

**SEGUIMIENTO TEMPORAL DE REDES DE
CONTROL PIEZOMÉTRICO EN LA MASA
DE AGUA 05.23 ÚBEDA (PROVINCIA DE
JAÉN). N° Expediente 1286/08.**

INFORME FINAL

Julio, 2008

ÍNDICE

MEMORIA

Pág

1.- INTRODUCCIÓN.....	1
1.1.- ANTECEDENTES Y OBJETIVOS	1
1.2.- TRABAJOS REALIZADOS.....	2
2.- MARCO HIDROGEOLÓGICO.....	3
3.- ESTRUCTURA DE LA RED DE CONTROL	6
4.-ANÁLISIS DE DATOS PIEZOMÉTRICOS	9
5.- RECOMENDACIONES	23

ANEJOS

1.- ESTADILLOS DE CONTROL DE LOS SENSORES DEL GUADALIMAR.
--

1.- INTRODUCCIÓN

El presente informe corresponde al Proyecto **"SEGUIMIENTO TEMPORAL DE REDES DE CONTROL PIEZOMÉTRICO EN LA MASA DE AGUA 05.23 ÚBEDA (PROVINCIA DE JAÉN)"** (Nº Expediente 1286/08), realizado por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME) con la participación de la empresa GEO S. Coop. And, adjudicataria del contrato menor correspondiente y la colaboración del Consultor D. Javier Gollonet Fernández de Trespalacios, hidrogeólogo con amplia experiencia en la zona. El proyecto se ha realizado bajo la supervisión de D. Antonio González Ramón, por parte del IGME.

La asistencia técnica se enmarca en los trabajos relacionados con el acuerdo de encomienda de gestión entre la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir y el Instituto Geológico y Minero de España para los años 2007, 2008 y 2009 y concretamente se incluyen en el punto 4 de las actuaciones previstas en la encomienda: "Realización de investigaciones complementaria en la Loma de Úbeda. Pautas para la sostenibilidad del acuífero". Estos trabajos pretenden dar continuidad a la red de control piezométrico que el IGME mantiene en el acuífero carbonatado de la Loma de Úbeda.

1.1.- ANTECEDENTES Y OBJETIVOS

En el año 2001 el IGME comenzó un control de niveles piezométricos en el acuífero carbonatado de la Loma de Úbeda, que se fue ampliado a un mayor número de puntos a partir del año 2003, y posteriormente, en el año 2005, el IGME llevó a cabo la construcción de trece sondeos de investigación en el entorno del río Guadalimar que han sido también incorporados a la red de control.

El control de niveles en este acuífero ha sido sucesivamente abordado, de forma más o menos continua aunque con algunas interrupciones, en el marco de diferentes proyectos entre los años 2003 y 2007 mediante las asistencias técnicas siguientes:

- Obtención de información para la mejora del conocimiento sobre el funcionamiento hidrogeológico del acuífero carbonatado de la Loma de Úbeda (Noviembre 2004).
- Revisión del inventario de puntos de agua y realización de labores de apoyo en el estudio hidrogeológico del acuífero jurásico profundo de la Loma de Úbeda (Julio 2006).

- Realización de labores para la creación de infraestructura de conocimiento hidrogeológico en el acuífero profundo de la Loma de Úbeda (Diciembre 2006).
- Seguimiento de redes de control piezométrico en el acuífero carbonatado profundo de la Loma de Úbeda -provincia de Jaén- (Julio 2007).

Actualmente la red que se mantiene operativa está constituida por 21 puntos, aunque en ocasiones llegó a 25, que son medidos con una periodicidad mensual y en cuatro de ellos del entorno del río Guadalimar se han instalado sensores para el control continuo de la evolución de nivel. El control de niveles en el acuífero confinado presenta diversos problemas debidos a que se trata de sondeos particulares no construidos específicamente para este fin, con el nivel piezométrico a elevada profundidad y en muchas ocasiones para la medida del punto hay que contactar previamente con el propietario y utilizar un complejo sistema de medida mediante compresor, lo que dificulta las medidas.

El objetivo de la presente Asistencia Técnica es dar continuidad a la toma sistemática de datos piezométricos en la red previamente diseñada, de forma que permita conocer la morfología de la superficie piezométrica del acuífero y su evolución en el tiempo.

1.2.- TRABAJOS REALIZADOS

De acuerdo con el Pliego de Condiciones del Proyecto los trabajos llevados a cabo han sido los siguientes:

- Medidas piezométricas mensuales durante cinco campañas en la red de control (realizadas en los meses de agosto, noviembre y diciembre de 2007 y enero y febrero de 2008).
- Recogida de datos en cuatro piezómetros de la red de control instalados con sensor OTT Orpheus Mini.
- Elaboración de gráficos de piezometría y análisis de los mismos.

En el presente informe se recogen los resultados obtenidos con la realización del Proyecto, que ha tenido lugar entre Agosto de 2007 y Febrero de 2008.

2.- MARCO HIDROGEOLÓGICO

El Acuífero Carbonatado Profundo de La Loma pertenece a la Masa de Agua Subterránea 05.23 y está constituido por calizas y dolomías de edad jurásica de la Cobertera Tabular que afloran desde el norte de Canena y Rus, al Oeste, hasta Villanueva del Arzobispo, al Este. Los afloramientos alcanzan al Norte, siguiendo una línea irregular, las localidades de Navas de San Juan, Santistéban del Puerto y Castellar de Santisteban y al Sur se encuentran en las dos márgenes del río Guadalquivir.

Las calizas y dolomías, que tienen un espesor medio de unos cien metros en la zona confinada, forman una lámina continua buzante hacia el Sur-Sureste, aunque estudios recientes del IGME ha puesto de manifiesto posibles desconexiones por fracturas de esta lámina. Los límites de baja permeabilidad están formados a muro por materiales detríticos y evaporíticos del triás, que además marcan el límite septentrional del acuífero. El límite de techo está formado por margas miocenas que en algunos sectores alcanzan potencias de más de quinientos metros. El límite meridional lo marcan los materiales impermeables de las Unidades Olistostromicas que afloran parcialmente en la margen derecha del río Guadalquivir. Al Oeste el límite es supuesto y lo marcan el acuífero de los materiales jurásicos hasta su desaparición. El límite Este lo forman los contactos mecánicos (frentes de cabalgamiento) de las unidades Prebéticas en los que se involucran materiales impermeables jurásicos y miocenos. Éste no es un límite cerrado y algunos estudios señalan la posible transferencia de agua entre este Acuífero y la Masa de Agua 05.01 "Cazorla".

En la figura nº 1 se muestra un mapa geológico de detalle de la localización de los puntos pertenecientes a la red de Control, diferenciando los puntos en los que se han tomado medidas y en los que no. El mapa también indica algunas de las fracturas profundas en el sector confinado del Acuífero.

La figura nº 2 es un esquema general de la situación de los puntos de la red de Control, donde se diferencian los sectores libre y confinado, separado éste a su vez de la zona de Villanueva del Arzobispo. Asimismo se ha representado el Acuífero Mioceno que se encuentra a techo de las margas de baja permeabilidad comentadas anteriormente.

