

Proyecto SUDOE-AQUIFER - E 1.2.2 Informe final y bases de datos de la red de monitoreo de aguas subterráneas

Fecha: 21/04/2023

El presente estudio has sido realizado en el marco del proyecto Interreg-Sudoe AQUIFER, liderado por el CN IGME-CSIC (Instituto Geológico y Minero de España), con la participación de los socios CUADLL (Comunitat d'usuaris d'aigua de la vall baixa i delta del Llobregat), CWP (Catalan Water Partnership), CRCC (Comunidad de Regantes del Campo de Cartagena), BRGM (Bureau de Recherches Géologiques et Minières), Aqua-Valley, ISA-LEAF (Instituto Superior de Agronomía de la Universidad de Lisboa), AR (Águas do Ribatejo), y PPA (Associação Parceria Portuguesa para a Água).

Este documento ha sido desarrollado bajo la dirección de Pablo del Amor Saavedra, Director TIC de la Comunidad de Regantes del Campo de Cartagena (CRCC), en el marco de un contrato establecido entre el IGME y la CRCC

Síntesis

El proyecto Interreg Sudoe AQUIFER titulado "Herramientas innovadoras para la integración de las aguas subterráneas en un contexto de creciente escasez de recursos hídricos", es un proyecto financiado por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) en el marco del programa Interreg SUDOE V (2014-2020). Su principal objetivo es capitalizar, probar, difundir y transferir prácticas innovadoras para la preservación, el seguimiento y la gestión integrada de los acuíferos que sean útiles a la hora de tomar decisiones sobre la gestión de los recursos hídricos subterráneos. Para lograr este objetivo, el proyecto se divide en 4 grupos de tareas específicas, en concreto, el presente documento responde al entregable de la actividad denominada "Análisis coste/beneficio en términos socioeconómicos y ambientales de las soluciones implementadas".

ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN Y ALCANCES	1
2.	Trabajos de Instalación.....	2
2.1.	Trabajos previos	2
2.2.	Instalación de las sondas.....	5
3.	Primera campaña de seguimiento de la monitorización.....	6
3.1.	Descripción de la campaña.....	6
3.2.	Resultados de la campaña.....	6
3.2.1.	Medidas puntuales.....	8
3.2.2.	Comparativa de resultados	10
3.2.3.	Conclusiones	18

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de pozos pre-seleccionados y seleccionados para la instalación de sondas.....	3
Figura 2. Sonda OTT ecoLog800. Fuente: ott.com	4
Figura 3. Estado de las instalaciones (06/09/2022).....	7
Figura 4. Evolución piezométrica del pozo Venta del Pino, pluviometría a lo largo del periodo de monitorización y medidas puntual desde el punto de referencia	10
Figura 5. Evolución de la conductividad eléctrica (CE) y la temperatura (T ^o) en el pozo Venta del Pino a lo largo del periodo de monitorización y medidas puntual de ambas variables con el CTD-Diver.	10
Figura 6. Evolución piezométrica del pozo Molino Perea, pluviometría a lo largo del periodo de monitorización y medidas puntual desde el punto de referencia	11
Figura 7. Evolución de la conductividad eléctrica (CE) y la temperatura (T ^o) en el pozo Molino Perea a lo largo del periodo de monitorización y medidas puntual de ambas variables con el CTD-Diver.....	12
Figura 8. Evolución piezométrica del pozo Pedreño, pluviometría a lo largo del periodo de monitorización y medidas puntual desde el punto de referencia.	13
Figura 9. Evolución de la conductividad eléctrica (CE) y la temperatura (T ^o) en el pozo Pedreño a lo largo del periodo de monitorización y medidas puntual de ambas variables con el CTD-Diver.....	13
Figura 10. Evolución piezométrica del pozo Inglés, pluviometría a lo largo del periodo de monitorización y medidas puntual desde el punto de referencia.	14
Figura 11. Evolución de la conductividad eléctrica (CE) y la temperatura (T ^o) en el pozo Inglés a lo largo del periodo de monitorización y medidas puntual de ambas variables con el CTD-Diver.....	15
Figura 12. Evolución piezométrica del pozo Alonso, pluviometría a lo largo del periodo de monitorización y medidas puntual desde el punto de referencia.	16
Figura 13. Evolución de la conductividad eléctrica (CE) y la temperatura (T ^o) en el pozo Alonso a lo largo del periodo de monitorización y medidas puntual de ambas variables con el CTD-Diver.....	16
Figura 14. Evolución piezométrica del pozo Velasco, pluviometría a lo largo del periodo de monitorización y medidas puntual desde el punto de referencia.	17
Figura 15. Evolución de la conductividad eléctrica (CE) y la temperatura (T ^o) en el pozo Velasco a lo largo del periodo de monitorización y medidas puntual de ambas variables con el CTD-Diver.....	18

1. INTRODUCCIÓN Y ALCANCES

La Comunidad de Regantes del Campo de Cartagena (CRCC) se ubica en la Comarca del Campo de Cartagena, que tiene una de las agriculturas de regadío más rentables a nivel regional y nacional. El clima es mediterráneo semiárido, con una precipitación media anual de 300 mm, y una temperatura media anual de 18°C.

La CRCC, en aras de velar por el uso sostenible de los recursos hídricos de la zona y por la calidad química de las aguas subterráneas y de la afección que estas puedan tener en el estado del Mar Menor, en el marco del proyecto Interreg Sudoe Aquifer “Instrumentos innovadores para la gestión integrada de las aguas subterráneas en un contexto de escasez creciente de recursos hídricos”, encargó a AQUATEC, PROYECTOS PARA EL SECTOR DEL AGUA S.A.U. (AQUATEC) la ejecución del proyecto “Asistencia técnica para el despliegue y supervisión de una red de sondas piezométricas que suministren datos para la monitorización y modelización del acuífero cuaternario del Campo de Cartagena”. El alcance de dicho proyecto consiste en la instalación de una red de sensores piezométricos en pozos existentes del Campo de Cartagena que permita monitorizar en tiempo real los niveles del acuífero cuaternario, así como parte de sus características físico-químicas, y cuyos datos alimenten a un modelo hidrológico del mismo, con objeto de poder predecir futuros comportamientos.

2. Trabajos de Instalación

2.1. Trabajos previos

La tarea inicial del proyecto consistió en evaluar y seleccionar aquellos pozos y piezómetros que por sus características y ubicación fuesen favorables para la instalación de las sondas. El objetivo buscado fue que los pozos seleccionados permitiesen observar la variabilidad hidrogeológica de múltiples sectores del Campo de Cartagena. Esta selección, realizada de manera conjunta por personal de la CRCC, AQUATEC y el Instituto Geológico y Minero Español (IGME), se basó en los siguientes criterios: i) amplia distribución espacial de los pozos, ii) estado de conservación favorable y iii) obtención de permisos por parte de los propietarios para su acceso e instalación de sondas. De esta manera, tras evaluar el conjunto de pozos y piezómetros existentes en el Campo de Cartagena, lo cual incluyó reconocimientos de los pozos *in situ*, se decidió instalar las sondas en los seis (6) pozos contenidos en la Tabla 1, y cuya ubicación se muestra en la Figura 1. En dicha figura se muestra además la ubicación de aquellos pozos que fueron evaluados y pre-seleccionados.

Las sondas seleccionadas para la recolección de datos fueron las sondas OTT ecoLog 800 (OTT Hydromet), las cuales permiten medición del nivel, temperatura y conductividad eléctrica del agua, así como la transmisión remota de los registros vía GSM/GPRS. Las sondas se muestran en la Figura 2. Tras la adquisición de las sondas se procedió a:

1. dotarlas con una tarjeta SIM para la transmisión remota de datos,
2. configurar el registro de parámetros y transmisión de datos,
3. realizar pruebas de conectividad con el servidor interno de la CRCC.

