



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Politécnica Superior de Gandia

La vegetación submarina de la Bahía de Xàbia

Trabajo Fin de Máster

Máster Universitario en Evaluación y Seguimiento Ambiental de
Ecosistemas Marinos y Costeros

AUTOR/A: Ferretti Contreras, Pedro Javier

Tutor/a: Rodilla Alamá, Miguel

Cotutor/a externo: Pérez Peris, Inés

CURSO ACADÉMICO: 2023/2024



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Politécnica Superior de Gandía

La vegetación submarina de la Bahía de Xàbia

Trabajo Fin de Máster

Máster Universitario en Evaluación y Seguimiento
Ambiental de Ecosistemas Marinos y Costeros

AUTOR/A: Ferretti Contreras, Pedro

Tutor/a: Rodilla Alamá, Miguel

CURSO ACADÉMICO: 2023/2024

Agradecimientos

En primer lugar, quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mi familia. A mis padres, por confiar en mí y apoyarme incondicionalmente en la decisión de venir a España para realizar este máster. A mis hermanos y cuñados, por estar siempre ahí cuando los necesitaba, ofreciendo su compañía y cercanía a pesar de la distancia. A mis amigos del alma, por sus consejos, comprensión y por estar presentes en cada una de mis aventuras y locuras.

De todo corazón, agradezco a mi tutor, Miguel Rodilla, por darme la oportunidad de llevar a cabo esta investigación, confiando en mi perspectiva como profesional. Ha sido un verdadero honor aprender de alguien tan apasionado, tanto bajo el agua como en tierra. Compartir contigo la exploración del entorno ambiental ha sido una experiencia sumamente enriquecedora.

A Inés Pérez, gracias por sus valiosos consejos y por las salidas de terreno realizadas.

A mis compañeros Pilar, Choco, Franco, Diego, Vinie, Gustavo y Meri, gracias por todas las inmersiones compartidas, por las madrugadas y las largas tardes de trabajo. Esos momentos quedarán grabados en mi memoria para siempre.

Agraïsc de manera profunda a Xavier, qui sempre va estar a disposició amb la seua barca per a totes les immersions, amb un somriure i ganes de voler eixir a la mar, encara que no hi haguera el millor temps per a fer treball científic. Gràcies per tots eixes barbacoa i per ensenyar-me un poc més sobre la vida en la mar.

¡Muchas gracias!

Resumen

La Bahía de Xàbia, ubicada en el litoral mediterráneo, es un ecosistema que ha experimentado un deterioro significativo debido a la creciente actividad humana, especialmente por vertidos urbanos y el aumento del turismo. En este estudio, se evaluó el estado de las praderas de *Posidonia oceánica* y las comunidades de macroalgas mediante una comparación con datos previos del año 2022. Los resultados obtenidos muestran una regresión en la extensión de las praderas, así como indicios de procesos de eutrofización, lo que evidencia una degradación ambiental considerable.

La densidad de *Posidonia* en la Bahía de Xàbia es considerablemente inferior a la de otras áreas del Mediterráneo, lo que subraya la necesidad urgente de implementar estrategias de conservación. Además, se detectaron inconsistencias en el mapa realizado en 2022, lo que refuerza la importancia de realizar una actualización de la cartografía de estas praderas marinas para mejorar la gestión y protección del ecosistema.

Este estudio destaca la necesidad de una conservación más activa y monitoreada, con el fin de mitigar el impacto de la contaminación y garantizar la sostenibilidad de este valioso entorno natural.

Palabras clave: *Posidonia oceánica*, Bahía de Xàbia, eutrofización, conservación marina, biodiversidad, impacto antrópico, vertidos urbanos.

Abstract

The bay of Xàbia, located on the Mediterranean coast, is an ecosystem that has suffered a significant deterioration due to the increase of human activities, especially urban spills and the increase of tourism. In this study, the state of the *Posidonia oceanica* meadows and macroalgae communities has been evaluated by comparing previous data from 2022. The results obtained show a regression in the extent of the meadows, as well as signs of eutrophication processes, attesting to a significant environmental degradation.

The density of *Posidonia* in the Bay of Xàbia is significantly lower than in other areas of the Mediterranean, which highlights the urgent need to implement conservation strategies. In addition, inconsistencies were found on the 2022 maps, which reinforces the importance of updating the mapping of these seagrass meadows to improve the management and protection of the ecosystem.

This study highlights the need for more active and monitored conservation to mitigate the impact of pollution and ensure the sustainability of this valuable natural environment.

Key words: *Posidonia oceanica*, Xàbia Bay, eutrophication, marine conservation, biodiversity, anthropogenic impact, urban spills.

Índice

<i>Agradecimientos</i>	2
Resumen.....	3
Abstract	3
Introducción.....	1
Objetivos.....	4
Materiales y métodos.....	5
3.1 Área de estudio	5
3.2 Metodología	9
3.2.1 Transectos:	10
3.2.2 Delimitación de la <i>Posidonia oceánica</i> :	12
3.2.3 Análisis del Piso Mesolitoral e Infralitoral de la Bahía:	14
4. Resultados	17
Observaciones	24
5. Discusión	29
6. Conclusión	32
Líneas futuras.....	34
Bibliografía	35

Introducción

La Bahía de Xàbia, ubicada en la costa norte de la provincia de Alicante, en la Comunidad Valenciana, representa uno de los entornos naturales más valiosos y diversos del litoral mediterráneo español (Habti Barrouho, 2019). Este municipio, que combina una rica tradición cultural con un entorno natural privilegiado, ha experimentado en las últimas décadas un profundo proceso de transformación impulsado por el crecimiento del sector turístico. Esta transformación ha supuesto un cambio significativo en la estructura económica y demográfica de la región, con un notable aumento de la población estacional durante los meses de verano y un desarrollo urbanístico que ha modificado el paisaje costero de manera irreversible (Gallego, 2013)

El auge del turismo, si bien ha traído consigo beneficios económicos, ha planteado también importantes desafíos ambientales. Entre ellos, la contaminación marina derivada de vertidos urbanos se ha convertido en una de las principales amenazas para los ecosistemas marinos de la Bahía de Xàbia (Rodilla et al., 2011). Estos vertidos, que incluyen aguas residuales, industriales y provenientes de desalinizadoras, han contribuido a procesos de eutrofización, que afectan la calidad del agua y ponen en riesgo la biodiversidad marina (Roca et al., 2003; Salgado-Bernal et al., 2012) . La eutrofización se caracteriza por un incremento en la concentración de nutrientes en el agua, lo que provoca un crecimiento desmesurado de algas y plantas acuáticas, alterando el equilibrio ecológico y generando efectos adversos sobre los ecosistemas y los servicios que estos proporcionan (Cantó Casanova, 2023).

Este estudio tiene como objetivo principal investigar los efectos de la contaminación por vertidos urbanos sobre la vegetación marina de la Bahía de Xàbia, con un enfoque en las praderas de fanerógamas marinas, con un análisis superior sobre la *Posidonia oceanica* y las comunidades de macroalgas presentes en el área. Para ello, se llevará a cabo una serie de estudios físicos y biológicos que permitirán cuantificar el impacto de estos vertidos en la biomasa y la biodiversidad de las praderas, así como en la composición de la comunidad vegetal asociada (Gimenez-Casalduero y Gomáriz Castillo, 2012). Además, se desarrollará una cartografía detallada de la vegetación marina en las zonas afectadas,

junto con un inventario de las macroalgas, lo que proporcionará una línea base para futuras investigaciones y acciones de conservación (Ecocartografía de Alicante, 2022).

Para esta investigación, se llevará a cabo una comparación detallada con los mapas realizados el en año 2022 (Llorens-Esrich et al., 2021), con el propósito de evaluar su precisión y determinar si los límites definidos coinciden con los obtenidos en el presente estudio. El objetivo principal de esta comparación es actualizar de manera minuciosa y precisa la distribución de las manchas de *Posidonia oceanica* y si se encuentran otras manchas de fanerógamas en la bahía de Xàbia. Además, se analizará la posible regresión de esta pradera marina en relación con la información disponible en la cartografía de Alicante, proporcionando así una visión actualizada y rigurosa de su estado de conservación.

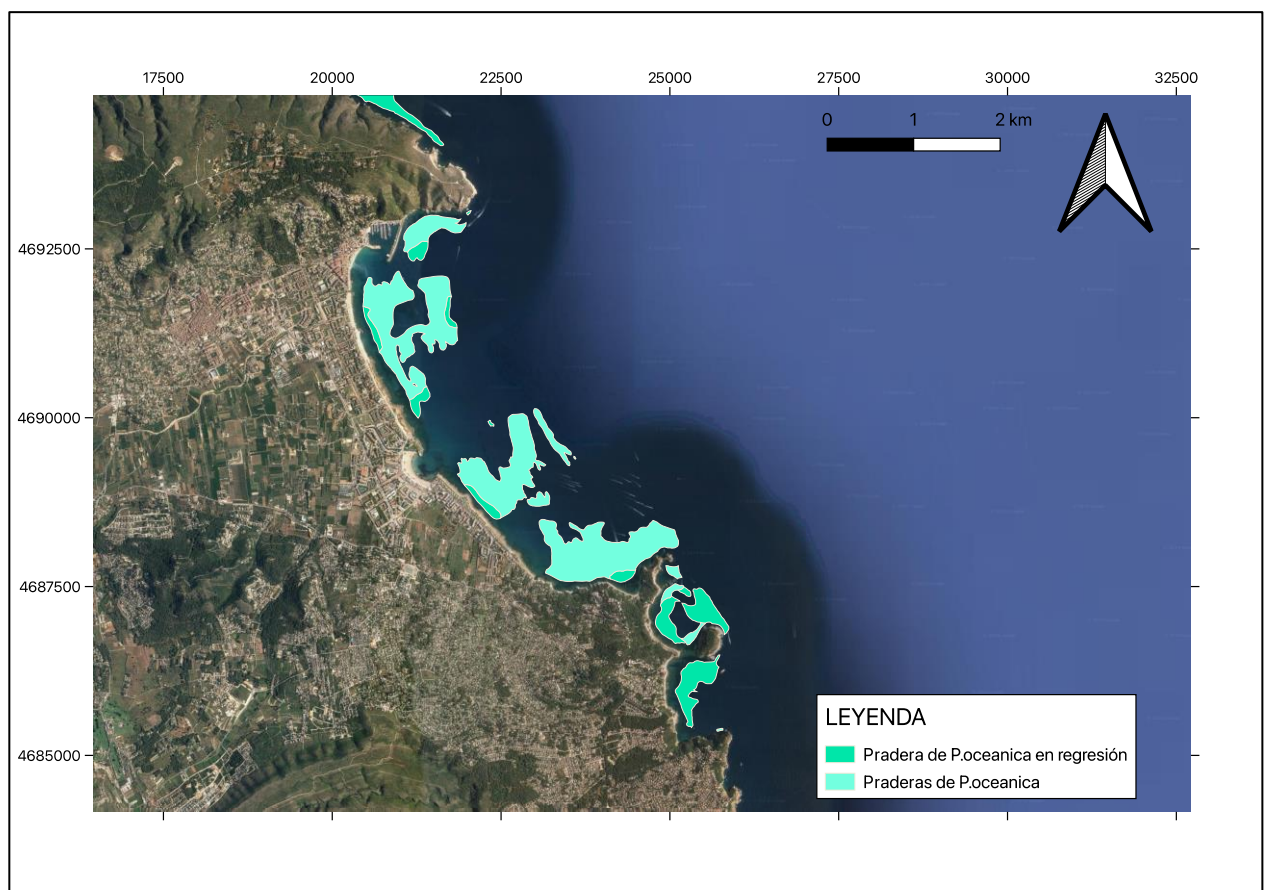


Figura 1. Distribución de praderas de *P. oceanica* en el litoral de Xàbia. Fuentes: VV. AA., IEL, Consellería de Agricultura Pesca y Alimentación (G.V., 2006), MAGRAMA. Mapa Base: Google Satellite.

