

SEGUIMIENTO Y VIGILANCIA AMBIENTAL DEL SALADAR DE AGUA AMARGA Y SU ENTORNO. HIDROGEOLOGÍA, FLORA, VEGETACIÓN Y SUELOS



**Informe Trimestral Período Julio a Septiembre de
2024**

Septiembre 2024





ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. ANTECEDENTES.....	3
1.2. OBJETIVOS	7
2. METODOLOGÍA.....	9
2.1. HIDROGEOLOGÍA	9
3. CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO FÍSICO.....	10
3.1. FISIOGRAFÍA E HIDROLOGÍA SUPERFICIAL	10
3.2. CLIMATOLOGÍA.....	11
3.3. GEOLOGÍA.....	14
3.4. HIDROGEOLOGÍA	17
4. EXPLOTACIÓN DE LAS DESALADORAS.....	19
4.1. EXPLOTACIÓN DE LA DESALADORA I.....	19
4.2. EXPLOTACIÓN DE LA DESALADORA II.....	22
5. RIEGOS EN LAS SALINAS	24
6. EVOLUCIÓN DE LA PIEZOMETRÍA, CONDUCTIVIDAD Y TEMPERATURA EN LOS PUNTOS DE CONTROL LAS SALINAS.....	28
6.1. PIEZOMETRÍA	28
6.1.1. Registros de campo	28
6.1.2. Mapas de isopiezas.....	29
6.1.3. Gráficos de variaciones piezométricas	33
6.2. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA Y TEMPERATURA	35
6.2.1. Mapa de isoconductividad a 10 m de profundidad.....	35
6.2.2. Evolución temporal de la conductividad y temperatura a 10 m de profundidad.....	36
6.2.3. Variaciones de la conductividad eléctrica en profundidad.....	42
6.2.4. Variaciones de la temperatura en profundidad	49
7. CONCLUSIONES.....	53



FIGURAS

Figura 1. Situación geográfica del Saladar de Agua Amarga.	1
Figura 2. Situación de los piezómetros de investigación, de control, en uso y abandonados en el entorno. En rayado azul se muestra el límite norte del acuífero. En rojo se muestra el umbral hidrogeológico.....	6
Figura 3. Temperaturas máximas, medias y mínimas promedio anuales durante el periodo 2011-2023. AEMET-Estación meteorológica de El Altet, Alicante.	11
Figura 4. Precipitaciones anuales acumuladas durante el periodo enero 2011-septiembre 2024. AEMET-Estación meteorológica de El Altet, Alicante.....	12
Figura 5. Precipitaciones acumuladas y temperaturas medias mensuales durante el periodo enero 2011-septiembre 2024. AEMET-Estación meteorológica de El Altet, Alicante.....	12
Figura 6. Precipitaciones acumuladas y temperaturas medias del trimestre julio -septiembre durante el periodo 2011-2024. AEMET-Estación meteorológica de El Altet, Alicante.....	13
Figura 7. Precipitaciones acumuladas durante los años hidrológicos 2011-2024. AEMET-Estación meteorológica de El Altet, Alicante.....	13
Figura 8. Mapa geológico de la zona de estudio (en azul claro) del IGME (MAGNA 50, Hoja 893-Elx) y corte geológico esquemático.	16
Figura 9. Mapa hidrogeológico con especificación de acuíferos de la masa 080.190 – Bajo Vinalopó.....	17
Figura 10. Volúmenes de agua de mar extraídos para la DA-I y precipitaciones mensuales durante el periodo enero 2011-septiembre 2024.....	20
Figura 11. Volúmenes de agua de mar extraídos promedio para la DA-I durante el trimestre julio-septiembre entre 2011-2024.....	21
Figura 12. Volúmenes de agua de mar extraídos para la DA-II y precipitaciones mensuales durante el periodo enero 2011-septiembre 2024.....	22
Figura 13. Volúmenes de agua de mar extraídos promedio para la DA-II durante el trimestre julio-septiembre entre 2011-2024.....	23
Figura 14. Volúmenes de agua de mar anuales extraídos para la DA-II durante el periodo enero 2011-septiembre 2024.....	24
Figura 15. Zonificación de riegos del Saladar de Agua Amarga, según el 14º Programa de Riegos elaborado por la MCT.	25
Figura 16. Volúmenes de riego mensuales aplicados sobre la superficie del Saladar de Agua Amarga, desde enero de 2011 hasta septiembre de 2024.....	26
Figura 17. Volúmenes de riego anuales aplicados sobre las diferentes zonas de riego históricas del Saladar de Agua Amarga, desde enero de 2011 hasta la actualidad. ...	26
Figura 18. Volúmenes de riego durante el trimestre abril-junio del Saladar de Agua Amarga, desde enero de 2011 hasta la actualidad.	27
Figura 19. Esteros que se identificaron secos durante las visitas de campo de julio-septiembre de 2024.	27
Figura 20. Red piezométrica de control con piezómetros muestreados durante las campañas de julio, agosto y septiembre de 2024.	28
Figura 21. Mapa de isopiezas en m.s.n.m elaborado con los datos de la campaña de campo de junio de 2024.....	31
Figura 22. Mapa de isopiezas en m.s.n.m elaborado con los datos de la campaña de campo de septiembre de 2024.....	32
Figura 23. Evolución piezométrica de los piezómetros de control durante en el periodo abril-septiembre de 2024.	34



Figura 24. Mapa de isoconductividades eléctricas a 10 m.s.n.m elaborado con los datos de la campaña de campo de junio de 2024.....	35
Figura 25. Evolución general de conductividad eléctrica y temperatura de la red de piezómetros de control del Saladar de Agua Amarga.	37
Figura 26. Evolución de piezometría, conductividad eléctrica y temperatura del piezómetro P5.....	39
Figura 27. Evolución de piezometría, conductividad eléctrica y temperatura del piezómetro D2.	40
Figura 28. Evolución de piezometría, conductividad eléctrica y temperatura del piezómetro P10.....	41
Figura 29. Evolución de piezometría, conductividad eléctrica y temperatura del piezómetro P8.....	42
Figura 30. Clasificación de los piezómetros de control en función del comportamiento de la conductividad eléctrica a lo largo del perfil vertical, datos de la campaña de junio 2024.	43
Figura 31. Evolución del perfil vertical de piezómetros de tipo “A”.	44
Figura 32. Evolución del perfil vertical de piezómetros de tipo “B”.	45
Figura 33. Evolución del perfil vertical de piezómetros de tipo “C”.	46
Figura 34. Evolución del perfil vertical de piezómetros de tipo “D”.	46
Figura 35. Evolución del perfil vertical de piezómetros de tipo “E”.	47
Figura 36. Evolución del perfil vertical de piezómetros de tipo “F”.....	48
Figura 37. Evolución del perfil vertical de piezómetros de tipo “G”.	48
Figura 38. Clasificación de los piezómetros de control en función del comportamiento de la temperatura a lo largo del perfil vertical, datos de la campaña de junio 2024.	49
Figura 39. Evolución del perfil vertical de piezómetros de tipo “embudo”.	50
Figura 40. Evolución del perfil vertical de piezómetros de tipo “embudo asimétrico”...	51
Figura 41. Evolución del perfil vertical de piezómetros de tipo “tronco”.	51
Figura 42. Evolución del perfil vertical de piezómetros de tipo “cortina”.	52



TABLAS

Tabla 1. Coordenadas geográficas de los pozos de captación de la DA-I (UTM 30N, ETRS89).....	19
Tabla 2. Coordenadas geográficas de los extremos del túnel de captación de la DA-II (UTM 30N, ETRS89).....	22
Tabla 3. Cotas piezométricas registradas durante el periodo abril-septiembre de 2024 en los piezómetros de control.	29
Tabla 4. Clasificación de los piezómetros de control en función del comportamiento de la conductividad eléctrica a lo largo del perfil vertical.	43
Tabla 5. Clasificación de los piezómetros de control en función del comportamiento de la temperatura eléctrica a lo largo del perfil vertical.	49



favorecida por las condiciones topográficas (Alhama 2012), que permitían la entrada de agua de mar y su retención en los estanques.

Tras el abandono de la explotación, el paso del tiempo y la no intervención antrópica permitieron que el espacio, sometido a periodos de encharcamiento-deseccación debido a la influencia climática y los períodos de lluvia-sequía estacionales, fuese colonizado por comunidades vegetales singulares propias de un saladar que, por su cercanía a otras zonas húmedas, algunas de gran tamaño, como el espacio protegido Clot de Galvany, pasó a ser área de campeo o alimentación de avifauna.

En 2002 el Saladar fue incluido en el Catálogo de Zonas Húmedas de la Comunidad Valenciana¹ y posteriormente en el Inventario Español de Zonas Húmedas² debido a su importancia patrimonial, cultural y ecológica; importancia avalada por la presencia de especies protegidas con distinto grado de amenaza entre las que se encuentra la Cerceta pardilla (*Marmaronetta angustirostris*) un ave catalogada como especie “en peligro de extinción” en el Catálogo Nacional de Especies Amenazadas, o distintos endemismos del género *Limonium* como *L. cossonianum*, *L. santapolense* y *L. angustibracteatum*). Además, alberga hábitats y especies de interés comunitario recogidos en la Directiva 97/62/CEE 1997 (Alhama, 2011).

En los primeros años del S.XXI, debido a la creciente demanda de agua dulce, se construyen y se ponen en marcha las desalinizadoras del Canal de Alicante I y II, bajo la concesión de la Mancomunidad de Canales del Taibilla. Los pozos de extracción de agua de ambas desaladoras se encuentran en las inmediaciones del humedal y toman agua del acuífero de Agua Amarga. Parte de ésta (1-12%), proviene del flujo continental, lo que implica un descenso del nivel freático y por tanto una alteración de los ciclos hidrodinámicos naturales que sostienen el humedal (Alhama et al, 2013).

Por esta razón, tal y como se indica en el Pliego de Prescripciones Técnicas, la explotación de las instalaciones requiere del cumplimiento de una serie de condiciones expuestos en las Declaraciones de Impacto Ambiental (DIA) de ambas desaladoras³. Entre las medidas que se implementan se encuentra el programa de riegos con agua del mar en el Saladar de Agua Amarga de los antiguos esteros salineros, que se pone

¹ Acuerdo de 10 de septiembre de 2002, del Gobierno Valenciano, de aprobación del Catálogo de Zonas Húmedas de aprobación del Catálogo de Zonas Húmedas de la Comunidad Valenciana (DOGV nº 4.336, de 16 de septiembre de 2002) https://dogv.gva.es/datos/2002/09/16/pdf/2002_A9833.pdf

² Resolución de 9 de marzo de 2011, de la Dirección General de Medio Natural y Política Forestal, por la que se incluyen en el Inventario Español de Zonas Húmedas 48 humedales de la Comunitat Valenciana. («BOE» núm. 71, de 24 de marzo de 2011) https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2011-5372

³ Resolución de 16 de junio de 2022, del Gobierno Valenciano, por la que se autoriza el vertido al Dominio Público Marítimo Terrestre de las instalaciones de la desaladora del Canal de Alicante y de la nueva desaladora del Canal de Alicante, T.M. Alicante (Nº Registro REGAGE22e00025033474)



en marcha en 2009 y cuyo fin es el de preservar la humedad del medio, fundamentalmente evitando el descenso de los niveles freáticos provocados por las extracciones de agua que pueden llevar a la excesiva desecación del suelo y por tanto al deterioro del ecosistema.

Para controlar los posibles impactos de la actividad de las desalinizadoras sobre el humedal y el efecto de las medidas correctoras que se llevan a cabo, se crea un Programa de Vigilancia Ambiental para asegurar el control de los niveles piezométricos del acuífero del Saladar de Agua Amarga y su entorno, que viene realizándose desde 2008 y desde 2010 en el marco de un convenio de colaboración entre la Universidad Politécnica de Cartagena (UPCT) y la MCT. Este seguimiento y vigilancia ambiental, hasta el primer trimestre del año 2024, han sido ejecutados por la UPCT, a partir de esta fecha y en adelante son ejecutados por Aquatec, Proyectos para el sector del agua, S.A (en adelante Aquatec).

1.1. ANTECEDENTES

En el año 2005 se confeccionó el “Proyecto de Ampliación de la Desaladora de la Mancomunidad de los Canales del Taibilla en Alicante. Nueva Desaladora del Canal de Alicante (AC/Alicante)” realizado para la MCT por la UTE: Aquagest Levante, S.A., Sedelam (actualmente Aquatec), INATE, Eppa, PROINTEC y Z_Org. Durante el desarrollo de este se llevaron a cabo numerosos sondeos verticales de investigación ubicados estratégicamente.

La existencia del Saladar de Agua Amarga, que constituye una Zona Húmeda Protegida, planteaba un problema, ya que el replanteo de las perforaciones podría producir un impacto ambiental. La solución encontrada fue la de construir un túnel de 1.000 m de longitud paralelo a la costa, subyacente a parte del Saladar, y en su interior realizar hasta 104 drenes inclinados de corto alcance. Así mismo, se perforaron 11 PHD por debajo del mar; 3 que arrancan junto a la boca de entrada del túnel y 8 junto a la de salida, con longitudes entre 350 a 500 m.

Las características de estas captaciones se recogieron en el informe parcial, realizado por la Universidad Politécnica de Cartagena (en adelante UPCT) en noviembre del 2008 para la Mancomunidad de la Canales del Taibilla (en adelante MCT), denominado: “Estudio hidrogeológico de las obras de captación de la Desaladora de Alicante II”. A principios del año 2008 se dieron por terminado las obras de captación de agua de mar para abastecer a la Desaladora de Alicante II (en adelante DA-II); si bien la explotación



global no se inició hasta el 4 de octubre del 2008 (el 31/7/08 ya se puso en marcha los sondeos del túnel y los tres neodrenes de la boca de entrada).

Para ver la influencia que podrían ejercer las extracciones del túnel al acuífero de Agua Amarga (los neodrenes de PHD no afectan a los acuíferos terrestres) era necesario instalar una red de control de las aguas subterráneas y analizar las variaciones de piezometría y de calidad química en dicho acuífero y, especialmente, en la zona relacionada con el Saladar. Los sondeos de control se perforaron en dos etapas: una primera, de 6 piezómetros (P-1 a P-6), entre el 15 y 30 de septiembre del 2007, y una segunda de los 10 restantes (P-7 a P-16), entre febrero y marzo del 2008. Se cogió, además, como piezómetro, el sondeo D-2, el único que quedaba útil perteneciente a la etapa de investigación, previa a la construcción del túnel. Por tanto, la red vinculada a la DA-II estaba formada entonces por 17 piezómetros y se viene tomando en ellos medidas mensuales de piezometría, de conductividad y temperatura en toda la columna de agua y cada metro, desde 15/5/08.

Con el fin de determinar el impacto de las extracciones de agua sobre el acuífero de subyacente al Saladar de Agua Amarga, la UPCT ha desarrollado numerosos trabajos de investigación en la zona, donde en primer lugar, en abril de 2009 realizó para la MCT el primer “Estudio sobre las variaciones piezométricas y de calidad química registradas en el acuífero de Agua Amarga, con motivo de la puesta en marcha del túnel de la Desaladora de Alicante II”, en este se ponía de manifiesto que con la puesta en explotación de los pozos del túnel se habían producido descensos piezométricos, a la vez que la conductividad había disminuido, por la penetración del agua del mar en el acuífero, de menor salinidad que la del Saladar. Ante la posibilidad de que estos hechos pudieran afectar a los ecosistemas del espacio protegido del Saladar de Agua Amarga, en dicho informe se recomendaba: 1) extender el periodo de vigilancia de las medidas de salinidad y piezometría, 2) que las observaciones se ampliasen al entorno de las captaciones de la Desaladora de Alicante I (en adelante DA-I), 3) ampliar la red de control mediante la perforación de 5 sondeos a testigo continuo con instalación de piezómetros y 4) realizar un modelo matemático de flujo de agua con transporte de soluto del acuífero costero de Agua Amarga con el fin de predecir comportamientos en distintas situaciones y poder aplicar medidas correctoras adecuadas con suficiente antelación.

Respecto a la primera recomendación, como se ha mencionado, la UPCT ha realizado sucesivos proyectos prorrogados, cuyo título común ha sido “Seguimiento piezométrico y de calidad química del acuífero del Saladar de Agua Amarga en el entorno de las



captaciones de las desaladoras de Alicante I y II". Con la consecuente redacción de informes anuales, semestrales y mensuales (estos últimos desde agosto de 2011).

En cuanto a la segunda recomendación, desde febrero del 2010, la UPCT ha tomado medidas en 3 pozos inactivos (pero útiles) de la Desaladora de Alicante I, (DI-4, DI-12 y DI-18) y en un sondeo de investigación (I-3), que se encuentra desaparecido desde octubre de 2015; para la elección de estos piezómetros ha habido que realizar una nivelación de precisión de ellos y, sobre todo, un análisis hidrogeológico de los mismos, mediante el estudio de los informes preexistentes. Por tanto, los puntos de control de la DA-I son 3.

En relación con la tercera recomendación se perforaron 5 sondeos más entre septiembre y diciembre del 2010. A partir de junio de 2010 se incorporaron dos captaciones de particulares en desuso, P-30 (pozo ordinario) y P-31 (sondeo), situados a 2.100 y 3.500 m respectivamente de la línea de costa, con objeto de ver cuál es el radio de influencia del conoide de las captaciones de las dos desaladoras. Con el tiempo se han tenido que abandonar una serie de puntos de control, por inutilización, especialmente junto a la playa (P-9, P-11, P-12, P-13, P-14, P-15, P-16 e I-3) y los 2 situados en la zona alejada del mar, ya metida en el continente (P-30 y P-31). Por último, a partir de julio de 2013, las medidas tomadas en el P-17 se consideraron erróneas, ya que fue parcialmente cegado. En consecuencia, la red de control en 2015 estaba constituida por tan solo 17 puntos.

Respecto a la cuarta recomendación, el modelo matemático de flujo y de dispersión fue desarrollado por la UPCT en la tesis doctoral: "Relaciones hidrogeológicas y medioambientales entre el Mar Mediterráneo, El Saladar y el acuífero de Agua Amarga (Provincia de Alicante). Incidencia de las explotaciones de las desaladoras de Alicante I y II y medidas correctoras", (Alhama, 2011).

Con el fin de restablecer el nivel piezométrico del acuífero situado bajo el Saladar de Agua Amarga, preservar la humedad del medio y evitar la excesiva desecación del suelo y por tanto al deterioro del ecosistema, desde diciembre de 2009 se ha procedido a realizar unos riegos con agua del mar. El programa de riego se realiza en las antiguas balsas salineras, en adelante esteros. Para llevar a cabo estas actuaciones el área se dividió en cuatro zonas de riego, según figura en el Anejo N°3, Estudio de Recuperación del Saladar de Agua Amarga, perteneciente al Estudio de Impacto Ambiental de la Ampliación del IDAM del Canal de Alicante (2005). Como consecuencia de una queja emitida por parte del Aeropuerto del Altet, que argumentó que el encharcamiento del Saladar atraía a las gaviotas y podrían ocasionar accidentes en los aviones, en una

reunión celebrada en septiembre de 2010 con representantes de diversos organismos públicos, se decidió reducir los volúmenes de riego de agua de mar y limitarlos a solo ciertas temporadas del año.

Considerando toda esta casuística histórica la red de control actual se encuentra integrada por un total de 14 piezómetros de control: P-1, P-2, P-3, P-4, P-5, P-6, P-7, P-8, P-10, P-11, P-18, P-19, P-20 y D-2. Por otra parte, en junio de 2019 se llevaron a cabo obras de mejora de los piezómetros P-4, P-5, P-10 y P-11, instalando arquetas para evitar el deterioro de la boca del piezómetro.



Figura 2. Situación de los piezómetros de investigación, de control, en uso y abandonados en el entorno. En rayado azul se muestra el límite norte del acuífero. En rojo se muestra el umbral hidrogeológico.



1.2. OBJETIVOS

El objetivo del presente informe es la cobertura trimestral del “Programa de vigilancia ambiental del saladar de Agua Amarga y su entorno”, en que quedan recogidos todos los aspectos señalados en las DIA (Declaración de Impacto Ambiental) de la desalinizadora de Alicante I y Alicante II, como los indicadores de la calidad ambiental, así como los ensayos y la frecuencia con los que realizar su seguimiento, con el fin de poder asegurar la no afección del saladar de Agua Amarga y su entorno, según se indica en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

Los trabajos de este Programa de Vigilancia están encaminados a realizar el seguimiento y vigilancia ambiental relacionados con la piezometría y salinidad del acuífero, la salinidad y humedad de los suelos existentes en el saladar, así como la evaluación de la flora y de las relaciones suelo-agua-vegetación que allí se dan.