La configuración realizada en las sondas se resume en la Tabla 2.

Tabla 1. Pozos seleccionados para instalación de sondas

Nombre provisional	IGME ID	Redes oficiales CHS ID	Z (m s.n.m.)	Tipo de punto	Obs	COD parcela CRCC
283810010	283810010	P-07-31-100-96	25.06	Pozo	Punto histórico de control	103120006
CC028	-	-	41.25	Pozo	-	116240076
CC025	-	-	15.27	Sondeo en antigua ceña	Padre de Eladio C-14	113190894
CC060	273870081	-	38.97	Antiguo molino	-	112040274
CC062	-	-	38.37	Pozo	-	109190351

Nombre provisional	IGME ID	Redes oficiales CHS ID	Z (m s.n.m.)	Tipo de punto	Obs	COD parcela CRCC
Molino Perea	-	-	34.90	Molino	-	107210070

Tabla 2. Configuración de las sondas

Parámetro	Unidad	Frecuencia de registro	Frecuencia de almacenamiento	Frecuencia de transmisión
Columna de nivel de agua	m	Horaria	Horaria	Diaria
Temperatura	°C	Horaria	Horaria	Diaria
Conductividad eléctrica	μS/cm	Horaria	Horaria	Diaria

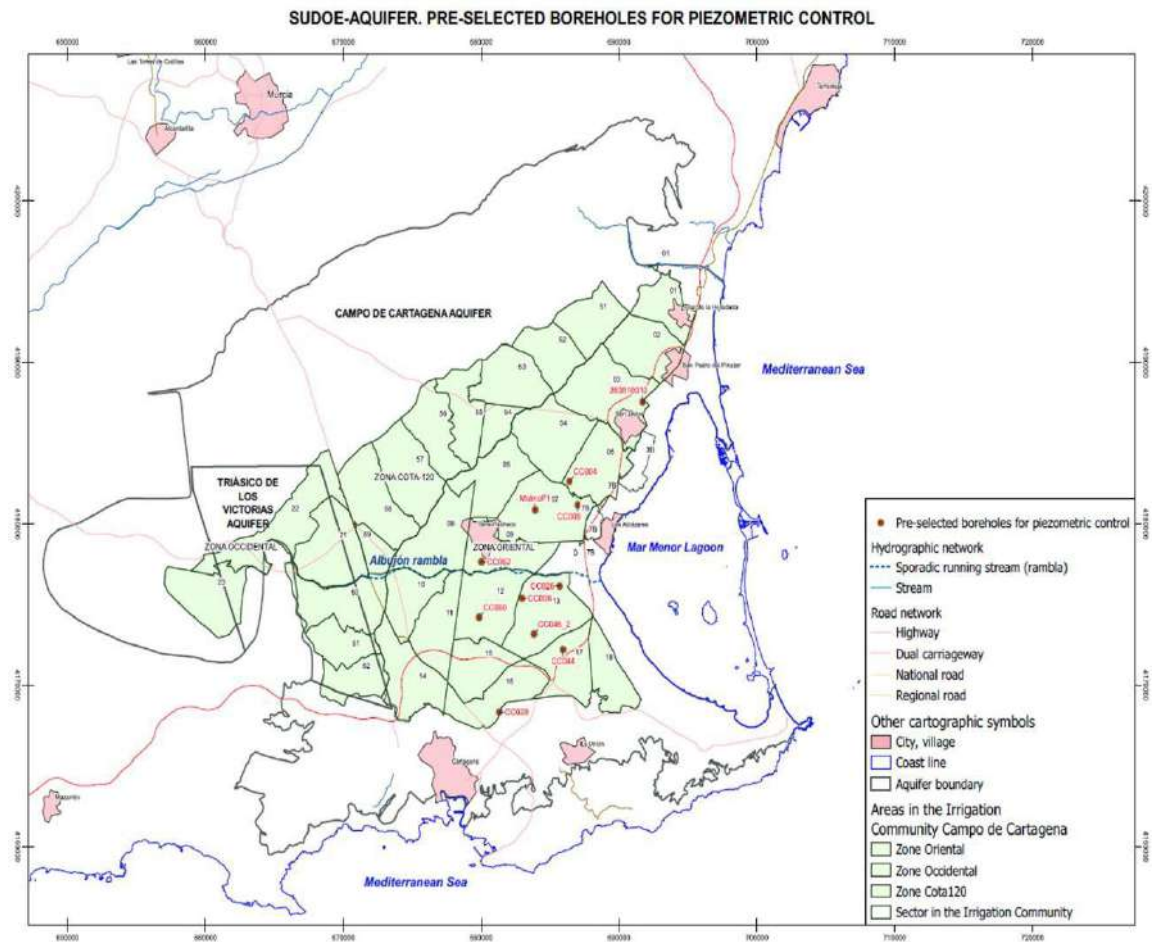


Figura 1. Ubicación de pozos pre-seleccionados y seleccionados para la instalación de sondas.



Figura 2. Sonda OTT ecoLog800. Fuente: ott.com

2.2. Instalación de las sondas

La campaña de instalación de las sondas se realizó durante los días 07 y 11 de marzo de 2022, llevándose a cabo sobre los seis pozos previamente definidos. En cada uno de los pozos, los trabajos consistieron en:

1. Medida de profundidad del nivel freático. La profundidad del nivel freático se determinó con una sonda piezométrica electroacústica marca Solinst de precisión centimétrica.
2. Instalación de tubo guía. El tubo guía es un tubo de pvc de 1 pulgada de diámetro que se fijó en el brocal de cada pozo y a través del cual se introdujo la sonda y el respectivo cableado. Su función principal es asegurar que la sonda no entra en contacto con la bomba o cualquier otro elemento instalado en el pozo. Los tubos guía fueron ranurados en su tramo inferior para asegurar una óptima conectividad con el agua subterránea.
3. Instalación de caja protectora para la unidad de transmisión de datos. Dicha cubierta consiste en un armario PRFV con puerta abatible sobre marco angular y con sistema de cierre e instalación de candado. En cada pozo se instaló una caja protectora fijada al brocal, en zonas que asegurasen una correcta sujeción y no interfiriese en la operatividad del pozo.
4. Instalación de sondas. Una vez realizados los pasos descritos, se colocaron las sondas dentro de cada pozo a la profundidad mostrada en la Tabla 3.

Tabla 3. Instalación de sondas

Nombre	COD PARCELA CRCC	IGME_ID	Elevación brocal (m s.n.m.)	Tipo de punto	Instalación sondas OTT *			
					Fecha	Prof. nivel piezométrico (m)	Prof. de la sonda (m)	Longitud tubo guía (m)
283810010	103120006	283810010	25.06	Pozo	07/03/2022 18:00	9.74	15.81	17.50
CC028	116240076	-	41.25	Pozo	11/03/2022 11:00	6.83	12.99	15.00
CC025	113190894	-	15.27	Sondeo en antigua ceña	07/03/2022 17:00	3.62	8.57	10.00
CC060	112040274	273870081	38.97	Antiguo molino	07/03/2022 14:00	14.01	18.65	-
CC062	109190351	-	38.37	Pozo	07/03/2022 13:00	5.95	12.00	12.50
Molino Perea	107210070	-	34.90	Molino	07/03/2022 12:00	6.58	9.73	10.00

* Profundidades respecto a nivel del brocal

3. Primera campaña de seguimiento de la monitorización

3.1. Descripción de la campaña

La primera campaña de seguimiento de la monitorización de las sondas se llevó a cabo el día 6 de septiembre de 2022. El objetivo de la misma fue verificar el correcto funcionamiento de la red de control, identificar posibles incidencias y, en dicho caso, proponer soluciones o posibles optimizaciones de dicha red. Para ello, durante la campaña se realizaron las siguientes tareas en cada uno de los seis (6) pozos:

- Inspección del estado de las casetas y demás elementos de instalación y protección de las sondas.
- Descarga de datos almacenados en la unidad de transmisión de las sondas para verificar el correcto funcionamiento de la misma.
- Medida manual de la profundidad del nivel de agua con una sonda piezométrica electroacústica marca Solinst de precisión centimétrica.
- Medida manual de pH y conductividad eléctrica con medidores pH-metro y de conductividad, previamente calibrados, para posteriormente comparar los datos proporcionados por las sondas de cada pozo. El agua se extrajo del pozo mediante un tomamuestras tipo “bailer” introducido hasta la profundidad de instalación de cada sensor.
- Lectura de presión, temperatura y conductividad eléctrica mediante un CTD-Diver configurado para tomar medidas de dichos parámetros cada dos (2) segundos. Del total de lecturas se seleccionaron aquellas correspondientes a la profundidad de instalación de cada sensor.