FIGURA 1.- PLANO GEOLÓGICO DE LA ZONA DE TRABAJO CON LA LOCALIZACIÓN DE PIEZÓMETROS DE RED DE CONTROL

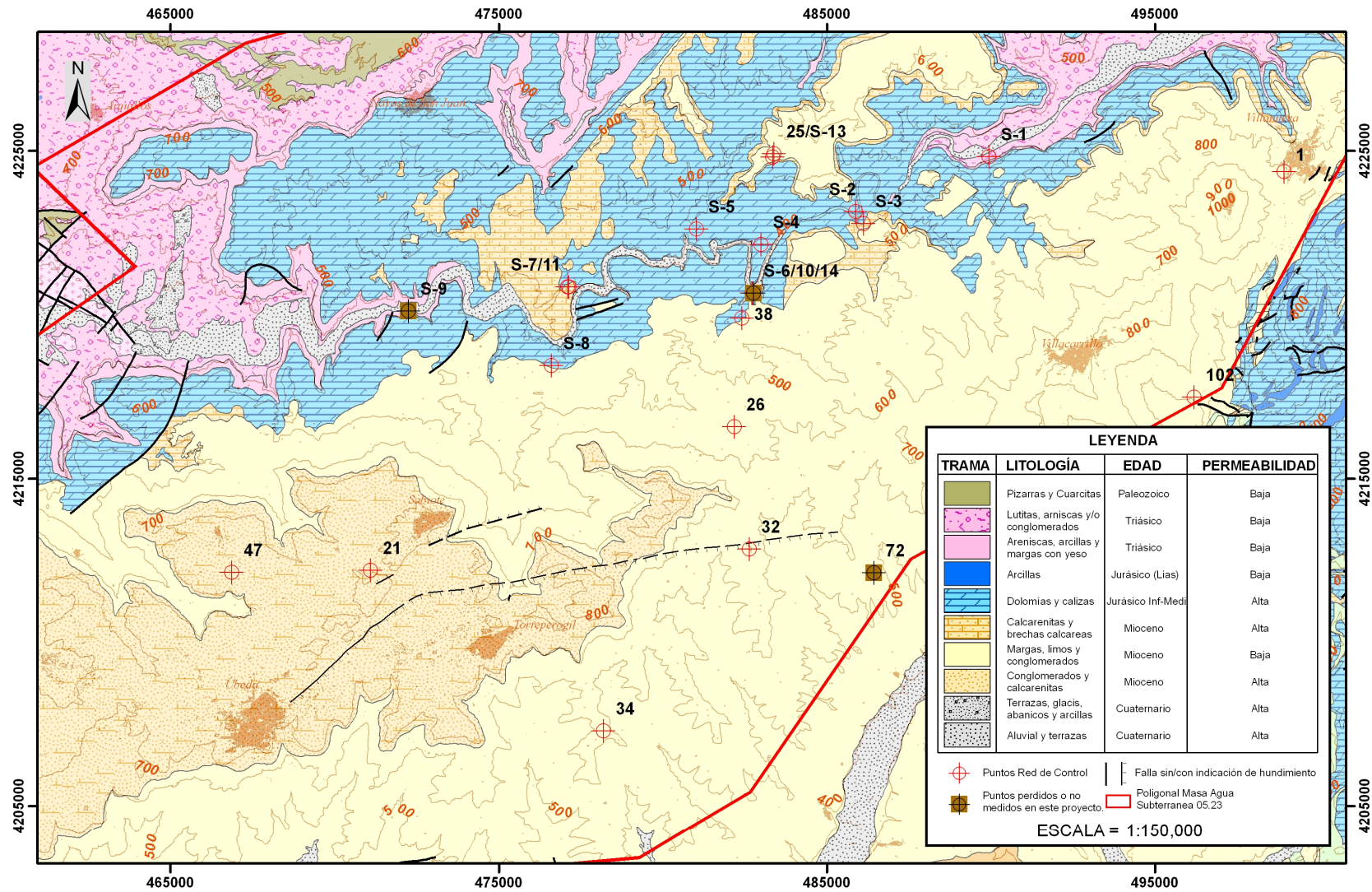
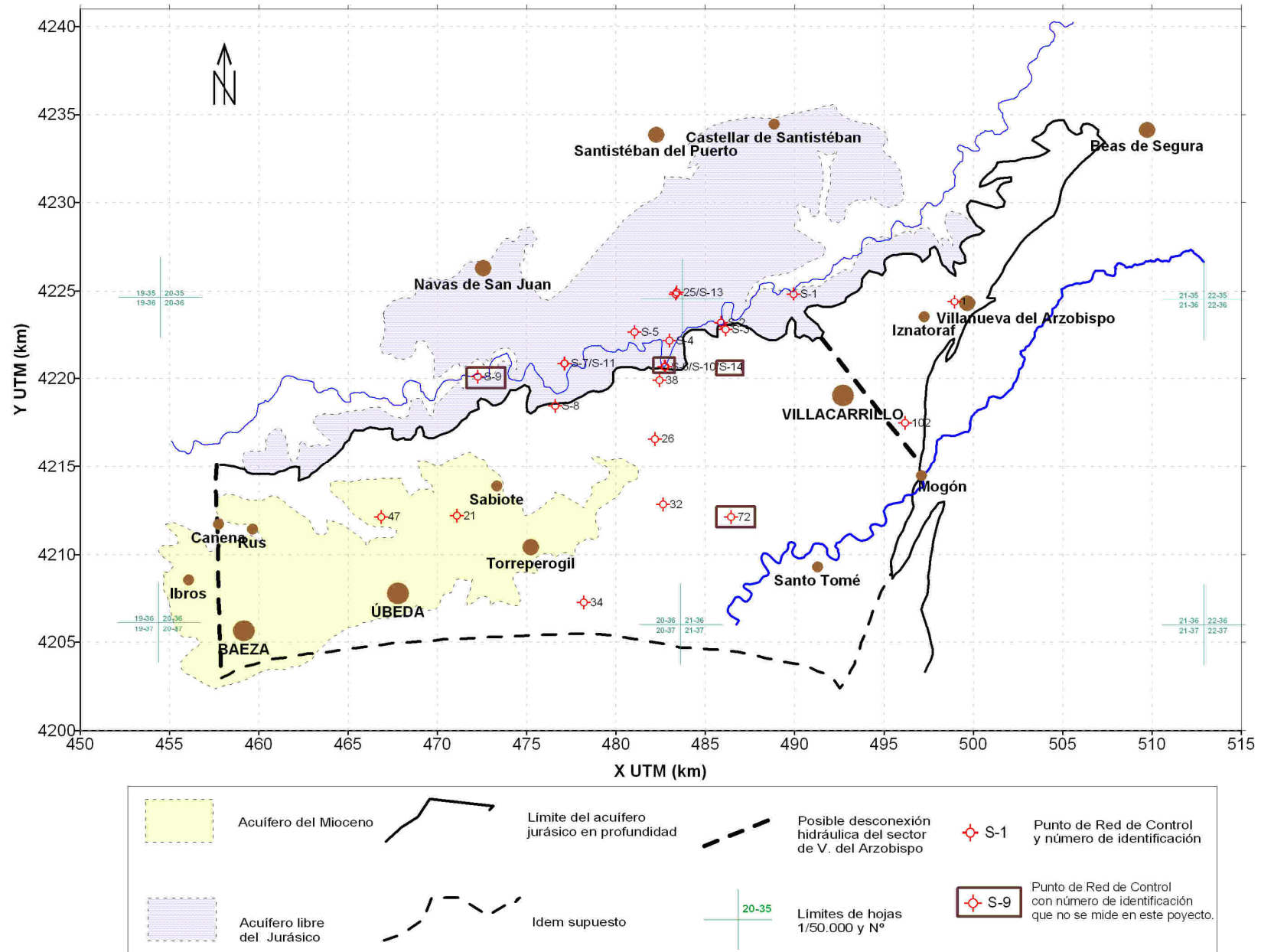


FIGURA 2.- ESQUEMA DE SITUACIÓN DE LOS PUNTOS DE LA RED DE CONTROL PIEZOMÉTRICA



3.-ESTRUCTURA DE LA RED DE CONTROL

La Red de Control piezométrica se diseñó en el año 2001 y desde entonces se controla mensualmente (salvo algunos periodos sin medidas). Las características de los piezómetros se pueden observar en el cuadro nº 1. Existen seis piezómetros que forman parte de la Red de Control original, que se comenzaron a medir en mayo/junio de 2001. Cinco de ellos captan el Acuífero confinado y solo uno el Acuífero libre. En el mes de junio de 2003 se incluyeron dos puntos (ID= 21 y 38, El Porvenir y El Puntal respectivamente) que ampliaban la superficie de control a la zona oeste del Acuífero confinado. En el año 2004, después de una revisión de inventario y una campaña flash piezométrica, se incluyeron en la red dos puntos estratégicos en el borde sureste del Acuífero (ID= 72 y 102, El Huerto y Esperanza Lara respectivamente) que se pensaba que ofrecerían datos importantes sobre la evolución y conexión entre sectores. De estos dos puntos, El Huerto se dejó de medir en junio de 2007 porque se retiró la tubería piezométrica y el de Esperanza Lara ha dado muchos problemas de fiabilidad (por desconocimiento exacto de la profundidad de la bomba) y dificultades de medición.

Finalmente la mayor ampliación de la Red se produjo con la construcción de los Piezómetros del Guadalimar y su control a partir de julio/agosto de 2005 (el último S-14, Arroyo del Mostazar 3 que se comenzó a controlar en febrero de 2006 y fue destruido en abril de 2007 por una Comunidad de Riego con permiso del IGME ante la necesidad de reparación de una conducción subterránea muy próxima). Estos piezómetros ofrecen datos del Acuífero libre y su relación con el río Guadalimar.

En el presente proyecto se han medido 21 puntos, de los que doce son piezómetros construidos por el IGME en las márgenes del río Guadalimar y nueve pertenecen a Comunidades de Riego o particulares de la zona de estudio. De estos nueve sondeos cuatro se encuentran sin instalación para extracción de agua y el resto están en explotación.

En cuanto a los sistemas de medida de los puntos, se ha usado un hidronivel de quinientos metros con señal luminosa de nivel piezométrico en 19 puntos. En tres puntos se ha usado el método de inyección de aire comprimido con compresor en la tubería piezométrica, a partir del cual, conociendo la profundidad de la bomba y la presión de aire (equivalente a la altura de columna de agua) de la tubería piezométrica, se obtiene la

CUADRO N° 1.- PIEZÓMETROS DE LA RED DE CONTROL DEL PROYECTO

Id	Nombre	X (UTM)	Y (UTM)	Z (msnm)	n° IGME	Prof (m)	Método medida	Fecha inclusion en Red de Control	Sector Acuífero captado
1	Pozo de Vicente	498939	4224370	712	2136/3/51	195	Sonda	Mayo 2001	Villanueva del Arzobispo
21	El Porvenir I	471094	4212206	789	2036/7/66	>454	Sonda	Junio 2003	Confinado
25	Piezómetro Camino	483394	4224912	561	2035/8/29	sd	Sonda	Mayo 2001	Libre margen derecha/Trías
26	Cabeza Alba	482180	4216585	544	2036/4/38	275	Sonda	Mayo 2001	Confinado
32	Pichilín I (viejo)	482637	4212843	645	2036/8/15	480	Sonda	Junio 2001	Confinado
34	La Imagen II (Caseta)	478192	4207293	628	2036/8/43	680	Compresor	Junio 2001	Confinado
38	La Peñuela I	482417	4219906	438	2036/4/14	150	Sonda	Junio 2001	Libre margen izquierda
47	El Puntal	466864	4212135	740	2036/6/84	460	Compresor	Junio 2003	Confinado
102	Esperanza Lara y otros	496191	4217490	605	2136/2/58	280	Compresor/Sonda	Octubre 2004	Confinado/sector anómalo
S-1	Cruz de Marina	489941	4224823	442	2135/5/36	156	Sonda	Julio 2005	Trías
S-2	Cortijo del Mojino	485886	4223158	428	2136/1/96	67	Sonda/Sensor	Julio 2005	Libre margen derecha
S-3	Las Pulgas	486123	4222785	477	2136/1/97	93	Sonda/Sensor	Julio 2005	Libre margen izquierda
S-4	Los Lobos	482997	4222145	461	2036/4/58	125	Sonda	Julio 2005	Libre margen derecha
S-5	Loma del Robledo	481028	4222619	485	2036/4/59	87	Sonda	Julio 2005	Libre margen derecha
S-6	Arroyo del Mostazar 1	482718	4220660	398	2036/4/60	135	Sonda	Julio 2005	Libre margen izquierda
S-7	Embalse Olvera 1	477106	4220856	434	2036/4/61	118	Sonda/Sensor	Julio 2005	Libre margen izquierda
S-8	Avenázar.- Maestro Ponce	476604	4218457	419	2036/4/62	94	Sonda/Sensor	Julio 2005	Libre margen derecha
S-9	Huerta Oliva	472248	4220112	374	2036/3/26	104	Sonda	Julio 2005	Trías
S-10	Arroyo del Mostazar 2	482735	4220668	396	2036/4/63	150	Sonda	Agosto 2005	Libre margen izquierda
S-11	Embalse de Olvera 2	477135	4220855	432	2036/4/64	150	Sonda	Agosto 2005	Libre margen izquierda
S-13	Piezómetro Camino 2	483350	4224815	564	2035/8/40	140	Sonda	Julio 2005	Libre margen derecha

profundidad del nivel piezométrico. Además existen cuatro sensores marca OTT modelo Orpheus Mini programados para recoger medidas de nivel cada hora que se han descargado para su tratamiento informático con el equipo portátil de OTT, Vota 2. Estos sensores están montados en cuatro de los piezómetros del Guadalimar.

