con más de 80 m de columna perforada.

Las rotaciones directas y rotopercusiones (sin control de la viscosidad del fluido de perforación) generan, durante la perforación en materiales detríticos, tales como los de la Vega Media, cavidades que provocan desprendimientos por carga litostática. Posteriormente, también se evacuan grandes cantidades de finos en la fase de desarrollo generando subsidencias que colapsan la tubería y fracturaciones del terreno tal y como se ha visto en anteriores fotografías.

Posteriormente, en las fases de desarrollo y aforo del sondeo, las deficiencias constructivas observadas provocan una mayor evacuación de material por arrastre, continuándose en ocasiones durante la fase de explotación del sondeo (Ver Fotografía nº 10).

Si además, los sondeos realizados con las deficiencias constructivas observadas, se sitúan en el entorno próximo de edificaciones se puede llegar a reducir la capacidad portante del terreno y provocar subsidencias locales, afectando seriamente a las cimentaciones.

El movimiento de partículas junto con el agua bombeada o achicada de vaciados y excavaciones urbanas está en el origen de patologías de edificios como agrietamiento de fachadas, tabiques y muros detectados en Murcia a mediados de los años 90. Así lo expone el profesor D. Francisco Serrano Alcudia en su libro “Patología de edificación el lenguaje de las grietas” (pp. 285-291) ⁽²⁾.

También diversas sentencias del Tribunal Superior de Justicia de Murcia, apoyadas en informes periciales, relacionan el agrietamiento de distintas estructuras de edificios y sótanos por arrastre de partículas del terreno junto con el agua procedente de fugas de la red de agua potable o alcantarillado ⁽³⁾.

(2). “Patología de edificación el lenguaje de las grietas”. 3ª edición. FUNDACIÓN ESCUELA DE LA EDIFICACIÓN. www.esc-edif.org.

(3). Sentencias del TSJ Sección 2ª, Sala de lo Contencioso Administrativo 501/2006.

Otras sentencias de interés del mismo tribunal y sala sobre daños en edificios por fugas de agua: 15/03; 589/04; 473/06.



Fotografía nº 10. Ejemplo de arrastre mecánico de sedimentos.

Acumulación de arenas en un brazal de riego procedentes del bombeo de un pozo del entorno de Murcia. Fotografía tomada en 1995 por la Guardería Fluvial de la CHS. Una casa en planta baja próxima al pozo sufrió importantes grietas en los tabiques y techos.

Los caudales extraídos de los pozos son muy variables, en función de los materiales atravesados y de la calidad en la ejecución e instalación del pozo. El promedio es de unos 55 l/s, aunque el máximo supera los 100 l/s.

La profundidad media a la que están colocadas las instalaciones de las electro-bombas es de 30 m. Esto da idea de la alta productividad en caudal que de la zona más epidérmica del sistema multicapa de la Vega Media del Segura.

En la Tabla nº 6, se detallan las características de los pozos y sondeos destinados a uso agrícola incluidos dentro del acuífero PRIMER NIVEL DE GRAVAS. En la Tabla nº 7 se incluyen las características de los sondeos y pozos destinados a uso agrícola, situados fuera del primer nivel de gravas. La Tabla nº 8 incluye los volúmenes explotados durante el presente año dentro del perímetro del primer nivel de gravas y la Tabla nº 9 los volúmenes extraídos fuera del primer nivel, mediante los datos aportados por los propietarios y comunidades de regantes. Los códigos asignados corresponden con los planos de proyecto mencionados.

De la observación de las tablas se aprecia que existe un mayor número de sondeos o pozos destinados a uso agrícola que captan el primer nivel de gravas (dentro del perímetro) que fuera y el volumen captado del primer nivel de gravas durante el año 2006 es 9,6 hm³ frente a 7,7 hm³, captado fuera del perímetro.

Tabla nº 6. Puntos de agua destinados a uso agrícola, localizados dentro del perímetro del PRIMER NIVEL DE GRAVAS.

Nombre de la captación	Código	Coordenadas		Prof. obra (m)	Prof. bomba (m)	Q efectivo (l/s)	Instalación electromecánica	Socios	Superficie riego	Subvencionado por CHS	Observaciones	
		X UTM	Y UTM									
Pozo Acequia Benetucer	PA 01	667990	4206866	199	30	100	Grupo Gasoil, Bomba vertical		90	2.80	Si	
Pozo Acequia de Albalate	PA 02	661070	4204199	55	30	45	Electrificado con bomba sumergible			14.53	No	Un año normal bombea unas 300 h/año
Pozo Acequia de Alfande	PA 03	665968	4205578	44	28	100	Electrificado Bomba Vertical		900	178.88	Si	
Pozo Acequia de Alguazas	PA 04	664333	4202913	320	25	60	Grupo Gasoil, Bomba vertical			44.72	Si	Posible testificación para su mejor aprovechamiento
Pozo Acequia de Don Pedro	PA 05	660814	4205149	63	35	95	Motor de gasoil con bomba de eje vertical		101	13.50	No	Riegan poco
Pozo Acequia de la Caravija	PA 06	666106	4206026	70	50	40	Motor de gasoil con bomba de eje vertical			2.24	No	Se esta reduciendo la superficie de riego debido a la recalificación de terrenos.
Pozo Acequia Villanueva	PA 07	667620	4206145	68	25	70	Desconocido		80	5.14	Si	
Pozo Arboleja	PA 08	661738	4205982	40	35	40	Electrificado con bomba de eje vertical			71.33	No	Abandono de tierras por baja rentabilidad y recalificación de terrenos
Pozo Brazal del Jueves	PA 11	662953	4204312	60	15	80	Motor de gasoil con bomba de eje vertical		90	22.36	Si	
Pozo Brazal del Lunes	PA 12	663620	4202615	55	40	50	Electrificado		180		Si	
Pozo Brazal del Miércoles	PA 13	662822	4203710	60	15	60	Motor de gasoil con bomba de eje vertical		90	22.36	Si	
Pozo Camino del Badén	PA 14	661442	4203637	50	35	50	Motor de gasoil con bomba de eje vertical		40	7.83	No	
Pozo Carril de las Palmeras	PA 15	662750	4202750	60	15	20	Motor de gasoil con bomba de eje vertical	Particular		2.24	No	
Pozo Carril de los Ferineas	PA 16	664737	4204241	46	25	25	Motor de gasoil con bomba de eje vertical	Particular		0.11	No	
Pozo de La Algorabía	PA 18	662769	4202261	60	40	40	Electrificado Bomba Sumergible		200	6.71	Si	
Pozo de la Cierva	PA 19	672832	4211143	95	36	80	Electrificado Bomba Sumergible	Particular		1.68	Si	
Pozo de la Torre	PA 21	661751	4205516	80	35	60	Motor de gasoil con bomba de eje vertical		70	10.06	No	
Pozo de los Horneros	PA 24	660308	4203632	50	45	50	Motor de gasoil con bomba de eje vertical		300	22.36	No	
Pozo de los Torres	PA 25	664256	4204038	40	14	50	Electrificado con bomba sumergible	Particular		0.50	No	
Pozo del Carril del Vizconde	PA 26	660181	4203915	47	45	70	Electrificado con bomba sumergible		300	27.95	No	
Pozo Gálvez	PA 28	660667	4203036	50	25	50	Electrificado con bomba sumergible		20	16.77	No	
Pozo Ignacio Murcia	PA 30	661579	4204292	40	21	40	Motor de gasoil con bomba de eje vertical		50	11.18	No	
Pozo Las Señoritas	PA 36	661872	4205512	35	28	50	Motor de gasoil con bomba de eje vertical		80	11.18	No	
Pozo Los Comunes	PA 37	660730	4205302	63	38	90	Motor de gasoil con bomba de eje vertical		300	27.95	No	
Pozo los Mesegueres	PA 38	662747	4205961	40	30	20	Motor de gasoil con bomba de eje vertical	Desconocido		13.42	No	Se esta reduciendo la superficie de riego debido a la recalificación de terrenos
Pozo Lumarga	PA 40	662665	4203430	45	40	15	Motor de gasoil con bomba de eje vertical		30	5.59	No	Tubería de impulsión rota desde el 25/07/06.
Pozo Molino del Batán	PA 41	661498	4202055	40	32	70	Motor de gasoil con bomba de eje vertical		160	2.80	No	
Pozo Partidor Grande	PA 42	660772	4203797	35	25	60	Motor de gasoil con bomba de eje vertical			15.65	No	
Pozo Rincón de Beniscornia	PA 43	659815	4206070	60	48	50	Electrificado Bomba Sumergida		190	33.54	Si	
Pozo Rincón de los García	PA 44	667166	4206112	50	14	50	Motor gasoil Bomba Eje Vertical		100		Si	
Pozo Torre Meseguer	PA 46	665844	4203547	60	28	70	Electrificado con bomba de eje vertical			22.36	No	No bombea desde mayo debido a los arrastres que tiene
Pozo Trenque de Don Payo	PA 48	672039	4210209	160		25	Motor Gasoil, Bomba Vertical		4		Si	
Sondeo IRYDA 2	PA 49	666497	4206171	205	18	60	Electrificado con bomba sumergible	Particular		1.00	No	

Tabla nº 7. Puntos de agua destinados a uso agrícola, localizados fuera del perímetro del PRIMER NIVEL DE GRAVAS.

Nombre de la captación	Código	Coordenadas		Prof. obra (m)	Prof. bomba (m)	Q efectivo (l/s)	Instalación electromecánica	Socios	Superficie riego	Subvencionado por CHS	Observaciones	
		X UTM	Y UTM									
Pozo Baldomero	PA 09	668412	4211194	50	45	45	Electrificado Bomba Sumergible	Particular	0.89	Si		
Pozo Baldomero	PA 10	668091	4207662	49	33	35	Electrificado con bomba de eje vertical	Desconocido		No		
Pozo Cementerio Llano de Brujas	PA 17	669473	4208787	58	24	70	Electrificado Bomba Sumergible	Desconocido		Si		
Pozo de la Ermita	PA 20	669678	4213285	50	28	40	Electrificado con bomba de eje vertical		30	1.68	No	Se están abandonando terrenos
Pozo de la Uralita	PA 22	667372	4207931	54	25	35	Motor de gasoil con bomba de eje vertical		60	18.00	No	
Pozo de los Bravos	PA 23	668868	4209011	55	25	45	Electrificado bomba de eje vertical		14	9.17	Si	
Pozo del Pino	PA 27	667965	4208008	55	22	78	Electrificado Bomba Sumergible		100	2.46	Si	
Pozo González Soler	PA 29	666841	4208465	60	25	80	Motor de gasoil con bomba de eje vertical	Particular		27.95	No	
Pozo José Aragón	PA 31	666374	4209892	60	24	70	Motor Gasoil, Bomba Vertical	Particular			Si	
Pozo Juan Sánchez Muñoz	PA 32	666916	4210615	82	80	34	Electrificado con bomba sumergible	Particular			Si	
Pozo la Encarnación	PA 33	663795	4209416	60	38	40	Grupo Gasoil, Bomba vertical		200		Si	
Pozo La Machacanta	PA 34	669165	4206492	170	45	80	Electrificado Bomba Sumergible				Si	
Pozo Las Canales	PA 35	667260	4204764	60	34	55	Motor gasoil Bomba Vertical		200	4.47	Si	
Pozo los Tres Brazales	PA 39	667076	4207459	53	25	80	Electrificado con bomba de eje vertical		50	3.35	Si	
Pozo Tablacho del Moreno	PA 45	668941	4212073	60	50	60	Electrificado Bomba Sumergida		120	5.03	Si	
Pozo Torremolina	PA 47	662069	4206886	63	30	40	Electrificado con bomba sumergible	Desconocido	22.36		No	Abandono de tierras por baja rentabilidad y recalificación de terrenos
Sondeo IRYDA 4	PA 50	669260	4207106	205	10	10	Electrificado con bomba sumergible	Particular	0.50		No	Prácticamente no riega,

Tabla nº 8. Volúmenes explotados en el año 2.006 en los puntos de agua destinados a uso agrícola, localizados dentro del perímetro del PRIMER NIVEL DE GRAVAS.

Nombre de la captación	Código	Volúmenes explotados, año 2.006									
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Volumen explotado
Pozo Acequia Benetucer	PA 01	20,160	20,160	20,160	80,640	80,640	80,640	80,640	201,600	120,960	705,600
Pozo Acequia de Albalate	PA 02	3,629	3,629	3,629	12,960	12,960	12,960	12,960	25,920	12,960	101,606
Pozo Acequia de Alfande	PA 03	60,480	60,480	60,480	80,640	80,640	80,640	80,640	201,600	120,960	826,560
Pozo Acequia de Alguazas	PA 04	28,512	28,512	28,512	57,024	57,024	57,024	57,024	171,072	114,048	598,752
Pozo Acequia de Don Pedro	PA 05	10,944	10,944	10,944	27,360	27,360	27,360	27,360	54,720	27,360	224,352
Pozo Acequia de la Caravija	PA 06	6,048	6,048	6,048	24,192	24,192	24,192	24,192	48,384	24,192	187,488
Pozo Acequia Villanueva	PA 07	28,224	28,224	28,224	56,448	56,448	56,448	56,448	141,120	84,672	536,256
Pozo Arboleja	PA 08	14,400	14,400	14,400	20,160	20,160	20,160	20,160	40,320	20,160	184,320
Pozo Brazal del Jueves	PA 11	40,320	40,320	40,320	64,512	64,512	64,512	64,512	161,280	96,768	637,056
Pozo Brazal del Lunes	PA 12	25,200	25,200	25,200	40,320	40,320	40,320	40,320	100,800	60,480	398,160
Pozo Brazal del Miércoles	PA 13	30,240	30,240	30,240	48,384	48,384	48,384	48,384	120,960	72,576	477,792
Pozo Camino del Badén	PA 14	10,080	10,080	10,080	30,240	30,240	30,240	30,240	60,480	30,240	241,920
Pozo Carril de las Palmeras	PA 15	2,880	2,880	2,880	3,456	3,456	3,456	3,456	6,912	3,456	32,832
Pozo Carril de los Ferineas	PA 16	1,080	1,080	1,080	1,080	1,080	1,080	1,080	2,160	1,080	10,800
Pozo de La Algorabía	PA 18	16,128	16,128	16,128	48,384	48,384	48,384	48,384	112,896	64,512	419,328
Pozo de la Cierva	PA 19	16,128	16,128	16,128	64,512	64,512	64,512	64,512	161,280	96,768	564,480
Pozo de la Torre	PA 21	5,184	5,184	5,184	8,640	8,640	8,640	8,640	17,280	8,640	76,032
Pozo de los Horneros	PA 24	17,280	17,280	17,280	21,600	21,600	21,600	21,600	43,200	21,600	203,040
Pozo de los Torres	PA 25	720	720	720	1,800	1,800	1,800	1,800	3,600	1,800	14,760
Pozo del Carril del Vizconde	PA 26	12,096	12,096	12,096	24,192	24,192	24,192	24,192	48,384	24,192	205,632
Pozo Gálvez	PA 28	12,960	12,960	12,960	34,560	34,560	34,560	34,560	69,120	34,560	280,800
Pozo Ignacio Murcia	PA 30	14,400	14,400	14,400	20,160	20,160	20,160	20,160	40,320	20,160	184,320
Pozo Las Señoritas	PA 36	5,400	5,400	5,400	6,480	6,480	6,480	6,480	12,960	6,480	61,560
Pozo Los Comunes	PA 37	54,432	54,432	54,432	69,984	69,984	69,984	69,984	139,968	69,984	653,184
Pozo los Mesegueres	PA 38	3,456	3,456	3,456	4,608	4,608	4,608	4,608	9,216	4,608	42,624

Tabla nº 8. Volúmenes explotados en el año 2.006 en los puntos de agua destinados a uso agrícola, localizados dentro del perímetro del PRIMER NIVEL DE GRAVAS.

