

Equilibrio entre la náutica y la conservación marina

Puerto de Mataró como caso de estudio

Nombre del estudiante: Laura Calero González

Nombre del tutor: Dr. Jesús E. Martínez Marín

09 de junio de 2024

MEMORIA DEL TRABAJO FINAL DE GRADO

Curso: 2023-2024

Estudios: Grado en Logística y Negocios Marítimos

¿Por qué casi todos los chicos sanos y fuertes, con un alma sana y fuerte, un momento u otro se vuelven locos por ir al mar? ¿Por qué durante su primer viaje como pasajeros sintieron aquel tipo de vibración mística cuando le dijeron por primera vez que el barco ya estaba lejos de la vista de la tierra? ¿Por qué los antiguos persas consideraban sagrada al mar? ¿Por qué los griegos le dieron una particular divinidad, y precisamente un hermano de Júpiter? Seguramente todas estas cosas tienen sentido. Y aún es más profundo el significado de la historia de Narciso, quien, al no poder atrapar la dulce imagen atormentadora que vio en la fuente, se echó y se ahogó. Esta misma imagen la vemos nosotros en todos los ríos y en los océanos: es la imagen del fantasma inalcanzable de la vida; y esto es la clave de todo.

"Moby Dick". Herman Melville

"Le seul véritable espoir de l'homme est la mer"

Jacques Custeau (1954)

Agradecimientos

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que han contribuido de alguna manera a la realización de este Trabajo Final de Grado. En primer lugar, a mi familia por su inquebrantable apoyo, paciencia y motivación durante todo este proceso. Su aliento y amor incondicional han sido fundamentales para mí en cada paso del camino.

En segundo lugar, a mi tutor de tesis, el Dr. Jesús E. Martínez Marín y a la Dra. Rosana Salama Benazar como tutora provisional, por sus orientaciones expertas, apoyo constante y sus valiosas sugerencias que han enriquecido este proyecto.

Asimismo, deseo reconocer y agradecer a todas las personas que han colaborado y brindado su ayuda en la investigación, ya sea aportando datos, compartiendo su experiencia o brindando su tiempo y disposición para entrevistas y reuniones.

Finalmente, agradezco a Dios, por la sabiduría y la oportunidad de ver cada día lo hermoso que es este planeta.

Abstracto

El océano abarca una gran parte de la superficie terrestre y desempeña un papel crucial en la regulación del clima global y en la sustentación de la vida. Sin embargo, se enfrenta a amenazas significativas debido a la actividad humana y el cambio climático. El transporte marítimo, aunque es vital para la economía global, también contribuye a esta contaminación y a la alteración de ecosistemas. Por tanto, la necesidad de equilibrar los intereses económicos con la conservación ambiental se vuelve crucial en la próxima década. En este contexto, el estudio del impacto ambiental de la actividad náutica en los entornos portuarios de Mataró se justifica como un paso hacia la preservación del medio ambiente marino, reflejando la responsabilidad de proteger nuestro planeta y la conexión personal con la ciudad natal.

Abstracte

L'oceà abasta una gran part de la superfície terrestre i exerceix un paper crucial en la regulació del clima global i en la sustentació de la vida. Tot i això, s'enfronta a amenaces significatives a causa de l'activitat humana i el canvi climàtic. El transport marítim, encara que és vital per a l'economia global, contribueix també a aquesta contaminació i a l'alteració d'ecosistemes. Per tant, la necessitat d'equilibrar els interessos econòmics amb la conservació ambiental esdevé crucial en la propera dècada. En aquest context, l'estudi de l'impacte ambiental de l'activitat nàutica en els entorns portuaris de Mataró es justifica com un pas cap a la preservació del medi ambient marí, reflectint la responsabilitat de protegir el nostre planeta i la connexió personal amb la ciutat natal.

Abstract

The ocean covers a large part of the Earth's surface and plays a crucial role in regulating the global climate and supporting life. However, it faces significant threats due to human activity and climate change. Maritime transport, although vital for the global economy, also contributes to this pollution and the alteration of ecosystems. Therefore, the need to balance economic interests with environmental conservation becomes crucial in the next decade. In this context, the study of the environmental impact of nautical activity in the port environments of Mataró is justified as a step towards the preservation of the marine environment, reflecting the responsibility of protecting our planet and the personal connection with the hometown.

Palabras claves

Océano, biodiversidad, recursos oceánicos, servicios ecológicos, posidònia, fanerògames, economía azul, fitoplàncton, ecosistemas, diversidad de vida marina, Objetivos de Desarrollo Sostenible, ODS 14, cambio climático, transporte marítimo, impacto ambiental, actividad náutica, entornos portuarios, nàutica de recreo, fuentes de contaminación, eficacia normativa, preservación del medio ambiente, desarrollo del sector marítimo, gestión ambiental, contaminación del agua, salud pública, alteración de la biodiversidad, Puerto de Mataró, estructura e instalaciones, instrumentos jurídicos, plan de sostenibilidad, medidas de mejora, consciencia ambiental, conservación del mar, equilibrio ecológico y económico.