El objeto de los trabajos propuestos persigue el establecimiento de criterios técnicos para la gestión del programa de riegos establecido de acuerdo con la DIA, así como la monitorización de su eficiencia en cuanto a la mitigación del impacto de las extracciones de las desaladoras, y concretamente la evaluación del estado de conservación y la distribución de la cubierta vegetal (flora y vegetación) en el Saladar y de las condiciones de los suelos, así como las relaciones entre ambos. El conocimiento de los suelos y de las relaciones que se establecen entre éstos y las plantas que sobre ellos viven es fundamental para predecir la evolución a medio y largo plazo de un saladar sobre el que se están aplicando riegos desde diciembre de 2009, ya que dichos riegos producen efectos en los suelos que no se conocen en detalle.

Los objetivos específicos del proyecto son los siguientes

- Evaluar el impacto del programa de riegos sobre la evolución de la vegetación del saladar de Agua Amarga, en particular sobre aquellas comunidades consideradas de máximo interés (*Ruppia marítima*) presentes en las cubetas salinas inundadas por dicho programa. Estas comunidades se tratan de elementos básicos en el funcionamiento ecológico del ecosistema o por formar parte de hábitats que contienen especies de flora endémicas, raras o amenazadas.
- Determinar en qué medida ciertos parámetros físicos y morfológicos sencillos pueden servir como indicadores del desarrollo del suelo y de los procesos fisicoquímicos en el perfil edáfico en las distintas formaciones vegetales/ambientes del saladar. Esto ayudará a comprender mejor las



relaciones suelo-agua-planta en la zona e interpretar con mayor criterio las consecuencias del programa de riegos.

- Valorar el estado nutricional de los suelos del saladar a fin de hacer una primera estimación sobre posibles problemas de eutrofización.
- Caracterizar la salinidad de los suelos del saladar para valorar el posible efecto que pueda llegar a tener los riegos con agua del mar sobre ésta a lo largo del tiempo. El secado de las cubetas puede generar el aumento de la salinidad y la generación de costras que puede condicionar el desarrollo de unas u otras comunidades vegetales.
- Analizar los gradientes espacio-temporales de salinidad, humedad y condiciones redox a fin de ayudar a gestionar mejor el programa de riegos.
- Realizar un seguimiento de los niveles piezométricos, variables hidrogeológicas, pluviometría, aportes de aguas continentales, así como el régimen de extracción de agua por parte de las desalinizadoras de Alicante I y II, que permita evaluar el impacto de la explotación de dichas plantas sobre los acuíferos y por tanto sobre los niveles de agua en el Saladar



2. METODOLOGÍA

Para el desarrollo de los trabajos, y con el fin de poder ajustarse a una evolución ambiental del emplazamiento más precisa, se ha propuesto dar continuidad a la metodología llevada a cabo por la UPCT, esta se centra en 3 campos principales, donde en cada uno de ellos se lleva a cabo una metodología específica. Por otro lado, con el fin de mantener una mejor comprensión de los trabajos, se ha mantenido la nomenclatura utilizada por la UPCT para la denominación de los pozos de control, los puntos de muestreo de suelos y una selección de 39 puntos descriptivos del saladar y 7 transectos en los esteros inundados para la caracterización de las especies.

2.1. HIDROGEOLOGÍA

Las campañas de campo para la toma de datos de piezometría, salinidad y conductividad eléctrica se llevan a cabo cada mes siempre manteniendo una separación entre medidas de al menos 15 días y tienen una duración de uno o dos días. El procedimiento por seguir en cada uno de los puntos de control es el siguiente:

- Fotografía de cada punto de control.
- Ficha con anotaciones sobre el estado de cada piezómetro.
- Calibración de la sonda con dilución preparada y verificación in situ previo al comienzo de las mediciones según norma ISO 9901:2000.
- Registro de la profundidad de la capa de agua (nivel estático) con sonda eléctrica hidronivel de precisión centimétrica y consecuente anotación de la lectura y hora de medida.
- Lectura de datos de temperatura y conductividad eléctrica a lo largo de todo el perfil vertical de los piezómetros con dispositivo Level Scout configurado para obtener medidas de CE y T^a a intervalos de un segundo. Lo cual permite identificar la profundidad de posibles interfases agua dulce/salada, así como gradientes de salinidad.
- Cerrado del pozo y limpieza de la sonda.

Los datos se vuelcan en hoja Excel una vez en la oficina y se completan los perfiles de temperatura, salinidad y piezometría que posteriormente se utilizan en la elaboración del informe. Además, para la redacción del informe se hace uso de los datos proporcionados por Ayesa sobre el plan de riego y las extracciones de las desaladoras, así como los datos de la estación meteorológica Alicante-Elche Aeropuerto de la AEMET.



3. CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO FÍSICO

3.1. FISIOGRAFÍA E HIDROLOGÍA SUPERFICIAL

El Saladar de Agua Amarga se localiza en la cuenca baja del Río Vinalopó, concretamente en su margen derecho.

Se caracteriza por tener un relieve llano, con cotas que rondan entre los 0 msnm y 5 msnm, al norte del saladar se ubica la Sierra de Colmenares, con cotas máximas que rondan los 85 msnm. Al sur, el Saladar linda con la Sierra de Santa Pola, con cotas que se aproximan a los 140 msnm. Al este, el emplazamiento limita con el Mar Mediterráneo, separándose del mismo por el cordón dunar de la Playa de Los Saladares.

Se ha realizado una batida de reconocimiento por la zona y no se han identificado cursos de agua superficiales permanentes, más allá de los canales aluviales de la Sierra de Colmenares que vierten al saladar durante periodos torrenciales. Tampoco se han identificado manantiales.

3.2. CLIMATOLOGÍA

En cuanto a la climatología, para la caracterización de la zona, se han considerado los datos meteorológicos de la estación meteorológica nº 83600. Alicante-Elche Aeropuerto perteneciente a la red nacional de la AEMET. La misma se encuentra ubicada a 1 km de distancia al suroeste de la zona objeto de estudio, dista a menos de 2 km de la línea de costa y se dispone a una altitud de 43 m.s.n.m.

Para la serie 2011-2024 la temperatura media anual en la zona de estudio es de 19,0 °C, con un incremento promedio anual de 0,04 °C/año (Figura 3), para esta evaluación de la temperatura anual no se han considerado los valores del primer semestre de 2024, puesto que al no tomar datos de temperatura en los meses de verano se desvirtúa la serie histórica. Las precipitaciones anuales acumuladas se sitúan de promedio en torno a 301,06 mm/año y la evapotranspiración potencial en 896 mm/a. Según la clasificación de Papadakis, el clima es del tipo mediterráneo semiárido subtropical-semicálido. En el gráfico de la Figura 5 se han representado los valores de precipitación (mm) y temperatura (°C) mensuales del periodo enero de 2010 – septiembre de 2024. Se presenta la evolución desde el año 2011 puesto que, desde entonces se ha llevado a cabo el control piezométrico e hidroquímico del acuífero costero superior del saladar de Agua Amarga.

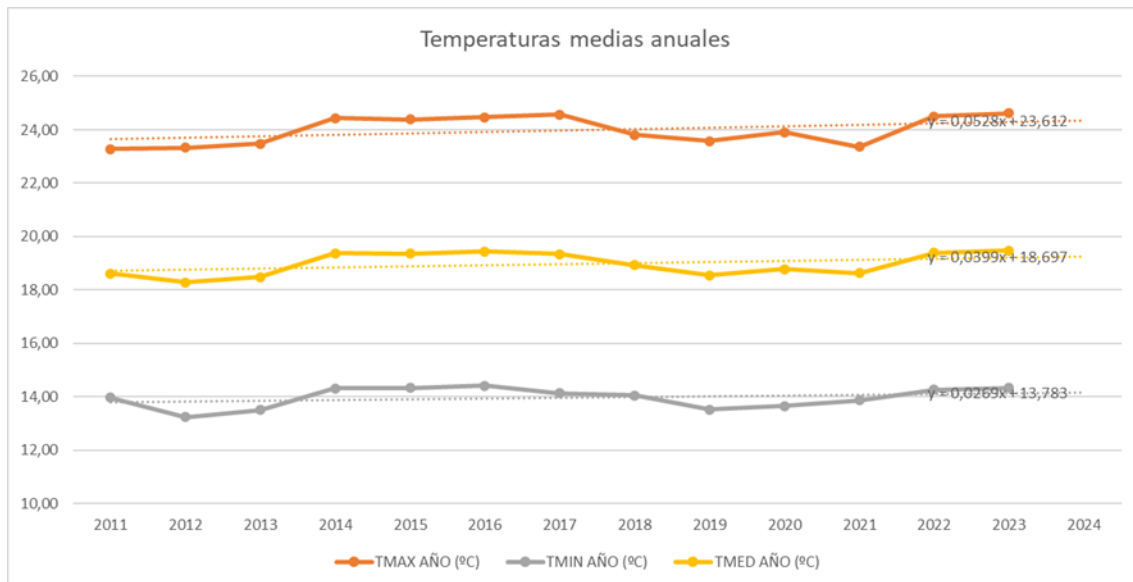


Figura 3. Temperaturas máximas, medias y mínimas promedio anuales durante el periodo 2011-2023. AEMET-Estación meteorológica de El Altet, Alicante.

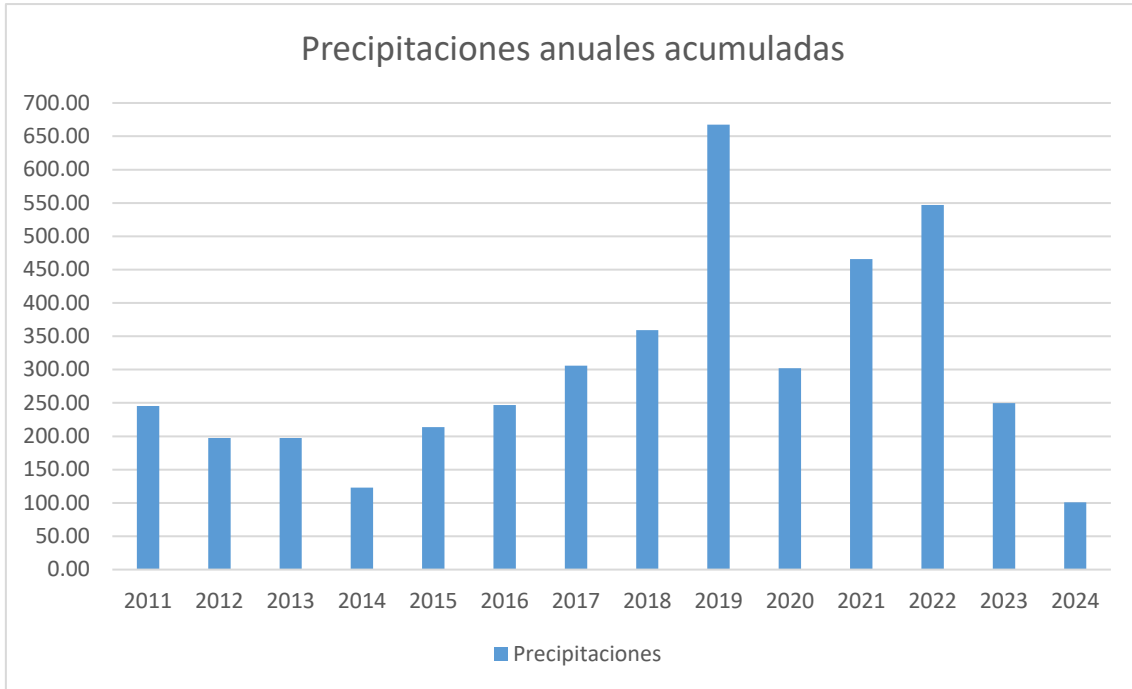


Figura 4. Precipitaciones anuales acumuladas durante el periodo enero 2011-septiembre 2024. AEMET-Estación meteorológica de El Altet, Alicante.

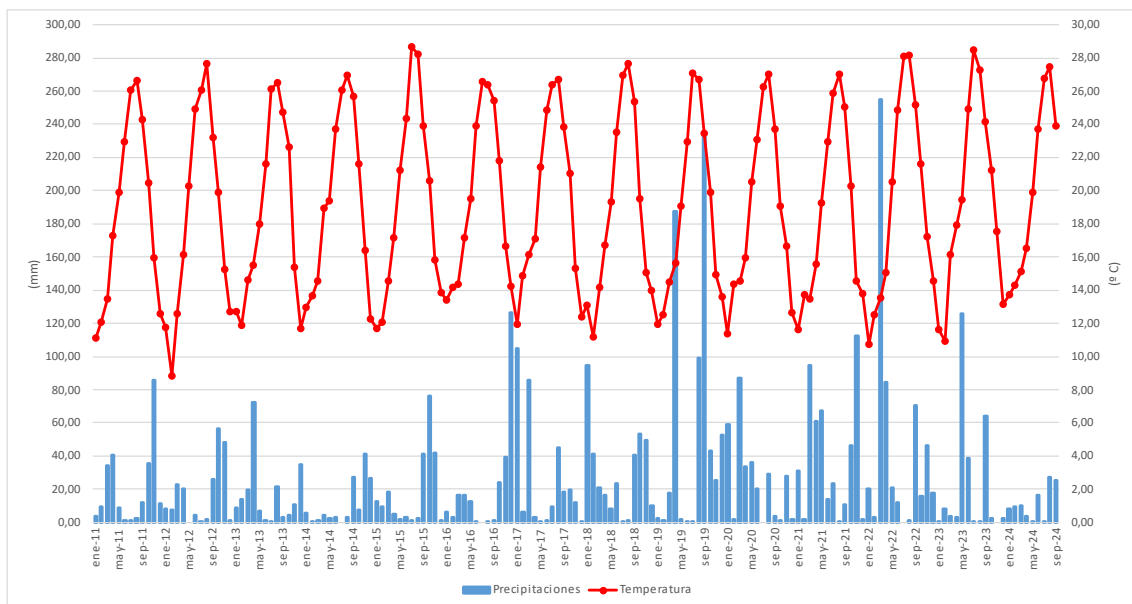


Figura 5. Precipitaciones acumuladas y temperaturas medias mensuales durante el periodo enero 2011-septiembre 2024. AEMET-Estación meteorológica de El Altet, Alicante.

La temperatura media y las precipitaciones acumuladas del trimestre Julio-septiembre de 2024 han sido de 26,07 °C y 52,70 mm, respectivamente (Figura 6). Comparando con el mismo trimestre del periodo de lecturas 2011-2024, esta temperatura es aproximadamente igual a la temperatura promedio (26,02 °C) y las precipitaciones acumuladas son inferiores respecto al promedio (60,9 mm).

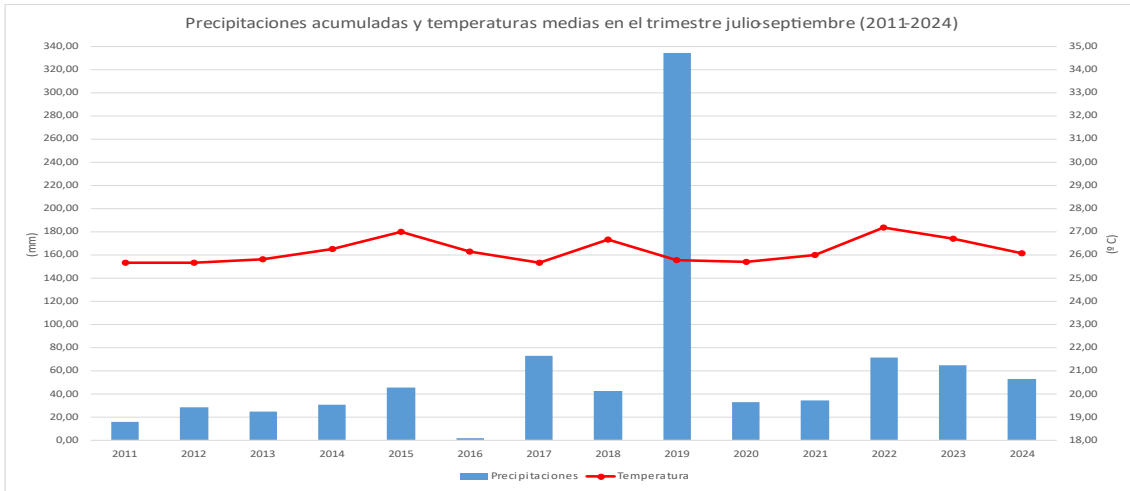


Figura 6. Precipitaciones acumuladas y temperaturas medias del trimestre julio - septiembre durante el periodo 2011-2024. AEMET-Estación meteorológica de El Altet, Alicante.

Los valores de precipitación acumulada de cada año hidrológico (septiembre-agosto) desde el inicio de la toma de datos (Figura 7), presentan un promedio de 315 mm. Durante el periodo existen años secos, con precipitaciones acumuladas hasta 250 mm/año, como es el caso de los años hidrológicos 2011-2012, 2013-2014, 2014-2015, y 2015-2016; años húmedos, con precipitaciones acumuladas mayores a 350 mm/año como los años hidrológicos 2016-2017, 2018-2019 y 2021-2022; y años medios, con precipitaciones acumuladas entre 250 mm/año y 350 mm/año tales como los años hidrológicos 2012-2013, 2017-2018, 2020-2021 y 2022-2023. Las precipitaciones acumuladas hasta la fecha del ciclo 2023-24 son de 144,8 mm. Considerando las precipitaciones acumuladas hasta el mes de agosto y considerando que en la serie histórica de la zona apenas se han registrado precipitaciones en los meses de junio y agosto, se prevé que el presente ciclo hidrológico corresponda con un año seco.

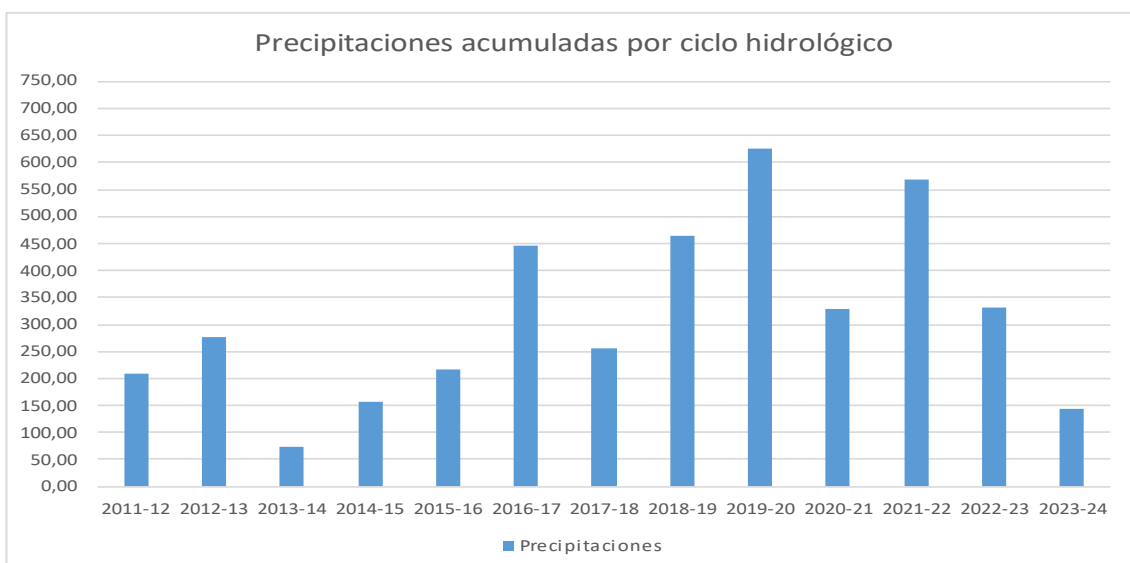


Figura 7. Precipitaciones acumuladas durante los años hidrológicos 2011-2024. AEMET-Estación meteorológica de El Altet, Alicante.



3.3. GEOLOGÍA

La zona estudiada se ubica sobre la sutura que limita las Zonas Internas de las Externas de las Cordilleras Béticas. Este accidente corresponde a una falla de desgarre, de carácter senestral, con más de 600 Km de longitud (Cádiz–Alicante), y desplazamientos horizontales de cientos de kilómetros, que se mantuvo activa hasta el Mioceno Medio (Serravallense).

Sobre este accidente se han desarrollado una serie de cuencas neógenas de carácter marino, entre las que se encuentra la de Elche–Santa Pola, donde se ubica el saladar objeto del presente informe.

El sustrato de esta cuenca es de carácter margoso-calcáreo en su borde septentrional (secuencias asignadas al Prebético Meridional), mientras que en el flanco sur corresponde a secuencias metapelíticas y dolomíticas asignadas al Complejo Alpujárride.