Nombre de la captación	Código	Volúmenes explotados, año 2.006									Volumen explotado
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	
Pozo Lumarga	PA 40	1,296	1,296	1,296	1,728	1,728	1,728	1,728	0	0	10,800
Pozo Molino del Batan	PA 41	4,032	4,032	4,032	4,032	4,032	4,032	4,032	8,064	4,032	40,320
Pozo Partidor Grande	PA 42	31,104	31,104	31,104	31,104	31,104	31,104	31,104	62,208	31,104	311,040
Pozo Rincón de Beniscornia	PA 43	10,080	10,080	10,080	45,360	45,360	45,360	45,360	110,880	65,520	388,080
Pozo Rincón de los García	PA 44	10,080	10,080	10,080	40,320	40,320	40,320	40,320	100,800	60,480	352,800
Pozo Torre Meseguer	PA 46	0	0	0	12,096	12,096	12,096	12,096	24,192	12,096	84,672
Pozo Trenque de Don Payo	PA 48	15,120	15,120	15,120	35,280	35,280	35,280	35,280	80,640	45,360	312,480
Sondeo IRYDA 2	PA 49	20,736	20,736	20,736	20,736	20,736	20,736	20,736	41,472	20,736	207,360
TOTAL MENSUAL		532,829	532,829	532,829	1,042,992	1,042,992	1,042,992	1,042,992	2,423,808	1,382,544	9,576,806
TOTAL ANUAL											9,576,806

Tabla nº 9. Volúmenes explotados en el año 2.006 en los puntos de agua destinados a uso agrícola, localizados fuera del perímetro del PRIMER NIVEL DE GRAVAS.

Nombre de la captación	Código	Volúmenes explotados, año 2.006									Volumen explotado
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	
Pozo Baldomero	PA 09	6,804	6,804	6,804	40,824	40,824	40,824	40,824	99,792	58,968	342,468
Pozo Baldomero	PA 10	2,016	2,016	2,016	5,040	5,040	5,040	5,040	10,080	5,040	41,328
Pozo Cementerio Llano de Brujas	PA 17	70,560	70,560	70,560	141,120	141,120	141,120	141,120	282,240	141,120	1,199,520
Pozo de la Ermita	PA 20	12,096	12,096	12,096	32,256	32,256	32,256	32,256	64,512	32,256	262,080
Pozo de la Uralita	PA 22	17,640	17,640	17,640	28,224	28,224	28,224	28,224	56,448	28,224	250,488
Pozo de los Bravos	PA 23	18,144	18,144	18,144	31,752	31,752	31,752	31,752	63,504	31,752	276,696
Pozo del Pino	PA 27	23,587	23,587	23,587	62,899	62,899	62,899	62,899	157,248	94,349	573,955
Pozo González Soler	PA 29	24,192	24,192	24,192	32,256	32,256	32,256	32,256	64,512	32,256	298,368
Pozo José Aragón	PA 31	3,528	3,528	3,528	56,448	56,448	56,448	56,448	141,120	84,672	462,168
Pozo Juan Sánchez Muñoz	PA 32	0	0	0	0	0	0	0	68,544	41,126	109,670
Pozo la Encarnación	PA 33	8,064	8,064	8,064	40,320	40,320	40,320	40,320	96,768	56,448	338,688
Pozo La Machacanta	PA 34	96,768	96,768	96,768	193,536	193,536	193,536	193,536	387,072	0	1,451,520
Pozo Las Canales	PA 35	22,176	22,176	22,176	44,352	44,352	44,352	44,352	110,880	66,528	421,344
Pozo los Tres Brazales	PA 39	76,032	76,032	76,032	126,720	126,720	126,720	126,720	278,784	152,064	1,165,824
Pozo Tablacho del Moreno	PA 45	6,048	6,048	6,048	54,432	54,432	54,432	54,432	133,056	78,624	447,552
Pozo Torremolina	PA 47	2,592	2,592	2,592	3,456	3,456	3,456	3,456	6,912	3,456	31,968
Sondeo IRYDA 4	PA 50	432	432	432	1,296	1,296	1,296	1,296	2,592	1,296	10,368
TOTAL MENSUAL		390,679	390,679	390,679	894,931	894,931	894,931	894,931	2,024,064	908,179	7,684,006
TOTAL ANUAL											7,684,006

3.4 PIEZOMETRÍA

En apartados anteriores ya se analizaron las implicaciones de las fluctuaciones de la lámina de agua en los piezómetros CHS en relación con la litología del terreno.

La Tabla nº 10 se muestran los piezómetros CHS que se ejecutaron para observar únicamente el acuífero PRIMER NIVEL DE GRAVAS.

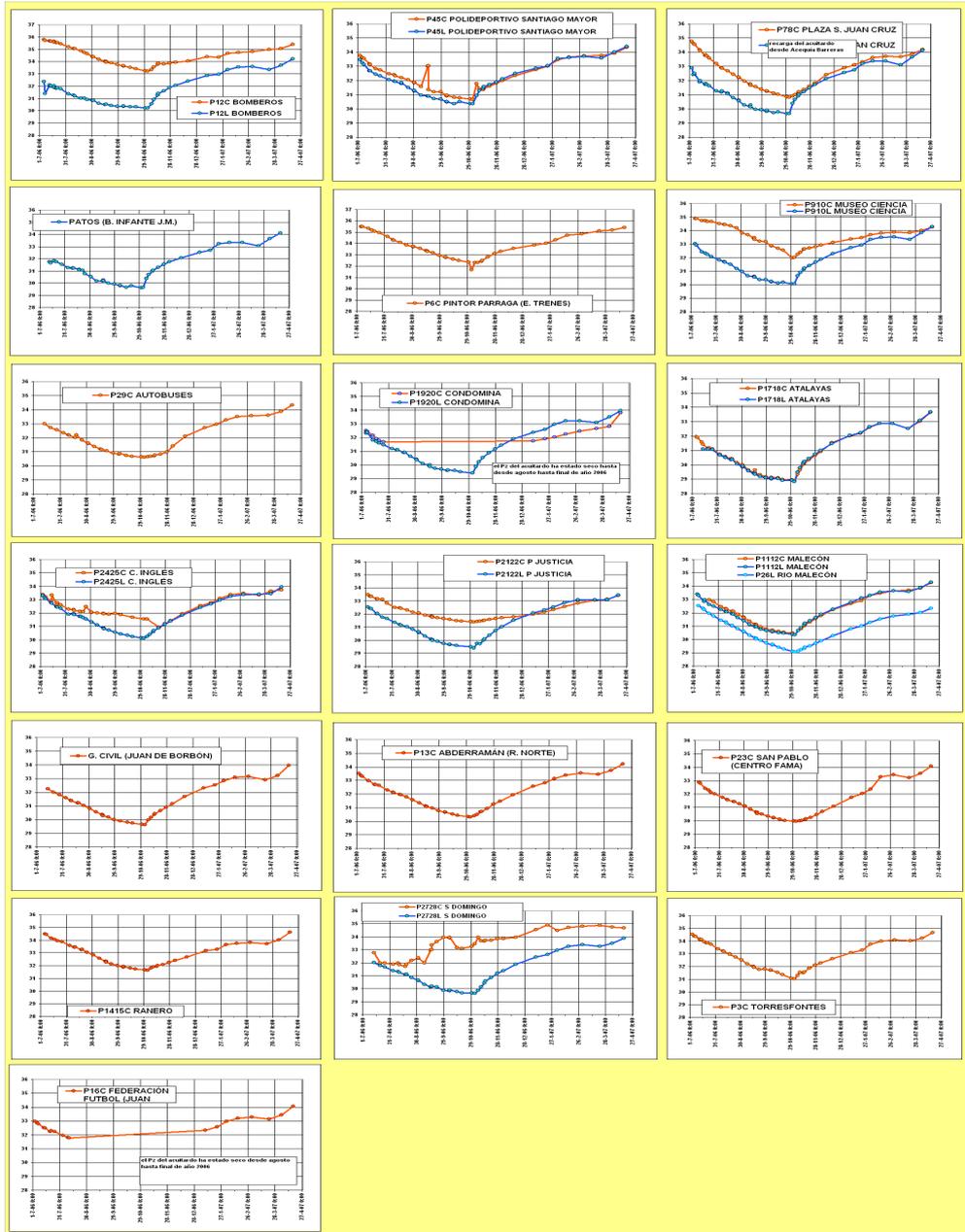
Tabla nº 10. Piezómetros que captan el acuífero superior					
Piezómetro	Toponimia	X U.T.M.	Y U.T.M.	Z m s.n.m.	Prof.
P0102L	Jardín frente Bomberos	665.653,28	4.205.573,43	43,351	22,40
P0405L	Campo fútbol Santiago Mayor	664.172,03	4.204.467,19	43,263	23,11
P0708L	Avda. San Juan de la Cruz	664.939,64	4.205.417,09	44,484	24,06
P0910L	Plaza Fundadora	664.125,91	4.205.526,04	44,544	20,94
P1112L	Malecón puente autovía	663.507,30	4.205.703,78	43,996	20,44
P1718L	Centro comercial Atalayas	665.545,18	4.206.393,63	41,695	17,77
P1920L	Plaza Ortega Cano	664.931,64	4.206.105,97	42,605	15,62
P2122L	Palacio de Justicia	664.906,63	4.205.815,29	43,495	15,88
P2425L	El Corte Inglés	663.875,21	4.206.533,46	41,428	14,88
P26L	Río, frente piscinas Inacua	663.799,22	4.205.422,59	41,587	16,50
P2728L	Plaza Santo Domingo	664.384,08	4.206.255,08	41,362	13,47
P30L	Jardín Los Patos (Ronda Sur)	665.358,67	4.204.830,33	41,87	22,70

No obstante, otros piezómetros que se ejecutaron sin penetrar en las gravas y cementando el metro final de la perforación (para que fueran piezómetros del ACUITARDO) manifiestan una evolución piezométrica similar a los de la tabla anterior.

Esto es debido a que captan tramos limoso-arenosos suprayacentes a las gravas y con las que se encuentran en conexión hidráulica, según los esquemas litológicos expuestos en los capítulos anteriores.

En los siguientes gráficos se reflejan las evoluciones piezométricas de los sondeos simples y pareados. En color naranja se muestra la evolución en el piezómetro CORTO y en azul el LARGO que capta el acuífero PRIMER NIVEL DE GRAVAS. El Anexo nº 2 incluye todas las medidas piezométricas tomadas en el contexto del estudio.

Tabla nº 11. Gráficos de evolución piezométrica de los piezómetros Largos (en azul) y cortos (en naranja) actualizado a 17 de abril de 2007.



La tendencia en el PRIMER NIVEL DE GRAVAS es en general paralela a la del ACUITARDO. Los descensos netos acumulados hasta finales de octubre estuvieron entre los 2 y los 3,5 m, siendo la cota más baja 28,825 m s.n.m.

Todos los piezómetros muestran una recuperación muy similar. En los piezómetros pareados, con evoluciones diferenciadas por la presencia del ACUITARDO sobre arcillas, puede verse que esta recuperación es más rápida en los piezómetros largos (gravas) que en los cortos (ACUITARDO). Fenómeno lógico si se tiene en cuenta la mayor Transmisividad de las gravas de este acuífero respecto a la de las arcillas, arenas arcillosas y limos del ACUITARDO, donde el agua de precipitación tarda más en incorporarse.

Prácticamente en todos los piezómetros se alcanza en abril 2007, la misma cota que había en la primavera anterior. Solo el piezómetro P26L se encuentra algo más bajo. A su vez, los piezómetros P2728L y P30L presentan un nivel más alto.

Para el acuífero PRIMER NIVEL DE GRAVAS, las variaciones registradas entre el punto mínimo, a finales de octubre, y el de la última medida de mediados de abril está entre 3 y 4 m. Destaca el piezómetro de Atalayás con una recuperación de 5 m en el mismo periodo.

En los piezómetros pareados donde aparece claramente el ACUITARDO, estas oscilaciones medidas en los piezómetros cortos son menores, de entre 2 y 3 m.

Resulta llamativa la rápida recuperación que se produce en el PRIMER NIVEL DE GRAVAS a primeros de noviembre 2006, con un brusco y acusado cambio de tendencia ascendente durante todo ese mes que se va amortiguando progresivamente a medida que pasan los meses.

Esta inflexión de la curva está en relación con un episodio lluvioso que se produjo en los primeros días de noviembre, con precipitaciones acumuladas para dicho periodo cercanas a los 60 l/m².

Aparte del efecto de la recarga de la lluvia en el acuífero, también hay que considerar el efecto que producen, sobre estos piezómetros largos, la rápida relajación de las interferencias de los conos de bombeo con motivo de la parada prolongada de los pozos de la R.U.R. (EMUASA) y demás pozos emplazados en el PRIMER NIVEL DE GRAVAS.

Será muy interesante en el futuro poder cuantificar y modelizar que parte de esa recuperación piezométrica inicial, coincidente con las primeras lluvias significativas otoñales, son consecuencia directa de la percolación de la lluvia útil y que parte de la recuperación es debida a la parada de los pozos.

La incidencia de las paradas y puestas en marcha de los pozos de la zona se puede ver en los gráficos siguientes (Figura nº 29).

En ellos se muestra la evolución de dos piezómetros en gravas del IGME ubicados en el entorno urbano de Murcia. Uno junto al Edificio Volante (Carretera de Alcantarilla; Suroeste del área metropolitana) y otro al Noreste (junto el Auditorio). En ellos, como en otros más, se realizaron medidas horarias de la evolución piezométrica durante el verano de 2006.

Se ven claras oscilaciones, con ascensos y descensos piezométricos a lo largo del día. Estas oscilaciones están claramente en relación con variaciones de potencial en el acuífero cautivo por la superposición de interferencias de conos de bombeos cíclicos de pozos urbanos en el entorno del piezómetro.

En un acuífero libre, tales oscilaciones tan claras no serían visible, a no ser que los pozos de bombeo estuvieran a escasos metros unos de otros, lo que no es el caso.

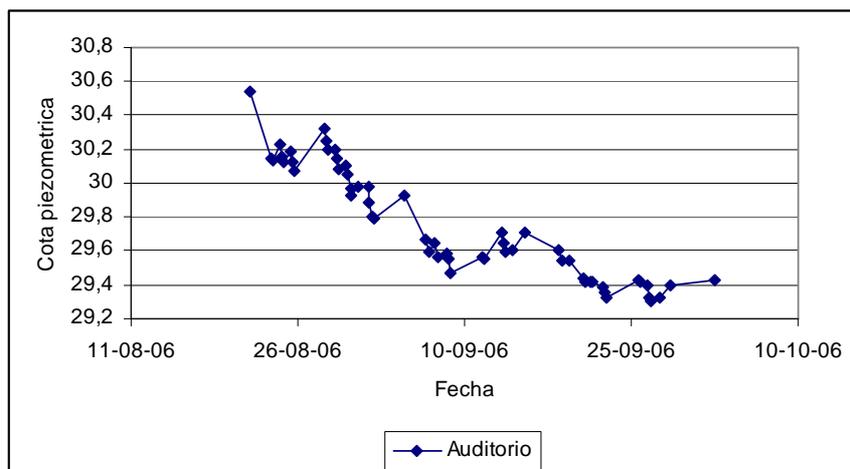
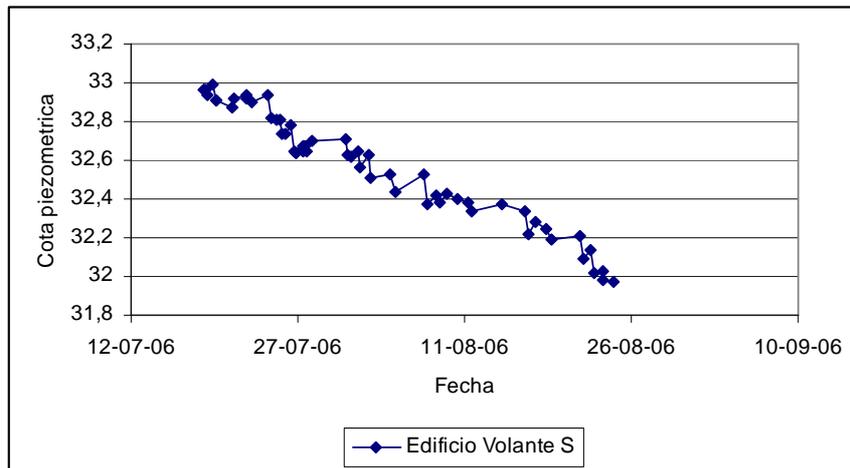


Figura nº 29. Gráficos de evolución piezométrica, que se interpretan como evoluciones de superposición de bombeos cíclicos.

El efecto de estas interferencias de conos de bombeo sobre piezómetros se puede ver en el esquema siguiente (Figura nº 30).