Índice

1. Introducción	8
2. Marco Teórico	10
2.1. Contaminación del Agua en Entornos Portuarios	10
2.1.1. Definición de Contaminación Marina	10
2.1.2. Fuentes de Contaminación del Agua en Puertos	10
2.1.3. Alteraciones en la biodiversidad acuática	12
2.1.4. Problemas de salud pública y seguridad alimentaria	13
2.2. Puerto de Mataró	14
2.2.1. Estructura, instalaciones y servicios del puerto	14
2.2.2. Datos morfológicos	15
2.4. Marco Normativo y Políticas Ambientales en Puertos	17
2.4.1. Normativa internacional	17
2.4.2. Normativa comunitaria	19
2.4.3. Normativa autonómica	20
2.4.4. Normativa del Puerto de Mataró	22
2.5. Conclusiones marco teórico	23
3. Objetivos e hipótesis	24
4. Metodología	26
5. Resultados	28
5.1. Resultados sobre las fuentes de contaminación	28
5.2. Resultados sobre el impacto ambiental	31
5.3. Resultados sobre el análisis del cumplimiento normativo	43
5.4. Resultados sobre la propuesta de mejora	46
6. Conclusiones	51
7. Referencias	52

Lista de Figuras

Figura 1: Instalaciones y servicios del puerto de Mataró.....	15
Figura 2: Compilació de la flora i fauna de Mataró.....	16
Figura 3: Certificados Puerto de Mataró.....	23
Figura 4: Imágenes de residuos en el puerto de Mataró.....	29
Figura 5: Variables del estudio del impacto ambiental.....	32
Figura 6: Análisis descriptivo de las variables.....	33
Figura 7: Serie temporal de la Temperatura del agua.....	33
Figura 8: Agua del mar. Temperatura media anual en Cataluña. Por meses.....	34
Figura 9: Box plot de la distribución de datos de fitoplancton.....	37
Figura 10: Serie temporal de la Temperatura del fitoplancton.....	37
Figura 11: Coeficiente de correlación de Pearson de las variables de temperatura y fitoplancton.....	38
Figura 12: Datos sobre fanerógamas de la Agencia Catalana de Agua.....	39
Figura 13: Categorías del estado ecológico según el EQR.....	40
Figura 14: Datos sobre microcontaminantes de la ACA.....	42
Figura 15: Listado de contaminantes y niveles genéricos de referencia para protección de la salud humana en función del uso del suelo.....	42
Figura 16: Captura de pantalla de la web de Port Olímpic de Barcelona.....	45
Figura 17: Extracto del Reglamento Interno del Port Olímpic de Barcelona.....	45

1. Introducción

El océano cubre el 71% de la superficie de la Tierra y desempeña un papel fundamental para con el clima global, la biodiversidad y el correcto funcionamiento del planeta (Visbeck, 2018). Los recursos oceánicos proporcionan una amplia gama de servicios y beneficios ecológicos, como la producción de oxígeno, el suministro de alimentos, el almacenamiento de carbono, minerales y recursos genéticos, además de servicios culturales y de soporte vital (Hermanns et al, 2021). Sostiene el 82% de los ecosistemas y una gran diversidad de vida marina (O'Halloran et al., 2022).

Tal es la importancia de conservar los recursos hídricos de la tierra, que las Naciones Unidas en su proyecto de los Objetivos de Desarrollo Sostenible dedica uno en específico a la vida submarina, el ODS 14, que tiene como propósito fundamental la conservación y uso sostenible de los océanos, mares y recursos marinos (Moran, 2024).

Debido a su importancia en la regulación del sistema climático, el océano es altamente vulnerable al cambio climático (Galland et al., 2012). A pesar de su gran tamaño, el mar está amenazado y la actividad humana es la principal fuente de amenaza (Ladringan et al.,2020). Cualquier tipo de actividad económica e industrial tiene un cierto impacto en la naturaleza. Por lo tanto, el establecimiento de un equilibrio entre los intereses económicos y ecológicos será la cuestión más importante de la próxima década para todos los modos de transporte, incluido el transporte marítimo (Trozzi et al., 2000). A pesar de que el transporte marítimo es actualmente necesario para el sistema que rige el planeta, también hay otra realidad sobre este y es su excedente en forma de contaminación por hidrocarburos, restructuración del territorio para crear puertos o la alteración de ecosistemas.

Dado que la contaminación marina es una cuestión amplia y compleja, que afecta a muchos sujetos e implica a muchos agentes, en el siguiente trabajo de final de grado, se va a estudiar en concreto el impacto ambiental de la actividad náutica en los entornos portuarios de Mataró, valorando las fuentes de contaminación y la eficacia normativa.

La justificación de este trabajo se basa en la responsabilidad que tenemos como ciudadanos del mundo de preservar el medio ambiente. Como parte de un sector que influye en la naturaleza, es imperativo investigar y proponer innovaciones para lograr un equilibrio entre el desarrollo del sector marítimo y la conservación del océano. Además, la elección de enfocar este proyecto en el puerto de Mataró, mi ciudad natal, se debe a su cercanía y significancia personal para mí.

El objetivo principal de este proyecto es comprender las fuentes contaminantes de la actividad náutica en el puerto de Mataró, evaluar el impacto ambiental y proponer recomendaciones para mejorar la gestión ambiental en el área portuaria.

Para poder lograr este objetivo, el trabajo se va a dividir en dos grandes bloques principales, un marco teórico y uno práctico. Respecto al marco teórico, a pesar de ser un tema complejo que abarca muchos aspectos, se ha considerado que los aspectos más interesantes a introducir son, por un lado, el entendimiento de la contaminación del agua, por qué y qué la contamina y cuales son las consecuencias, sobretodo a nivel de salud pública y de alteración de la biodiversidad.