En concreto el área cartografiada se sitúa en el borde meridional de la ya mencionada cuenca Elche-Santa Pola, en la que tras la deposición de materiales eminentemente marinos, hasta el Mioceno Medio, le sigue un periodo típico de plataforma continental, que origina la aparición de rocas areniscosas en medios muy energéticos, que alternan con otros menos someros, de borde de plataforma, debido a fluctuaciones del nivel del mar, de carácter margoso.

Después de esta fase marina, entre el Plioceno Superior y el Cuaternario, se produce un retroceso de la línea de costa, que procura el depósito de una serie continental, entre la que aparecen además facies lacustres, que si bien en la superficie de la zona de estudio no se han podido describir, al norte de esta llega a alcanzar una potencia importante.

Por último, ya en el Cuaternario, el avance de la línea de costa hacia el continente permite la vuelta de medios muy energéticos, que originan rocas areniscosas.

El desarrollo de estos materiales se da en un ambiente árido o semiárido, lo que propicia la formación de caliches y costras calcáreas, ligadas a la precipitación de carbonato cálcico lateral y vertical de los relieves carbonatados que bordean el saladar. Las fluctuaciones eustáticas dan lugar desde depósitos de dunas y de marisma, en el Pleistoceno, hasta de playas fósiles y actuales en el Holoceno, que afloran en el margen oriental del emplazamiento.



Así, considerando esta historia regional, la geología local de la zona de estudio se compone exclusivamente por materiales del Holoceno (cuaternario más reciente) compuestos por arenas de playa asociadas a la línea de costa, de hasta 4 m de espesor, arcillas vadosas asociadas al saladar de agua Amarga, de hasta 6 m de potencia y los suelos que cubren amplias extensiones al E del saladar.

A continuación, se presenta un extracto del mapa geológico de la zona (MAGNA 50, Hoja 893-Elx) realizado por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME), así como un corte geológico esquemático de la zona de estudio que comprende desde el Faro de Santa Pola (al sur) hasta Sierra del Colmenar de elaboración propia.

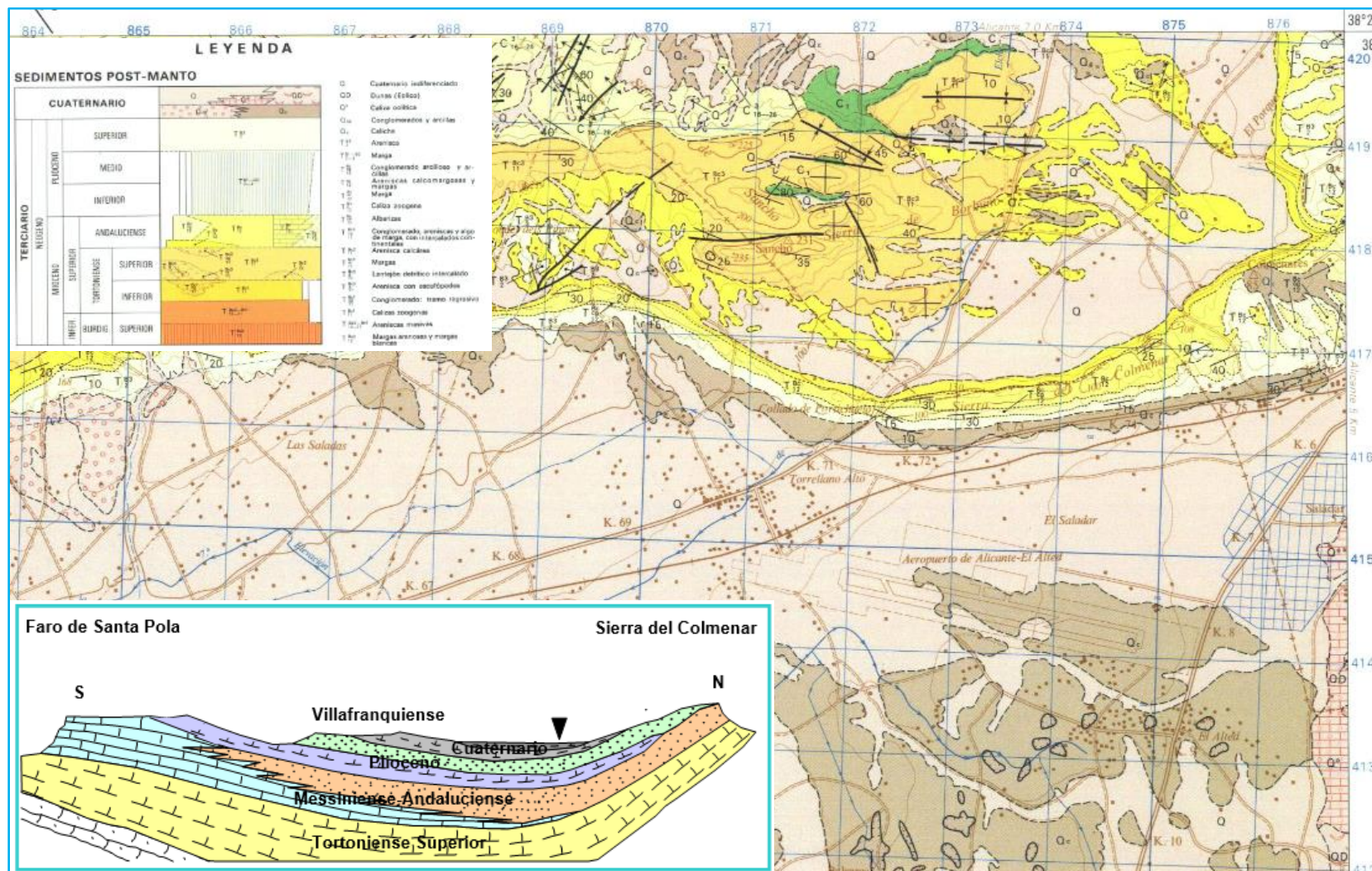


Figura 8. Mapa geológico de la zona de estudio (en azul claro) del IGME (MAGNA 50, Hoja 893-Elx) y corte geológico esquemático.



- Areniscas, areniscas calcáreas y calcarenitas del Tortonense superior: los sondeos que captan este acuífero, así como las observaciones de campo, indican que se trata de un buen acuífero o regular, dependiendo del porcentaje en cemento y de los niveles margosos intercalados.
- Calizas arrecifales y areniscas del Andaluciense: paquete calizo y calco-margoso, que presenta notables variaciones laterales de facies. En general, la porosidad y permeabilidad de los tramos más calcáreos presenta, en "visu", valores altos, y es debida, fundamentalmente, a fenómenos de disolución. Respecto a los tramos más areniscosos, los datos que aportan los sondeos indican que son productivos.
- Areniscas del Plioceno superior: En general, la formación presenta una permeabilidad intergranular bastante alta.
- Acuíferos cuaternarios: en este grupo se incluyen, tanto la formación de caliches como la alternancia de arenas, arcillas y gravas que constituyen el acuífero Cuaternario Superficial, formado por limos y un primer nivel de gravas; Profundo Superior, constituido por un segundo tramo de gravas y arenas; y Profundo Inferior, que lo conforma un paquete de gravas de unos 100 m de profundidad media. Este es el principal nivel acuífero sobre el que se asienta el Saladar de Agua Amarga.

La alimentación se produce por infiltración del agua de lluvia e infiltración de excedentes de bombeo. Las salidas se producen fundamentalmente mediante bombeo, emergencias y salidas subterráneas al mar.



4. EXPLOTACIÓN DE LAS DESALADORAS

4.1. EXPLOTACIÓN DE LA DESALADORA I

La desaladora de Alicante DA-I se abastece de agua de mar a partir de 33 pozos verticales, y cuenta 9 bastidores de ósmosis inversa con una capacidad de producción de 57.500 m³/día, las coordenadas geográficas de los pozos se presentan a continuación:

Tabla 1. Coordenadas geográficas de los pozos de captación de la DA-I (UTM 30N, ETRS89)

Pozo	Y	X	Profundidad (metros)	Pozo	Y	X	Profundidad (metros)
Pozo 1	4242107,70	716935,03	50	Pozo 18	4242400,02	716998,65	50
Pozo 2	4242126,32	716938,91	50	Pozo 19	4242239,50	716949,00	100
Pozo 3	4242144,97	716944,24	50	Pozo 20	4242341,74	716965,21	100
Pozo 4	4242167,28	716948,02	50	Pozo 21	4242364,21	716974,82	100
Pozo 5	4242187,75	716951,84	50	Pozo 22	4242381,02	716980,20	100
Pozo 6	4242206,36	716955,72	50	Pozo 23	4242455,51	716997,16	150
Pozo 7	4242226,83	716959,55	50	Pozo 24	4242492,74	717004,91	150
Pozo 8	4242249,18	716964,78	50	Pozo 25	4242529,85	717008,29	150
Pozo 9	4242269,64	716968,61	50	Pozo 26	4242199,83	716919,43	150
Pozo 10	4242282,67	716971,17	50	Pozo 27	4242177,44	716912,74	150
Pozo 11	4242295,73	716975,20	50	Pozo 28	4242156,94	716907,45	150
Pozo 12	4242308,76	716977,77	50	Pozo 29	4242134,59	716902,22	150
Pozo 13	4242327,38	716981,64	50	Pozo 30	4242108,38	716891,25	150
Pozo 14	4242340,40	716984,21	50	Pozo 31	4242250,29	716937,04	150
Pozo 15	4242355,32	716988,18	50	Pozo 32	4242324,00	716951,00	150
Pozo 16	4242372,08	716992,11	50	Pozo 33	4242405,18	716983,93	150
Pozo 17	4242385,11	716994,68	50				

En la siguiente figura se muestra el volumen extraído del acuífero durante el periodo correspondiente al control piezométrico en la zona del Saladar (enero 2011 – septiembre de 2024). La cantidad de agua subterránea captada durante este periodo ha sido de 321,08 hm³.

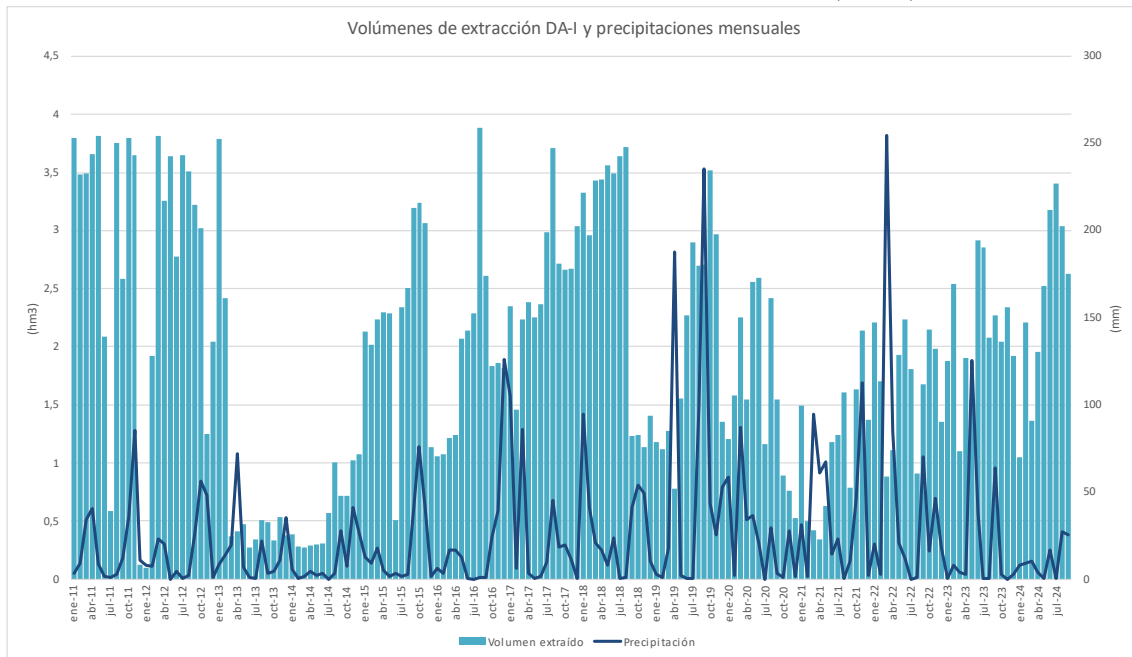


Figura 10. Volúmenes de agua de mar extraídos para la DA-I y precipitaciones mensuales durante el periodo enero 2011-septiembre 2024.

El régimen extractivo no se ha mantenido constante en el tiempo. Donde es posible establecer varios períodos:

- De enero 2011 hasta febrero de 2013, con un promedio de 2,82 hm³/mes, con valores mínimos de 0.13 y 0.09 hm³/mes en los meses de diciembre de 2011 y enero de 2012 respectivamente, y máximos de 3,82 hm³/mes registrados en mayo de 2011.
- De febrero de 2013 hasta diciembre de 2014, con un promedio de 0,59 hm³/mes. La diferencia entre el mes con un valor máximo de 1,08 hm³ registrado en diciembre de 2014 y el mínimo con 0,28 hm³ registrados en marzo de 2014 es pequeña en comparación con el contraste existente en el anterior periodo. Donde destaca un aumento en las extracciones durante el último semestre de 2014, con un promedio de 0,85 hm³/mes, frente a 0,3 hm³/mes del primer semestre del mismo año.
- Desde diciembre de 2014 hasta agosto de 2018, se presenta aumento progresivo con el tiempo en los caudales mensuales extraídos, con un promedio de 2,44 hm³/mes. El valor máximo es de 3,88 hm³ registrado en agosto de 2016 y el mínimo de 0,51 hm³ registrado en junio de 2015.
- Desde septiembre de 2018 hasta la actualidad se presenta un régimen variable, con un promedio de 1,76 hm³/mes, con periodos de mayor intensidad con un promedio de 2,84 hm³/mes registrado en el periodo junio - septiembre de 2019, 2,89 hm³/mes registrado en junio-julio de 2023 o 3,02 hm³/mes registrado



recientemente en este periodo de julio - septiembre de 2024. Por otro lado, en este periodo de régimen variable se han registrado periodos de menor extracción con 0,47 hm³/mes de promedio en el periodo febrero - mayo de 2021.

Durante el trimestre julio - septiembre de 2024, el promedio ha sido de 3,02 hm³ /mes, superior a la media correspondiente al mismo trimestre de años precedentes (2,23 hm³/mes, Figura 11).

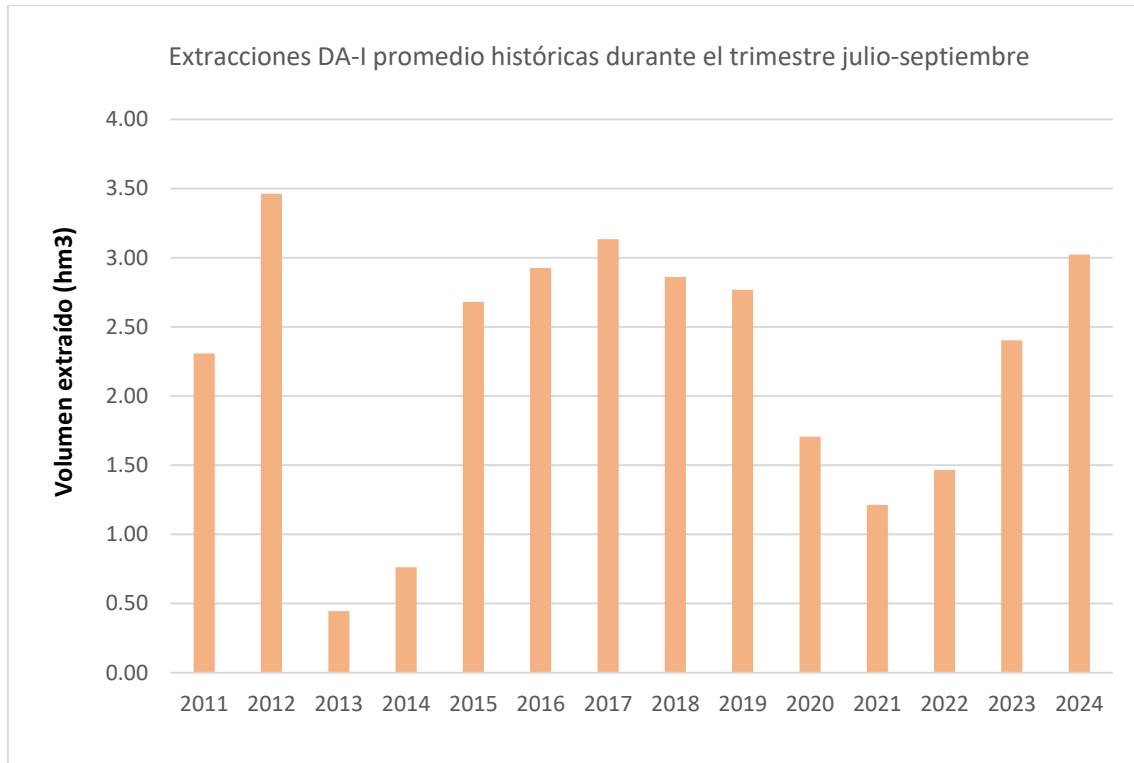


Figura 11. Volúmenes de agua de mar extraídos promedio para la DA-I durante el trimestre julio-septiembre entre 2011-2024.

Tal y como se expone en la Figura 11 no existe una correlación directa clara entre las lluvias y las extracciones. Si bien durante el primer periodo se producía un detrimento en las extracciones tras los meses más lluviosos, a partir de febrero de 2013 desaparece esta relación. En general, las extracciones aumentan durante los meses de verano, cuando aumenta la demanda de agua (coincidiendo con la época del año más seca) y disminuye durante la primavera y el invierno.



4.2. EXPLOTACIÓN DE LA DESALADORA II

Respecto a la desaladora de Alicante DA-II la captación se realiza mediante 65 baterías de drenes en el interior de un túnel de 3,5 m de ancho por 3,5 m de alto por 1 kilómetro de longitud. Todo ese volumen de agua se almacena en el túnel y en la cántara ubicada en la boca de entrada de este, desde donde es bombeada por potentes bombas sumergidas hacia la estación de tratamiento de la desaladora. Los volúmenes bombeados cada mes junto con los valores de precipitación acumulada mensual, desde enero de 2011 hasta septiembre de 2024, pueden verse en la Figura 12. Las coordenadas de los extremos del túnel se presentan en la tabla a continuación:

Tabla 2. Coordenadas geográficas de los extremos del túnel de captación de la DA-II (UTM 30N, ETRS89)

	Longitud/Latitud ETRS 89		Longitud/Latitud ETRS 89		ETRS 89 Huso 30	
	Longitud	Latitud	Longitud	Latitud	X	Y
Alicante II	38° 17' 53,27''	0° 31' 12,8''	38,298131	-0,520223	716833.73	4241800.85

En la Figura 12 se muestra el volumen bombeado cada mes junto con los valores de precipitación acumulada mensual desde enero de 2011 hasta septiembre de 2024 (periodo correspondiente al control piezométrico en la zona del Saladar). La cantidad de agua marina captada durante este periodo ha sido de 267,3 hm³.

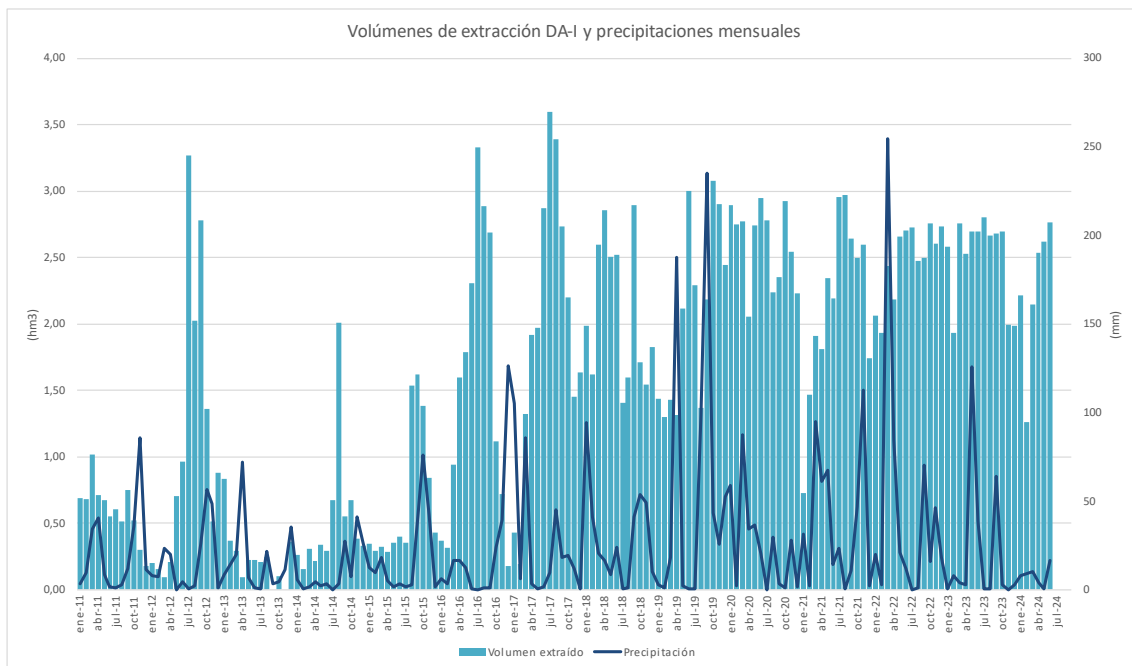


Figura 12. Volúmenes de agua de mar extraídos para la DA-II y precipitaciones mensuales durante el periodo enero 2011-septiembre 2024.



