



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



Informe anual de vegetación y evolución de los esteros

Mayo 2025



ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS	3
3. METODOLOGÍA	3
3.1. Tecnologías.....	4
3.2. Análisis de indicadores específicos.....	5
3.3. Rangos obtenidos.....	6
4. RESULTADOS	8
4.1. NDVI.....	8
4.2. NDWI.....	10
4.3. DATOS DE CAMPO.....	12
5. CONCLUSIONES	13
<i>ANEXO I. IMÁGENES SATELITALES SIN TRATAR</i>	<i>15</i>
<i>ANEXO II. INVENTARIOS DE LOS ESTEROS COMPARATIVO JUNIO-OCTUBRE 2024</i>	<i>16</i>
<i>ANEXO III. ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE LOS ESTEROS INUNDADOS</i>	<i>23</i>



Índice de Figuras y Tablas

Figura 1. Situación geográfica del Saladar de Agua Amarga.	1
Figura 2. Selección del área de los esteros marcada en azul. Se enumeran del 1 al 7, de izquierda a derecha y de abajo a arriba.	4
Figura 3. Proceso de selección del área con presencia de agua para la determinación de su rango.....	7
Figura 4. Mapa de los esteros con análisis de NDVI del día 04/05/2024.	8
Figura 5. Mapa de los esteros con análisis de NDVI del día 26/10/2024.	8
Figura 6. Mapa de los esteros con análisis de NDWI del día 04/05/2024 10	10
Figura 7. Mapa de presencia de agua de los esteros del día 04/05/2024..... 10	10
Figura 8. Mapa de los esteros con análisis de NDWI del día 26/10/2024 11	11
Figura 9. Mapa de presencia de agua de los esteros del día 26/10/2024..... 11	11
Figura 10. Imagen satelital del día 26/10/2024..... 15	15
Figura 11. Imagen satelital del día 04/05/2024..... 15	15
Tabla 1. Rangos de NDVI para cada una de las unidades indicadas.....	6
Tabla 2. Rangos de NDWI para identificar las masas de agua presentes en los esteros inundados.	7

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.



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 periodos 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 Valenciana y posteriormente en el Inventario Español de Zonas Húmedas 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 sp.* como *L. cossonianum*, *L. santapolense* y *L. angustebracteatum*). Además, alberga hábitats y especies de interés comunitario recogidos en la Directiva 97/62/CEE 1997 (Alhama, 2011).

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

Por esta razón, tal y como se indica en el Pliego de Prescripciones Técnicas, la explotación de las instalaciones requiere del cumplimiento de una serie de condiciones expuestos en las Declaraciones de Impacto Ambiental (DIA) de ambas desaladoras. 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, 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, Soluciones Medioambientales, S.A.U (en adelante Aquatec).

2. OBJETIVOS

El objetivo del presente informe es realizar un análisis exhaustivo de la cubierta vegetal presente en el área de esteros del Saladar de Agua Amarga, con el fin de evaluar su estado actual y monitorizar los cambios en su composición florística.

Los objetivos específicos del proyecto son los siguientes:

- Identificación taxonómica de las especies vegetales presentes y determinación cuantitativa de sus coberturas en los esteros, estableciendo su distribución espacial.
- Evaluación de la dinámica temporal y los patrones de cambio en la vegetación mediante el análisis comparativo entre las diferentes fechas de campaña de muestreo en los esteros.

3. METODOLOGÍA

Para el desarrollo del presente informe, se implementará una metodología basada en tecnologías avanzadas de teledetección y análisis espacial. Específicamente, se utilizarán imágenes satelitales de alta resolución captadas por el sensor Pleiades-1A de *AIRBUS Defence & Space*, las cuales serán procesadas y analizadas mediante Sistemas de Información Geográfica (SIG).

El estudio se fundamenta en el análisis comparativo de dos campañas temporales distintas, lo que permitirá evaluar de manera precisa los cambios y la evolución de la cubierta vegetal en el área de los esteros. Esta metodología multitemporal facilitará la identificación de patrones de cambio en la vegetación y la cuantificación de las variaciones en las diferentes comunidades vegetales presentes en la zona de estudio (**Figura 2**).

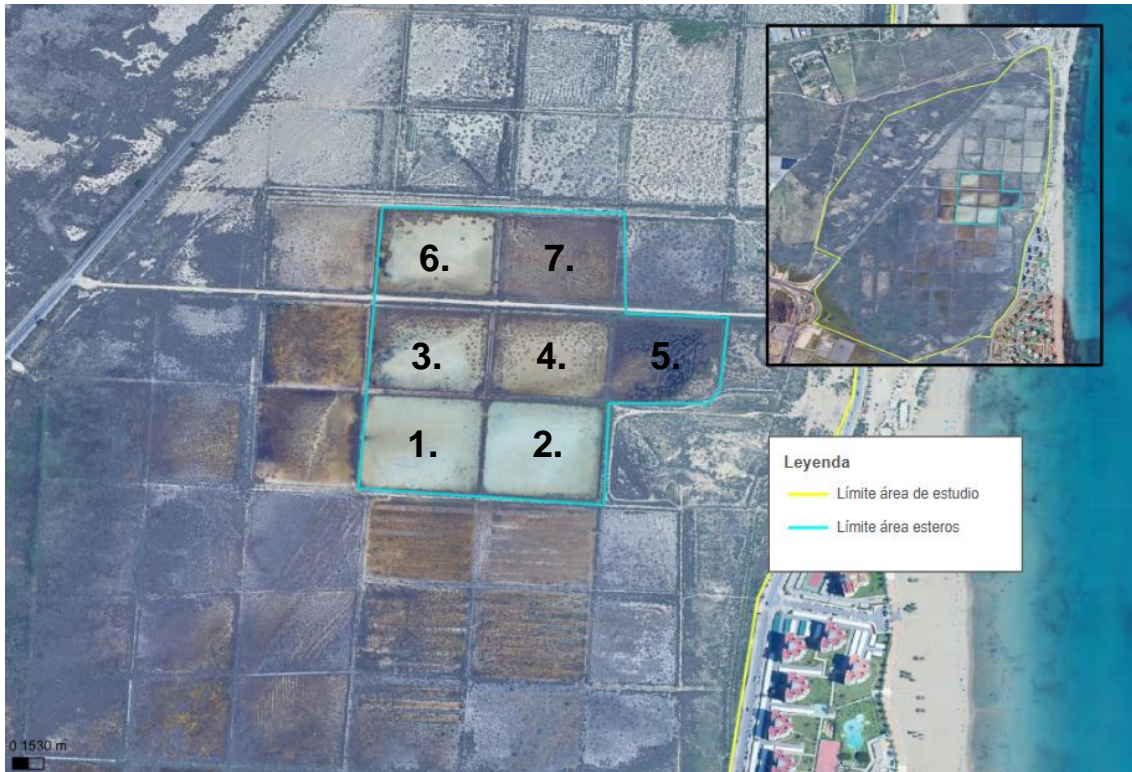


Figura 2. Selección del área de los esteros marcada en azul. Se enumeran del 1 al 7, de izquierda a derecha y de abajo a arriba.