Siguiendo con la exposición de los antecedentes, se van a estudiar las características principales del Puerto de Mataró, su estructura e instalaciones y su morfología. Finalmente, se ha considerado oportuno también hacer un análisis de los instrumentos jurídicos vinculantes sobre la lucha contra la contaminación marina, tanto a nivel internacional como nacional y bajo que normativa específica se ampara dicho puerto. Una legislación oportuna y eficaz es una de las herramientas fundamentales disuasorias y concienciadoras.

Todos los puntos anteriormente comentados serán predecesores a la investigación. Esta parte práctica se va a dividir en tres partes: Identificar las fuentes de contaminación del puerto de Mataró, sobretodo aquellas que atañen a la actividad náutica; analizar el impacto ambiental de los contaminantes sobre la calidad del agua y la biodiversidad y finalmente, a partir de los resultados obtenidos, valorar la eficacia de los instrumentos jurídicos expuestos en el marco teórico y ver si son de utilidad y si existen lagunas o antinomias.

Observándose los puntos débiles del plan de sostenibilidad de Mataró, se propondran medidas de mejora mediante la inspiración de proyectos actuales en otros puertos de similiares características.

Con todo esto, destacar que no solo el objetivo es analizar la capacidad ambiental del puerto de Mataró sino también crear consciencia de de la importancia de la conservación del mar y de crear nuevos valores al sector con la finalidad de encontrar una real balanza entre ambos mundos.

2. Marco Teórico

2.1. Contaminación del Agua en Entornos Portuarios

2.1.1. Definición de Contaminación Marina

La contaminación marina se define como la “introducción, directa o indirecta, de sustancias o energéticos en el entorno marino, que resulta en el deterioro de los recursos biológicos, la amenaza para la salud humana, la alteración de actividades marítimas -incluida la pesca- y la disminución del valor recreativo y la calidad del agua marina” (Botello, 2016).

El agua puede ser contaminada de forma natural e incluso en cierta medida los mismos cuerpos de agua naturales tienen la propia capacidad de limpiarse a sí mismos sin ayuda del hombre (Junta de Calidad Ambiental Puerto Rico, 2003). No obstante, el siguiente estudio se centra en la contaminación causada por las actividades humanas y más específicamente las que engloban al sector marítimo.

Desde desechos visibles hasta productos químicos imperceptibles, una diversidad de contaminantes invade lagos, ríos, arroyos, aguas subterráneas y, en última instancia, los océanos, convirtiéndolos en importantes receptores de sustancias nocivas (Landrigan et al., 2020). Un asombroso 80% de los contaminantes marinos proviene de fuentes terrestres, concentrándose principalmente en áreas costeras, especialmente aquellas con un rápido desarrollo industrial (Elenwo y Akankali, 2015).

En el ámbito portuario, la concentración de diversas embarcaciones y el elevado número de operaciones con sustancias potencialmente peligrosas aumentan significativamente los riesgos de accidentes. Dada la naturaleza intrínseca de estos eventos, las consecuencias pueden ser severas, afectando a los puertos, sus instalaciones, el entorno circundante y las personas involucradas (Puertos del Estado, 2023). La gestión efectiva de estos problemas se vuelve esencial para preservar la integridad de los ecosistemas marinos y garantizar la seguridad de las comunidades vinculadas a estas áreas portuarias.

2.1.2. Fuentes de Contaminación del Agua en Puertos

A pesar de que los contaminantes también pueden ser de origen natural, a continuación van a examinarse en más profundidad los que son artificiales, es decir, los sintetizados por el hombre (Botello, 2016).

Los contaminantes artificiales son aquellos productos que derivan de una manipulación de la naturaleza, como por ejemplo los refinados del petróleo, plásticos, hidrocarburos halogenados, detergentes o elementos radiactivos. Dado que no son componentes de las

concentraciones habituales presentes en el océano, su mera existencia en los estuarios y áreas costeras es un claro indicio de contaminación. Este extenso conjunto de contaminantes suele ser generalmente más duradero y posiblemente más peligroso, ya que los ecosistemas por si solos no pueden procesarlos o adaptarse de forma saludable a ellos (Botello, 2016).

A pesar de que estos contaminantes artificiales pueden provenir de diferentes fuentes, a continuación se analizarán las que son respectivas a la actividad náutica. Según (C. Trozzi, R. et al., 2000) en su estudio sobre *Environmental impact of port activities* los principales contaminantes del agua portuaria podrían ser los siguientes:

Provinientes de barco

- Fugas de aceite y combustibles: Tanto las fugas de aceite de sentina y de motores de barcos como las de gasolina y diésel, así como las fugas accidentales durante la carga y descarga, son fuentes de contaminación.
- Contaminación por vertidos: Incluye residuos químicos de tanques y productos utilizados en operaciones de lavado, ya sea tratados o vertidos no autorizados cerca de la costa.
- Lixiviación de pinturas antiincrustantes: Utilizadas en los cascos de los barcos para prevenir el crecimiento de organismos marinos, estas pinturas pueden liberar sustancias perjudiciales al agua.
- Agua de sentina: Liberada para mantener la estabilidad también puede representar una amenaza para la vida y los hábitats marinos locales si está contaminada con petróleo de la maquinaria a bordo de los barcos.
- Agua de lastre: Utilizada para estabilizar barcos, puede transferir organismos dañinos a nuevos lugares, generando impactos ecológicos. A medida que los barcos descargan su agua de lastre, sin darse cuenta pueden introducir especies no nativas, que pueden representar una amenaza para las especies locales y los hábitats ambientalmente sensibles (Naco, 2021).