En los años 2011, 2013 y 2015 el régimen extractivo fue el más bajo, entre 0,27 y 0,67 hm³/mes. El aumento de la demanda observado en julio del 2012 se debe a la rotura del túnel del Postrasavase del Tajo-Segura a la altura de Ulea (incidencia ocurrida el 26/6/12). Se ha de tener en cuenta, además, que se produjeron fallos en el caudalímetro durante los meses de agosto, septiembre y octubre de 2013, por lo que la cifra es inferior a la real. Los “picos” en la extracción se producen en verano, cuando aumenta la demanda. Desde marzo de 2016, salvo el primer trimestre de 2017, se ha mantenido un régimen extractivo más alto con un promedio de 2.22 hm³ /mes. De igual manera que en la desaladora DA-I no se aprecia una correlación directa clara entre las extracciones y las precipitaciones.

Comparando con el periodo julio - septiembre histórico (Figura 13), las extracciones promedio en 2024 (2,43 hm³ /mes) se encuentran por encima del promedio de la serie 2011-2024 (2,06 hm³ /mes).

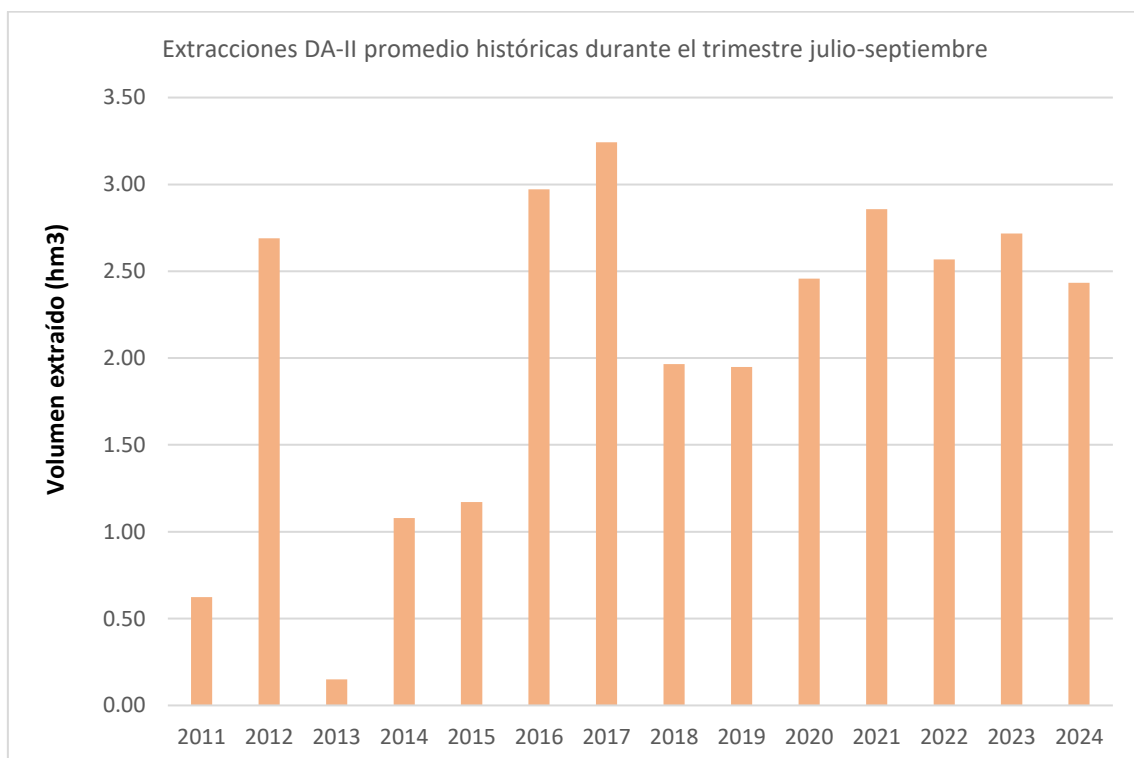


Figura 13. Volúmenes de agua de mar extraídos promedio para la DA-II durante el trimestre julio-septiembre entre 2011-2024.

Los volúmenes anuales acumulados (Figura 14) manifiestan que las extracciones más bajas han sido las del año 2013 con un volumen de 2,93 hm³ y las más altas las de 2020 con un volumen de 31,24 hm³.

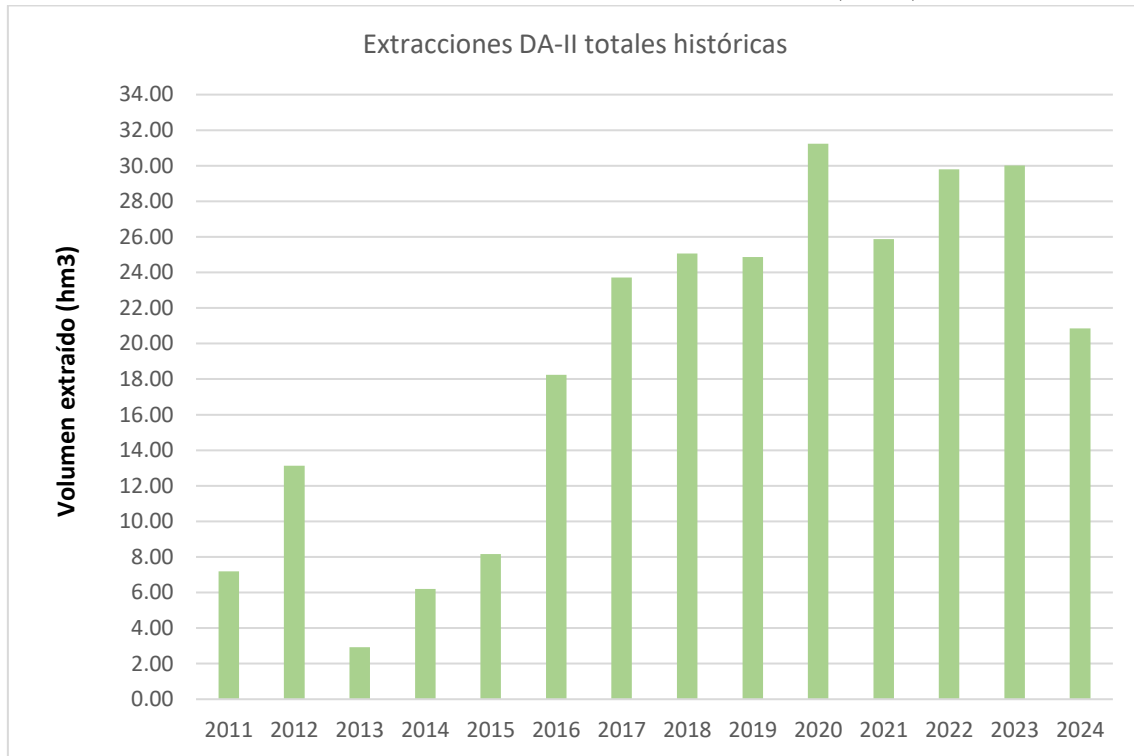


Figura 14. Volúmenes de agua de mar anuales extraídos para la DA-II durante el periodo enero 2011-septiembre 2024.

5. RIEGOS EN LAS SALINAS

La MCT ha diseñado un plan de riego con agua de mar en las antiguas salinas de Agua Amarga, acorde con las directrices expuestas en el estudio de impacto ambiental de la ampliación de la DA-I. La distribución espaciotemporal de los volúmenes vertidos, previstos en el plan de inundaciones a largo plazo, responde a criterios hidrogeológicos (seguimiento de las oscilaciones piezométricas) y de distribución de especies de flora de interés.

Desde el año 2010 la MCT viene elaborando sucesivos programas de riego con la finalidad de evitar la depresión del nivel freático del acuífero de Agua Amarga, por la explotación de las desaladoras que operan, y la consecuente afección que a los ecosistemas húmedos asociados puede generar. Por ello han tenido que ir realizando ajustes en los programas en función del desarrollo favorable de vegetación en el saladar considerando como indicador la especie *Ruppia marítima*. Además, tal y como se ha mencionado en el apartado de “Antecedentes”, la proximidad del aeropuerto de Alicante-Elche, ha sido un gran condicionante en estos programas, debido a que el incremento de aves marinas ha podido y puede suponer un riesgo para la seguridad aérea.

Actualmente el documento de referencia propuesto por la MCT es el 14º Programa de Riegos, el cual consiste en inundar y mantener una lámina mínima de 10 cm de agua

en los siete esteros de la zona 2 (véase Figura 15) durante dos periodos específicos: del 1 de enero al 15 de julio y del 15 de octubre al 31 de diciembre. Durante el resto del año, entre el 16 de julio y el 14 de octubre, no se regará sobre el saladar. Para llevar a cabo el seguimiento del nivel de la lámina de agua en los esteros la MCT ha instalado postes de madera en cada uno de ellos.

Los riegos a las parcelas proceden del agua almacenada en la cántara de la desaladora DA-II y captada a través del túnel y sus drenes. Ésta se distribuye a través de conducciones dispuestas perimetralmente en torno a las parcelas de las salinas y se vierte a las mismas mediante bocas de riego. La zonificación de la salina es la siguiente:

- Zona 1: zona norte del saladar, sin riego desde agosto de 2019.
- Zona 2: zona centro-este del saladar, en el actual programa de riegos es la única que se riega. En el centro de esta zona se disponen los 7 esteros inundados determinados por el programa de riegos.
- Zona 3: zona sur del saladar, sin riego desde mayo de 2015.
- Zona 4: zona oeste del saladar, sin riego actual ni histórico.

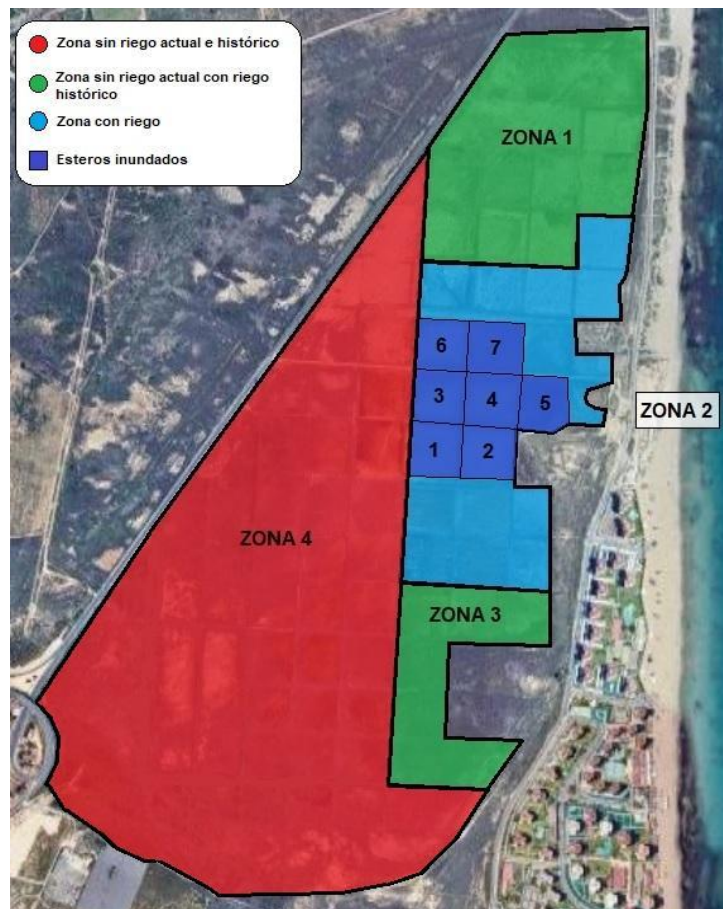


Figura 15. Zonificación de riegos del Saladar de Agua Amarga, según el 14º Programa de Riegos elaborado por la MCT.



El volumen total de riego desde que se disponen datos, es decir, desde enero de 2011 hasta junio de 2024 es de 9.761.689,8 m³. Los volúmenes de agua vertida sobre la superficie del saladar, así como los volúmenes vertidos históricos en las 3 zonas de riego se muestran en las siguientes figuras:

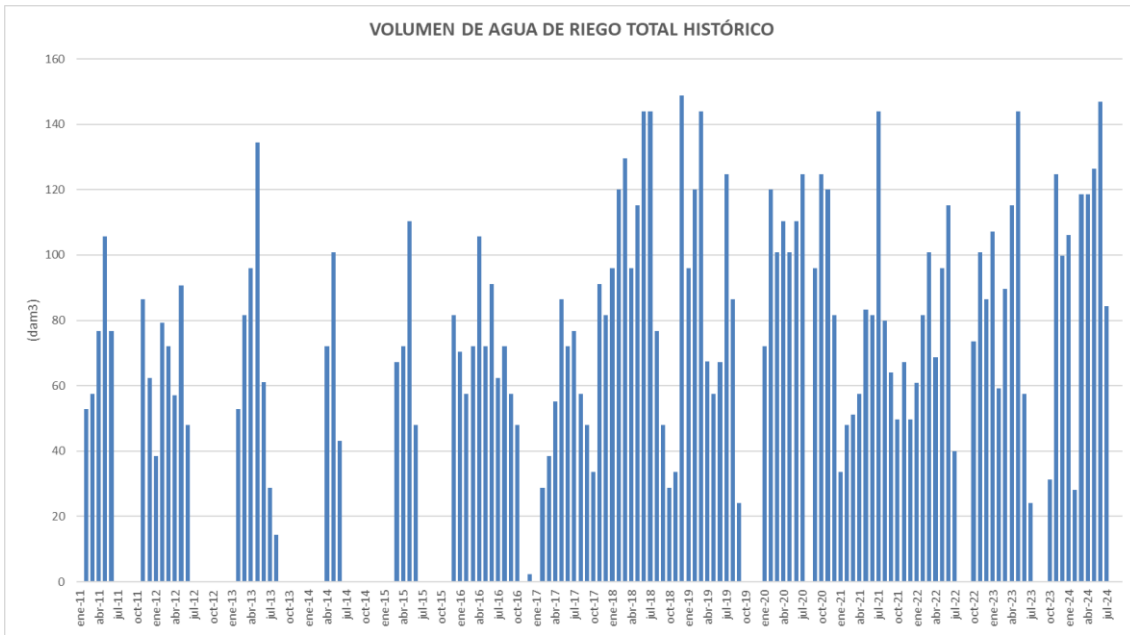


Figura 16. Volúmenes de riego mensuales aplicados sobre la superficie del Saladar de Agua Amarga, desde enero de 2011 hasta septiembre de 2024

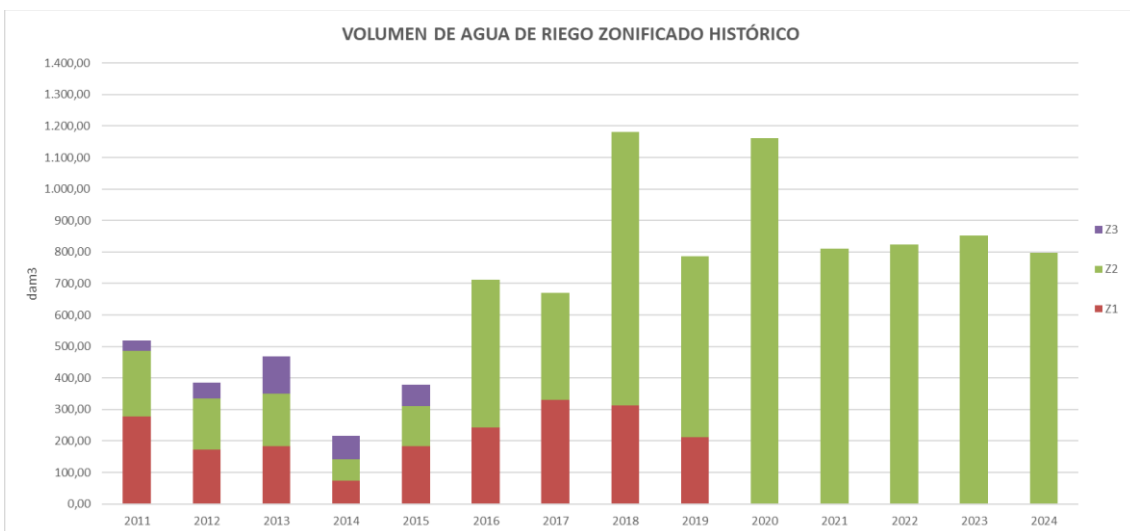


Figura 17. Volúmenes de riego anuales aplicados sobre las diferentes zonas de riego históricas del Saladar de Agua Amarga, desde enero de 2011 hasta la actualidad.

En el trimestre julio-septiembre de 2024 el volumen acumulado es de 84,25 dam³, siendo un valor por debajo del promedio histórico del trimestre (112,76 dam³), tal y como se identifica en la siguiente figura.

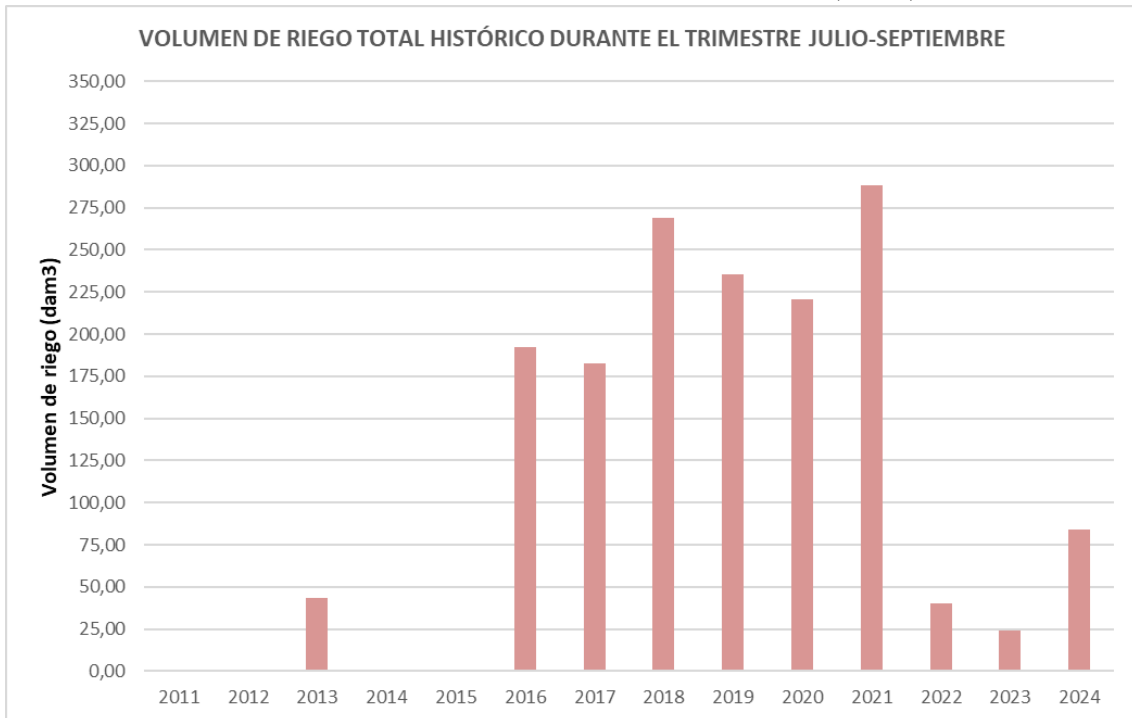


Figura 18. Volúmenes de riego durante el trimestre abril-junio del Saladar de Agua Amarga, desde enero de 2011 hasta la actualidad.

Se constató la ausencia de agua en los esteros de inundación durante las visitas realizadas a lo largo del trimestre, tal y como se establece en el actual plan de riegos, puesto que la campaña de campo de junio se realizó durante los días 29 y 30 de junio de 2024, las imágenes de los esteros secos se presentan en el ANEXO I:



Figura 19. Esteros que se identificaron secos durante las visitas de campo de julio-septiembre de 2024.