3.1. Tecnologías

Las imágenes satelitales utilizadas en este estudio han sido capturadas por el sensor satelital *AIRBUS Defence & Space Pleiades-1A*. Este sensor, lanzado con éxito el 16 de diciembre de 2011, proporciona datos de imágenes satelitales de alta resolución de 0,5 m y ofrece una cobertura global sobre la superficie de la Tierra con un ciclo repetido de 26 días. Sus imágenes cuentan con cuatro bandas espectrales (B0 azul, B1 verde, B2 rojo y B3 NIR).

Para el desarrollo del presente estudio se han seleccionado imágenes satelitales que coinciden temporalmente, en la medida de lo posible, con las campañas de muestreo realizadas en campo. Las imágenes analizadas corresponden a las siguientes fechas:

- Campaña de primavera:
 - Fecha de imagen satelital: 4 de mayo de 2024 (10:50h)
 - Período de muestreo en campo: 19-21 de mayo de 2024
- Campaña de otoño:
 - Fecha de imagen satelital: 26 de octubre de 2024 (10:55h)
 - Período de muestreo en campo: 14-16 de octubre de 2024

La selección de estas imágenes se ha realizado priorizando la proximidad temporal con las campañas de campo y la calidad de estas, buscando minimizar la presencia de

nubes y otros factores que pudieran afectar al análisis. En **ANEXO I** se muestran las dos imágenes para las diferentes fechas.

3.2. Análisis de indicadores específicos

Para la elaboración del mapa de distribución vegetal, se ha empleado el análisis de imágenes satelitales mediante técnicas avanzadas de teledetección y Sistemas de Información Geográfica. La metodología se centra en el cálculo del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), un indicador que cuantifica la biomasa fotosintéticamente activa y permite caracterizar el vigor vegetativo de las diferentes cubiertas vegetales. Este índice se fundamenta en el contraste entre la alta absorción de la luz roja por los pigmentos de clorofila y la elevada reflectancia en el infrarrojo cercano causada por la estructura celular de las hojas. El NDVI se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$NDVI = (NIR-Red) / (NIR + Red)$$

donde NIR corresponde a la banda del infrarrojo cercano (B4 en el satélite Pleiades) y Red a la banda roja (B3 en el satélite Pleiades). Los valores resultantes del NDVI se normalizan en un rango de -1 a +1, siendo los valores cercanos a -1 indicativos de superficies con alta absorción en el infrarrojo cercano (típicamente masas de agua), los valores positivos bajos correspondientes a suelos desnudos o con escasa vegetación, y los valores próximos a +1 característicos de áreas con intensa actividad fotosintética y alta densidad de vegetación. Esta metodología permite realizar un análisis comparativo detallado de las distintas comunidades vegetales presentes en el saladar, facilitando la identificación y cuantificación de las variaciones temporales en la cobertura vegetal del área de estudio.

Adicionalmente, se implementa el análisis del Índice de Agua de Diferencia Normalizada (NDWI), un indicador específicamente diseñado para la detección y medición de la humedad en masas de agua. Este índice se obtiene mediante la combinación de las bandas espectrales del verde visible (GREEN) y el infrarrojo cercano (NIR). Su efectividad radica en que las longitudes de onda del espectro verde optimizan la reflectancia característica de las superficies de agua, mientras que las longitudes del infrarrojo cercano maximizan la reflectancia de la vegetación terrestre y zonas de suelo, a la vez que minimizan la reflectancia de los cuerpos de agua. El NDWI se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$NDWI = (Green-NIR) / (Green+ NIR)$$

donde NIR representa la banda del infrarrojo cercano (B4 en el satélite Pleiades) y Green corresponde a la banda verde (B2 en el satélite Pleiades). La interpretación de los resultados del NDWI es directa: los valores positivos indican la presencia de masas de agua, mientras que los valores negativos o iguales a cero corresponden a superficies de suelo y vegetación terrestre. Esta diferenciación permite una clara identificación y delimitación de las zonas húmedas en el área de estudio.

3.3. Rangos obtenidos

Tras la obtención de los mapas de NDVI y NDWI, se procede a un análisis dual del área de estudio.

Por una parte, se estudian las comunidades vegetales mediante los valores de NDVI, estableciendo rangos específicos para cada especie vegetal basados en las observaciones y datos recopilados durante las campañas de muestreo *in situ* en el Saladar. Esta calibración entre los datos de campo y los valores espectrales permite una clasificación precisa de las diferentes especies vegetales presentes. Por otra parte, se evalúa la presencia y distribución de agua en los esteros mediante los resultados del NDWI. A continuación, se presentan los rangos de NDVI establecidos para las distintas especies y zonas identificadas:

Tabla 1. Rangos de NDVI para cada una de las unidades indicadas.

Área	Rango NDVI
<i>Ruppia maritima</i> y <i>Ulva spp.</i>	0.20 a 0.60
<i>Arthrocnemum macrostachyum</i> y <i>Sarcocornia fruticosa</i>	0.20 a 0.60

A partir de los rangos establecidos, se efectúa un análisis cuantitativo de cobertura para cada comunidad vegetal, permitiendo obtener porcentajes precisos de ocupación en cada fecha de estudio.

Paralelamente, para la identificación de zonas húmedas, se emplean los mapas de NDWI en conjunto con las observaciones de campo realizadas en el Saladar. La metodología implementada consiste en establecer un rango específico de valores NDWI que corresponde a la presencia de humedad en el área. Para incrementar la precisión del análisis, se refinan los resultados mediante la exclusión de las áreas identificadas como suelo desnudo (previamente determinadas a través del mapa NDVI), lo que permite una delimitación más exacta de las zonas efectivamente húmedas.