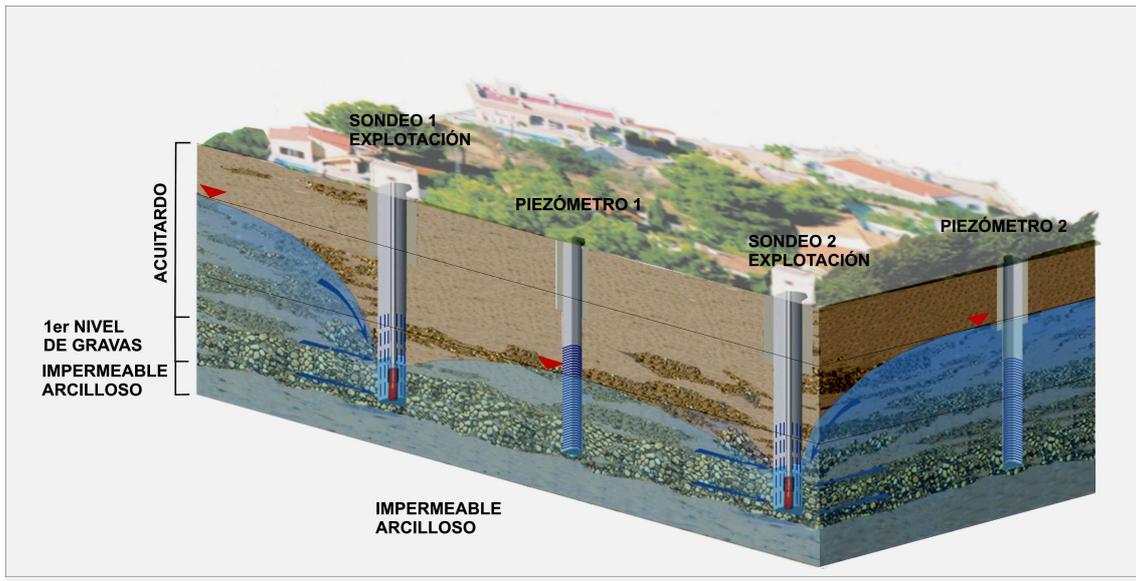


Figura nº 30. Esquema de interpretación de superposición de radios de influencia.

Otra evidencia de la importancia, o peso, que tiene la superposición de las interferencias de los conos de bombeos cíclicos en los descensos piezométricos observados, se puede ver en las figuras siguientes (Figura nº 31 y Figura nº 32, donde se representan los gráficos del piezómetro edificio Volante Norte y del piezómetro edificio Volante Sur, respectivamente, donde se registra la evolución piezométrica conjuntamente con la precipitación ocurrida, hasta finales de abril de 2007.

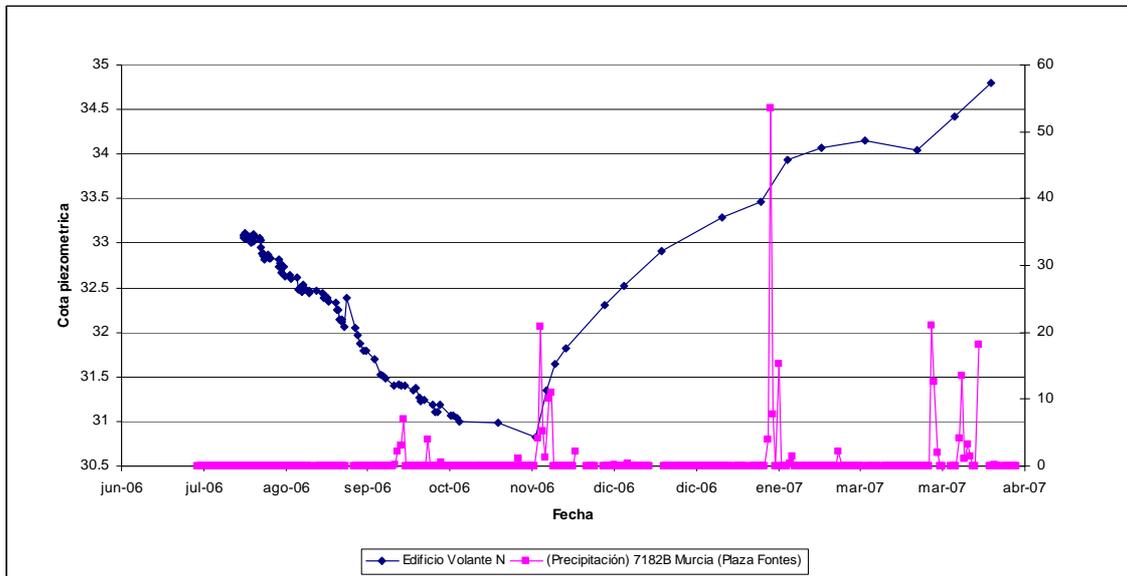


Figura nº 31. Gráfico de evolución piezométrica y precipitación. Edificio Volante Norte.

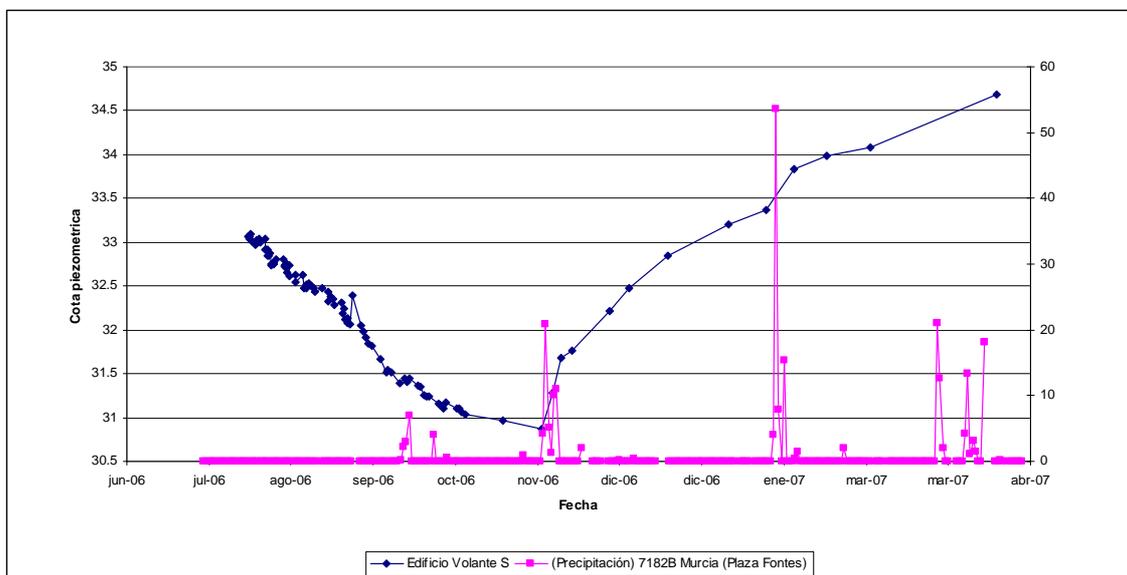


Figura nº 32. Gráfico de evolución piezométrica y precipitación. Edificio Volante Sur.

Parece evidente que el rápido ascenso piezométrico otoño-invernal en el PRIMER NIVEL DE GRAVAS (en comparación con el lento descenso durante el verano) no puede achacarse solamente a la recarga de la infiltración de la lluvia y a los caudales infiltrados desde el río en cabecera del acuífero.

Hay que resaltar que la velocidad de ascenso es el doble que la de descenso y la curva ascendente parece como si fuera la de la recuperación de bombeo en un acuífero cautivo.

Por muy limitadas y aisladas que se encuentren estas gravas en vertical y lateralmente, no podemos pensar que ese rápido ascenso otoñal es solo por la recarga eficiente de las lluvias, que presurizan de forma inmediata el acuífero cautivo desde la zona de cabecera. Se necesita otro factor clave que ayude a tal recuperación: la parada de bombeos afectantes.

Este rápido ascenso debe estar ayudado por la relajación de las interferencias de los conos de bombeo de los pozos urbanos y periurbanos, que progresaron y se profundizaron durante toda la campaña de riego -en la que se produjeron los bombeos (abril-octubre)-, pero que cesaron bruscamente y de forma continuada durante varios meses, concretamente de noviembre hasta primeros de año 2007.

Las lluvias del otoño, la menor luminosidad y temperatura hace que no se requiera regar de forma continua, los pozos se paran largas temporadas y los conos de bombeo se recuperan.

Se han generado mapas evolución de isopiezas del acuífero superior durante el verano de 2006. En el Anexo nº 3B se incluyen los mapas generados.

3.4.1 Características hidráulicas y reservas

En el marco del “Estudio hidrogeológico del acuífero de las Vegas Media y Baja del Segura y su relación con cauces naturales y artificiales de su territorio” (IGME-DGOHCA, 2001) se realizaron una serie de ensayos hidrodinámicos para caracterizar los parámetros hidráulicos del acuífero.

En los tramos de gravas se llevaron a cabo un total de 6 bombeos de ensayo individuales.

Se obtuvieron valores de permeabilidad de entre 10^{-3} y 10^{-4} m/s (los más representativos entre 25 y 300 m/d), es decir, entre 2 y 3 órdenes de magnitud mayores que en el acuitardo. El único valor del coeficiente de almacenamiento medido es propio de un acuífero confinado, 3×10^{-4} . Dentro del casco urbano de Murcia, se localizan 2 de los 14 puntos investigados. En ellos, se calculan unas permeabilidades de $1,79 \times 10^{-6}$ y $2,50 \times 10^{-3}$ m/s. En uno de ellos, el coeficiente de almacenamiento es de 3×10^{-4} .

Considerando una porosidad eficaz de estas gravas de entre 10 y 15 %, según la bibliografía consultada, un espesor medio de 7 m (como se vio en capítulos anteriores) y su extensión de acuífero del orden de los 40 km², podemos hablar de un volumen de reservas de entre 30 y 40 hm³.

4 RELACIÓN DEL ACUÍFERO PROFUNDO CON EL RESTO DEL SISTEMA

4.1 DEFINICIÓN Y GEOMETRÍA

Durante la realización de diversos sondeos de investigación, tanto por parte del IRYDA como del IGME a finales de los años 70, dentro del Plan nacional de Investigación de aguas subterráneas (Investigación Hidrogeológica de la cuenca baja del Segura; IGME 1978), se evidenció la existencia de estratos permeables de gravas redondeadas y limpias por debajo de los niveles tradicionalmente explotados.

Este hecho ha sido exhaustivamente confirmado recientemente durante la realización de la batería de sondeos de emergencia en la Vega Media y Baja de la Cuenca del Segura (2005-2007).

Se han perforado, desde agosto de 2005, hasta finales de abril de 2007, un total de 30 sondeos en la Vega Media del Segura de Murcia. Cada sondeo tiene con una profundidad de unos 200 m, por lo que la longitud aproximada de perforación total es de 6 km. Dos de ellos se han perforado hasta los 300 m de profundidad al objeto de tocar el sustrato impermeable.

Todos los sondeos cuentan con testificación litológica de campo y testificación geofísica que determinan la columna de entubación. El método de

perforación utilizado en todos los casos, salvo en uno ha sido el de rotación con circulación inversa de lodos. En un caso la rotación ha sido directa con un rendimiento muy inferior a la inversa.

Se han entubado con tubería de chapa de acero al carbono de 8 mm de espesor y 400 mm de diámetro interior. A partir de 2006 la tubería empelada, con objeto de alargar la vida útil de las captaciones, ha sido de PVC de 23'5 mm de espesor y 400 mm de diámetro.

A las tuberías ciegas se soldaba o roscaba, según los casos (chapa o PVC), tramos de filtros de fábrica haciéndolos coincidir enfrentados a los tramos de gravas más limpios y más continuos. Se desechaban los tramos de gravas de escaso espesor (en torno al metro lineal) o aquellos en los que las gravas se encontraban sucias, mezcladas con arcillas (matriz arcillosa), o eran de tamaño fino (gravillas y arenas).

Se ha visto como las capas de gravas, alternantes con potentes bancos arcillosos de gran continuidad lateral, están presentes hasta al menos los 300 m de profundidad en el centro de la vega, aguas abajo de Murcia (zona de Alquerías, meandro Rincón de San Antón), ya que en el sondeo nº 5 no se llegó a tocar el sustrato impermeable de acuífero después de haber perforado 300 m de profundidad.

En cambio, en el sondeo BARRIOMAR, aguas arriba de Murcia, si se tocaron las filitas y esquistos Triásicos del basamento a los 303 m de profundidad (Figura nº 33).

A raíz de todas estas investigaciones, ubicando y nivelando las columnas litológicas y correlacionando niveles de gravas de igual posición topográfica, se ha podido definir un acuífero profundo multicapa, formado por paquetes de arcillas de potente espesor (que se continúan lateralmente y a escala regional) entre los que se alternan estratos de gravas, de espesor y geometría variable, pero también de gran continuidad.

Dicho acuífero se inicia en el segundo nivel de gravas con entidad suficiente, debajo del entorno urbano de Murcia, y en el primero que aparece en el resto de la huerta de Murcia a los 40 m de profundidad (segundo nivel de gravas).

En el Suroeste del Municipio (Aljucer, Murcia), se detecta un potente paquete de materiales finos (arcillas y limos) que configura dos niveles acuíferos independientes separados por una columna de 100 m de material prácticamente impermeable, tal y como se aprecia en la Figura nº 34 (Croquis del sondeo Alguazas). El primer filtro, en este sondeo, se instala a los 134 m de profundidad. Las gravas que aparecen a los 20-29 m (ACUÍFERO PRIMER NIVEL DE GRAVAS) no se explotan con objeto de evitar afecciones en el mismo.

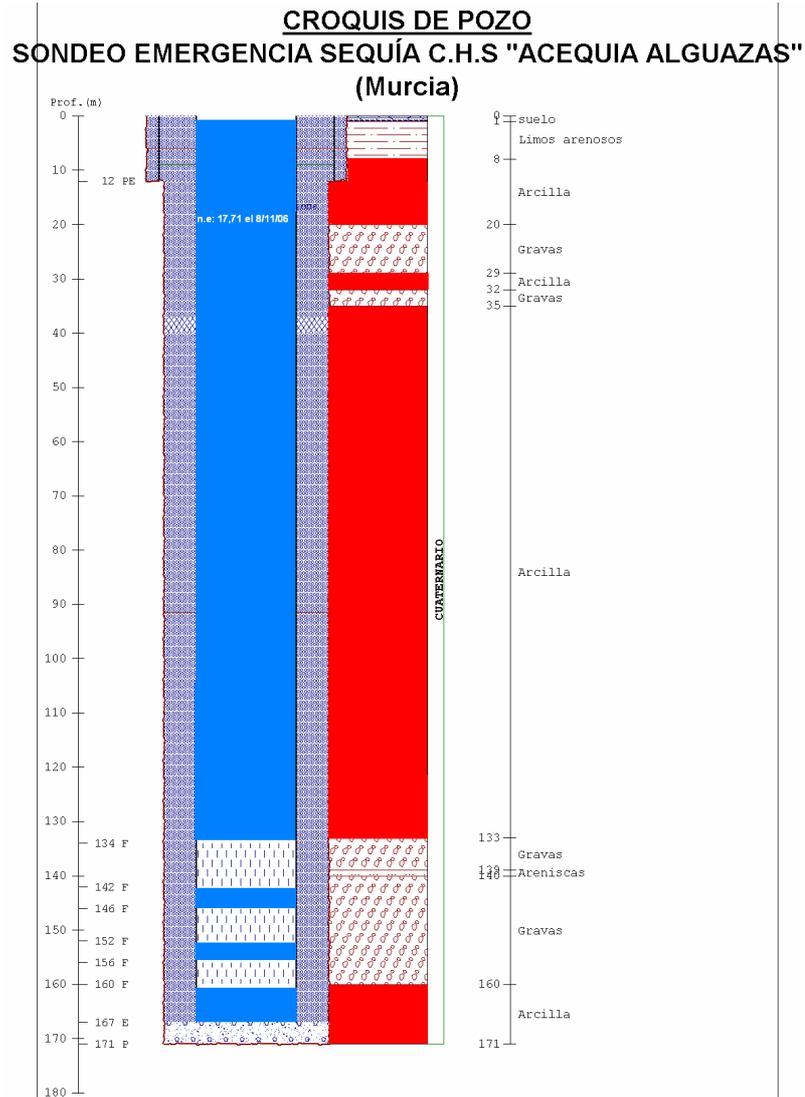


Figura nº 34. Croquis del sondeo Alguazas (Aljucer, Murcia).

El primer filtro se instala a los 134 m de profundidad, por debajo de casi 100 m de arcillas. Las gravas que aparecen a los 20-29 m (ACUÍFERO PRIMER NIVEL DE GRAVAS) no se explotan.