Por último hay que comentar las incidencias ocurridas durante la ejecución del presente proyecto:

1).- Las medidas en el piezómetro id= 102, “Esperanza Lara y otros” han sido proporcionadas por el regador ya que ha sido imposible quedar con él para realizar las medidas in situ. Este punto viene arrastrando medidas dudosas desde comienzos del año 2007 por lo que los datos deben ser tomados con cautela para su interpretación. Queda pendiente aclarar la situación actual del sondeo para garantizar la fiabilidad de las medidas o desestimarlos de la Red de Control.

2).- En el piezómetro del Río Guadalimar S-9 “Huerta Oliva” solo se ha podido tomar una medida (correspondiente al mes de Agosto de 2007), ya que en la campaña de noviembre de 2007 se encontró el acceso cerrado con una valla. Después de haber intentado localizar al propietario infructuosamente varias veces, se decidió por parte del IGME y con nuestro acuerdo desestimar el punto de la Red de Control. (Este es un punto de escaso interés para el estudio de la Masa 05.23, ya que capta el Acuífero Triásico.)

3).- Sigue siendo necesario realizar actuaciones de mantenimiento en la Red de Control, concretamente en los piezómetros adyacentes al río Guadalimar. Las especificaciones de estas actuaciones se incluían en el anejo 1 de la anterior Asistencia Técnica (“Seguimiento de Redes de Control piezométrico en el Acuífero Carbonatado profundo de La Loma de Úbeda. Jaén.” Expediente 842/07, de Julio de 2007.)

4.- ANÁLISIS DE DATOS PIEZOMÉTRICOS

En el marco de este proyecto se han tomado medidas mensuales de 21 puntos durante los meses no consecutivos de agosto, noviembre y diciembre de 2007 y enero y febrero de 2008, contabilizando un total de 97 medidas de nivel. En los cuatro piezómetros de control cerca del Río Guadalupe instalados con sensores de nivel se recogieron los datos almacenados en cada campaña menos en la de enero de 2008 por no estar disponible el aparato de conexión al sensor. En cualquier caso estos datos no se han perdido ya que se descargaron en la siguiente campaña y se comprobó el correcto funcionamiento de los sensores. En el Anejo 1 se incluyen los estadillos de control de los 4 puntos instalados con sensores de nivel, que reflejan los datos de su instalación y comprobaciones realizadas desde el inicio de su control hasta la última campaña de este proyecto.

Los datos obtenidos se pueden observar en el cuadro nº 2 “Medidas piezométricas del proyecto” y la totalidad de las medidas realizadas hasta la fecha se incluyen en la Documentación Técnica del Proyecto en cd-rom.

En el cuadro nº 3 se presenta un resumen de los descensos totales y medios observados en los distintos puntos de la red de control durante sus respectivos periodos de registro de datos.

En las figuras 3 a 8 se representan los gráficos de evolución piezométrica más representativos, que incluyen todas las medidas disponibles hasta la fecha en los diferentes puntos. El primer gráfico (figura nº 3) muestra la evolución general de todos los puntos medidos; en los siguientes se muestra con mayor detalle la evolución de uno o varios de los acuíferos o sectores diferenciados actualmente o algunos detalles específicos (como la relación con las lluvias y el comportamiento en el área influente del río).

Las conclusiones mas significativas que se pueden extraer de los datos disponibles son las siguientes:

1).- El gráfico general (figura nº 3) muestra el abanico de diferentes cotas piezométricas de los sectores de acuífero diferenciados. La cota de agua del único punto

del sector Villanueva del Arzobispo se encuentra sobre los 540 m.s.n.m en la actualidad y con un comportamiento netamente diferente del resto de puntos. En efecto, además de su

CUADRO N° 2.- MEDIDAS PIEZOMÉTRICAS DEL PROYECTO								
Id	Nombre	Nivel (Agosto 07)	Nivel (Noviembre 07)	Nivel (Diciembre 07)	Nivel (Enero 08)	Nivel (Febrero 08)	Observaciones	Dif. Prof. Nivel Borde Tub/caja
1	Pozo de Vicente	168.79	168.88	168.97	169.15	169.27		
21	El Porvenir I	446.23	448.4	447.67	447.68	447.72		
25	Piezómetro Camino	155.72	145.64	148.16	124.11	123.55		
26	Cabeza Alba	221.46	224.12	223.04	222.04	222.25	Se oye caer agua por el entubado del sondeo.	
32	Pichilín I (viejo)	335.33	329.95	328.57	327.7	330.54		
34	La Imagen II (Caseta)	331	351	343	342	341		
38	La Peñuela I	93.02	93.9	93.67	93.5	93.51	Todas las medidas deducidas de Peñuela II. Peñuela I instalado sin posibilidad de medida con sonda.	
47	El Puntal	401	403	-	402	403	Durante la campaña de Diciembre no se pudo quedar con el regador para realizar la medida.	
102	Esperanza Lara y otros	180	-	-	184	-	Datos proporcionados por el regador. No se ha podido medir el sondeo sistemáticamente por problemas con la tubería del aire.	
S-1	Cruz de Marina	14.17	14.23	14.26	14.27	14.3		0.26
S-2	Cortijo del Mojino	29.33	29.74	29.76	29.78	29.79		0.28
S-3	Las Pulgas	66.08	66.07	66.07	66.11	66.07		0.11
S-4	Los Lobos	63.88	64.05	64.17	64.22	64.27		0.13
S-5	Loma del Robledo	60.65	62.04	62.03	62.34	68.88		
S-6	Arroyo del Mostazar 1	36.85	37.87	38.11	38.64	39.99		0.26
S-7	Embalse Olvera 1	32.81	33.37	33.3	33.25	33.32		0.1
S-8	Avenázar.- Maestro Ponce	13.52	13.83	13.9	13.92	13.98		0.28
S-9	Huerta Oliva	32.89	-	-	-	-	Sin acceso desde Noviembre por Vallado del acceso al punto. No se ha podido contactar con el propietario.	0.06
S-10	Arroyo del Mostazar 2	40.76	42.25	42.7	43.26	43.99		
S-11	Embalse de Olvera 2	31.48	32.03	31.97	31.92	31.99		
S-13	Piezómetro Camino 2	120.89	121.08	120.15	119.04	119.86		0.17

Nota: Los piezómetros del Guadalimar se miden todos desde el borde de la tubería piezométrica, excepto S-10 y S-11 (borde del entubado) y S-5 (borde de la caja metálica de protección)

CUADRO N° 3.- DESCENSOS TOTALES Y MEDIOS EN LOS PUNTOS DE CONTROL PIEZOMÉTRICO						
Id	Nombre	Descenso total (m)	n° años	Descenso medio (m/a)	Acuífero captado	Observaciones
21	El Porvenir I	19.30	4.5	4.3	Confinado (paso a libre)	
26	Cabeza Alba	41.54	6.5	6.4	Confinado	
32	Pichilín I (viejo)	41.99	6.5	6.5	Confinado	
34	La Imagen II (Caseta)	76.80	6.5	11.8	Confinado	Probable ND en Nov 2007
40	La Caleruela	19.32	2	9.7	Confinado	
47	El Puntal	45.00	4.5	10.0	Confinado	Media de 5'6 m/a descontado el salto
72	El Huerto	17.60	2.75	6.4	Confinado	
102	Esperanza Lara y otros	18.80	2	9.4	Confinado/sector anómalo	
	Mínimo	17.60		4.3		
	Medio	35.04		8.1		
	Máximo	76.80		11.8		
S-2	Cortijo del Mojino	0.36	2	0.2	Libre margen derecha	
S-4	Los Lobos	4.80	2	2.4	Libre margen derecha	
S-5	Loma del Robledo	11.79	2	5.9	Libre margen derecha	
S-7	Embalse Olvera 1	3.60	2	1.8	Libre margen derecha	
S-11	Embalse de Olvera 2	3.60	2	1.8	Libre margen derecha	
S-13	Piezómetro Camino 2	1.06	2	0.5	Libre margen derecha	
25	Piezómetro Camino	4.12	6.5	0.6	Libre margen derecha/Trías	
	Mínimo	0.36		0.2		
	Medio	4.19		1.9		
	Máximo	11.79		5.9		
38	La Peñuela I	20.37	5	4.1	Libre margen izquierda	
S-3	Las Pulgas	-0.11	2	-0.1	Libre margen izquierda	
S-6	Arroyo del Mostazar 1	10.93	2	5.5	Libre margen izquierda	
S-8	Avenázar.- Maestro Ponce	1.14	2	0.6	Libre margen izquierda	
S-10	Arroyo del Mostazar 2	-0.29	2	-0.1	Libre margen izquierda	
	Mínimo	-0.29		-0.1		
	Medio	6.41		2.0		
	Máximo	20.37		5.5		
S-1	Cruz de Marina	0.29	2	0.1	Trías	
S-9	Huerta Oliva	1.35	2	0.7	Trías	
1	Pozo de Vicente	44.59	6.5	6.9	Villanueva del Arzobispo	Descensos de hasta 13 m/a de 2001 a 2004