Las praderas de fanerógamas marinas en especial la *Posidonia oceánica*, un tipo de vegetación marina endémica del Mediterráneo, son uno de los ecosistemas más afectados por esta situación (Cormaci et al., 2021) (Área de Distribución de *Posidonia oceanica*, 2019). Estas praderas desempeñan un papel crucial en la conservación de la biodiversidad marina, ya que proporcionan hábitat y alimento a numerosas especies, actúan como sumideros de carbono, y protegen las costas de la erosión (Pereira et al., 2022). Además, su compleja estructura física crea una diversidad de microhábitats que favorecen la presencia de una gran variedad de organismos marinos (Alcoverro et al., 2000). No obstante, la contaminación y la alteración de su entorno natural han provocado una disminución en la extensión y la salud de estas praderas, lo que pone en peligro tanto la biodiversidad marina como la sostenibilidad de las actividades económicas dependientes de estos recursos (Guillén et al., 2013).

La importancia de este estudio radica en la necesidad de comprender cómo la actividad humana, en particular a través del turismo y el desarrollo urbano, está afectando a los ecosistemas marinos en la Bahía de Xàbia (Rodríguez & Ruíz, 2010). A través de un análisis detallado de los impactos de la contaminación, este trabajo pretende no solo documentar el estado actual de las praderas de *Posidonia oceánica* y otras comunidades vegetales marinas, además ofrecer recomendaciones para la gestión sostenible de estos recursos. La información generada por este estudio será crucial para la elaboración de políticas ambientales que busquen mitigar los efectos negativos de la contaminación y promover la conservación de la biodiversidad marina en la región.

En un contexto global donde la sostenibilidad y la protección de los ecosistemas son prioritarios, este trabajo se enmarca un esfuerzo más amplio por preservar los recursos naturales frente a las presiones antropogénicas. La Bahía de Xàbia, con su rica biodiversidad y su importancia ecológica, representa un caso de estudio relevante para entender los desafíos que enfrentan muchas regiones costeras en el Mediterráneo y más allá (Jódar-Abellán & Molina, 2019). Los resultados de este estudio podrán servir de referencia para otras áreas que enfrentan problemas similares, contribuyendo al desarrollo de estrategias de conservación que permitan asegurar la resiliencia y la integridad de los ecosistemas marinos en el futuro.

Objetivos

El objetivo principal de este estudio es el levantamiento de datos de la vegetación submarina de la bahía de Xàbia, junto a este se pretende evaluar cómo la contaminación derivada de las aguas residuales urbanas afecta directamente a la flora marina del sector. Se investigará el impacto del incremento estacional estival de la población en la capacidad de la Estación Depuradora de Aguas Residuales (EDAR), y cómo los vertidos resultantes, junto con la posible influencia de pozos negros en áreas como el canal de la Fontana, contribuyen a la degradación del entorno marino. Este estudio se centrará en analizar los efectos de esta contaminación sobre la vegetación submarina, con un enfoque particular en la eutrofización y sus consecuencias para las poblaciones de macroalgas y las praderas de *Posidonia oceánica* y otras fanerógamas.

Para ello, definiremos los siguientes objetivos específicos:

- 1) Delimitar las áreas ocupadas por la *Posidonia oceánica* en la bahía de Xàbia, desde la salida del puerto hasta la caleta de Dins aproximadamente y comparar dicha delimitación con los mapas existentes en el 2022.
- 2) Estimación de densidad de haces como parámetro de la calidad y salud de la *Posidonia oceánica* existente.
- 3) Analizar y catalogar las macroalgas existentes de toda la bahía en el suelo meso e infralitoral, con el fin de hacer un catastro de la vegetación que hay y ver si en los puntos de vertidos más cercanos muestran consecuencia de eutrofización.
- 4) Análisis de transectos perpendiculares a la costa para estudiar las macroalgas existentes y su porcentaje de abundancia según los lugares estratégicamente seleccionados.

Materiales y métodos

3.1 Área de estudio

Jávea (Xàbia en valenciano) es un municipio de la comarca de la Marina Alta, situado en la provincia de Alicante, Comunidad Valenciana, España. Ubicado en la costa norte de la provincia, entre los cabos de San Antonio y La Nao, su término municipal abarca aproximadamente 68,59 km², extendiéndose desde el Parque Natural del Montgó hasta la costa mediterránea (Cubells et al., 2010). En la parte Este del municipio se encuentra la bahía de Jávea, caracterizada por una variada línea costera que incluye playas de arena, calas rocosas y acantilados (MITECO, 2019). Dentro de la bahía, se destaca la Reserva Marina del Cap de Sant Antoni, reconocida por su rica biodiversidad marina, incluyendo praderas de *Posidonia oceánica* y comunidades de algas (Mederos-Barrera et al., 2024).

Jávea tiene una población permanente de 28.731 habitantes, que se incrementa significativamente durante el verano, alcanzando cerca de 117.000 personas, lo que impacta en la gestión ambiental del área, especialmente en relación con las aguas residuales (INE, 2022). Además, el río Gorgos, con un caudal reducido, atraviesa el municipio de oeste a este, desembocando en el Mediterráneo y contribuyendo de manera limitada al flujo hídrico local (MITECO, 2019)



Figura 2. Mapa de Xàbia, elaboración propia en Qgis, Mapa Base: Google Satélite.

Por otra parte la urgencia y preocupación de este estudio surge como decíamos antes por el movimiento demográfico que está sufriendo esta zona en la época estival del año, donde el procesamiento del incremento de la capacidad de la Estación Depuradora de Aguas Residuales (EDAR), no logra generar las bacterias suficientes para depurar las aguas residuales y con esto liberando el exceso de nutrientes, fecas u otros tipos de residuos en los puntos de vertidos, dicho esto es importante constatar el contexto que tiene la bahía de Xàbia con estos movimientos.

Durante los veranos de 2022 y 2023, la playa del Arenal en Xàbia enfrentó cierres debido a la presencia de vertidos microbiológicos en sus aguas (Xàbia, 2023) (Tabla 1). Este problema persiste, particularmente en situaciones de fuertes lluvias y temporales, lo que pone en evidencia una falla crítica en la infraestructura de saneamiento de la zona.

Uno de los factores clave es la estación de bombeo de aguas residuales (EBAR), cuyo aliviadero descarga directamente en el canal de la Fontana y, en última instancia, en la playa del Arenal. La carencia de una separación adecuada entre las aguas pluviales y residuales en el sistema de alcantarillado de Xàbia ocasiona desbordamientos

significativos durante precipitaciones intensas, superando la capacidad de la estación del Arenal. Además, el emisario submarino ha presentado múltiples averías, la más reciente en abril de 2022, provocando vertidos a menos de 30 metros de la costa, lo que ha deteriorado gravemente la calidad del agua.

Aunque se han realizado trabajos para prolongar el emisario, este sigue vertiendo a unos 200 metros de la costa, lo que no ha sido suficiente para resolver el problema. La situación continúa siendo crítica, como lo reflejan noticias recientes de este 2024 donde se destacan vertidos de aguas fecales en La Fontana, desencadenando la alarma en la comunidad de Xàbia (LA MARINA PLAZA, 2024). Esta problemática constante ha llevado a la emblemática playa del Arenal a perder su distintiva bandera azul, sin perspectivas inmediatas de recuperarla.

Tabla 1. Resumen semanal de análisis e inspección de la calidad de las playas, elaboración de Inés Pérez (Xàbia, 2023).

FECHA	Platja de la Grava		Platja del Muntanyar I		Canal de la Fontana		Platja de L'arenal		Platja de la Cala Blanca		El Portitxol		La Granadella	
	E. intestinales	E. coli	E. intestinales	E. coli	E. intestinales	E. coli	E. intestinales	E. coli	E. intestinales	E. coli	E. intestinales	E. coli	E. intestinales	E. coli
25.07.2022	0	5	0	0			6.488	3000	63	270	0	0	31	25
01.08.2022	30	11	10	1			31	8	10	1	0	0	75	66
08.08.2022	20	14	0	0			0	0	31	10	20	0	20	0
15.08.2022	0	1	0	1			0	19	10	0	0	0	0	0
22.08.2022	110	4	10	0			0	0	41	0	10	0	0	0
29.08.2022	31	12	20	0			430	64	84	1	0	0	20	50
03.07.2023	0	2	0	0			0	12	0	7	0	1	0	0
10.07.2023	0	3	0	3			0	1	0	1	0	6	0	0
17.07.2023	0	2	0	3			327	405	0	2	0	5	31	2
24.07.2023							41	13						
27.07.2023					24000	1400								
31.07.2023	10	2	0	1			0	0	10	1	0	0	20	4
01.08.2022					20	39								
03.08.2023					10	3								
04.08.2023							10	1						
05.08.2023					310	200								
07.08.2023	10	5	0	3			0	1	10	0	0	0	0	1
08.08.2023					24000	170								
11.08.2023					73	61								
12.08.2023					37	1100								
14.08.2023	10	19	0	2			0	8	0	0	0	0	0	1
15.08.2023					10	5	10	5						
18.08.2023					31	8	31	8						
21.08.2023	20	9	0	0			0	10	0	5	10	1	10	16
22.08.2023					170	5								
25.08.2023					170	590								
28.08.2023	0	1	20	0			75	33	10	7	0	2	0	0
08.09.2023	10	0	0	1			0	1	10	0	0	2	0	0

La pradera de *Posidonia oceánica* es particularmente vulnerable a la contaminación marina, la cual influye directamente en su salud y sostenibilidad. Un aumento en los niveles de contaminación está correlacionado con una reducción en la biomasa de estas plantas marinas, una disminución en la diversidad biológica de las praderas, y modificaciones en la composición de la vegetación asociada (Tuya et al., 2019).

Entre los principales factores contaminantes se encuentran los vertidos de aguas residuales e industriales, a los que se suman los vertidos de desalinizadoras, cuya expansión ha sido notable en los últimos años (Blanco Murillo, 2018).