En la Vega baja, el acuífero profundo se sitúa por debajo de un paquete arcilloso (muy plástico en Orihuela) y lateralmente llega hasta la línea Benejúzar-Callosa en la provincia de Alicante. En el primer caso, en la zona junto al Río Segura en Benejúzar, el acuífero llega a desaparecer por completo y es sustituido por un borde impermeable de margas y arcillas (ver Figura nº 35). En el segundo, su espesor se reduce a escasos 50 m, encontrándose debajo las calizas Triásicas muy cerca de la superficie.

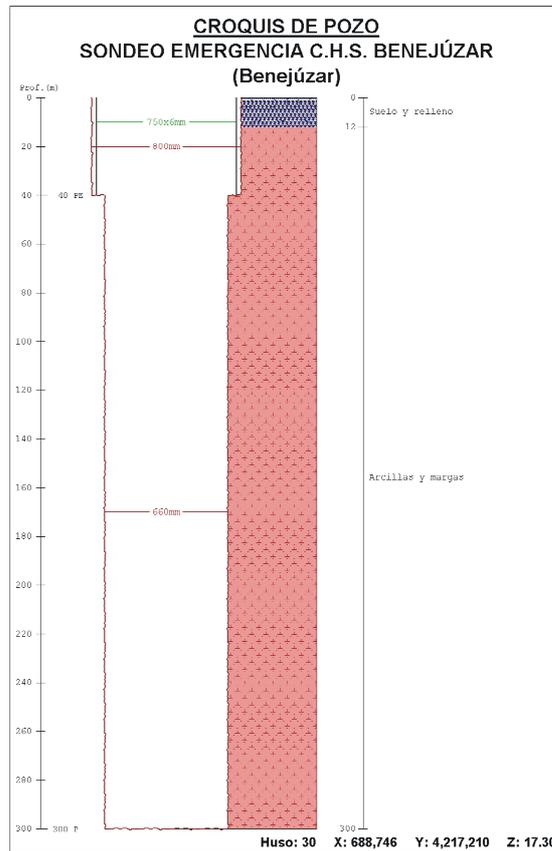


Figura nº 35. Esquema constructivo del sondeo Benejúzar.

El acuífero profundo se encuentra limitando lateralmente por las sierras y alineaciones de cabezos calizos Norte y Sur (Sierra de Orihuela y Cresta del Gallo respectivamente) desde las que recibe recarga lateral a través de pies de monte y conos de deyección interdigitados con la serie estratigráfica del valle.

El cierre occidental se encuentra en la línea imaginaria que forman las poblaciones de La Ñora (Murcia), Alcantarilla, Puebla de Soto (Murcia) y se extiende 35 km, en línea recta, siguiendo el discurrir del Río Segura hasta Benejúzar-Callosa, como ya se ha mencionado con anterioridad.

Tiene una anchura variable coincidiendo con el valle del Segura. Pasa de los 8 km en la zona Beniel Alquerías (en Murcia), se estrecha en la línea Orihuela-Bigastro a 4,5 km² y vuelve a ensancharse hasta los 8 km en el tramo final. Se puede considerar el valor de 6,5 km² como anchura media del acuífero.

La extensión total de la superficie que ocupa el acuífero profundo es del orden de los 220-230 km², por lo que el volumen del acuífero multicapa sería de no menos de 50 km³. En unos 200 km² la extensión de este acuífero supera los 200 m de espesor (reconocidos por las perforaciones de los sondeos), por tanto el volumen de material detrítico resultante sería de 40 km³.

En el centro de la vega, junto al límite provincial (Murcia-Alicante), su profundidad supera los 300 m, sin que pueda descartarse profundidades del orden de los 400 m de relleno en un 20 % del acuífero.

Es común a todos los sondeos la presencia de niveles guías de areniscas en el entorno de los 100 m de profundidad. Son de color amarillento, con granos finos y algunos blanquecinos (posibles restos de fósiles). El espesor es variable, pero no suelen superar los 2 m.

Por tanto, no se descarta, sobre todo en la vega baja, que los paquetes de gravas, aunque en origen fueran transportados por corrientes fluviales altamente energéticas, hayan sido retocados posteriormente en ambientes de plataformas someras o de playas siliciclástica, durante las transgresiones y regresiones Pliocuaternarias.

A efectos prácticos, este acuífero se encontraba virgen hasta el año 2005 ya que, los escasos sondeos operativos de más de 100 m realizados en los años 80 y 90 (y cedidos a varias comunidades de regantes) poseen la aspiración de la bomba a 25 m de profundidad como máximo, con los que los tramos inferiores, independientemente del estado en que se encuentren estos sondeos, no estaban siendo prácticamente explotados.

Lo más probable es que las zonas inferiores de los mismos estén enterradas por colapso debido a roturas de tuberías por corrosión. Citamos como ejemplo el del piezómetro de control 2737-10179, localizado en Salabosque (Murcia).

Tenía una profundidad teórica de perforación de 260 m. Pues bien, el 1 de septiembre de 2006, cuando se realizó un reconocimiento videográfico del mismo, se comprobó que el sondeo estaba cegado (por el colapso de la entubación) hasta los 79,72 m (ver Anexo nº 1).

Volviendo a la geometría del acuífero profundo, en la Tabla adjunta a la Figura nº 36, se muestra junto a la ubicación de cada nuevo sondeo de la CHS, los metros totales de filtros por sondeo y la profundidad a la que se colocó el primer filtro en cada caso.

El valor medio al que se dejó colocado el primer metro de filtro es a los 48 m y el número medio de metros de filtro por sondeo es de 33 m lineales (ver Figura nº 36).

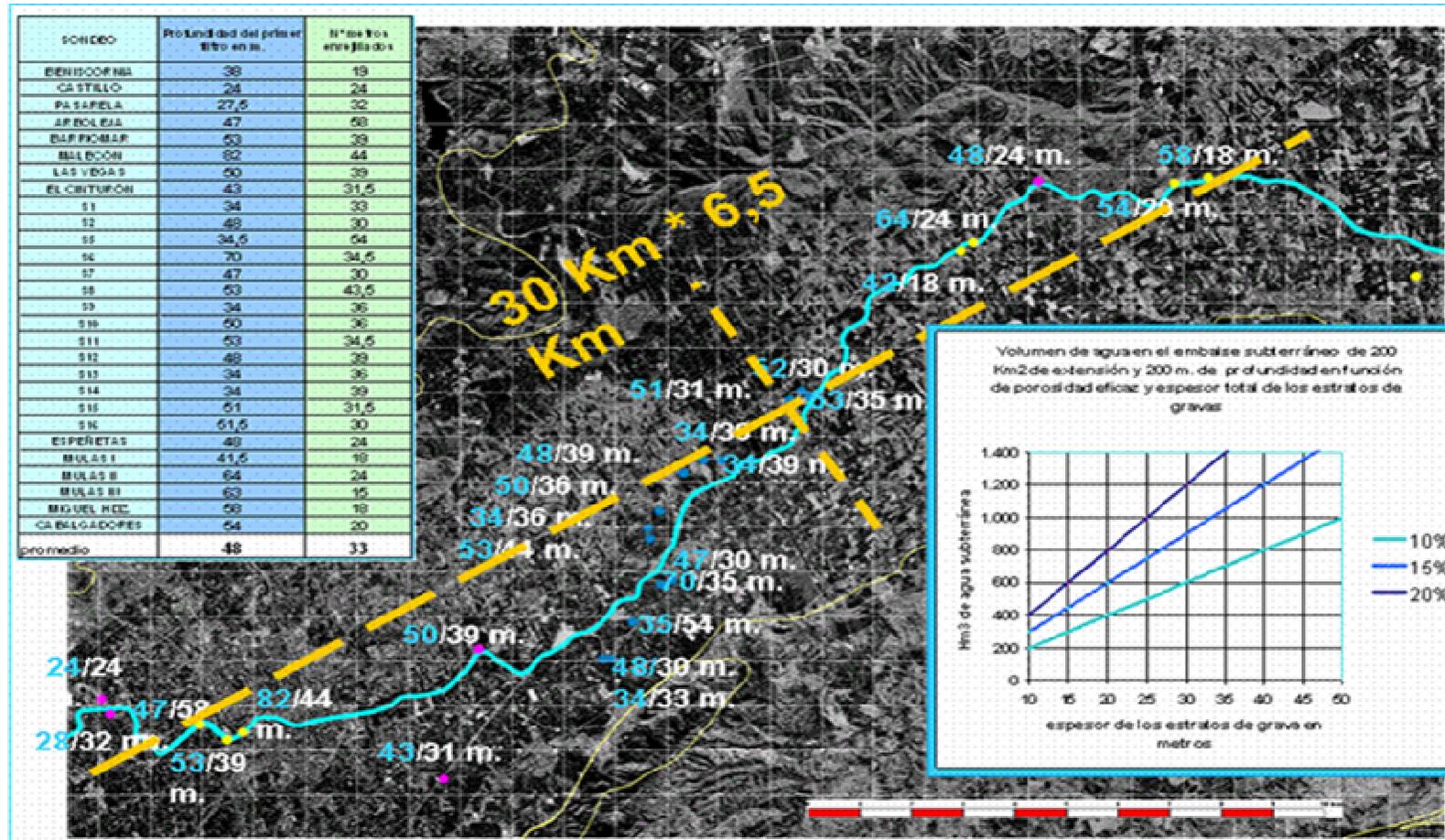


Figura nº 36. Distribución de tubería filtrante en los sondeos CHS. Estimación de volumen de reservas.

Si realizamos una estimación conservativa de volúmenes almacenados en el acuífero profundo, considerando la superficie del acuífero que cubre la totalidad de estos sondeos (30 km de largo por 6,5 km de ancho, unos 200 km²) y únicamente el espesor medio de los estratos de grava con filtro obtenido de la tabla referida (33 m), se obtiene un volumen de material acuífero altamente productivo (gravas gruesas o muy gruesas con cantos) de 6,6 km³.

A dicho volumen de roca, hay que asignarle una porosidad eficaz de no menos un 15 % (VILLANUEVA, IGLESIAS; 1985), lo que equivale a unas reservas de agua acumulada de unos 1.000 hm³.

Este volumen estimado de reservas explotables del sistema multicapa es un valor muy conservador, por las siguientes razones:

En este cálculo no se considera el agua embalsada en el resto de tramos acuíferos atravesados en las columnas de los sondeos donde no se emplazo tubería filtrante debido a los siguientes factores:

- Los primeros niveles que se encontraban (a la profundidad de entre 30-40 m), no se explotan con objeto de no producir afecciones superficiales.
- Los niveles donde las gravas aparecían en bancos inferiores a 1 m de espesor tampoco se explotan, con objeto de no provocar arrastres de material fino.

- Niveles donde las gravas formaban estratos muy potentes y no se colocaba filtro en todo el tramo, intercalando un tramo ciego en el medio con objeto de no debilitar la columna de revestimiento.
- Niveles donde la granulometría de las gravas era sensiblemente inferior a las productivas o aparecían mezcladas con arcillas, con objeto de evitar arrastres indeseables.

Por tanto, el volumen embalsado en estos estratos de grava descartados hay que adicionar al anteriormente estimado. Por otra parte, no sería descartable porosidades eficaces del 20 % para los tramos de cantos y gravas gruesas bien redondeadas, como han propuesto algunos autores, con lo que las reservas totales teóricamente se aproximarían a los 1.500 hm³. (Ver Fotografía nº 11 adjunta).



Fotografía nº 11. Granulometría de gravas y cantos del Sondeo nº 5.

4.2 APORTACIONES

Los aportes al acuífero profundo se producen principalmente desde los relieves montañosos que lo circundan y desde el propio cauce del río en la cabecera del acuífero.

Al pie de estos relieves montañosos se depositaron abanicos aluviales, conos de deyección o pies de monte (de granulometría muy gruesa y permeables) que buzan hacia el centro del valle y se interdigital con los niveles de gravas del acuífero profundo.

Las precipitaciones que producen gran escorrentía en las sierras debido a su naturaleza rocosa, discurren por ramblas cortas al alcanzar el material detrítico de ladera, donde el caudal enseguida acaba infiltrándose en el terreno. Sobre todo al llegar a los derrubios adosados a ellas, cerca ya del valle. Estos sedimentos con permeabilidad significativa permiten la rápida percolación de la lluvia útil hacia el acuífero profundo.

Las diferentes capas de arcilla intercaladas entre el acuitardo-acuífero superficial y el acuífero profundo provocan un retardo en los aportes provenientes de flujos verticales, por lo que los flujos horizontales o laterales tienen una mayor incidencia en la alimentación o transferencia de recursos.

Las aportaciones al sistema por infiltración de agua de lluvia o retorno de riegos desde el ACUITARDO pueden descartarse, a efectos prácticos, debido al carácter confinado del sistema, aislado en la parte superior por varias capas de arcillas, muy plásticas en la parte alicantina del acuífero.

Por otra parte, en cabecera y cerca de la presa hinchable (en el entorno del sondeo Arboleja) se ha detectado la conexión de este acuífero con el PRIMER NIVEL DE GRAVAS. Al tratarse de una zona proximal, los materiales más groseros presentan interconexión en la vertical.

Por tanto, no debe descartarse la posibilidad de que el acuífero profundo también se recargue en esta zona por las infiltraciones desde el micro embalse que forma la presa hinchable.

Los taludes inundados por el embalse fueron en su día estabilizados con escollera ante el flujo de agua del terreno que dificultaba la construcción del nuevo encauzamiento del Río Segura. El agua del río infiltrada (150 l/s de caudal continuo) percolaría también al ACUÍFERO PROFUNDO a través de los potentes espesores de gravas limpias que aparecen en esta zona.

En la Figura nº 37 se puede ver un modelo conceptual del funcionamiento del acuífero profundo en el sector Murcia-Orihuela publicado por el periódico la Verdad en noviembre de 2006 con información facilitada por la CHS. En él se esquematiza la zona de recarga desde el río en el borde occidental y desde las sierras que lo limitan.

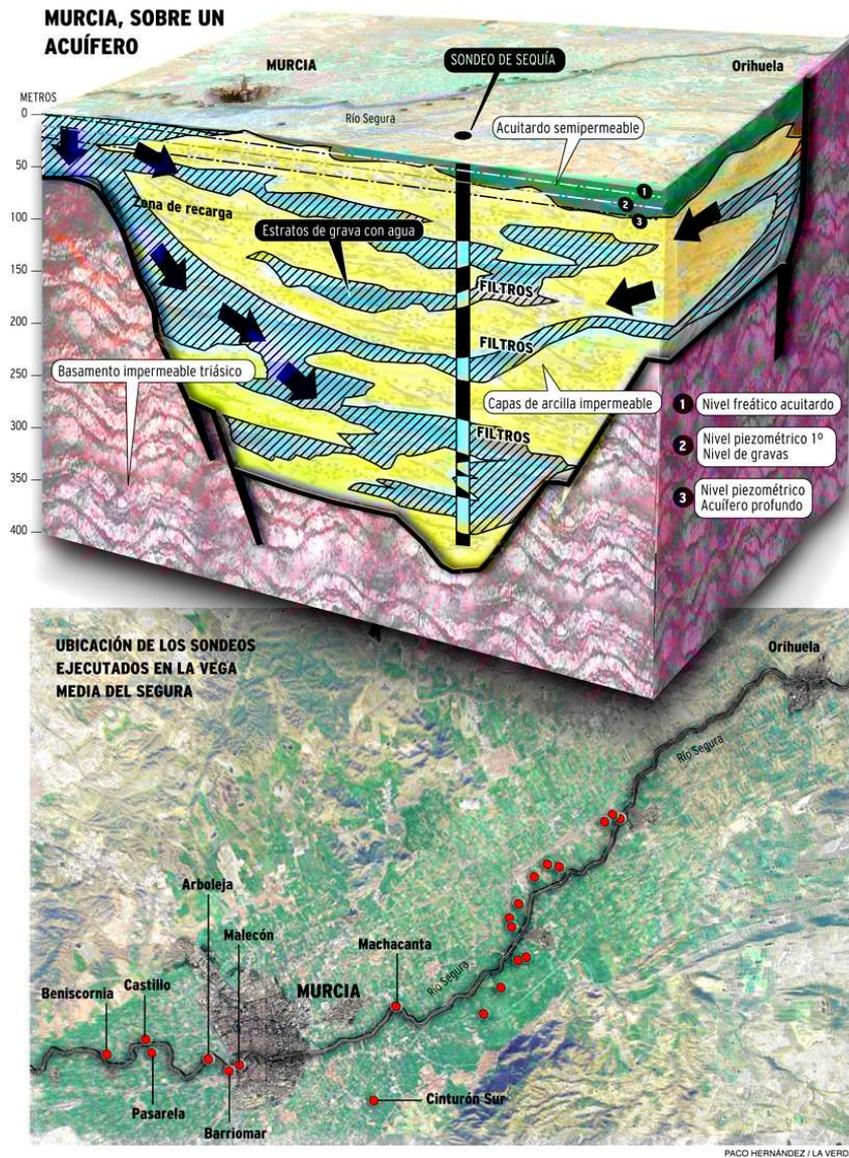


Figura nº 37. Modelo conceptual de Acuífero Profundo en el sector Murcia-Orihuela.