3.2. Resultados de la campaña

Los trabajos de inspección descritos permitieron constatar que, el día de la visita, todas las sondas se encontraban registrando y transmitiendo datos de manera adecuada. Se verificó que los sistemas de anclaje de las sondas y sus respectivos transmisores se encontraban en buen estado, lo que permite inducir que los mismos no han variado su posición original. Asimismo, se aseguró que tanto las casetas de protección como el resto de elementos de instalación (candados, bridas, pernos de anclaje) se encontraban en buen estado y sin signos de deterioro o vandalismo. No se requiere por tanto trabajos de mejora o sustitución de dichos elementos. El estado de las instalaciones se muestra en la Figura 3.

En los apartados siguientes se muestran las medidas realizadas el día de la inspección así como una interpretación de las mismas.



Figura 3. Estado de las instalaciones (06/09/2022)

3.2.1. Medidas puntuales

Los resultados de las medidas realizadas *in situ* con la sonda piezométrica, el pHmetro y el medidor de conductividad, así como con el CTD-Diver en cada pozo son las siguientes:

❖ **Pozo Venta del Pino – 283810010 (103120006C):**

- Profundidad nivel del agua: 9,18 m (8:50 horas).
- Parámetros fisicoquímicos (medidores en superficie)
 - pH: 6,88
 - Conductividad: 10,86 mS/cm
 - Tª: 22,7 °C
- Parámetros fisicoquímicos (CTD-Diver)
 - Conductividad: 12,861 mS/cm
 - Tª: 20.81 °C

❖ **Pozo Molino Perea (107210070C):**

- Profundidad nivel del agua: 6,22 m (9:40 horas).
- Parámetros fisicoquímicos (medidores en superficie)
 - pH: 7,23
 - Conductividad: 5,45 mS/cm
 - Tª: 22,9 °C
- Parámetros fisicoquímicos (CTD-Diver)
 - Conductividad: 5,843 mS/cm
 - Tª: 20,28 °C

❖ **Pozo Pedreño CC062 (109190351C):**

- Profundidad nivel del agua: 5,19 m (10:20 horas).
- Parámetros fisicoquímicos (medidores en superficie)
 - pH: 7,18
 - Conductividad: 8,82 mS/cm
 - Tª: 23,1 °C
- Parámetros fisicoquímicos (CTD-Diver)
 - Conductividad: 9,690 mS/cm
 - Tª: 20,25 °C

❖ **Pozo Alonso CC025 (113190894C):**

- Profundidad nivel del agua: 3,41 m (11:30 horas)
- Parámetros fisicoquímicos (medidores en superficie)
 - pH: 7,58
 - Conductividad: 5,30 mS/cm
 - Tª: 21,7 °C
- Parámetros fisicoquímicos (CTD-Diver)
 - Conductividad: 5,388 mS/cm
 - Tª: 20,6 °C

❖ **Pozo Inglés CC060 (112040274C):**

- Profundidad nivel del agua: 12,33 m (12:00 horas)
- Parámetros fisicoquímicos (medidores en superficie)
 - pH: 7,33
 - Conductividad: 7,23 mS/cm
 - Tª: 23,6 °C
- Parámetros fisicoquímicos (CTD-Diver)
 - Conductividad: 7,501 mS/cm
 - Tª: 20,37 °C

❖ **Pozo Velasco CC028 (116240076C):**

- Profundidad nivel del agua: 5,22 m (12:40 horas)
- Parámetros fisicoquímicos (medidores en superficie)
 - pH: 7,32
 - Conductividad: 4,02 mS/cm
 - Tª: 23,0 °C
- Parámetros fisicoquímicos (CTD-Diver)
 - Conductividad: 4,05 mS/cm
 - Tª: 21,05 °C

3.2.2. Comparativa de resultados

❖ Pozo Venta del Pino – 283810010 (103120006C):

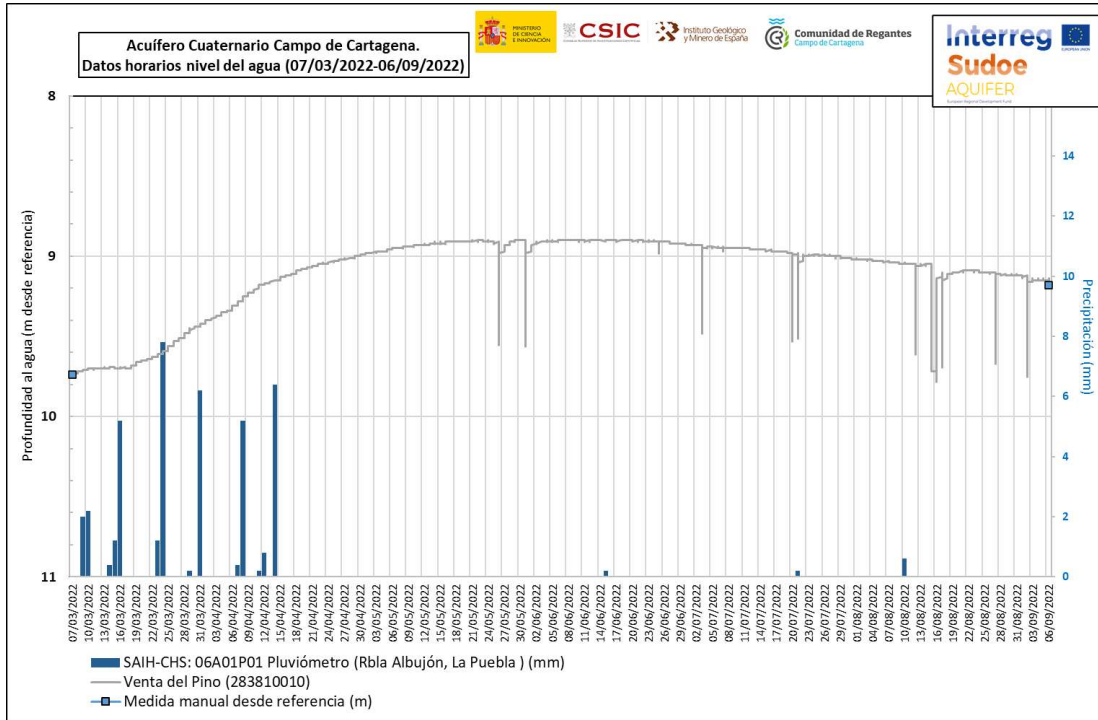


Figura 4. Evolución piezométrica del pozo Venta del Pino, pluviometría a lo largo del periodo de monitorización y medidas puntual desde el punto de referencia.