Por otro lado, la eutrofización es un proceso que degrada los recursos hídricos y puede llevar a la pérdida de los beneficios y servicios que estos ecosistemas acuáticos ofrecen (Karydis & Kitsiou, 2013). En los sistemas marinos costeros, la eutrofización desencadena una serie de efectos negativos, tanto directos como indirectos, que están relacionados con el crecimiento desmesurado de plantas acuáticas (Pinturier-Geiss et al., 2002). Este proceso provoca un aumento en la productividad y biomasa del fitoplancton y de las algas en suspensión, generando cambios en la composición del fitoplancton hacia especies que forman floraciones, algunas de las cuales pueden ser tóxicas o no consumidas por los herbívoros acuáticos. Además, se observa un incremento en la proliferación de microalgas adheridas y macroalgas marinas (Karydis, 1996). La eutrofización también afecta la composición y productividad de plantas vasculares acuáticas, lo que reduce la abundancia de especies de peces y moluscos comerciales. Otras consecuencias incluyen la disminución de la salud y tamaño de las poblaciones de corales, la reducción de la transparencia del agua, y problemas relacionados con el sabor y la calidad del agua potable. Estos cambios también tienen un impacto negativo en la economía local, afectando el valor de las propiedades y reduciendo las oportunidades recreativas (Ochoa-Zuluaga, 2019).

La introducción de sustancias tóxicas, nutrientes en exceso, calor, y microorganismos patógenos en el medio marino no solo altera las poblaciones microbianas autóctonas, sino que también presenta riesgos para la salud humana y afecta negativamente a las poblaciones de especies acuáticas, la pesca y la acuicultura (Betti et al., 2011). Por esta razón, el uso recreativo de las aguas, especialmente en zonas de baño, requiere un riguroso control por parte de las autoridades competentes para salvaguardar la salud pública (Generalitat Valenciana, s. f.).

En la Comunidad Valenciana, la responsabilidad de monitorear y controlar la calidad de las aguas de baño recae en la Conselleria de Agricultura, Desarrollo Rural, Emergencia Climática y Transición Ecológica, específicamente a través de la Dirección General del Agua. La evaluación de estas aguas se lleva a cabo conforme a la Directiva 2006/7/CE, adaptada al marco legal español por el Real Decreto 1341/2007, de 11 de octubre, sobre la gestión de la calidad de las aguas de baño (BOE nº 257 de 26-10-2007) por lo que la gestión pública es una competencia no solo del ayuntamiento de Xàbia.

3.2 Metodología

Este estudio se desarrolla en tres etapas prácticas, que se detallarán a continuación. Estas etapas se centran en la logística necesaria para abordar la problemática planteada, con el objetivo de proponer soluciones, recopilar datos y evaluar los parámetros relevantes.

En primer lugar, para realizar una descripción general de la bahía, se empleó una técnica de transecto lineal y un método de estimación de abundancia y densidad, durante el cual se identificaron las especies de macroalgas presentes y se registró su abundancia. En segundo lugar, se delimitaron los parches de Posidonia, cuya localización había sido previamente estudiada utilizando el mapa del año 2022, con el fin de evaluar la regresión de estos parches y, al mismo tiempo, generar un mapeo georreferenciado actualizado. Finalmente, se llevó a cabo un análisis de los pisos supra meso e infra litoral de la bahía, con el propósito de identificar las especies de macroalgas presentes. Este análisis se realizó bajo la hipótesis de que podrían haberse producido cambios en las especies en las zonas más cercanas a los emisarios, además de actualizar la información de la que no se disponía previamente.

3.2.1 Transectos:

Para realizar el catastro de macroalgas en la bahía de Xàbia, se planificaron y ejecutaron varios transectos en puntos estratégicos (Figura 15), con el objetivo de representar de manera precisa las especies presentes y su porcentaje de abundancia en las costas de esta parte de la provincia. Estos transectos fueron llevados a cabo por un equipo de buceo empleando diversas técnicas especializadas.

En particular, se utilizó la técnica de "transectos lineales" descrita (Navas-Camacho, 2012). Esta metodología consistió en desplegar una línea, usualmente una cuerda o cinta métrica, en el fondo marino, a lo largo de la cual el buceador registraba las especies observadas dentro de un ancho previamente definido. Este enfoque permite cuantificar directamente la densidad de organismos y es especialmente útil para evaluar la biodiversidad (English et al., 1994).

Para mejorar la precisión en la estimación de la abundancia, se empleó un doble registro, utilizando una cámara GoPro para capturar fotografías y una tablilla para anotaciones escritas. Cada 10 metros a lo largo de un transecto total de 100 metros, se situaba un cuadrante de 40x40 cm, dividido en cuatro sub cuadrantes de 20x20 cm, según el método de estimación de abundancia y densidad (Romero et al., 1999) (Navas-Camacho, 2012). Los organismos dentro de cada cuadrante eran contados e identificados para asegurar un registro detallado de la biodiversidad presente en la zona.

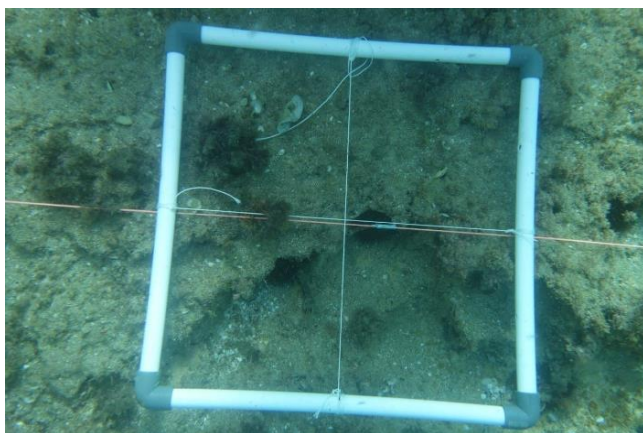


Figura 4 Cuadrado en la línea del transecto.

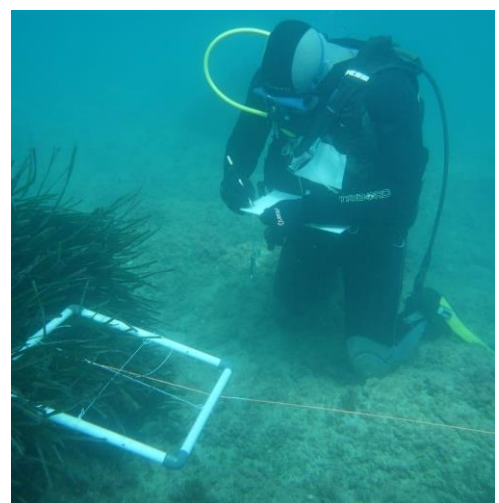


Figura 3. Cuadrado para separar la abundancia de especies en el transecto.

Para plasmar los datos de los transectos como se muestra en la Figura 4 utilizamos un cuadrado donde se representaba la especie el porcentaje que esta representa en dicho instrumento, la forma de codificar los datos de un punto de transecto se reduce al punto de 0 a los 100 metros del transecto (para medir la profundidad) y la sección que tenían del cuadrante a continuación, representamos el primer punto del transecto en la zona del primer montañar de la bahía, se mostrara el transecto como ejemplo solo hasta la 3ra toma de datos.

Punto: Primer montañar p1

Coordenadas: **38°45'51.98"N,** **0°12'23.49"E**

Fecha: 3/9/24

0			
20%	Arena	<i>Ellisolandia elongata</i>	20%
30%	<i>Padina pavonica</i>	<i>Padina pavonica</i>	20%
50%	<i>Halopteris scoparia</i>	<i>Halopteris scoparia</i>	20%
0%		Arena	40%
20%	<i>Padina pavonica</i>	<i>Padina pavonica</i>	50%
30%	<i>Halopteris scoparia</i>	<i>Halopteris scoparia</i>	10%
50%	Arena	Arena	30%
0%		<i>Ellisolandia elongata</i>	10%
10			
20%	Arena		0%
40%	<i>Padina pavonica</i>	<i>Padina pavonica</i>	20%
40%	<i>Halopteris scoparia</i>	<i>Halopteris scoparia</i>	60%
0%		Arena	20%
40%	<i>Padina pavonica</i>	<i>Padina pavonica</i>	30%
10%	<i>Halopteris scoparia</i>	<i>Halopteris scoparia</i>	30%
50%	Arena	Arena	40%
0%			0%
20			

10%	<i>Asparagopsis taxiformis</i>	<i>Asparagopsis taxiformis</i>	0%
40%	<i>Cladophora coelothrix</i>	<i>Cladophora coelothrix</i>	20%
50%	Arena	Arena	60%
0%			20%
0%		Arena	30%
40%	<i>Cladophora coelothrix</i>	<i>Asparagopsis taxiformis</i>	10%
60%	Arena	<i>Cladophora coelothrix</i>	60%
0%			0%

3.2.2 Delimitación de la *Posidonia oceanica*:

Para delimitar las praderas de *Posidonia* en la bahía, se implementó un enfoque que combinó el uso de materiales con técnicas de buceo especializado. El proceso comenzó con el uso de una boya equipada con un GPS integrado, que fue remolcada por un equipo de buzos. La boya se mantenía conectada a un cabo, el cual los buceadores tensaban rigurosamente para minimizar errores en la ubicación. Mientras un buceador se encargaba de manejar el cabo, el otro observaba los parches de *Posidonia* y medía la densidad de haces utilizando un cuadrante de 40x40 cm, dividido en secciones de 20x20 cm. Este método permitía evaluar con precisión el estado de la vegetación marina.



Figura 5. Conteo de haces para medir la densidad de la *Posidonia*

Previamente, en caso de que el registro de la pradera no fuera claro, se utilizaba un acuaplano para realizar un arrastre a través del fondo marino. Este arrastre, coordinado entre un buceador y una embarcación, ayudaba a interceptar el límite inferior de la pradera, asegurando una identificación precisa del inicio de la cobertura de *Posidonia* según los registros cartográficos disponibles.

Con el GPS, se registraba de manera continua la posición y el trayecto de la boya, generando un conjunto de puntos o tracs que delineaban con exactitud el polígono del parche de *Posidonia oceánica*. Los datos obtenidos fueron comparados con el mapa 2022, realizados mediante imágenes satelitales, lo que permitió observar las diferencias en la extensión de las praderas y la realidad de esta fanerógama en la bahía de Xàbia.



Figura 6. Delimitación de Posidonia mediante una boya amarrada al cabo extendido.

El objetivo de esta técnica fue documentar de manera científica y precisa el estado actual de la *Posidonia* en la bahía, proporcionando una estimación confiable de la extensión y densidad de estas praderas. Esta información es esencial para estudios futuros y ofrece una referencia clara sobre la abundancia actual de esta fanerógama marina en prácticamente su total de área. Para el análisis comparativo, se emplearon herramientas como QGIS y Google Earth, facilitando un contraste detallado con estudios previos.