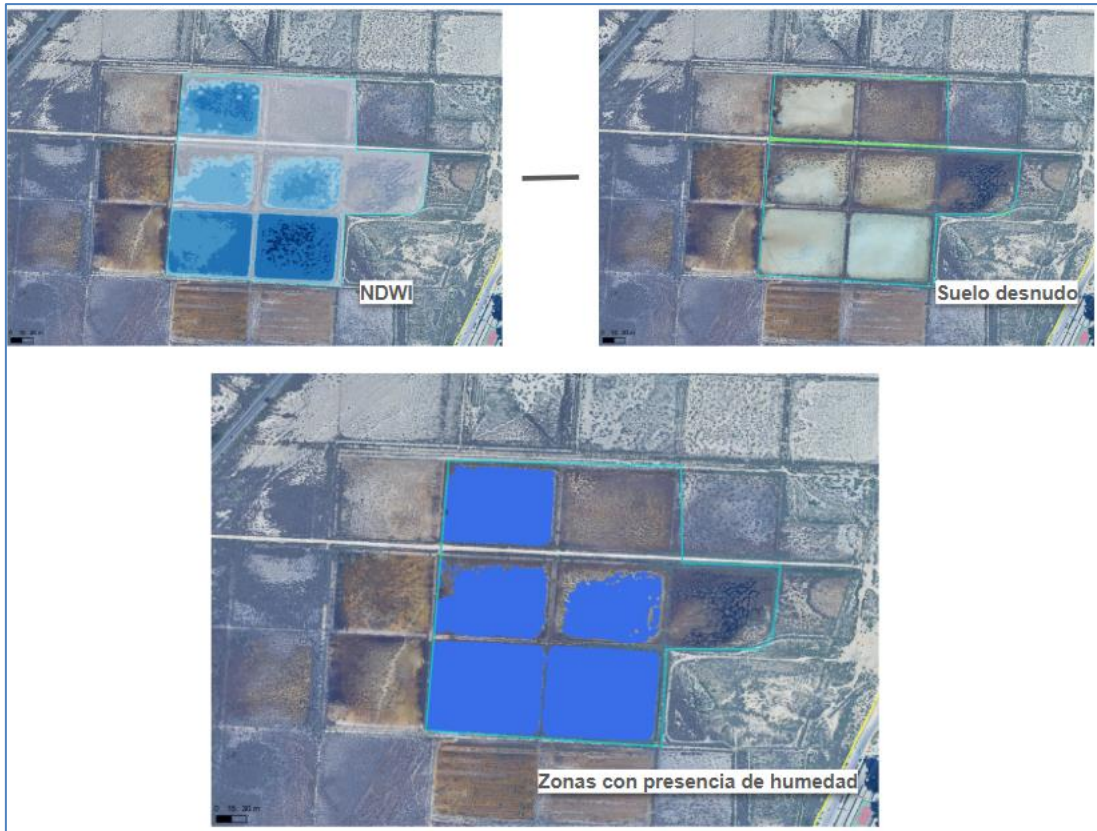


Figura 3. Proceso de selección del área con presencia de agua para la determinación de su rango

Como resultado del análisis y la calibración con los datos de campo, se ha establecido el siguiente rango de valores NDWI que identifica de manera fiable las zonas con presencia de agua en los esteros del saladar:

Tabla 2. Rangos de NDWI para identificar las masas de agua presentes en los esteros inundados.

Área	Rango NDWI
Presencia de agua	-0.2 a 0.59

Utilizando este rango establecido, se desarrolla un análisis cuantitativo de la cobertura de agua, que permite calcular los porcentajes de superficie inundada para cada fecha de estudio.

Es importante señalar las limitaciones inherentes a esta metodología de teledetección: algunas zonas con presencia de agua pueden no ser detectadas cuando están cubiertas por vegetación densa, ya que la señal del agua queda enmascarada por la cubierta vegetal. De manera inversa, en áreas donde existe una lámina de agua superficial, la vegetación sumergida no puede ser identificada debido a que queda oculta bajo el agua. Sin embargo, las campañas de trabajo de campo realizadas resultan fundamentales para validar y complementar los datos obtenidos mediante teledetección, permitiendo verificar *in situ* estas situaciones y discriminar con mayor precisión la presencia real tanto de agua como de vegetación.

4. RESULTADOS

4.1. NDVI

A continuación, se presentan los mapas de distribución del índice NDVI para el área de estudio, correspondientes a las diferentes fechas de análisis. Estos mapas permiten visualizar la distribución espacial de la actividad fotosintética y el vigor de la vegetación en los esteros durante los periodos estudiados.

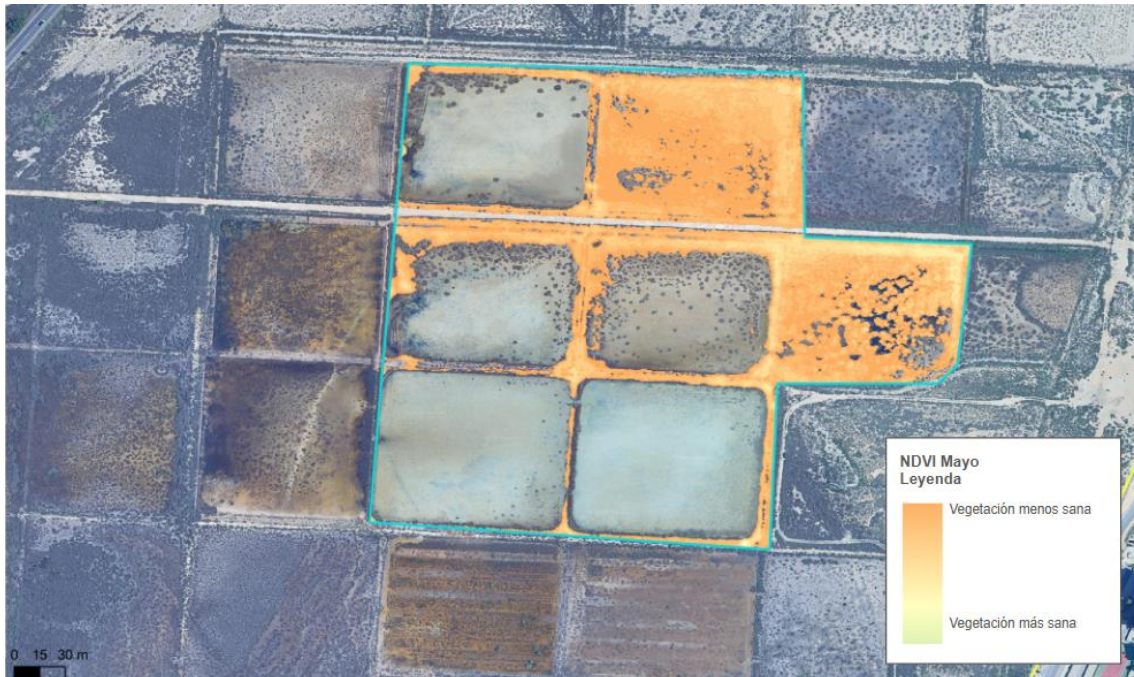


Figura 4. Mapa de los esteros con análisis de NDVI del día 04/05/2024.

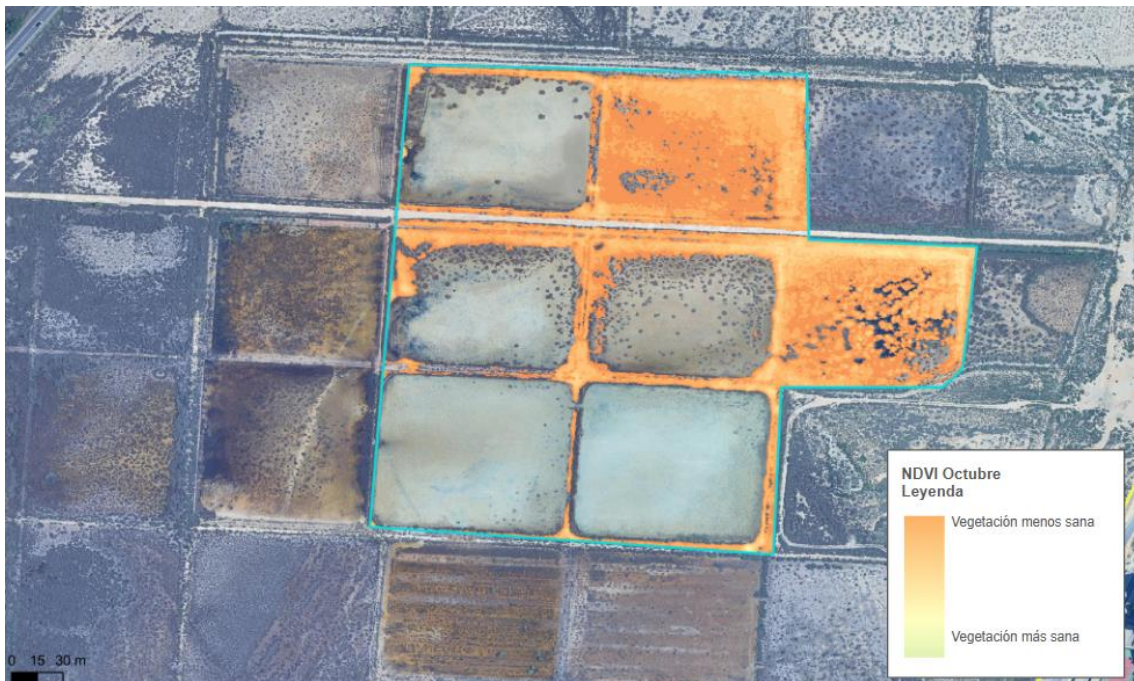


Figura 5. Mapa de los esteros con análisis de NDVI del día 26/10/2024.