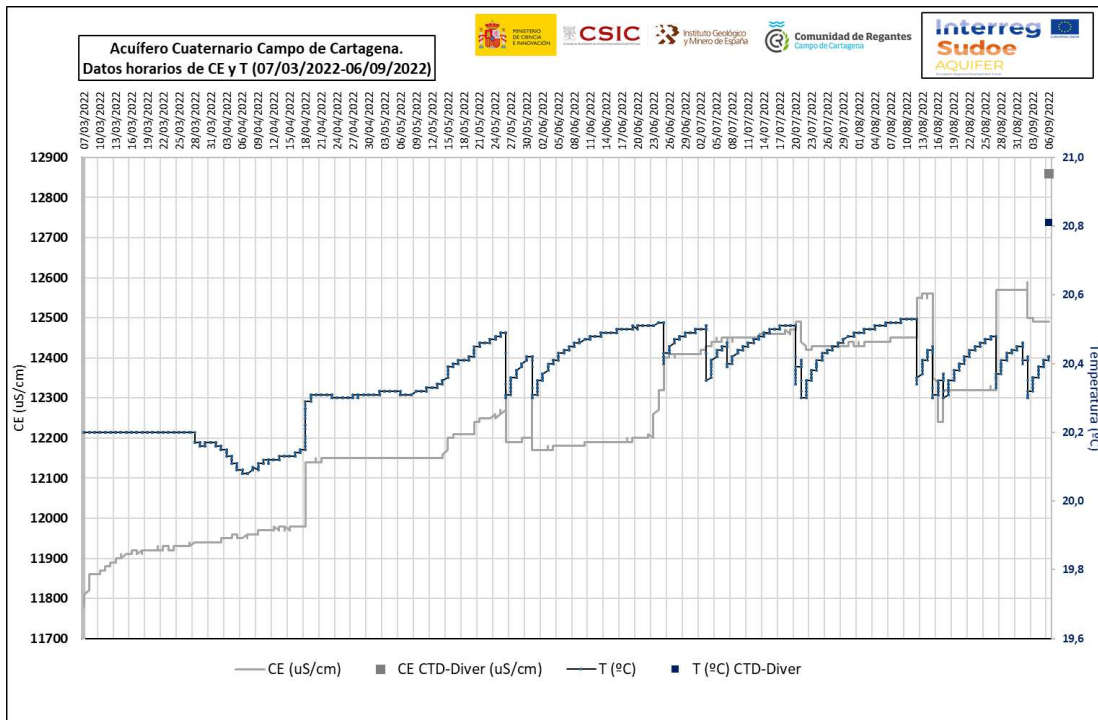


Figura 5. Evolución de la conductividad eléctrica (CE) y la temperatura (T°) en el pozo Venta del Pino a lo largo del periodo de monitorización y medidas puntual de ambas variables con el CTD-Diver.

En las figuras anteriores (Figura 4 y 5) se observa lo siguiente:

- La profundidad del nivel del agua sube desde los 9'8 m hasta por encima de los 9 m debido a las lluvias de marzo y abril. A partir de junio, aproximadamente, los niveles comienzan a descender hasta los 9,2 m. Los descensos puntuales se deben a la puesta en marcha de la bomba. Las medidas durante el muestreo en campo coinciden con las del sistema de monitorización.
- La conductividad eléctrica presenta una tendencia creciente desde los 11800 $\mu\text{S}/\text{cm}$ hasta los 12500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en seis meses. Con la puesta en marcha de la bomba la conductividad inicialmente aumenta para posteriormente situarse en un valor menor a la inicial en la mayoría de los casos. El valor del CTD-Diver medido en el muestreo de campo es mayor que el del sistema de monitorización (400 $\mu\text{S}/\text{cm}$ más).
- La temperatura se mantiene estable y fluctúa entre los 20'1 °C y los 20'5 °C. Con la puesta en marcha del pozo, la temperatura disminuye bruscamente y, seguidamente, aumenta hasta estabilizarse de nuevo. El valor del CTD-Diver durante el muestreo de campo es mayor que el del sistema de monitorización en 0'6 °C.

❖ **Pozo Molino Perea (107210070C):**

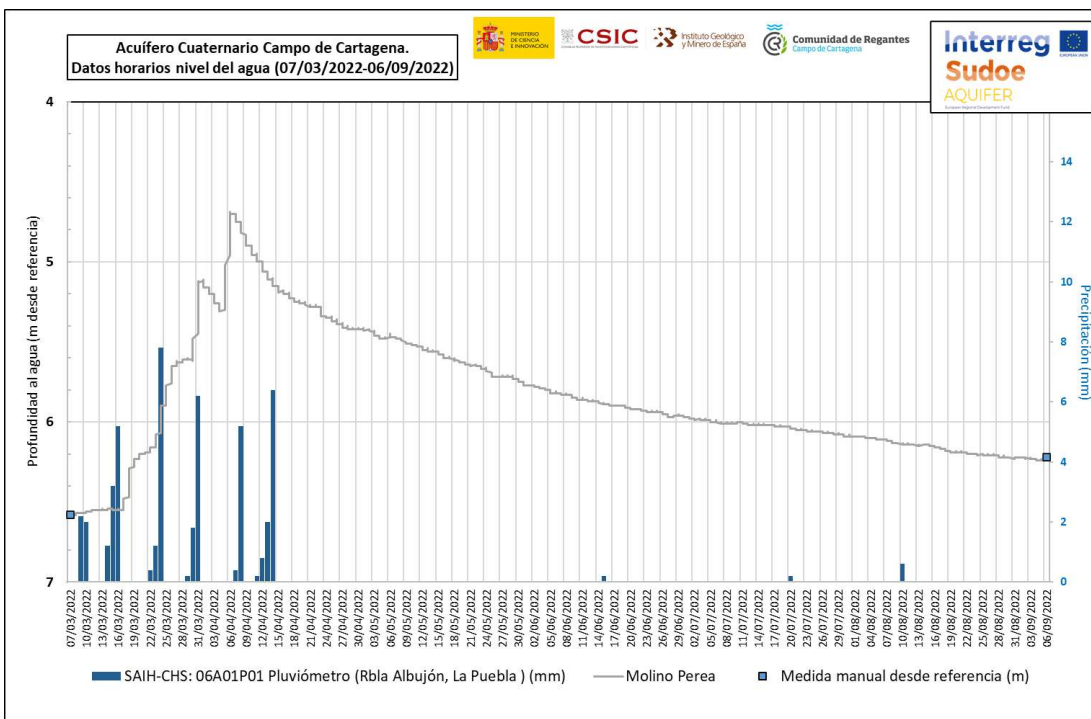


Figura 6. Evolución piezométrica del pozo Molino Perea, pluviometría a lo largo del periodo de monitorización y medidas puntuales desde el punto de referencia.

En las Figuras 6 y 7 se observa lo siguiente:

- La profundidad del nivel del agua sube desde los 6'6 m hasta los 4'7 m en abril debido a las lluvias que se produjeron a comienzos del registro de datos. A

partir de entonces, los niveles descienden progresivamente hasta los 6'2 m. Las medidas durante el muestreo en campo coinciden con las del sistema de monitorización.

- La conductividad eléctrica presenta un comportamiento similar al de los niveles piezométricos. Aumenta hasta el fin de las lluvias de abril desde los 6100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ hasta los 6270 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Posteriormente la conductividad desciende progresivamente hasta los 5950 $\mu\text{S}/\text{cm}$. El valor del CTD-Diver medido en el muestreo de campo es menor que el del sistema de monitorización (100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ menos).
- La temperatura fluctúa poco, entre los 19'6 °C y los 19'9 °C, con un comportamiento que puede ser parecido al de la piezometría o la conductividad, pero con cierto retraso respecto a los anteriores. Primero asciende hasta junio, y decrece posteriormente hasta los 19'65 °C.. El valor del CTD-Diver durante el muestreo de campo es mayor que el del sistema de monitorización en 0'6 °C.