FIGURA 3.- ACUÍFERO CARBONATADO DE UBEDA. EVOLUCION PIEZOMETRICA 2001-2008
(Acuífero confinado, libre y sector de Villanueva del Arzobispo)

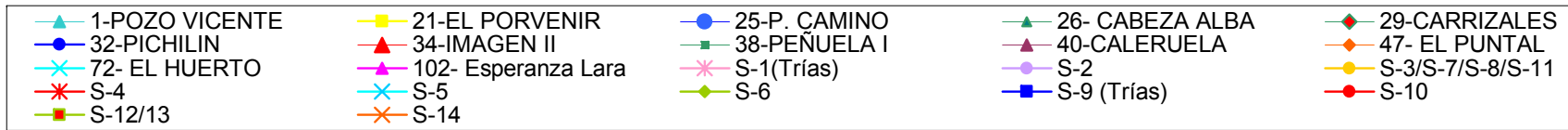
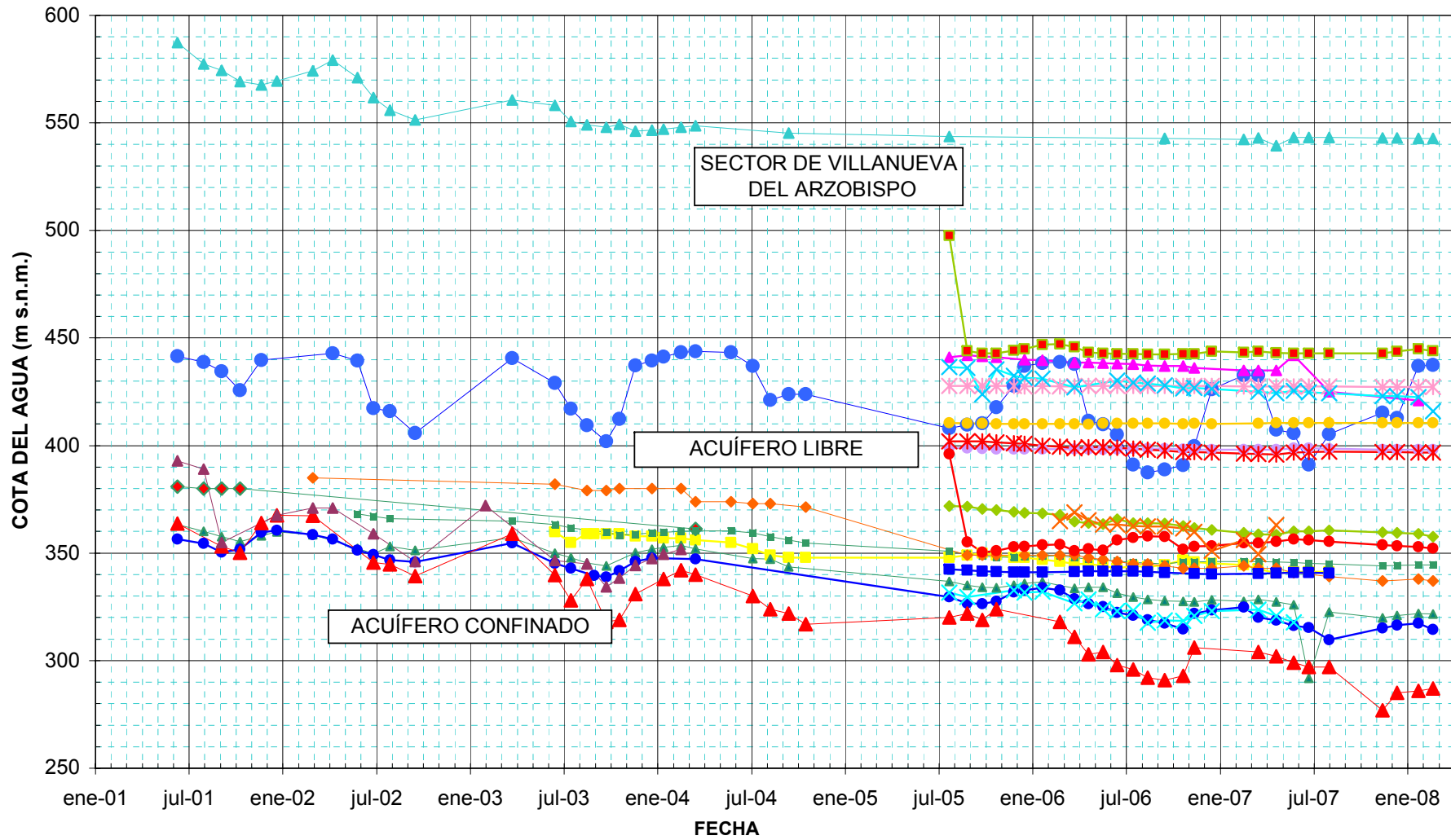


FIGURA 4.- ACUÍFERO CARBONATADO DE UBEDA. EVOLUCIÓN PIEZOMÉTRICA 2001-2008
 (Sondeos más representativos del acuífero confinado)

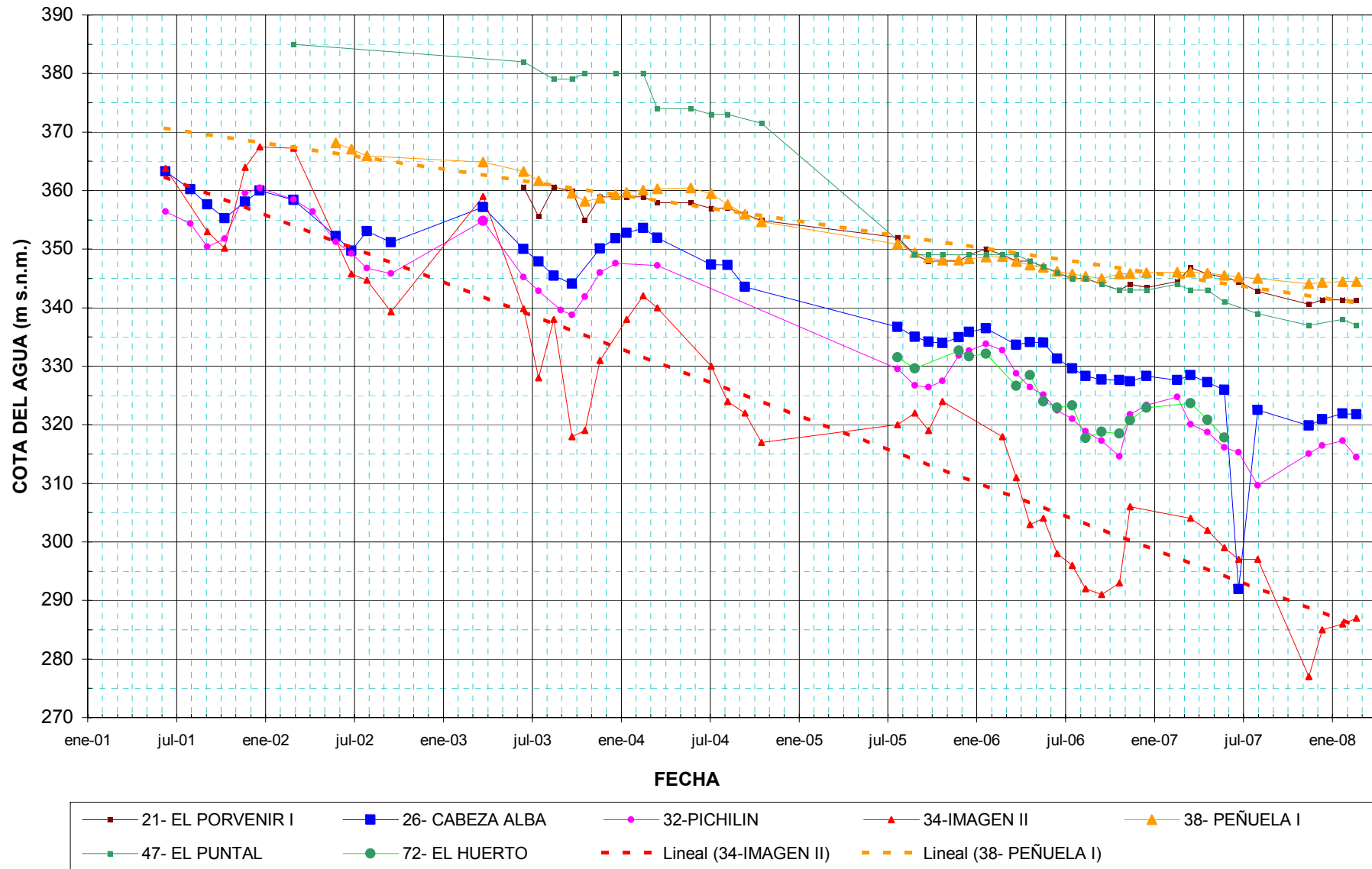


FIGURA 5.- ACUÍFERO CARBONATADO DE UBEDA. EVOLUCIÓN PIEZOMÉTRICA 2005-2008
(Piezómetros del Río Guadalimar. Acuífero libre)