Dado que los rangos de NDVI se solapan entre *Ruppia maritima* (macrófito acuático) y *Ulva spp.* (alga verde), así como entre *Arthrocnemum macrostachyum* y *Sarcocornia fruticosa* (ambas plantas halófilas), la diferenciación en el mapa se realiza apoyándose en los datos obtenidos durante las campañas de campo. La distribución de estas especies sigue un patrón característico: *Ruppia maritima* y *Ulva spp.* predominan en las zonas centrales de los esteros con mayor profundidad de agua, debido a su naturaleza acuática. Por su parte, *Arthrocnemum macrostachyum* y *Sarcocornia fruticosa* se establecen principalmente en los márgenes de los esteros y en zonas interiores con menor nivel de inundación, característico de estas especies de vegetación halófila.

En consecuencia, la distribución espacial de estas especies sigue un patrón definido: *Ruppia maritima* y *Ulva spp.* se localizan específicamente en los esteros del 1 al 7, que mantienen niveles significativos de inundación. Mientras tanto, las especies halófilas *Arthrocnemum macrostachyum* y *Sarcocornia fruticosa* se distribuyen en las zonas periféricas de estos esteros inundados, donde las condiciones de humedad son menores pero adecuadas para su desarrollo.

En términos cuantitativos, estas dos comunidades vegetales presentaron una variación temporal en su cobertura. Durante el mes de mayo, ocupaban una superficie aproximada de 3.37 hectáreas, lo que representaba el 14% del área total de los esteros. En octubre se observó un incremento en su extensión, alcanzando las 4.05 hectáreas, equivalente al 17% de la superficie total de los esteros.

Este ligero incremento observado entre mayo y octubre podría atribuirse al Plan de Riegos implementado en los esteros inundados. Dado que los muestreos de octubre se realizaron una semana después del inicio del llenado de los esteros, las zonas más distales, que precisamente albergan las mayores poblaciones de *Arthrocnemum macrostachyum* y *Sarcocornia fruticosa*, posiblemente no habían alcanzado su nivel máximo de inundación. Esta situación permitiría que una mayor proporción de plantas permaneciera visible sobre la lámina de agua, resultando en el aparente aumento detectado mediante teledetección. No obstante, las observaciones realizadas durante los muestreos de campo confirman que no se habrían producido cambios significativos y observables en la cobertura de estas especies entre ambas fechas.

4.2. NDWI

A continuación, se presentan los mapas de distribución del índice NDWI para el área de estudio, correspondientes a las diferentes fechas de análisis. Estos mapas permiten visualizar la distribución espacial de las masas de agua y los niveles de humedad en los esteros durante los periodos estudiados.