No provinientes de barco

- Operaciones en terminales y depósitos de combustibles: Vertidos accidentales de petróleo al mar, pérdidas de buques tanque y oleoductos.
- Operaciones en dique secos: Vertido accidental de petróleo y otros productos químicos al mar.
- Demolición de buques: La descarga accidental de petróleo y productos químicos en el mar es un riesgo asociado.

- Escorrentía de aguas pluviales: Desde estacionamientos portuarios, con la posibilidad de arrastrar compuestos orgánicos, partículas finas, metales pesados, etc. Esta escorrentía, muchas de ellas tratadas inadecuadamente, aumentan aún más la contaminación.
- Dragado y excavación: Procedentes de actividades como explotaciones mineras, metalurgia, sobretudo en zonas costeras. También operaciones de dragado portuarias para reformas o ahondamiento. Estas actividades, junto a los residuos que generar, son dañinas por su toxicidad y persistencia en el entorno expuesto.
- Residuos Sólidos y Plásticos: La acumulación de desechos sólidos, incluyendo plásticos, tanto en el agua como en tierra, contribuye a la contaminación. La contaminación marina por desechos plásticos refleja un crecimiento global masivo de la producción de plástico, que ahora supera los 420 millones de toneladas por año (Plastics Europe, 2021).
- Químicos: El crecimiento exponencial de la producción química, junto con controles inadecuados sobre las emisiones químicas, son las principales causas de la contaminación de los océanos por productos químicos manufacturados.

2.1.3. Alteraciones en la biodiversidad acuática

La contaminación de los océanos tiene múltiples impactos negativos en los ecosistemas marinos, y estos impactos se ven exacerbados por el cambio climático global (Landrigan et al., 2020), afectando sobretudo a zonas costeras y someras que quedan más expuestas a estos eventos. Las variaciones en los niveles de contaminantes pueden afectar la diversidad y abundancia de especies acuáticas, afectando negativamente a las redes tróficas y a la capacidad de los organismos para sobrevivir y reproducirse, así como la salud de los hábitats costeros y estuarinos (Anadón et al., 2022).

Otro ejemplo, sería la introducción de especies foráneas a través del agua de lastre, lo cual puede hacer sensibles a numerosas especies desencadenando modificaciones en sus rangos biogeográficos, con una tendencia al aumento de especies subtropicales en zonas septentrionales, haciendo que las especies del lugar se sientan vulnerables y atacadas. (Anadón et al., 2022).

A causa de las actividades marítimas, el enredamiento en redes y cuerdas desechadas o perdidas es uno de los impactos más visibles, lo cual resulta en problemas de movimiento y alimentación, reducción del rendimiento reproductivo, laceraciones, úlceras y muerte (Wabnitz, 2010)

Como consecuencia de las actividades industriales y sus emisiones, las aguas residuales y escurrimientos, se ha observado la proliferación de algas nocivas, bacterias contaminantes

resistentes a los tratamientos antimicrobianos. El aumento de temperatura del mar está provocando migraciones de patógenos peligrosos hacia los polos. Por otro lado, estos mismos desechos, incluyendo los del sector farmacéutico, químico o pesticidas, están contribuyendo a la disminución de poblaciones de peces, cetáceos o aves, entre otros (Bunn et al.,2002).

Finalmente, mencionar el papel que juegan los hidrocarburos derramados al mar, sobretodo en zonas portuarias, respecto a las alteraciones de la diversidad. Dado que según el producto se caracteriza por ser viscoso, esto genera que se adhiera a los seres vivos y se les trasmite toda su toxicidad, teniendo en cuenta también su lenta degradación. Estos mismos hidrocarburos, sobretodos los que son derivados del petróleo, tienen la capacidad de alterar el proceso fotosintético de la flora marina, lo cual es elemental para la generación de oxígeno (Bunn et al.,2002). Esto genera una severa alteración en los ambientes afectados, reflejandose en importantes pérdidas de organismos marinos, algunos de los cuales siendo de una gran importancia pesquera (Barraza, 2017).

2.1.4. Problemas de salud pública y seguridad alimentaria

El agua contaminada en áreas portuarias representa un riesgo directo para la salud humana, especialmente cuando se trata de la ingestión de alimentos marinos contaminados. La presencia de patógenos y contaminantes químicos puede tener consecuencias para la salud pública (Prüss-Ustün, 2014).

Numerosos estudios han demostrado la presencia a largo plazo de PCB en aguas y sedimentos de estuarios y bahías en todo el mundo (Rostami y Juhasz, 2011). Son motivo de gran preocupación debido a su capacidad para dispersarse ampliamente en el medio ambiente y porque pueden causar impactos significativos en el medio ambiente acuático (He et al., 2015).

La exposición a contaminantes aumenta exponencialmente el riesgo a problemas fetales y también a la gestación de distintos tipos de cáncer (Jones y De Voogt, 1999). Por ejemplo, el consumo de mariscos contaminados por parte de una mujer embarazada puede dañar de distintas formas al bebé, sobretodo sus funciones cognitivas, aumentando los riesgos de trastorno de atención, autismo, coeficiente intelectual, entre otros. Para los adultos, la exposición a contaminantes como el metilmercurio también puede afectar a funciones cognitivas como la demencia y también una propensión a enfermedades cardiovasculares (Bunn et al., 2002).

