

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



Informe Trimestral Período Enero a marzo 2025

Hidrogeología

Mayo 2025

 **AQUATEC**



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.....	10
3.3. Geología.....	13
3.4. Hidrogeología.....	16
4. EXPLOTACIÓN DE LAS DESALADORAS.....	18
4.1. Explotación de la Desaladora I.....	18
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.....	29
6.1. Piezometría.....	29
6.1.1 Registros de campo.....	29
6.1.2 Mapas de isopiezas.....	31
6.1.3 Gráficos de variaciones piezométricas.....	34
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.....	40
6.2.3 Variaciones de la conductividad eléctrica en profundidad.....	46
6.2.4 Variaciones de la temperatura en profundidad.....	54
7. CONCLUSIONES.....	59



FIGURAS

Figura 1. Situación geográfica del Saladar de Agua Amarga.....	1
Figura 2. Situación de los piezómetros de investigación, de control, en uso.	6
Figura 3. Temperaturas máximas, medias y mínimas promedio anuales durante el periodo 2011-2024. AEMET-Estación meteorológica de El Altet, Alicante.	11
Figura 4. Precipitaciones anuales acumuladas durante el periodo enero 2011-junio 2024. AEMET-Estación meteorológica de El Altet, Alicante.....	11
Figura 5. Precipitaciones acumuladas y temperaturas medias mensuales durante el periodo enero 2011-marzo 2025. AEMET-Estación meteorológica de El Altet, Alicante.	12
Figura 6. Precipitaciones acumuladas y temperaturas medias del trimestre enero - marzo durante el periodo 2011-2025. AEMET-Estación meteorológica de El Altet, Alicante.	12
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.	15
Figura 9. Mapa hidrogeológico con especificación de acuíferos de la masa 080.190 – Bajo Vinalopó.....	16
Figura 10. Volúmenes de agua de mar extraídos para la DA-I y precipitaciones mensuales durante el periodo enero 2011-marzo 2025.	19
Figura 11. Volúmenes de agua de mar anuales extraídos para la DA-I durante el periodo enero 2011-marzo 2025.	19
Figura 12. Volúmenes de agua de mar extraídos promedio para la DA-I durante el trimestre enero-marzo entre 2011-2025.	21
Figura 13. Volúmenes de agua de mar extraídos para la DA-II y precipitaciones mensuales durante el periodo enero 2011-marzo 2025.	22
Figura 14. Volúmenes de agua de mar extraídos promedio para la DA-II durante el trimestre enero - marzo entre 2011-2025.....	23
Figura 15. Volúmenes de agua de mar anuales extraídos para la DA-II durante el periodo enero 2011-marzo 2025.	24
Figura 16. Zonificación de riegos del Saladar de Agua Amarga, según el 14º Programa de Riegos elaborado por la MCT.....	26
Figura 17. Volúmenes de riego mensuales aplicados sobre la superficie del Saladar de Agua Amarga, desde enero de 2011 hasta marzo de 2025.....	27
Figura 18. Volúmenes de riego anuales aplicados sobre las diferentes zonas de riego históricas del Saladar de Agua Amarga, desde enero de 2011 hasta la actualidad. ...	27
Figura 19. Volúmenes de riego durante el trimestre octubre - diciembre del Saladar de Agua Amarga, desde enero de 2011 hasta la actualidad.....	28
Figura 20. Esteros inundados (subrayados en negro) durante las campañas de campo de enero – marzo 2025.....	28
Figura 21. Mapa de isopiezas elaborado con los datos de la campaña de campo de marzo de 2025.....	33
Figura 22. Evolución piezométrica de los piezómetros de control durante en el periodo abril 2024 – marzo 2025.	34
Figura 23. Mapa de isoconductividades eléctricas a 10 m.s.n.m elaborado con los datos de la campaña de campo de marzo de 2025.	37
Figura 24. Evolución general de conductividad eléctrica y temperatura de la red de piezómetros de control del Saladar de Agua Amarga.	41



Figura 25. Evolución de piezometría, conductividad eléctrica y temperatura del piezómetro P5.....	43
Figura 26. Evolución de piezometría, conductividad eléctrica y temperatura del piezómetro D2.	44
Figura 27. Evolución de piezometría, conductividad eléctrica y temperatura del piezómetro P10.....	45
Figura 28. Evolución de piezometría, conductividad eléctrica y temperatura del piezómetro P8.....	46
Figura 29. 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 enero – marzo de 2025. Celeste claro: P4, P5, P6, P18, P19 y P20. Celeste oscuro: P3. Turquesa: P2. Azul: P10 y P11. Amarillo: P1 y P8. Rojo: D2. Verde: P7	47
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 enero – marzo de 2025.....	48
Figura 31. Evolución del perfil vertical de piezómetros de tipo “A”.....	49
Figura 32. Evolución del perfil vertical de piezómetros de tipo “B”.....	50
Figura 33. Evolución del perfil vertical de piezómetros de tipo “C”.....	51
Figura 34. Evolución del perfil vertical de piezómetros de tipo “D”.....	51
Figura 35. Evolución del perfil vertical de piezómetros de tipo “E”.....	52
Figura 36. Evolución del perfil vertical de piezómetros de tipo “F”.....	53
Figura 37. Evolución del perfil vertical de piezómetros de tipo “G”.	53
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 octubre 2024. Azul: Cortina: P10, P11. Verde: Embudo: D2, P2, P3, P4, P5, P6, P18, P19 y P20. Naranja: Embudo asimétrico: P1 y P8. Rojo: Tronco: P7.	54
Figura 39. Clasificación de los piezómetros de control en función del comportamiento de la temperatura a lo largo del perfil vertical, datos de la campaña de octubre 2024.	55
Figura 40. Evolución del perfil vertical de piezómetros de tipo “embudo”.	56
Figura 41. Evolución del perfil vertical de piezómetros de tipo “embudo asimétrico”... ..	57
Figura 42. Evolución del perfil vertical de piezómetros de tipo “tronco”.	57
Figura 43. Evolución del perfil vertical de piezómetros de tipo “cortina”.	58



TABLAS

Tabla 1. Coordenadas geográficas de los pozos de captación de la DA-I (UTM 30N, ETRS89).....	18
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 2024 – marzo 2025 en los piezómetros de control.....	30
Tabla 4. Conductividades eléctricas registradas durante el periodo abril 2024 – marzo 2025 en los piezómetros de control ($\mu\text{S}/\text{cm}$).	36
Tabla 5. Clasificación de los piezómetros de control en función del comportamiento de la conductividad eléctrica a lo largo del perfil vertical.....	47
Tabla 6. Clasificación de los piezómetros de control en función del comportamiento de la temperatura eléctrica a lo largo del perfil vertical.	54

1. INTRODUCCIÓN

El Saladar de Agua Amarga (Figura 1), 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, situándose la línea de costa a menos de 100 m de distancia. El saladar se encuentra transecto por la carretera nacional N-338 con una traza en dirección NE-SW. La situación geográfica del emplazamiento se presenta en la siguiente figura en color rojo.

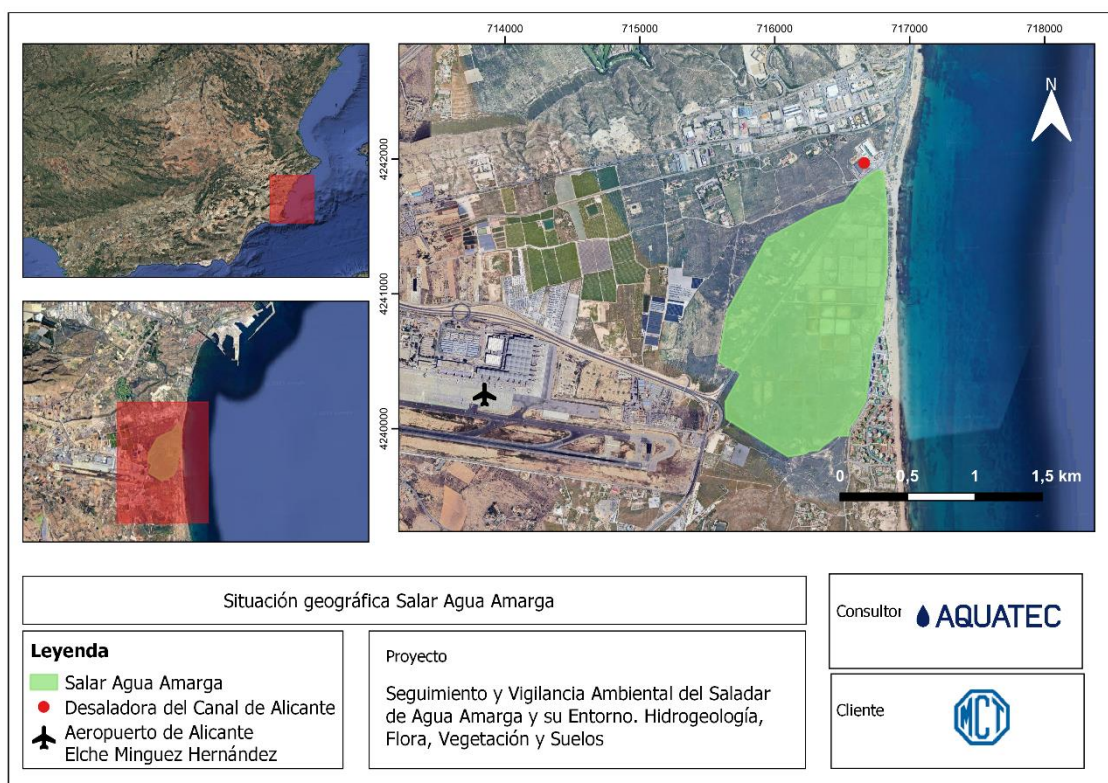


Figura 1. Situación geográfica del Saladar de Agua Amarga.

Se localiza en el sector norte de la Cuenca del Bajo Segura, cuenca “Elche-Bajo Segura” enmarcada en el contexto geológico de las Cordilleras Béticas, al final de una pequeña cuenca endorreica sobre el acuífero costero multicapa con el mismo nombre, que como zona húmeda, se encuentra estrechamente relacionado con las dinámicas hídricas y procesos que transcurren el humedal. (Alhama 2011).

El origen de este lugar es una antigua albufera que, durante más de 50 años, hasta 1976, fue utilizada como explotación salinera, por lo que la mayor parte de su superficie está ocupada por estanques salineros abandonados. Esta actividad se llevó a cabo



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 expuestas 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 en marcha en 2009 y cuyo fin es el de preservar la humedad del medio,

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)

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 (Figura 2) 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.

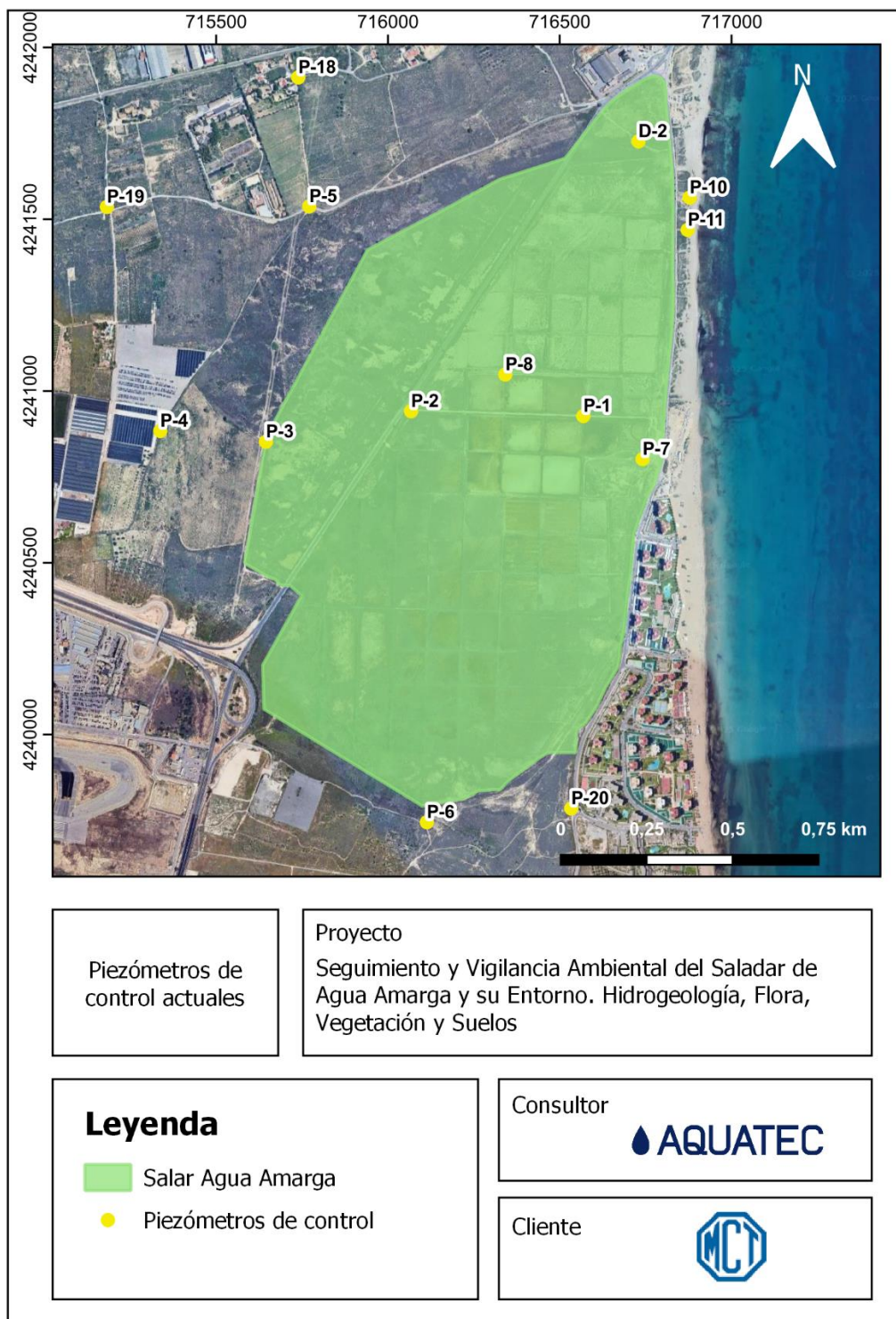


Figura 2. Situación de los piezómetros de investigación, de control, en uso.

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:

1. 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.
2. 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.
3. Valorar el estado nutricional de los suelos del saladar a fin de hacer una primera estimación sobre posibles problemas de eutrofización.



4. 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.
5. Analizar los gradientes espacio-temporales de salinidad, humedad y condiciones redox a fin de ayudar a gestionar mejor el programa de riegos.
6. 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.

Nota sobre el presente informe trimestral:

La evaluación de los objetivos 1 a 4, relacionados con suelos y vegetación, se realiza en los informes del segundo y cuarto trimestre, coincidente con las estaciones de primavera y otoño.

Este documento corresponde al primer trimestre del año, y por tanto se centra en los **objetivos 5 y 6**.

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.

Una vez completada la campaña, los datos obtenidos se registran y procesan en una hoja Excel en la oficina, donde se generan los perfiles correspondientes de temperatura, salinidad y piezometría. Estos perfiles se utilizan posteriormente en la elaboración del informe técnico. Además, para la redacción del informe, se integran datos proporcionados por GRUSAMAR sobre el plan de riego y las extracciones de las desaladoras, así como la información climática de la estación meteorológica Alicante-Elche Aeropuerto de 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 8019 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 2025, para no desvirtuar la serie histórica. Las precipitaciones anuales acumuladas hasta la fecha se sitúan de promedio en torno a 290,7 mm/año (Figura 4), promedio bajo teniendo en cuenta que acaba de empezar el año y la evapotranspiración potencial en 822 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 2011 – marzo de 2025. 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.

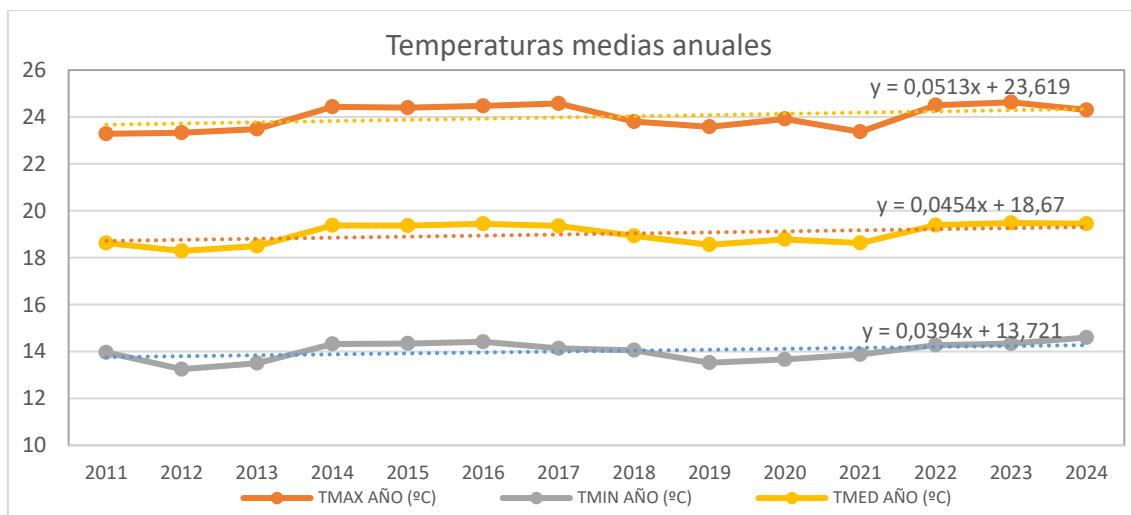


Figura 3. Temperaturas máximas, medias y mínimas promedio anuales durante el periodo 2011-2024. AEMET-Estación meteorológica de El Altet, Alicante.

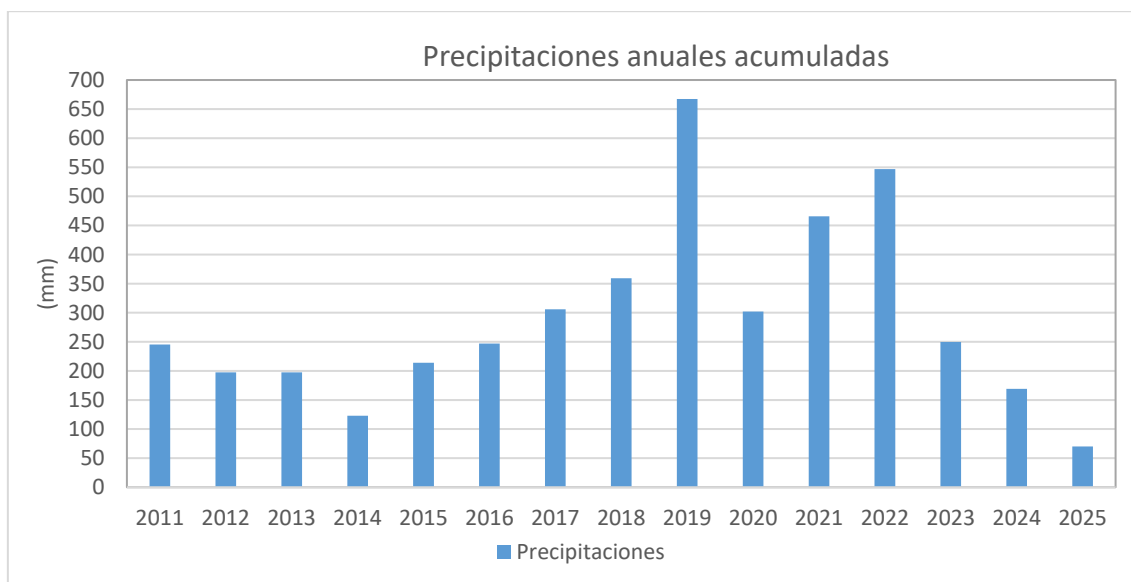


Figura 4. Precipitaciones anuales acumuladas durante el periodo enero 2011-junio 2024. AEMET-Estación meteorológica de El Altet, Alicante.