6. EVOLUCIÓN DE LA PIEZOMETRÍA, CONDUCTIVIDAD Y TEMPERATURA EN LOS PUNTOS DE CONTROL LAS SALINAS

6.1. PIEZOMETRÍA

6.1.1. Registros de campo

Profundidad de nivel de agua

Durante los días 29 y 30 de julio, 30 de agosto, y 24 y 25 de septiembre se ha realizado el control piezométrico de los 14 piezómetros de control del Saladar, en el ANEXO I se presenta un reporte fotográfico del aspecto de los puntos de control. A continuación, se muestra un plano con los piezómetros muestreados:



Figura 20. Red piezométrica de control con piezómetros muestreados durante las campañas de julio, agosto y septiembre de 2024.



Las profundidades del nivel freático registradas en cada uno de los piezómetros se presentan a continuación. Hay que considerar que las profundidades se refieren a la cota absoluta en m.s.n.m.

Tabla 3. Cotas piezométricas registradas durante el periodo abril-septiembre de 2024 en los piezómetros de control.

	D2	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P10	P11	P18	P19	P20
abr-24	-5,9	-0,9	1,55	-1,7	-1,6	-3,8	-0,6	/	-0,4	-2,6	-2,5	-4,4	-0,6	-1,3
may-24	-6,6	1,11	/	/	/	3,51	0,82	4,31	0,42	-2,5	/	-5,1	0,37	/
jun-24	-	-	/	-	/	-	-	-	-	-	-	-	-	-
jun-24	7,55	0,92	/	1,48	/	3,75	0,83	4,32	-0,4	-2,5	2,62	-6,6	1,18	1,25
jul-24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
jul-24	6,49	3,31	2,36	-1,7	1,71	4,05	0,05	4,38	2,05	2,11	2,11	-6,3	1,35	1,39
ago-24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ago-24	6,32	-4,4	2,53	1,85	1,85	4,24	0	4,65	-3,2	2,09	2,07	6,32	0,75	/
sep-24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
sep-24	7,08	4,74	2,43	1,67	1,77	4,17	0,25	5,38	3,28	2,52	2,47	-6	1,54	1,18

Perfiles de salinidad

Para la medida de temperatura y conductividad eléctrica (equivalente con la salinidad) a lo largo del perfil vertical de los piezómetros de control, se ha introducido una sonda mini-Diver la cual toma datos cada dos segundos, se ha ejecutado de forma paulatina y continua a lo largo de la longitud total de cada piezómetro, de esta forma se ha permitido reconstruir la estratificación de las aguas en alguno de los puntos, y su origen marino, continental o salobre. El análisis de los resultados obtenidos se expone en el Apartado 6.2. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA Y TEMPERATURA

6.1.2. Mapas de isopiezas

Considerando las profundidades del nivel freático de la Tabla 3, se ha elaborado un mapa de isopiezas, donde se representa la morfología de la superficie freática en el mes de septiembre. En la Figura 22 se presenta el mapa de piezometría correspondiente al periodo de verano de 2024. De la observación de la figura se puede decir lo siguiente:

- 1) La morfología de las isopiezas evidencia la presencia de un cono de depresión al que afecta a la mayor parte de la superficie del saladar, con su ápice en el noreste, consecuencia de la extracción por parte de la DA-I y de la DA-II, con una depresión piezométrica máxima registrada en el piezómetro D2 de 7,08 m (considerando que



la superficie piezométrica se ubicaría en torno a 0 o 1 m.s.n.m, si no existiese la explotación de las desaladoras). La componente horizontal del flujo subterráneo indica que el sentido de flujo circula de forma radial hacia el cono de depresión, sin embargo, sobre el saladar se observa que el sentido de flujo mayoritario es suroeste-noreste. De la misma forma que las aguas continentales, el agua marina penetra en el acuífero costero hacia el cono de depresión. Si bien es cierto que de la misma forma que el cono de depresión genera la entrada de agua marina hacia el ápice del cono, también actúa como barrera hidráulica que imposibilita la entrada del agua marina hacia continente más allá de en la zona noreste del saladar.

- 2) En la zona central del saladar se identificaba en junio de 2024 una anomalía piezométrica del cono de depresión, consecuencia del riego continuo en los 7 esteros inundados, esto hacía que la superficie piezométrica en el centro se encontraba muy próxima a superficie lo que hacía que el cono de depresión afecte en mucha menor medida al saladar, y en consecuencia, al desarrollo de la vegetación. Actualmente en el centro del saladar se registra una depresión promedio 4 m.
- 3) Los valores negativos de piezometría en todos los piezómetros establecen un potencial hidráulico de entrada del agua de mar hacia el continente, siendo los valores más bajos los situados en la parte norte del saladar con -7,08 m s.n.m registrado en el piezómetro D2. El gradiente hidráulico promedio del saladar presenta un valor de 0,0052 %, con una dirección de flujo SSW-NNE.
- 4) Las principales recargas del saladar provienen desde el SW, donde en este trimestre se ha observado un ascenso piezométrico de 0,65 m, registrado en el piezómetro P6.

A continuación, se presenta el mapa de isopiezas elaborado con los datos de septiembre de 2024, además del mapa piezométrico de junio de 2024, para observar los cambios que se han producido durante este 3er trimestre de 2024:



Figura 21. Mapa de isopiezas en m.s.n.m elaborado con los datos de la campaña de campo de junio de 2024.



Figura 22. Mapa de isopiezas en m.s.n.m elaborado con los datos de la campaña de campo de septiembre de 2024.



6.1.3. Gráficos de variaciones piezométricas

Durante el actual periodo de control se ha evidenciado un descenso considerable en los piezómetros P8 y P1, situados en las inmediaciones de los esteros de inundación, donde se ha registrado un descenso máximo de 3,82 m en el piezómetro P1, este hecho evidencia la eficacia del programa de riegos sobre la Zona 2 del saladar.

En líneas generales, más allá de en la zona central del saladar, los descensos registrados en el resto de piezómetros son de baja entidad. Con un descenso promedio de 0,015 m, sin considerar los piezómetros P1 y P8.

Por otro lado, cabe destacar que en los piezómetros P6, D2, P11, P18 y P20 se ha dado un ascenso piezométrico, con un valor máximo de 1,08 registrado en el piezómetro P6.

Además, se ha identificado un aumento en las extracciones promedio de agua durante el tercer trimestre en comparación con el segundo trimestre. En el tercer trimestre, Desaladora I registró una extracción de 3,02 hm³, mientras que Desaladora II extrajo 2,43 hm³, sumando un total de 5,45 hm³. En contraste, durante el segundo trimestre, Desaladora I extrajo 2,55 hm³ y Desaladora II 2,64 hm³, lo que resultó en un total de 5,19 hm³.

Generalmente el incremento de extracción de agua, durante los meses estivales se debe principalmente a un aumento de la demanda hídrica. El aumento en las extracciones durante el tercer trimestre podría explicar los descensos leves observados en los niveles piezométricos, más pronunciados en los puntos P1 y P8 donde el programa de riego no estaba activo en estas fechas.

Descensos leves en la mayoría de piezómetros debido a que las precipitaciones acumuladas fueron la más elevadas en lo que llevamos de año (primer trimestre: 27,4 mm; segundo trimestre: 20,9 mm; tercer trimestre: 52,7 mm) que podría estar contrarrestado el aumento de las extracciones.

A continuación, se presenta una gráfica de las variaciones piezométricas registradas en los piezómetros de control durante el periodo de abril - septiembre 2024:



SEGUIMIENTO Y VIGILANCIA AMBIENTAL DEL SALADAR DE AGUA AMARGA Y SU ENTORNO.
HIDROGEOLOGÍA, FLORA, VEGETACIÓN Y SUELOS

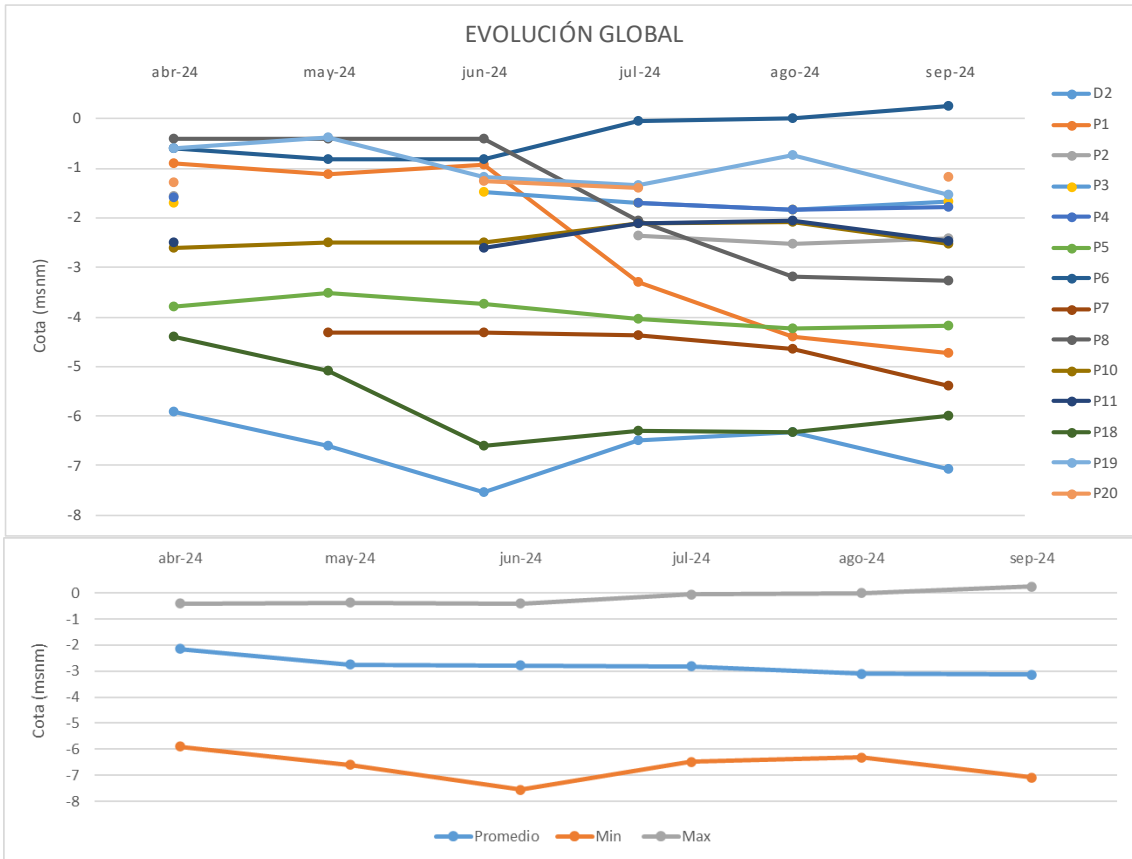


Figura 23. Evolución piezométrica de los piezómetros de control durante en el periodo abril-septiembre de 2024.

6.2. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA Y TEMPERATURA

6.2.1. Mapa de isoconductividad a 10 m de profundidad

Con los datos tomados durante la campaña de piezometría de septiembre se ha elaborado un mapa de isoconductividad a -10 m.s.n.m, a excepción de los piezómetros P1 y P19, donde se han considerado datos a -2 m.s.n.m y, del piezómetro P 6, donde se han considerado a -6 m.s.n.m. Este mapa de isoconductividad se presenta a continuación:



Figura 24. Mapa de isoconductividades eléctricas a 10 m.s.n.m elaborado con los datos de la campaña de campo de junio de 2024.



La interpretación del mapa permite hacer la siguiente clasificación de las aguas subterráneas a 10 m.s.n.m en el entorno del saladar, durante los meses donde no hay riego de los esteros:

- 1) Aguas continentales (8000-10000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ según bibliografía del entorno): si bien es cierto que el único que el único piezómetro que se clasificaría en este rango es el P6, también se considera que los piezómetros P3, P4, P5, P18, P19 y P20 se clasifican en este rango ya que se ven ligeramente afectados por la dispersión salina que generan los riegos sobre el saladar. Se ubican en el perímetro oeste norte y sur del saladar.
- 2) Aguas salobres (20000-50000 $\mu\text{S}/\text{cm}$): en esta categoría se identifican a los piezómetros D2 y P2, se presentan próximos a la línea de costa y presentan aguas de mezcla marina y continental. Se ubican al norte a medio camino entre el centro del saladar y la línea de costa.
- 3) Aguas marinas (>50000 $\mu\text{S}/\text{cm}$) en esta categoría se identifican a los piezómetros P10 y P11 con conductividades de en torno a 60000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, que son iguales que las del agua marina (analizada en el agua marina de entrada a las desaladoras) y los piezómetros P1, P7 y P8 con conductividades de entre 50000 y 58000, las cuales son ligeramente menores a la del agua marina debido a la intrusión de la cuña salina. Los primeros se ubican en la línea de costa y los últimos, en las inmediaciones de los esteros inundados.

6.2.2. Evolución temporal de la conductividad y temperatura a 10 m de profundidad

En base a la clasificación realizada en el apartado anterior se presenta la evolución de la conductividad eléctrica y temperatura general, y en las 4 categorías mencionadas:

- a) Piezómetros con aguas continentales ubicados en el perímetro del saladar, donde se tomará como referencia la evolución del piezómetro P5.
- b) Piezómetros con aguas salobres, donde se tomará como referencia la evolución del piezómetro D2.
- c) Piezómetros con aguas marinas ubicados en la línea de costa, donde se toma como referencia la evolución del piezómetro P10.



d) Piezómetros con aguas marinas-salmueras ubicados en las inmediaciones de los esteros inundados, donde se toma como referencia la evolución del piezómetro P8.

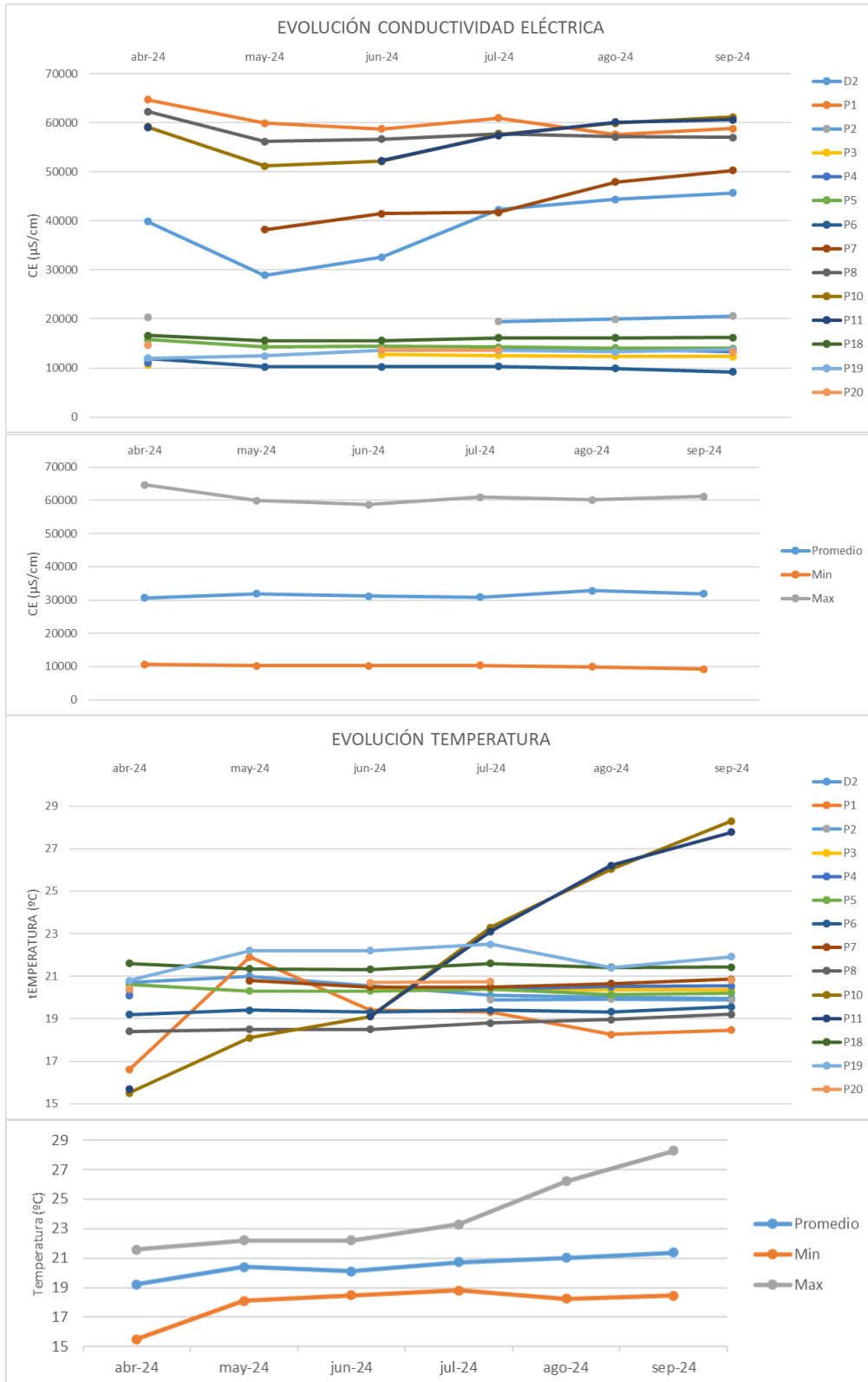


Figura 25. Evolución general de conductividad eléctrica y temperatura de la red de piezómetros de control del Saladar de Agua Amarga.



Tal y como se observa en la figura anterior, en el periodo abril-septiembre de 2024, la conductividad eléctrica en el agua subterránea se mantiene constante, con una variabilidad máxima registrada de 16776 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el piezómetro D2, esto se correlaciona con que este piezómetro es el que más se ve afectado por la explotación de las desaladoras tal y como se observa en la Figura 22, y como se observará en el siguiente apartado. Este piezómetro registra una estratificación de la columna de agua, por lo que las oscilaciones piezométricas, dependientes del volumen de explotación de las desaladoras y del régimen de precipitaciones, condicionan fuertemente la conductividad eléctrica a 10 m.s.n.m.

Respecto a la temperatura los valores se mantienen casi constantes, con un ligero incremento a medida que pasan los meses, como es lógico, debido al incremento de temperatura en los meses de verano. Cabe destacar el incremento de temperatura en los piezómetros de la franja costera P10 y P11, los cuales registran el gran incremento de la superficie marina mediterránea durante los meses de agosto.

a) Evolución de aguas continentales

En el periodo abril-septiembre de 2024, la conductividad eléctrica en los piezómetros P3, P4 P5, P6, P18, P19 y P20 oscila entre 9200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el piezómetro P6 en septiembre y 16600 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el piezómetro P18 en abril. Respecto a la temperatura los valores varían entre 19,2 °C en el piezómetro P6 en abril y 22,5 °C en el piezómetro P19 en julio. Como piezómetro representativo se utilizan las variaciones de piezometría, temperatura y conductividad eléctrica del piezómetro P5. Tal y como se observa en la siguiente figura, los parámetros de control se mantienen estables en el piezómetro P5 durante el periodo abril-septiembre de 2024.

