

EXPERIENCIA EN INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL EN EL ACUÍFERO DE DOÑANA

Mariano PALANCAR SÁNCHEZ*

(*) Confederación Hidrográfica del Guadalquivir.

RESUMEN

En el presente trabajo, se describen los equipos de medida en continuo, instalados en el interior del Parque Nacional de Doñana y su entorno, para el control de niveles piezométricos y altura de lámina de agua, respectivamente, en las redes de control piezométrico y foronómico de la Unidad Hidrogeológica 05.51 (Almonte-Marismas).

La instalación de estos equipos tiene también interés para las captaciones y acuíferos utilizados para abastecimiento urbano, dado el control piezométrico continuado y riguroso que exige este uso prioritario.

INTRODUCCIÓN

La Unidad Hidrogeológica 05.51 (Almonte-Marismas), con una superficie superior a los 2.000 kilómetros cuadrados, se encuentra situada en el extremo suroccidental de Andalucía, junto a la desembocadura del Guadalquivir, en su margen derecha, y a caballo entre las provincias de Huelva y Sevilla.

En el cuadrante suroriental de esta Unidad, se sitúa el Parque Nacional de Doñana, que constituye una de las zonas húmedas ribereñas de mayor importancia ecológica, científica y cultural, tanto de España como de Europa, en cuya conservación el agua juega un papel de primordial importancia.

El control de la evolución de niveles piezométricos en la Unidad Hidrogeológica Almonte-Marismas comienza a realizarse, de manera sistemática, en 1968, aunque, desde 1966 en que se inicia el Proyecto Guadalquivir, existen medidas de nivel con carácter esporádico en numerosos puntos de la zona.

El primer organismo que desarrolla un programa de control piezométrico en la Unidad es el IGME (actualmente Instituto Tecnológico Geominero de España, ITGE), que comienza a tomar medidas con cierta periodicidad en 1968. En 1975, el Instituto Andaluz de Desarrollo Agrario (IARA) comienza el control sistemático de una serie de sondeos, realizados durante el Plan de Transformación Agraria Almonte-Marismas (PTAAM).

A partir de 1991, la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir (CHG) se incorpora al control de niveles piezométricos y, de manera simultánea, inicia la construcción, con cargo a un convenio con el Servicio Geológico de Obras Públicas (SGOP), de una serie de baterías de piezómetros múltiples, que permitan el control por separado de los principales niveles permeables diferenciados en el acuífero, en zonas de especial relevancia ecológica (zona costera de Matalascañas, ecotono de La Rocina y ecotono de La Vera). Con cargo al mencionado convenio, se construyen, entre 1991 y 1995, un total de 100 piezómetros.

Durante todo este periodo, las diferentes redes se controlan de manera manual, mediante medidas de periodicidad variable, con sonda eléctrica. Este sistema de control, además de conllevar elevados costes de operación, plantea una serie de problemas, que condicionaban en gran medida la representatividad de los registros obtenidos.

Por una parte, al llevarse a cabo las medidas con intervalos de tiempo generalmente prolongados, se carecía de información sobre la respuesta de los niveles a corto plazo, por efecto de fenómenos naturales como la precipitación, la evapotranspiración o las mareas (zonas costeras) y, por otra parte, se carecía de cualquier tipo de información sobre la evolución piezométrica en zonas de difícil accesibilidad durante parte del año.

Para solventar estos problemas, y dada la importancia del conocimiento de la evolución hidrodinámica de la Unidad, de cara a evaluar los posibles impactos de las explotaciones de agua subterránea en la zona sobre los ecosistemas del Parque, la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir puso en marcha, a finales de 1992, el proyecto denominado "Diseño y ejecución de sondeos de una red de control piezométrico en la Unidad Hidrogeológica 05.51 (Almonte-Marismas), en el entorno del P.N. de Doñana", cuyo objetivo era dotar a la Unidad de los dispositivos de observación necesarios para el seguimiento de los niveles piezométricos.

Dentro del marco de este proyecto se han realizado 60 piezómetros de control, agrupados en 24 emplazamientos; con cargo a la tercera fase del mismo, se procedió, en 1996, a la instrumentación parcial de la red, instalándose 39 equipos de medida en continuo en sondeos piezométricos, en áreas especialmente sensibles, desde el punto de vista ambiental, o de difícil accesibilidad. En la *figura 1* puede verse la distribución de los puntos que integran la actual red de control de la CHG, y en la *tabla 1* la relación de los automatizados.



Figura 1. Redes de control fononómico y piezométrico de la Unidad Hidrogeológica 05.51 (Almonte-Marismas).