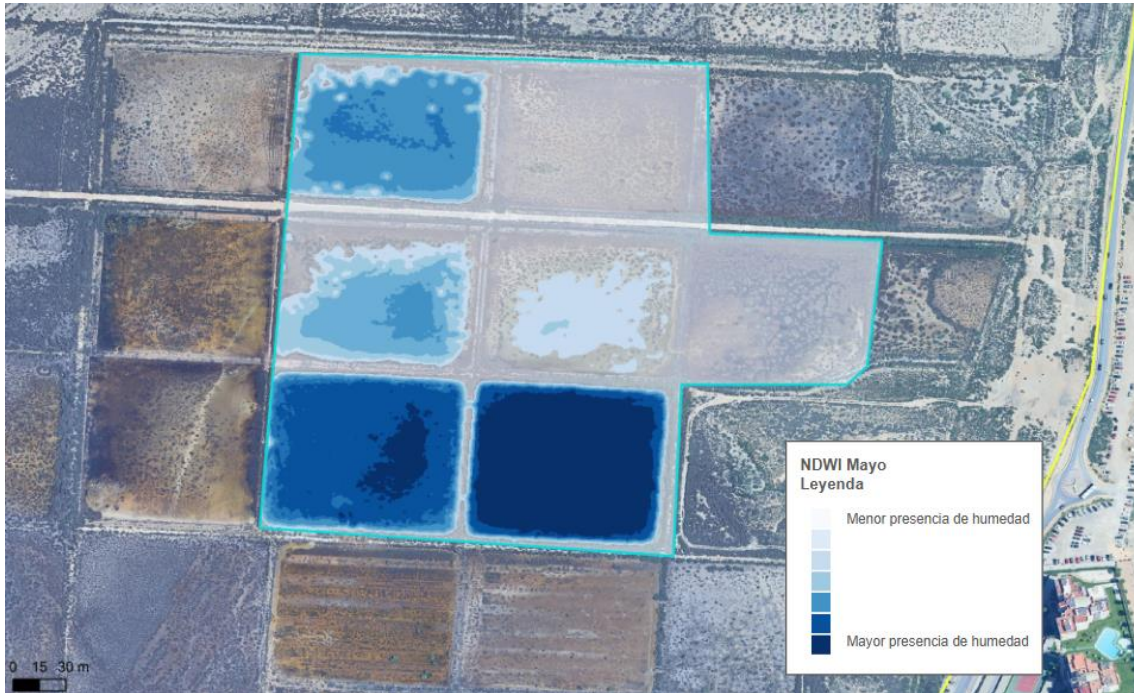


Figura 6. Mapa de los esteros con análisis de NDWI del día 04/05/2024

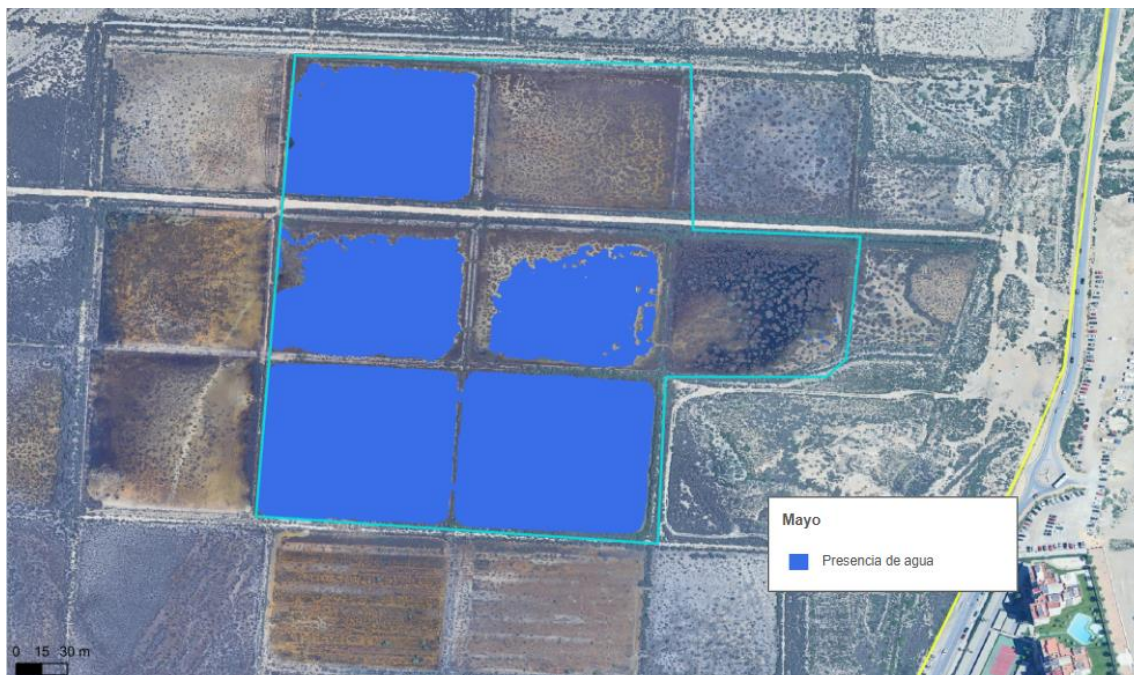


Figura 7. Mapa de presencia de agua de los esteros del día 04/05/2024.

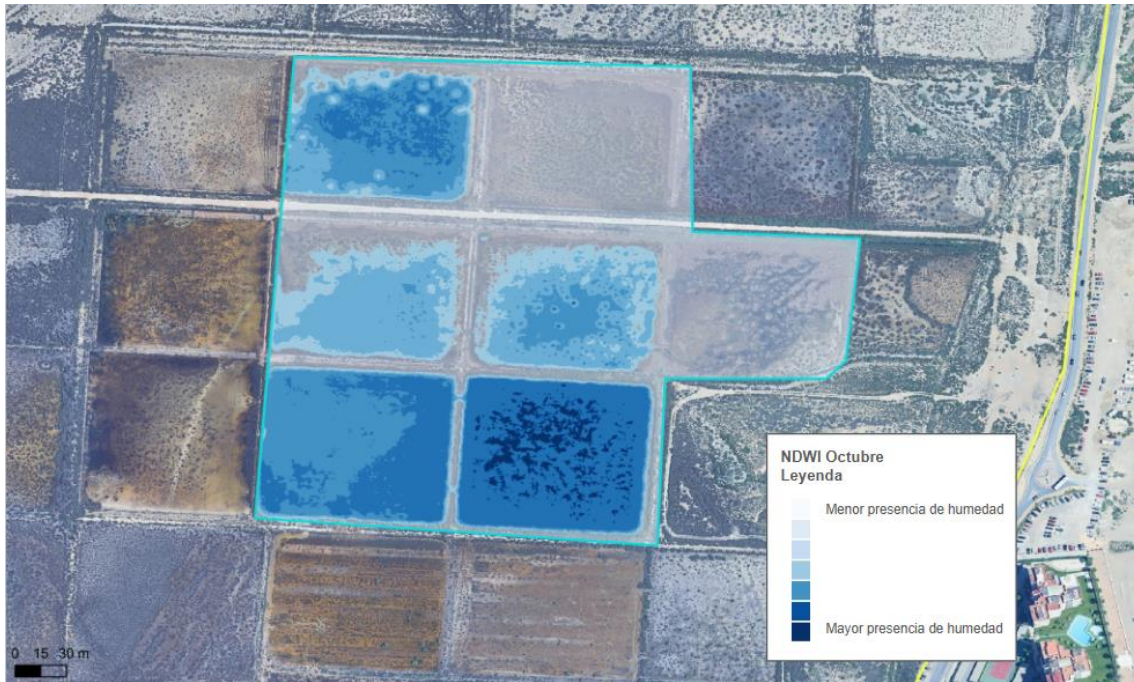


Figura 8. Mapa de los esteros con análisis de NDWI del día 26/10/2024

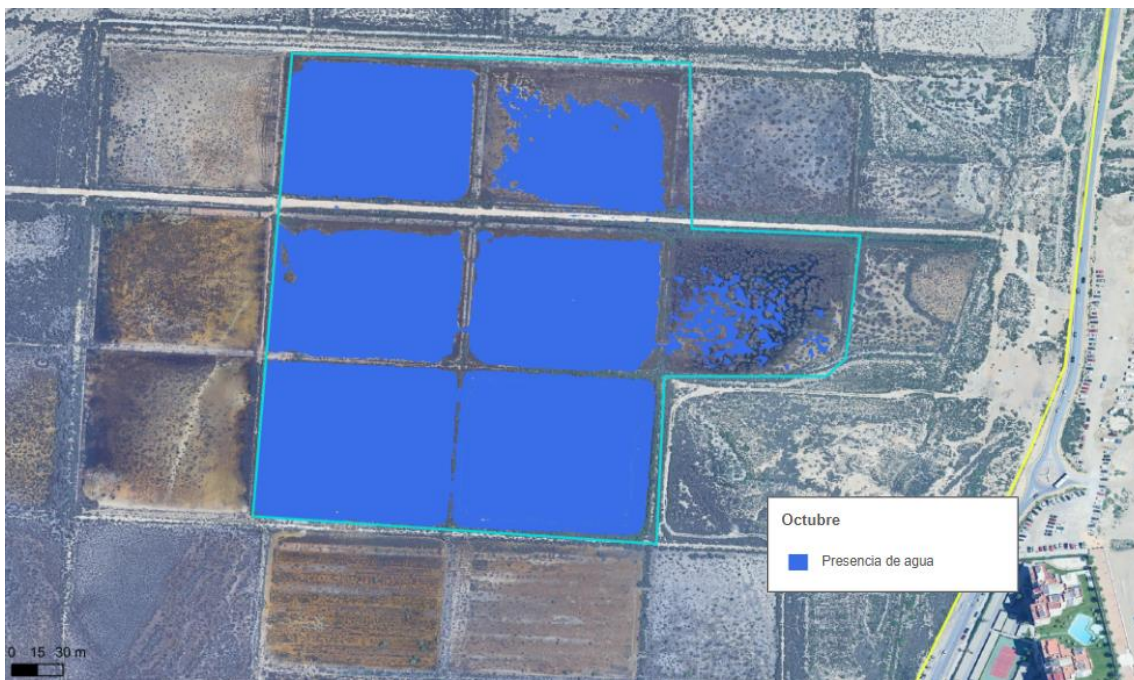


Figura 9. Mapa de presencia de agua de los esteros del día 26/10/2024.

En las imágenes anteriores se observa la cartografía de las áreas con presencia de humedad, específicamente las zonas inundadas de los esteros. La presencia de agua se ha identificado mediante valores de NDWI comprendidos entre -0.2 y 0.59, rango que corresponde a las zonas con mayor contenido hídrico. Estos valores permiten delimitar de manera precisa la extensión de las áreas inundadas en los esteros.