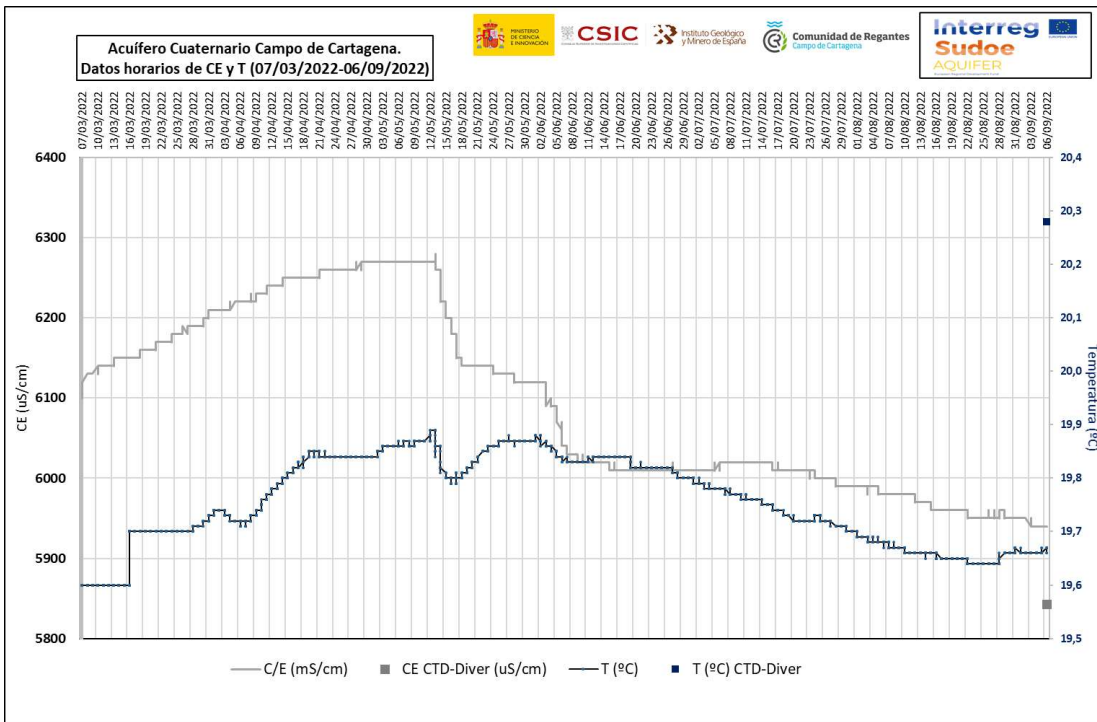


Figura 7. Evolución de la conductividad eléctrica (CE) y la temperatura (T°) en el pozo Molino Perea a lo largo del periodo de monitorización y medidas puntual de ambas variables con el CTD-Diver.

❖ **Pozo Pedreño CC062 (109190351C):**

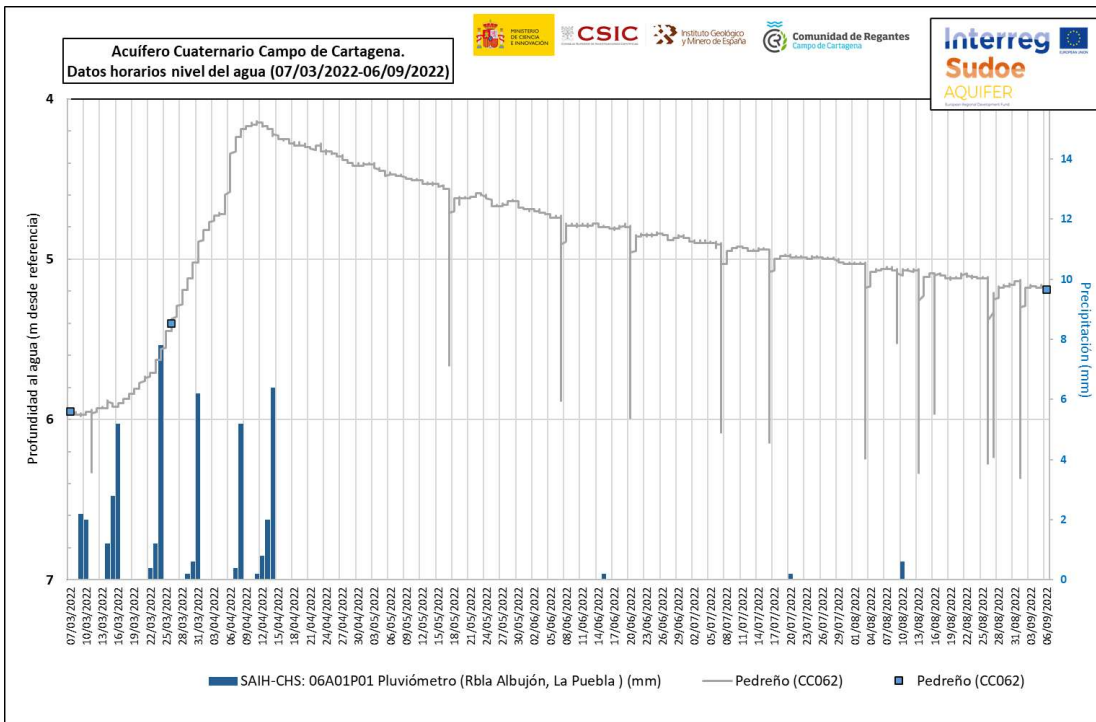


Figura 8. Evolución piezométrica del pozo Pedroño, pluviometría a lo largo del periodo de monitorización y medidas puntual desde el punto de referencia.

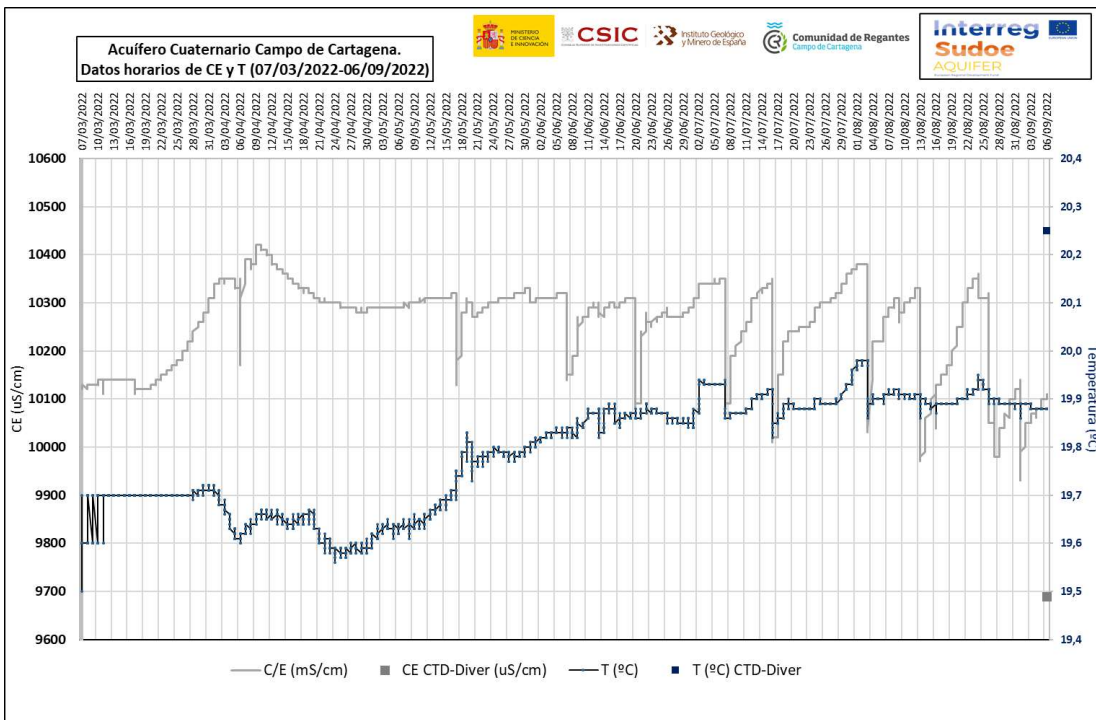


Figura 9. Evolución de la conductividad eléctrica (CE) y la temperatura (T^0) en el pozo Pedroño a lo largo del periodo de monitorización y medidas puntual de ambas variables con el CTD-Diver.