Paralelamente, con el fin de evaluar las aportaciones superficiales al Parque Nacional de Doñana, la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir llevó a cabo el diseño y construcción de estaciones de aforo, en todos y cada uno de los arroyos incidentes en el Parque.

Tres de estas estaciones (Soto Chico, Soto Grande y arroyo La Rocina) cuentan también con equipos automáticos de medida en continuo de la variación de altura

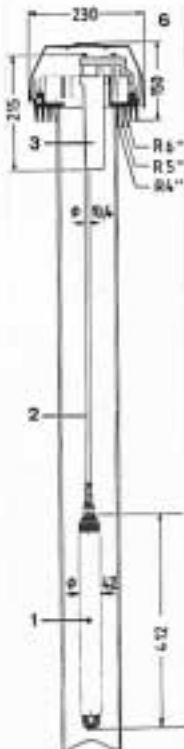
DENOMINACIÓN	PROFUND. (metros entubados)	PROFUNDIDAD NIVEL		OSCILACIÓN NIVEL(m.)	EQUIPO		FECHA INSTALACIÓN	PERIODO INTERROGACIÓN
		MÁXIMA (m.)	MÍNIMA (m.)		RANGO	PROFUND. SENSOR		
El Pescante	144	9.60	4.58	5.02	0-2.5b	25m	4-11-96	6h
Casa Bombas	182	8.50	4.45	4.05	0-2.5b.	25m.	4-11-96	6h.
L. de la Anquila	64	9.21	8.35	0.86	0-2.5b.	15m.	6-11-96	6h.
Portachuelo	64	11.98	4.78	7.20	0-2.5b.	25m.	4-11-96	6h.
Los Caracoles	50	2.10	1.00	1.10	0-2.5b.	25m.	4-11-96	6h.
Los Caracoles	155	5.05	1.64	3.41	0-2.5b	25m.	4-11-96	6h.
Pichiricha	112	5.12	2.05	3.07	0-2.5b.	25m.	4-11-96	6h.
Pichiricha	17	3.86	1.32	2.54	0-2.5b	13m.	4-11-96	6h.
El Raposo	92	6.78	3.78	3.00	0-2.5b.	25m.	4-11-96	6h.
Casa Moguea	80	4.67	2.29	2.38	0-2.5b.	20m.	5-11-96	6h.
Los Mimbrales	90	17.75	5.28	12.47	0-2.5b.	25m.	31-07-96	6h.
Los Mimbrales	16	5.22	0.47	4.75	0-2.5b.	15m.	31-07-96	6h.
El Alamillo	13	4.29	1.81	2.48	0-1b.	10m.	5-11-96	6h.
El Alamillo	118	19.27	8.49	10.78	0-2.5b.	25m.	31-07-96	6h.
Merco	24	19.63	19.10	0.53	0-2.5b.	22.5m.	31-07-96	6h.
Sector II-10	44	18.12	15.90	2.22	0-2.5b.	25m.	31-07-96	6h.
El Abalarío	94	12.12	8.98	3.14	0-2.5b.	25m.	6-11-96	6h.
El Abalarío	24	5.19	2.01	3.18	0-2.5b.	15m.	6-11-96	6h.
Dep. El Rocío	65	5.52	0.00	5.52	0-2.5b.	15m.	31-07-96	6h.
Dep. El Rocío	18	3.97	1.09	2.88	0-1b.	15m.	31-07-96	6h.
Guardia Civil	138	20.01	15.22	4.79	0-4b.	50m.	31-07-96	6h.
Guardia Civil	25	18.58	5.04	13.54.	0-2.5b.	20m.	5-11-96	6h.
Palacio Doñana	164	2.10	0.00	2.10	0-1b.	10m.	5-11-96	6h.
Partido Resina	75	14.35	8.12	6.23	0-2.5b.	25m.	4-11-96	6h.
Partido Resina	47	12.18	9.08	3.10	0-2.5b.	25m.	4-11-96	6h.
Carretera Norte	44	12.90	9.36	3.54	0-2.5b.	25m.	11-06-96	1h.
Carretera Norte	160	22.79	8.60	14.19	0-4b.	40m.	11-06-96	1h.
La Rocina	101	10.08	0.00	10.08	0-2.5b.	25m.	11-06-96	6h.
La Rocina	10	2.78	0.88	1.9	0-1b.	2.50m.	11-06-96	6h.
Hato Villa	15	3.00	0.50	2.50	0-1b.	8m.	11-06-96	6h.
Hato Villa	63	5.96	0.00	5.96	0-2.5b.	22m.	11-06-96	6h.
Don Ignacio	61	4.30	1.80	2.50	0-2.5b.	25m.	11-06-96	6h.
Don Ignacio	13	2.60	0.35	2.25	0-1b.	10m-	11-06-96	6h.
Pequeña Holanda	25	3.95	1.20	2.75	0-2.5b.	15m.	11-06-96	6h.
Pequeña Holanda	81	20.48	12.92	7.56	0-2.5b.	25m.	11-06-96	6h.
Sacristán	22.70	1.65	0.18	1.47	0-1b.	10m.	12-06-96	6h.
La Plancha	24	2.28	1.23	1.05	0-1b.	10m.	12-06-96	1h.
Cerro del Trigo	24	16.52	6.93	9.59	0-2.5b.	15m.	12-06-96	6h.
Canal Mimbrales	20	3.60	0.90	2.70	0-2.5b.	6.5m.	11-06-96	6h.