4.3 EXTRACCIONES

Las extracciones del acuífero PROFUNDO se producen en aquellas perforaciones que se encuentran emplazados fuera de los límites del acuífero PRIMER NIVEL DE GRAVAS, que se definió en los capítulos anteriores. En estos casos, las gravas empiezan a aparecer a partir de los 30-40 m de profundidad.

La mayor parte de la extracción de agua del acuífero, del orden de los 37 hm³ anuales, la realizan los sondeos de la batería de la CHS. Estos sondeos se caracterizan porque tienen profundidades del orden de los 200 m, diámetros de entubación de 400 mm y tienen enfrentado un tramo de filtro en cada nivel de grava importante que se ha cortado en la perforación. Previamente a la entubación los sondeos fueron reconocidos mediante testificación geofísica en todos los casos.

La gran novedad, aparte de la profundidad útil, es que ninguno de ellos tiene instalado filtro dentro del acuífero PRIMER NIVEL DE GRAVAS. En efecto, los filtros empiezan a colocarse por debajo del nivel del mar, es decir, sobre los 40-50 m de profundidad (cota topográfica a partir de la 0 ó -10 m s.n.m.).

Para contabilizar aunque sea de forma aproximada, las extracciones totales hay que sumar a estos 37 hm³, otros 10-12 hm³ más correspondientes a las extracciones procedentes de:

- Una decena de sondeos ejecutados por TRAGSA en la Vega Baja.
- Unos 30 pozos de sequía de agrupaciones de regantes y SAT de Murcia (ubicados fuera del acuífero PRIMER NIVEL DE GRAVAS) y de Orihuela y de otros municipios de la Vega Baja.
- Unos 50 sondeos de uso industrial con caudales y volúmenes anuales bastante inferiores a los anteriores.

No obstante, sería recomendable actualizar el inventario en este acuífero profundo para acotar más esta cifra.

En el inventario realizado en el contexto del presente estudio, de los anteriores solo 6 pozos se ejecutaron con profundidades mayores a 100 m.

En estos casos, las bombas se encuentran montadas a profundidades entre 10 y 45 m, lo que hace pensar que, por debajo de los 50 m, los sondeos no se encuentran operativos en su mayoría debido a colapsos, producidos por la corrosión y descuelgue de las tuberías. Estos pozos captan un segundo nivel de gravas correspondiente al techo del acuífero profundo (Ver Tabla nº 12).

Tabla nº 12. Características de los pozos con más de 100 m de profundidad.

Nombre de la captación	Código	X UTM	Y UTM	Prof. Obra (m)	Prof. Bomba (m)	Q efectivo (l/s)
Pozo Acequia Benetucer	PA 01	667.990	4.206.866	199	30	100
Pozo Acequia de Alguazas	PA 04	664.333	4.202.913	320	25	60
Pozo La Machacanta	PA 34	669.165	4.206.492	170	45	80
Pozo Trenque de Don Payo	PA 48	672.039	4.210.209	160		25
Sondeo IRYDA 2	PA 49	666.497	4.206.171	205	18	60
Sondeo IRYDA 4	PA 50	669.260	4.207.106	205	10	10

Como ejemplo del deterioro de estos sondeos podemos citar el del sondeo del IRYDA 2737-10179, utilizado como piezómetro desde los años setenta y localizado en Salabosque (Murcia), al que se hace referencia con anterioridad.

El volumen alumbrado por la batería de sondeos de la CHS del acuífero profundo en el año hidrológico 2005-2006 por sondeo y destino directo del agua, bien a río o acequias, se observa en la tabla siguiente (Tabla nº 13).

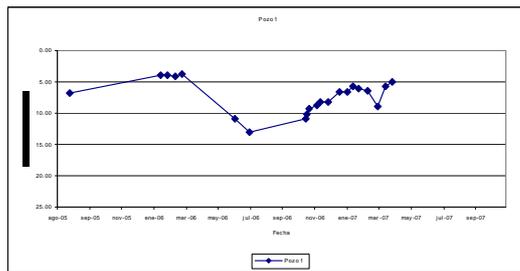
Tabla nº 13. Volumen alumbrado por la batería de sondeos de la CHS del acuífero profundo en el año hidrológico 2005-2006.

VOLUMEN DE AGUA SUBTERRÁNEA APORTADA POR LA BATERÍA DE SONDEOS CHS EN EL ACUÍFERO PROFUNDO EN EL AÑO HIDROLÓGICO 2005-2006									
VEGAS MEDIA Y BAJA DEL SEGURA	Vega Media de Murcia								
	Sondeos CHS	Q(l/s)	Hm³/mes	Volumen previo contador	Lect. Contador	Total (Hm³)	Volumen(2004-2005)	Volumen(2005-2006)	
	Ortines	90	0,23		1,53	1,53		1,53	
	Castillo	105	0,27		1,85	1,85		1,85	
	Pasarela	126	0,33		2,36	2,36		2,36	
	Arboleja	165	0,36		0,74	0,74		0,74	
	Barriomar	160	0,35		0,93	0,93		0,93	
	Malecón	163	0,35		0,36	0,36		0,36	
	Cinturón	Acequia	110	0,24		0,70	0,70		0,70
		Acequia Benetucer	143	0,31		1,02	1,02		1,02
	Las Vegas	Río Segura	0	0		0,00	0,00		0,00
	Sta. Cruz	Acequias	90						0,03
	1-2		101	0,26	0,80	2,98	3,78	0,45	3,33
	2	Acequias	100	0,26	0,00	0,44	0,44	0,00	0,44
	5		121	0,31	0,20	1,56	1,76	0,15	1,62
	6-7		204	0,53	0,35	3,12	3,47	0,46	3,01
	8-9		181	0,47	0,00	0,99	0,99		0,99
	10		142	0,37	0,00	0,81	0,81		0,81
	12		133	0,34	0,15	2,41	2,56		2,56
	13-14		202	0,52	0,25	4,42	4,67		4,67
	15-16-11		275	0,59	0,52	5,11	5,63		5,63
	total CHS		2.611	4,21	2,27	31,34	33,61	1,06	32,58
		total Vega Media	1.725			33,61	1,06		32,58
		Acequias	443			2,16	0,00		2,19
		Río Segura	2.168			31,45	1,06		30,39
	Vega Baja del Segura de Murcia								
	Sondeos CHS	Q(l/s)	Hm³/mes	Volumen previo contador	Lect. Contador	Total (Hm³)	Volumen(2004-2005)	Volumen(2005-2006)	
	Mulas 3 (bis)	70	0,15		0,33	0,33		0,33	
	Mulas 2	75	0,16		0,49	0,49		0,49	
	Cabalgadores	120	0,26		0,39	0,39		0,39	
	M. Hernández	128	0,28		0,85	0,85		0,85	
	Sondeo Campaneta	100	0,22		0,16	0,16		0,16	
	Jacarilla	91	0,20		0,60	0,60		0,60	
	total Vega Baja	584	1,26		2,82	2,82	0,0	2,82	
	Acequias	191	0,41		0,76	0,76	0,0	0,76	
	Río Segura	393	0,85		2,06	2,06	0,0	2,06	
	TOTAL VEGAS MEDIA Y BAJA DEL SEGURA	Q(l/s)	Hm³/mes			Total (Hm³)	2004-2005	Volumen(2005-2006)	
		2.309				36,43	1,06	35,40	
	Aportes a las acequias	634				2,92	0,00	2,95	
	Aportes Río Segura	1.675				35,67	1,06	32,45	

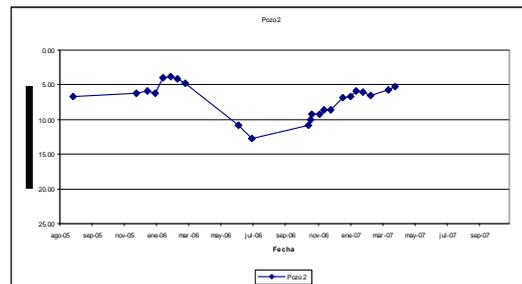
4.4 PIEZOMETRÍA

Desde la ejecución de los primeros sondeos se siguió durante el verano 2005 se ha venido realizando un exhaustivo control piezométrico de los mismos. En los siguientes gráficos de la Figura nº 38, se incluyen los datos de piezometría en condiciones estáticas obtenidos de la batería de sondeos de la CHS.

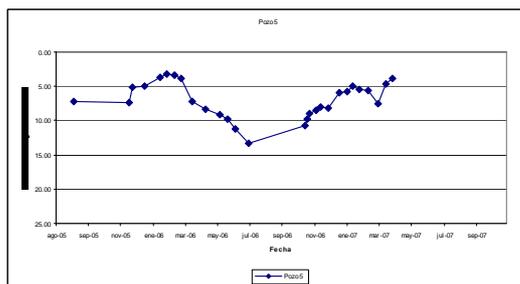
Figura nº 38. Evoluciones piezométricas de los sondeos de la CHS.



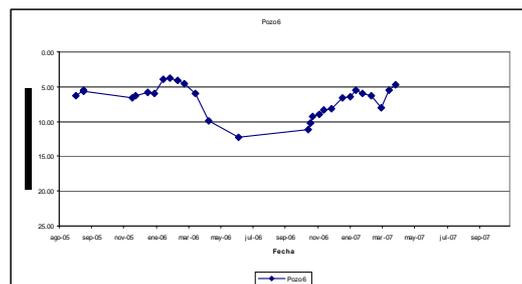
Sondeo 1



Sondeo 2

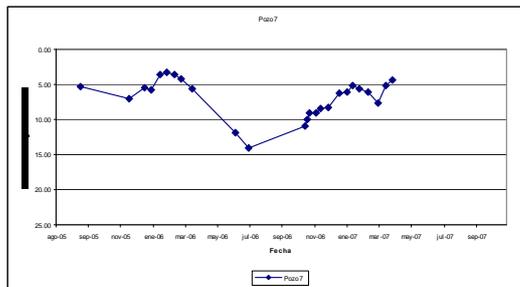


Sondeo 5

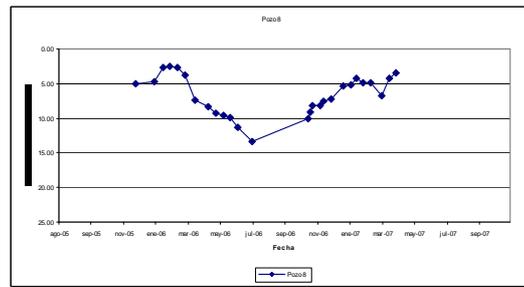


Sondeo 6

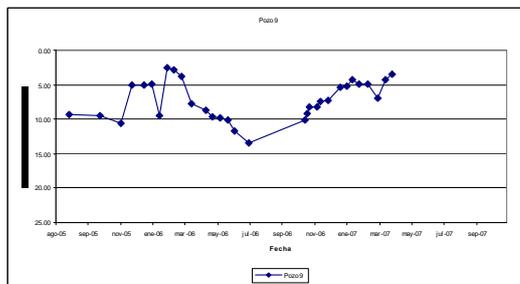
Figura nº 38. Evoluciones piezométricas de los sondeos de la CHS.



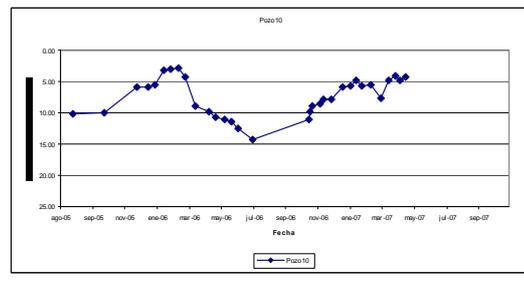
Sondeo 7



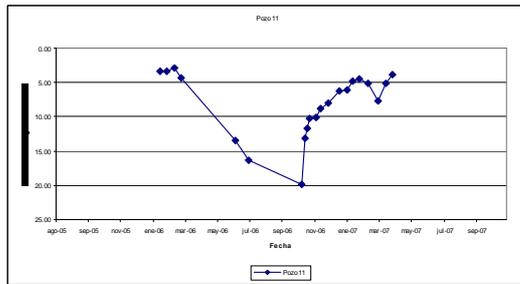
Sondeo 8



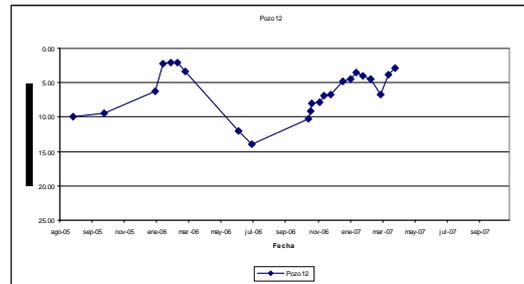
Sondeo 9



Sondeo 10

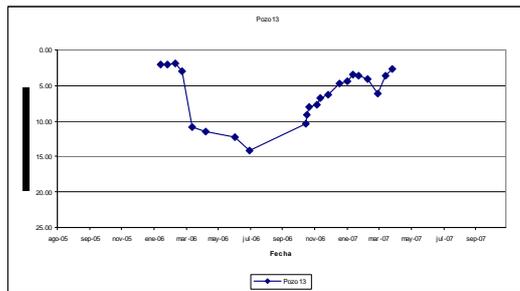


Sondeo 11

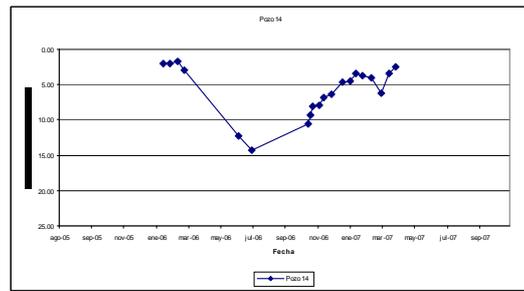


Sondeo 12

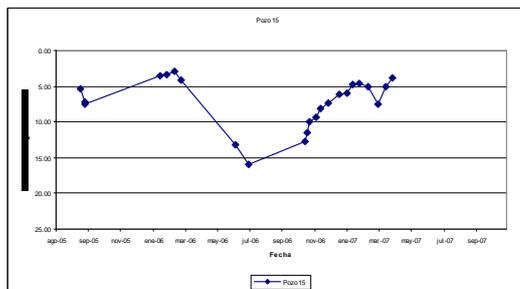
Figura nº 38. Evoluciones piezométricas de los sondeos de la CHS.



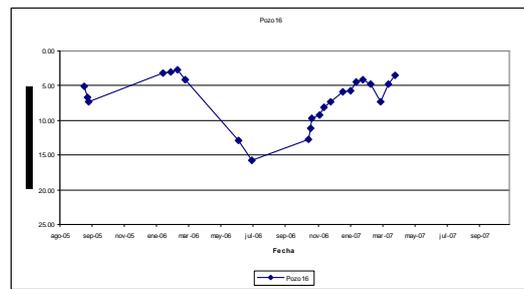
Sondeo 13



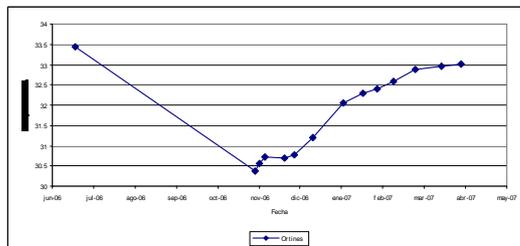
Sondeo 14



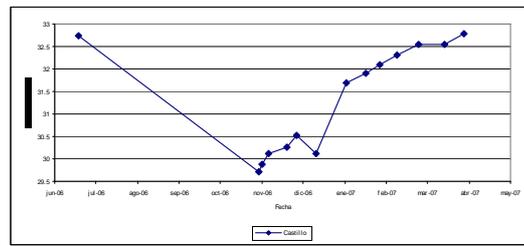
Sondeo 15



Sondeo 16

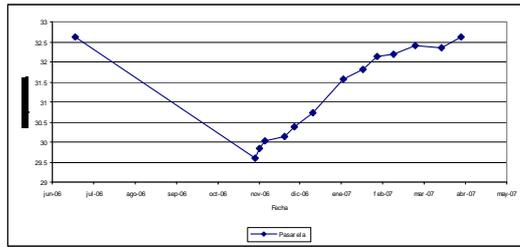


Sondeo Ortines

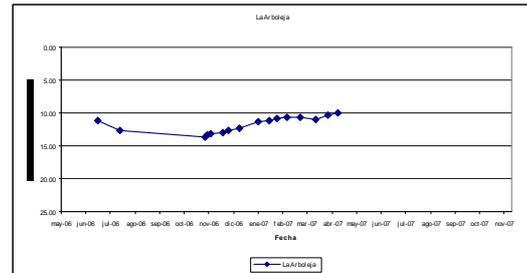


Sondeo Castillo

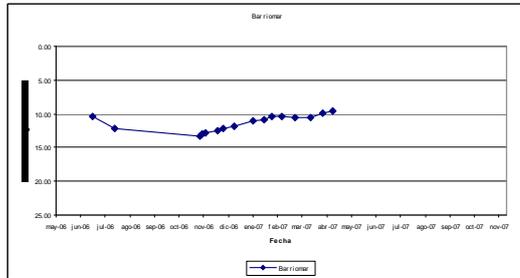
Figura nº 38. Evoluciones piezométricas de los sondeos de la CHS.