3.2.3 Análisis del Piso Mesolitoral e Infralitoral de la Bahía:

El estudio del piso supralitoral, mesolitoral e infralitoral de la Bahía de Xàbia se llevó a cabo dividiendo la costa en tres zonas y cada una de ellas con diferentes puntos paralelos a la línea costera. Para este análisis, se trabajó en parejas utilizando equipo de snorkel, lo que permitió un movimiento ágil a lo largo del plano supralitoral. El procedimiento incluyó la observación directa de las especies presentes, así como la recolección de muestras de macroalgas que no pudieron ser identificadas en el terreno.

El avistamiento y recolección de especies se realizó desde el piso mesolitoral hasta la caída que tiene este (de uno a tres metros dependiendo el sector) hasta unos dos a cinco metros de largo en el sector infralitoral, con los transectos separados por intervalos de 150 a 200 metros, según lo observado en el área de estudio. Para asegurar la precisión y completitud del registro, los transectos fueron documentados con una cámara GoPro, permitiendo la revisión y análisis posterior de cualquier dato que hubiera quedado inconcluso.

Las muestras de macroalgas que no pudieron ser identificadas en el sitio de estudio se almacenaron en bolsas Ziploc y fueron trasladadas al laboratorio para su posterior análisis. La identificación taxonómica de estas especies se realizó con el apoyo de recursos digitales, la guía "Macroalgas y Fanerógamas Marinas del Mediterráneo Occidental", así como con la orientación del tutor del proyecto. El análisis se llevó a cabo utilizando lupas y microscopios para estudiar las características vegetativas de las especies recolectadas. Una vez identificadas, las especies fueron clasificadas según el transecto, el día de recolección y la ubicación específica dentro del transecto donde fueron encontradas.



Figura 7. Bandeja con macroalgas sin reconocer en terreno



Figura 8. Zoom de lupa científica para diferenciar muestras

Una vez identificadas todas las especies, se verificó si los nombres científicos correspondían a las denominaciones actualizadas aceptadas por la comunidad científica. Para ello, cada especie encontrada fue analizada en la base de datos *World Register of Marine Species* (WORMS). De esta manera, comparando los nombres con los autores originales de las descripciones taxonómicas, se logró registrar los nombres científicos vigentes de cada especie.

4. Resultados

Luego de realizar más de 10 salidas a la bahía, con inmersiones, caminatas en los primeros pisos litorales, transectos con acompañantes y delimitación con barca, se llegaron a los siguientes resultados.

Delimitación de la posidonia:

Los resultados esperados en esta parte práctica del presente estudio arrojaron los siguientes hallazgos respecto a la comparación de los mapas analizados en el año 2022;

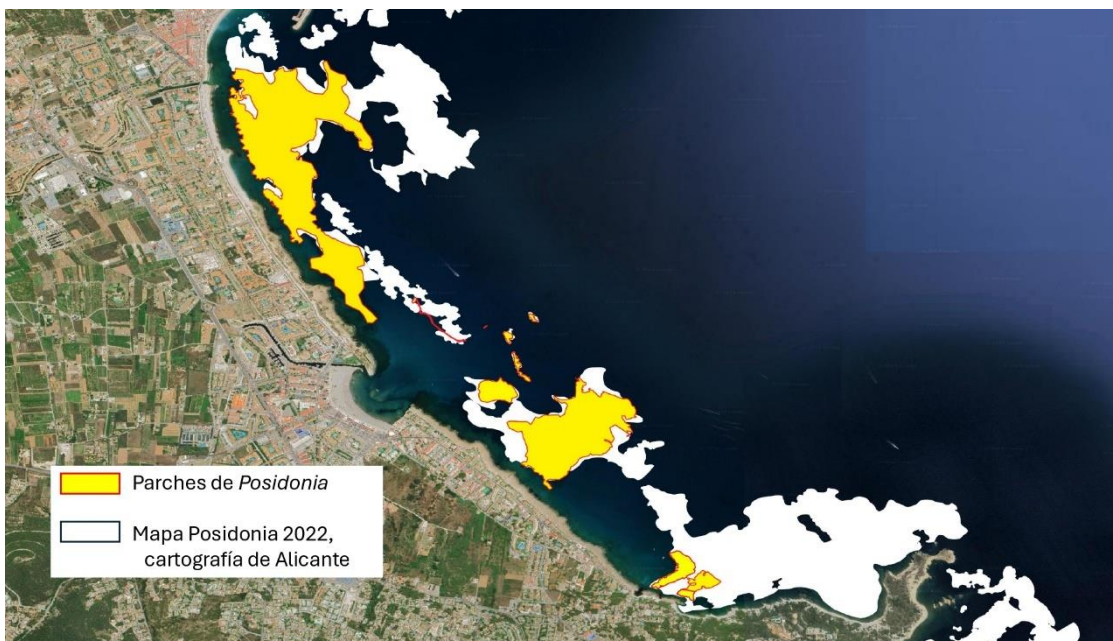


Figura 9. Mapa Comparativo cartografía 2022 vs Posidonia delimitada.

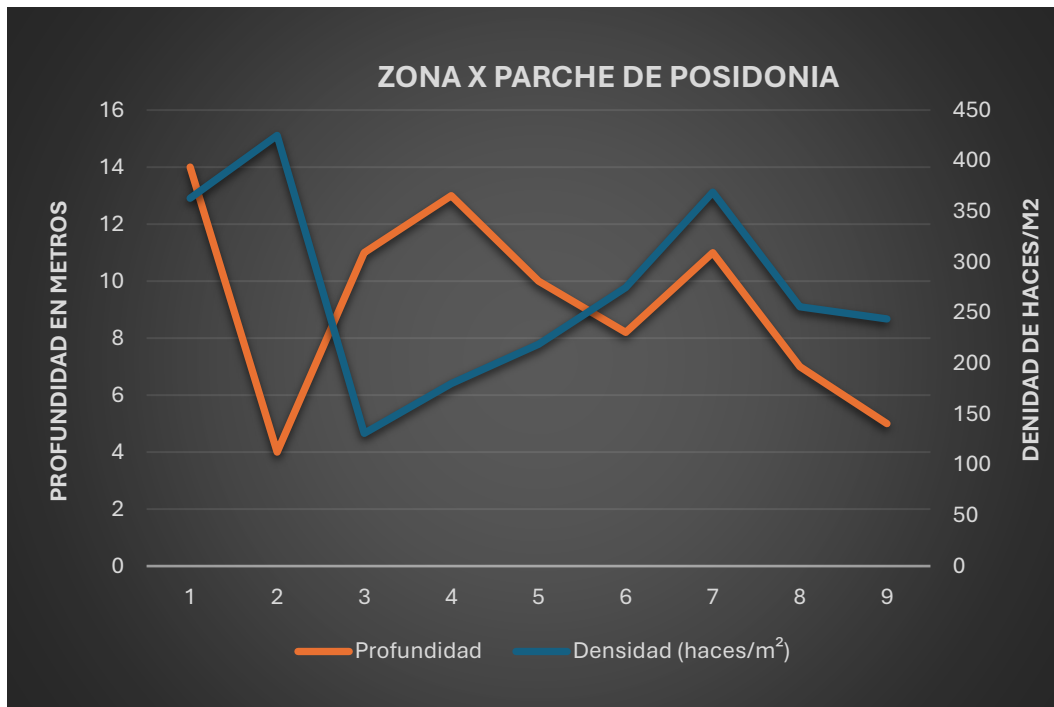
El cálculo de la densidad de haces en las fanerógamas marinas es crucial para estudiar el estado de salud y conservación de las praderas marinas, así como su papel como bioindicadores de la calidad del ecosistema marino. Esto se debe a que la densidad refleja la productividad, biodiversidad y capacidad de las praderas para proteger las costas mediterráneas.

Como se menciona anteriormente, en este estudio se realizó una delimitación de los parches de posidonia oceánica que se alcanzaron a marcar en la bahía de Xàbia, para poder medir el estado de salud de estas praderas se utiliza la técnica para calcular la densidad de haces por m², la siguiente tabla nos muestra la cantidad promedio existente de haces por parche, cabe recalcar que por cada Parche o letra que se aprecia en la *figura 10* se realizaron 3 mediciones de las cuales se muestra un promedio total.

Tabla 2. Tabla de densidad de los diferentes parches delimitados.

Zona	Densidad (haces/m ²)	Profundidad (m)
A.1	363	14
A.2	425	4
B	131	11
C	180	13
D	219	10
E	275	8,2
F	369	11
G	256	7
H	244	5

Tabla 3. Gráfico comparativo Profundidad vs Densidad.



Como se puede apreciar en la gráfica adjunta, la relación entre profundidad y densidad no presenta estadísticamente ningún tipo de correlación o patrón. Esto es interesante ya que en una primera instancia se podría pensar que por la cantidad actividad antropogénica como bañistas, antiguas barcas de sin permiso de anclaje u actividades dentro del agua de cualquier tipo dañarían las praderas marinas mas cercanas a la costa, lo que no sucede, en cambio hay una reducción de la densidad de haces sumamente notoria en la profundidad 12 donde la densidad llega a menos de 200 haces por m^2 , esta densidad tiene justificación por la acción directa del emisario submarino en los parches de posidonia aledaños (*Figura 13 y 14*) en los parches B y C, luego podemos analizar la figura 13 y 14 donde el ambiente se ve muy degradado confirmando el estado de estos parches.

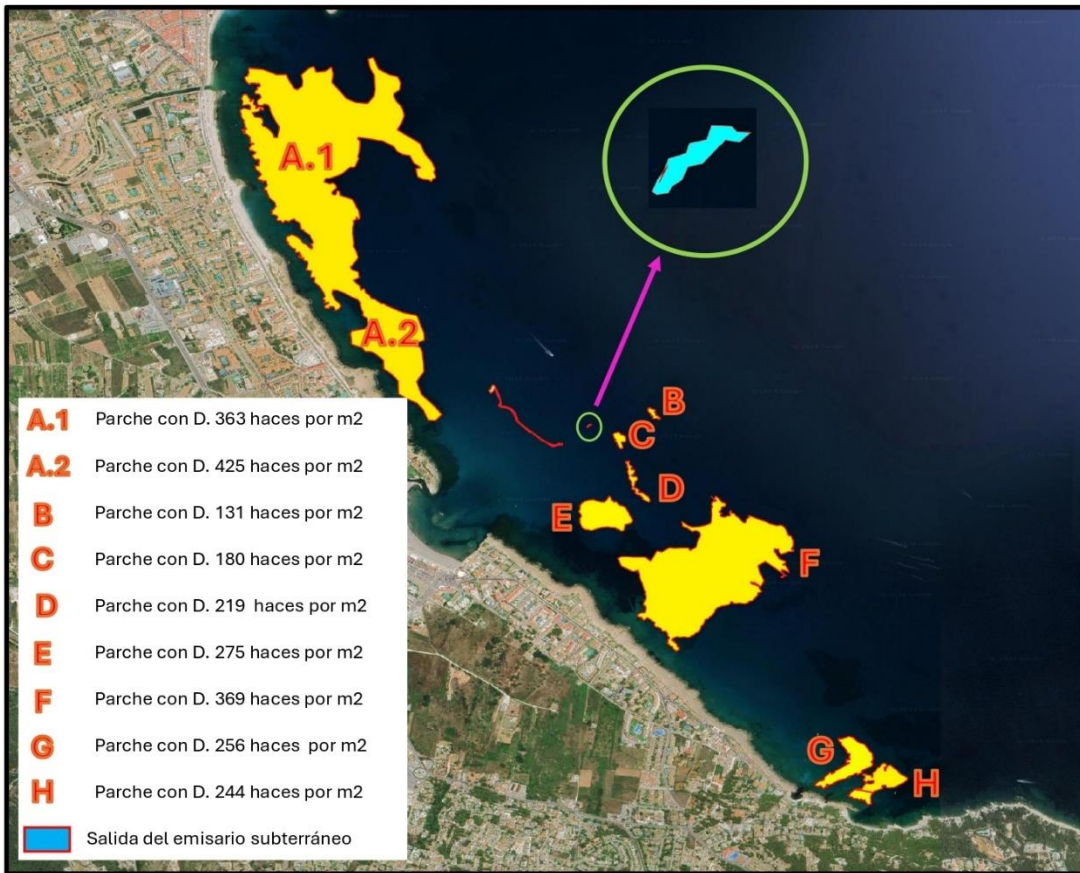


Figura 10. Mapa densidades de posidonia oceánica.