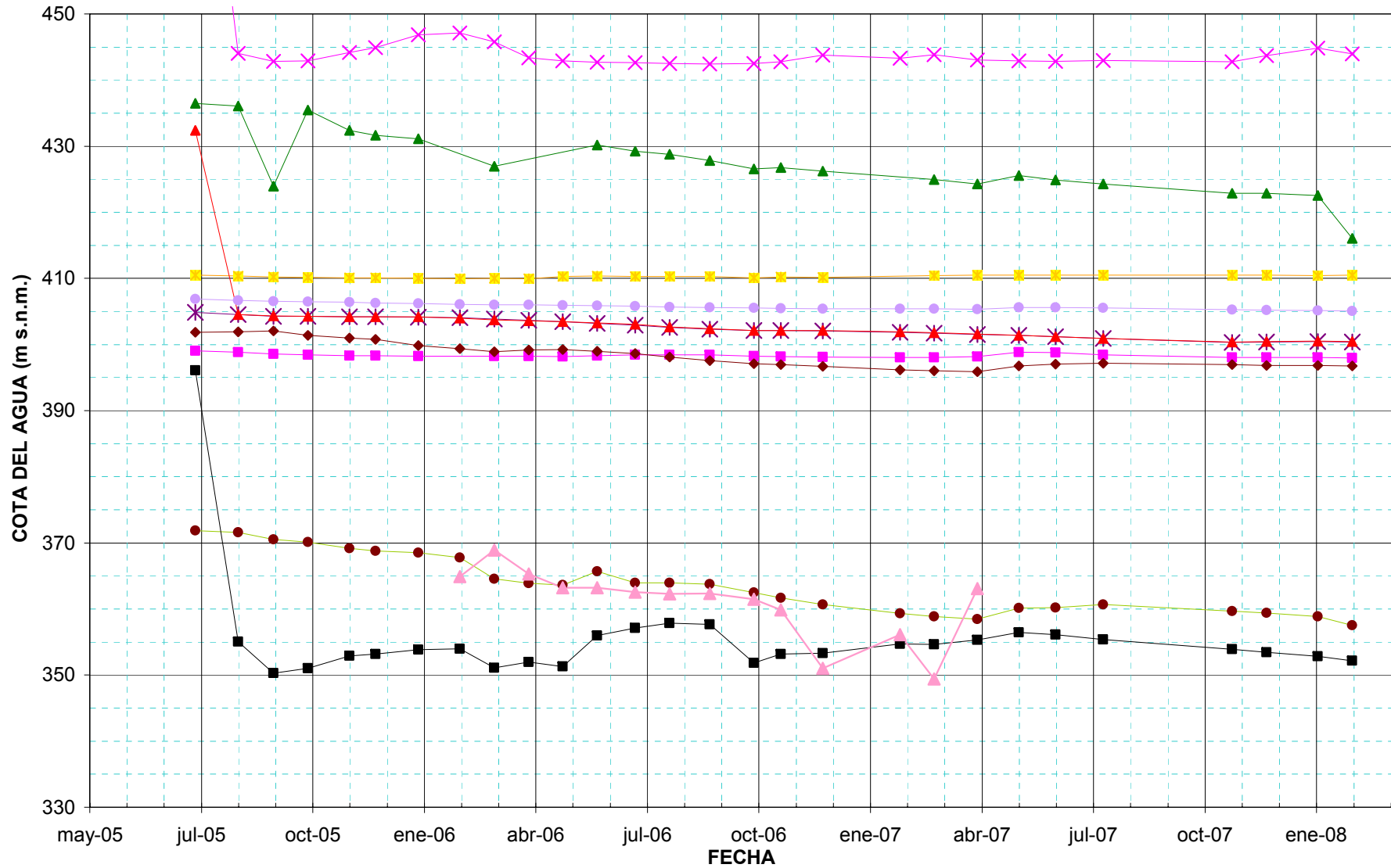


FIGURA 6.- ACUÍFERO CARBONATADO DE UBEDA. EVOLUCIÓN PIEZOMÉTRICA 2001-2008
 (Sondeos más representativos del sector confinado y relación con las lluvias)

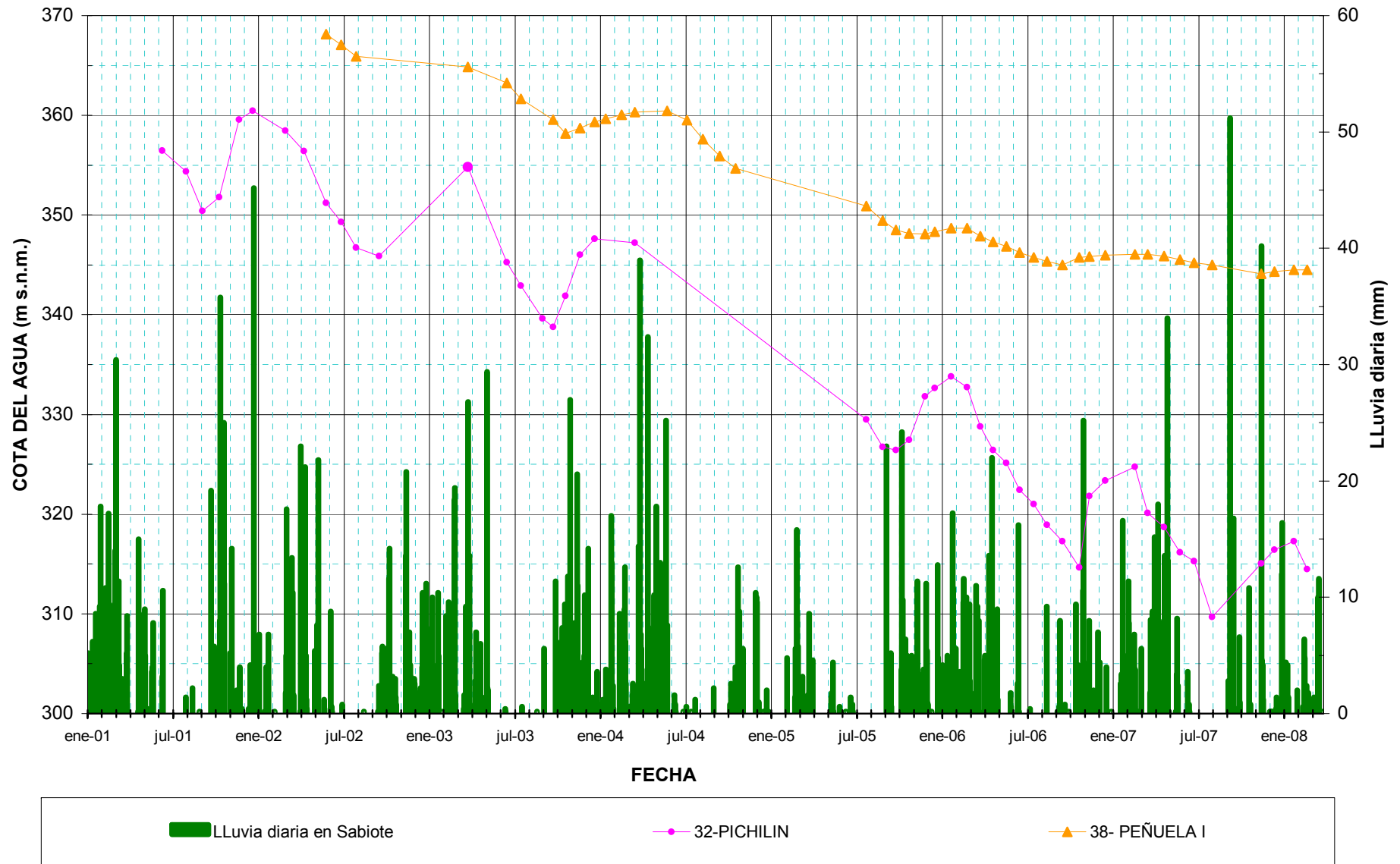


FIGURA 7.- ACUÍFERO CARBONATADO DE UBEDA. EVOLUCIÓN PIEZOMÉTRICA 2005-2008
(Acuífero libre y relación con la lluvia)