Los resultados muestran que las áreas con mayor nivel de inundación se concentran principalmente en los seis esteros ubicados en la zona central del área de estudio. Por



el contrario, los esteros situados en el perímetro de la zona presentan niveles de humedad más reducidos, evidenciando un patrón de inundación diferencial entre las zonas centrales y periféricas.

El análisis cuantitativo de las zonas inundadas revela una variación temporal en su extensión. Durante el mes de mayo, las áreas con presencia de agua ocupaban aproximadamente 5,18 hectáreas, representando el 22,3% de la superficie total del área de estudio de los esteros. En octubre se observó un incremento en la cobertura de agua, alcanzando las 5,90 hectáreas, lo que supone un 25,4% del área total. Este aumento en el porcentaje de superficie inundada entre mayo y octubre refleja una mayor presencia de agua en los esteros durante el período otoñal.

Las observaciones realizadas durante las campañas de campo han permitido identificar que este incremento aparente se concentra principalmente en el estero 5. Durante las visitas *in situ*, se documentó la formación de tapetes de cianobacterias y la acumulación de materia en suspensión sobre la superficie del agua, fenómenos que alteran la reflectancia espectral captada por el satélite. Esta modificación en las propiedades ópticas del agua puede resultar en una subestimación de la superficie realmente inundada, ya que estos elementos pueden ser interpretados como vegetación o suelo desnudo en el análisis de teledetección.

4.3. DATOS DE CAMPO

Los datos de campo recopilados durante las campañas de muestreo de mayo y octubre de 2024 en los esteros han sido detalladamente documentados mediante el método de transectos aleatorios. Esta información incluye datos precisos sobre la composición florística, cobertura vegetal y estado de las diferentes comunidades vegetales presentes en los esteros. En el presente informe, estos datos de campo se utilizan como referencia fundamental para validar y complementar los análisis de teledetección (NDVI y NDWI), permitiendo así generar una visión precisa y actualizada de la distribución de la vegetación y las zonas inundadas en los esteros.

El análisis histórico de las poblaciones vegetales en los esteros muestra una notable estabilidad, observándose cambios significativos únicamente durante los períodos de interrupción del plan de riego. Durante estas interrupciones, especies como *Ulva spp.* y *Ruppia maritima* desaparecen o entran en estado de latencia, aunque muestran una rápida capacidad de recolonización una vez se reestablece la inundación de los esteros.

En cuanto a la caracterización individual de los esteros, se observan patrones distintivos: los esteros 1 y 2 presentan mayor profundidad y están prácticamente libres de *Sarcocornia* spp. y *Arthrocnemum* spp. Los esteros 3, 4 y 6 muestran una distribución similar entre sí, con poblaciones de estas especies halófilas concentradas en los márgenes norte y una disminución gradual hacia el centro. El estero 5 presenta características propias de un almarjal, con una fina lámina de agua sobre un denso tapiz vegetal que dificulta tanto la presencia de especies acuáticas como su detección mediante técnicas de teledetección. Por último, el estero 7 presenta características intermedias entre el estero 5 y el grupo formado por los esteros 3, 4 y 6.

Para facilitar la consulta y el análisis de los datos más recientes, en el **ANEXO II** se incluyen las tablas con los resultados de los muestreos realizados en los esteros durante las campañas de mayo y octubre de 2024. Estas tablas recogen los datos de cobertura vegetal y presencia de agua obtenidos mediante el método de transectos aleatorios, permitiendo una evaluación directa de la situación actual de los esteros y los cambios observados entre ambas campañas. Adicionalmente, en el **ANEXO III** se presentan los resultados de los análisis fisicoquímicos realizados en las masas de agua de los esteros inundados, complementando así la caracterización del estado actual de estos sistemas.

5. CONCLUSIONES

Mediante el análisis de imágenes satelitales, complementado con las campañas de muestreo *in situ*, se ha podido evaluar la distribución y evolución de la cobertura vegetal en los esteros del Saladar durante los dos períodos de estudio. Esta metodología combinada ha permitido obtener una caracterización precisa de los cambios temporales en las comunidades vegetales presentes.

El análisis del índice NDVI ha permitido discriminar diferentes estados de vigor vegetal, estableciendo rangos específicos para cada comunidad de especies. Esto ha facilitado la cartografía precisa de la distribución de *Ruppia maritima* y *Ulva* spp., así como de *Arthrocnemum macrostachyum* y *Sarcocornia fruticosa*. La validez de esta clasificación espectral se ha fundamentado en las observaciones y datos recopilados durante las campañas de campo en el Saladar, permitiendo así una caracterización más precisa y fiable de las comunidades vegetales presentes.

El análisis del índice NDWI ha permitido identificar y delimitar las áreas con presencia de humedad, específicamente las zonas inundadas de los esteros. La interpretación de estos resultados se ha validado y refinado mediante la información recopilada durante



las campañas de campo en el Saladar, garantizando así una caracterización precisa de la distribución espacial de las masas de agua.

Las principales conclusiones que se extraen de este informe son:

- Los resultados cuantitativos muestran variaciones en las coberturas entre ambos períodos de estudio: la vegetación experimentó un ligero incremento del 14% al 17%, mientras que la superficie de agua aumentó del 22,3% al 25,4% entre mayo y octubre de 2024.
- La distribución de la vegetación sigue un patrón espacial definido: las especies acuáticas (*Ruppia maritima* y *Ulva spp.*) dominan las zonas centrales más profundas de los esteros, mientras que las especies halófilas (*Arthrocnemum macrostachyum* y *Sarcocornia fruticosa*) se concentran en las zonas periféricas.
- Los esteros muestran características diferenciadas: los esteros 1 y 2 son los más profundos y libres de vegetación halófila, los esteros 3, 4 y 6 presentan una gradación de vegetación desde los márgenes hacia el centro, el estero 5 funciona como un almarjal densamente vegetado, y el estero 7 muestra características intermedias.
- El aparente incremento en la superficie de agua detectado en octubre podría estar influenciado por la presencia de tapetes de cianobacterias y materia en suspensión.
- Las comunidades vegetales muestran una notable estabilidad temporal, con cambios significativos solo durante las interrupciones del plan de riego.
- La metodología combinada de teledetección y trabajo de campo ha resultado fundamental para obtener una caracterización precisa del sistema, especialmente en zonas donde la densidad de vegetación dificulta la detección satelital de la lámina de agua.