Como se visualiza en el Figura 9, se aprecia que la delimitación realizada muestra una precisión mas exacta y detalla de los parches de posidonia, a diferencia de los estudios analizados. Sectores como el “trayecto realizado en la mancha de posidonia no existente” de la cartografía del 2022 (Figura 11) nos comprueban como estos estudios al ser satelitales principalmente demuestran errores como este lo que nos da una falso total de los parches de posidonia que se estiman en la bahía y que por lo demás muestra un suelo totalmente diferente al que había.



Figura 11. Mapa comparativo posidonia, mas error de datos del mapa 2022 junto a la ubicación del emisario.

Otro ejemplo, son estos pequeños parches de *Cymodocea nodosa* que se encontraron en el sector de pradera de *Posidonia*, la cartografía entregada en el 2022 en esta área no especifica a esta fanerógama en ninguno de los mapas analizados con anterioridad y sí que se apreció una comunidad bentónica interesante para su análisis en el momento de avistamiento.

También en la mancha pequeña que se aprecia al este del emisario en la Figura 10, parche B, se puede ver una salida o una vieja construcción del tubo del emisario o de alguna saladora, (Figura 12) en la que no se observaba presencia de mantención alguna además de presenciar un ancla de fondeo al costado de la posidonia en lo que podría haber sido hace unos años extensión de esta misma.

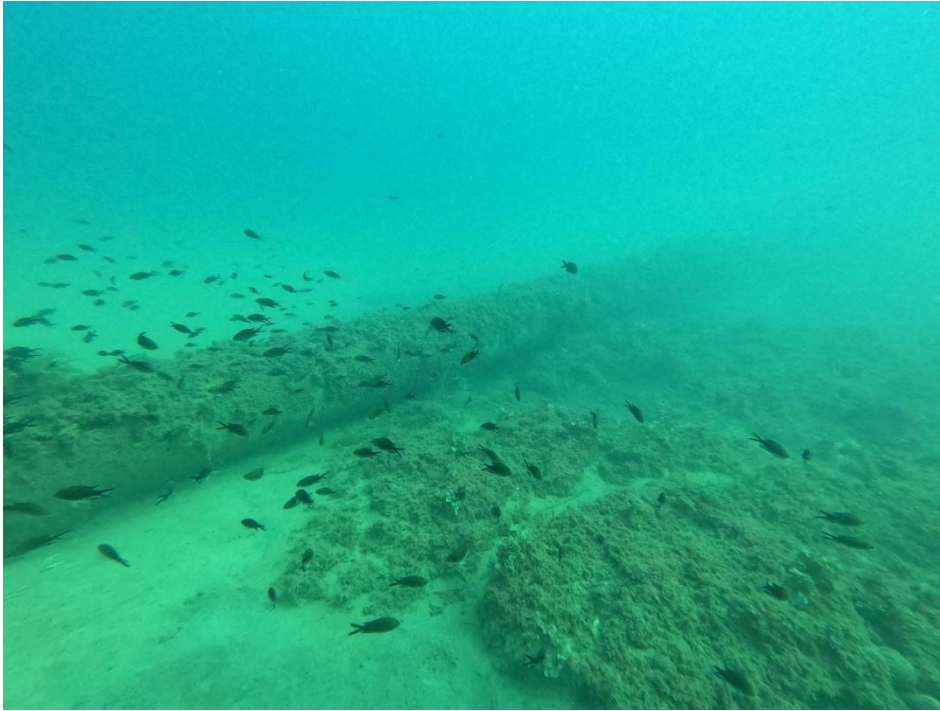


Figura 12. Posible emisario o ex emisario de la bahía.

Al analizar el tubo del posible emisario (*Figura 12*), también se estudió el estado del fondo oceánico, observando la presencia de algas epífitas y evaluando el estado de la *Posidonia oceánica* y los cambios en el suelo. Aunque el emisario esté discontinuado, probablemente sigue liberando nutrientes, lo que contribuye a la eutrofización, favoreciendo el crecimiento de algas que compiten con la *Posidonia*, por lo que la debilita. La eutrofización ha generado un ambiente más atractivo para los peces, pero en un ecosistema alterado (*Figura 13*) por lo que, la pradera de la fanerógama en suelos tanto arenosos como los de coralígeno se encuentran degradados, por lo que se presencia sedimentación excesiva, limitando su crecimiento y aumentando la vulnerabilidad a la erosión, también analizando el piso del suelo donde se posa la pradera marina junto a su estado, se aprecia el estrés sufrido lo que puede tener dos posibles conclusiones inmediatas Uno, que la posidonia este degrada por el momento en el que se realizó el muestro (época final estival), Dos el sector efectivamente es afectado por el tubo que se presencia en la figura 12 (*Las figuras 12,13 y 14* son de la misma mancha de *Posidonia*).

En conjunto, esto ha logrado la presencia de ecosistema con alta densidad de peces, pero con una salud ambiental deteriorada.



Figura 13. *Posidonia Oceánica deteriorada*



Figura 14. *Posidonia Oceánica deteriorada con presencia de fauna marina*

En cuanto a la salud ecológica de la *Posidonia oceánica* se pueden realizar varias medidas, como contar la densidad de haces foliares, analizar la longitud de las hojas, estudiar la cobertura y la biomasa total, índices o avistamiento de algas epífitas. Si bien en el desarrollo de este estudio se trataron de incorporar todas las técnicas (Pergent et al., 1995), por temas de costos y tiempo solo se logró de manera sistemática el conteo

de haces, y en todos los casos y el avistamiento de algas epífitas en las manchas que fuera posible.

Observaciones

La zona donde se localiza el tubo de origen indeterminado presenta la menor densidad de haces en el parche B de la *Figura 10*, con 131 haces/m², lo que la convierte en el área más degradada de este estudio. Esta región muestra suelos significativamente alterados y está expuesta a mayores niveles de contaminación, no solo debido a la actividad antrópica, cuyo origen no fue claramente identificado, sino también por su proximidad a la salida original del emisario de la depuradora de la bahía.

En contraste, según lo indicado en la tabla 2, la actividad turística en los primeros metros del piso meso e infralitoral no parece generar un daño considerable para el ecosistema de Xàbia. Al analizar la relación entre la cantidad de haces y la profundidad, se observa que el movimiento antropogénico no es el principal responsable de la degradación, o al menos la densidad de haces/m² sugiere una mayor tolerancia en comparación con las zonas cercanas al emisario.

Siguiendo esta línea cabe recordar que una pradera por debajo de los 250 haces/m² implica una degradación alta, lo que nos indica el impacto negativo que ya presenciamos en las costas de la Generalitat Valenciana. Por ende, la gráfica muestra cómo la densidad de haces disminuye en ciertas áreas, lo que sugiere un mayor impacto en zonas cercanas al emisario submarino o con condiciones menos favorables para el crecimiento de la vegetación.

Es fundamental señalar que la delimitación de la pradera de *Posidonia oceánica* no se completó en su totalidad, como se había previsto inicialmente, lo que nos deja sin una cifra precisa sobre el porcentaje que abarca en la bahía, un dato de gran relevancia. Esta información es esencial, ya que la biodiversidad que estas praderas contienen debería ser una prioridad para las autoridades competentes. Las fanerógamas marinas, son el resultado de la evolución de antiguas praderas terrestres, poseen un origen único y son extremadamente sensibles tanto a la dinámica marina como a la actividad humana. Por

ello, considerando el potencial ecosistémico de estas aguas, es urgente que esta situación alerte no solo a las autoridades, sino también a los habitantes y turistas y en un entorno de educación ambiental.

Análisis del Piso Mesolitoral e Infralitoral de la Bahía:

En el análisis de ambos pisos se pudo visualizar un patrón en las diferentes zonas analizadas, para esto se construyó una imagen según las diferentes macroalgas avistadas y en qué sector del piso meso/infra litoral estaban. Para desarrollar esta metodología se analizaron puntos estratégicos según salidas, actividades antropogénicas y sectores de menor impacto de los sectores tanto como del primer y segundo montañar además de la caleta de Dins. En la Figura 12 se puede apreciar según como se describe en los “*puntos de muestreo*” las zonas escogidas para realizar este muestro.