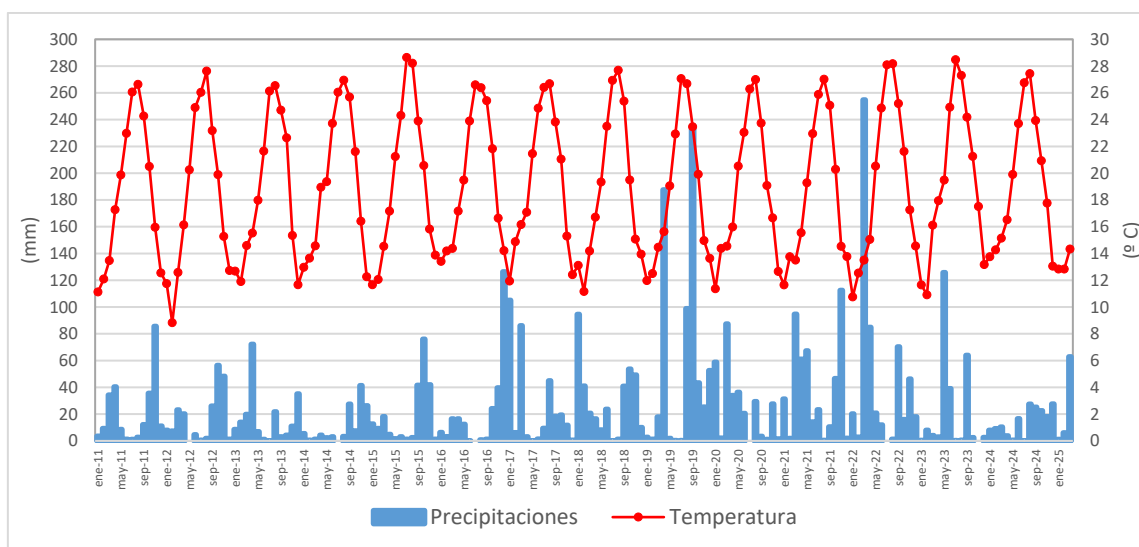


Figura 5. Precipitaciones acumuladas y temperaturas medias mensuales durante el periodo enero 2011-marzo 2025. AEMET-Estación meteorológica de El Altet, Alicante.

La temperatura media y las precipitaciones acumuladas del trimestre enero - marzo de 2025 han registrado valores de 13,35 °C y 70 mm, respectivamente (Figura 6) Al hacer una comparativa de este trimestre (enero a marzo) a lo largo del período 2011 y 2025, se observa que la temperatura media actual es prácticamente igual superando solo con dos décimas la temperatura promedio (13,1°C). Por otro lado, las precipitaciones acumuladas muestran una disminución notable respecto al promedio histórico (85,4 mm).

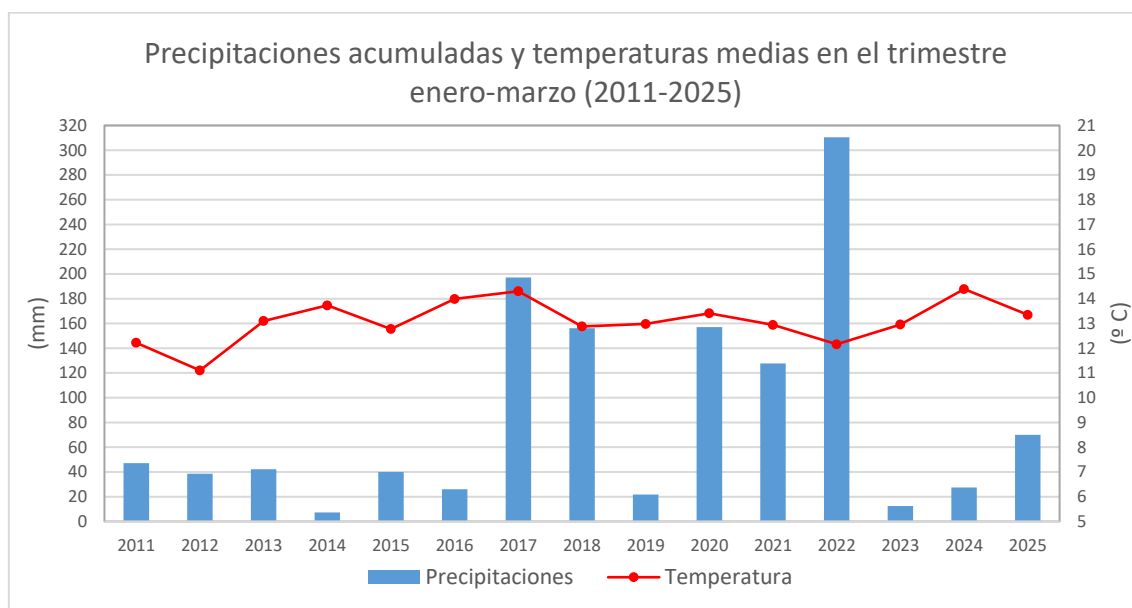


Figura 6. Precipitaciones acumuladas y temperaturas medias del trimestre enero - marzo durante el periodo 2011-2025. AEMET-Estación meteorológica de El Altet, Alicante.

El año hidrológico adoptado para este estudio comprende el período de septiembre a agosto, coincidiendo con el inicio de la toma de datos (Figura 7). El año hidrológico completo más reciente concluyó en agosto de 2024 y con el fin de obtener conclusiones más precisas y comparables, el análisis se centrará hasta el último año hidrológico completo. Los valores de precipitación acumulada promedio de cada año hidrológico (desde 2011) presentan un promedio de 315 mm.

A lo largo del período estudiado, se observan variaciones significativas en las precipitaciones anuales:

- Años secos: Con precipitaciones acumuladas de hasta 250 mm/año, se identifican los años hidrológicos 2011-2012, 2013-2014, 2014-2015 y 2015-2016.
- Años húmedos: Caracterizados por precipitaciones acumuladas superiores a 350 mm/año, destacan los años hidrológicos 2016-2017, 2018-2019 y 2021-2022.

- Años medios: Con precipitaciones acumuladas entre 250 mm/año y 350 mm/año, se incluyen los años hidrológicos 2012-2013, 2017-2018, 2020-2021 y 2022-2023.

El año hidrológico 2023-2024 se registró como un año seco con apenas 144,8 mm de precipitación acumulada (Figura 7).

En el actual ciclo hidrológico 2024-2025, iniciado en septiembre, las precipitaciones acumuladas hasta marzo de 2025 son de 163,4 mm.

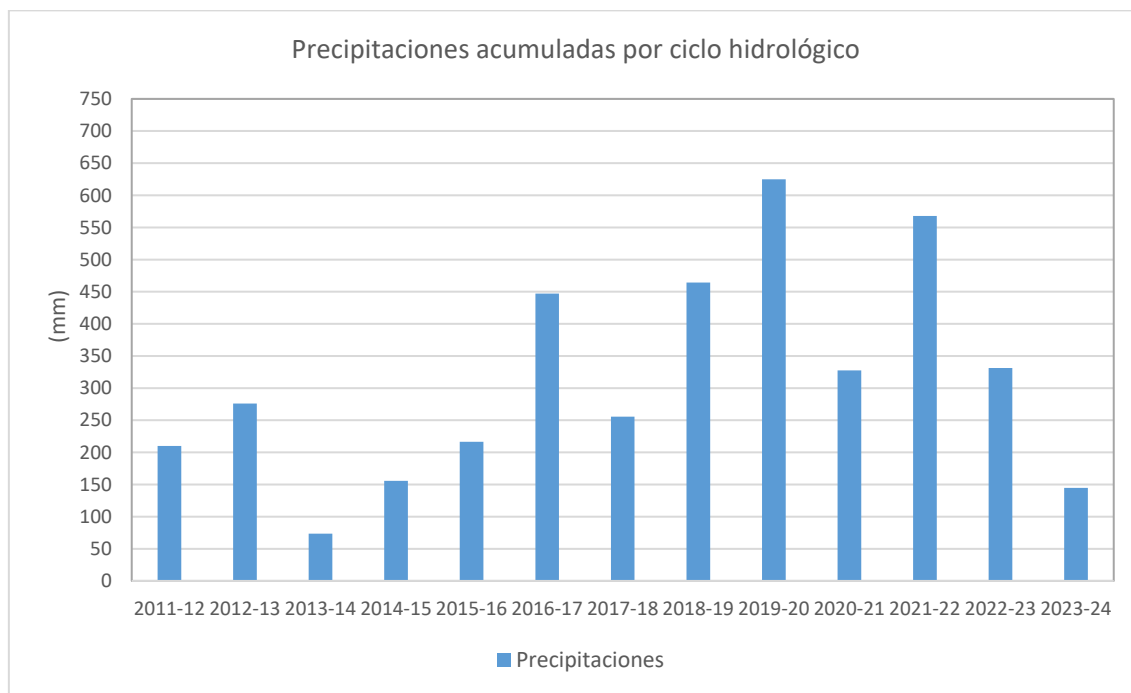


Figura 7. Precipitaciones acumuladas durante los años hidrológicos 2011-2024. AEMET-Estación meteorológica de El Altet, Alicante.

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).

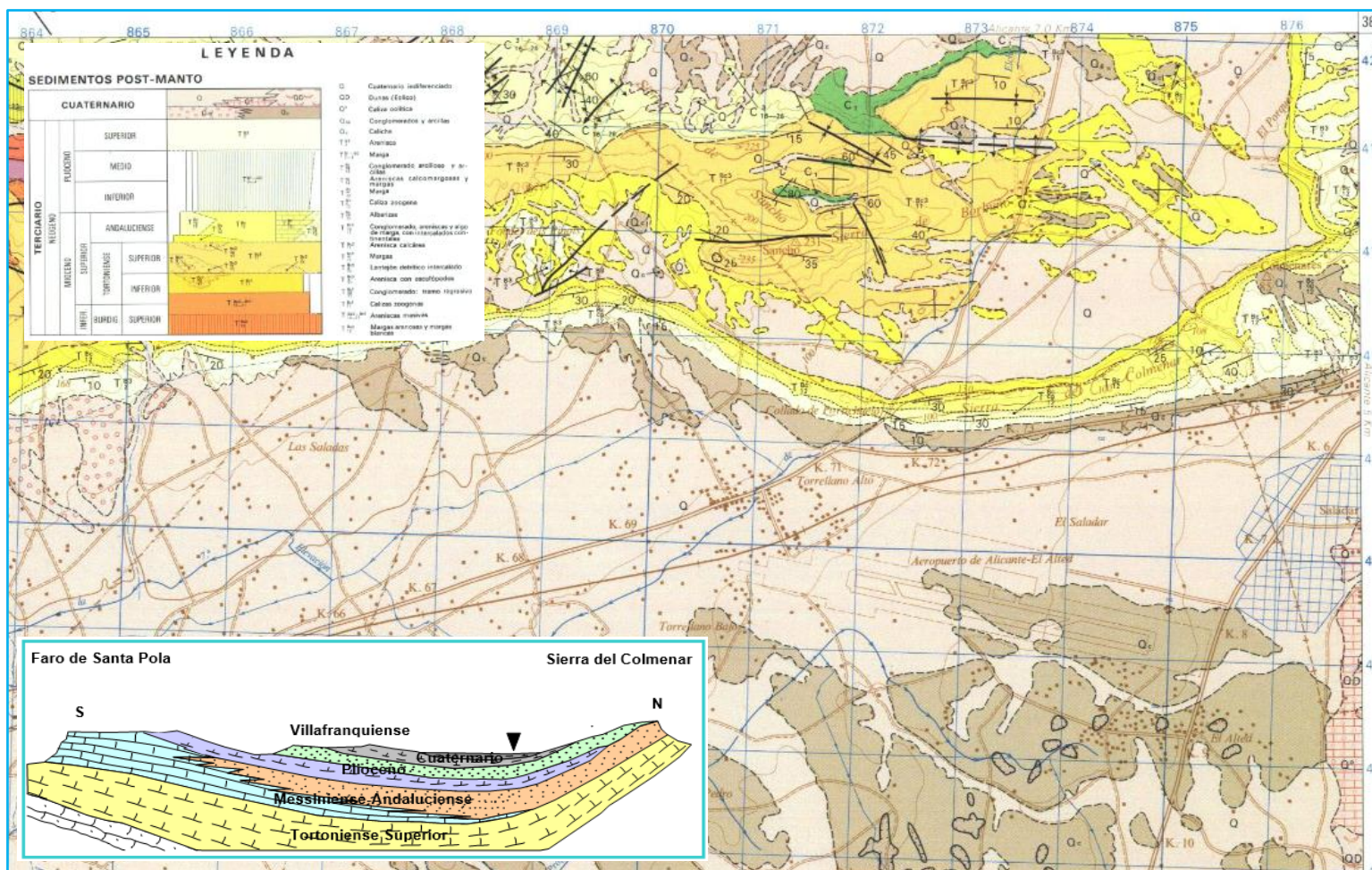


Figura 8. Mapa geológico de la zona de estudio (en azul claro) del IGME (MAGNA 50, Hoja 893-Elx) y corte geológico esquemático.

3.4. Hidrogeología

El Saladar de Agua Amarga se encuentra en el sector oriental de la Masa de Agua Subterránea 080.190. Bajo Vinalopó, la cual es la masa de agua subterránea más meridional de la Demarcación Hidrográfica del Júcar. Cuenta con una extensión superficial de 803,40 km². (Demarcación Hidrográfica del Júcar, 2015). El emplazamiento se localiza en el acuífero de la masa 080.190 denominado *Vega Baja*, su naturaleza es de tipo detrítico poligénico y cuenta con una extensión superficial aflorante de 165,2 km². A continuación se presenta una figura (Figura 9) tanto con la delimitación de la masa de agua subterránea, como con la delimitación del acuífero.

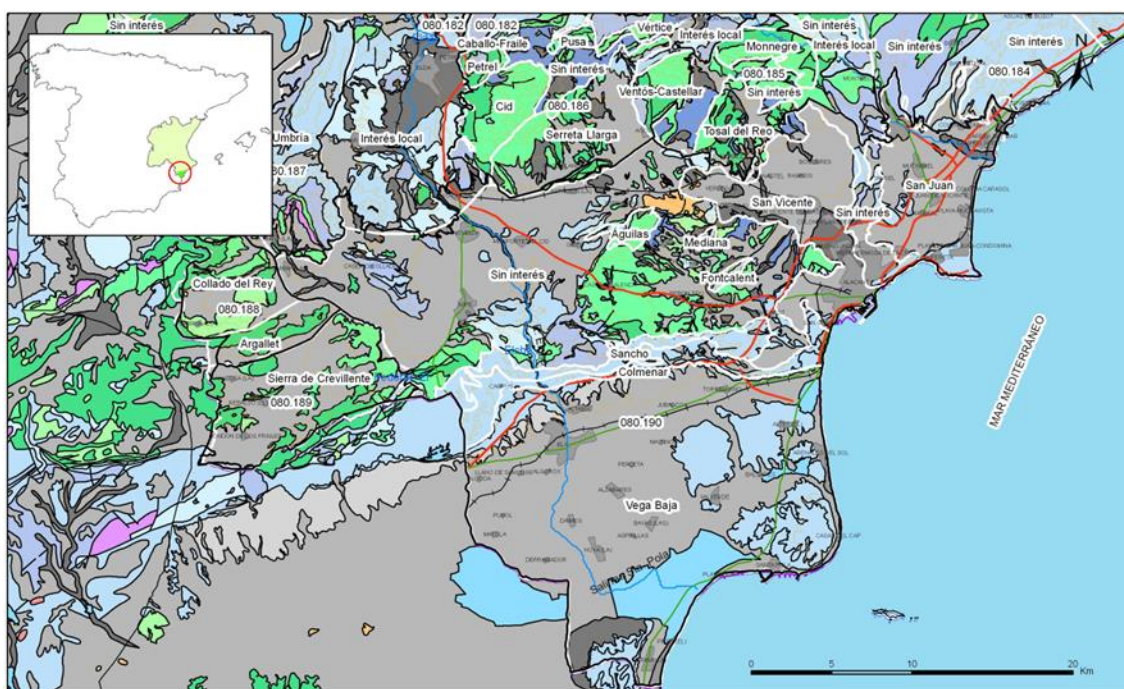


Figura 9. Mapa hidrogeológico con especificación de acuíferos de la masa 080.190 – Bajo Vinalopó.

Es una masa de agua subterránea muy heterogénea en la que se sitúan en su parte norte un conjunto de acuíferos del Cretácico y Terciario de pequeña entidad, estando ocupada el resto por depósitos cuaternarios que dan lugar a acuíferos de cierta entidad.

La serie estratigráfica descrita en el apartado 3.3. *GEOLOGÍA* implica la alternancia de niveles permeables con otros impermeables. La complejidad y el desconocimiento de la masa se debe a la escasísima explotación, debido a la mala calidad natural de las aguas, del conjunto de acuíferos. No obstante, ha sido posible definir algunos niveles acuíferos que, de muro a techo de la serie, son los siguientes:

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

En la siguiente figura (Figura 10) se muestra el volumen extraído del acuífero durante el periodo correspondiente al control piezométrico en la zona del Saladar (enero 2011 – marzo de 2025). La cantidad de agua subterránea captada durante este periodo ha sido de 334,61 hm³.

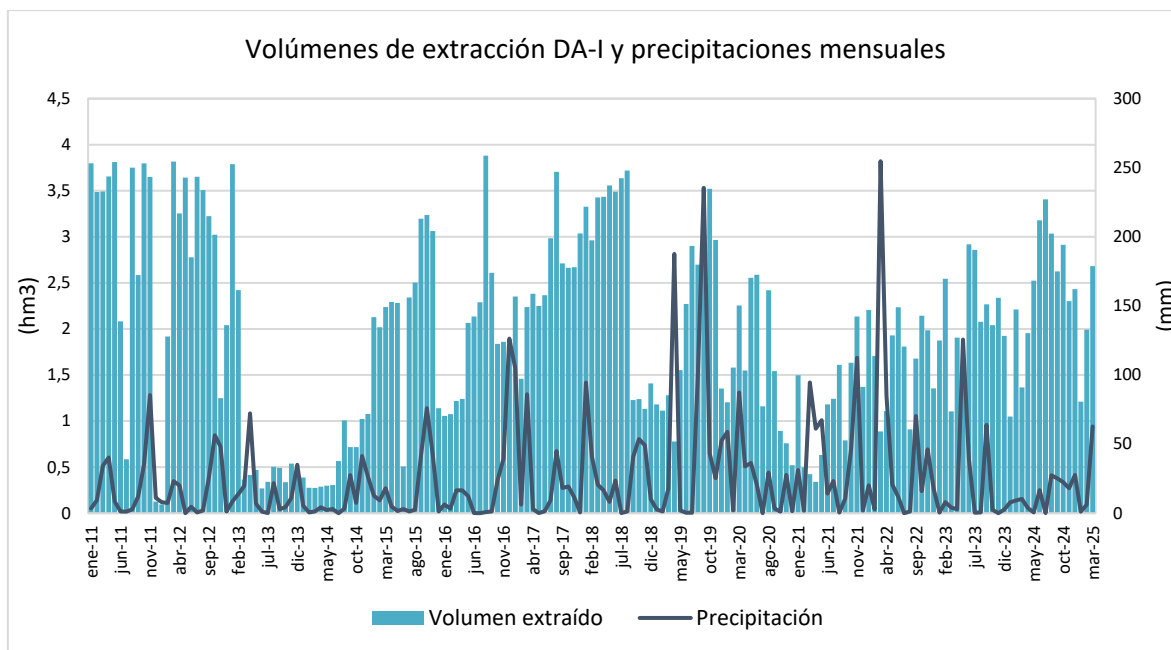


Figura 10. Volúmenes de agua de mar extraídos para la DA-I y precipitaciones mensuales durante el periodo enero 2011-marzo 2025.