Tabla 1. Relación de emplazamientos y equipos automáticos instalados.

UNIDAD DE DATA LOGGER CON SENSOR DE PRESION



ELEMENTOS QUE COMPONEN EL EQUIPO



LEYENDA

1. SENSOR DE PRESION
2. CABLE DE CONEXIÓN DEL DATA LOGGER CON EL SENSOR
3. DATA LOGGER
4. PINZA DE SUJECCIÓN DE DATA LOGGER A CABEZAL DE PIEZÓMETRO
5. PINZA SUJECCIÓN CABLEADO
6. TAPA DE SEGURIDAD

ESQUEMA DE INSTALACION DEL EQUIPO EN SONDEO

Figura 2. Elementos del equipo automático de medida del nivel piezométrico.

de la lámina de agua.

CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS

Los equipos instalados son compactos, de reducido peso y dimensiones, que permiten su instalación dentro de los sondeos. Constan de los siguientes elementos (*figura 2*).

Dispositivo registrador-almacenador

El dispositivo registrador-almacenador, o *data logger*, consiste en una caja cilíndrica de epoxy, en cuyo interior lleva alojadas dos pilas secas de litio, que permiten una autonomía de 12.500 medidas (a 25°C), es decir, unos 18 meses de funcionamiento continuo con un periodo de interrogación de 1 medida por hora. A su vez, dispone de otra pequeña pila de litio interna, para asegurar la protección de la memoria durante al menos 10 años.

La parte superior de esta caja cilíndrica, queda unida a la boca del sondeo mediante una varilla roscada de acero, mientras que de su base parte el cable de unión con el sensor de presión (piezo-resistivo); a dicho cable se le coloca una pinza de anclaje, para que esta conexión no sufra el efecto de todo el peso del cable junto con el sensor y el lastre. El lastre va unido, como parte integrante del sensor, mediante rosca, siendo su finalidad que el cable quede tenso en todo momento.

Las condiciones de funcionamiento de estos equipos, pueden ser altamente variables:

- Temperaturas de trabajo: -25°C a 70°C.
- Humedad admisible: 0 a 100%.

Unidad portátil de succión de datos y software

Este sistema autónomo de toma de datos permite controlar completamente el funcionamiento del *data logger*:

- Inicialización de la central: permite transmitirle al dispositivo registrador-almacenador cuándo deberá comenzar a medir y con qué frecuencia de interrogación.
- Calibración de los sensores: permite efectuar este calibrado de forma simplificada, ya que cada sensor trae una pendiente propia y específica de fábrica, para tal fin.
- Test de funcionamiento: permite ver el estado de todas las funciones internas de la central.
- Lectura y transferencia de las medidas: permite releer y transferir a la tarjeta

de memoria o a un PC todas las medidas efectuadas.

- Control de las pilas: permite controlar el estado de las baterías del dispositivo registrador-almacenador y de la unidad portátil de succión de datos.
- Selección de la rapidez de transmisión de la conexión (de 300 a 19.200 baudios).

La unidad posee una pantalla alfanumérica STN de 4 líneas y 16 caracteres; consta, además, de 12 teclas numéricas y 4 de función. El sistema de alimentación lo constituyen 4 pilas de 1,5V, tipo R6, que le confieren una autonomía de 24 horas. La conexión entre el dispositivo registrador-almacenador y la unidad de succión de datos se efectúa a través de una conexión RS232. Los datos son transferidos a una tarjeta de memoria RAM de 512 kbytes.

El *software* para la manipulación y tratamiento de las medidas consiste en una aplicación informática que permite configurar las centrales registradoras-almacenadoras, probar su buen funcionamiento en tiempo real, importar las medidas almacenadas y representar gráficamente la evolución de éstas en función del tiempo.