ANEXO I. IMÁGENES SATELITALES SIN TRATAR



Figura 10. Imagen satelital del día 26/10/2024

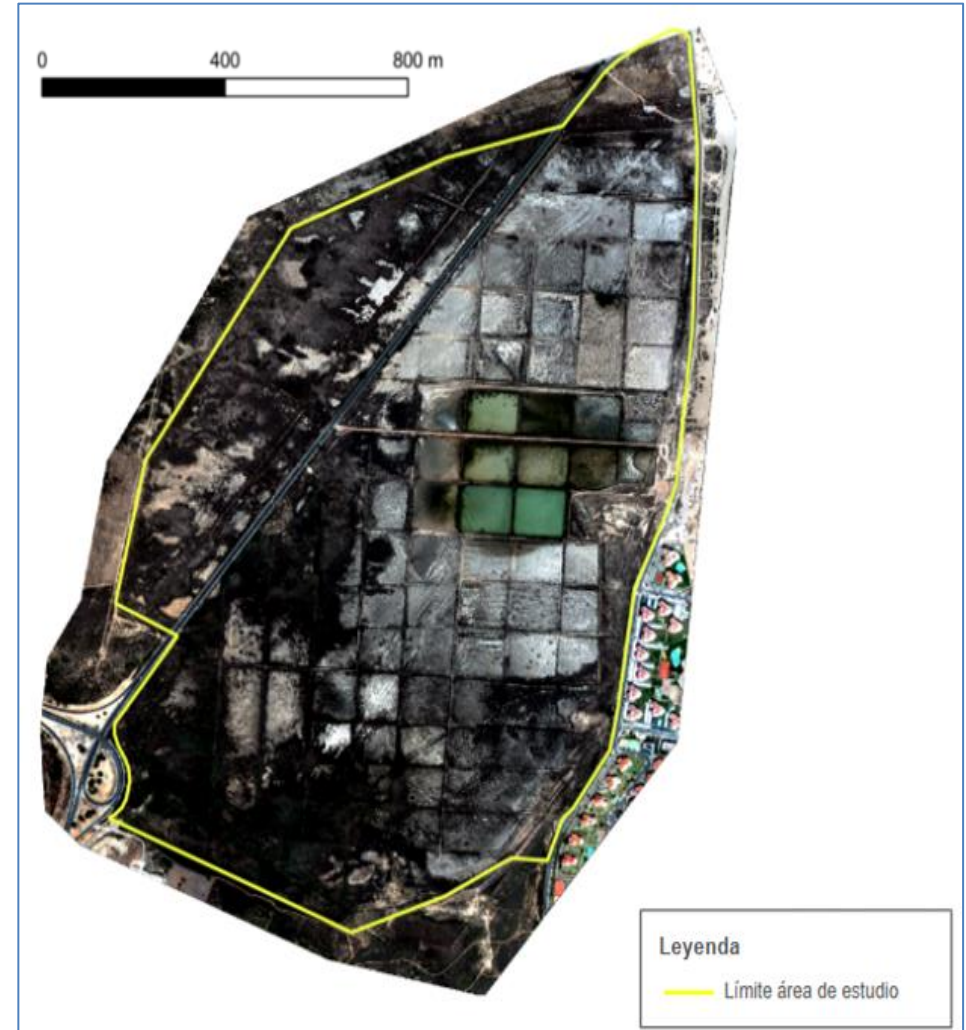


Figura 11. Imagen satelital del día 04/05/2024

ANEXO II. INVENTARIOS DE LOS ESTEROS COMPARATIVO JUNIO-OCTUBRE 2024

El muestreo se realiza mediante transectos diagonales en cada estero (de aproximadamente 150m de diagonal), utilizando un cuadrado de PVC de 1m² que se lanza aleatoriamente cada 5 metros hasta alcanzar el centro del estero (70m). En cada punto de muestreo se registra la cobertura total de vegetación y la cobertura relativa de cada especie presente.

Tabla 1.1. INVENTARIO DEL ESTERO 1 (JUNIO DE 2024)														
Réplicas	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	1.10	1.11	1.12	1.13	1.14
Cobertura total (%)	30	25	30	20	10	0	15	5	0	5	0	1	0	0
Nº de especies	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	0
Cobertura de especies (%):														
<i>Arthrocnemum macrostachyum</i>														
<i>Ruppia maritima</i>	30	25	30	20	10	0	15	5		5		1		
<i>Sarcocornia fruticosa</i>														
<i>Ulva spp.</i>														

Tabla 1.2. INVENTARIO DEL ESTERO 2 (JUNIO DE 2024)														
Réplicas	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	2.10	2.11	2.12	2.13	2.14
Cobertura total (%)	100	25	40	30	50	70	40	50	50	60	30	30	40	35
Nº de especies	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Cobertura de especies (%):														
<i>Arthrocnemum macrostachyum</i>														
<i>Ruppia maritima</i>	100	25	40	30	50	70	40	50	50	60	30	30	40	35
<i>Sarcocornia fruticosa</i>														
<i>Ulva spp.</i>														

Tabla 1.3. INVENTARIO DEL ESTERO 3 (JUNIO DE 2024)

Réplicas	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	3.10	3.11	3.12	3.13	3.14
Cobertura total (%)	100	90	65	40	90	10	5	80	10	3	5	3	5	2
Nº de especies	2	4	3	4	4	1	1	3	1	1	1	1	1	1
Cobertura de especies (%):														
<i>Arthrocnemum macrostachyum</i>		10	50	30	45			30						
<i>Ruppia maritima</i>	50	45	10	10	5	10	5		10	3	5	3	5	2
<i>Sarcocornia fruticosa</i>		15		5	25			40						
<i>Ulva spp.</i>	50	25	5	5	15			10						

Tabla 1.4. INVENTARIO DEL ESTERO 4 (JUNIO DE 2024)

Réplicas	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9	4.10	4.11	4.12	4.13	4.14
Cobertura total (%)	40	50	30	30	20	47	20	15	10	10	20	10	20	5
Nº de especies	1	3	2	3	3	2	3	2	1	1	1	1	1	1
Cobertura de especies (%):														
<i>Arthrocnemum macrostachyum</i>		45	25	5	15		10							
<i>Ruppia maritima</i>	40		5	10	<1	2	3	14	10	10	20	10	20	5
<i>Sarcocornia fruticosa</i>														
<i>Ulva spp.</i>		5		15	5	45	7	1						

Tabla 1.5. INVENTARIO DEL ESTERO 5 (JUNIO DE 2024)

Réplicas	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5	5.6	5.7	5.8	5.9	5.10	5.11	5.12	5.13	5.14
Cobertura total (%)	55	70	80	30	40	20	30	0	50	55	15	20	15	0
Nº de especies	2	2	2	2	2	1	1	0	1	1	1	1	1	0
Cobertura de especies (%):														
<i>Arthrocnemum macrostachyum</i>	35	15	45	5	37	20	30		50	55	15	20	15	
<i>Ruppia maritima</i>														
<i>Sarcocornia fruticosa</i>	20	55	35	25	3									
<i>Ulva spp.</i>														

Tabla 1.6. INVENTARIO DEL ESTERO 6 (JUNIO DE 2024)

Réplicas	6.1	6.2	6.3	6.4	6.5	6.6	6.7	6.8	6.9	6.10	6.11	6.12	6.13	6.14
Cobertura total (%)	100	80	55	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nº de especies	2	3	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cobertura de especies (%):														
<i>Arthrocnemum macrostachyum</i>	100	50	45	7										
<i>Ruppia maritima</i>		10	10	3										
<i>Sarcocornia fruticosa</i>														
<i>Ulva spp.</i>	<1	20												

Tabla 1.7. INVENTARIO DEL ESTERO 7 (JUNIO DE 2024)