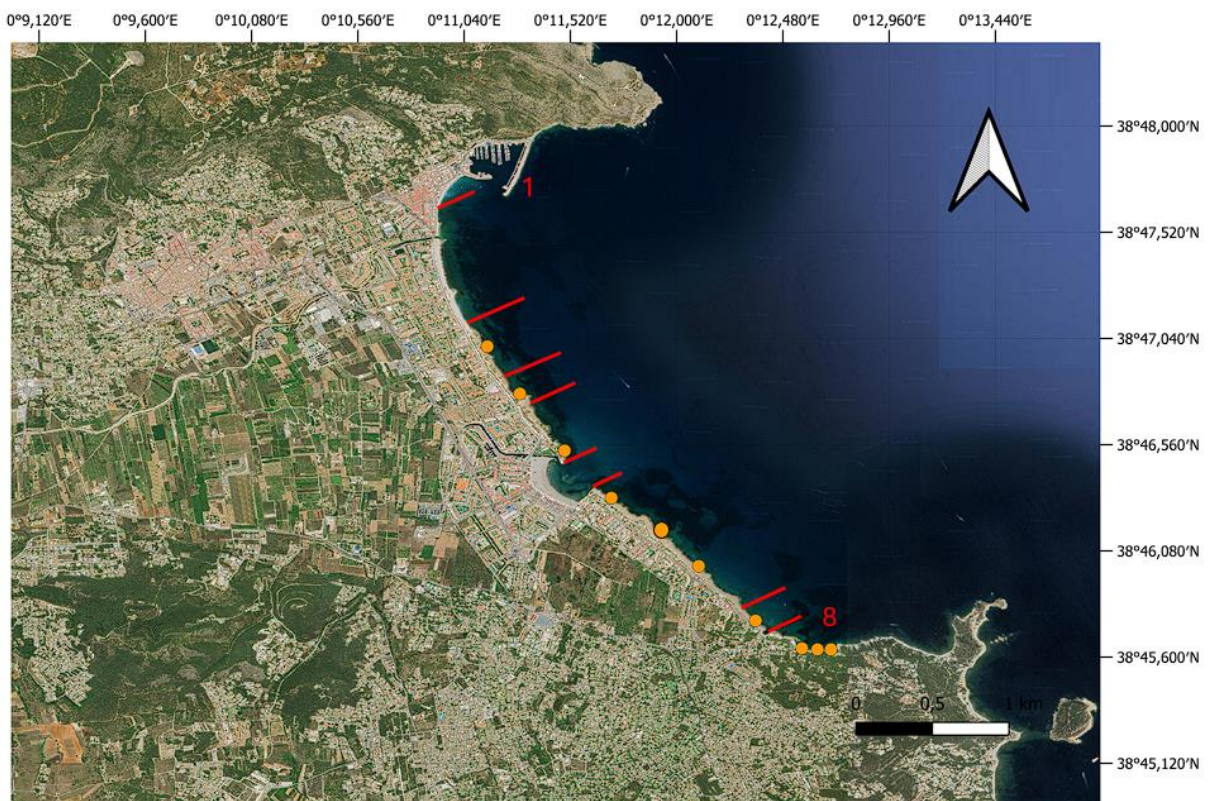


Figura 15. Mapa de transectos y puntos, elaboración propia con Qgis y Google Earth.

Tras haber realizado 10 puntos de muestreo, se identificaron varias especies. Como se mencionó anteriormente, después de reconocer, clasificar y confirmar cada una a nivel taxonómico, se elaboró una lista con las especies más comunes en estos 10 sectores estudiados.

Piso Mesolitoral	Entre los dos pisos	Piso Infralitoral
Ulva Lactuca	Ulva rígida	Cutleria chilosa
Ericaria selaginoides	Treptacantha algeriensis	Ellisolandia elongata
Ulva Pseudolinza	Laurencia obtusa	Laurencia dendroidea
Treptacantha algeriensis	Laurencia dendroidea	Ellisolandia elongata
Cladophora Lehmanniana	Jania virgata	Laurencia pyramidalis
Ulva Rigida	Ellisolandia elongata	Halopteris Scoparia
Ericaria mediterranea	Laurencia pyramidalis	
Blidingia Mínima		
Palisada Tenerrina		
Ulva Clathrata agardhiana		

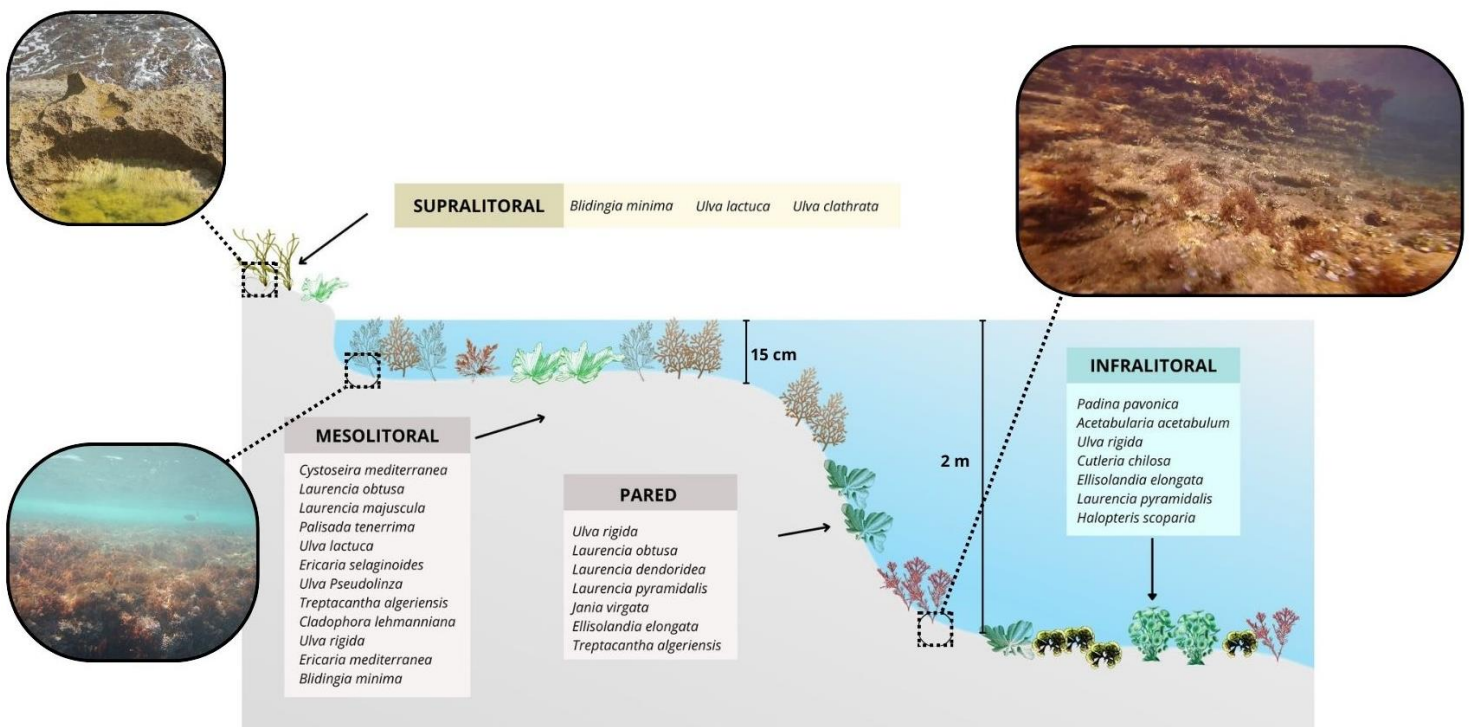


Figura 16. imagen de los niveles litorales con las especies avistada en cada nivel, Elaboración propia.

La representación gráfica de los pisos supra, meso e infralitoral proporciona, por primera vez, una imagen integral y detallada de lo que se puede esperar en estos sectores de la bahía. Este enfoque visual permite no solo una mejor comprensión de la distribución espacial, sino también una apreciación más clara de los diferentes hábitats marinos presentes en cada uno de estos pisos. El análisis generalizado de las especies de algas fotófilas en la bahía de Xàbia revela información clave sobre la calidad del agua y el estado de salud actual de estos ecosistemas.

A través de este estudio, se puede relacionar la composición de las especies presentes con el nivel de eutrofización o de contaminación existente en las aguas costeras. La presencia o ausencia de ciertas especies es indicativa de las condiciones ambientales, dado que algunas algas son más tolerantes a la contaminación y al exceso de nutrientes que otras. Por tanto, el tipo y la distribución de las algas observadas actúan como bioindicadores del grado de impacto antrópico y de las posibles alteraciones en la calidad del agua. Este enfoque integrado resulta esencial para evaluar y monitorear la evolución de los ecosistemas marinos, proporcionando una base sólida para futuras acciones de conservación y gestión ambiental en la bahía.

Transectos y abundancia en la bahía:

Luego de haber realizado 8 transectos estratégicos en la costa de Xàbia, se obtuvieron diferentes datos de toda la vegetación submarina presente en la bahía. Este análisis se representa en la tabla 4. Decimos que los puntos escogidos son estratégicos por el contexto del presente estudio y de la bahía, como se puede apreciar en la Figura 15, se tiene 8 líneas perpendiculares a la costa ubicadas específicamente al inicio, al final de la bahía para tratar de encerrar estos parámetros y luego en el sector de la playa el arenal con el fin de poder evidenciar como la actividad antropogénica y la eutrofización en sí, si tienen una incidencia en la vegetación submarina de Xàbia. Luego el porque se obtuvo mas muestra en el sector del primer montañar es debido al tiempo que se dio en terreno el que no pudo ser organizado de forma que el estudio fuese más homogéneo en cuanto a sus transectos.

Los resultados obtenidos los podemos apreciar en la siguiente tabla.

ESPECIE	ORDEN	CLASE	PHYLUM	LOCALIZACION	TOLERANCIA
<i>Acetabularia acetabulum</i>	Dasycladales	Ulvophyceae	Chlorophyta	1,7,8	tolera
<i>Asparagopsis taxiformis</i>	Bonnemaisoniales	Florideophyceae	Rhodophyta	2,4,6,7	tolera
<i>Bonnemaisonia asparagoides</i>	Bonnemaisoniales	Florideophyceae	Rhodophyta	7	tolera
<i>Caulerpa prolifera</i>	Bryopsidales	Ulvophyceae	Chlorophyta	3	muy tolerante
<i>Cladophora albida</i>	Cladophorales	Ulvophyceae	Chlorophyta	1,8	muy tolerante
<i>Cladophora coelothrix</i>	Cladophorales	Ulvophyceae	Chlorophyta	2, 3, 4, 5	tolera
<i>Cladophora laetevirens</i>	Cladophorales	Ulvophyceae	Chlorophyta	11	tolera
<i>Cladophora prolifera</i>	Cladophorales	Ulvophyceae	Chlorophyta	17	muy tolerante
<i>Cladostephus spongiosus</i>	Sphacelariales	Phaeophyceae	Ochrophyta	1,18	tolera
<i>Cymodocea nodosa</i>	Alismatales	Magnoliopsida	Tracheophyta	5,7,8,10	tolera
<i>Cystoseira sp.</i>	Fucales	Phaeophyceae	Ochrophyta	11	poco tolerante
<i>Derbesia tenuissima</i>	Bryopsidales	Ulvophyceae	Chlorophyta	17	muy tolerante
<i>Dictyota dichotoma</i>	Dictyotales	Phaeophyceae	Ochrophyta	1, 17, 18	tolera
<i>Ellisolandia elongata (Corallina elongata)</i>	Corallinales	Florideophyceae	Rhodophyta	5,8	muy tolerante
<i>Halopteris scoparia</i>	Sphacelariales	Phaeophyceae	Ochrophyta	1, 5,8,10, 17	tolera
<i>Jania rubens</i>	Corallinales	Florideophyceae	Rhodophyta	17	tolera
<i>Jania virgata (Haliptilon virgatum)</i>	Corallinales	Florideophyceae	Rhodophyta	17	tolera
<i>Laurencia obtusa</i>	Ceramiales	Florideophyceae	Rhodophyta	17	tolera
<i>Padina pavonica</i>	Dictyotales	Phaeophyceae	Ochrophyta	1,5, 7,8, 11,17,18	tolera
<i>Palisada perforata</i>	Ceramiales	Florideophyceae	Rhodophyta	18	tolera
<i>Posidonia oceanica</i>	Alismatales	Magnoliopsida	Tracheophyta	5,7,8,10, 17	poco tolerante

Tabla 4. tabla vegetación submarina de la Bahía avistada en los transectos.