Los equipos instalados, en las estaciones de aforo de Soto Chico, Soto Grande

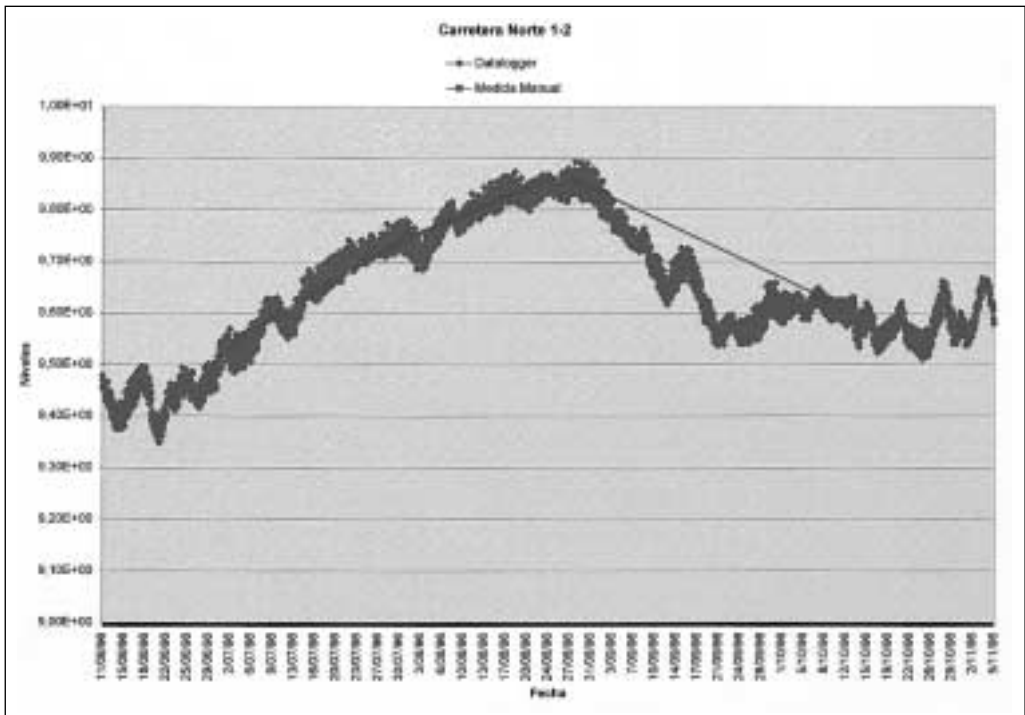


Figura 3. Comparación de registros de la evolución piezométrica obtenidos automática o manualmente.