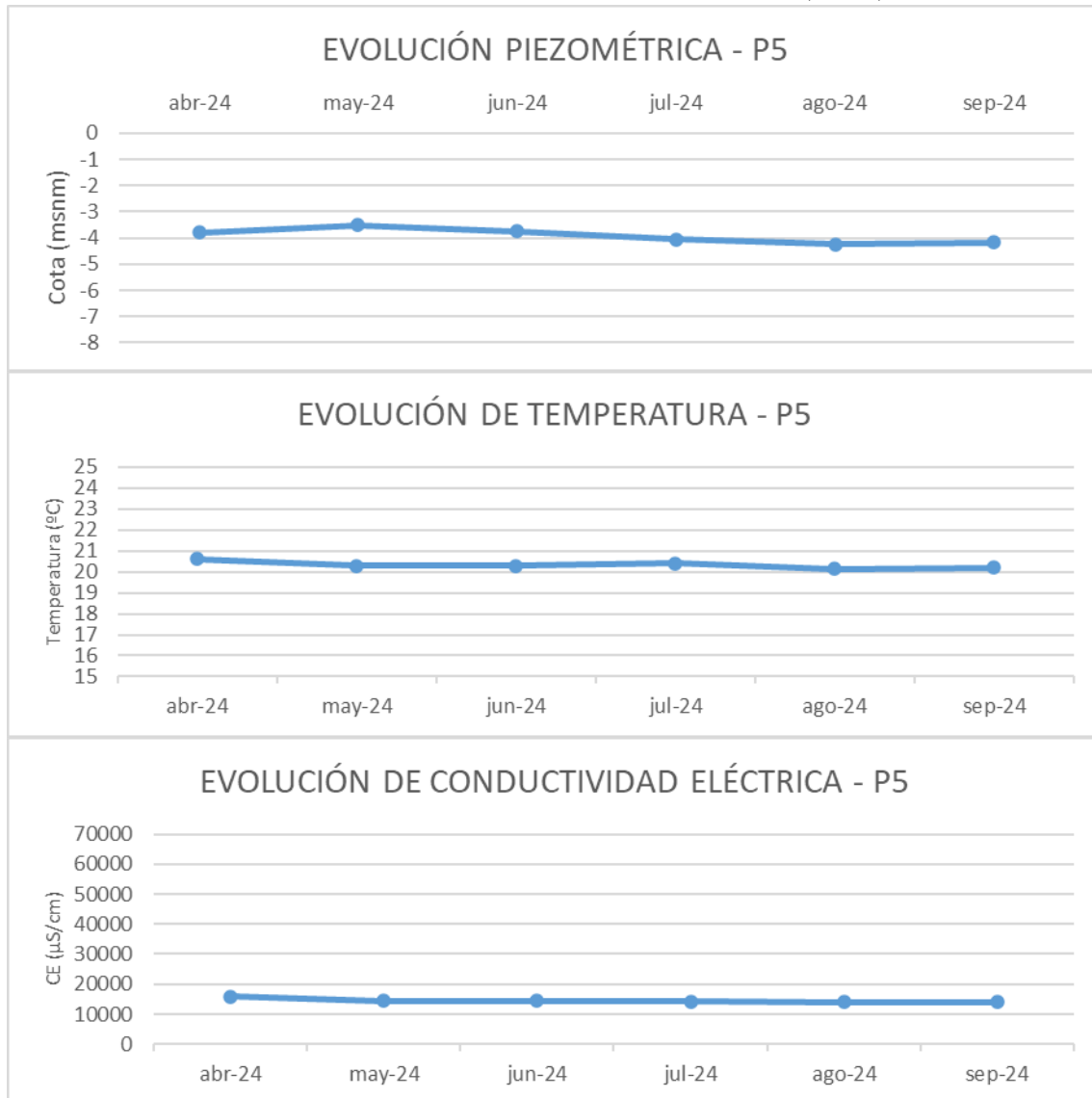


Figura 26. Evolución de piezometría, conductividad eléctrica y temperatura del piezómetro P5.

b) Evolución de aguas salobres

En el periodo abril-septiembre de 2024, la conductividad eléctrica en los piezómetros D2 y P2 oscilan entre 19456 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el piezómetro P2 en julio y 50300 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el piezómetro P7 en septiembre, debido a la influencia de la intrusión de la cuña salina marina. Respecto a la temperatura los valores varían entre 19,9 °C en el piezómetro P2 en junio, julio y agosto y 21,0 °C en el piezómetro D2 en mayo. Como piezómetro representativo se utilizan las variaciones de piezometría, temperatura y conductividad eléctrica del piezómetro D2. Tal y como se observa en la siguiente figura, no se identifica una correlación directa entre los parámetros de control en el piezómetro D2 durante el periodo abril-septiembre de 2024.

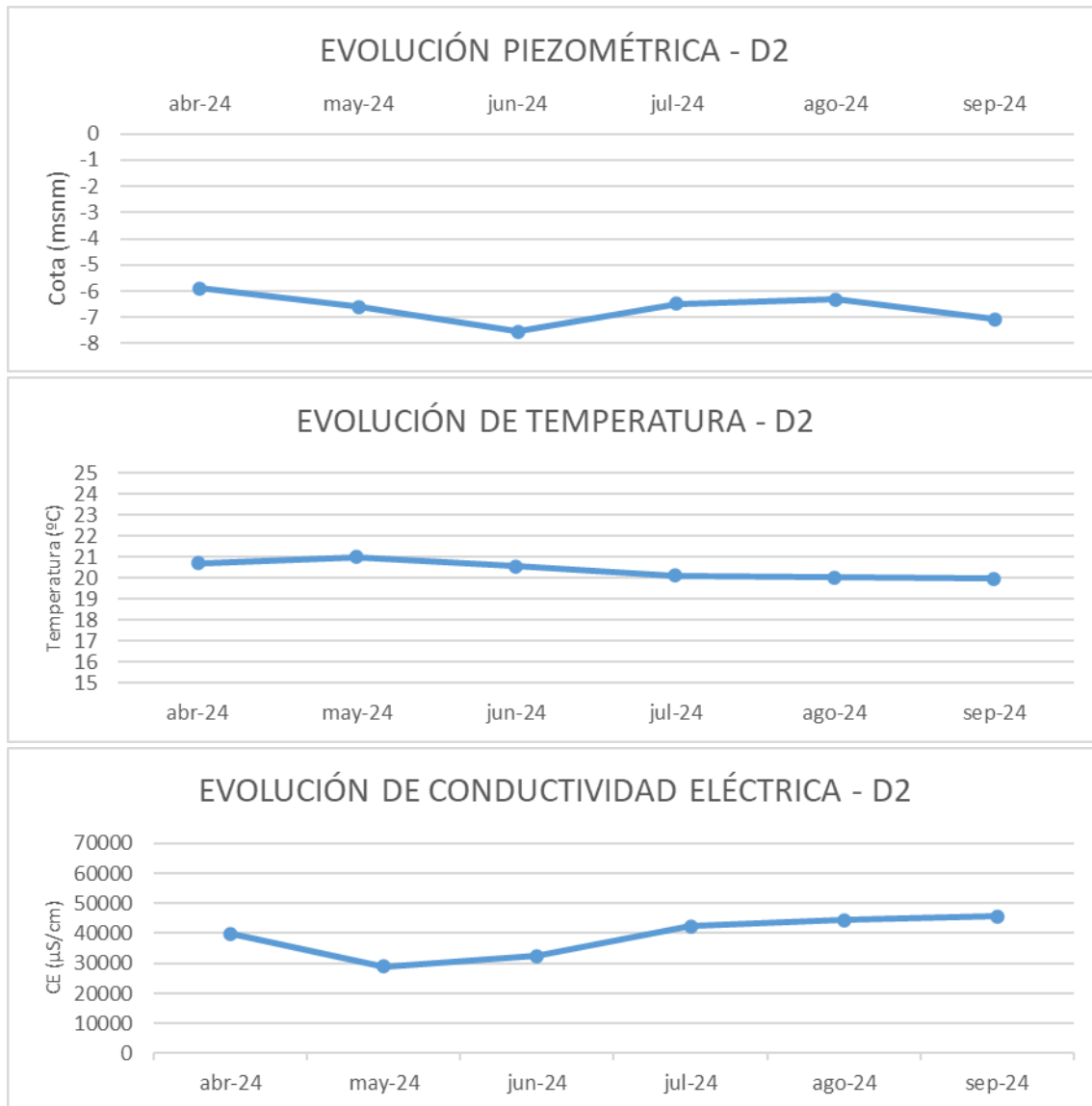


Figura 27. Evolución de piezometría, conductividad eléctrica y temperatura del piezómetro D2.

c) Evolución de aguas marinas en franja costera

En el periodo abril-septiembre de 2024, la conductividad eléctrica en los piezómetros P10 y P11 oscilan entre 51200 µS/cm en el piezómetro P10 en mayo y 61200 µS/cm en el piezómetro P10 en abril. Respecto a la temperatura los valores varían entre 15,5 °C en el piezómetro P10 en abril y 28,3 °C en el piezómetro P10 en junio, lo que supone un incremento de 12,8 °C. Como piezómetro representativo se utilizan las variaciones de piezometría, temperatura y conductividad eléctrica del piezómetro P10. Tal y como se observa en la siguiente figura, no se identifica una correlación directa entre los parámetros de control en el piezómetro P10 durante el periodo abril-septiembre de 2024.

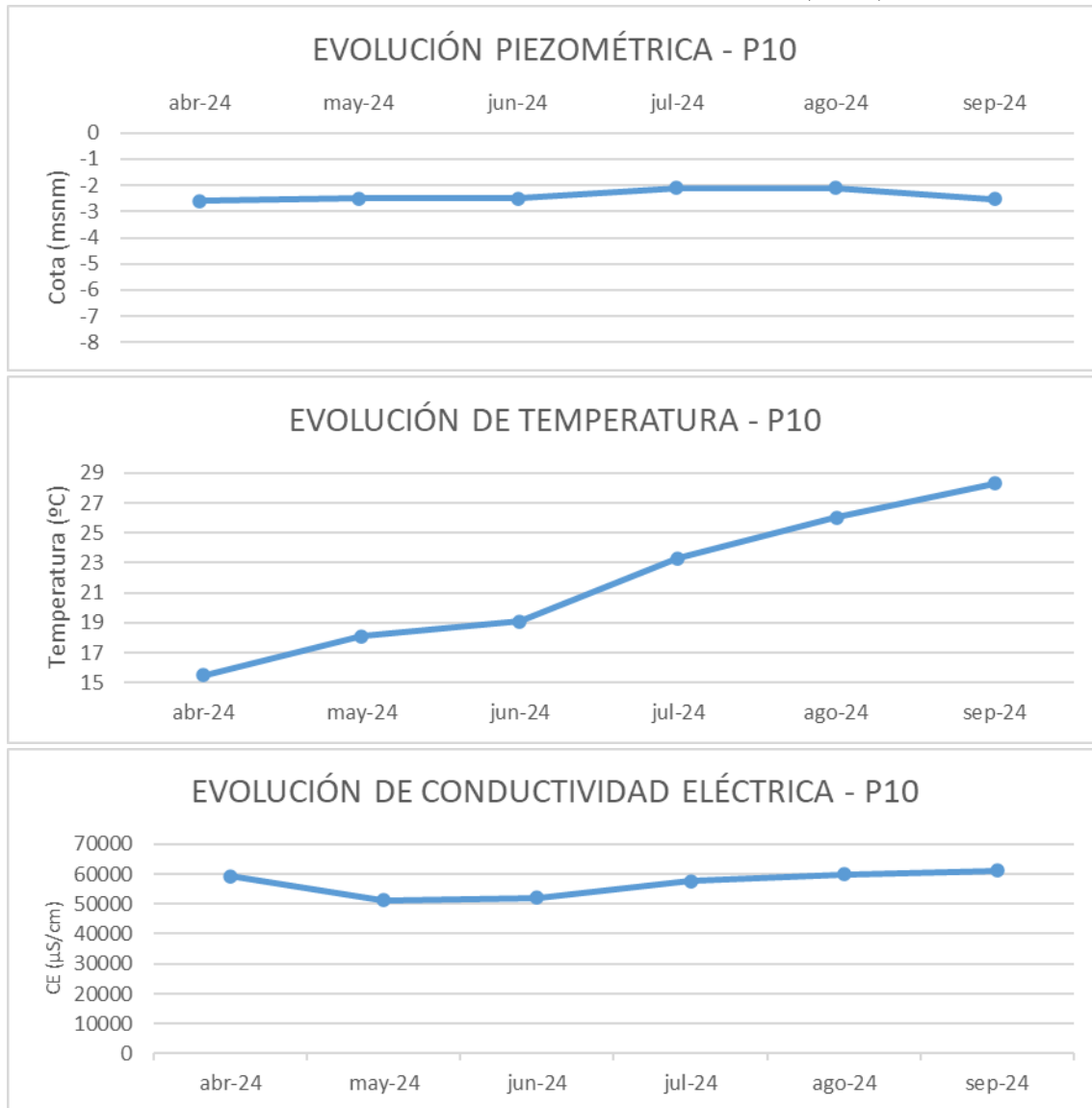


Figura 28. Evolución de piezometría, conductividad eléctrica y temperatura del piezómetro P10.

d) Evolución de aguas marinas-salmueras en esteros

En el periodo abril-septiembre de 2024, la conductividad eléctrica en los piezómetros P1 y P8 oscilan entre 56200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el piezómetro P8 en mayo y 64700 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el piezómetro P1 en abril. Respecto a la temperatura los valores varían entre 16,6 °C en el piezómetro P1 en abril y 21,9 °C en el piezómetro P1 en mayo. Como piezómetro representativo se utilizan las variaciones de piezometría, temperatura y conductividad eléctrica del piezómetro P8. Tal y como se observa en la siguiente figura, los parámetros de control se mantienen estables en el piezómetro P8 durante el periodo abril-septiembre de 2024.

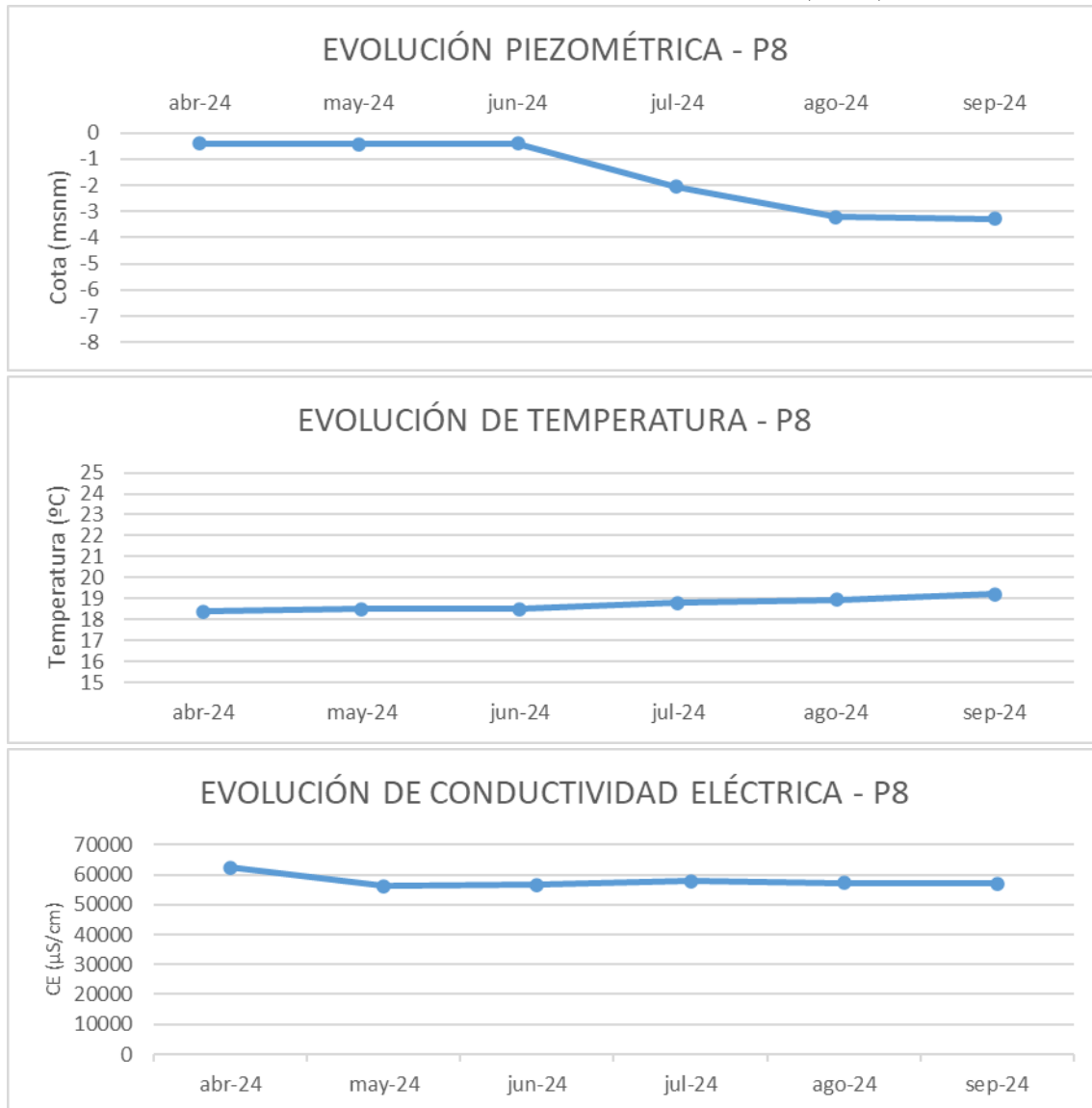


Figura 29. Evolución de piezometría, conductividad eléctrica y temperatura del piezómetro P8.

6.2.3. Variaciones de la conductividad eléctrica en profundidad

La morfología de los perfiles verticales de conductividad eléctrica en los piezómetros está determinada por la presencia de salmueras bajo el saladar, el programa de riegos y los aportes de agua de mar y agua dulce en el sistema. En relación con la morfología de los perfiles se han registrado 7 tipos de comportamiento. Si bien es cierto que en este periodo de control, debido a la ausencia de la barrera hidráulica que genera el riego sobre los esteros, la intrusión de la cuña salina ha alcanzado los piezómetros P1 y P8, haciendo que los piezómetros de tipo A y E presenten perfiles verticales de morfología similar:



Tabla 4. Clasificación de los piezómetros de control en función del comportamiento de la conductividad eléctrica a lo largo del perfil vertical.

Tipo	Descripción	Ubicación	Piezómetros
A	Valor constante con la profundidad entre 50.000 y 58.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (aguas marinas en todo el perfil vertical).	Franja costera	P10 y P11
B	Valor constante con la profundidad entre 10.000 y 18.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (aguas continentales en todo el perfil vertical).	Perímetro del Saladar	P4, P5, P6, P18, P19 y P20
C	Valor constante con la profundidad entre 20.000 y 50.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ con oscilación temporal en función del grado de intrusión de la cuña salina marina	Entre franja costera y esteros inundados	P7
D	Aumento con la profundidad hasta valores superiores a 20.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (aguas continentales que pasan a salobres)	Zona oeste del Saladar	P3
E	Disminución con la profundidad hasta valores de en torno a 55.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (salmueras superficiales que pasan a aguas marinas, que a su vez en profundidad tienden a salmueras)	Junto a esteros inundados	P1 y P8
F	Perfil estratificado desde 20.000 a 65.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (aguas salobres hasta salmueras pasando por aguas marinas)	Zona norte del Saladar, próximo a desaladoras	D2
G	Valor constante con la profundidad entre 20.000 y 25.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (aguas salobres en todo el perfil vertical).	Zona centro	P2

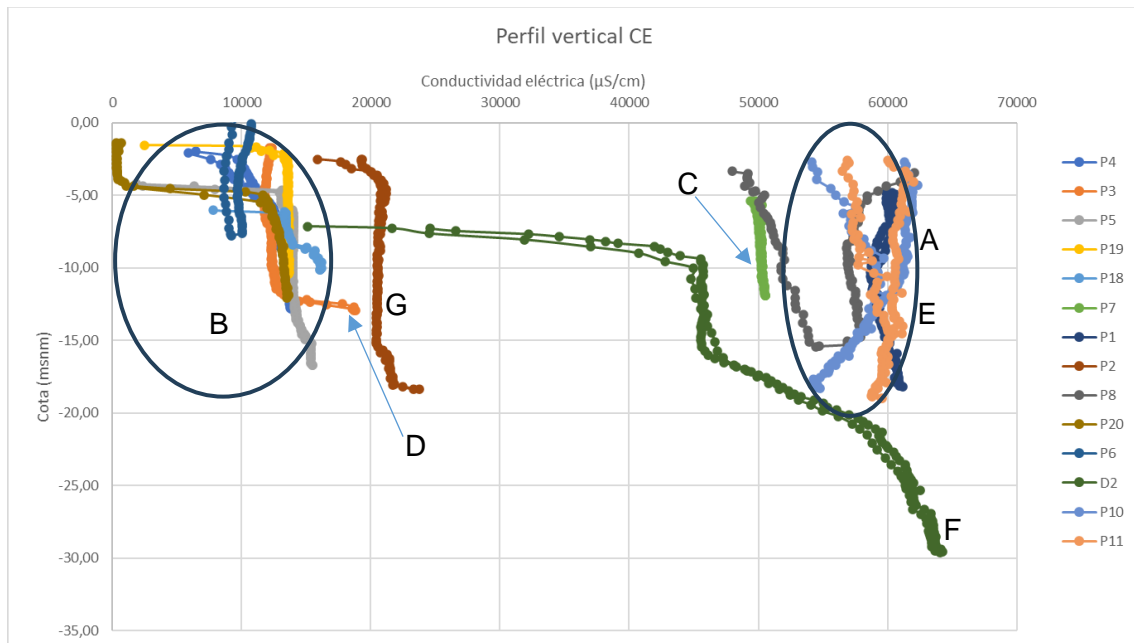


Figura 30. Clasificación de los piezómetros de control en función del comportamiento de la conductividad eléctrica a lo largo del perfil vertical, datos de la campaña de junio 2024.