Figura 11. Volúmenes de agua de mar anuales extraídos para la DA-I durante el periodo enero 2011-marzo 2025.

El régimen extractivo no se ha mantenido constante en el tiempo. Donde es posible establecer varios períodos (Figura 10 y Figura 11):

- 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 1,96 hm³/mes registrado recientemente en este periodo de enero – marzo 2025. 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 enero – marzo 2025, el promedio ha sido de 1,96 hm³/mes, superior a la media correspondiente al mismo trimestre de años precedentes (1,81 hm³/mes, Figura 12).

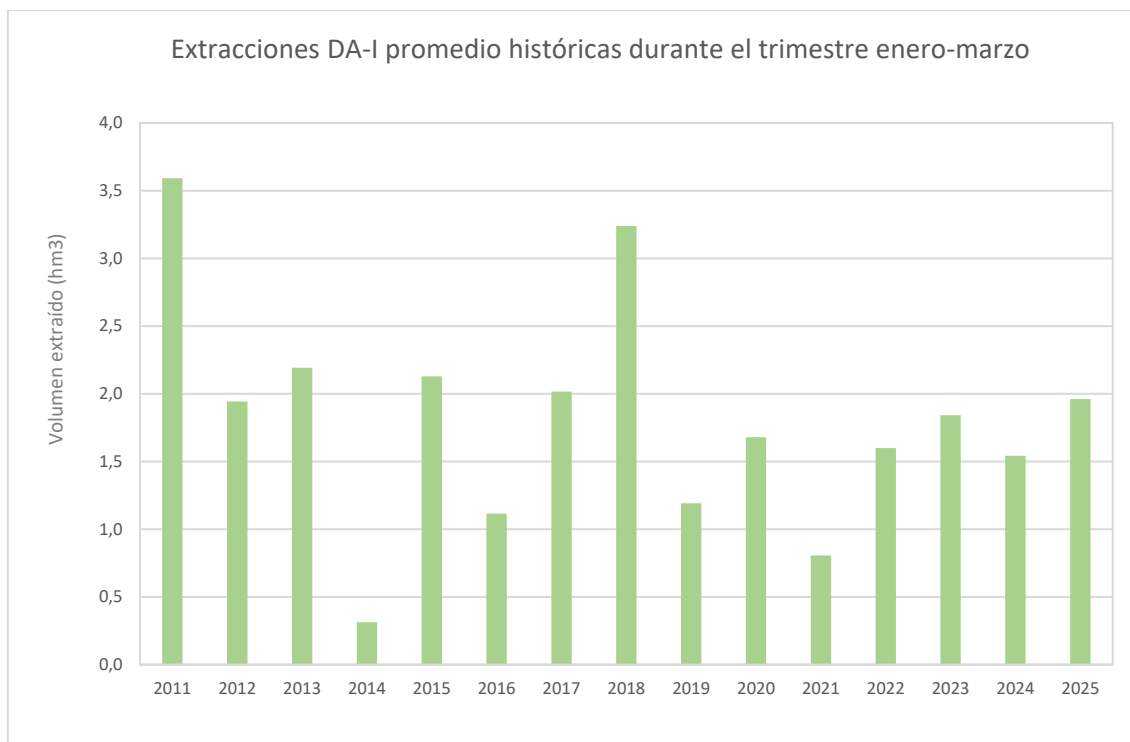


Figura 12. Volúmenes de agua de mar extraídos promedio para la DA-I durante el trimestre enero-marzo entre 2011-2025.

Tal y como se expone en la Figura 10 y 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. Las coordenadas de los extremos del túnel se presentan en la Tabla 2.

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
38° 17' 53,27"	0° 31' 12,8"	38,298131	-0,520223	716833.73	4241800.85

En la Figura 13 se muestra el volumen bombeado cada mes junto con los valores de precipitación acumulada mensual desde enero de 2011 hasta marzo de 2025 (periodo correspondiente al control piezométrico en la zona del Saladar). La cantidad de agua marina captada durante este periodo ha sido de 281,92 hm³.

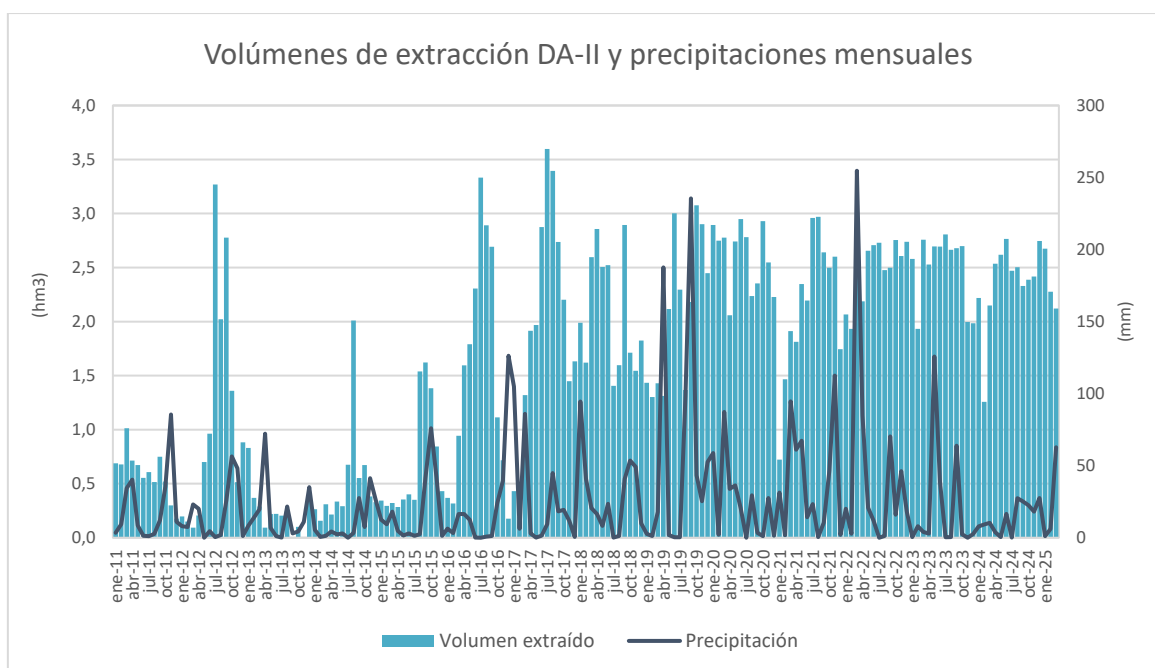


Figura 13. Volúmenes de agua de mar extraídos para la DA-II y precipitaciones mensuales durante el periodo enero 2011-marzo 2025.

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 enero -marzo histórico (Figura 14), las extracciones promedio en 2025 (2,36 hm³ /mes) se encuentran por encima del promedio de la serie 2011-2024 (1,31 hm³ /mes).

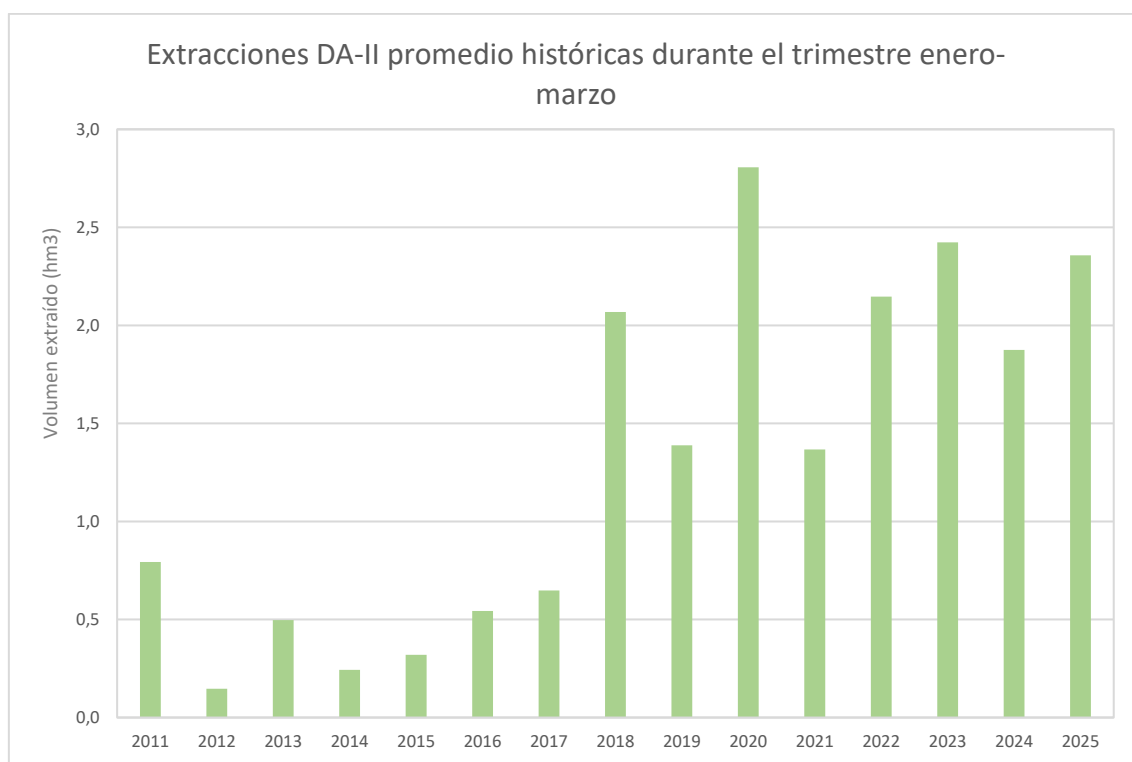


Figura 14. Volúmenes de agua de mar extraídos promedio para la DA-II durante el trimestre enero - marzo entre 2011-2025.

Los volúmenes anuales acumulados (Figura 15) 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.

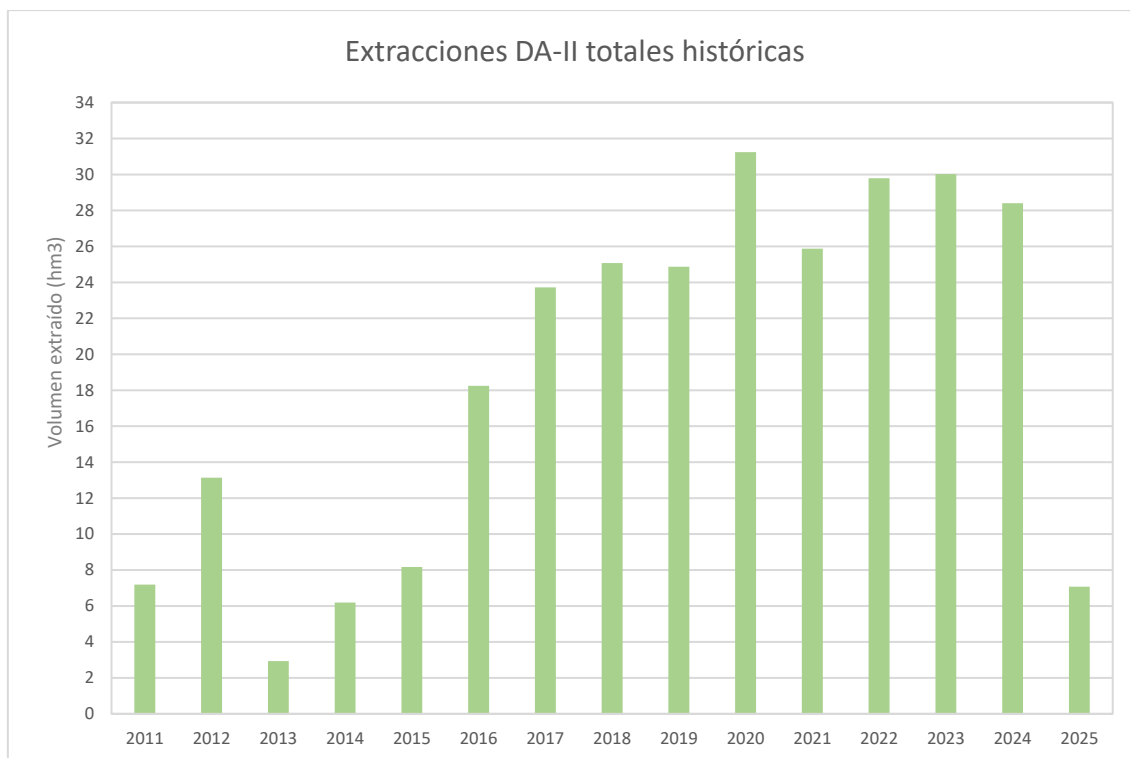


Figura 15. Volúmenes de agua de mar anuales extraídos para la DA-II durante el periodo enero 2011-marzo 2025.

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. Y desde los inicios se ha mantenido paradas durante las estaciones secas de acuerdo con criterios establecidos para minimizar el impacto ambiental. 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.

A partir del 2016 el programa de riego ha sido prácticamente ininterrumpido, habiéndose parado exclusivamente en noviembre 2016 a enero 2017. En octubre de 2019 entra en vigor las modificaciones acordadas en el plan de riego, que fueron aprobadas conjuntamente por la MCT y la Dirección General de medio Natural y Evaluación ambiental de la Generalitat Valenciana.

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 (Figura 16) 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.

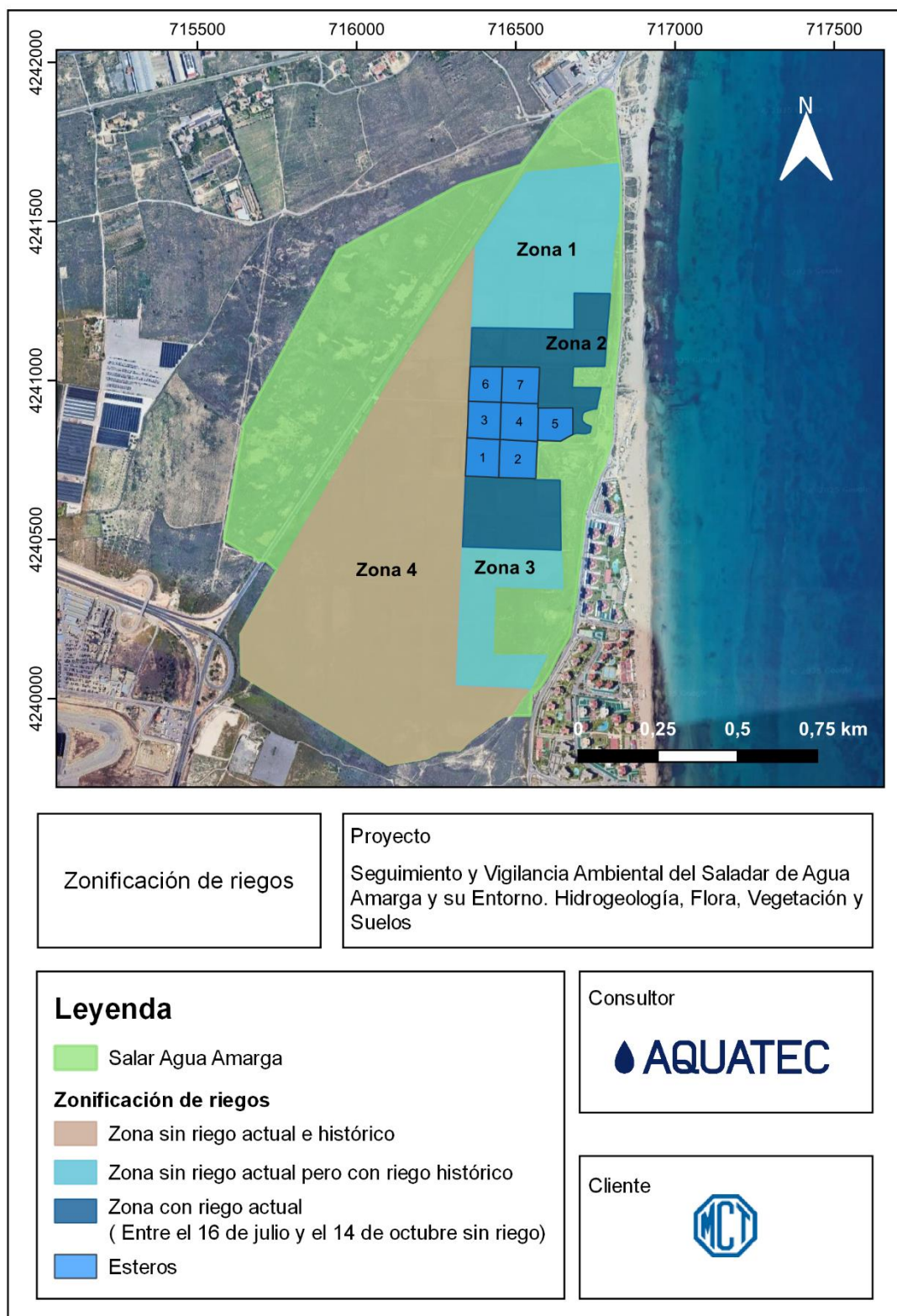


Figura 16. Zonificación de riegos del Saladar de Agua Amarga, según el 14º Programa de Riegos elaborado por la MCT.

El volumen total de riego desde que se disponen datos, es decir, desde enero de 2011 hasta marzo de 2025 es de 10 383,41 dam³.

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 17y Figura 18):

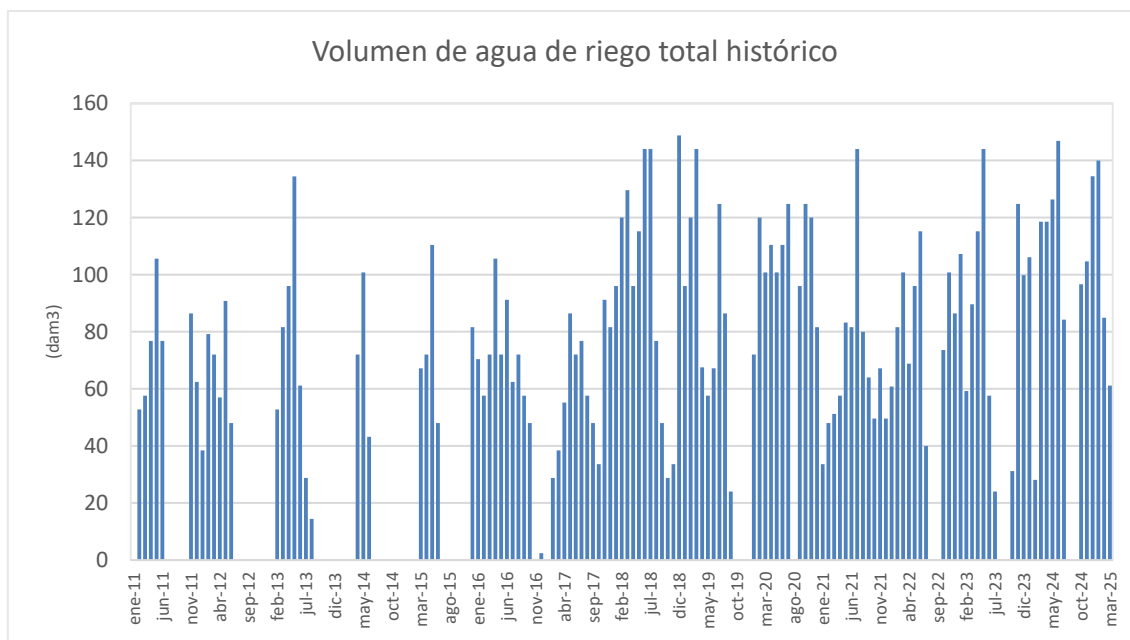


Figura 17. Volúmenes de riego mensuales aplicados sobre la superficie del Saladar de Agua Amarga, desde enero de 2011 hasta marzo de 2025.