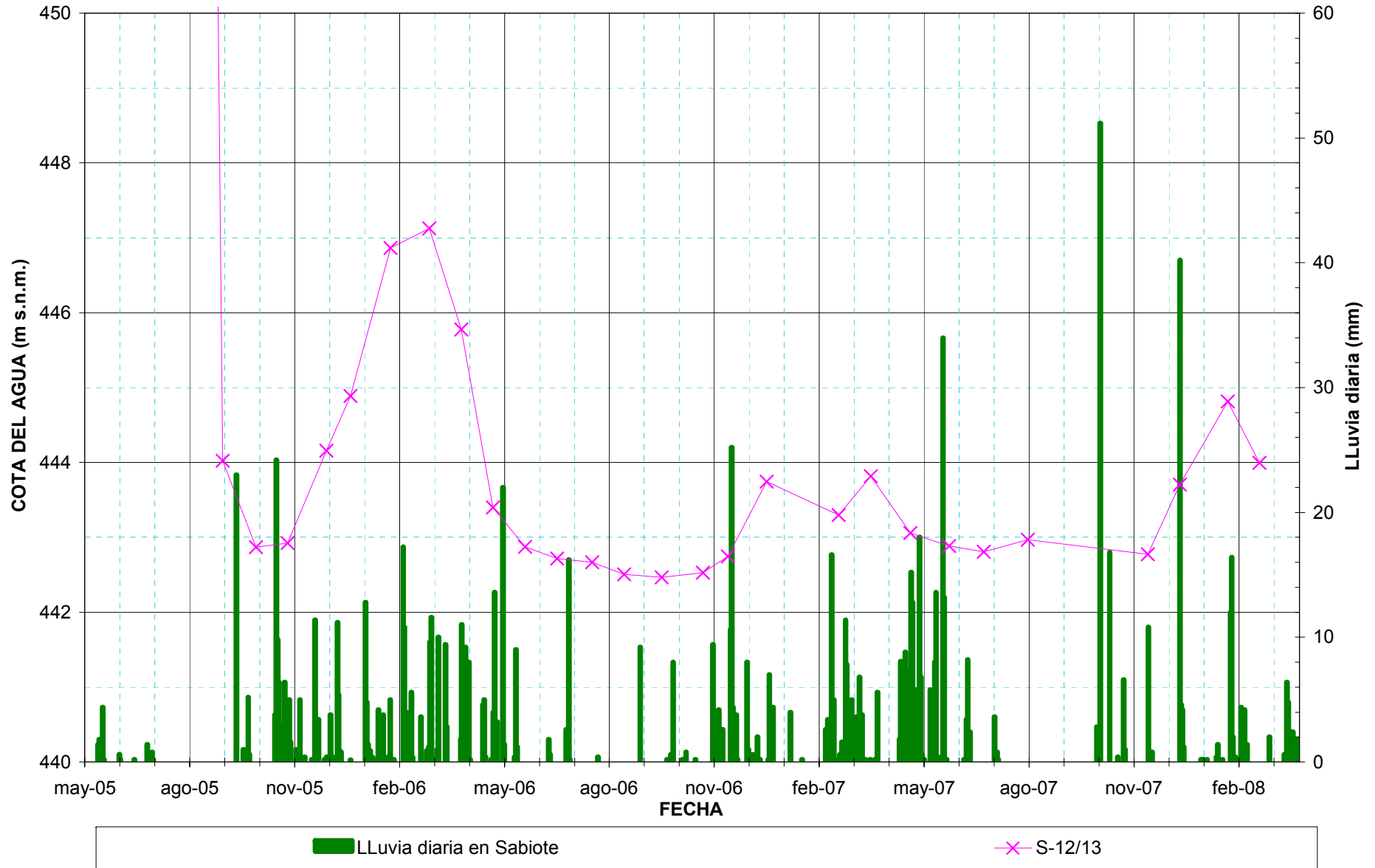
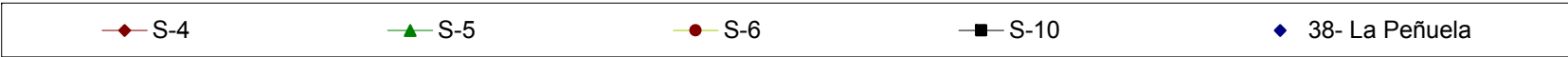
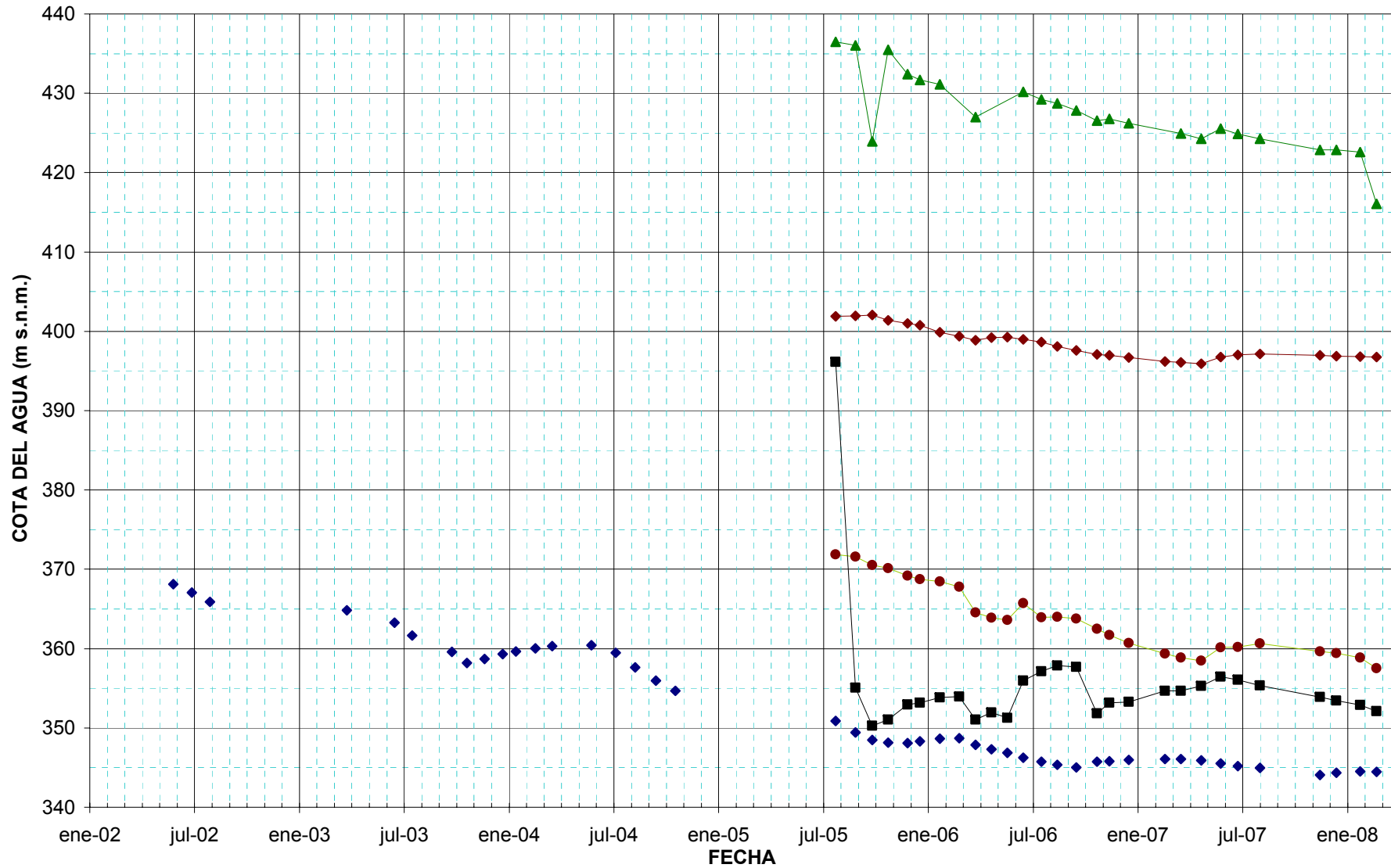


FIGURA 8.- ACUÍFERO CARBONATADO DE UBEDA. EVOLUCIÓN PIEZOMÉTRICA 2005-2008
(Piezómetros del Río Guadalimar de la zona en que el rio es influente)



diferente cota del agua, entre los años 2001 y 2004 llegó a tener descensos de hasta 13 m/a, y desde entonces se encuentra más o menos estabilizado o con ligeros descensos, como consecuencia del sucesivo abandono de explotaciones en ese sector, por agotamiento de los pozos y el traslado de las captaciones a otros sectores o acuíferos próximos (como los sondeos de la C.R. Minerva y otros posibles). El piezómetro 102 (Esperanza Lara), teóricamente incluido en este sector por su posición, muestra una cota del agua anómala (entre 441 y 442 m s.n.m.), intermedia entre las propias de este sector y las del acuífero confinado, cuya explicación es difícil con los datos disponibles si bien ya se indicó que puede tratarse de medidas poco fiables al existir problemas con la tubería de aire y no haberse podido comprobar con sonda en un intento realizado. En cualquier caso convendría continuar las medidas por su posición, al menos hasta encontrar alguno que pueda sustituirlo en mejores condiciones.

Las cotas del acuífero confinado están comprendidas entre 270 y 340 m s.n.m. actualmente, frente a valores comprendidos entre 355 y 395 m s.n.m. al inicio del control en Mayo de 2001, con descensos significativos en todos los puntos, que se incrementan de norte a sur al igual que las oscilaciones interanuales que también son mayores de norte a sur, probablemente al incrementarse el grado de confinamiento del acuífero.

Las cotas piezométricas del acuífero libre se encuentran entre 390 y 440 m s.n.m., sin tener en cuenta los puntos S-6, S-10 y S-14 cuyas cotas de agua tienen un valor intermedio entre los valores del acuífero libre y del confinado (o los del libre en su margen izquierda, como La Peñuela), concretamente comprendidas entre 350-370 m s.n.m. Estos valores que indican una zona de tránsito entre el acuífero libre y confinado, pueden estar afectados por la cercanía del río Guadalimar cuyo lecho en esa zona se encuentra a 389 m s.n.m.

Los valores medidos en el puntos nº 25 (Piezómetro del Camino) deben corresponder a un nivel intermedio entre el acuífero carbonatado y el del Trías infrayacente. En efecto, aunque se desconoce su profundidad (se puede afirmar tan sólo que es superior a 173 m que es la máxima profundidad del agua medida) está claro que atravesó el Trías arenoso, ya que el piezómetro S-13 muy próximo al mismo alcanzó el Trías yesífero a unos 128 m y en los restantes sondeos que han atravesado Trías el paquete superior arcillo-yesífero no suele alcanzar potencias superiores a 40-50 m (S-1 y S-9). Así, en las épocas sin bombeo su nivel se aproxima al del acuífero carbonatado (medido en S-13) y en estiaje baja más de 40 m, sin que se conozca el nivel real del Trías arenoso en la

zona. Su interés para el futuro se considera por tanto muy limitado o nulo, debiendo plantearse quizá su eliminación de la red.

Los dos puntos que captan materiales triásicos (S-1 y S-9) muestran cotas del agua muy dispares (sobre 430 y 340 m s.n.m., respectivamente, con escasas oscilaciones), probablemente condicionadas por las cotas del río en sus inmediaciones y que implican un gradiente hidráulico entre ellos de un 0'5 % aproximadamente en sentido E-W, sin que se pueda saber nada sobre su relación con los niveles jurásicos para un mismo sector, al no existir piezómetros dobles que capten ambos niveles en la vertical.