El comportamiento tipo “A” se ve fuertemente influenciado por la entrada de agua marina en el sistema, de tal forma que las variaciones en este tipo de piezómetros están condicionadas por las oscilaciones de la conductividad eléctrica en el agua marina a lo largo del año. En ese grupo se interpreta que el programa de riegos del saladar no tiene ningún tipo de influencia en cuanto a la conductividad eléctrica se refiere.

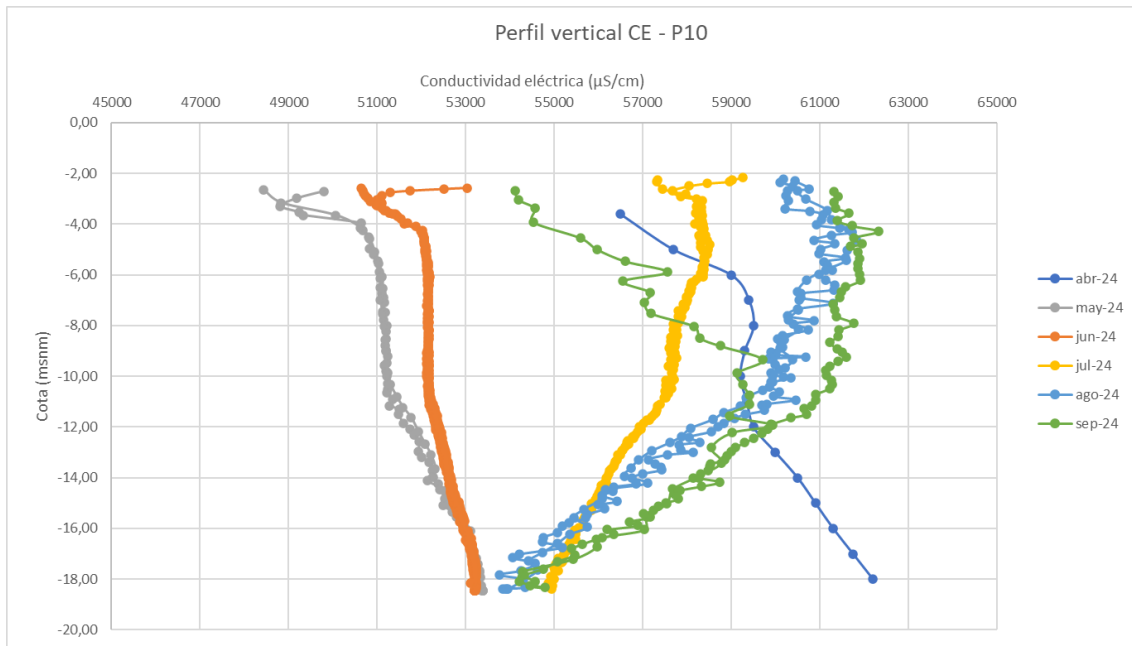


Figura 31. Evolución del perfil vertical de piezómetros de tipo “A”.

El comportamiento tipo “B” se ve fuertemente influenciado por la entrada de agua dulce en el sistema, de tal forma que las variaciones en este tipo de piezómetros están condicionadas por el volumen de precipitaciones a lo largo del año. En ese grupo se interpreta que el programa de riegos del saladar no tiene ningún tipo de influencia en cuanto a la conductividad eléctrica. Esto se evidencia en que pese que en el actual trimestre, donde no ha habido riegos sobre el saladar, el perfil vertical se superpone sobre los perfiles del anterior trimestre, donde si se ha regado sobre los esteros de inundación.



Figura 32. Evolución del perfil vertical de piezómetros de tipo "B".

El comportamiento tipo "C" se ve fuertemente influenciado tanto por la entrada de agua dulce en el sistema, como por la entrada de agua salada de tal forma que las variaciones en este tipo de piezómetros están condicionadas tanto por las oscilaciones de la conductividad eléctrica en el agua marina, como por el volumen de precipitaciones a lo largo del año, como por el programa de riegos. Como se observa en la figura a continuación, en el mes de junio se da un aumento de la conductividad en los primeros metros de la columna de agua, esto se interpreta que es consecuencia de la disolución de parte de la costra salina superficial consecuencia de las grandes precipitaciones que sucedieron a principios de ese mes. Además, debido a su relativa proximidad con la línea litoral, se observa que a medida que van aconteciendo los meses, la conductividad eléctrica va aumentando en los distintos perfiles verticales, esto se interpreta como que el piezómetro va registrando la intrusión de la cuña marina a lo largo de los meses, consecuencia de la desaparición de la barrera hidráulica que genera el programa de riegos.

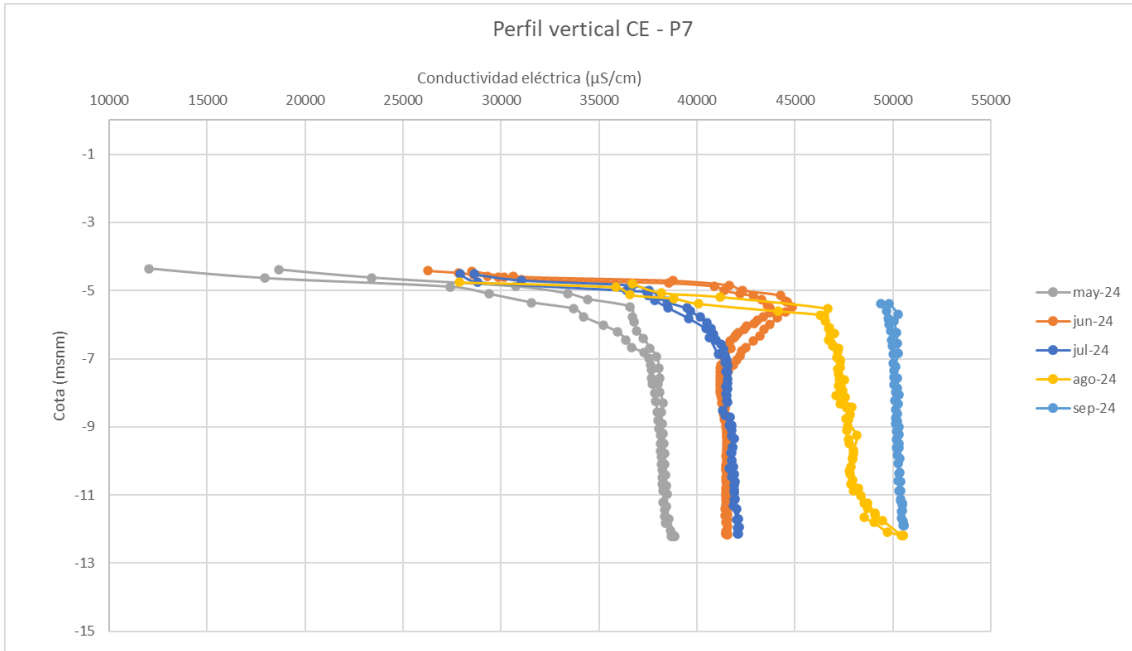


Figura 33. Evolución del perfil vertical de piezómetros de tipo "C".

El comportamiento tipo "D" evidencia la presencia de aguas subterráneas salobres, características de este tipo de sistemas costeros, donde la conductividad se ve afectada por el volumen de precipitaciones a lo largo del año, como se observa en la figura, tanto la morfología como los valores de conductividad eléctrica de los perfiles se mantiene muy constante a lo largo del tiempo, por lo que se considera que el programa de riego no afecta a esta zona del saladar.

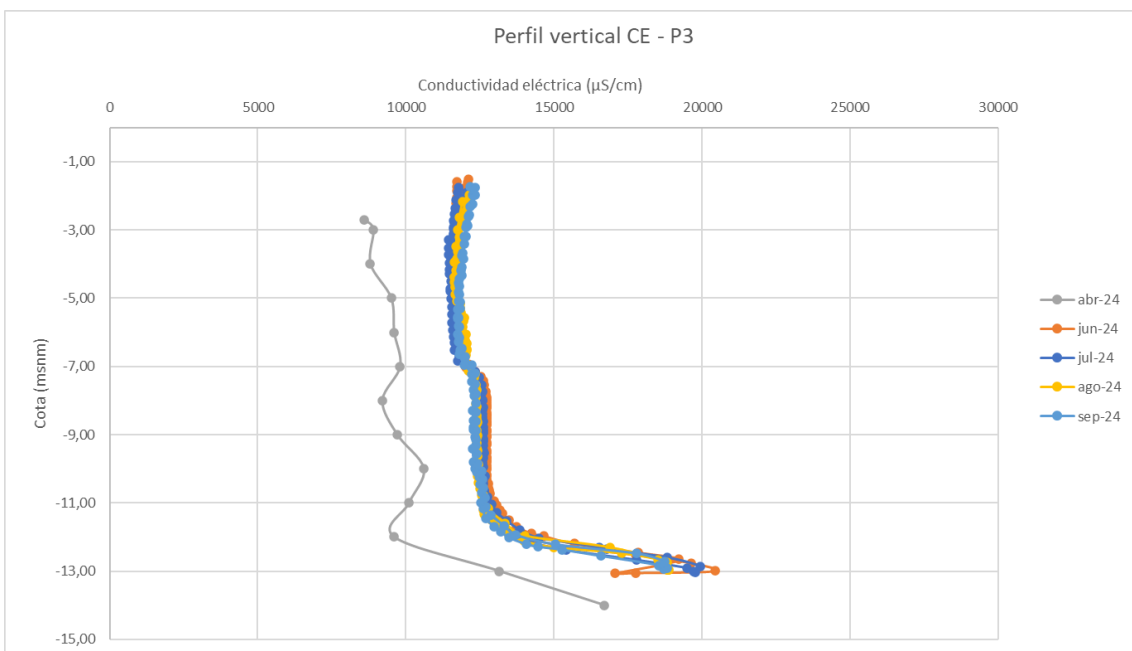


Figura 34. Evolución del perfil vertical de piezómetros de tipo "D".

El comportamiento tipo “E” está directamente relacionado con el programa de riegos, al encontrarse estos piezómetros inmediatamente anexos a los esteros inundados, del análisis de la morfología del perfil vertical se interpreta que los valores superficiales más elevados radican en la evaporación que se da en los esteros, lo que propicia un enriquecimiento en la salinidad del agua que contienen, tras ello, en torno a -6 m.s.n.m la conductividad tiende a equipararse con la del agua del mar, pero a medida que se profundiza va aumentando nuevamente consecuencia de la influencia de las salmueras que se ubican bajo el Saladar.

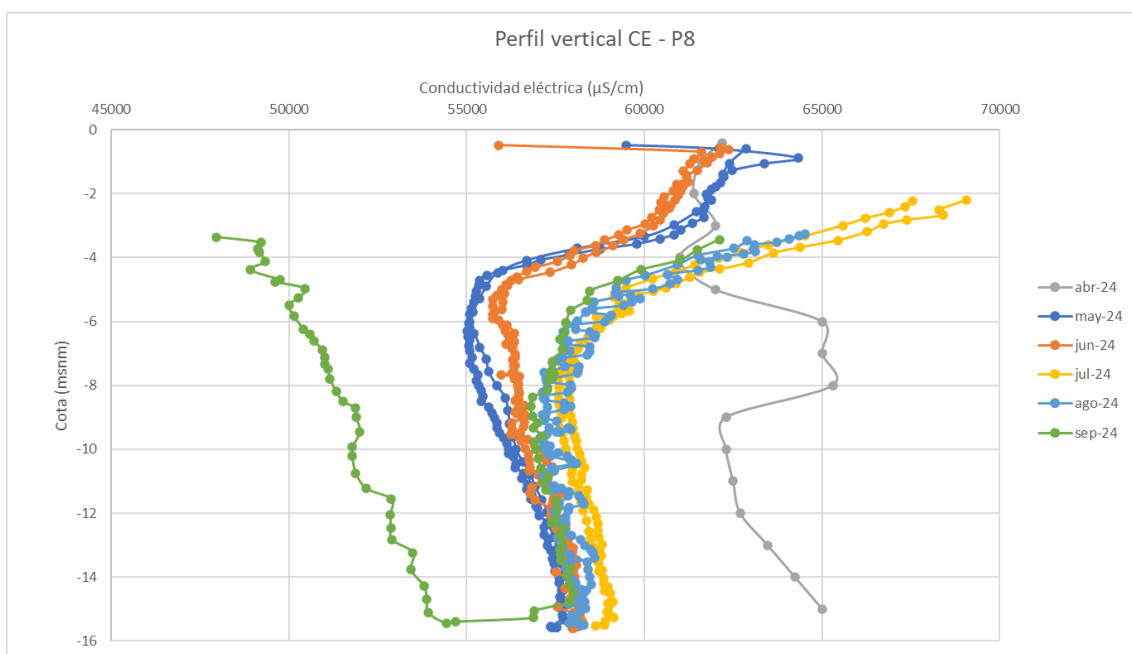


Figura 35. Evolución del perfil vertical de piezómetros de tipo “E”.

El comportamiento tipo “F” se ve directamente influenciado por la explotación de las desaladoras de Alicante DA-I y DA-II, donde el perfil en los primeros metros presenta aguas salobres con aportes de aguas continentales, consecuencia del arrastre horizontal desde zonas alejadas, a medida que se va profundizando las aguas van aumentando su conductividad eléctrica de forma progresiva hasta sobrepasar la conductividad del agua marina debido a la influencia de las salmueras ubicadas bajo el Saladar.

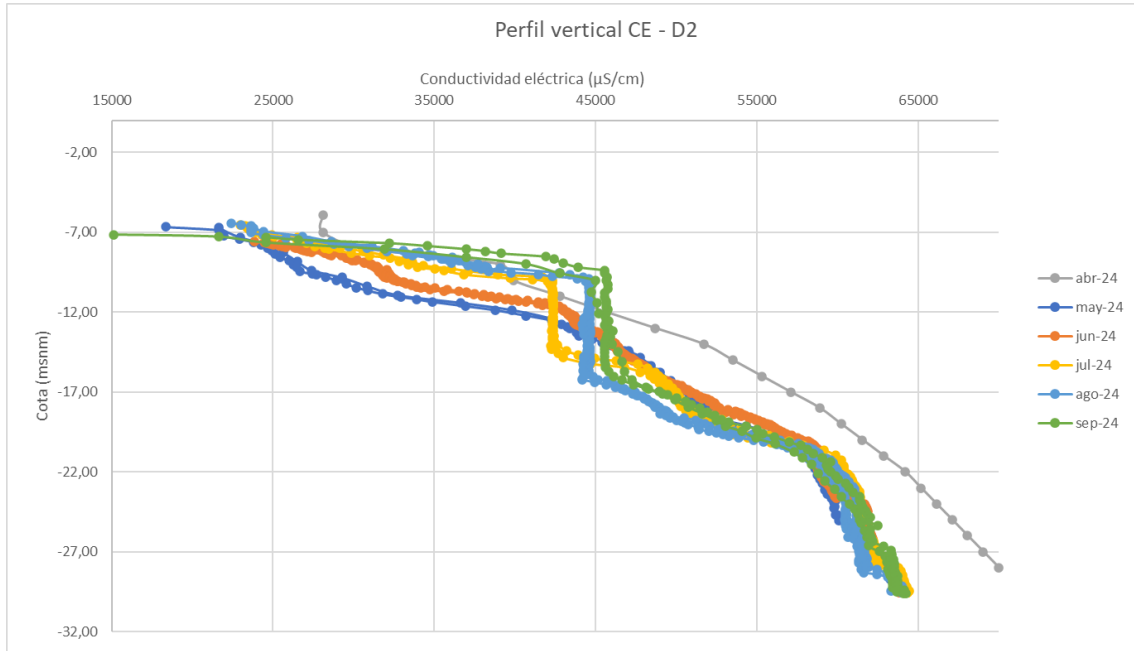


Figura 36. Evolución del perfil vertical de piezómetros de tipo "F".

El comportamiento tipo "G" se ve influenciado tanto por la entrada de agua dulce en el sistema, como por el programa de riegos, que por la dispersión de la salinidad generada por el aporte del agua marina de riego, hace que los valores de conductividad eléctrica presenten valores de aguas salobres por enriquecimiento en sales del agua continental.

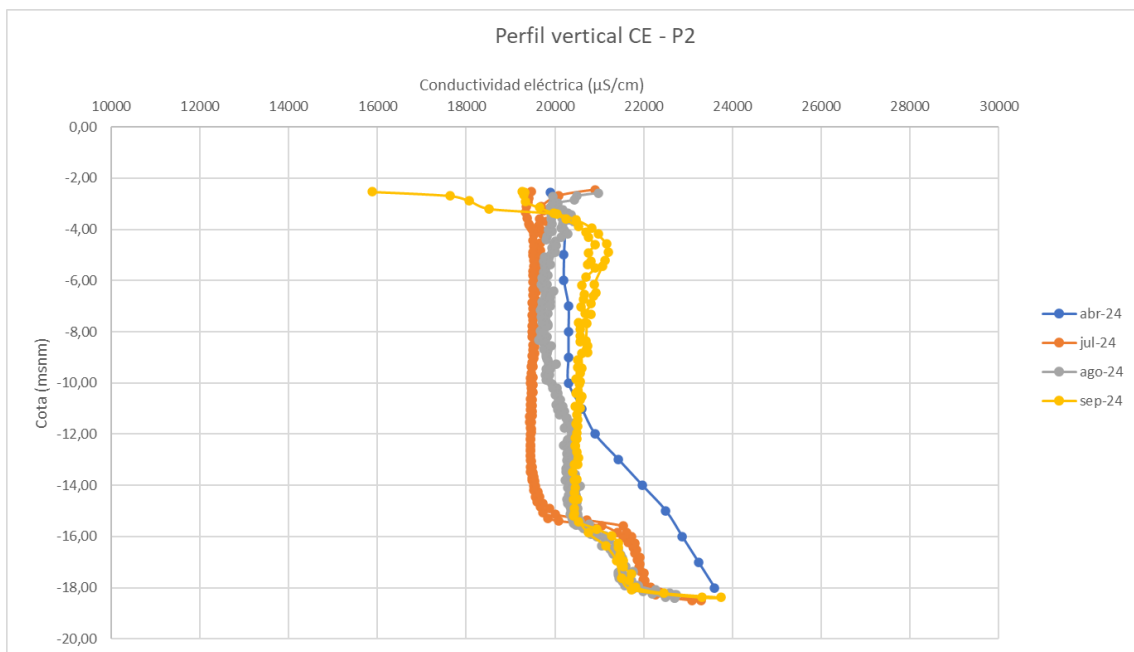


Figura 37. Evolución del perfil vertical de piezómetros de tipo "G".

6.2.4. Variaciones de la temperatura en profundidad

La morfología de los perfiles verticales de temperatura en los piezómetros está condicionada por el gradiente geotérmico, la temperatura ambiental, la temperatura del agua del mar, la temperatura del agua pluviométrica y la temperatura del agua que se infiltra desde superficie proveniente del programa de riegos. La morfología observada, ha permitido hacer la siguiente clasificación de piezómetros en función de la temperatura:

Tabla 5. Clasificación de los piezómetros de control en función del comportamiento de la temperatura eléctrica a lo largo del perfil vertical.