En las Figuras 8 y 9 se observa lo siguiente:

- La profundidad del nivel del agua sube desde los 6 m hasta casi los 4 m en abril debido a las lluvias que se produjeron a comienzos del registro de datos.

A partir de entonces, los niveles descienden progresivamente hasta los 5'2 m. Los descensos bruscos de los niveles se deben a la puesta en marcha del pozo, aunque rápidamente se vuelve a su estado normal. Las medidas durante el muestreo en campo coinciden con las del sistema de monitorización.

- La conductividad eléctrica parece relativamente estable en torno a los 10300-10400 $\mu\text{S}/\text{cm}$, sin embargo, su comportamiento se ve alterado por la puesta en marcha del pozo, disminuyendo inicialmente su valor para posteriormente aumentar hasta los valores comentados de 10300-10400 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Es uso más continuado del pozo provoca la reducción de la conductividad al final de los registros. El valor del CTD-Diver medido en el muestreo de campo es menor que el del sistema de monitorización (500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ menos aprox.).
- La temperatura fluctúa poco, entre los 19'6 °C y los 19'9 °C. Asciende a partir de abril-mayo tras las lluvias y aumenta hasta estabilizarse en torno a los 19'9 °C. El valor del CTD-Diver durante el muestreo de campo es mayor que el del sistema de monitorización en 0'35 °C.

❖ **Pozo Inglés CC060 (112040274C):**

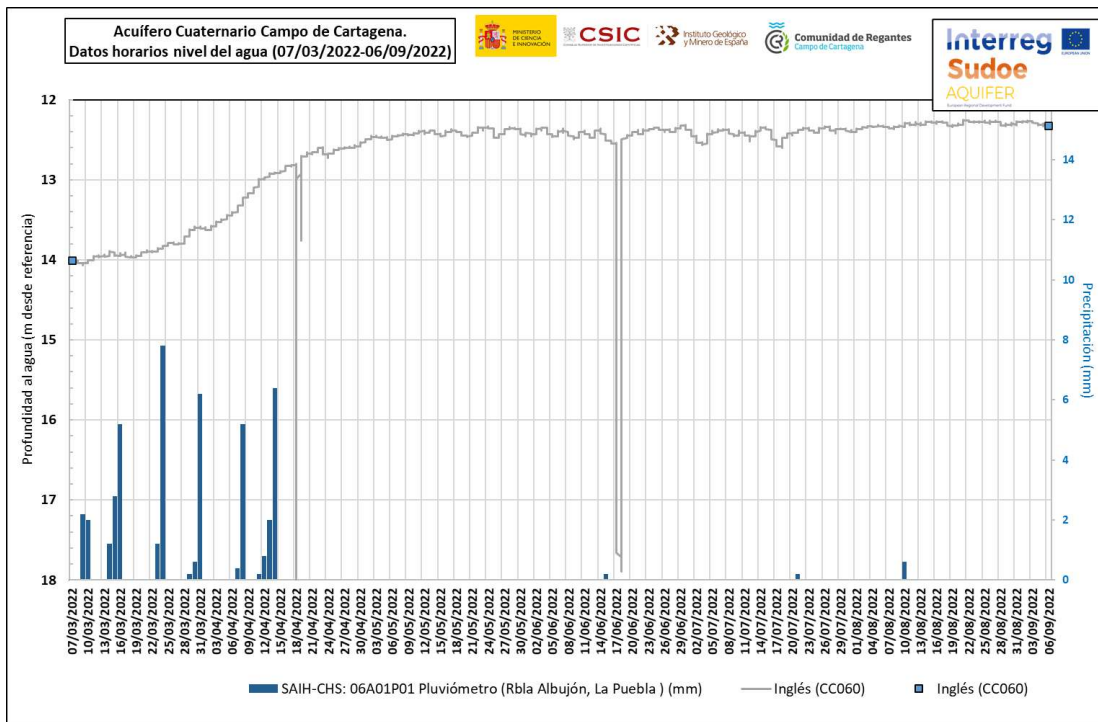


Figura 10. Evolución piezométrica del pozo Inglés, pluviometría a lo largo del periodo de monitorización y medidas puntual desde el punto de referencia.

En las Figuras 10 y 11 se observa lo siguiente:

- La profundidad del nivel del agua sube desde los 14 m hasta casi los 12 m en abril debido a las lluvias que se produjeron a comienzos del registro de datos. A partir de entonces, se mantienen estables. Los días 18/04/2022 y 17/06/2022 se observan descensos bruscos de nivel que se recuperan de manera instantánea. Dado que ese pozo no cuenta con sistema de bombeo, se cree que podría haber ocurrido una desconexión del sistema de monitorización u

otro problema similar que haya dado lugar a los descensos observados. Las medidas durante el muestreo en campo coinciden con las del sistema de monitorización.

- La conductividad eléctrica parece relativamente estable con una tendencia creciente, habiendo aumentado la conductividad desde los 8000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ hasta los 8250 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a lo largo de la serie. El valor del CTD-Diver medido en el muestreo de campo es menor que el del sistema de monitorización (700 $\mu\text{S}/\text{cm}$ menos aprox.).
- La temperatura fluctúa entre los 19'3 °C y los 20'3 °C. Ascende coincidiendo con los descensos de piezometría hasta descender y estabilizarse hasta valores ligeramente superiores a los anteriores al motivo que causo el descenso de los niveles o el aumento de la. El valor del CTD-Diver durante el muestreo de campo es mayor que el del sistema de monitorización en 0'4 °C.

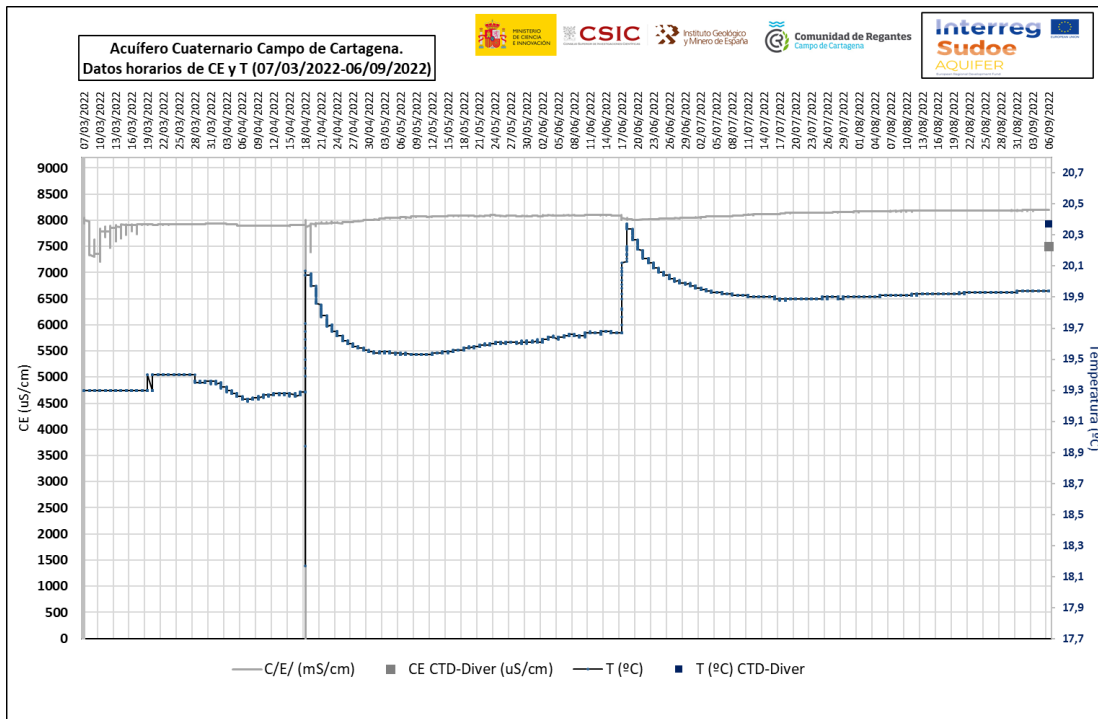


Figura 11. Evolución de la conductividad eléctrica (CE) y la temperatura (T°) en el pozo Inglés a lo largo del periodo de monitorización y medidas puntual de ambas variables con el CTD-Diver.