2).- La figura 4 muestra en detalle la evolución de los puntos correspondientes al sector confinado. Además de la tendencia general descendente, ya comentada, los periodos de bombeo y paradas se reflejan muy bien en los puntos del acuífero confinado, con oscilaciones progresivamente crecientes de norte a sur, desde la zona de acuífero libre de la margen izquierda (donde son inferiores a 5 m) hasta alcanzar hasta 30-40 m/a en el extremo sur (La Imagen) donde se da el máximo grado de confinamiento. Los descensos acumulados en ese sector superan los 75 metros desde que se inició el control en mayo de 2001, con un ritmo medio de unos 12/m/a (cuadro nº 3), que se reduce a unos 4-5 m/a en la zona norte (La Peñuela, El Porvenir y El Puntal) y presenta valores intermedios en la zona central del acuífero confinado (6-7 m/a en Pichilín Cabeza Alba y El Huerto). Esta situación más o menos continua desde que se comenzó el control en 2001, parece indicar un desequilibrio, al menos temporal, en el balance del Acuífero, si bien es cierto que los últimos años han sido extremadamente secos. Es interesante destacar también en el Acuífero Confinado el progresivo aumento del gradiente hidráulico en sentido N-S que se deduce de los datos de piezometría. Así, entre los piezómetros de Peñuela y La Imagen habría evolucionado del 0.02% en 2002 hasta el 0.2% en noviembre de 2005 y para enero de 2008 ha aumentado hasta el 0.44%

Otro aspecto a destacar en esta figura es el salto piezométrico más o menos brusco producido en El Puntal (nº 47) entre Octubre de 2004 y Agosto de 2005 (tras un periodo sin control) que es de unos 20 metros. Tal hecho, salvo que exista un posible error en la profundidad de la bomba anterior a 2004, sólo podría deberse a una disminución o cese de las aportaciones de niveles superiores colgados, ya que dicho sondeo atraviesa zonas productivas del Mioceno sin aislar adecuadamente y, de hecho, en un reconocimiento videográfico realizado en Marzo de 2008 se pudo comprobar la caída de agua colgada por el final del encamisado superior del sondeo en cantidad significativa (probablemente

superior a 5 l/s aunque muy difícil de apreciar) a unos 161 metros, es decir, a unos 240 m sobre el nivel de agua del Jurásico confinado).

3).- En el caso del acuífero libre los periodos de bombeo y paradas apenas se reflejan en los valores de medidas (ver figura 5), menos en el caso del puntos S-13, Piezómetro Camino II, en el que se manifiestan muy ligeramente, teniendo oscilaciones de apenas 5 metros a lo largo del periodo de medida y sin que se aprecie tendencia descendente en principio. Los valores del resto de piezómetros en el acuífero libre presentan mínimas oscilaciones y tendencias poco claras (salvo en algunos de ellos), muy afectados probablemente por la presencia del río Guadalimar y sus relaciones complejas con el acuífero carbonatado. Cabe destacar los valores de los piezómetros del Arroyo del Mostazar (S-6, S-10 y S-14), que serán objeto de análisis independiente al situarse en una zona donde el río es perdedor.

Aunque se han tratado de caracterizar independientemente las tendencias en las dos márgenes del acuífero libre (cuadro nº 3) no se observa un comportamiento diferencial claro, pues en ambos hay puntos sin apenas descenso en los dos años de control (o incluso con ligeros ascensos relativos en la margen izquierda, como en S-3 y S-10) y otros con descensos medios de 2 a 6 m/a (como S-4, S-5, S-7 y S-11 en la margen derecha o La Peñuela y S-6 en la margen izquierda), lo que confirma una vez más la complejidad de las relaciones río-acuífero.

4).- En las figuras 6 y 7 se han representado dos de los puntos más representativos y completos del acuífero confinado (fig. 6) y otro del acuífero libre que es el que mayores oscilaciones interanuales muestra (fig. 7) para tratar de establecer la relación de las oscilaciones piezométricas con las lluvias. Para ello se han utilizado los datos pluviométricos que aparecen en la web de la Junta de Andalucía correspondientes a la estación de Sabiote, que se han completado hasta Julio de 2008 (la serie completa de datos diarios se incluye en el Libro Excel de datos piezométricos, en el cd-rom del Proyecto).

Como se puede observar en ambos casos, aunque existe una aparente correlación entre los periodos lluviosos y los de ascensos piezométricos, es imposible discriminar los ascensos debidos a lluvias y los debidos al cese de bombeos tras cada campaña de riego, ya que el reposo tiene lugar generalmente desde Octubre a Marzo, coincidiendo con las principales lluvias. Incluso en épocas con lluvias más o menos cuantiosas hay

descensos netos, provocados por los bombeos de la campaña de riego: así por ejemplo, entre primeros de Marzo y finales de Octubre de 2006 se producen unas precipitaciones totales de 184 mm, siendo una época netamente descendente en los dos puntos del acuífero confinado (3 y 20 m) y en el acuífero libre (3'5 m). Sin embargo, en el periodo anterior (finales de Octubre de 2005 a primeros de Marzo de 2006) con unas lluvias acumuladas de 207 mm, se observan ascensos netos de 1 a 6 m en el confinado y de 4 metros en el libre. En definitiva, la influencia de los bombeos es más patente que la de las lluvias y difícil de discriminar en detalle para deducir el efecto real de éstas.

5°).- La figura 8 representa, por último, la relación entre las cotas piezométricas de los diferentes puntos de control situados en el entorno de la zona en que el río Guadalimar tiene carácter influente, definida en el informe del IGME antes citado de Diciembre de 2006. Los dos piezómetros de la margen derecha, que descarga al río, muestran las cotas del agua más altas y descensos apreciables en los dos últimos años (S-4 y S-5, con 2'4 y 5'9 m/a de descenso, respectivamente).

El piezómetro S-10 (construido a rotoperCUSión y a mayor diámetro que el resto), tras alcanzar en su construcción un nivel colgado similar en cota al S-4, sufrió un descenso brusco de más de 45 m que lo hace aproximarse al de La Peñuela (sondeo de explotación ubicado en la margen derecha del acuífero libre, aunque próximo al paso de libre a confinado y que marca el nivel regional) y posteriormente sus oscilaciones se relacionan más con el caudal del río que con las lluvias además de presentar un aporte de agua por el interior del entubado de unos 20 l/s en el registro videográfico realizado en su día (IGME 2006).

El sondeo S-6, de menor diámetro, no habría alcanzado el equilibrio entre el nivel superior colgado y el regional, aunque muestra una clara tendencia descendente desde su construcción (11 metros en 2 años) y algunas épocas de leve ascenso que en algún caso presentan una cierta correlación con las de S-10.

Cabe destacar también la aparente estabilización o disminución del ritmo de descensos del piezómetro de la Peñuela desde Septiembre de 2006 hasta finales de Marzo de 2008, que podría deberse a unos mayores aportes desde el río o incluso a través de los propios piezómetros construidos en el entorno del Guadalimar, aunque no puede concluirse nada seguro al respecto.

Lo que sí se confirma es que incluso en la zona de río influente la conexión río-acuífero es compleja y se ve dificultada por la existencia de niveles menos permeables que originan niveles colgados en el seno de las calizas o que quizá en algunos sectores tal conexión se vea dificultada por las arcillas introducidas por el río en los carbonatos en sus primeros 20-30 metros, originando evoluciones y tendencias diferentes en puntos de control próximos según sus características concretas y su posición respecto al río.

5.- RECOMENDACIONES

Además de las propuestas ya citadas a lo largo del texto, como la eliminación del Piezómetro del Camino (nº 25) por su escasa representatividad y las operaciones de mantenimiento de la red construida en el entorno del Guadalimar (ya propuesta con detalle en otro informe anterior), se proponen para su medida en sucesivas campañas dos nuevos puntos del acuífero confinado, localizados durante las campañas de campo del presente proyecto, que tendrían un elevado interés para cubrir la zona suroriental del mismo. El primero de ellos (C.R. Las Pozas) está abandonado y podría medirse con sonda, mientras que el segundo, también particular, habría de ser medido con compresor y está en explotación. Sus datos generales y características se muestran en la siguiente tabla.

nº flash	Nombre	X (UTM)	Y (UTM)	Z (msnm) 1/10000	nº IGME o CHG 2001	Prof (m)	Nivel (m)	Cota del agua (msnm)
FL-183	C.R. Las Pozas	492.313	4216.520	701	213620040	418	320	381.5
FL-69	Pozo Besanas (La Molina)	496.161	4214.487	540	2136/6102	287	224.5	315.47

Granada, 8 de Julio de 2008

Fdo: José Alberto Moreno Martínez. GEO S.C.A.
Colegiado nº 589 del ICOGA



Fdo: Javier Gollonet Fernández de Trespacios
Colegiado nº 20 del ICOGA

Vº Bº (por el IGME)

Fdo. Antonio González Ramón
Director del Proyecto.