Tipo	Descripción	Ubicación	Piezómetros
Cortina (C)	Amplio rango de variación temporal con baja tendencia a equipararse en profundidad.	Franja costera	P10 y P11
Embudo (E)	Perfiles muy estables en profundidad con variación relativamente baja en superficie.	Perímetro del Saladar	D2, P2, P3, P4, P5, P6, P18, P19 y P20
Embudo asimétrico (EA)	Perfiles con amplio rango de variación en superficie que disminuyen en los primeros metros de profundidad y que vuelven a aumentar a medida que se profundiza hasta valores relativamente estables.	Esteros de inundación	P1 y P8
Tronco (T)	Perfiles con el mismo rango de variación superficial como en profundidad	Entre franja costera y esteros de inundación	P7

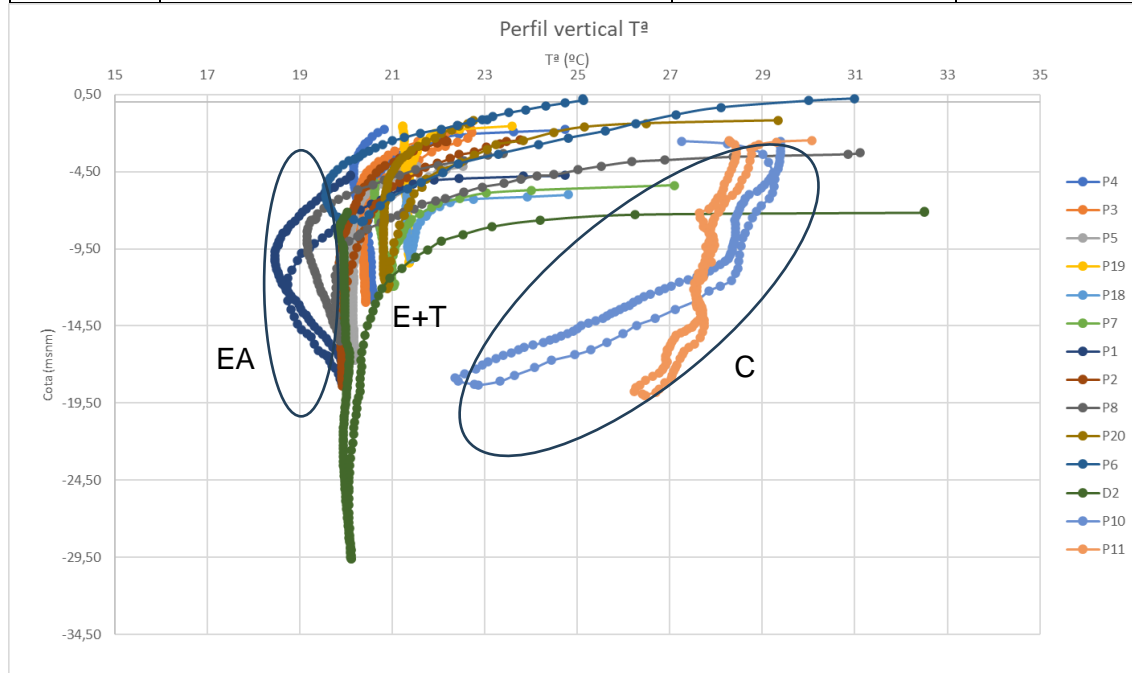


Figura 38. Clasificación de los piezómetros de control en función del comportamiento de la temperatura a lo largo del perfil vertical, datos de la campaña de junio 2024.

El comportamiento tipo “embudo”, se mantiene estable en profundidad con el tiempo, en superficie su rango de variación es bajo y se ve únicamente condicionado por la temperatura ambiental y los aportes de precipitaciones, son piezómetros que no tienen conexión hidráulica con el mar y que no se ven influenciados por el programa de riegos.

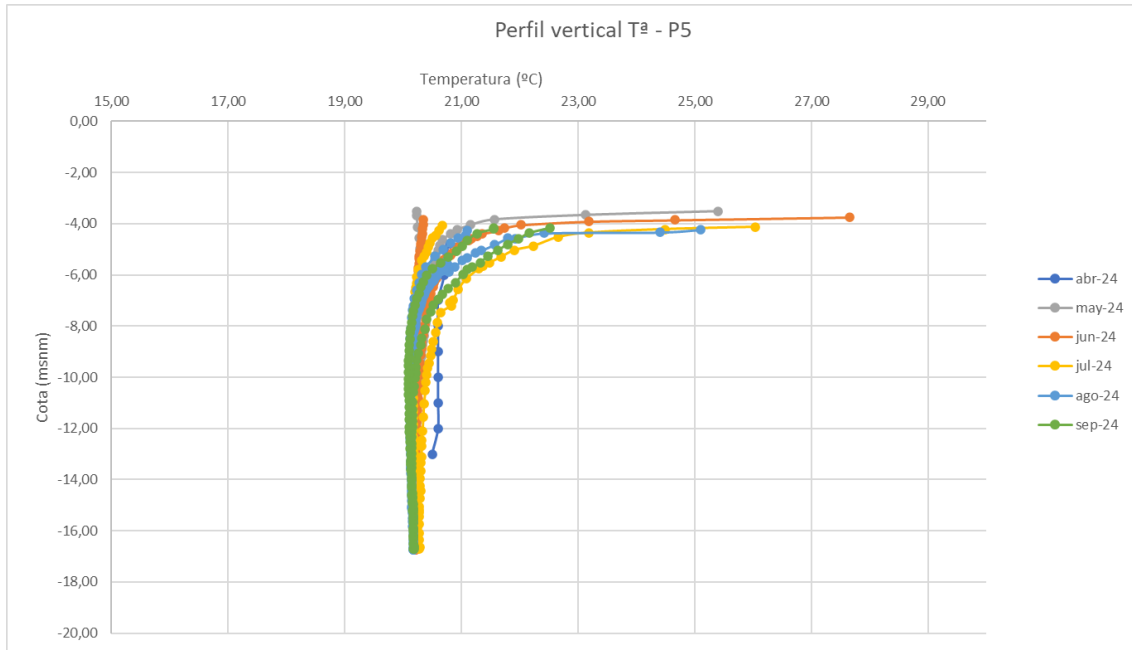


Figura 39. Evolución del perfil vertical de piezómetros de tipo “embudo”.

El comportamiento tipo “embudo asimétrico”, presenta un amplio rango de variación de temperatura en superficie, donde en los primeros metros de profundidad se da una bajada de temperatura, condicionado por el aporte del riego de agua marina más fría, esto se evidencia en los meses donde no hay riegos, puesto que este descenso de temperatura no ocurre o apenas se identifica. En profundidad la temperatura vuelve a aumentar y se mantiene estable a lo largo del tiempo. Como es evidente, estos piezómetros se ven fuertemente influenciados por el programa de riegos.

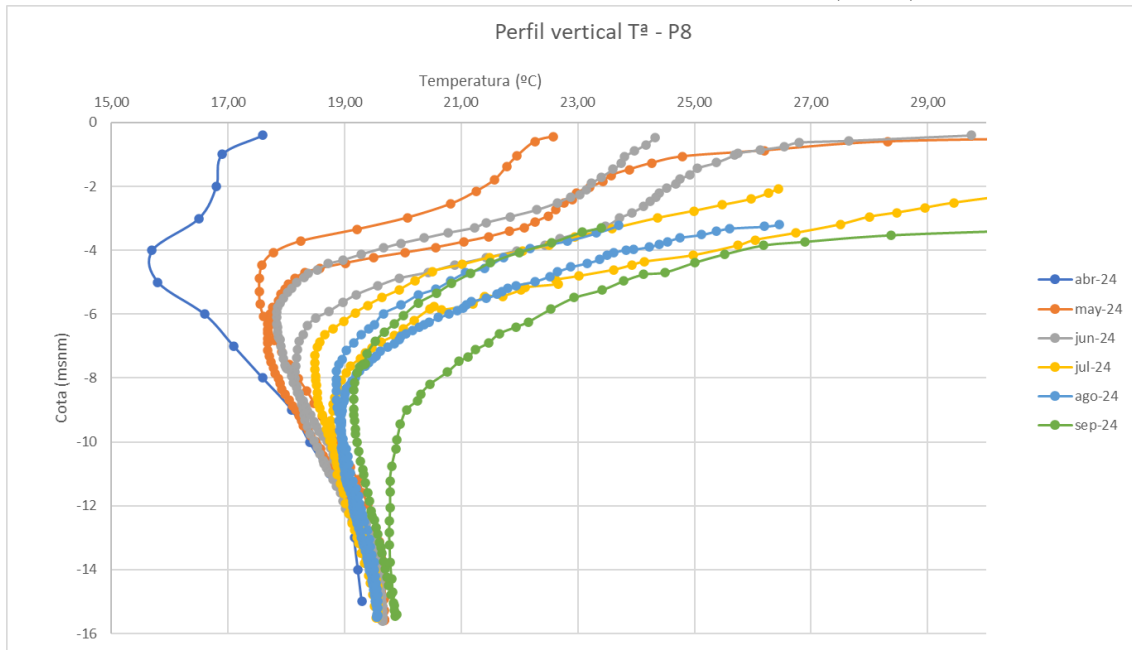


Figura 40. Evolución del perfil vertical de piezómetros de tipo “embudo asimétrico”.

El comportamiento tipo “tronco”, presenta un rango de variación muy similar tanto en superficie como en profundidad, condicionado por la presencia de la cuña salina, la cual presenta una variación de temperatura relativamente baja. Este tipo de piezómetros no se ven condicionados ni por aportes de aguas continentales, ni por el programa de riegos.

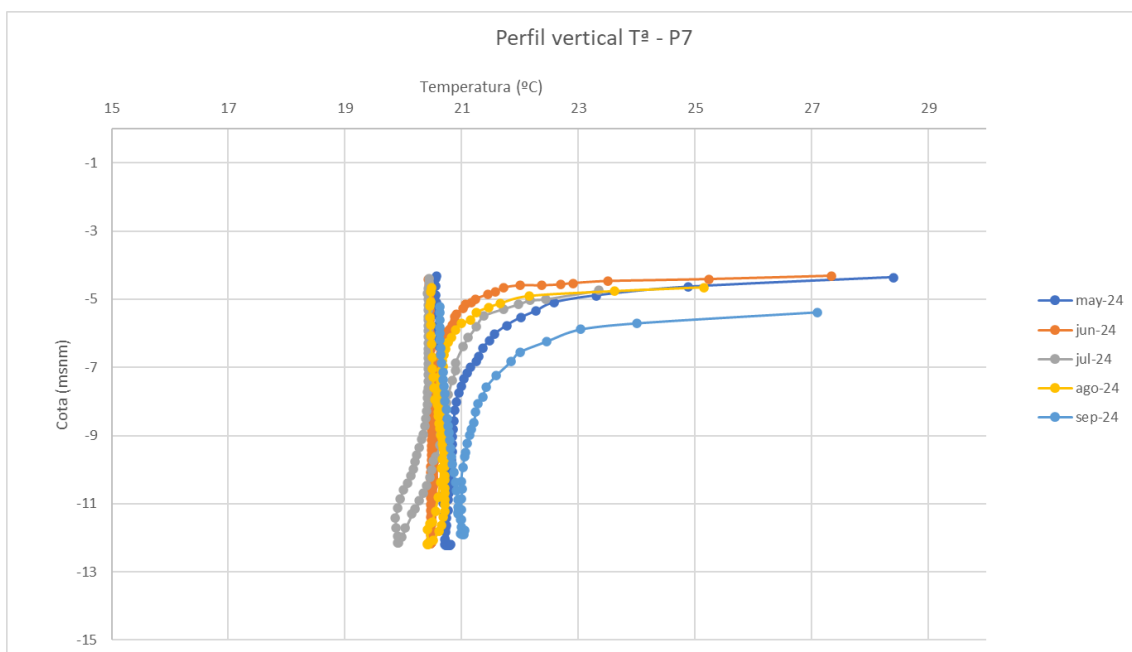


Figura 41. Evolución del perfil vertical de piezómetros de tipo “tronco”.



El comportamiento tipo “cortina”, presenta un rango de variación muy amplio, donde en superficie de da una variación de más de 15 °C y en profundidad las temperaturas no llegan a converger, esto se debe a la gran influencia del agua marina que a lo largo del año presenta una gran variación de temperatura. Este tipo de piezómetros no se ven condicionados ni por aportes de aguas continentales, ni por el programa de riegos.

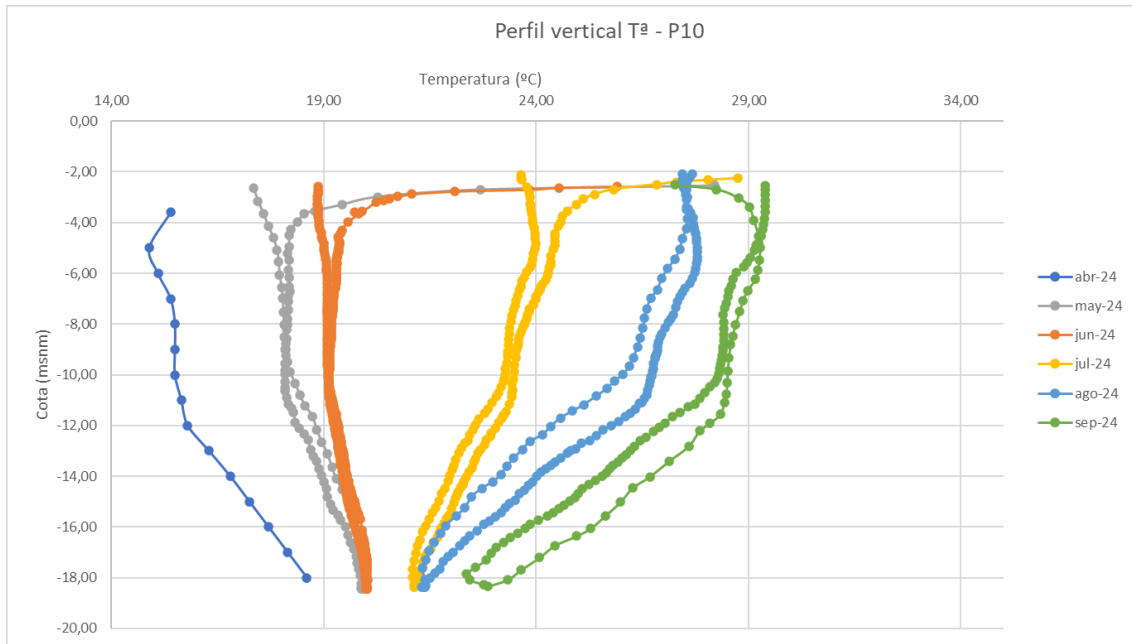


Figura 42. Evolución del perfil vertical de piezómetros de tipo “cortina”.

7. CONCLUSIONES

- El Saladar de Agua Amarga, es un humedal costero de 208,04 ha, ubicado entre los términos municipales de Alicante y Elche. Delimitado al norte por el Polígono Industrial de Agua Amarga, al oeste por el aeropuerto de Alicante-Elche, al sur por la población del Altet y al este por la urbanización Urbanova y la playa del Saladar.
- El objetivo del presente informe es la cobertura trimestral del “Programa de vigilancia ambiental del saladar de Agua Amarga y su entorno”, en que quedan recogidos todos los aspectos señalados en las DIA (Declaración de Impacto Ambiental) de la desalinizadora de Alicante I y Alicante II, como los indicadores de la calidad ambiental, así como los ensayos y la frecuencia con los que realizar su seguimiento, con el fin de poder asegurar la no afección del saladar de Agua Amarga y su entorno, según se indica en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.
- La temperatura media y las precipitaciones acumuladas del trimestre julio-septiembre de 2024 han sido de 26,07 °C y 52,7 mm, respectivamente. Comparando con el mismo trimestre del periodo de lecturas 2011-2024, esta temperatura es aproximadamente igual a la temperatura promedio (26,02 °C) y las precipitaciones acumuladas son ligeramente inferiores respecto al promedio (60,09 mm).
- Durante el trimestre julio - septiembre de 2024, el promedio de extracciones de la DA-I ha sido de 3,02 hm³ /mes, superior a la media correspondiente al mismo trimestre de años precedentes (2,23 hm³/mes). Comparando con el periodo julio - septiembre histórico, las extracciones de la DA-II en 2024 (2,43 hm³ /mes) se encuentran por encima del promedio de la serie histórica (2,06 hm³ /mes).
- En el trimestre julio-septiembre de 2024 el volumen acumulado es de 84,25 dam³, siendo un valor por debajo del promedio histórico del trimestre (112,76 dam³). El volumen total de riego desde que se disponen datos, es decir, desde enero de 2011 hasta junio de 2024 es de 9.761.689,8 m³.
- Se constató la ausencia de agua en los 7 esteros de inundación determinados por el actual plan de riegos, durante todas las visitas realizadas durante el trimestre julio-septiembre de 2024.
- La morfología de las isopiezas evidencia la presencia de un cono de depresión al que afecta a la mayor parte de la superficie del saladar, con su ápice en el noreste, consecuencia de la extracción por parte de la DA-I y de la DA-II, con una depresión piezométrica máxima registrada en el piezómetro D2 de 7,08 m (considerando que la superficie piezométrica se ubicaría en torno a 0 o 1



m.s.n.m, si no existiese la explotación de las desaladoras). La componente horizontal del flujo subterráneo indica que el sentido de flujo circula de forma radial hacia el cono de depresión, sin embargo, sobre el saladar se observa que el sentido de flujo mayoritario es suroeste-noreste. De la misma forma que las aguas continentales, el agua marina penetra en el acuífero costero hacia el cono de depresión. Si bien es cierto que de la misma forma que el cono de depresión genera la entrada de agua marina hacia el ápice del cono, también actúa como barrera hidráulica que imposibilita la entrada del agua marina hacia continente más allá de en la zona noreste del saladar. En la zona central del saladar se identificaba en junio de 2024 una anomalía piezométrica del cono de depresión, consecuencia del riego continuo en los 7 esteros inundados, esto hacía que la superficie piezométrica en el centro se encontraba muy próxima a superficie lo que hacía que el cono de depresión afecte en mucha menor medida al saladar, y en consecuencia, al desarrollo de la vegetación. Actualmente en el centro del saladar se registra una depresión promedio 4 m. Los valores negativos de piezometría en todos los piezómetros establecen un potencial hidráulico de entrada del agua de mar hacia el continente, siendo los valores más bajos los situados en la parte norte del saladar con -7,08 m s.n.m registrado en el piezómetro D2. El gradiente hidráulico promedio del saladar presenta un valor de 0,0052 %, con una dirección de flujo SSW-NNE. Las principales recargas del saladar provienen desde el SW, donde en este trimestre se ha observado un ascenso piezométrico de 0,65 m, registrado en el piezómetro P6.

- La interpretación del mapa permite hacer la siguiente clasificación de las aguas subterráneas a 10 m.s.n.m en el entorno del saladar, durante los meses donde no hay riego de los esteros:
 - Aguas continentales (8000-10000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ según bibliografía del entorno): si bien es cierto que el único que el único piezómetro que se clasificaría en este rango es el P6, también se considera que los piezómetros P3, P4, P5, P18, P19 y P20 se clasifican en este rango ya que se ven ligeramente afectados por la dispersión salina que generan los riegos sobre el saladar. Se ubican en el perímetro oeste norte y sur del saladar.
 - Aguas salobres (20000-50000 $\mu\text{S}/\text{cm}$): en esta categoría se identifican a los piezómetros D2 y P2, se presentan próximos a la línea de costa y presentan aguas de mezcla marina y continental. Se ubican al norte a medio camino entre el centro del saladar y la línea de costa.
 - Aguas marinas (>50000 $\mu\text{S}/\text{cm}$) en esta categoría se identifican a los piezómetros P10 y P11 con conductividades de en torno a 60000 $\mu\text{S}/\text{cm}$,



que son iguales que las del agua marina (analizada en el agua marina de entrada a las desaladoras) y los piezómetros P1, P7 y P8 con conductividades de entre 50000 y 58000, las cuales son ligeramente menores a la del agua marina debido a la intrusión de la cuña salina. Los primeros se ubican en la línea de costa y los últimos, en las inmediaciones de los esteros inundados.

- En el periodo abril-septiembre de 2024, la conductividad eléctrica en el agua subterránea se mantiene constante, con una variabilidad máxima registrada de 16776 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el piezómetro D2, esto se correlaciona con que este piezómetro es el que más se ve afectado por la explotación de las desaladoras. Este piezómetro registra una estratificación de la columna de agua, por lo que las oscilaciones piezométricas, dependientes del volumen de explotación de las desaladoras y del régimen de precipitaciones, condicionan fuertemente la conductividad eléctrica a 10 m.s.n.m.
- Respecto a la temperatura los valores se mantienen casi constantes, con un ligero incremento a medida que pasan los meses, como es lógico, debido al incremento de temperatura en los meses de verano. Cabe destacar el incremento de temperatura en los piezómetros de la franja costera P10 y P11, los cuales registran el gran incremento de la superficie marina mediterránea durante los meses de agosto.



ANEXO I – REPORTE FOTOGRÁFICO DEL INVENTARIO DE PUNTOS DE MUESTREO DE PIEZOMETRÍA Y ESTEROS DE INUNDACIÓN

A continuación, se presenta un reporte fotográfico de los piezómetros de control del Saladar de Agua Amarga:



Figura 1. Piezómetros de control D2, P1, P2 y P3, respectivamente, durante la campaña de campo de septiembre de 2024.



Figura 2. Piezómetros de control P4, P5, P6 y P7, respectivamente, durante la campaña de campo de septiembre de 2024.



Figura 3. Piezómetros de control P8, P10, P11 y P18, respectivamente, durante la campaña de campo de septiembre de 2024.



Figura 4. Piezómetros de control P19 y P20, respectivamente, durante la campaña de campo de septiembre de 2024.



Se ha comprobado que todos los esteros de inundación, establecidos en el actual programa de riegos, se encontraban secos, así como la operatividad del sistema de riego:



Figura 5. Esteros de inundación secos durante la campaña de septiembre de 2024.