❖ **Pozo Alonso CC025 (113190894C):**

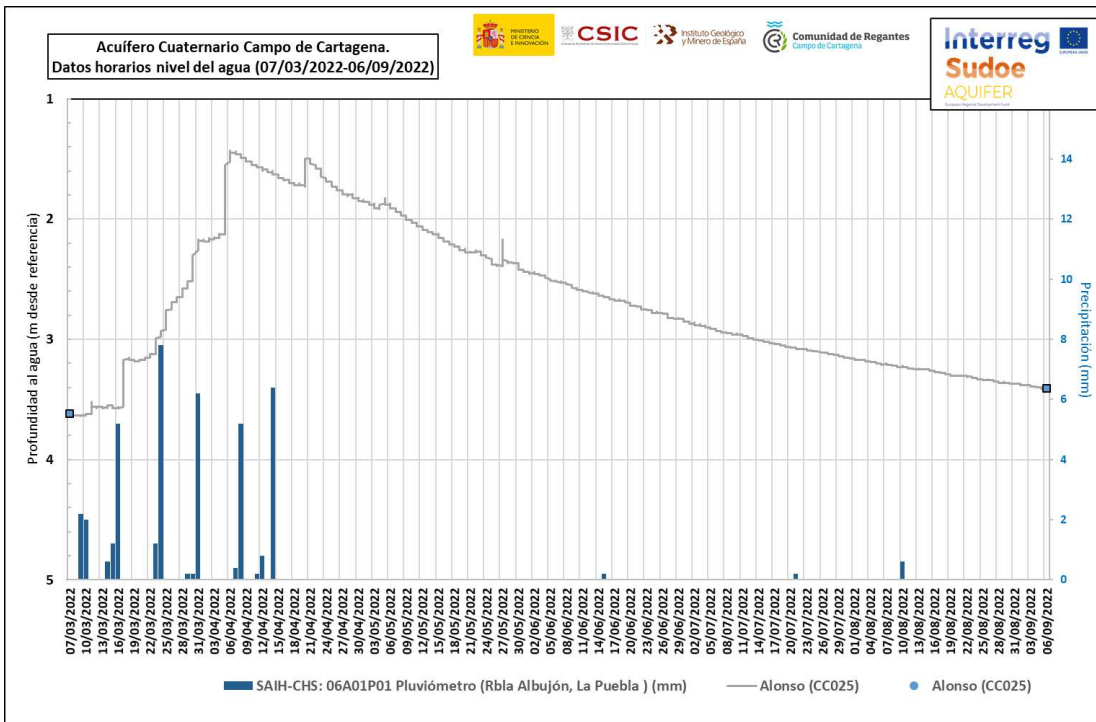


Figura 12. Evolución piezométrica del pozo Alonso, pluviometría a lo largo del periodo de monitorización y medidas puntual desde el punto de referencia.

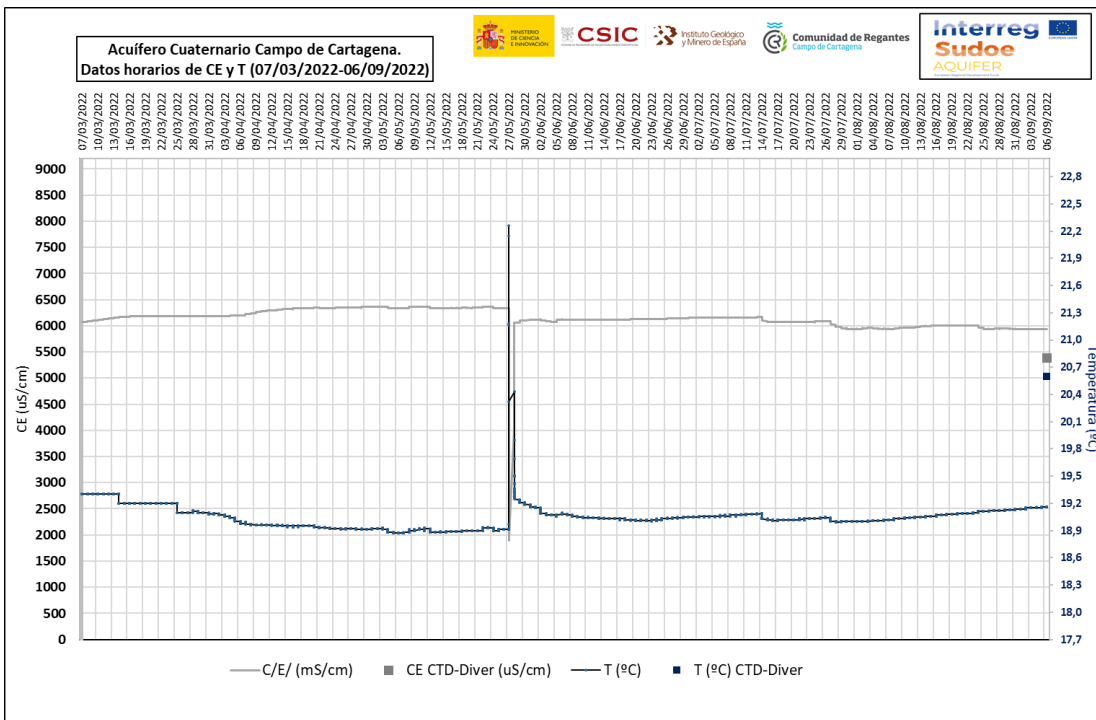


Figura 13. Evolución de la conductividad eléctrica (CE) y la temperatura (T°) en el pozo Alonso a lo largo del periodo de monitorización y medidas puntual de ambas variables con el CTD-Diver.

En las Figuras 12 y 13 se observa lo siguiente:

- La profundidad del nivel del agua sube desde los 4 m hasta casi los 1'5 m en abril debido a las lluvias que se produjeron a comienzos del registro de datos.

A partir de entonces, los niveles descienden progresivamente hasta el final del registro hasta los 3'4 m. Las medidas durante el muestreo en campo coinciden con las del sistema de monitorización.

- La conductividad eléctrica se mantiene prácticamente estables en torno a los 6000-6500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ salvo un descenso el 27/05/2022. El valor del CTD-Diver medido en el muestreo de campo es menor que el del sistema de monitorización (500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ menos aprox.).
- La temperatura se mantiene prácticamente estable en torno a los 18'9-19'2 $^{\circ}\text{C}$ salvo es ascenso del 27/07/2022. El valor del CTD-Diver durante el muestreo de campo es mayor que el del sistema de monitorización en 1'5 $^{\circ}\text{C}$.