El producto obtenido de los transectos realizado nos dice que las algas *Padina pavonica* y *Halopteris scoparia* son las más abundantes o comunes de la Bahía. Por otra parte, la aparición de las fanerógamas avistadas son un tanto menor de la esperada lo que podría ser otro indicador de la salud de este ecosistema, siguiendo esta línea la tolerancia de las algas avistadas es de un promedio de tolerancia al estrés, pero con casos como la *Cymodocea nodosa* la cual no tiene una proyección sostenible en el ecosistema.

5. Discusión

El estado biológico de la bahía de Xàbia, especialmente en lo que respecta a la conservación de la *Posidonia oceánica* y las comunidades de macroalgas, está claramente influenciado por múltiples factores, entre los cuales la actividad antrópica desempeña un papel central. El análisis comparativo de los mapas de *Posidonia oceánica* revela una ligera pero preocupante reducción en su extensión, lo que sugiere que las praderas de esta fanerógama están experimentando una regresión. Este fenómeno podría estar vinculado a la presión humana, incluyendo la contaminación, el aumento de la actividad náutica y la urbanización costera (Pinturier-Geiss et al., 2002). Estos factores, a su vez, afectan negativamente a la calidad del agua, incrementando la vulnerabilidad de este hábitat marino.

Además, se identificaron signos claros de eutrofización en la bahía, evidenciados por la presencia de especies como las ulvas y otras algas que proliferan en condiciones de exceso de nutrientes (Pinturier-Geiss et al., 2002). Este fenómeno es indicativo de un desequilibrio en el ecosistema, posiblemente causado por aportes de nutrientes derivados de actividades humanas, como los vertidos de aguas residuales y la escorrentía agrícola. La eutrofización no solo compromete la biodiversidad al favorecer el crecimiento desmedido de ciertas algas, sino que también puede ejercer presión adicional sobre las praderas de Posidonia, alterando las condiciones óptimas para su desarrollo y supervivencia (Pinturier-Geiss et al., 2002).

Por otro lado, como se aprecia en la Figura 12 se puede observar cómo el sector alrededor del tubo está degradado, dejando un suelo en condiciones de mayor estrés. Cabe recalcar que el aledaño a este sector se posicionaba la mancha de posidonia la que fue dentro de todas las manchas analizadas la más degradada, con peores condiciones además de tener la menor cantidad de haces (131 m²).

El levantamiento y registro de las especies de macroalgas presentes en la bahía de Xàbia es un avance significativo, ya que proporciona una base de datos que no existía previamente y con esta metodología. Este nuevo registro de la biodiversidad algal ofrece una herramienta valiosa para futuros estudios, permitiendo un seguimiento más

riguroso de los cambios en las comunidades bentónicas y contribuyendo a una mejor comprensión de la dinámica del ecosistema marino local. Además de incorporar un mapeo del sector de la bahía donde vemos ciertas especies y en piso litoral

Finalmente, la actualización del porcentaje total de *Posidonia oceánica* en la bahía confirma la necesidad de mantener un monitoreo constante de estas praderas. Este nuevo registro no solo actualiza la información existente, sino que también subraya la importancia de adoptar medidas de conservación más efectivas. La *Posidonia oceánica* es un indicador clave de la salud del ecosistema marino y su protección es fundamental para la estabilidad ecológica de la bahía. Por lo tanto, los resultados obtenidos en este estudio deberían servir como una llamada de atención para reforzar las estrategias de gestión ambiental en Xàbia, asegurando la preservación de sus valiosos recursos marinos para las generaciones futuras.

La evaluación de la densidad de las praderas de *Posidonia oceánica* en la bahía de Xàbia ha revelado que, si bien no se encuentran en un estado crítico, tampoco pueden considerarse vigorosas en comparación con otras áreas del Mediterráneo. Estudios previos sugieren que densidades superiores a 400 haces/m² son indicativas de praderas saludables (Terrados & Medina-Pons, 2008). En zonas protegidas, como las Islas Baleares, se han registrado densidades cercanas a los 1,000 haces/m² (IEO;(Boudouresque et al., 2016), lo que demuestra un estado vigoroso. De manera similar, en el mar Balear y Alicante, se reportan densidades que oscilan entre 600 y 1,000 haces/m² (Blanco Murillo, 2018)

La constatación de una densidad inferior en la bahía de Xàbia subraya la necesidad de estrategias de conservación más efectivas. Se sugiere la replantación en áreas con menor densidad para frenar la regresión de estas praderas. No obstante, es importante señalar que la introducción de *Posidonia* en áreas donde no ha estado presente históricamente no es recomendable debido a la complejidad de factores ambientales y los elevados costos asociados a la investigación y mantenimiento.

Comparando con otros estudios como los realizados en Cataluña entre 1982 y 1999 por (Pinedo et al., 2013) se logran demostrar una mejora en la calidad del agua, reflejando una reducción de las algas verdes, indicadoras de eutrofización. Sin embargo, esta

mejora no produjo como resultado una recuperación de las especies de alta calidad ambiental, como *Cystoseira mediterránea*, y a su vez especies como *Ellisolandia elongata* (especie más resistente al estrés), se volvieron dominantes, lo que nos sugiere que las restauraciones de estos tipo de vegetación submarina natural como las praderas marinas podrían requerir intervenciones activas y proyectos de restauración con observaciones constantes.

Para la replantación, se recomienda aprovechar fragmentos de praderas desprendidos durante tormentas o temporales, aprovechando la capacidad de reproducción asexual de la especie. Cualquier iniciativa de restauración debe ir acompañada de un seguimiento constante y actualización (Segar & Stamman, 1986) del estado de las praderas para optimizar su gestión y minimizar la presión antropogénica que afecta su conservación. Un monitoreo periódico permitirá comprender mejor el crecimiento de las praderas y ajustar las estrategias de gestión para asegurar su preservación a largo plazo.

6. Conclusión

El análisis de la bahía de Xàbia ha revelado cómo la actividad antrópica ha impactado negativamente en la conservación de la Posidonia oceánica y las comunidades de macroalgas, elementos clave de la biodiversidad marina local. La ligera pero significativa reducción de la Posidonia, junto con la detección de procesos de eutrofización, subraya la vulnerabilidad del ecosistema frente a la contaminación, la actividad náutica y la urbanización.

Este estudio ha permitido no solo documentar la regresión de las praderas de Posidonia, sino también destacar la necesidad de implementar estrategias de conservación más efectivas. La densidad de las praderas en Xàbia es inferior a la observada en otras áreas del Mediterráneo, como las Islas Baleares, Formentera, el sur de bahía, entre otras. En comparación, la costa Xàbia muestra una densidad menor, lo que sugiere que estas praderas no se encuentran en su mejor estado.

El establecimiento de un registro actualizado de la biodiversidad algal y de la Posidonia en la bahía representa un avance significativo. Este nuevo registro ofrece una base sólida para futuras investigaciones y proporciona datos cruciales para el seguimiento de la evolución del ecosistema. Es fundamental que cualquier esfuerzo de restauración, como la replantación de Posidonia, se realice de manera estratégica y con un monitoreo continuo ya que existen diversos programas que han fracasado por no llevarlo de esta manera (Karydis & Kitsiou, 2013) al igual que su vigilancia y evaluación esporádica (Backer et al., 2010), aprovechando fragmentos desprendidos de praderas tras tormentas para maximizar la eficacia de la recuperación. Por otra parte, este tipo de gestión nos llevara a comprender de mejor manera los procesos a los que están expuestos tanto fanerógamas como algas para así evitar el deterioro marino (Douvere & Ehler, 2011)

La gestión sostenible de estos recursos marinos debe convertirse en una prioridad, integrándose en políticas ambientales que mitiguen los impactos negativos de la actividad humana. Solo a través de un enfoque proactivo y adaptativo será posible

asegurar la preservación de las praderas de Posidonia u otras fanerógamas y, con ello, la estabilidad ecológica de la bahía de Xàbia.

Este estudio no solo contribuye al conocimiento científico de la región, sino que también sirve como un llamado a la acción para proteger un ecosistema que, aunque amenazado, sigue siendo vital para la biodiversidad y la salud ambiental del Mediterráneo.

Líneas futuras

A partir de los resultados obtenidos y de las conclusiones alcanzadas en este estudio, se hace evidente la necesidad de continuar investigando los factores que contribuyen al deterioro del ecosistema marino en la bahía de Xàbia. El continuo miento de la metodología de este estudio permitirá una mejor comprensión de la situación ecosistémica presente.

Las futuras líneas de investigación se centrarán en abordar de manera más profunda los impactos de la actividad humana, así como en el desarrollo de estrategias efectivas para la conservación y restauración de las praderas de Posidonia y las comunidades de macroalgas. Estos enfoques permitirán no solo monitorear el estado de salud del ecosistema, sino también mejorar las prácticas de gestión ambiental en la región, con miras a revertir la degradación observada y promover la sostenibilidad a largo plazo.

- i. Retomar el trabajo de delimitación de fanerógamas actual, con el fin de cartografiar de manera completa los parches de *Cymodocea nodosa*, *Posidonia oceánica* y *Zostera noltoi*.
- ii. Realizar análisis químicos de la calidad del agua de con el objetivo de comparar la calidad de diferentes épocas del año enfocado en el aumento demográfico que se produce en verano tanto en la salida del emisario, como en el canal de la Fontana y el río Gorgos.
- iii. Determinar la capacidad de la depuradora y calcular su estado en los meses de menor movimiento demográfico.
- iv. Estudiar las mejores opciones para controlar el exceso de nutrientes que puede expulsar la estación depuradora de aguas residuales.
- v. i. Realizar controles periódicos en los meses estivales sobre el catastro de macroalgas en el piso meso e infra litoral de la bahía.
- vi. Evaluar de diferentes formas el estado de salud de las fanerógamas marinas de la bahía de Xàbia.