Todos los productos químicos vertidos al mar a partir de desechos plásticos como BPA, ftalatos o retardantes de llama son disruptores hormonales que alteran el correcto

funcionamiento endocrino tanto en mujeres como en hombres, reduciendo la fertilidad, dañando el sistema nervioso y aumentando el riesgo de cancer (Bunn et al., 2002).

Finalmente, se ha comentado anteriormente sobre las floraciones de algas nocivas. Una vez estas pasan a formar parte de la cadena trófica y es consumida por los organismos marinos, estos quedan afectados y por ende, aquel humano que consuma también lo estará. La ingesta de estas toxinas pueden provocar efectos neurológicos graves e incluso la muerte. También enfermedades gastrointestinales, infecciones profundas o enfermedades respiratorias. (Ladringan et al. 2020).

2.2. Puerto de Mataró

El puerto está situado al poniente del municipio de Mataró, capital comarcal del Maresme, en las coordenadas 41° 31,6'N 2° 26,7'E. Específicamente, se encuentra entre los términos municipales de Cabrera de Mar y Sant Andreu de Llavaneres (Consortio Puerto de Mataró, 2020). El puerto comenzó a construirse en el año 1988 y finalmente fue inaugurado en julio de 1991. Debido a la existencia de graves problemas en la sociedad promotora, la Generalitat concedió un rescate a la concesión otorgada a Puerto de Mataró, S.A., y por lo tanto, actualmente es gestionado por el Consortio Puerto Mataró, formado por la Generalitat y el Ayuntamiento de Mataró (Llauradó, 2014).

2.2.1. Estructura, instalaciones y servicios del puerto

En cuanto a la estructura, la infraestructura portuaria está compuesta por un dique con dos alineaciones rectas. La primera tiene una longitud de 430 m, mientras que la segunda, paralela a la ribera, mide 600 m. Un contradique de 300 m, ubicado estratégicamente, forma con el dique una bocana orientada hacia el oeste con una apertura de 80 m y un calado de 8 m en la entrada. Recientemente, se ha realizado una ampliación de uno de los muelles cerca de la entrada con el objetivo de reducir el impacto de las olas generadas por el viento de Garbí. La superficie total del puerto abarca 285.489 m², de los cuales 123.110 m² corresponden al espejo de agua (Llauradó, 2014).

Aunque el puerto cuenta con una dársena pesquera en la zona oeste, conocida como la Cofradía de Sant Pere, con 5 embarcaciones (Plan de Interior Marítimo, 2021), se destaca principalmente por ser un puerto deportivo. La dársena deportiva, situada en la zona este, está configurada con pantalanes de 120 metros de longitud dispuestos perpendicularmente a la ribera, ofreciendo 1.080 amarres para embarcaciones de entre 7 y 30 metros de eslora. Además, incluye un área de marina seca para motos de agua (Llauradó, 2014).

Por otro lado, se cuenta con un área de carena para la varada y reparación de embarcaciones, equipada con una grúa de 10 toneladas y un travelift de 100 toneladas. Cabe destacar también la existencia de una marina para grandes esloras, gestionada por la empresa Varador 2000, con una capacidad para 17 embarcaciones de hasta 50 metros de eslora (Puertos de la Generalitat, 2021). En el cuadro que a continuación se muestra se detallan de forma más extensa las instalaciones, servicios náuticos y complementarios que se ofrecen en el Puerto de Mataró.

Figura 1: Instalaciones y servicios del puerto de Mataró

Descripción de las instalaciones y servicios	
Instalaciones y equipamientos del puerto	1.080 amarres entre 7 y 18 metros de eslora
	7.000 m3 de zona comercial
	Zona de aparcamiento amplia
	Gasolinera y varador
Servicios especializados de náutica y deportes acuáticos	Base náutica municipal que cuenta con dos plantas de 90m2, vestidores y duchas
	Club de vela y Escuelas de Vela
	12 Empresas dedicadas a distintos servicios vinculados con la náutica y deportes
Servicios complementarios	18 Restaurantes y bares
	10 Bares musicales y discotecas
	3 Tiendas de otros servicios
	SPAS- Sociedad de Pesca y Actividades Subacuáticas
	Cofradía de pescadores Sant Pere
	Sección de remo en laúd catalán
	Piscina
	Alojamiento hotelero

Fuente: Elaboración propia con datos del Consorcio del Puerto de Mataró.

2.2.2. Datos morfológicos

2.2.2.1. Geología

En lo que respecta a la playa de Mataró, esta se forma a partir de los materiales transportados por los ríos durante épocas de lluvias intensas y de los sedimentos arrastrados por la corriente marina de deriva desde el delta de la Tordera hacia el suroeste. Este proceso da forma al litoral de la playa. En cuanto al lecho marino, las dos primeras barras están cubiertas por arenas gruesas, mientras que los sedimentos sumergidos hasta los 20 metros de profundidad consisten principalmente en arenas de grano medio y arenas finas (Giménez, 2007).