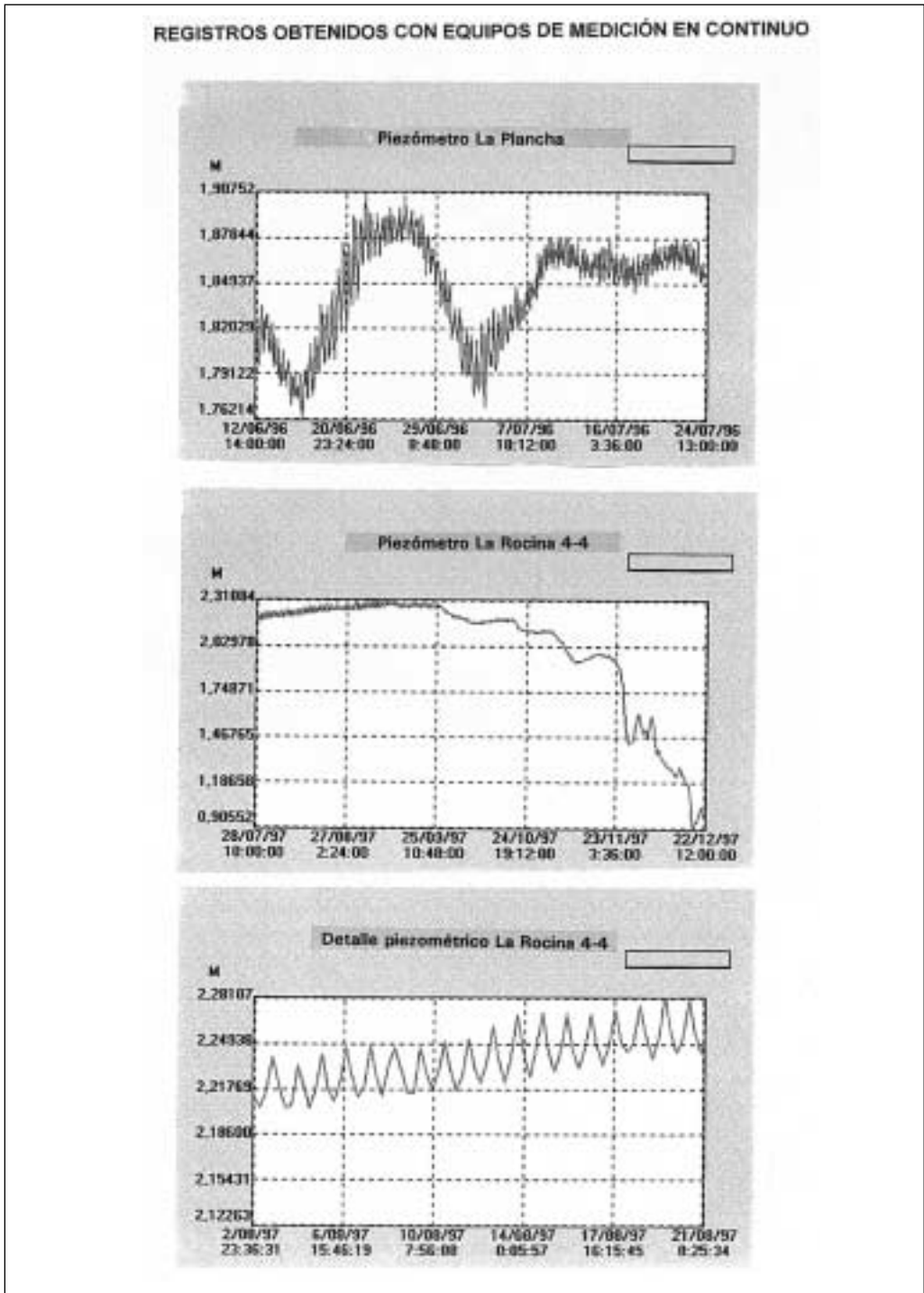


Figura 4. Registros piezométricos continuos en los piezómetros de La Plancha y La Rocina.

y arroyo de La Rocina, se componen de flotador conectado a un potenciómetro y *data logger*. El equipo instalado en la estación de La Rocina cuenta, además, con un limnógrafo convencional de registro gráfico, conectado al potenciómetro. Al *data logger* instalado en Soto Chico se encuentra conectado, además, un flotador y potenciómetro, que registra las variaciones de altura de la lámina de agua en el arroyo, y un sensor de presión para el control piezométrico de un sondeo ubicado junto al mismo.

VALORACIÓN DE LOS RESULTADOS PROVISIONALES

A pesar del corto periodo de registros de que se dispone, ya que la mayor parte de los equipos fueron instalados a partir de julio de 1996, los datos obtenidos, mediante los equipos de seguimiento en continuo, ponen de manifiesto el interés de este tipo de control en zonas concretas del acuífero.

Así, mediante un control en continuo no solamente pueden analizarse, con un elevado grado de detalle, las variaciones de nivel registradas en periodos más o menos dilatados de tiempo (en la *figura 3* se puede apreciar la diferencia entre la evolución obtenida mediante registros continuos y mediante seguimiento manual), sino que, además, se pueden detectar y cuantificar las variaciones registradas en periodos de tiempo reducido, en algunos casos de escasa magnitud, provocados por fenómenos naturales, como el efecto de las mareas (piezómetros situados en la zona costera de Matalascañas, La Plancha, etc), o el efecto de la evapotranspiración en áreas de intensa vegetación (piezómetros situados junto al arroyo de La Rocina) (*figura 4*).

Por tanto, la calidad y representatividad de los datos obtenidos mediante equipos automáticos de medida en continuo, hace más que justificable su utilización para control de la evolución piezométrica en aquellas zonas en que, bien por causas naturales o por efecto antrópico, se producen variaciones frecuentes a lo largo de periodos más o menos cortos de tiempo.

Asimismo, la gran autonomía y elevada capacidad de almacenamiento de datos, son factores que hacen especialmente interesante el uso de este tipo de equipos en zonas no accesibles durante alguna época del año.

La experiencia obtenida en la red de medida en continuo implantada en Doñana, pone de manifiesto aspectos a tener en cuenta a la hora de planificar la instalación y uso de equipos de este tipo:

- Dada las condiciones de trabajo de estos equipos, es necesario que sean lo más simples y robustos posible, y que dispongan de mecanismos de protección, que eviten el efecto de las sobrecargas producidas por tormentas eléctricas.