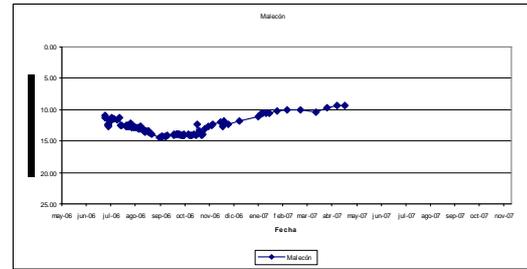
Sondeo Pasarela



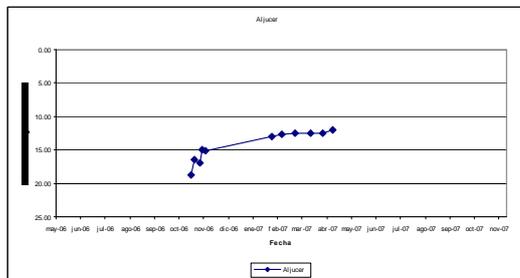
Sondeo Arboleja



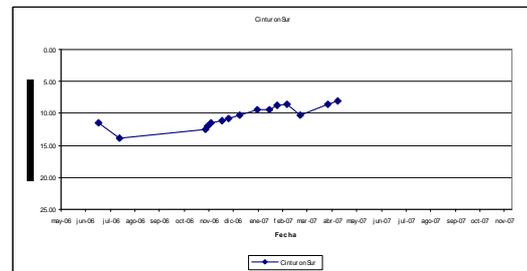
Sondeo Barriomar



Sondeo Malecón

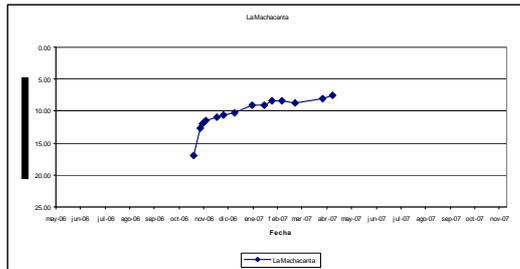


Sondeo Aljucer

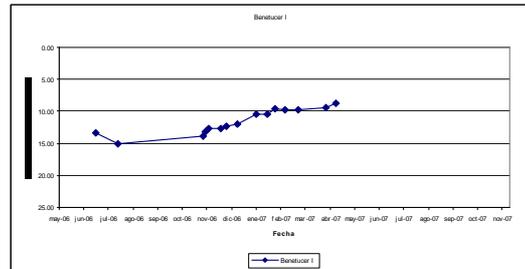


Sondeo Cinturón Sur

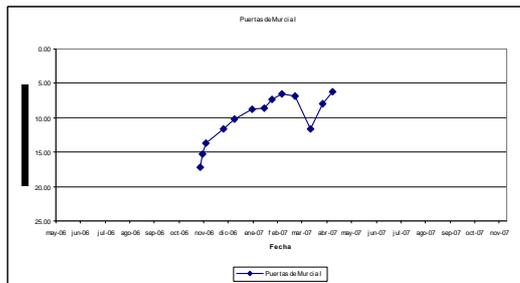
Figura nº 38. Evoluciones piezométricas de los sondeos de la CHS.



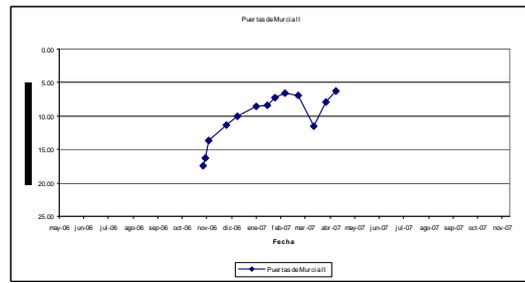
Sondeo La Machacanta



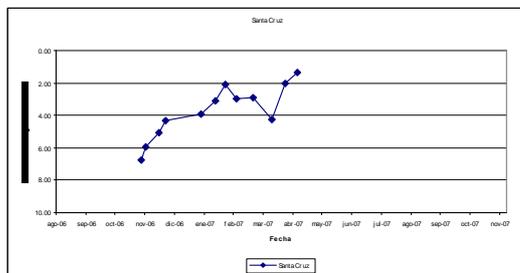
Sondeo Benetucer I



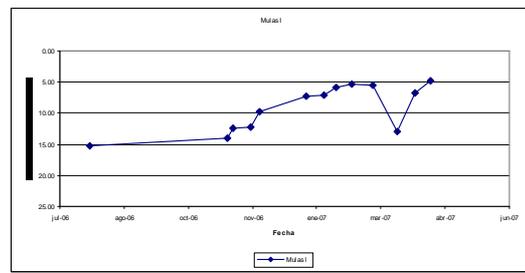
Sondeo Puertas de Murcia I



Sondeo Puertas de Murcia II

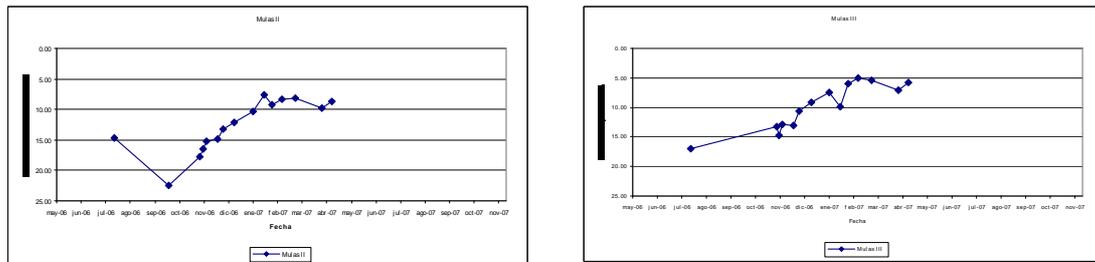


Sondeo Santa Cruz



Sondeo Mulas I

Figura nº 38. Evoluciones piezométricas de los sondeos de la CHS.



Sondeo Mulas II

Sondeo Mulas II

En la tabla anterior, se aprecia claramente en esta primavera 2007 como el acuífero profundo ha vuelto al máximo de la su situación piezométrica de la primavera 2006.

Lo que evidencia una explotación sostenible del acuífero, ya que las extracciones totales son inferiores a los recursos renovables del sistema multicapa.

Gran parte del ascenso piezométrico, que se inicia coincidiendo con las lluvias de finales octubre 2006, y que conlleva la parada total durante meses de los sondeos que conforman la batería de la CHS, se debe a la recuperación elástica de las interferencias de los conos de bombeo de cada sector, que venían progresando desde que se inició la campaña de riego al principio de la primavera de ese año 2006.

4.5 CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS

Para el conocimiento de la Transmisividad del acuífero profundo se han interpretado los ensayos de bombeo realizados a varios de los sondeos de emergencia de la CHS. Son un total de 12 ensayos de bombeos distribuidos en la Vega Media del Segura.

Los parámetros hidráulicos calculados se reflejan en la siguiente tabla (Tabla nº 14).

Tabla nº 14. Relación de parámetros hidráulicos estimados para el acuífero profundo de la Vega Media del Segura.

Sondeo	Transmisividad	Unidades
Arboleja	3.900	m ² /d
Barriomar	3.000	m ² /d
Malecón	4.500	m ² /d
Santa cruz	800	m ² /d
Aljucer	2.350	m ² /d
Machacanta	5.500	m ² /d
Cinturón Sur	1.200	m ² /d
Nº 2	3.900	m ² /d
Nº 10	5.700	m ² /d
Promedio	2.600	m²/d

En la figura siguiente (Figura nº 39) se representa el mapa siguiente se representan las isolíneas de Transmisividad deducidas.

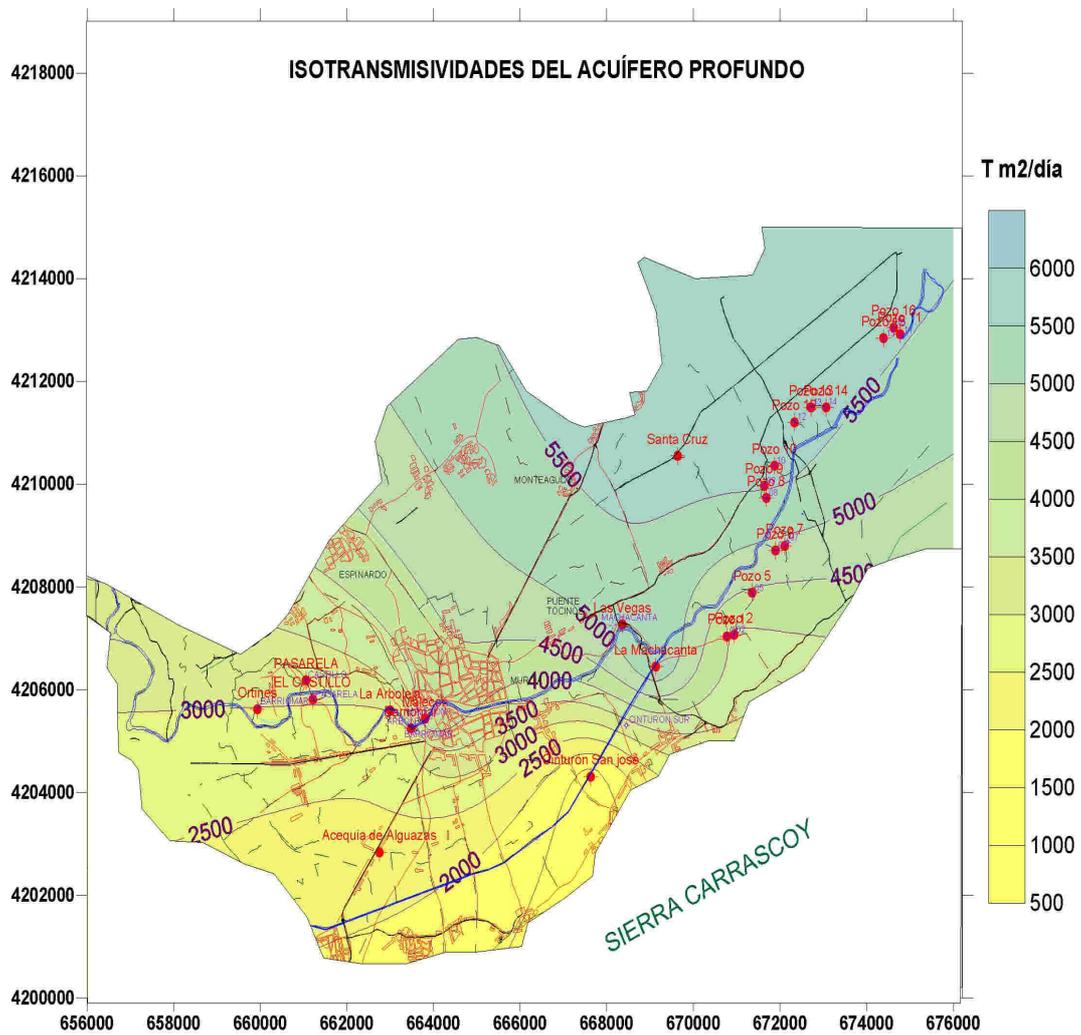


Figura nº 39. Mapa de isotransmisividades de la Vega Media del Segura.

En él se puede apreciar claramente como evoluciona la Transmisividad de los materiales a lo largo del acuífero. En la zona Sur-occidental tiene valores de $2.000 \text{ m}^2/\text{d}$, mientras que ya en la parte final del acuífero de la Vega Media (límite de comunidades autónomas, Beniel, Santomera) alcanza valores cercanos a los $5.500 \text{ m}^2/\text{día}$.

Bajo el casco urbano de Murcia, la Transmisividad es de unos $3.500 \text{ m}^2/\text{día}$.

Estos valores son propios de un acuífero Muy Transmisivo, con caudales superiores a los 100 l/s para descensos teóricos de 10 m . (Según los valores establecidos por VILLANUEVA E IGLESIAS (1984) ⁽⁴⁾).

La variación regional de la Transmisividad (que es el producto de la Permeabilidad por el espesor) está en relación con el número y el grosor de los diferentes estratos de grava filtrantes en cada zona. Éstos aumentan desde la cabecera hacia su parte central (en el límite de las comunidades autónomas de Murcia y Valencia).

En cuanto al valor de Coeficiente de Almacenamiento (S) del acuífero profundo, podemos decir que en octubre de 2005 se realizó un ensayo de bombeo en régimen variable a caudal constante, durante 25 horas de duración con tres puntos de control piezométrico: propio sondeo y en dos piezómetros de observación.

Los tres puntos tienen una profundidad similar (entorno a los 200 m). Los valores de coeficiente de almacenamiento obtenidos han sido de 3 y 6×10^{-4} , valores típicos de los acuíferos de gravas cautivos (VILLANUEVA Y MARTÍNEZ, 1985). En la Tabla nº 15 se recogen los datos más significativos del ensayo

Tabla nº 15. Cálculo de coeficientes de almacenamiento en la Vega Media.

	<u>Sondeo 10</u>	<u>Sondeo 9</u>	<u>Sondeo 12</u>
Distancia al sondeo de bombeo en m.		455	696
Transmisividad (m ² /día)	1.294	2.124	1.872
Coeficiente de almacenamiento		3×10^{-4}	6×10^{-4}
Caudal de bombeo (m ³ /día)	15.552		
tiempo de bombeo (minutos)	1.552		

En la figura siguiente (Figura nº 40), se representa el valor del radio de influencia en función del tiempo de bombeo ininterrumpido con el caudal del ensayo de bombeo (180 l/s), considerando una T de 2.000 m²/d y un S medio de $4,5 \times 10^{-4}$.

(4) "Pozos y Acuíferos. Técnicas de evaluación mediante ensayos de bombeo"; Villanueva Martínez, Manuel; Iglesias López, Alfredo; IGME, 1984.

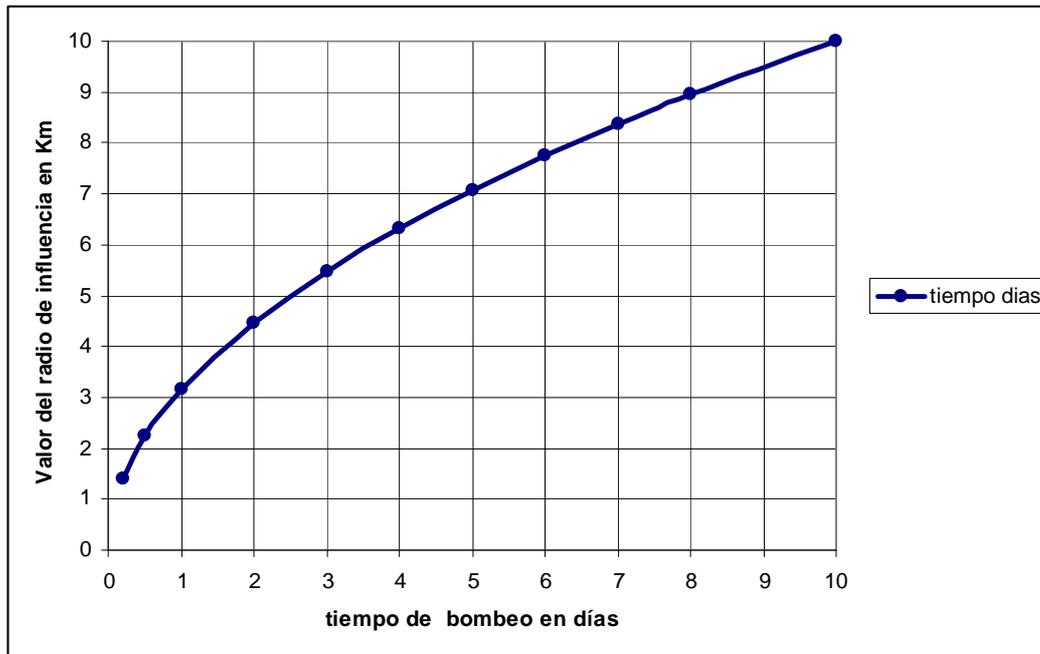


Figura nº 40. Evolución teórica del radio de influencia en los sondeos de explotación.