Los últimos cien años han estado marcados por cambios significativos en la costa de Mataró, como la urbanización de la zona costera, la construcción de puertos, espigones y escolleras, así como la reducción de las aportaciones de materiales procedentes de la Tordera y otros

ríos del Maresme. Estos factores han alterado la distribución natural del sedimento a lo largo de la costa, limitando la movilidad y la recuperación espontánea de las playas. Esta alteración ha provocado un desequilibrio negativo en el balance sedimentario global, creando una tendencia erosiva en muchas zonas de la costa (Guillén, 2015).

2.2.2.2. Flora y fauna

Los seres vivos que forman parte de un ecosistema están definidos por las condiciones físico-químicas (alimentación, luz, temperatura, etc.) que la zona proporciona y que son óptimas para la vida. Con las cualidades que ofrece el litoral del Maresme y en especial Mataró, se encuentra la siguiente vida submarina (Aymerich, 2007).

Figura 2: Compilació de la flora i fauna de Mataró

Flora	
• Coralina (<i>Corallina elongata</i>)	• Alga de vidrieros (<i>Posidonia oceanica</i>)
• Lechuga de mar (<i>Ulva rígida</i>)	• Gram (<i>Cymodocea nodosa</i>)
• Enteromorfa (<i>Enteromorpha compressa</i>)	
Fauna	
• Pagellida (<i>Patella rústica</i>)	• Tomate de mar (<i>Actinia equina</i>)
• Caracol marino (<i>Littorina neritoides</i>)	• Erizo de roca (<i>Paracentrotus lívidus</i>)
• Bellota mar (<i>Chthamallus stellatus</i>)	• Anemona de mar (<i>Anemonia sulcata</i>)
• Mejillón (<i>Mytilus galloprovincialis</i>)	• Oblada (<i>Oblada maelanusa</i>)
• Cangrejo de roca (<i>Pachygrapsus marmoratus</i>)	• Serra (<i>Serranus cabrilla</i>)
• Vaca serrana (<i>Serranus scriba</i>)	• Variada (<i>Diplodus vulgaris</i>)
• Doncella (<i>Coris Julis</i>)	• Enrocador (<i>Symphodus ocellatus</i>)
• Tordo Rojo (<i>Symphodus mediterraneus</i>)	• Tamborero (<i>Symphodus cinereus</i>)
• Chorlitejo patinegro (<i>Charadrius alexandrinus</i>)	• Gaviota cabecinegra (<i>Larus melanocephalus</i>)
• Pez herrera (<i>Lithognathus mormyrus</i>)	• Gaviota vulgar (<i>Larus ridibundus</i>)
• Salmonete de roca (<i>Mullus surmulatus</i>)	• Gaviota sombría (<i>Larus fuscus</i>)
• Araña blanca (<i>Trachinus draco</i>)	• Gaviota del Caspio (<i>Larus cachinnans</i>)
• Sargo (<i>Dylodus sargus</i>)	• Charrán patinegro (<i>Sterna sandvicensis</i>)
• Pagel (<i>Pagellus erythrinus</i>)	

Fuente: Elaboración propia con datos de (Aymerich, 2007) y el Consorcio de Mataró

2.2.2.3. Posidonia

De las algas mencionadas anteriormente, es importante destacar que tanto el alga de vidriera como el gram, son fanerógamas, también conocidas como Posidonia. El alga de vidriera (*Posidonia oceanica*) es una planta autóctona del Mediterráneo y que actualmente está en un proceso muy avanzado de extinción, ya que durante la construcción del puerto se destruyó gran parte de ella. En la actualidad, está protegida y a unos 150 metros de la playa hay un prado (Aymerich, 2007).

La preservación de las praderas de posidonia como ecosistema es crucial debido a su gran biodiversidad, ya que actúa como hábitat para numerosos organismos. En las hierbas marinas de la costa de Mataró se encuentran un total de 21 especies de peces, incluyendo 13 especies consideradas residentes de este entorno y 8 especies que pasan temporalmente por él (Consortio Puerto de Mataró, 2020).

Además de ser un hábitat vital, las praderas de posidonia ejercen también la función de filtro biológico. Este ecosistema es uno de los más productivos del planeta, ya que las plantas tienen la capacidad de almacenar carbono, reduciendo la cantidad de CO₂ en la atmósfera y contribuyendo a mitigar los efectos del cambio climático. Además, pueden inmovilizar metales, hidrocarburos y otras sustancias tóxicas en sus raíces y rizomas, evitando que se reintegren en la cadena alimentaria. Sin las praderas de posidonia, el mar experimentaría una disminución de la pesca, un estado de las playas menos favorable y aguas más contaminadas, afectando considerablemente la vida marina (Consortio Puerto de Mataró, 2020).

Con el objetivo de proteger estas plantas submarinas esenciales en Mataró, se ha iniciado el proyecto Posidonia 2021, una iniciativa ambiental liderada por personas y colectivos locales con el objetivo de conservar y restaurar los prados de posidonia (Consortio Puerto de Mataró, 2020).

2.4. Marco Normativo y Políticas Ambientales en Puertos

En el siguiente apartado se encuentran recopiladas una serie de normativas vinculantes cuyo propósito es reducir la contaminación, proteger la biodiversidad y asegurar un uso sostenible de los recursos marinos. Estas normativas, en su mayoría, derivan del derecho del mar en el ámbito del derecho internacional público y se presentan en forma de convenios y acuerdos internacionales, los cuales han sido ratificados por España, haciendo que sean vinculantes para el puerto de Mataró.