Réplicas	7.1	7.2	7.3	7.4	7.5	7.6	7.7	7.8	7.9	7.10	7.11	7.12	7.13	7.14
Cobertura total (%)	75	100	100	45	40	10	100	35	60	80	75	0	45	0
Nº de especies	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0
Cobertura de especies (%):														
<i>Arthrocnemum macrostachyum</i>	75	100	100	45	40	10	100	35	60	80	75		45	
<i>Ruppia maritima</i>														
<i>Sarcocornia fruticosa</i>														
<i>Ulva spp.</i>														

Tabla 2.1. INVENTARIO DEL ESTERO 1 (OCTUBRE DE 2024)

Réplicas	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	1.10	1.11	1.12	1.13	1.14
Cobertura total (%)	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	0	0	<1	<1	<1	0
Nº de especies	1	2	1	2	1	1	1	2	0	0	1	1	1	0
Cobertura de especies (%):														
<i>Arthrocnemum macrostachyum</i>														
<i>Ruppia maritima</i>	<1	<1	<1	<1				<1			<1		<1	
<i>Sarcocornia fruticosa</i>														
<i>Ulva spp.</i>		<1		<1	<1	<1	<1	<1				<1		

Tabla 2.2. INVENTARIO DEL ESTERO 2 (OCTUBRE DE 2024)

Réplicas	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	2.10	2.11	2.12	2.13	2.14
Cobertura total (%)	50	20	10	5	11	<1	<1	0	<1	<1	<1	<1	0	<1
Nº de especies	1	1	1	2	2	2	1	0	1	2	2	2	0	1
Cobertura de especies (%):														
<i>Arthrocnemum macrostachyum</i>														
<i>Ruppia maritima</i>	50	20	10	5	10	<1				<1	<1	<1		
<i>Sarcocornia fruticosa</i>														
<i>Ulva spp.</i>				<1	1	<1	<1		<1	<1	<1	<1		<1

Tabla 2.3. INVENTARIO DEL ESTERO 3 (OCTUBRE DE 2024)

Réplicas	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	3.10	3.11	3.12	3.13	3.14
Cobertura total (%)	4	60	95	25	<1	<1	<1	70	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Nº de especies	2	2	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1	2	1
Cobertura de especies (%):														
<i>Arthrocnemum macrostachyum</i>		60						70						
<i>Ruppia maritima</i>	2				<1	<1	<1		<1	<1	<1	<1	<1	<1
<i>Sarcocornia fruticosa</i>			95	25										
<i>Ulva spp.</i>	2	<1		<1			<1						<1	

Tabla 2.4. INVENTARIO DEL ESTERO 4 (OCTUBRE DE 2024)

Réplicas	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9	4.10	4.11	4.12	4.13	4.14
Cobertura total (%)	90	80	70	75	25	25	60	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Nº de especies	1	1	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1
Cobertura de especies (%):														
<i>Arthrocnemum macrostachyum</i>	90	80	70	75		25	60							
<i>Ruppia maritima</i>			<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
<i>Sarcocornia fruticosa</i>					25									
<i>Ulva spp.</i>														

Tabla 2.5. INVENTARIO DEL ESTERO 5 (OCTUBRE DE 2024)

Réplicas	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5	5.6	5.7	5.8	5.9	5.10	5.11	5.12	5.13	5.14
Cobertura total (%)	100	65	25	45	70	90	15	100	100	100	65	20	50	50
Nº de especies	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Cobertura de especies (%):														
<i>Arthrocnemum macrostachyum</i>	100	65	25	45	70	90	15	100	100	100			50	50
<i>Ruppia maritima</i>														
<i>Sarcocornia fruticosa</i>											65	20		
<i>Ulva spp.</i>														

Tabla 2.6. INVENTARIO DEL ESTERO 6 (OCTUBRE DE 2024)

Réplicas	6.1	6.2	6.3	6.4	6.5	6.6	6.7	6.8	6.9	6.10	6.11	6.12	6.13	6.14
Cobertura total (%)	100	30	95	100	1	95	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Nº de especies	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Cobertura de especies (%):														
<i>Arthrocnemum macrostachyum</i>	100	30	95	100		95								
<i>Ruppia maritima</i>					1		<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
<i>Sarcocornia fruticosa</i>														
<i>Ulva spp.</i>														

Tabla 2.7. INVENTARIO DEL ESTERO 7 (OCTUBRE DE 2024)

Réplicas	7.1	7.2	7.3	7.4	7.5	7.6	7.7	7.8	7.9	7.10	7.11	7.12	7.13	7.14
Cobertura total (%)	100	40	25	50	25	30	15	90	20	90	50	20	100	20
Nº de especies	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Cobertura de especies (%):														
<i>Arthrocnemum macrostachyum</i>	100	40	25	50	25		15	90	20	90	50	20	100	20
<i>Ruppia maritima</i>														
<i>Sarcocornia fruticosa</i>						30								
<i>Ulva spp.</i>														

ANEXO III. ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE LOS ESTEROS INUNDADOS

Tabla 1.1. CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DE ESTEROS (JUNIO DE 2024)

Fecha	Hora	Punto de muestreo	Coordenadas estero	Nitratos (mg/L)	Ortofosfatos (mgPO ₄ /L)	Altura lámina de agua (m)	pH	Temperatura (°C)	Conductividad (µS/cm)
21/06/2024	11:50:00	1	38.28881, -0.5258	< 25.0	< 0.10	0,27	6,77	25,4	63.500
21/06/2024	11:50:00	2	38.28874, -0.5245	< 25.0	< 0.10	0,3	7,97	26	65.200
21/06/2024	9:57:00	3	38.2898, -0.52574	< 25.0	< 0.10	0,16	7,49	23,2	60.100
21/06/2024	10:08:00	4	38.28975, -0.52441	< 25.0	< 0.10	0,19	7,59	24,6	62.200
21/06/2024	10:28:00	5	38.28985, -0.5233	< 25.0	< 0.10	0,19	8,1	24,8	68.100
21/06/2024	9:30:00	6	38.29092, -0.52567	830	< 0.10	0,18	7,67	24	61.400
21/06/2024	10:19:00	7	38.29085, -0.52432	< 25.0	< 0.10	0,115	7,48	23,5	64.700

Tabla 1.2. CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DE ESTEROS (OCTUBRE DE 2024)

Fecha	Hora	Punto de muestreo	Coordenadas estero	Nitratos (mg/L)	Ortofosfatos (mgPO ₄ /L)	Altura lámina de agua (m)	pH	Temperatura (°C)	Conductividad (µS/cm)
29/10/2024	11:31:00	1	38.28881, -0.5258	< 0,5	< 0,10	0,24	6,70	21,6	57.500
29/10/2024	11:38:00	2	38.28874, -0.5245	< 0,5	< 0,10	0,29	6,66	21,9	56.500
29/10/2024	11:46:00	3	38.2898, -0.52574	< 0,5	< 0,10	0,135	6,81	22,1	58.000
29/10/2024	12:01:00	4	38.28975, -0.52441	< 0,5	< 0,10	0,12	7,59	21,9	57.500
29/10/2024	12:08:00	5	38.28985, -0.5233	< 0,5	< 0,10	0,145	7,93	22,0	56.200
29/10/2024	12:21:00	6	38.29092, -0.52567	< 0,5	< 0,10	0,18	6,99	22,1	57.300
29/10/2024	12:38:00	7	38.29085, -0.52432	< 0,5	< 0,10	0,115	7,95	22,5	56.600