❖ **Pozo Velasco CC028 (116240076C):**

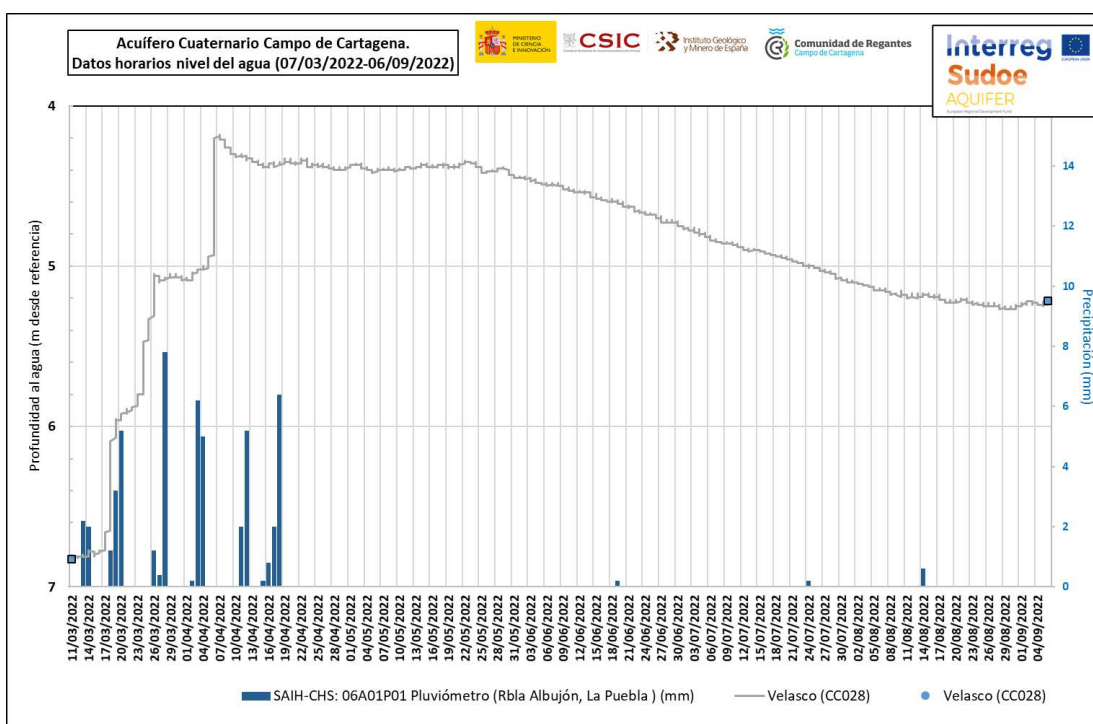


Figura 14. Evolución piezométrica del pozo Velasco, pluviometría a lo largo del periodo de monitorización y medidas puntual desde el punto de referencia.

En las Figuras 14 y 15 se observa lo siguiente:

- La profundidad del nivel del agua sube desde los 6'8 m hasta los 4'2 m en abril debido a las lluvias que se produjeron a comienzos del registro de datos. A partir de entonces, los niveles descienden progresivamente hasta el final del registro hasta los 5'3 m. Las medidas durante el muestreo en campo coinciden con las del sistema de monitorización.
- La conductividad eléctrica tiene un comportamiento similar al de los niveles, aumentando hasta el fin de las lluvias desde los 4000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ hasta los 5250 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Posteriormente estos valores descienden paulatinamente hasta el fin de la serie de datos hasta los 4250 $\mu\text{S}/\text{cm}$. El valor del CTD-Diver medido en el muestreo de campo es menor que el del sistema de monitorización (200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ menos aprox.).

- La temperatura tiene un comportamiento inverso al de la conductividad, descendiendo inicialmente hasta abril desde los 19' °C hasta los 19'4 °C, coincidiendo con el fin de las lluvias para posteriormente aumentar hasta los 20'5 °C. El valor del CTD-Diver durante el muestreo de campo es mayor que el del sistema de monitorización en 0'6 °C.

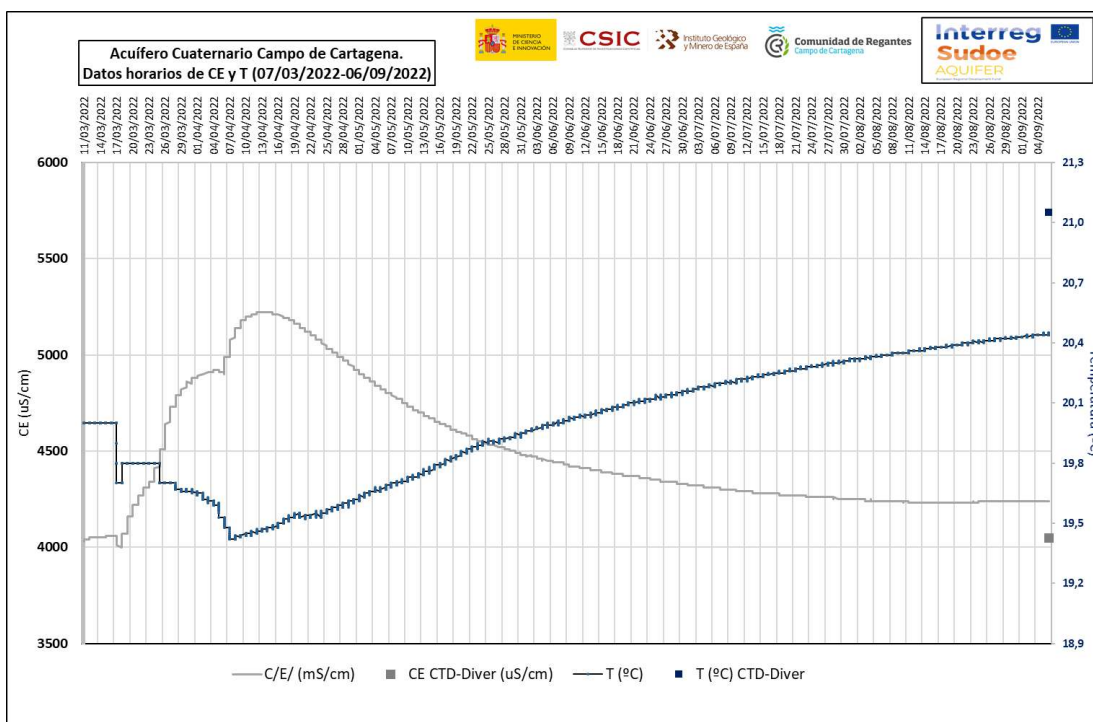


Figura 15. Evolución de la conductividad eléctrica (CE) y la temperatura (T°) en el pozo Velasco a lo largo del periodo de monitorización y medidas puntual de ambas variables con el CTD-Diver.

3.2.3. Conclusiones

Comparando los resultados de las distintas mediciones con aquellos transmitidos de manera automática desde las sondas se obtienen las siguientes conclusiones:

- La profundidad del nivel piezométrico desde la referencia se mide correctamente, con una diferencia entre mediciones máxima de 4 cm, que pueden deberse al error contemplable durante una medición manual con la sonda y siempre por debajo del 2% con respecto al valor de la sonda.
- La conductividad eléctrica se mide correctamente. La diferencia entre el valor medido por la sonda y el *diver* fluctúa entre el 2 y 9% respecto al valor de la sonda. La variación entre la sonda y el medidor de conductividad, calibrado previamente al muestreo, es ligeramente mayor y fluctúa entre un 5 y 13% respecto la sonda. Dicha diferencia puede deberse a la metodología del muestreo con bailer.
- La temperatura se mide correctamente. La diferencia entre el valor medido por la sonda y el *diver* está entre un 2 y un 8%.

En consecuencia a lo anterior se puede afirmar que la red de control mide y transmite la información correctamente registrando escasas diferencias de medida respecto a los demás sistemas empleados. Por tal motivo, y salvo que por parte de la Dirección del Proyecto se requiera lo contrario, no se contemplan necesidades concretas de optimización de la red de control.

Como medida adicional a contemplar en próximas campañas, se empleará un dispositivo CTD-Diver adicional para contrastar las diferencias observadas en la actual campaña.