Dado que el ordenamiento jurídico suele seguir una estructura jerárquica, donde lo general precede a lo específico, las normas que se van a discutir a continuación tendrán relevancia inicialmente para todos los países y áreas marinas, no limitándose exclusivamente a las zonas portuarias. Posteriormente, se abordarán las políticas de alcance autonómico, para finalmente comentar las regulaciones específicas del puerto de Mataró.

2.4.1. Normativa internacional

Dado que el Derecho Marítimo es inevitablemente diplomático, pues el mar une a los países, una regulación conjunta es indispensable para el buen uso de este y de su protección. En el

1960 nace la Organización Marítima Internacional, organismo dependiente de Naciones Unidas, que ha desarrollado todo tipos de convenios internacionales referentes a la seguridad en los buques, a la prevención de contaminación y a la mejora del comercio (OMI, 2024).

Law of the Sea

En 1982 se codifica una especie la Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar, calificada como la Constitución de los océanos. Establece un conjunto de emiendas que controlan el buen uso de los océanos y sus respectivos recursos. El convenio está ratificado por más de 150 países, incluyendo España, por lo que actualmente forma parte de los OJ español. Actualmente, existe en Hamburgo un Tribunal Internacional para el Derecho del Mar, que funciona como organismo garante del UNCLOS (Barnes, 2016). Este convenio se divide en partes, siendo la número XII dedicada exclusivamente a la protección y preservación del entorno marino (UNCLOS, 1982). Según el art. 192 UNCLOS, todos los estados tienen la obligación de proteger y conservar los ecosistemas marinos, tomando todas las medidas que fueren necesarias para prevenir, reducir y controlar la contaminación marina cualesquiera que sea su fuente (art.194 UNCLOS, 1982). A continuación de estos artículos con disposiciones generales, se detallan todas las obligaciones entorno al tema mencionado por parte de los Estados, buques y todo el conjunto de sujetos que se relacionen con los ecosistemas.

MARPOL

Dado que la anterior normativa fuere de carácter general, el siguiente año a la creación del UNCLOS, entra en vigor el Convenio internacional para prevenir la contaminación por los buques (MARPOL) desarrollado por la IMO. Este convenio establece una normativa para la prevención de los buques y el veto a verter residuos al mar. Este se estructura por un texto, un protocolo y un conjunto de anexos que contienen las obligaciones según el tipo de contaminación (Peet, 1997).

Convenio Internacional para el Control y la Gestión del Agua de Lastre y los Sedimentos de los Buques (BWM)

Se trata de un acuerdo internacional adoptado en 2004 por la Organización Marítima Internacional. El objetivo principal del convenio es prevenir la propagación de especies acuáticas invasoras transportadas en el agua de lastre de los buques. El Convenio establece estándares y medidas para el control y la gestión del agua de lastre y los sedimentos de los buques. Estos incluyen el intercambio de agua de lastre en alta mar, el tratamiento del agua de lastre mediante sistemas de tratamiento aprobados y la gestión de sedimentos. La implementación Es obligatoria para todos los buques internacionales que utilicen agua de lastre, con el fin de minimizar el riesgo de introducción de especies invasoras en diferentes ecosistemas marinos alrededor del mundo (Leite, 2014).

Convenio Internacional sobre Preparación, Respuesta y Cooperación en Caso de Contaminación por Hidrocarburos (OPRC)

Es un tratado internacional adoptado en 1990 por la Organización Marítima Internacional. El objetivo principal del OPRC es mejorar la cooperación internacional y la capacidad de respuesta en caso de derrames de hidrocarburos en el medio marino. El OPRC establece un marco para la preparación y respuesta ante emergencias causadas por derrames de petróleo y otros productos químicos peligrosos en el mar (Juste, 2003).

Protocolo sobre Sustancias Nocivas y Potencialmente Peligrosas (HNS)

Es un tratado complementario al Convenio Internacional sobre Preparación, Respuesta y Cooperación en Caso de Contaminación por Hidrocarburos (OPRC). Este protocolo fue adoptado en 2000 bajo los auspicios de la Organización Marítima Internacional. El Protocolo HNS se centra en la preparación y respuesta ante la contaminación causada por sustancias nocivas y potencialmente peligrosas distintas de los hidrocarburos (tales como productos químicos industriales, gases licuados, productos químicos tóxicos, etc.). Estas sustancias pueden representar un riesgo significativo para el medio ambiente marino y para la salud humana en caso de derrames en el mar (IMO, 2010).

Convenio de Barcelona

Es un tratado internacional que tiene como objetivo proteger el medio ambiente marino y costero del Mediterráneo. Su nombre completo es el "Convenio para la Protección del Mediterráneo contra la Contaminación". El convenio entró en vigor en 1978 y es administrado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). El Convenio de Barcelona establece un marco jurídico para la cooperación regional entre los países ribereños del Mediterráneo para abordar cuestiones relacionadas con la contaminación marina, la conservación de la biodiversidad marina y costera, la gestión sostenible de los recursos naturales y la protección del medio ambiente en general (UNEP/Map, 2024).

2.4.2. Normativa comunitaria

Junto con la normativa internacional, las directivas de la Unión Europea también tienen una fuerte relevancia en el OJ español. En materia de puertos y contaminación, la UE tiene un gran conjunto de directivas, las cuales actualizan y especifican las unas a las otras. A continuación se destacan las más relevantes.