La gráfica da idea de lo tendidos que son los conos de bombeo en este acuífero cautivo, la progresión a largas distancias del mismo conforme aumenta el tiempo de bombeo y, por tanto, la facilidad de que los conos de bombeo de los diferentes sondeos profundos se solapen entre sí, dando evoluciones piezométricas afectadas durante la campaña de explotación.

5 RELACIÓN DEL ACUÍFERO PROFUNDO CON EL RESTO DEL SISTEMA

En líneas generales se puede admitir que, a escala regional, el acuífero profundo se inicia por debajo de importantes paquetes de arcillas que lo aíslan de la parte superior dificultando el flujo vertical desde los niveles acuíferos suprayacentes.

En los sondeos de la CHS esta parte superior del sistema multicapa ha quedado aislada por cementaciones y por decenas de metros de tubería ciega. Por tanto, el intercambio de agua desde el ACUITARDO, o desde el PRIMER NIVEL DE GRAVAS del entorno urbano de Murcia, está cortocircuitado en estos sondeos. Al bombearse el agua procedente solamente de los tramos inferiores del sistema multicapa, el goteo vertical desde las gravas someras se ve impedido por los estratos de arcillas interpuestos, de hasta casi 100 m espesor en algún caso (sondeo Aljucer).

El carácter confinado del acuífero profundo y la desconexión con los niveles superiores también queda demostrado en las evoluciones piezométricas comparadas de diversos sondeos y piezómetros someros muy próximos entre sí, existentes en la zona de estudio. Veamos algunos ejemplos:

Sondeo nº 5-Piezómetro Ermita de San Antón (IGME)

En la zona del Rincón de San Antón, aguas abajo de Murcia, cerca de la pedanía de Alquerías, se encuentra el piezómetro de Ermita de San Antón junto a la ermita del mismo nombre y ubicado en la margen izquierda del Segura. Tiene una profundidad de 21,8 m.

Justo enfrente, en la margen derecha y a una distancia de 632 m, se encuentra el Sondeo nº 5. Este sondeo tiene el primer filtro a la profundidad de 34,5 m (es decir, 12 m por debajo del fondo del piezómetro San Antón). En la fotografía siguiente (Fotografía nº 12), tomada de GOOGLE EARTH se ubican las captaciones.



Fotografía nº 12. Distribución de sondeos de explotación en el entorno del piezómetro de la Ermita de San Antón

La columna del sondeo nº 5 (ver Figura nº 41) comienza por 31 m de limos y arcillas, al que le sigue en profundidad un paquete de 7 m de gravas. Continúa la serie con 2 m de arcillas, 2 m de gravas y 9 m. de arcillas. A ambas perforaciones (sondeo nº 5 y piezómetro Ermita de San Antón), se les toma el nivel piezométrico con una periodicidad de entre 8 y 15 días.

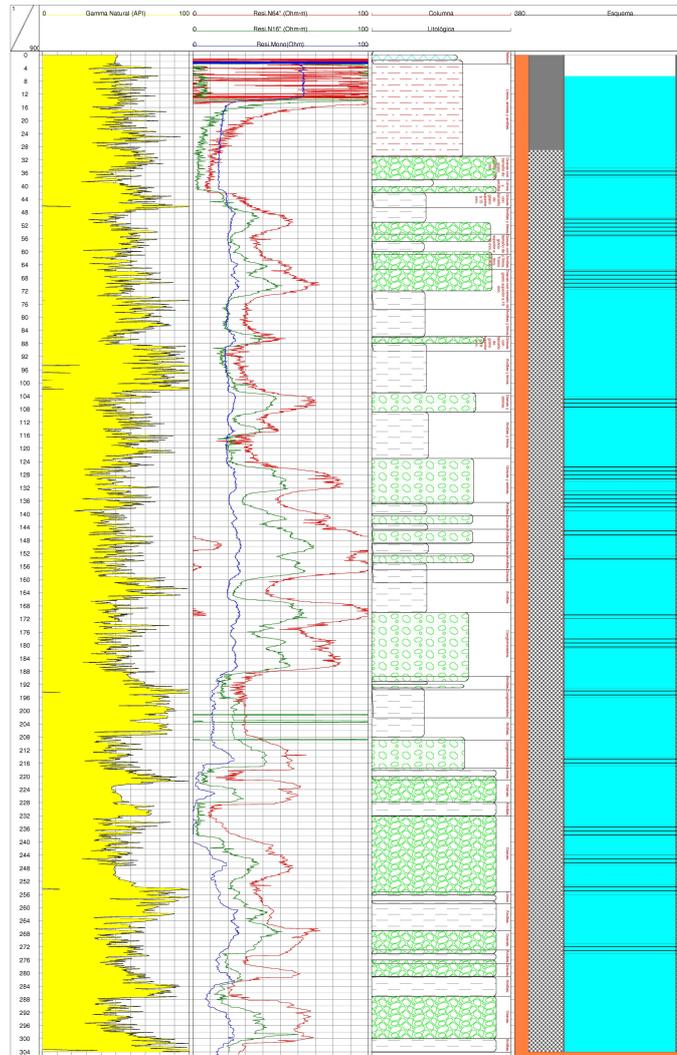


Figura nº 41. Diagrama, columna litológica y croquis de entubación del sondeo 5.

En la Figura nº 42 se pueden apreciar las gráficas comparadas de las cotas piezométricas en el sondeo nº 5, en estático (estando parado) y del piezómetro. Se puede observar la diferente evolución de las dos superficies piezométricas.

Lo primero que hay que resaltar es que ambas evolucionan a cotas diferentes, estando el agua en el acuitardo a más de 4 m por encima del agua en el ACUÍFERO PROFUNDO.

Por otro lado, se aprecia como la interacción de los conos de bombeo de los sondeos profundos, iniciados con los bombeos de la primavera 2006, generan unas depresiones piezométricas en este entorno, que llegan a ser de hasta 10 m, pero que no se notan en la evolución del piezómetro somero. En éste, las variaciones verano invierno no llegan a los 2 m.

Por último destacar que en ambos casos los niveles piezométricos en la primavera 2007 se recuperan hasta los máximos que tenían en la primavera 2006.

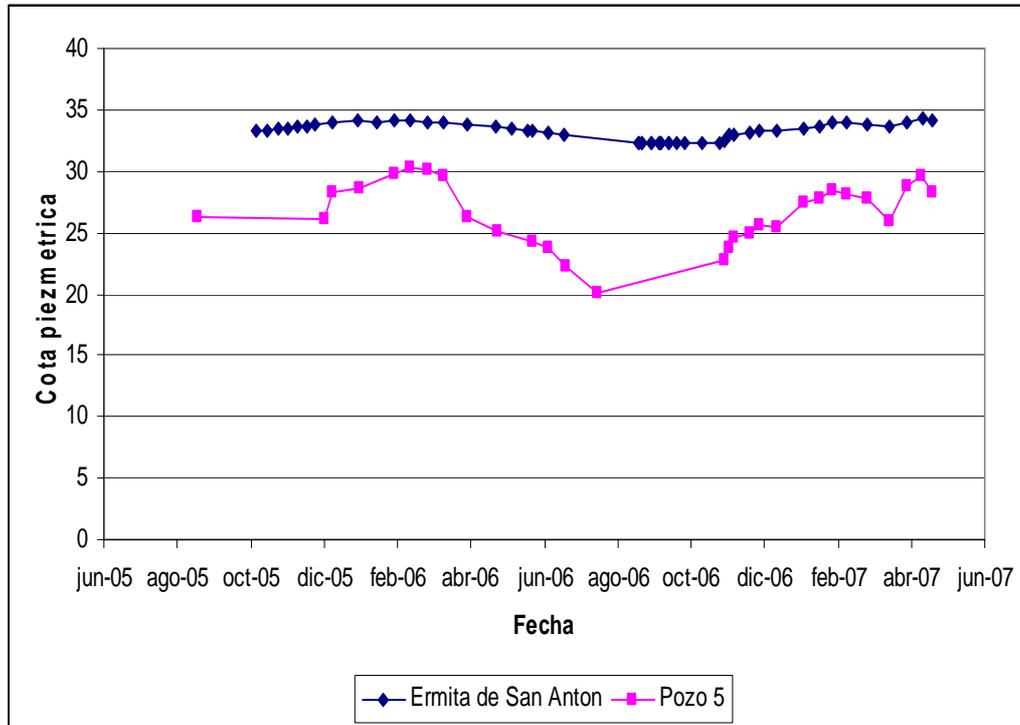


Figura nº 42. Evolución piezométrica en estático del sondeo nº 5 y del piezómetro Ermita de San Antón.

Sondeo Malecón-Piezómetro Malecón, P26L (CHS)

La siguiente pareja de evoluciones piezométricas corresponden al sondeo Malecón, ubicado junto al río Segura debajo de la autovía Ronda Oeste de Murcia, y un piezómetro CHS Largo que se encuentra a escasos 9 m del sondeo anterior y que tiene 17 m de profundidad. (Ver Figura nº 43).

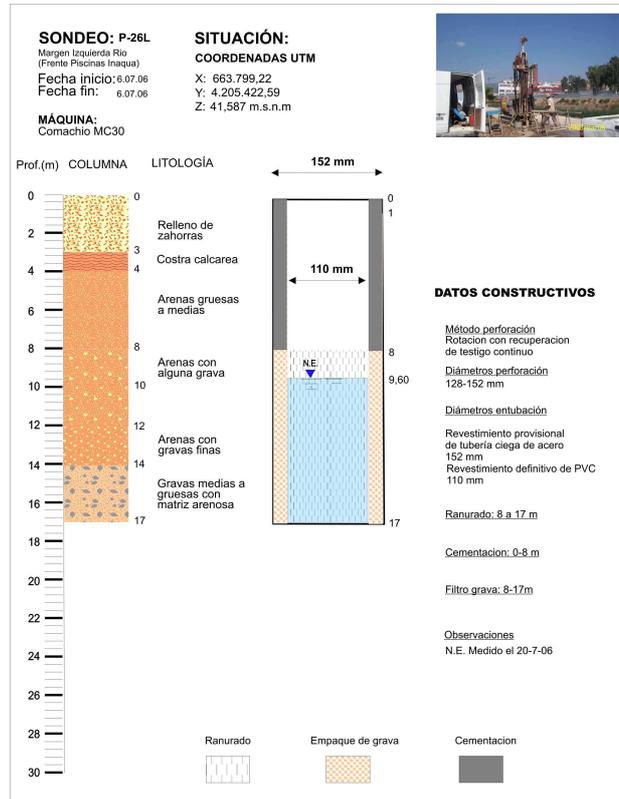
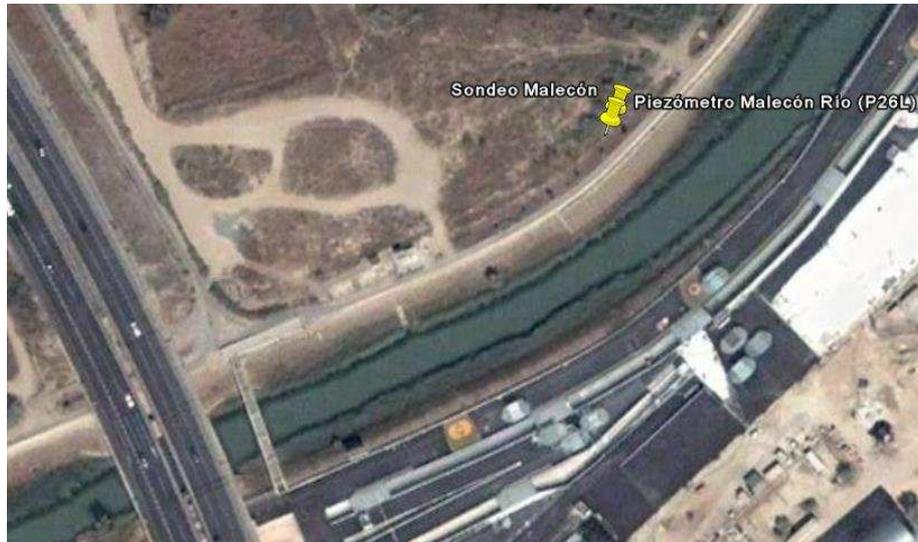


Figura nº 43. Esquema constructivo del piezómetro "MALECÓN RÍO" (P26L), ubicado junto al sondeo Malecón (Murcia).

En esta zona de la ciudad existe una conexión hidráulica entre el acuífero PRIMER NIVEL DE GRAVAS y los tramos limoso-arenosos superiores (ACUITARDO). En la fotografía siguiente de GOOGLE EARTH (Fotografía nº 13), se observa la ubicación de la captación y del piezómetro.



Fotografía nº 13. Situación del sondeo Malecón y piezómetro Malecón P26L.

El sondeo Malecón, cuyo esquema constructivo se ha incluido con anterioridad (Figura nº 33), tiene instalado el primer filtro a los 82 m de profundidad, por debajo de un paquete de arcillas de unos 10 m de espesor.

Por tanto, hasta la cota aproximada de los -40 m bajo el nivel del mar, no se puede filtrar agua del acuífero profundo al sondeo, ya que estos primeros 82 m tienen tubería ciega, sellada y cementada.

Así, y al tratarse de un acuífero cautivo, el agua asciende más de 70 m por el interior del sondeo, desde esa profundidad por donde se filtra (-40 m aprox.) hasta la cota +29 m s.n.m. (verano) y +33 m s.n.m. (invierno).

En estos dos puntos se ha realizado un seguimiento diario durante la mayor parte de la primavera verano de 2006. Desde el primer momento se pudo ver que la evolución del piezómetro era independiente del estado en el que se encontraba en cada momento el sondeo contiguo: si estaba funcionando o si se encontraba parado.

No obstante, y para confirmar este hecho, se procedió a detener todos los sondeos profundos de la zona del Malecón (sondeos Malecón, Barriomar y Arboleja) el día 18 de julio 2006 por la mañana y ver como se comportaba el piezómetro.

Las mediciones realizadas en aquel momento pusieron de manifiesto que mientras el sondeo MALECÓN se recuperaba de la parada, y en él ascendía el agua casi medio metro (0,41 m.), el piezómetro continuaba con su tendencia descendente de 2 cm/d.

Al día siguiente, a las 9 de la mañana se puso en marcha el sondeo Barriomar. Y a las 4 horas de funcionamiento, el agua en el sondeo Malecón había descendido 0,45 m, mientras que el piezómetro continuaba su propia tendencia centimétrica descendente.

Las observaciones anteriormente expuestas se representan en la Figura nº 44. En la Tabla nº 16 se incluyen las medidas de nivel piezométrico tomadas durante la prueba.

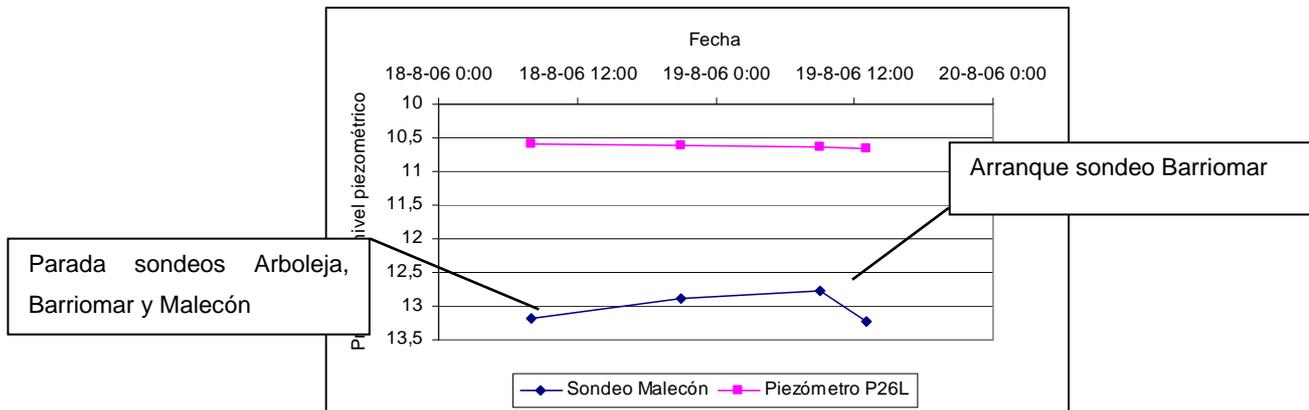


Figura nº 44. Evolución piezométrica en el sondeo Malecón y el piezómetro P26L.