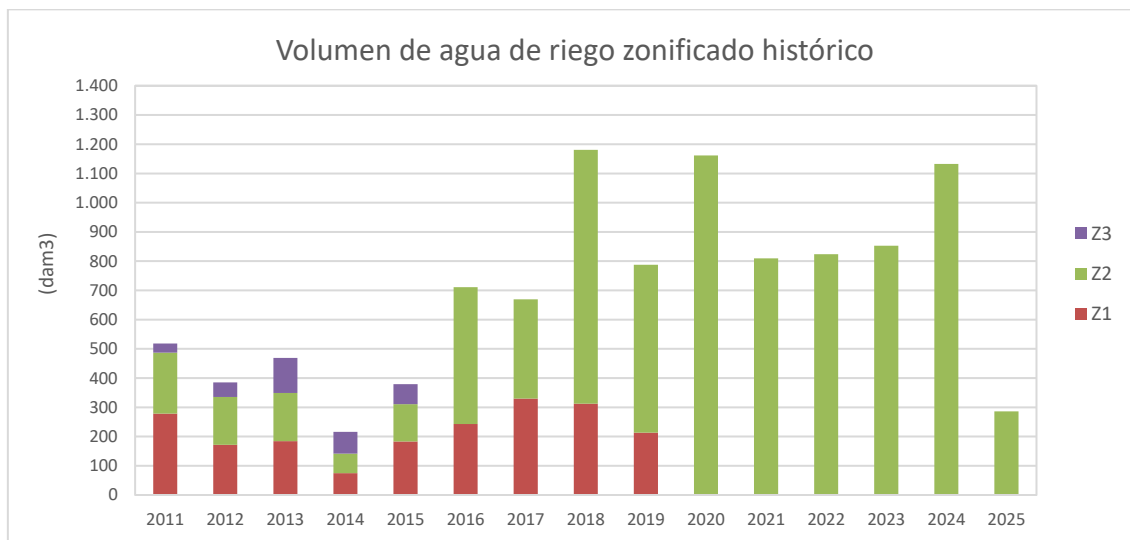


Figura 18. Volúmenes de riego anuales aplicados sobre las diferentes zonas de riego históricas del Saladar de Agua Amarga, desde enero de 2011 hasta la actualidad.

En el trimestre enero – marzo de 2025 el volumen acumulado es de 285,99 dam³. Este valor es mayor que el promedio histórico del trimestre (201,50 dam³), tal y como se identifica en la Figura 19.

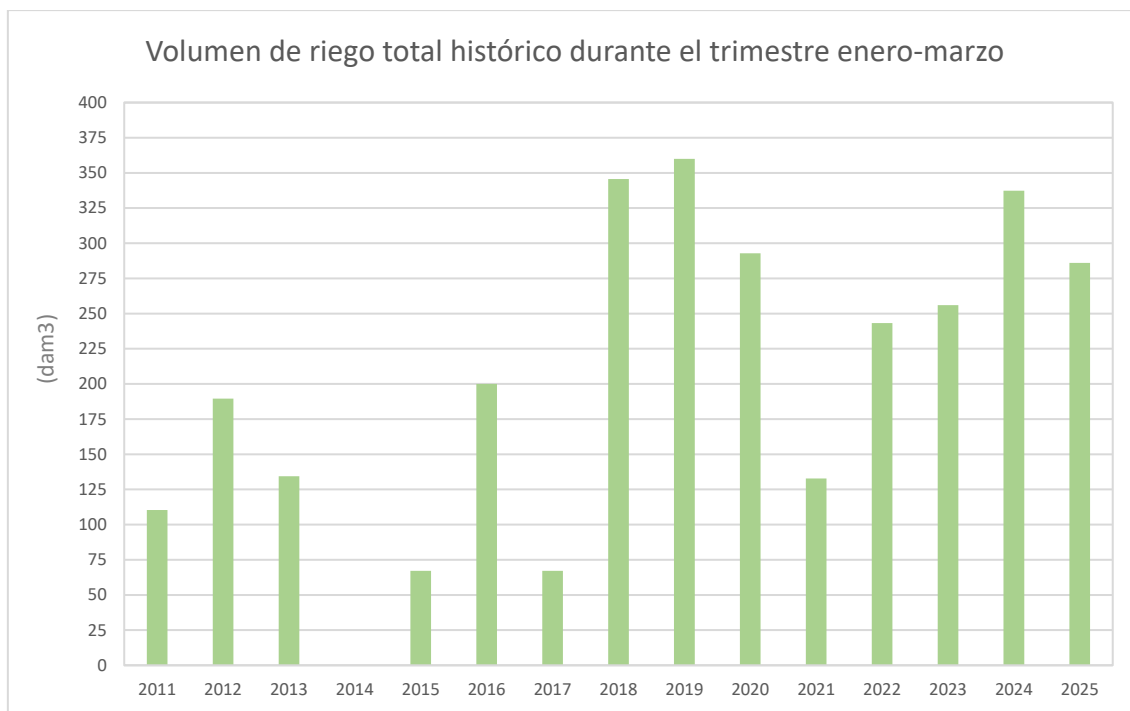


Figura 19. Volúmenes de riego durante el trimestre octubre - diciembre del Saladar de Agua Amarga, desde enero de 2011 hasta la actualidad.

Se constató la presencia de agua en los esteros durante las visitas realizadas a lo largo del trimestre (Figura 20). Las imágenes de los esteros inundados se presentan en el ANEXO I.

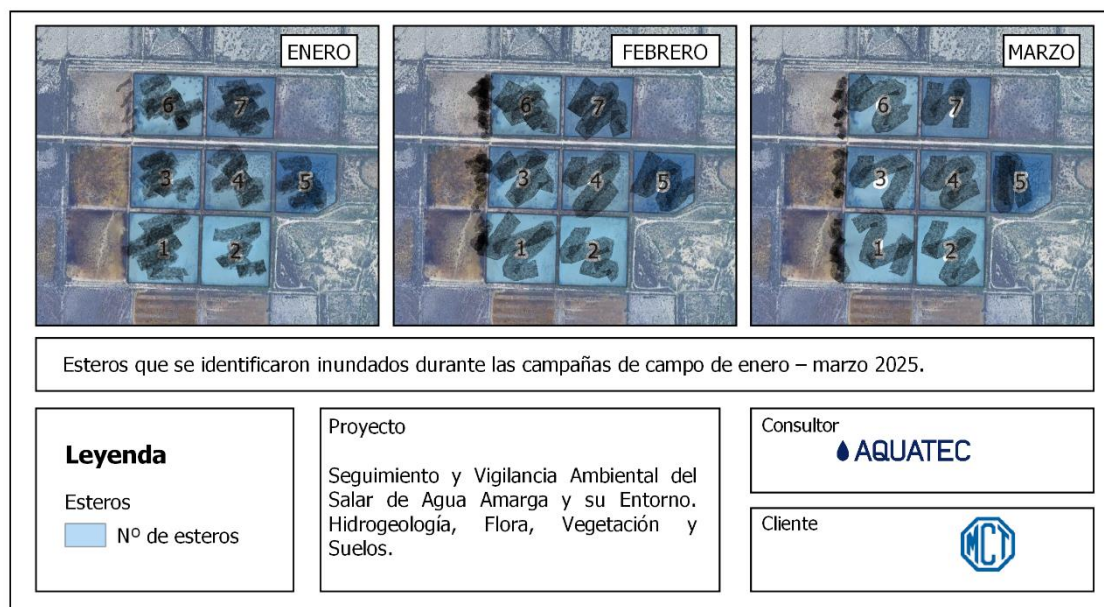


Figura 20. Esteros inundados (subrayados en negro) durante las campañas de campo de enero - marzo 2025.



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

6.1. Piezometría

Dado a que no poseemos información histórica de la evolución piezométrica en los inicios de la vigilancia de saladar, nuestro estudio se va a centrar en observar y describir las variaciones piezométricas desde abril 2024 hasta marzo 2025.

6.1.1 Registros de campo

Profundidad de nivel de agua

Durante los días 23 de enero, 19 de febrero y 24 de marzo 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. En la campaña de febrero no fue posible muestrear el punto P4 debido a que en la zona estaban en obras.

Las profundidades del nivel freático registradas en cada uno de los piezómetros se presentan a continuación (Tabla 3). 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 2024 – marzo 2025 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	-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	-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	-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	-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
oct- 24	-5,42	-1,25	-2,2	-1,69	-1,81	-4,24	-0,25	-4,07	-0,75	-2,25	-2,8	-6,4	-1,62	-1,21
nov- 24	-7,4	-1,25	-2,11	-1,58	-1,69	-4,02	0,29	-5,1	-0,6	-2,78	-2,71	-5,75	-0,8	-1,16
dic - 24	-7,45	-1,2	-2,12	-1,59	-1,7	-4,01	0,26	-4,9	-0,52	-2,86	-2,8	-5,89	-1,56	-1,19
ene-25	-6,31	-1,02	-1,9	-1,54	-1,67	-3,97	0,28	-4,05	-0,52	-2,71	-2,59	-5,41	-1,54	-0,9
feb-25	-7	-1,12	-1,96	-1,51	/	-3,76	0,22	-3,45	-0,5	-2,86	-2,71	-5,16	-1,45	-1,25
mar-25	-7,52	-1,16	-1,79	-1,23	-0,39	-3,82	0,64	-3,44	-0,44	-2,5	-2,4	-5,65	-1,41	-1,06



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

Basándonos en las profundidades del nivel freático mostradas en la Tabla 3, se ha generado un mapa de isopiezas que ilustra la configuración de la superficie freática durante marzo. La elección de elaborar un único mapa se justifica por la continuidad del programa de riego durante todo el trimestre, lo cual mantiene estables las curvas de nivel del agua. Se seleccionó el mapa del último mes para presentar la información más reciente y representativa de las condiciones del nivel freático en la zona.

En la Figura 21 se presenta el mapa de piezometría de la cual se hace las siguientes observaciones:

- 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 7,52 m registrada en marzo (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 las aguas continentales se dirigen hacia dicho cono de bombeo. 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 la extensión superficial del saladar.
- Los valores negativos de piezometría en todos los piezómetros establecen un potencial hidráulico de entrada del agua de mar hacia el continente. El gradiente hidráulico es más acusado en la parte noreste del saladar con un valor de 0,014% en la zona del cono de bombeo con dirección sureste – noroeste mientras en la zona oeste presenta un gradiente hidráulico más suave de 0,0043 % con una sureste – noroeste.



- En la zona central del saladar se identifica una anomalía piezométrica del cono de depresión, atribuida al riego continuo en los 7 esteros inundados, esto hace que los niveles piezométricos en el centro se encuentren muy próxima a la superficie. Esta configuración nos surge que el impacto del cono de depresión es menos pronunciado en esta área del saladar, lo cual pone de manifiesto la eficacia del Programa de Riego implementado en la Zona 2 del saladar que a su vez, tiene implicaciones positivas en el desarrollo de la vegetación local.
- Los valores positivos provienen del punto P6, donde se registra una cota positiva de 0,64 m s. n. m. en marzo. Se podría atribuir a este punto como una zona de recarga, al ser el punto con mayor cota sin ningún tipo de riego artificial.



Figura 21. Mapa de isopiezas elaborado con los datos de la campaña de campo de marzo de 2025.

6.1.3 Gráficos de variaciones piezométricas

Durante el actual trimestre de control en términos generales los niveles se mantienen estables en comparación con el trimestre anterior (Figura 22). Se pueden ver un ascenso destacado el punto P6 de 0,65 m s. n. m. la cota más alta registrada hasta la fecha. Por el contrario, en el punto D2 se ha registrado un descenso notable, alcanzando los -7,52 m s. n. m.

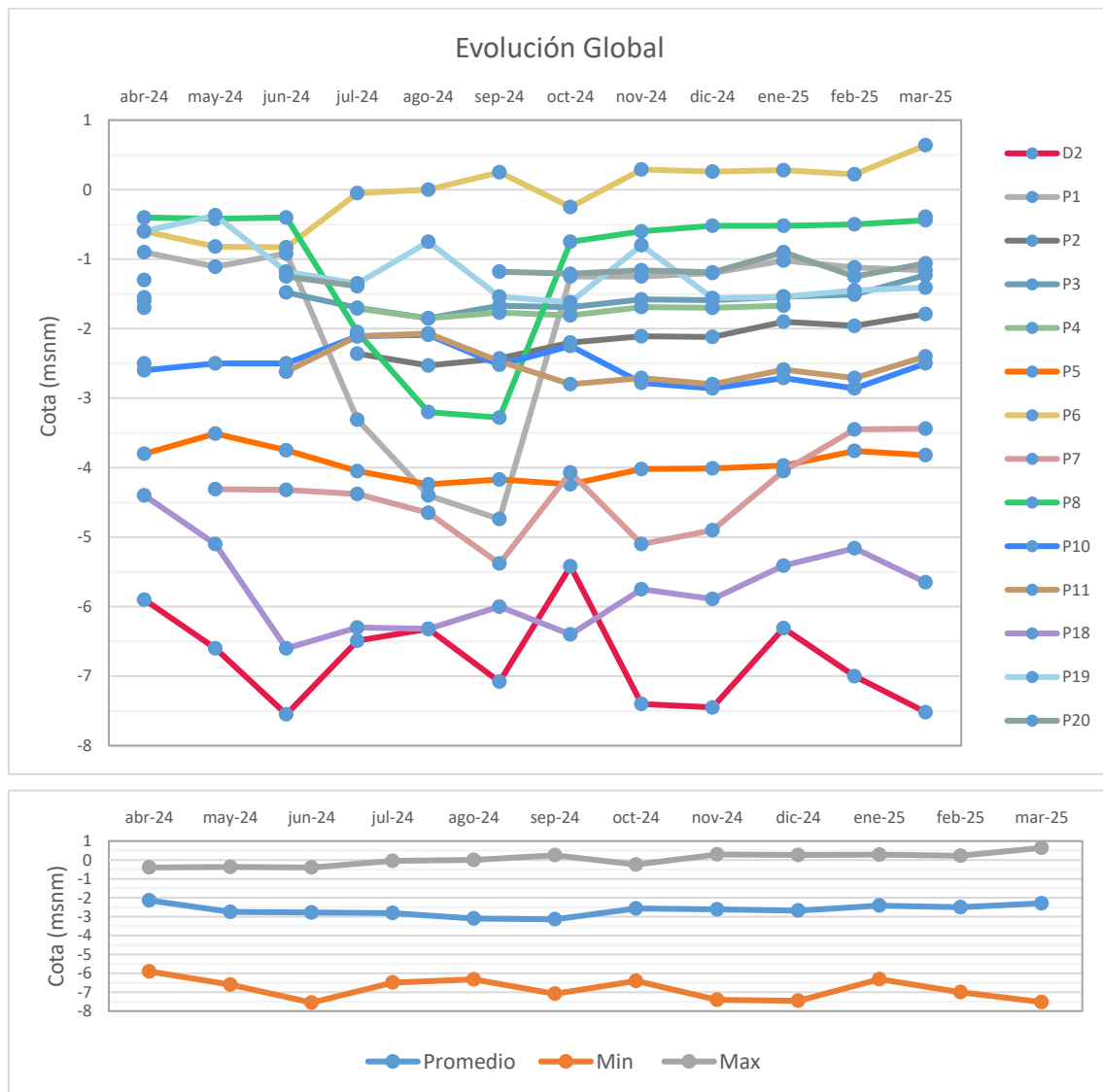


Figura 22. Evolución piezométrica de los piezómetros de control durante en el periodo abril 2024 – marzo 2025.

Podemos destacar las siguientes observaciones en este trimestre:

- En la zona noreste del salar en el cono de depresión se observó un descenso de 7,52 m s. n. m., el segundo valor más bajo desde que se inició el seguimiento.
- En la parte central los piezómetros P1 y P8 se mantienen estables desde octubre, el punto P1 con cotas en torno a 0,50 cm menores que P8.



- En la zona sur el punto P6 registra un valor de 0,65 m s. n. m. la cota más alta registrada. Este punto presenta hasta ahora una tendencia ascendente sostenida.

No obstante, la mayoría de los puntos mantienen niveles estables. Es notable que en los puntos P8 y P1, ubicados en la Zona 2 del Programa de Riego (los siete esteros inundados), se observen descensos pronunciados durante los meses de inactividad del riego (julio, agosto, septiembre y parte de octubre). Pero de manera general el acuífero mantiene unos niveles de agua estables a lo largo del año, sin descensos o aumentos bruscos más que los mencionados anteriormente. Esta observación nuevamente pone de manifiesto la eficacia del programa de riego implementado.

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 marzo 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 (Figura 23). En la Tabla 4 están registrados los valores de conductividad eléctrica de cada uno de los piezómetros.

En relación con las interpretaciones derivadas de los valores de conductividad eléctrica (directamente proporcional a la salinidad) observados en la zona de estudio, es fundamental destacar que estas presentan limitaciones significativas. Esto se debe a que la dinámica de difusión salina en el acuífero no está determinada exclusivamente por las condiciones de flujo impuestas, como la descarga natural, los sistemas de riego y las extracciones, ni por las propiedades intrínsecas del acuífero, tales como la porosidad, la permeabilidad y la litología. Interviene además el flujo convectivo impulsado por gradientes de densidades, así como los procesos de disolución de sales en el terreno.

Tabla 4. Conductividades eléctricas registradas durante el periodo abril 2024 – marzo 2025 en los piezómetros de control ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

	D2	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P10	P11	P18	P19	P20
abr-24	39900	64700	20300	10600	11100	15800	11900	/	62300	59200	59100	16600	12000	14600
may-24	28924	59904	/	/	/	14372	10244	38180	56192	51216	/	15600	12472	/
jun-24	32556	58732	/	12728	/	14436	10272	41504	56656	52124	52284	15584	13644	13736
jul-24	42328	60940	19456	12516	14032	14264	10332	41760	57780	57664	57416	16116	13588	13716
ago-24	44364	57652	19940	12388	13892	14052	9876	47916	57160	59940	60148	16132	13272	/
sep-24	45700	58800	20600	12300	13400	14000	9200	50300	57000	61200	60600	16200	13700	13300
oct- 24	47956	62512	20152	12392	13688	13604	10452	49760	58820	58592	58988	13604	12948	13508
nov- 24	46612	61364	20004	12348	13644	13628	10028	37228	59004	53996	54704	14036	13064	13320
dic - 24	45836	60008	20420	12276	13800	13544	9968	37820	58988	53088	54424	13768	12936	13416
ene-25	39836	/	21200	12240	13828	13544	10388	53600	55220	49868	50556	15192	13620	13516
feb-25	49092	50288	20872	12024	/	13536	10000	51448	53124	47960	49052	15172	13552	13468
mar-25	56892	50780	20984	12908	13428	13544	9272	58116	53028	47052	47024	15268	15268	13368

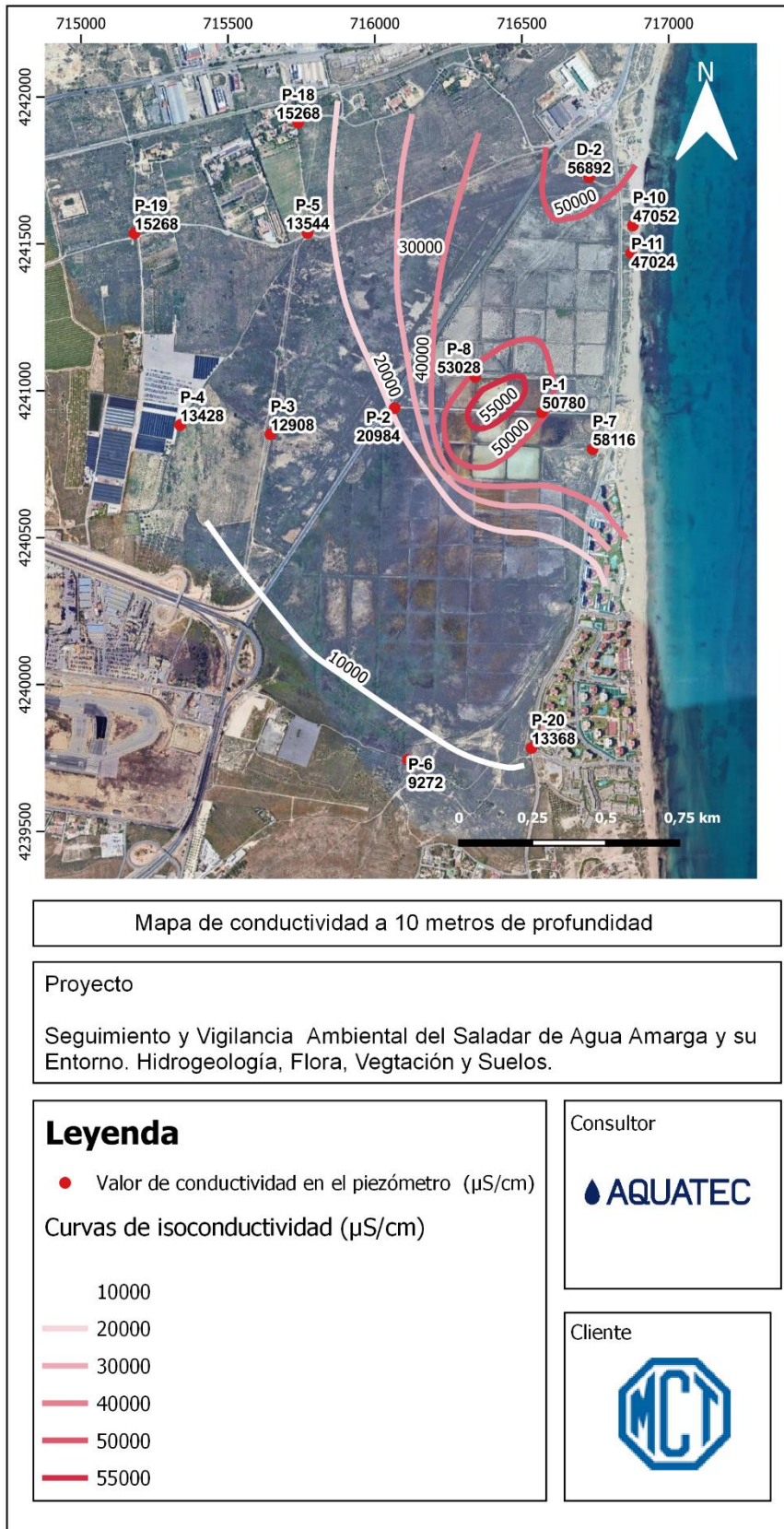


Figura 23. Mapa de isoconductividades eléctricas a 10 m.s.n.m elaborado con los datos de la campaña de campo de marzo de 2025.