ANEXO 1.- ESTADILLOS DE CONTROL DE LOS SENSORES DEL GUADALIMAR

HOJA DE CONTROL DE REGISTRADORES DE NIVEL

PUNTO DE CONTROL: S-2 (213610096)								
DENOMINACION: CORTIJO DEL MOJINO								
IDENTIFICACION DEL PUNTO DE CONTROL: 213610096								
ID Estación.....0213610096					Sensor nº: 208461			
CARACTERISTICAS TECNICAS GENERALES								
Profundidad (m): 67				Referencia: Borde tubería PVC				
Entubado (m): 67 Φ 76 mm				Cota de la referencia: 427.79				
Nivel de agua y oscilaciones: De 29.05 a 29.90 metros (1 año)								
MONTAJE INICIAL								
Fecha: 11/7/2006				Columna de agua sobre el sensor: 15.75 m				
N.Estático (m):29.30(borde caja); 29.58 (borde tub)				Las lecturas se expresan en: metros con dos decimales				
Profundidad del sensor (m): 45.05				Intervalo de lectura: Cada hora				
Rango del Sensor: 0-40 m H ₂ O				Pendiente (slope): -				
Longitud de cable: 45.05				Ordenada en origen (y): -				
OPERACIONES DE CONTROL Y SEGUIMIENTO								
Fecha	Hora	Nivel estático		Cambio/recarga baterías/pilas	Ajuste sensor	Recogida de datos	OBSERVACIONES	
		Sonda / sensor						
11/07/06	16h 15'	29.30	29.30	-	-	SI	NO	Instalación inicial
20/07/06	12h 47'	29.33	-	-	-	-	NO	Sin Vota ni portátil para descargar datos
16/08/06	13h 50'	29.34	-	-	-	-	NO	Sin conexión entre Vota y sensor
19/09/06	10h 27'	29.35	29.36	-	-	NO	SI	Descarga del 10/07/06 al 19/09/06
2/10/06	13h 45'	29.44	29.46	-	-	NO	SI	Descarga del 19/09/06 al 2/10/06
26/10/06	8h 50'	29.58	-	-	-	-	NO	Sin conexión Vota/sensor. Lluvia débil
15/11/06	8h 40'	29.64	29.64	NO	(4.5 V)	NO	SI	Descarga del 1/10/06 al 15/11/06
19/12/06	8h 55'	29.69	29.71	NO	(4.4 V)	NO	SI	Descarga del 14/11/06 al 19/12/06
20/02/07	8h 45'	29.74	29.77	NO	(4.4 V)	NO	SI	Descarga del 19/12/06 al 20/2/07. Lluvia.
21/03/07	9h 50'	29.75	29.79	NO	(4.4 V)	NO	SI	Descarga del 19/2/07 al 21/3/07.
24/04/07	8h 55'	29.63	29.67	NO	(4.3V)	NO	SI	Descarga del 20/3/07 al 24/4/07.
29/05/07	10h 00'	28.97	29.02	NO	(4.3V)	NO	SI	Descarga del 23/4/07 al 29/5/07.

HOJA DE CONTROL DE REGISTRADORES DE NIVEL

PUNTO DE CONTROL: S-3 (213610097)								
DENOMINACION: LAS PULGAS								
IDENTIFICACION DEL PUNTO DE CONTROL: 213610097								
ID Estación.....0213610097					Sensor nº: 208462			
CARACTERISTICAS TECNICAS GENERALES								
Profundidad (m): 93				Referencia: Borde tubería PVC a -12.0 cm bajo arqueta metálica				
Entubado (m): 67 Φ 76 mm				Cota de la referencia: 476.55				
Nivel de agua y oscilaciones: De 66 a 67 metros (1 año)								
MONTAJE INICIAL								
Fecha: 30/6/2006				Columna de agua sobre el sensor: 19.02 metros				
N.Estático (m):66.13(borde caja); 66.24 (borde tub)				Las lecturas se expresan en: metros con dos decimales				
Profundidad del sensor (m): 85.15				Intervalo de lectura: Cada hora				
Rango del Sensor: 0-40 m H ₂ O				Pendiente (slope): -				
Longitud de cable: 85.15				Ordenada en origen (y): -				
OPERACIONES DE CONTROL Y SEGUIMIENTO								
Fecha	Hora	Nivel estático		Cambio/recarga baterías/pilas	Ajuste sensor	Recogida de datos	OBSERVACIONES	
		Sonda / sensor						
30/06/06	14 h 15'	66.13	66.13	NO	-	SI	NO	Instalación inicial
11/07/06	13h 45'	-	66.70	-	-	NO	SI	Revisión, descarga de datos.
20/07/06	13h 16'	66.23	-	-	-	-	NO	Sin Vota ni portátil para descargar datos
16/08/06	17h 25'	66.26	-	-	-	-	NO	Sin conexión entre Vota y sensor
18/09/06	16h 30'	66.27	66.27	-	-	NO	SI	Descarga del 10/07/06 al 18/09/06. Se intenta la descarga desde el PC, pero no es posible.
2/10/06	13h 00'	66.43	66.52	-	-	NO	SI	Descarga del 17/09/06 al 2/10/06
25/10/06	12h 25'	66.43	66.43	-	-	NO	SI	Descarga del 30/06/06 al 25/10/06
15/11/06	15h 40'	66.35	66.36	SI	(4.3 V)	NO	SI	Descarga del 24/10/06 al 15/11/06. Se cambian las pilas por problemas con la conexión.
19/12/06	12h 50'	66.41	66.42	NO	(4.5 V)	NO	SI	Descarga del 14/11/06 al 19/12/06. El Vota no conecta a la primera.

HOJA DE CONTROL DE REGISTRADORES DE NIVEL

PUNTO DE CONTROL: S-7 (203640061)								
DENOMINACION: CENTRAL OLVERA I								
IDENTIFICACION DEL PUNTO DE CONTROL: 203640061								
ID Estación.....0203640061					Sensor nº: 208463			
CARACTERISTICAS TECNICAS GENERALES								
Profundidad (m): 118				Referencia: Borde tubería PVC a -8.0 cm bajo arqueta metálica				
Entubado (m): 118 Φ = 76 mm				Cota de la referencia: 433.71				
Nivel de agua y oscilaciones: De 28.94 a 30.57 metros (1 año)								
MONTAJE INICIAL								
Fecha: 30/6/2006				Columna de agua sobre el sensor: 34.58 metros				
N.Estático (m):30.67(borde caja); 30.57 (borde tub)				Las lecturas se expresan en: metros con dos decimales				
Profundidad del sensor (m): 65.15				Intervalo de lectura: Cada hora				
Rango del Sensor: 0-40 m H ₂ O				Pendiente (slope): -				
Longitud de cable: 65.15				Ordenada en origen (y): -				
OPERACIONES DE CONTROL Y SEGUIMIENTO								
Fecha	Hora	Nivel estático		Cambio/recarga baterías/pilas	Ajuste sensor	Recogida de datos	OBSERVACIONES	
		Sonda / sensor						
30/06/06	-	30.57	30.57	NO	-	SI	NO	Instalación inicial
20/07/06	12h 00'	30.78	-	-	-	-	NO	Sin Vota ni portátil para descargar datos
16/08/06	11h 55'	31.09	-	-	-	-	NO	Sin conexión entre Vota y sensor
19/09/06	13h 07'	31.36	32.01	NO	-	NO	SI	Descarga del 29/06/06 al 19/09/06.
2/10/06	11h 20'	31.51	32.17	NO	-	SI	SI	Descarga del 18/09/06 al 2/10/06. Se separa junta tórica del cuerpo.
25/10/06	19h 08'	31.59	31.60	NO	-	NO	SI	Descarga del 30/06/06 al 25/10/06
15/11/06	10h 30'	31.62	31.63	NO	(4.4 V)	NO	SI	Descarga del 24/10/06 al 15/11/06.
19/12/06	10h 50'	31.63	31.65	NO	(4.3 V)	NO	SI	Descarga del 14/11/06 al 19/12/06. El Vota no conecta a la primera.
20/02/07	9h 45'	31.87	31.90	NO	(4.3 V)	NO	SI	Descarga del 19/12/06 al 20/02/07. Lluvia persistente.
20/03/07	13h 25'	31.97	32.01	NO	(4.3 V)	NO	SI	Descarga del 19/2/06 al 20/3/07.
24/04/07	10h 45'	32.20	32.25	NO	(4.3V)	NO	SI	Descarga del 19/3/07 al 24/4/07.

HOJA DE CONTROL DE REGISTRADORES DE NIVEL

PUNTO DE CONTROL: S-8 (203640062)								
DENOMINACION: AVENAZAR (MAESTRO PONCE)								
IDENTIFICACION DEL PUNTO DE CONTROL: 203640062								
ID Estación.....0203640062					Sensor nº: 208464			
CARACTERISTICAS TECNICAS GENERALES								
Profundidad (m): 94				Referencia: Borde tubería PVC a -28.0 cm bajo arqueta metálica				
Entubado (m): 94 Φ = 76 mm				Cota de la referencia: 419.07				
Nivel de agua y oscilaciones: De 12.5 a 13.50 metros (1 año)								
MONTAJE INICIAL								
Fecha: 31/7/2006				Columna de agua sobre el sensor: 31.845 metros				
N.Estático (m):13.23(borde caja); 13.51 (borde tub)				Las lecturas se expresan en: metros con dos decimales				
Profundidad del sensor (m): 45.075				Intervalo de lectura: Cada hora				
Rango del Sensor: 0-40 m H ₂ O				Pendiente (slope): -				
Longitud de cable: 45.075				Ordenada en origen (y): -				
OPERACIONES DE CONTROL Y SEGUIMIENTO								
Fecha	Hora	Nivel estático		Cambio/recarga baterías/pilas	Ajuste sensor	Recogida de datos	OBSERVACIONES	
		Sonda / sensor						
11/07/06	12h 50'	13.23	13.23	NO	-	SI	NO	Instalación inicial
20/07/06	11h 47'	13.29	-	-	-	-	NO	Sin Vota ni portátil para descargar datos
16/08/06	11h 20'	13.38	-	-	-	-	NO	Sin conexión entre Vota y sensor
18/09/06	18h 15'	13.45	13.99	NO	-	NO	SI	Descarga del 10/07/06 al 1/8/09/06.
2/10/06	12h 10'	13.51	13.83	NO	-	SI	SI	Descarga del 17/09/06 al 2/10/06. Se separa junta tórica del cuerpo. Ajuste después de la descarga.
25/10/06	11h 15'	13.57	13.57	NO	-	NO	SI	Descarga del 11/07/06 al 25/10/06. Problemas con la conexión.
15/11/06	11h 20'	13.61	13.62	NO	(4.4 V)	NO	SI	Descarga del 24/10/06 al 15/11/06.
19/12/06	11h 40'	13.65	13.67	NO	(4.4 V)	NO	SI	Descarga del 14/11/06 al 19/12/06.
20/02/07	10h 08'	13.69	13.72	NO	(4.4 V)	NO	SI	Descarga del 19/12/06 al 20/02/07. Lluvia persistente.
20/03/07	13h 44'	13.69	13.73	NO	(4.4 V)	NO	SI	Descarga del 19/2/06 al 20/3/07.