Tabla nº 16. Profundidades piezométricas medidas

Sondeo Malecón	Piezómetro P26L	Fecha/hora
13,18	10,59	18-8-06 8:00
12,89	10,62	18-8-06 21:00
12,77	10,64	19-8-06 9:00
13,22	10,65	19-8-06 13:00

La disparidad de las dos evoluciones, en una escala temporal más amplia, se pueden apreciar también a finales de septiembre de 2006, cuando se detuvo la explotación de los sondeos profundos Arboleja, Barriomar y Malecón.

Se continuó la medición diaria en ambos puntos. El piezómetro P26L continúa con un descenso constante de 2 cm/d, mientras que el sondeo se estabiliza y luego se recupera (ver Figura nº 45).

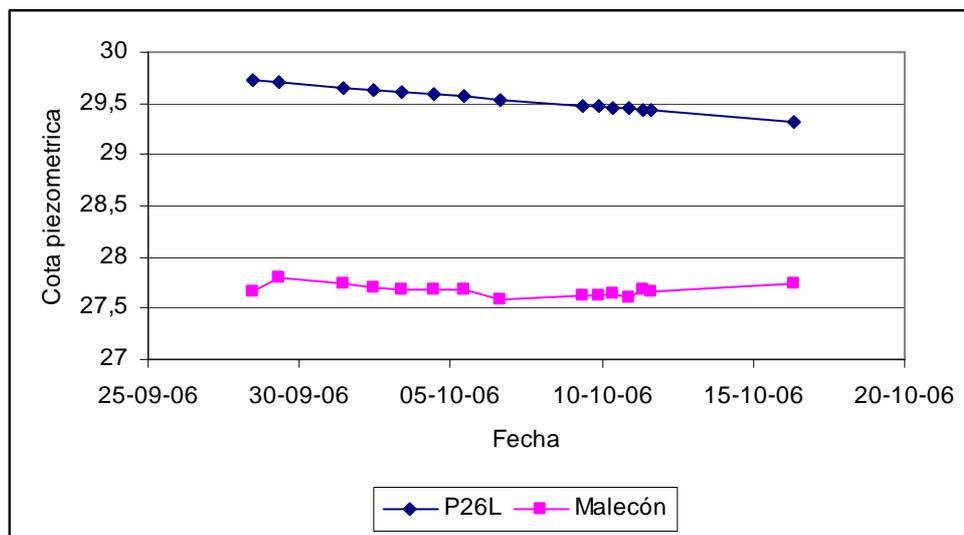


Figura nº 45. Evolución piezométrica en el sondeo Malecón y el piezómetro P26L a partir del día 28 de septiembre de 2.006.

De las experiencias comentadas podemos deducir que los sondeos ubicados en el acuífero profundo (ejecutados con los primeros filtros colocados por debajo del nivel del mar) se afectan entre sí, al tratarse de un acuífero cautivo muy Transmisivo.

En cambio, no afectan o interaccionan con los pozos o piezómetros someros del acuífero PRIMER NIVEL DE GRAVAS. La tendencia sostenida y

descendente del piezómetro de observación hasta finales de octubre está en relación con la explotación del acuífero PRIMER NIVEL DE GRAVAS y con la interacción de conos de bombeo de los pozos municipales de la R.U.R. más próximos.

En la Figura nº 46, se representa el gráfico donde se muestran las evoluciones de las dos perforaciones (sondeo y piezómetro) hasta abril de 2007. La tendencia, en ambos casos, es ascendente hasta recuperar y superar los niveles de junio de 2006, fecha en la que se ejecutaron dichos puntos de control.

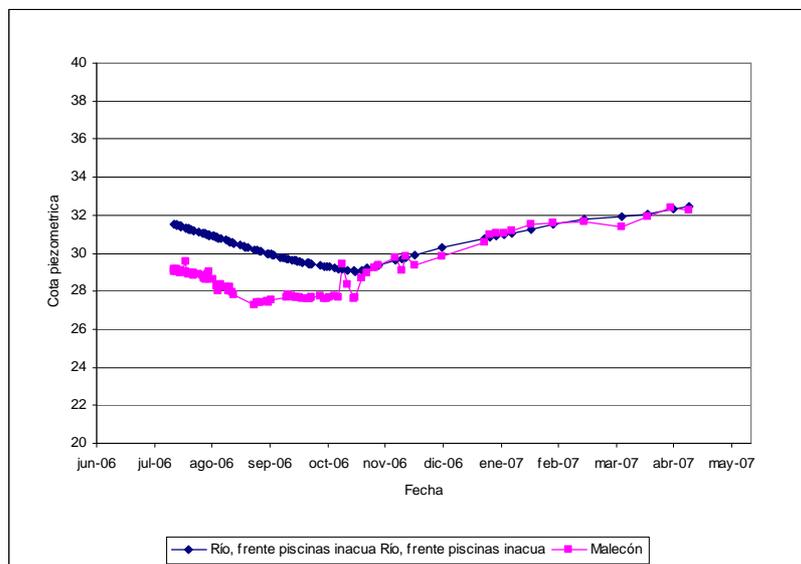


Figura nº 46. Evolución piezométrica en el sondeo Malecón y el piezómetro P26L.

6 CONCLUSIONES

Los 29 sondeos profundos e investigaciones hidrogeológicas llevadas a cabo por la CHS (Confederación Hidrográfica del Segura) para paliar los efectos de la sequía en el periodo 2005-2007 en las vegas media y baja del Segura han supuesto una revolución en el conocimiento científico del sustrato geológico existente entre Murcia y Guardamar y ha permitido definir una nueva estructura del sistema hidrogeológico Vegas Media y Baja del Segura.

Además, la ejecución por parte de la CHS de una batería de 31 piezómetros someros en el entorno urbano de Murcia y el control de sus evoluciones en el tiempo, desde junio 2006 hasta abril de 2007, ha posibilitado conocer el funcionamiento hidrodinámico de la parte más superficial del sistema multicapa de Murcia.

El análisis de toda la información obtenida durante casi 2 años de trabajos, ha permitido definir un nuevo acuífero desconectado con el resto del sistema debajo de la ciudad de Murcia. A este acuífero, formado básicamente por gravas, se le ha denominado acuífero PRIMER NIVEL DE GRAVAS y está limitado, bajo el casco urbano, a techo y a muro por arcillas impermeables y limos arenosos.

Se ha podido demostrar que dicho acuífero permanece cautivo en gran parte del entorno urbano de Murcia, incluso durante los mínimos piezométricos

que se producen en épocas de sequía, tanto en la de mediados de los años 90 como en la actual.

El confinamiento de estas gravas se puso en evidencia durante la perforación de los piezómetros, por el sifonamiento de las mismas al llegar a ellas la corona de perforación. En ese momento se producía un ascenso del agua a presión por el interior de la perforación. También se evidencia por las evoluciones piezométricas registradas, que nunca bajan por debajo de la cota del techo de las gravas cautivas, quedándose la lámina de agua a varios metros por encima.

Dicho acuífero estuvo también en carga durante la sequía del 95, como se ha dicho. Este dato revelador se ha podido confirmar gracias a la información facilitada por EMUASA (Empresa Municipal de Aguas de Murcia S.A.) en 1997, de las evoluciones piezométricas de los sondeos de la R.U.R. (Red Urbana de Riego) durante el periodo 1994-1997. Se ve claramente que en los pozos de EMUASA próximos a piezómetros CHS, la cota mínima del nivel piezométrico registrada a finales del verano de 1995 fue de entre la 29 y la 30 m s.n.m. La misma cota registrada en el mínimo actual de finales de octubre 2006.

El hecho de que este acuífero sea cautivo, con una presión de confinamiento de entre 0,4 y 1 kg/cm² en prácticamente la totalidad de la mitad Sur del casco urbano de Murcia, implica que éste no puede comprimirse. Por tanto, se comporta como un “colchón hinchable” e indeformable en el que se

apoya el material que tiene por encima, impidiendo su completa desecación, ya que el acuífero no se vacía, ni durante las sequías mas severas conocidas.

En esas zonas de la ciudad, se superponen varios metros de arcillas encima de este acuífero que lo impermeabiliza y aísla de los estratos superiores más limo-arenosos. Estos estratos superiores semipermeables conforman un ACUITARDO con evolución piezométrica diferenciada del acuífero PRIMER NIVEL DE GRAVAS. En efecto, aquí aparece un nivel freático a mayor cota que el nivel piezométrico del citado acuífero y que evoluciona en el tiempo de forma diferente.

Esta estructura litológica no es uniforme en toda la ciudad. Ambos niveles piezométricos coinciden y se hacen uno en aquellos sectores de la ciudad donde el ACUITARDO es prácticamente impermeable o donde el ACUITARDO, aún siendo permeable, no tiene arcillas debajo. Éstas están reemplazadas por arenas, permitiendo la interconexión hídrica.

Por tanto, el ACUITARDO tiene una facies permeable (acuitardo en sentido estricto) y otra impermeable. La facies permeable puede tener nivel freático propio, cuando debajo tiene arcillas, o coincidir con el nivel del primer acuífero, por estar conectada con las gravas inferiores a través de niveles arenosos.

Estos últimos puntos, donde se produce la interconexión, funcionan como auténticos “imbornales hidrogeológicos” o sumideros por donde se

produce circulación y cierta recarga hacia las gravas desde el ACUITARDO. Este flujo es descendente en estiaje y ascendente en invierno, cuando la presión de confinamiento del ACUÍFERO PRIMER NIVEL DE GRAVAS aumenta.

Las principales extracciones de agua dentro de la zona urbana de Murcia del acuífero PRIMER NIVEL DE GRAVAS se deben a los sondeos urbanos de EMUASA que conforman la R.U.R. (Red Urbana de Riego), que se encuentran muy concentrados en la ciudad. También son significativas, pero en menor medida, las extracciones de los pozos de sequía de agrupaciones de regantes que se encuentran emplazados dentro del perímetro de este acuífero superficial.

Dado el escaso espesor que tiene este acuífero en su mitad oriental, su alta Permeabilidad, su confinamiento y la exigua profundidad de estos sondeos urbanos (que penetran escasamente unos metros en las gravas), los conos de bombeos que originan su explotación, interfieren entre sí y progresan a lo largo de la época estival, formando un embudo hidrogeológico en el entorno de Murcia durante el verano, con una concentración anormal de las isopiezas.

Este “embudo” fuerza un flujo descendente desde el ACUITARDO hacia el primer nivel de gravas en los “sumideros o imbornales hidrogeológicos”. El drenaje del ACUITARDO se ve agravado por los achiques de sótanos de más de dos plantas y vaciados de solares durante la excavación.

Los achiques de sótanos, los drenajes de solares y los bombeos de pozos someros junto a edificios pueden llevar arrastres de sedimentos mezclados con el agua bombeada. Dichos arrastres llegan a producir grietas en el terreno y pequeñas subsidencias locales, como se ha comprobado en distintos puntos.

Sería deseable evitar estos arrastres mecánicos de sedimentos modificando la metodología de excavación y ejecución de sótanos profundos y evitando la construcción de pozos someros próximos a construcciones.

También, en el presente estudio se ha definido un ACUÍFERO PROFUNDO que va, aproximadamente, desde la cota del nivel del mar hasta al menos los 300 m de profundidad y que comprende la Vega Media del Segura y parte de la Vega Baja. Concretamente desde la pedanía de La Ñora en Murcia hasta Benejúzar, Alicante.

Este avance en el conocimiento hidrogeológico ha sido posible gracias a la tecnología de perforación empleada, la rotación con circulación inversa, que permite perforar y entubar un sondeo de estas dimensiones en apenas una semana, y llevándose a cabo la testificación geofísica completa de la columna.

La correlación de las series estratigráficas permite definir un importante acuífero profundo multicapa formado por paquetes de grava intercalados entre potentes estratos arcillosos de gran continuidad lateral y que termina bruscamente en la zona de Benejúzar (Alicante).

Lateralmente, está limitado por las alineaciones montañosas por el Norte y Sur, de las que recibe una importante recarga lateral por percolación de agua de lluvia, a través de depósitos permeables de ladera. El volumen de reservas de agua subterránea que alberga este importante embalse subterráneo se estima que está comprendido entre los 1.000 hm³ y 1.500 hm³. Orden de magnitud similar al total de la capacidad de embalses de agua superficial de los que dispone la Cuenca del Río Segura.

Las extracciones de agua en la batería de 29 sondeos profundos (2005-2007) se realizan a través de filtros alternantes ubicados a cota por debajo del nivel del mar y hasta los 200 m de profundidad. Con estas especificaciones conservativas con objeto de minimizar las afecciones a la hora de ejecutar los sondeos, se facilita la participación en el bombeo de toda el agua embalsada en el acuífero profundo.

Las capas de grava más altas del sistema multicapa y los tramos iniciales del terreno se han cementado para evitar la conexión de sus aguas someras con la de los estratos profundos.

Al quedar impedida la entrada de las aguas freáticas a los sondeos, se evita el arrastre mecánico de sedimentos del entorno de la perforación. Aguas someras éstas que, en cambio, sí captan el resto de pozos y sondeos emplazados del entorno estudiado, a través de las ranuras de las entubaciones.

El volumen extraído por la batería de sondeos CHS del acuífero profundo ha sido de 36,4 hm³ durante el pasado año hidrológico 2005-2006. Lo que equivale al 3% de las reservas del acuífero.

Tales extracciones, sumadas a las de los sondeos destinados al uso agrícola e industrial, emplazados en este acuífero profundo, son inferiores a los recursos renovables del sistema, a juzgar por las evoluciones piezométricas de estos sondeos, que se recuperan en primavera hasta los niveles de la primavera del año anterior.

Por tanto, podemos decir que la explotación realizada por estos sondeos, cuyo objetivo es el mantenimiento del caudal ecológico durante la sequía y el regadío de la Vega Media y Baja del Segura, es sostenible hidrogeológica y medioambientalmente, porque no se consumen reservas, ni siquiera en periodos de sequía. También porque la calidad química del agua bombeada (sobre los 2.500-3.000 µS/cm a 20 °C) es similar a la del propio Río Segura.

Las evoluciones piezométricas comparadas de los sondeos profundos y de piezómetros someros próximos entre sí, ponen de manifiesto una desconexión de los estratos de gravas profundos, captadas por los sondeos de la CHS, del agua contenida en el acuitardo o en el PRIMER NIVEL DE GRAVAS.

A la vista de la información y conocimientos adquiridos, sería recomendable trasladar la explotación de los sondeos superficiales del entorno urbano de Murcia hacia la parte profunda del sistema multicapa.

7 BIBLIOGRAFÍA

Arche, Alfredo, 1992. *Sedimentología, Nuevas Tendencias*.

CHS-IGME, 2000. *Estudio geotécnico para el análisis, prevención y corrección de la patología derivada de los cambios en el subsuelo de la ciudad de Murcia*.

CHS, 2006. *Consideraciones y propuestas de gestión del Sistema Hidrogeológico de las Vegas Media y Baja del Segura para el mes de agosto de 2006*.

CHS, 2007. *Nivel freático de Murcia. Dossier de prensa, 1994-1996*.

Custodio, E. y Llamas M.R., 1983. *Hidrogeología Subterránea*.

IGME, 1972. *Plan Magna, Magna 913. Memoria explicativa*.

IGME, 1974. *Plan Magna, Magna 934. Memoria explicativa*.

IGME-DGOHCA. *Estudio Hidrogeológico del Acuífero de las Vegas Medias y Bajas del Segura y su relación con cauces naturales y artificiales de su territorio*.

Vera Torres, Juan Antonio, 1994. *Estratigrafía, Principios y Métodos*.

Villanueva Martínez, M. e Iglesias López, A., 1984. *Pozos y Acuíferos, técnicas de evaluación mediante ensayos de bombeo.*

Waterloo Hydrogeologic, 2005. *HydroGeo Analyst.*