No obstante, el análisis de la distribución de isolíneas de conductividad revela una concentración de los valores más elevados de salinidad en el núcleo del saladar. Esta zona queda delimitada por las isolíneas de conductividad de entre 20.000 y 30.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, alcanzando máximos de 53.028 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el punto P8. Estos niveles de salinidad resultan de la mezcla entre el agua de recarga marina, cuyas conductividades superan los 50.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (según bibliografía del entorno), y el agua subterránea continental, que presenta conductividades comprendidas entre 8.000 y 10.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (según bibliografía del entorno). Se observan valores elevados de conductividad en la línea costera, como es previsible debido a la proximidad del mar. En este sector, se registra un máximo de 47.052 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el punto P10. Por otra parte, la zona occidental del saladar está delimitada por las isolíneas de 10.000 y 20.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, lo que indica una transición progresiva hacia aguas de menor salinidad en esta dirección.

Cabe destacar dos aspectos durante este trimestre. En primer lugar, los valores de conductividad registrados son un poco bajos de lo que veníamos registrando en los meses anteriores, en la mayoría de los piezómetros (excepto en D2 y P7), lo cual atribuimos a las tormentas con precipitaciones elevadas ocurridas durante este periodo el aporte superficial al salar puede producir disolución salina y menor evaporación ya que en mayor humedad menor radiación solar (frecuente cuando llueve más) la evaporación disminuye e infiltración.

En segundo lugar, resulta llamativa la variabilidad y los datos atípicos registrados en el punto P7, donde se ha medido un valor de conductividad de 58.116 $\mu\text{S}/\text{cm}$, superior incluso al del centro del salar o de la línea costera, sin que por el momento podamos encontrar una explicación clara para este comportamiento, salvo que es un punto que presenta muchas oscilaciones. Algo similar ocurre en el punto D2, donde se ha registrado un valor elevado de 56.892 $\mu\text{S}/\text{cm}$, superior al habitual, posiblemente relacionado con su ubicación en la zona de extracción. Si nos fijamos en la Tabla 4, estos valores elevados ocurren solo en el mes de marzo, en los meses de enero y febrero los valores de los puntos D2 y P7 están dentro de la siguiente clasificación.

Por ahora, se continuará con la clasificación de las aguas subterráneas, tal como se ha venido aplicando en los informes anteriores. No obstante, se seguirá observando su evolución por si en el futuro fuera necesario llevar a cabo una nueva reclasificación que permita establecer una delimitación más precisa. Dicho esto, la clasificación de las aguas subterráneas a 10 de profundidad en el entorno del saladar es la siguiente:

- 1) Aguas continentales (8000-10000 $\mu\text{S}/\text{cm}$): si bien es cierto 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.

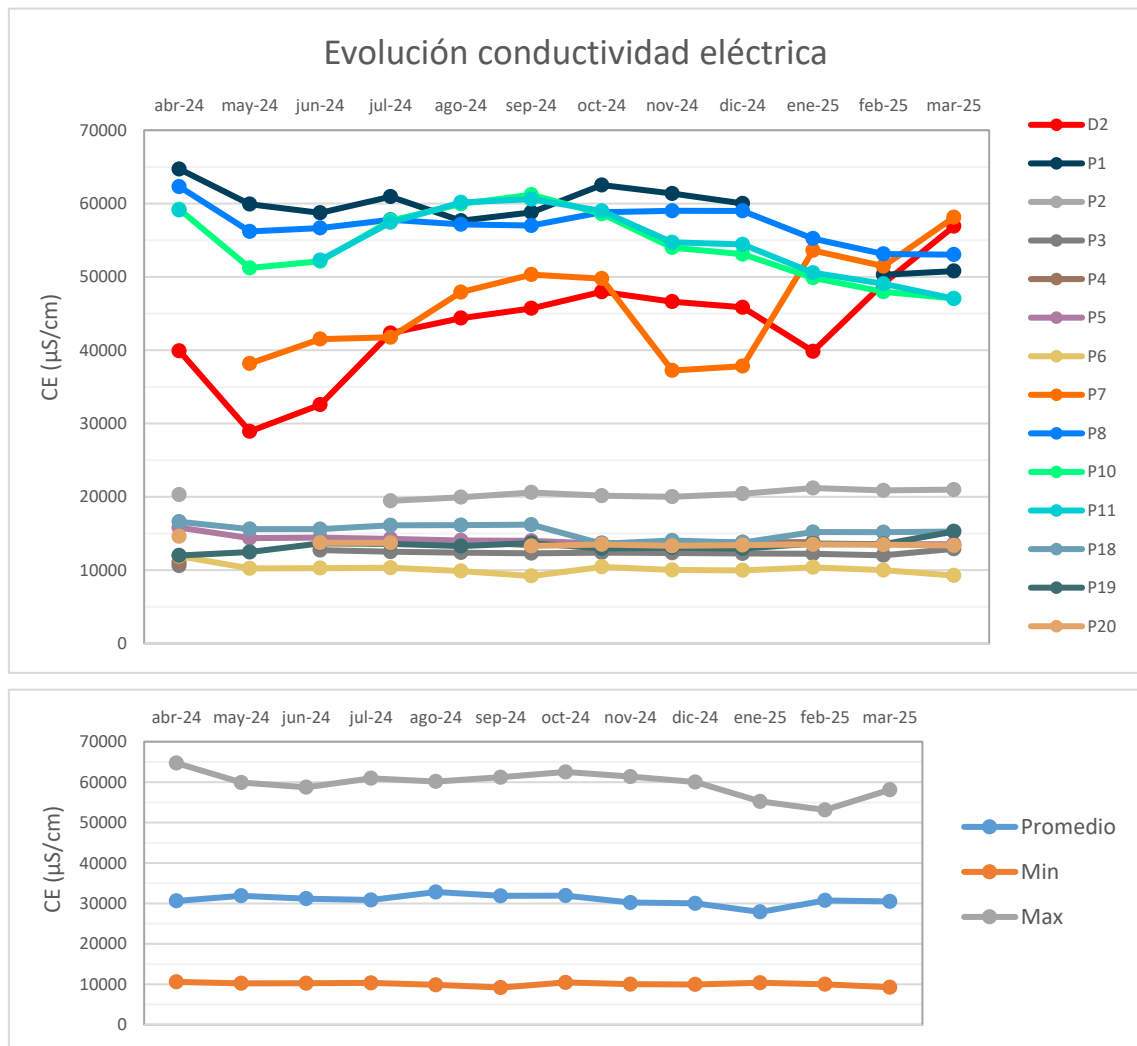
2) Aguas salobres (20000-50000 $\mu\text{S}/\text{cm}$): en esta categoría se identifican a los piezómetros D2 y P7, se presentan próximos a la línea de costa y presentan aguas de mezcla marina y continental. Se ubican al norte a medio camino entre el centro del saladar y la línea de costa. Adicionalmente, el punto P2 también se clasifica dentro de esta categoría, encontrándose en el sector occidental del centro del saladar, cercano a la zona de riego, ligeramente influenciado por la dispersión salina que este genera.

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 55000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ iguales que las del agua marina (analizada en el agua marina de entrada a las desaladoras) y los piezómetros P1 y P8 con conductividades que pueden llegar a los 60000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, las cuales son ligeramente mayores a la del agua marina debido a la evaporación del agua marina de riego que se da en los esteros inundados. Se ubican en la línea de costa y 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 (Figura 24):

- 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.



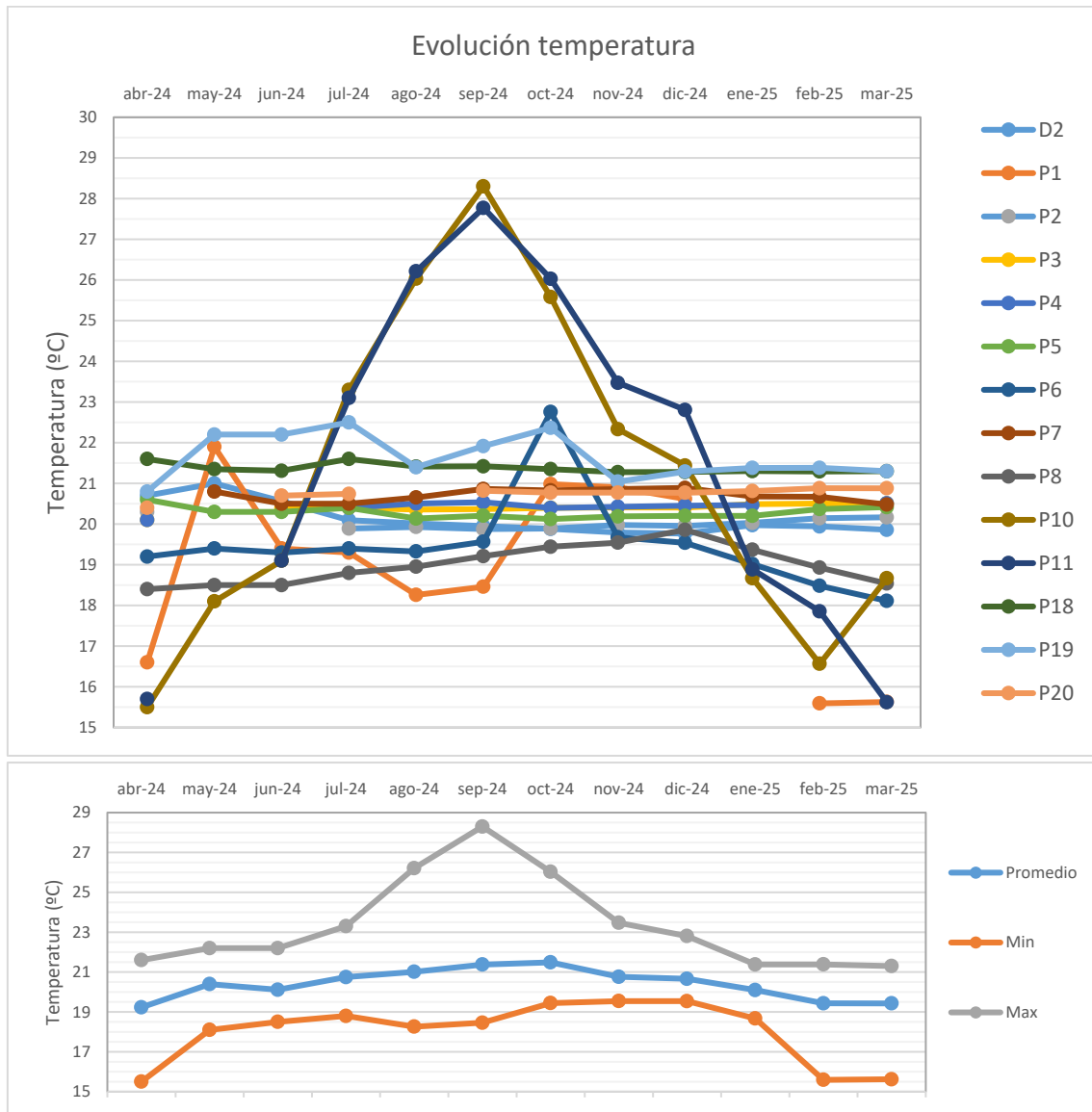


Figura 24. Evolución general de conductividad eléctrica y temperatura de la red de piezómetros de control del Saladar de Agua Amarga.

Durante este trimestre se ve un descenso de las conductividades eléctricas sobre todo en los puntos P10, P11 P1 y P8, que atribuimos como se ha dicho en el apartado anterior a las elevadas precipitaciones, sin embargo, observamos valores atípicos elevados en los puntos P7 y D2. En el punto D2 se podrían ver esos valores ya que es el que se ve más afectado por la explotación de las desaladoras tal y como se observa en la Figura 24, registrando la mayor variabilidad de los puntos de control de 27968 $\mu\text{S}/\text{cm}$ Este piezómetro presenta 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. Por el contrario, el punto P7 no se ve afectado directamente por las extracciones, como ocurre con D2. Sin embargo, su ubicación entre la zona de riego



y la línea de costa lo expone a procesos de difusión salina desde ambos entornos, lo que podría explicar sus oscilaciones a lo largo del año.

Respecto a las temperaturas los valores son estables en todo el año entre (22, 8° y 15, 5° C), salvo los meses de verano donde se vio un incremento (de hasta 28,3°C) destacado en los piezómetros P10 y P11 situados en la franja costera.

a) Evolución de aguas continentales

En el periodo abril 2024 - marzo de 2025, 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 de 2024 y 16600 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el piezómetro P18 en abril de 2024. Respecto a la temperatura los valores varían entre 18,1 °C en el piezómetro P6 en marzo de 2025 y 22,5 °C en el piezómetro P19 en julio de 2024. 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 niveles de agua y temperatura se mantienen estables pero la conductividad eléctrica se ve un descenso desde abril de 2024 alcanzando un nivel estable (entorno a los 13 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$) a partir de octubre.

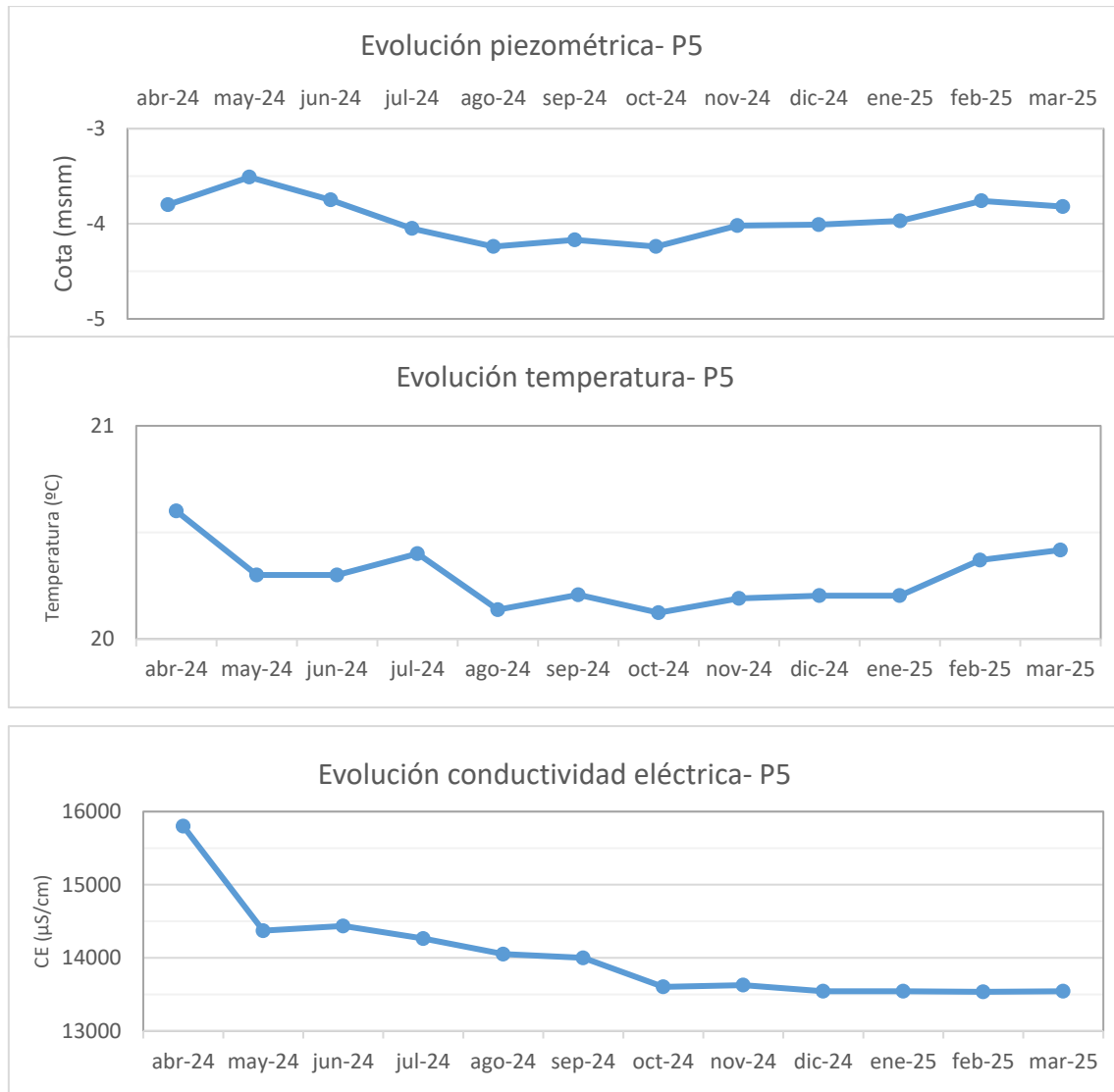


Figura 25. Evolución de piezometría, conductividad eléctrica y temperatura del piezómetro P5.

b) Evolución de aguas salobres

En el periodo abril 2024 - marzo de 2025, la conductividad eléctrica en los piezómetros D2 y P7 (Figura 26) oscilan entre 28924 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el piezómetro D2 en mayo de 2024 y 58116 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el piezómetro P7 en marzo de 2025. Respecto a la temperatura los valores varían entre 19,8 °C en diciembre y 21,0 °C en mayo del 2024 el piezómetro D2. 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 enero –marzo 2025, se ve un descenso de los niveles de agua de más de 1 m, la temperatura si se mantiene estable y con respecto a la conductividad eléctrica existe un ascenso a lo largo del periodo de estudio.