Bibliografía

- Alcoverro, T., Manzanera, M., & Romero, J. (2000). Nutrient mass balance of the seagrass *Posidonia oceanica*: the importance of nutrient retranslocation. *Marine Ecology Progress Series*, 194, 13–21.
- Área de distribución de *Posidonia oceanica*. (2019). <https://ideib.caib.es/posidonia/>
- Backer, H., Leppänen, J.-M., Brusendorff, A. C., Forsius, K., Stankiewicz, M., Mehtonen, J., Pyhälä, M., Laamanen, M., Paulomäki, H., Vlasov, N., & Haaranen, T. (2010). HELCOM Baltic Sea Action Plan – A regional programme of measures for the marine environment based on the Ecosystem Approach. *Marine Pollution Bulletin*, 60(5), 642–649. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2009.11.016>
- Betti, M., Boisson, F., Eriksson, M., Tolosa, I., & Vasileva, E. (2011). Isotope analysis for marine environmental studies. In *International Journal of Mass Spectrometry* (Vol. 307, Issues 1–3, pp. 192–199). <https://doi.org/10.1016/j.ijms.2011.03.008>
- Blanco Murillo, F. (2018a). *Evolución y estado actual de las praderas de Posidonia oceanica (L.) Delile en la provincia de Alicante (Mediterráneo occidental)*.
- Blanco Murillo, F. (2018b). *Evolución y estado actual de las praderas de Posidonia oceanica (L.) Delile en la provincia de Alicante (Mediterráneo occidental)*.
- Boudouresque, C. F., Pergent, G., Pergent-Martini, C., Ruitton, S., Thibaut, T., & Verlaque, M. (2016). The necromass of the *Posidonia oceanica* seagrass meadow: fate, role, ecosystem services and vulnerability. *Hydrobiologia*, 781, 25–42.
- Cantó Casanova, M. (2023). *Evaluación de la dinámica temporal de la cobertura de Posidonia oceanica en la Reserva Marina de Tabarca mediante ortofotos*.
- Cormaci, M., Furnari, G., & Alongi, G. (2021). Flora marina bentónica del Mediterráneo: Rhodophyta—Rhodymeniophycidae II. Halymeniales, Nemastomatales, Peyssonneliales, Plocamiales, Rhodymeniales, Sebdeniales. *Boll. Accad. Gioenia Sci. Nat. Catania*, 54, 9–342.
- Cubells, F., Funcional De La, Á., & Alta, M. (2010). *DIRECCIÓN GENERAL DE TERRITORIO Y PAISAJE*.
- Douvere, F., & Ehler, C. N. (2011). The importance of monitoring and evaluation in adaptive maritime spatial planning. *Journal of Coastal Conservation*, 15, 305–311.
- English, S., Wilkinson, C., & Baker ADI, V. (1994). *SURVEY MANUAL FOR TROPICAL MARINE RESOURCES 2nd Edition*.
- Gallego, C. Z. (2013). *Crecimiento urbanístico en la zona costera de la Comunidad Valenciana (1987-2009): análisis y perspectivas de futuro* (Vol. 12). Universitat de València.
- Gimenez-Casaldueiro, F., & Gomariz Castillo, F. J. (2012). *La biodiversidad marina en la Región de Murcia*.

- Guillén, J. E., Lizaso, J. L. S., Jiménez, S., Martínez, J., Codina, A., Montero, M., Triviño, A., Soler, G., & Zubcoff, J. J. (2013). Evolution of *Posidonia oceanica* seagrass meadows and its implications for management. *Journal of Sea Research*, 83, 65–71.
- Habti Barrouho, E. (2019). *FRENTES MARÍTIMOS URBANOS CASO DE ESTUDIO : XÀBIA*.
- Jódar-Abellán, A., & Molina, A. (2019). *El Plan de Acción Territorial de la Infraestructura Verde del Litoral (PATIVEL) de la Comunidad Valenciana (España)*.
- Karydis, M. (1996). *QUANTITATIVE ASSESSMENT OF EUTROPHICATION: A SCORING SYSTEM FOR CHARACTERISING WATER QUALITY IN COASTAL MARINE ECOSYSTEMS*.
- Karydis, M., & Kitsiou, D. (2013a). Marine water quality monitoring: A review. In *Marine Pollution Bulletin* (Vol. 77, Issues 1–2, pp. 23–36). <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.09.012>
- Karydis, M., & Kitsiou, D. (2013b). Marine water quality monitoring: A review. In *Marine Pollution Bulletin* (Vol. 77, Issues 1–2, pp. 23–36). <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.09.012>
- LA MARINA PLAZA. (2024, August 7). Un vertido de aguas fecales en La Fontana desata la alarma en Xàbia. *LA MARINA PLAZA*.
- Llorens-Esrich, S., Tamarit, E., Hernandis, S., Sánchez-Carnero, N., Rodilla, M., Pérez-Arjona, I., Moszynski, M., Puig-Pons, V., Tena-Medialdea, J., & Espinosa, V. (2021). Vertical configuration of a side scan sonar for the monitoring of *Posidonia oceanica* meadows. *Journal of Marine Science and Engineering*, 9(12). <https://doi.org/10.3390/jmse9121332>
- Mederos-Barrera, A., Albors Zumel, L., Martínez, G., Marcello Ruiz, J., Eugenio González, F., & Marqués Acosta, F. (2024). Generación de mapas de comunidades y hábitats bentónicos mediante el modelo Deep Learning U-Net utilizando imágenes satelitales multiespectrales de muy alta resolución. *XX Congreso de La Asociación Española de Teledetección. Teledetección y Cambio Global: Retos y Oportunidades Para Un Crecimiento Azul: Libro de Actas*, 761–764.
- MITECO. (2019). *ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL*.
- Navas-Camacho, R. (2012). Técnicas para el desarrollo del Sistema Nacional de Monitoreo de Arrecifes Coralinos en Colombia–SIMAC. *BUCEO CIENTÍFICO*, 111.
- Ochoa-Zuluaga, G. I. (2019). Influencias del turismo global sobre el territorio amazónico. *Bitácora Urbano Territorial*, 29(2), 127–134.
- Pereira, D. G., García, M. J. L., Gomez, J. D., Ilazarri, A. M., & Perez, M. C. (2022). *Cartografía de Posidonia oceanica a partir de imágenes de Sentinel-2. Aplicación en la costa de Jávea (Alicante)*.
- Pergent, G., Pergent-Martini, C., & Boudouresque, C.-F. (1995). Utilisation de l'herbier à *Posidonia oceanica* comme indicateur biologique de la qualité du milieu littoral en Méditerranée: état des connaissances. *Mésogée (Marseille)*, 54, 3–27.

- Pinedo, S., Zabala, M., & Ballesteros, E. (2013). Long-term changes in sublittoral macroalgal assemblages related to water quality improvement. *Botanica Marina*, 56(5–6), 461–469. <https://doi.org/10.1515/bot-2013-0018>
- Pinturier-Geiss, L., Méjanelle, L., Dale, B., & Karlsen, D. A. (2002a). Lipids as indicators of eutrophication in marine coastal sediments. In *Journal of Microbiological Methods* (Vol. 48). www.elsevier.com/locate/jmicmeth
- Pinturier-Geiss, L., Méjanelle, L., Dale, B., & Karlsen, D. A. (2002b). Lipids as indicators of eutrophication in marine coastal sediments. In *Journal of Microbiological Methods* (Vol. 48). www.elsevier.com/locate/jmicmeth
- Roca, L. O., Troncoso, E. V., & González, A. S. (2003). Efectos de un vertido de aguas residuales sobre una comunidad bentónica del litoral de Telde, NE de Gran Canaria (Islas Canarias). *Vieraea*, 31, 253–266.
- Rodilla, D. M., Ignacio, A. D., & Estevan, S. (2011). UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA “Evaluación Medioambiental del Río Gorgos a su Paso por el Área de Amortiguación de Impactos del Parc Natural del Montgó” TRABAJO FINAL DE CARRERA.
- Rodríguez, J., & Ruíz, J. (2010). Conservación y protección de ecosistemas marinos: conceptos, herramientas y ejemplos de actuaciones. *Ecosistemas*, 19(2).
- Romero, J., Pérez, M., Renom, P., Invers, O., Mateo, M. A., Tomás, F., Manzanera, M., & De Pedro, X. (n.d.). SEGUIMIENTO DE LA PRADERA DE *Posidonia oceanica* DE LAS ISLAS MEDES. EJERCICIO DE 1999.
- SALGADO-BERNAL, I., DURÁN-DOMÍNGUEZ, C., CRUZ-ARIAS, M., CARBALLO-VALDÉS, M. E., & MARTÍNEZ-SARDIÑAS, A. (2012). Bacterias rizosféricas con potencialidades fisiológicas para eliminar materia orgánica de aguas residuales. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 28(1), 17–26.
- Segar, D. A., & Stamman, E. (1986). A strategy for design of marine pollution monitoring studies. *Water Science and Technology*, 18(4–5), 15–26.
- Terrados, J., & Medina-Pons, F. J. (2008). *Epiphyte load on the seagrass Posidonia oceanica (L.) Delile does not indicate anthropogenic nutrient loading in Cabrera Archipelago National Park (Balearic Islands, Western Mediterranean)*.
- Tuya, F., Fernández-Torquemada, Y., Zarcero, J., del Pilar-Ruso, Y., Csenteri, I., Espino, F., Manent, P., Curbelo, L., Antich, A., & de la Ossa, J. A. (2019). Biogeographical scenarios modulate seagrass resistance to small-scale perturbations. *Journal of Ecology*, 107(3), 1263–1275.

Objetivos de Desarrollo Sostenibles	Alto	Medio	Bajo	No Procede
ODS 1. Fin de la pobreza.				
ODS 2. Hambre cero.				
ODS 3. Salud y bienestar.				
ODS 4. Educación de calidad.				
ODS 5. Igualdad de género.				
ODS 6. Agua limpia y saneamiento.				
ODS 7. Energía asequible y no contaminante.				
ODS 8. Trabajo decente y crecimiento económico.				
ODS 9. Industria, innovación e infraestructuras.				
ODS 10. Reducción de las desigualdades.				
ODS 11. Ciudades y comunidades sostenibles.		X		
ODS 12. Producción y consumo responsables.				
ODS 13. Acción por el clima.		X		
ODS 14. Vida submarina.	X			
ODS 15. Vida de ecosistemas terrestres.				
ODS 16. Paz, justicia e instituciones sólidas.				
ODS 17. Alianzas para lograr objetivos.				

En cuanto a la relación de las ODS, de manera mas concreta, la numero 14 es la más relacionada por encima de todo. La vida submarina sufre las consecuencias como el sumidero universal de toda la actividad humana, tratar este medio de manera tan inconsecuente va a ser el resultado mas cercano e urgente de tratar en los próximos años.

Las ODS escogidas fueron las escogidas por las siguientes razones;

ODS 11: Ciudades y comunidades sostenibles, El aumento turístico en la bahía de Xabia y los vertidos urbanos han dañado este ecosistema, hacer las ciudades mas sostenibles mejorando la gestión de los residuos es una tarea tanto del ayuntamiento como del turismo.

ODS 13: Acción por el clima

Los cambios en las praderas de *Posidonia* en bahía reflejan problemas ambientales que podrían estar conectados al cambio climático. Actuar ahora para proteger estos ecosistemas es crucial para enfrentar los efectos del clima y el daño antropogénico.

ODS 14: Vida submarina

Las praderas marinas de Xàbia se podrían decir que en el largo plazo van en regresión, y son esenciales para la vida en el mar. Protegerlas es clave para cuidar nuestros océanos y la biodiversidad que albergan.