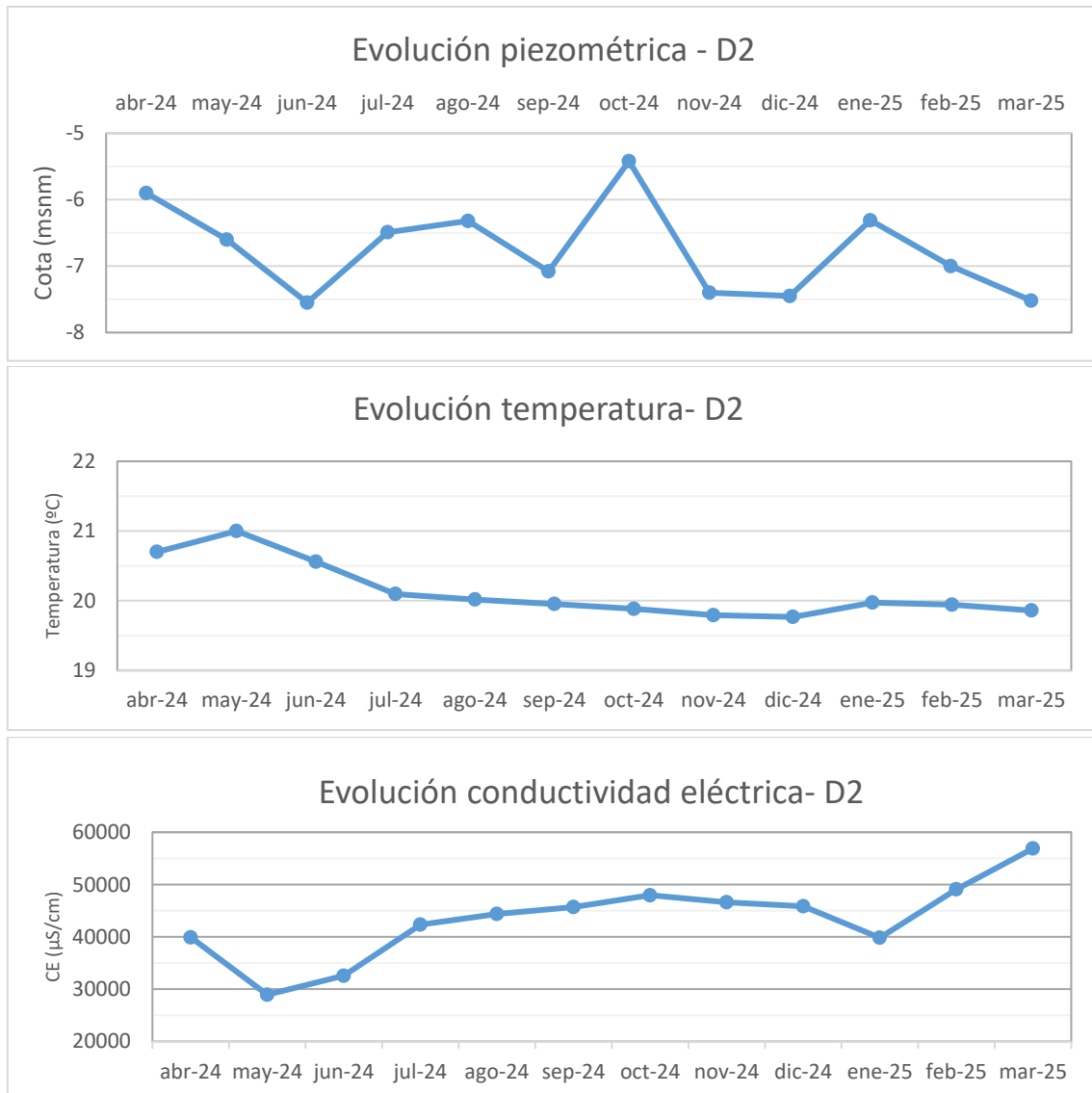


Figura 26. Evolución de piezometría, conductividad eléctrica y temperatura del piezómetro D2.

c) Evolución de aguas marinas en franja costera

En el periodo abril 2024 - marzo de 2025, la conductividad eléctrica en los piezómetros P10 y P11 oscilan entre 47024μS/cm en el piezómetro P11 en marzo de 2025 y 61200 μS/cm en el piezómetro P10 en septiembre de 2024. Respecto a la temperatura los valores varían entre 15,5 °C en el piezómetro P10 en abril de 2024 y 28,3 °C en el piezómetro P10 en septiembre de 2024, lo que supone una variabilidad de 12,8 °C, variabilidad normal al encontrarse en línea de costa. 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, se observa una tendencia parecida entre la temperatura y conductividad eléctrica, se ve como aumentan conformen llegan los meses de verano y disminuyen conforme llega el invierno. Los niveles de agua varían bastante y desde noviembre de 2024 registra valores mínimos.

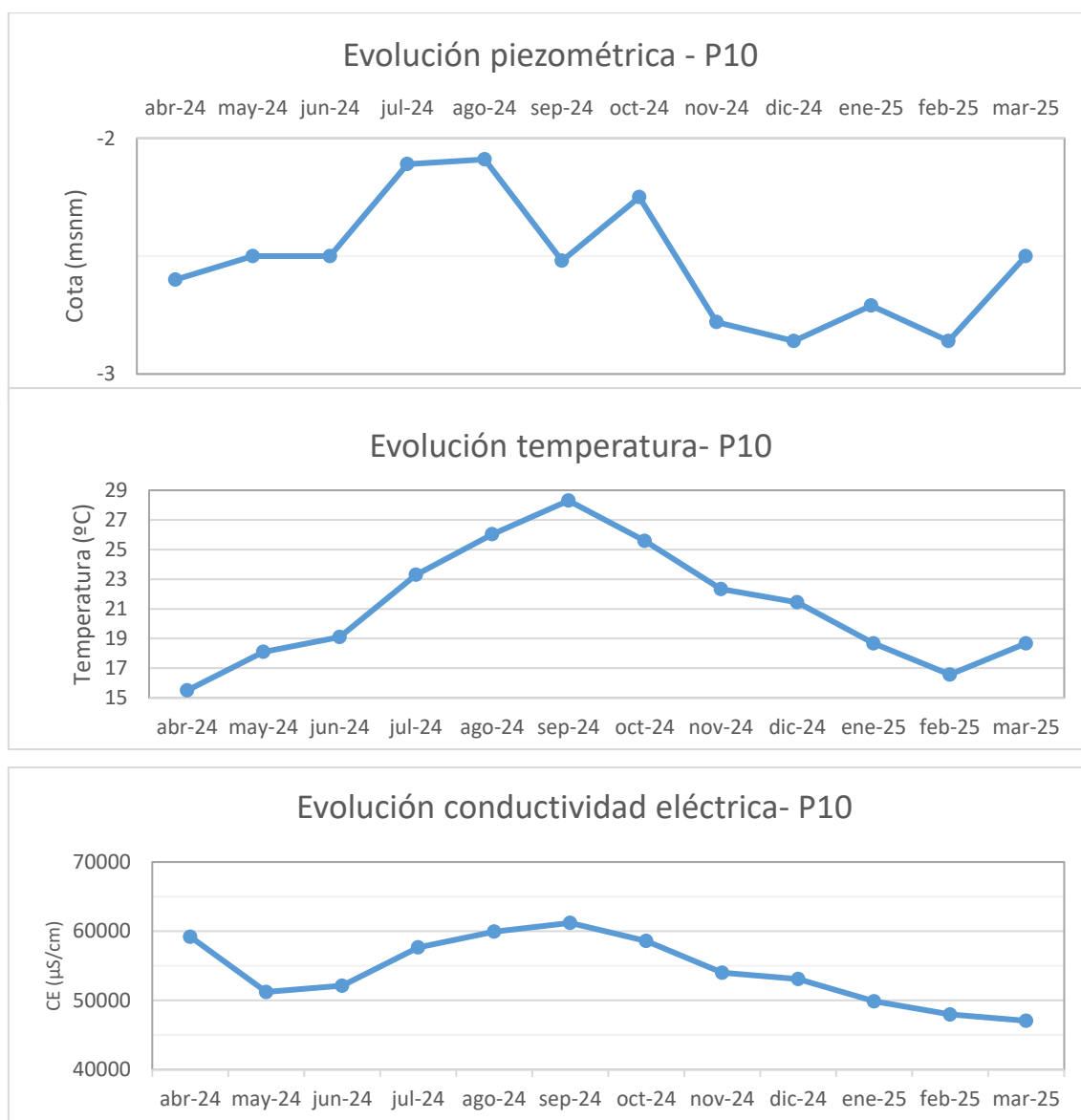


Figura 27. Evolución de piezometría, conductividad eléctrica y temperatura del piezómetro P10.

d) Evolución de aguas marinas-salmueras en esteros

Durante el periodo comprendido entre abril de 2024 y marzo de 2025, la conductividad eléctrica en los piezómetros P1 y P8 osciló entre 50.288 µS/cm, registrada en el piezómetro P8 en febrero de 2025, y un valor máximo de 64.700 µS/cm en el piezómetro P1 en abril de 2024. En cuanto a la temperatura, los valores se situaron entre un mínimo de 16,6 °C en el piezómetro P1 (abril de 2024) y un máximo de 21,9 °C en ese mismo punto en mayo de 2024. Como punto representativo del sistema, se han analizado las variaciones de piezometría, temperatura y conductividad eléctrica del piezómetro P8. Durante el periodo de estudio (Figura 29), se observa que los niveles piezométricos se mantienen relativamente estables, salvo durante los meses de verano. A partir de diciembre, se detecta un descenso progresivo de las temperaturas, acompañado

también por una disminución en la conductividad eléctrica, que alcanza su valor mínimo (50.288 $\mu\text{S}/\text{cm}$) en febrero de 2025.

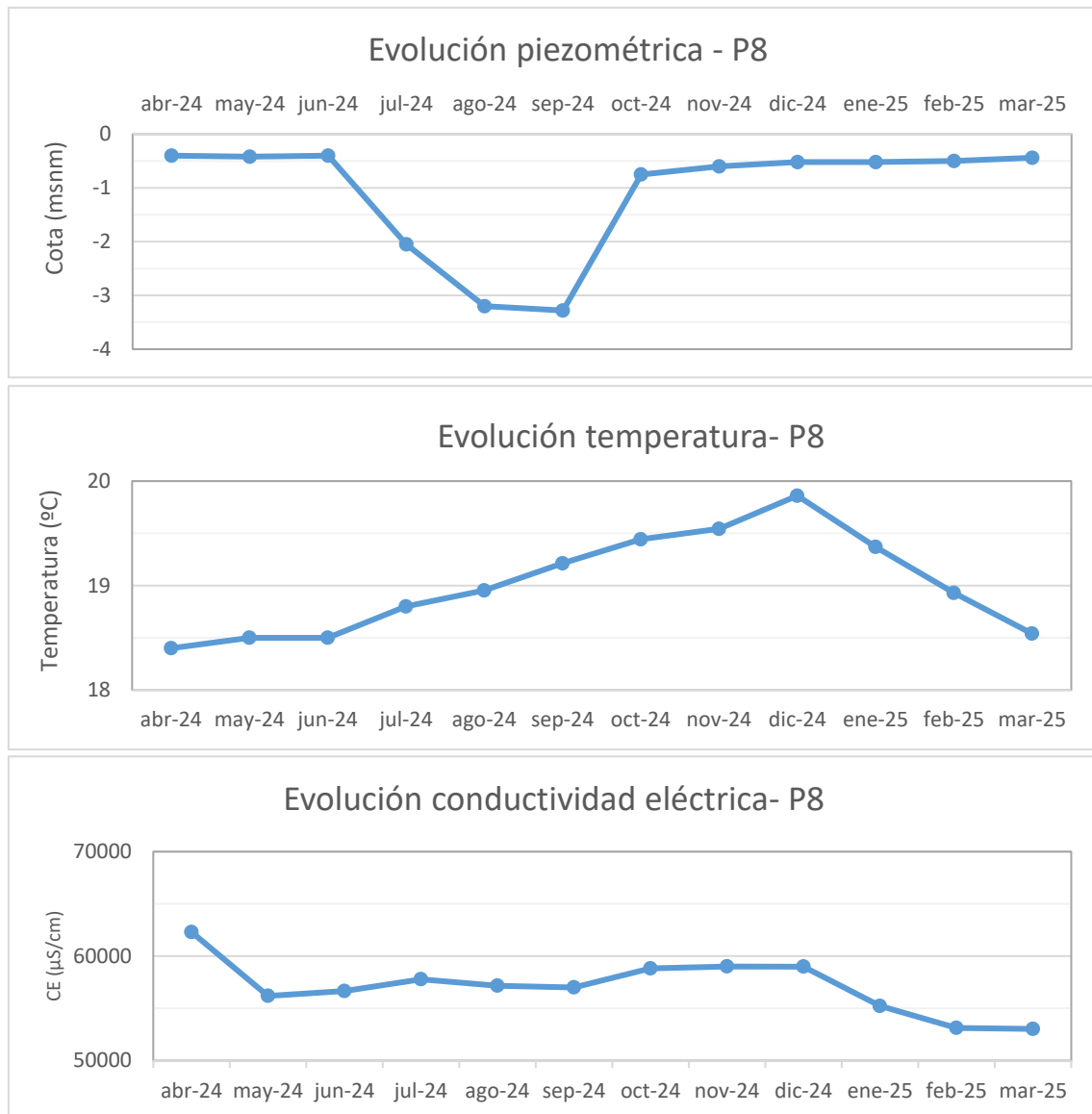


Figura 28. Evolución de piezometría, conductividad eléctrica y temperatura del piezómetro P8.

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:

Tabla 5. 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 65.0000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (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

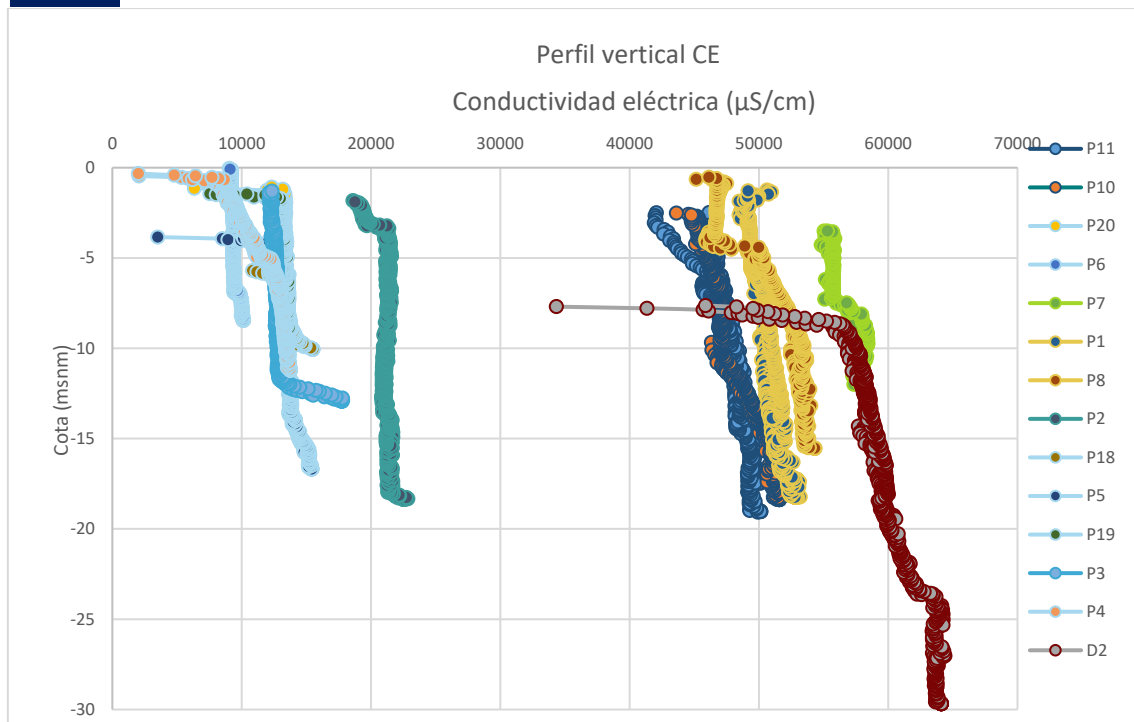


Figura 29. Clasificación de los piezómetros de control en función del comportamiento de la conductividad eléctrica a lo largo del perfil vertical, datos de la campaña de enero – marzo de 2025. Celeste claro: P4, P5, P6, P18, P19 y P20. Celeste oscuro: P3. Turquesa: P2. Azul: P10 y P11. Amarillo: P1 y P8. Rojo: D2. Verde: P7



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 enero – marzo de 2025.

El comportamiento tipo “A” (Figura 31) 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.

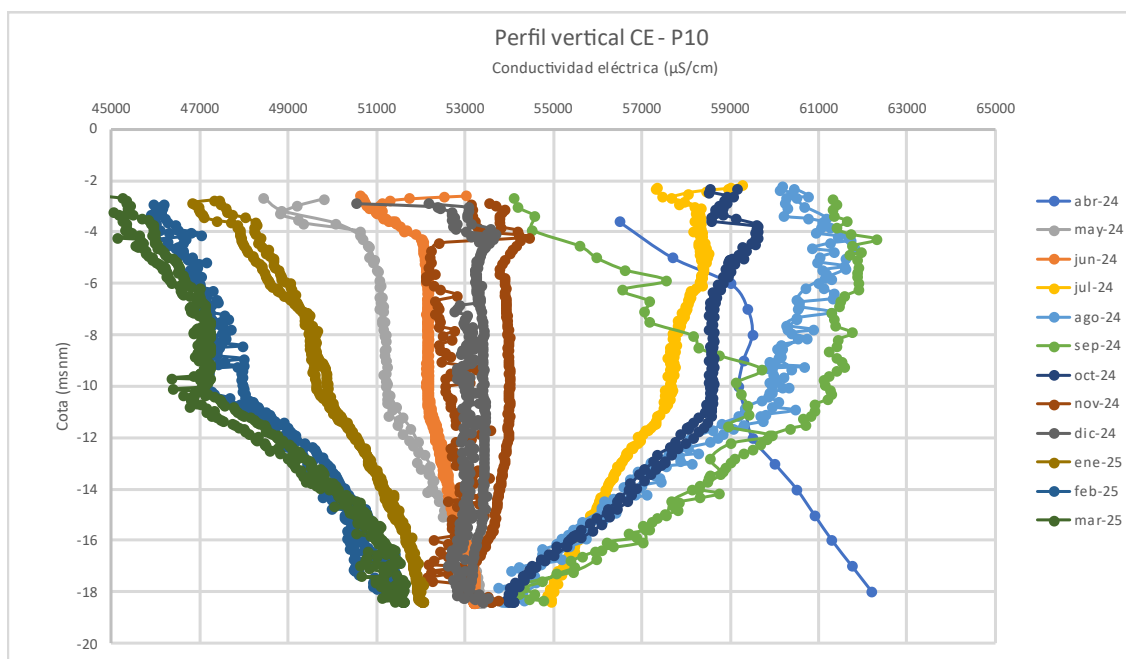


Figura 31. Evolución del perfil vertical de piezómetros de tipo “A”.

El comportamiento tipo “B” (Figura 32) 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 por la superposición de los perfiles a lo largo de año.

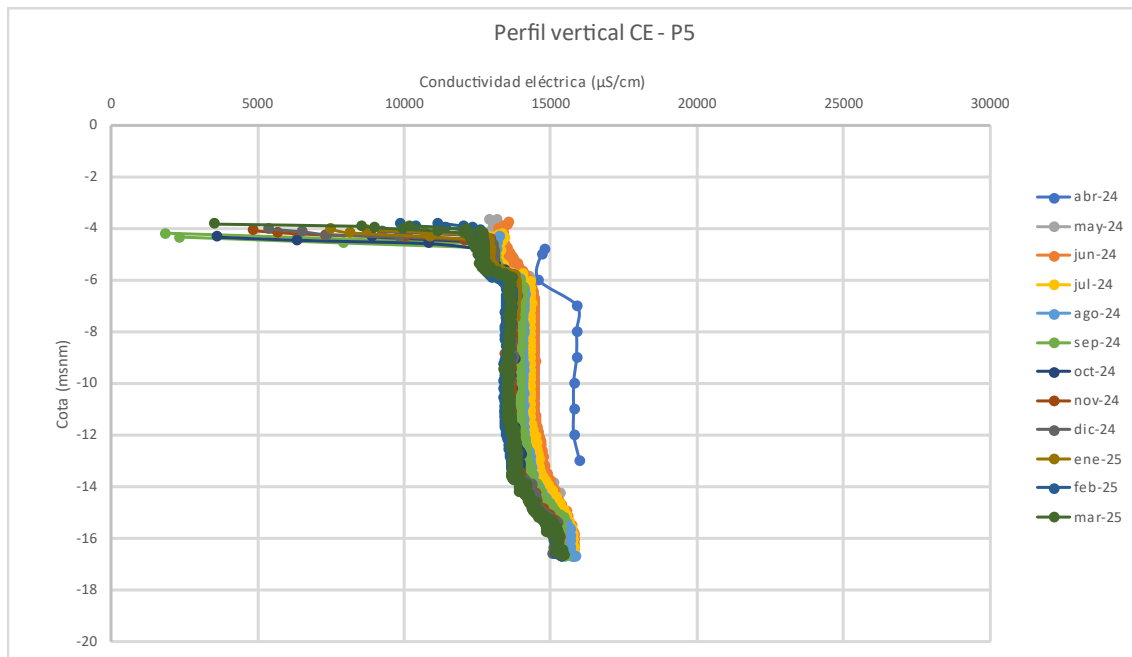


Figura 32. Evolución del perfil vertical de piezómetros de tipo "B".

El comportamiento tipo "C" (Figura 33) 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 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. En octubre se observa una estratificación en el perfil de conductividad eléctrica cuyo comportamiento no tiene una explicación clara, sin embargo, una posible causa podría ser la activación del riego en estas fechas, lo que podría estar influyendo en la distribución de la conductividad en la zona. Durante el último trimestre, concretamente en marzo, se registra uno de los valores más elevados de conductividad eléctrica observados hasta la fecha. En conjunto, este piezómetro muestra oscilaciones notables de conductividad eléctrica a lo largo del año, reflejando una dinámica compleja.

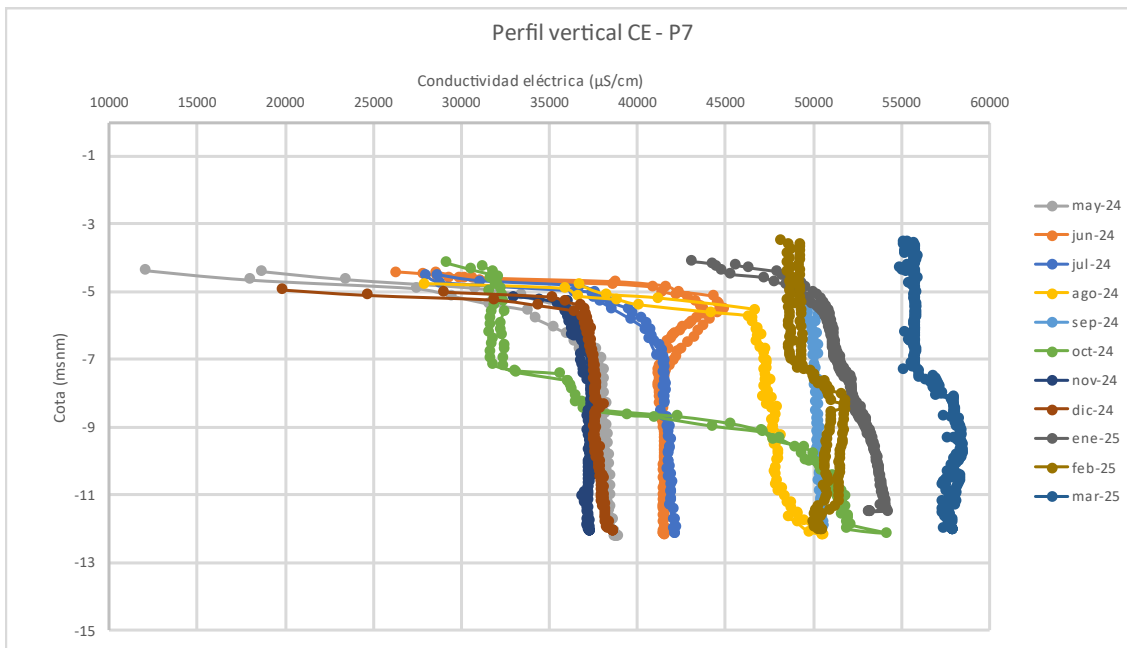


Figura 33. Evolución del perfil vertical de piezómetros de tipo "C".

El comportamiento tipo "D" (Figura 34) 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 riegos no afecta a esta zona del saladar.

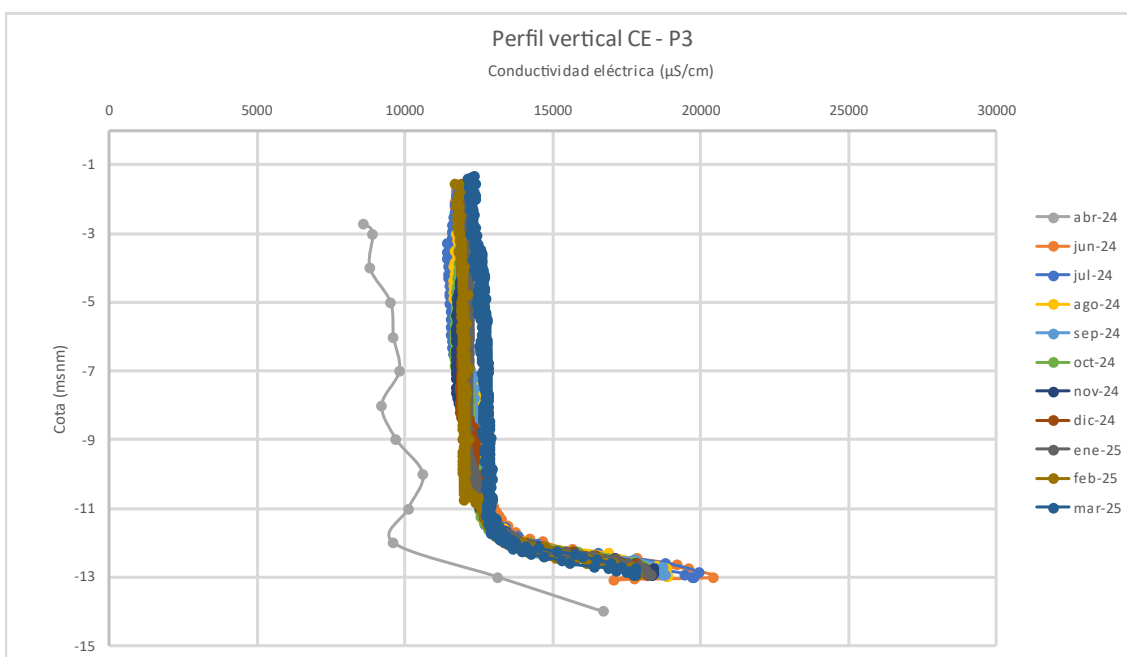


Figura 34. Evolución del perfil vertical de piezómetros de tipo "D".

El comportamiento tipo "E" (Figura 35) está estrechamente vinculado al programa de riegos, ya que estos piezómetros se encuentran justo al lado de los esteros inundados.

A partir de este perfil, se observa que entre abril y agosto la conductividad es más alta en la superficie y disminuye con la profundidad, hasta que alrededor de -6 m s. n. m. se iguala con la del agua de mar. Esto se explica por el aumento de la evaporación en los esteros durante la primavera y el verano, lo que concentra las sales en las capas superficiales. En contraste, de septiembre a marzo, los valores de conductividad en la superficie son menores, aunque en profundidad alcanzan niveles similares. Este fenómeno podría deberse a una menor evaporación en otoño, lo que reduce la concentración de sales en la superficie, mientras que en profundidad la influencia de las salmueras bajo el saladar sigue presente.

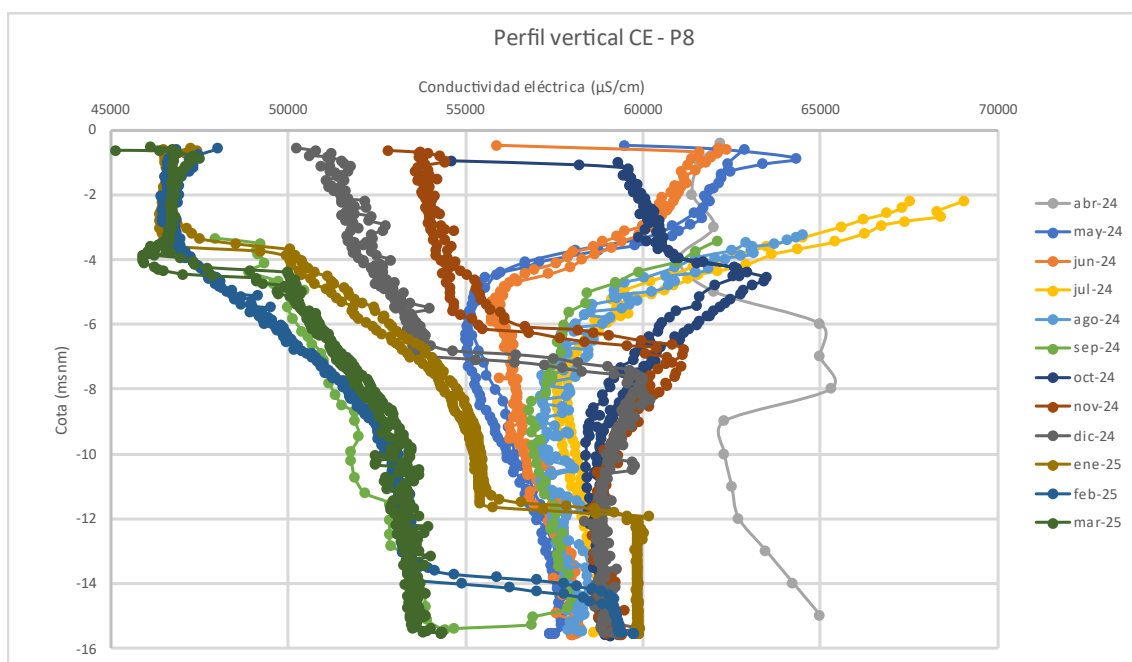


Figura 35. Evolución del perfil vertical de piezómetros de tipo “E”.

El comportamiento tipo “F” (Figura 36) 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.

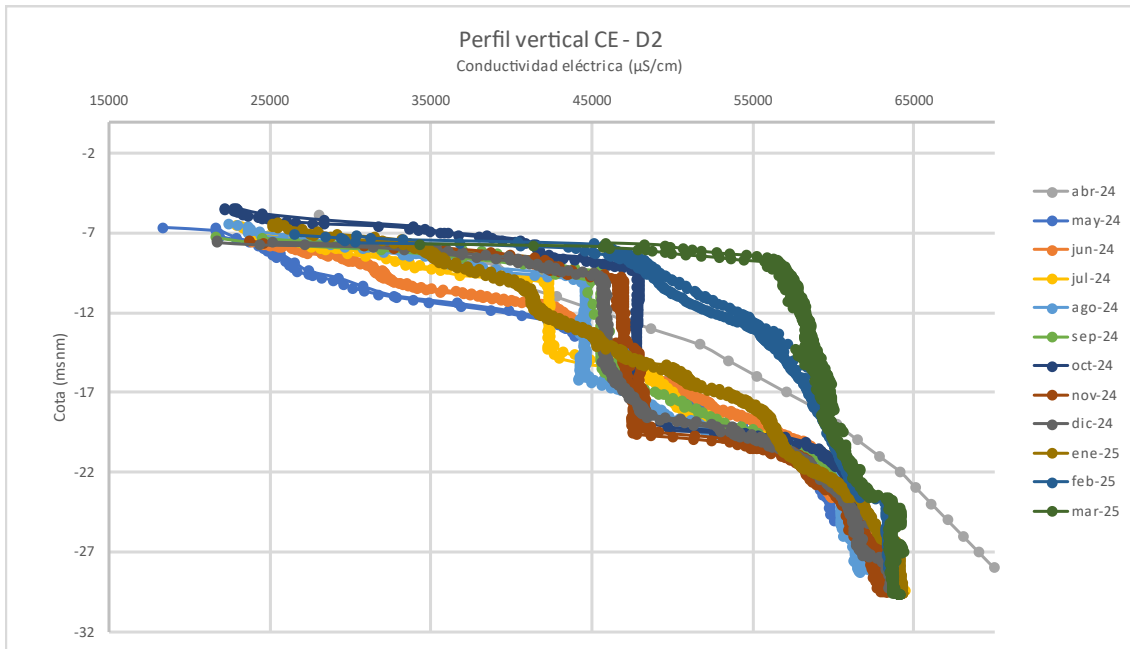


Figura 36. Evolución del perfil vertical de piezómetros de tipo "F".

El comportamiento tipo "G" (Figura 37) está condicionado tanto por la entrada de agua dulce en el sistema como por el programa de riegos. La dispersión de la salinidad, provocada por el aporte de agua marina utilizada en el riego, genera un enriquecimiento en sales del agua continental, lo que da lugar a valores de conductividad característicos de aguas salobres.

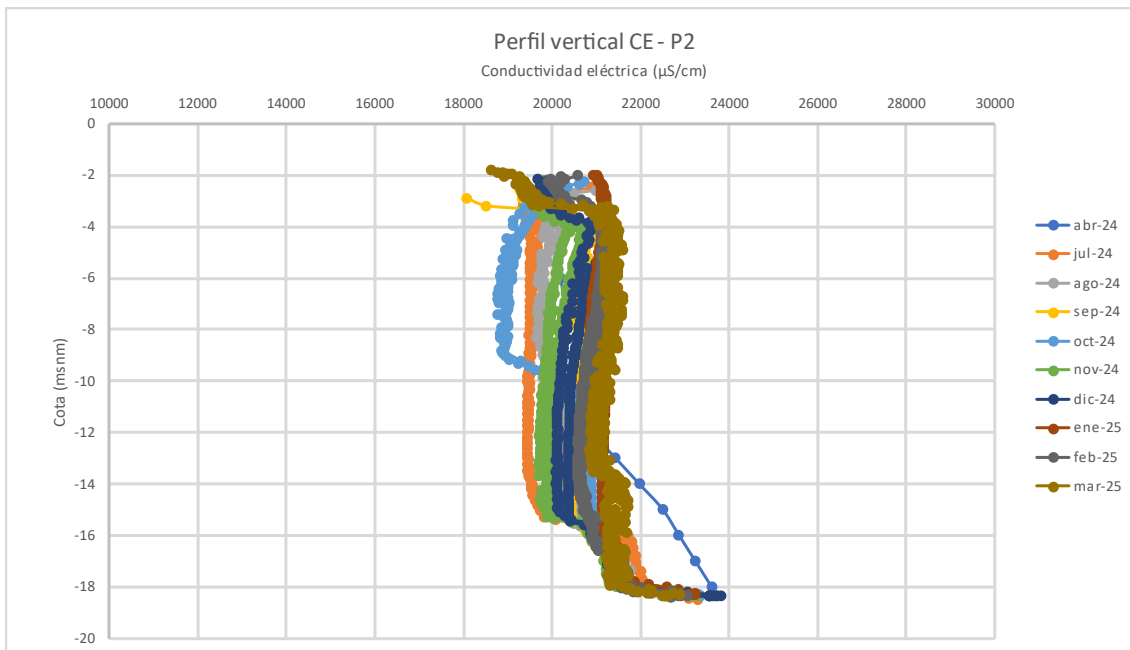


Figura 37. Evolución del perfil vertical de piezómetros de tipo "G".

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 6. 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

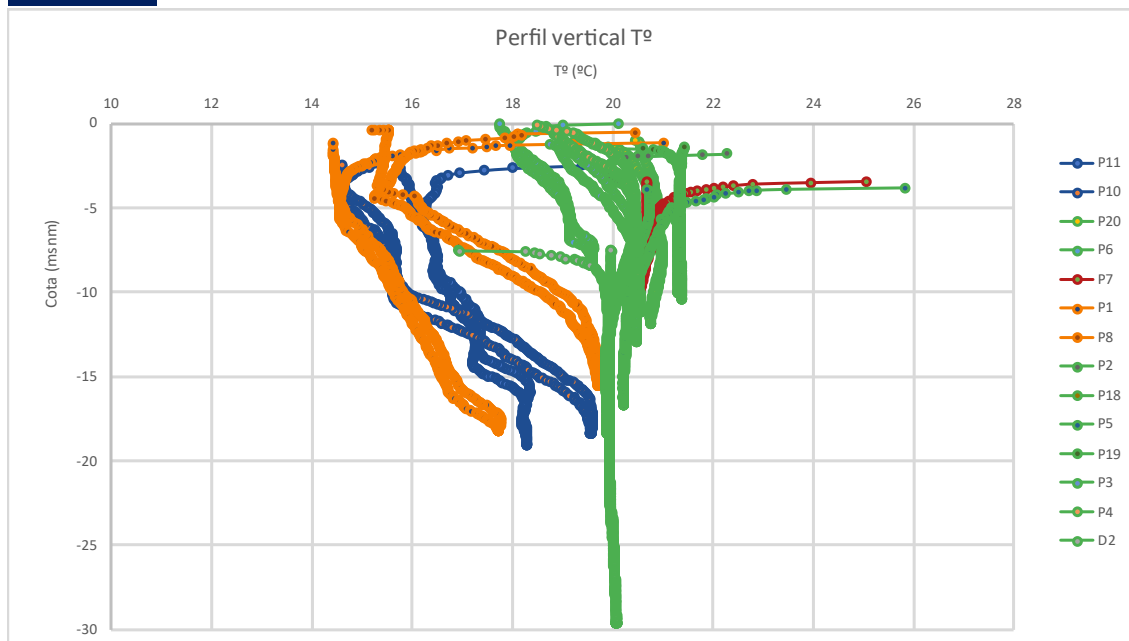


Figura 38. Clasificación de los piezómetros de control en función del comportamiento de la temperatura a lo largo del perfil vertical, datos de la campaña de octubre 2024. Azul: Cortina: P10, P11. Verde: Embudo: D2, P2, P3, P4, P5, P6, P18, P19 y P20. Naranja: Embudo asimétrico: P1 y P8. Rojo: Tronco: P7.

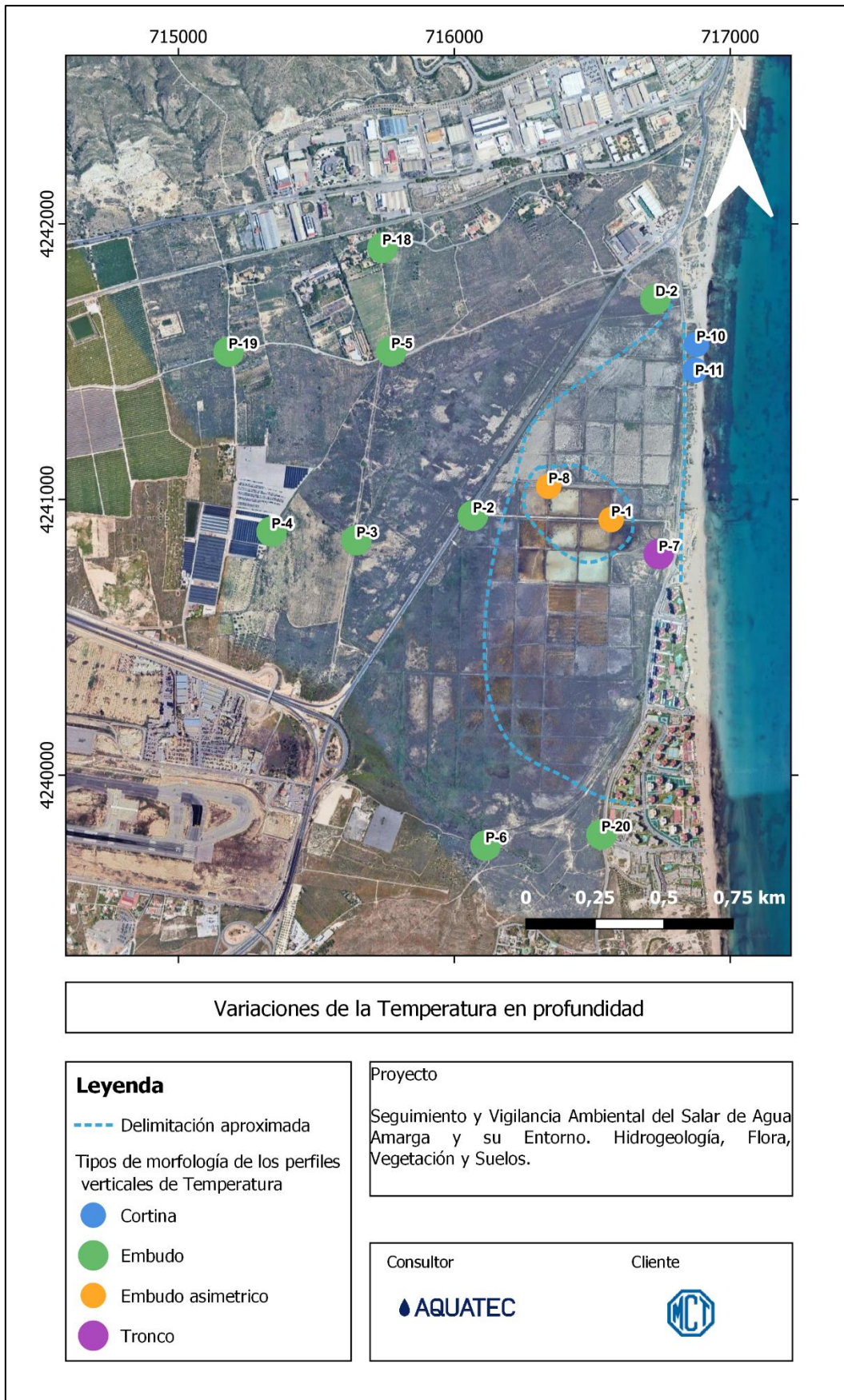


Figura 39. Clasificación de los piezómetros de control en función del comportamiento de la temperatura a lo largo del perfil vertical, datos de la campaña de octubre 2024.

El comportamiento tipo “embudo” (Figura 40), se mantiene estable en profundidad con el tiempo, en superficie se observa un rango de variación térmica bajo entorno a unos 7°C 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.

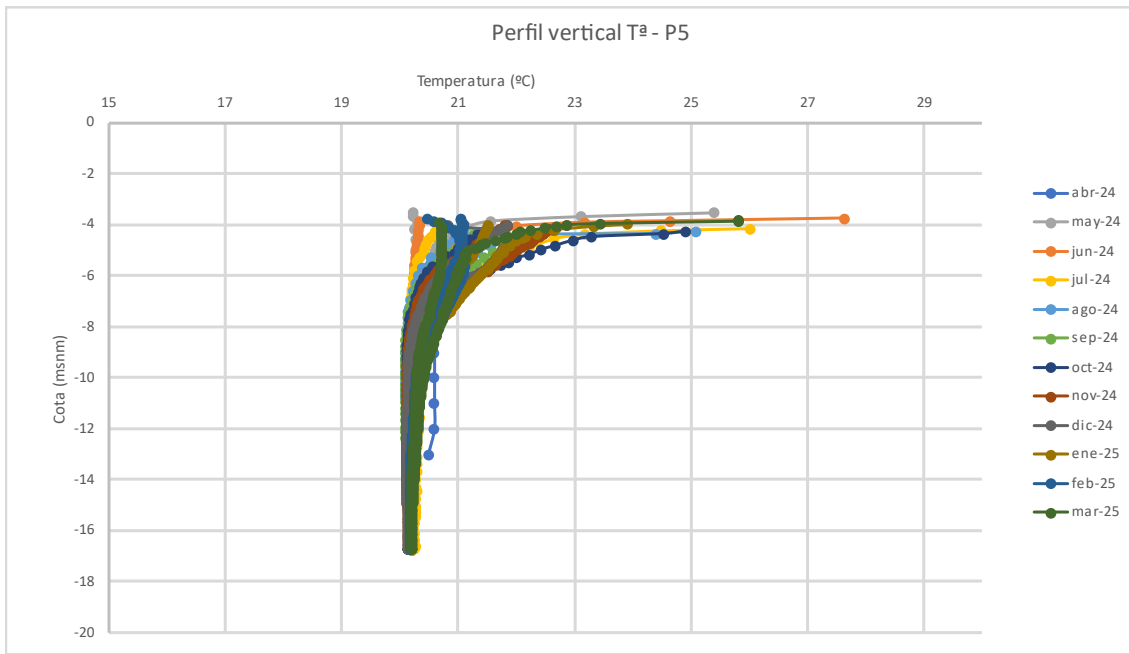


Figura 40. Evolución del perfil vertical de piezómetros de tipo “embudo”.

El comportamiento denominado “embudo asimétrico” (Figura 41) se caracteriza por una amplia variación térmica en la superficie. En los primeros metros de profundidad tienen una variabilidad de temperaturas, en los meses de verano estas temperaturas son más altas y en invierno más bajas. A mayor profundidad, la temperatura se vuelve estable a lo largo del perfil, manteniéndose cerca de los 20°C. Estos piezómetros están condicionados por el riego y por su cercanía al mar.

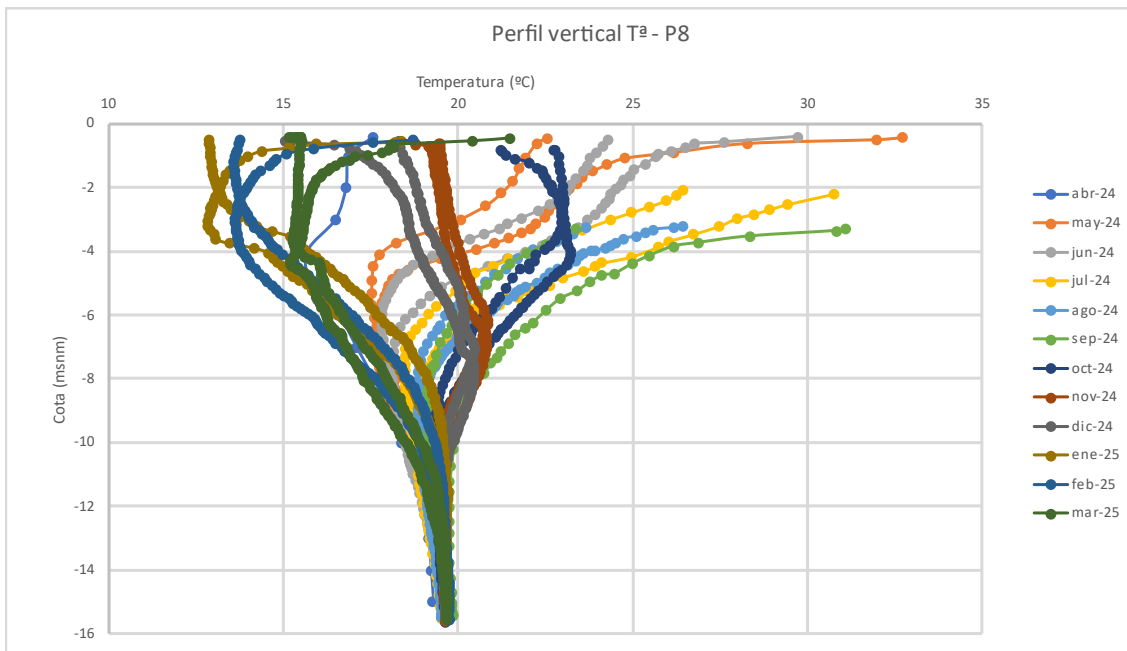


Figura 41. Evolución del perfil vertical de piezómetros de tipo “embudo asimétrico”.

El comportamiento denominado “tronco” (Figura 42) se caracteriza por una variación térmica similar tanto en superficie como en profundidad. Al contrario que le pasa con la conductividad eléctrica, con la temperatura es estable a lo largo de casi todo el perfil. Este patrón está influenciado por la presencia de la cuña salina, cuya temperatura se mantiene relativamente estable a lo largo del tiempo.

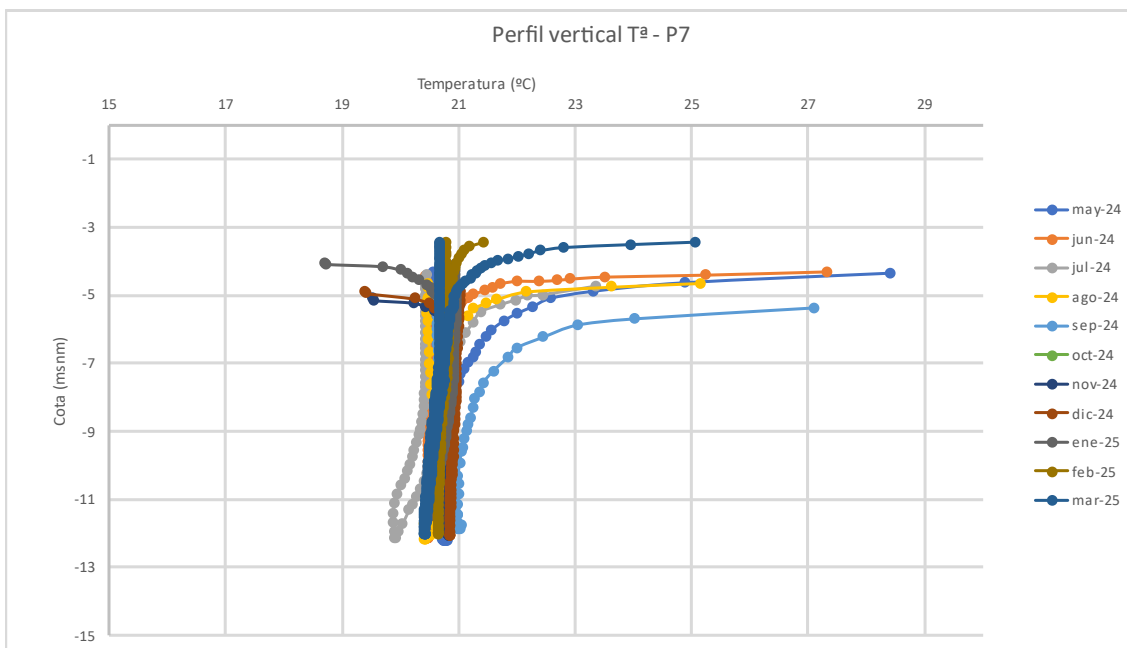


Figura 42. Evolución del perfil vertical de piezómetros de tipo “tronco”.

El comportamiento denominado “cortina” (Figura 43) está completamente determinado por la temperatura del agua del mar. Se observa una evolución térmica anual bien

definida, con aumentos de temperatura durante el verano y descensos en los meses de otoño e invierno.

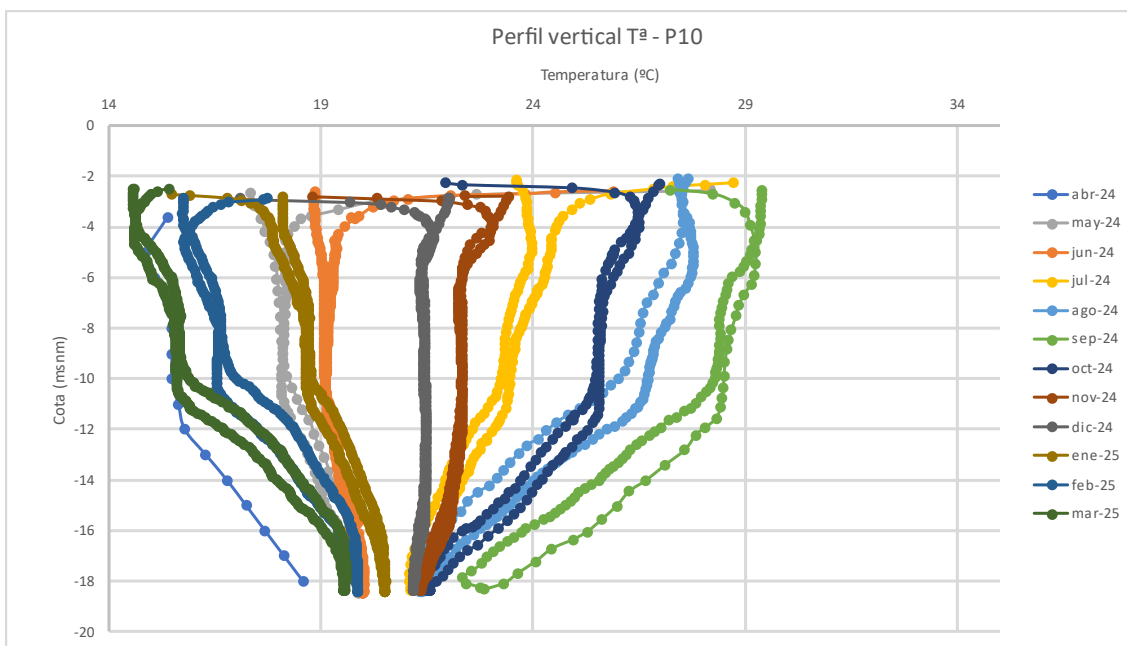


Figura 43. Evolución del perfil vertical de piezómetros de tipo "cortina".



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.
- Tendencia climática: La temperatura media y las precipitaciones acumuladas del trimestre enero - marzo de 2025 han sido de 13,35 °C y 70 mm, respectivamente. Al comparar estos valores con el promedio del mismo trimestre en el periodo 2011–2025, se observa que la temperatura media actual (13,35 °C) es prácticamente igual al promedio histórico (13,1 °C), mientras que las precipitaciones presentan una disminución notable respecto al valor medio de 85,4 mm. El año hidrológico 2023–2024 fue seco, con solo 144,8 mm de precipitación acumulada. En cambio, en el actual ciclo hidrológico 2024–2025, iniciado en septiembre de 2024, las precipitaciones acumuladas hasta marzo de 2025 ascienden a 163,4 mm.
- Extracciones: Durante el trimestre enero – marzo 2025, el promedio de extracciones de la DA-I ha sido de 1,96 hm³ /mes, superior a la media correspondiente al mismo trimestre de años precedentes (1,81 hm³/mes). La cantidad de agua subterránea en DA-I captada desde enero 2011 a marzo de 2025 ha sido de 334,61 hm³. En el caso de la DA-II también se ha registrado un régimen extractivo alto de 2,36 hm³ /mes por encima del promedio de la serie histórica (1,31 hm³ /mes). La cantidad de agua marina en DA - II captada durante este periodo ha sido de 281,92 hm³.
- Riego: El volumen total de riego desde que se disponen datos, es decir, desde enero de 2011 hasta marzo de 2025 es de 10 383,41 dam³. En el trimestre enero – marzo de 2025 el volumen acumulado es de 285,99 dam³. Este valor es mayor que el promedio histórico del trimestre (201,50 dam³). Se constató la presencia de agua en los 7 esteros de inundación determinados por el actual plan de riegos,



durante todas las visitas realizadas durante el trimestre enero – marzo de 2025. Incluso hay esteros adyacentes que se ven favorecidos por el riego, encontrándose partes de ellos inundados.

- **Piezometría.** En la parte Noreste del salar podemos observar la depresión generada por la extracción en las DA-I y de la DA-II que condiciona un flujo subterráneo de dirección y sentido Suroeste-Noreste. 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 el punto D2, el cono de depresión que registra una cota mínima de - 7.52 m s. n. m. en el trimestre, la segunda más baja de lo que llevamos de estudio (- 7,55 m s. n. m. en junio de 2024). En la zona central, debido al riego continuo de los 7 esteros durante el presente trimestre enero – marzo de 2025 se identifica una anomalía piezométrica al cono de depresión con niveles de agua muy próximos a superficie que disminuyen el impacto de las extracciones en la zona central del saladar y por tanto al acuífero, favoreciendo así también el desarrollo de la vegetación. Las principales recargas del saladar provienen desde el SW, donde en este trimestre se ha observado un ascenso piezométrico máximo de 0,64 m s. n. m., registrado en el piezómetro P6. En términos generales, los niveles de agua del acuífero son estables a lo largo del periodo de estudio (abril 2024 – marzo 2025), salvo en los puntos P8 y P1 en los meses de verano, cuando el riego es inactivo, es notable y lógico que registren descensos bruscos ya que se encuentran en la Zona 2 del Programa de Riego (entre los siete esteros inundados).
- **Salinidad del agua subterránea:** la interpretación de los perfiles de conductividad eléctrica permite clasificar las aguas subterráneas a - 10 m s. n. m el entorno del saladar en tres tipologías: i) aguas continentales (8000-10000 $\mu\text{S}/\text{cm}$), distribuidas por los sectores sur, oeste y noreste del área de estudio(P3, P4, P5, P6 P18, P19 y P20), ii) aguas salobres (20000-50000 $\mu\text{S}/\text{cm}$) (P2, D2 y P7), representativas fundamentalmente del sector próximo a la línea de costa, iii) aguas marinas (>50000 $\mu\text{S}/\text{cm}$), categoría que incluye tanto piezómetros costeros (P10 y P11) como los piezómetros adyacentes a los esteros inundados (P1 y P8) con conductividades que pueden llegar a los 60000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.
- **Variabilidad espacial:** Los cambios observados no son uniformes en todo el saladar, lo que subraya la importancia de los microambientes y la complejidad del ecosistema.
- Con base en los análisis realizados hasta la fecha del presente informe, se puede inferir que, si los patrones actuales de explotación, riego, niveles del acuífero y conductividad eléctrica se mantienen dentro de los rangos observados, es viable



una gestión sostenible del acuífero del saladar mediante el plan de riego con agua de mar, favoreciendo la preservación del ecosistema. Si bien se han registrado valores de extracción superiores al promedio, también se observa un notable incremento en el volumen de riego a lo largo del tiempo. Los datos indican que, mediante una implementación adecuada del plan de riego, es posible mantener tanto el nivel freático como la salinidad en rangos adecuados, lo cual permite el aprovechamiento del recurso hídrico sin comprometer la conservación del entorno natural.



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 durante la campaña de campo de marzo de 2025: arriba a la izquierda (P1), arriba a la derecha (P2), abajo a la izquierda (P3) y abajo a la derecha (P4).



Figura 2. Piezómetros de control durante la campaña de campo de marzo de 2025: arriba a la izquierda (P5), arriba a la derecha (P6), abajo a la izquierda (P7) y abajo a la derecha (P8).



Figura 3. Piezómetros de control durante la campaña de campo de marzo de 2025: arriba a la izquierda (D2), arriba a la derecha (P10), abajo a la izquierda (P11) y abajo a la derecha (P18).



Figura 4. Piezómetros de control durante la campaña de campo de marzo de 2025: izquierda (P19), derecha (P20).

Se ha comprobado que todos los esteros estaban inundados según lo establecido en el actual programa de riegos:



Figura 5. Estero 1 inundado durante la campa de enero - marzo 2025.



Figura 6. Estero 2 inundado durante la campa de enero - marzo 2025.



Figura 7. Estero 3 inundado durante la campa de enero - marzo 2025.



Figura 8. Estero 4 inundado durante la campa de enero - marzo 2025.



Figura 9. Estero 5 inundado durante la campa de enero - marzo 2025.



Figura 10. Estero 6 inundado durante la campa de enero - marzo 2025.



Figura 11. Estero 7 inundado durante la campaña de enero - marzo 2025.