Directiva Marco de Estrategia Marina (DMEM): Es una directiva europea que establece un marco general para la protección de los ecosistemas marinos y la calidad del agua, con el objetivo de mantener un buen estado ambiental en los mares europeos. Se crea en 2000 con

una agenda para futuro. Propone a todos los estados miembros la toma de medidas para reducir la contaminación y hacer un uso sostenible de los recursos. Se basa en 8 objetivos principales, donde destacan distintos aspectos sobre la salud del medio marino (Ponte Iglesias, 2014).

Directiva sobre Aguas de Baño: Esta directiva establece normas de calidad para las aguas de baño en la UE con el objetivo de proteger la salud humana y el medio ambiente. Los estados miembros están obligados a monitorear y gestionar la calidad del agua de baño en las zonas designadas para este fin (Marco, 2005).

Directiva sobre Vertido de Aguas Residuales Urbanas: Esta directiva establece normas para el tratamiento de aguas residuales urbanas para prevenir la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas en la UE (Almenar-Muñoz, 2016).

Reglamento sobre el Envío de Residuos: Este reglamento regula el envío de residuos dentro y fuera de la UE, con el objetivo de prevenir la contaminación marina por desechos y promover su gestión sostenible (Sánchez, 2007).

Directiva sobre la Evaluación y Gestión de Riesgos de Inundación: Aunque no se centra exclusivamente en la contaminación marina, esta directiva busca reducir el riesgo de inundaciones, lo que puede contribuir a prevenir la contaminación de los ecosistemas marinos debido a eventos extremos (Olcina, 2010).

Directiva 2002/84/CE, de 5 de noviembre de 2002, modifica las Directivas relativas a la seguridad marítima y la prevención de la contaminación por los buques. La finalidad es una aplicación exhaustiva sobre seguridad marítima, conservación de los ecosistemas y unas buenas condiciones de vida y trabajo de los buques, sobretodo en el territorio europeo. (Sobrino, 2003).

Directiva 2000/59/CE, de 27 de noviembre de 2000 y su posterior modificación Directiva 2007/71/CE sobre instalaciones portuarias receptoras de desechos generados por buques y residuos de carga. Mediante esta directiva se pretende un control más exhaustivo de los desechos de los buques, sobretodo con el propósito de aplicar el convenio MARPOL. (López-Díaz et al., 2016).

2.4.3. Normativa autonómica

Según el artículo 148.1.6ª de la Constitución Española (en adelante, CE), las Comunidades Autónomas asuman las competencias en materia de puertos de refugio, los puertos y

aeropuertos deportivos y, en general, los que no desarrollen actividades comerciales. (Constitución Española, 1978)

Por otro lado, es el mismo Estatuto de autonomía de Cataluña, en el art. 40, confirma esta competencia exclusiva de la Generalitat sobre los puertos del territorio que no sean de interés general. La institución que controla y regula toda esta materia es Ports de la Generalitat.

Es esencial comprender la distribución de materias para poder analizar de forma correcta el conjunto de preceptos a los que se debe acoger el Puerto de Mataró, pasando por alto entonces la normativa que emana del Estado pues está, en materia de puertos, sólo puede incidir en aquellos que són mercantes o de interés general.

Ley 10/2019, de 23 de diciembre, de puertos y de transporte en aguas marítimas y continentales: Está ley podría considerarse la norma matriz de los puertos en Cataluña. De acuerdo con el preambulo de esta misma ley, en está se van a encontrar definidos: el régimen jurídico, la planificación y gestión de todos los puertos e instalaciones portuarias, del regimen económico y tributario, de la regulación ambiental y régimen sancionador, entre otros.

En su artículo 3, menciona los objetivos de las as políticas de la Generalidad en materia de puertos, destacando la promoción de la sostenibilidad ambiental de la infraestructura y de las actividades que se realizan en ella, en un contexto de cambio climático. Por otro lado, dedica todo un capítulo, el número V, a hablar sobre la regulación ambiental.

A partir de esta ley nacen otras más específicas y reglamentos, para poder así regular cada materia de la forma más concreta posible.

Ley 08/2020, de 30 de julio, de Protección, Conservación y Ordenación del Litoral: Esta ley establece medidas para proteger y conservar el litoral catalán, incluidas disposiciones relacionadas con la prevención de la contaminación marina y la conservación de los ecosistemas marinos.

Decreto 324/2003, de 11 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de Protección del Medio Marino y de los Espacios Naturales Protegidos: Este decreto regula diversas actividades en el medio marino, incluida la navegación y la actividad náutica, con el objetivo de proteger los ecosistemas marinos y prevenir la contaminación.

Decreto Legislativo 03/2003, de 04 de noviembre, por el que se aprueba el texto refundido de la legislación en materia de aguas de Cataluña.

Pla de Ports de Catalunya: Horitzó 2030: Es un proyecto estratégico que tiene como objetivo principal planificar el desarrollo sostenible de los puertos catalanes hasta el año 2030.

Este plan busca promover el crecimiento económico de la región portuaria de manera equilibrada y respetuosa con el medio ambiente, garantizando la sostenibilidad a largo plazo.

Plan de Acción para la Conservación de la Atmósfera Marina y de la Costa de Cataluña:

es una iniciativa de la Generalitat de Catalunya para abordar los problemas ambientales relacionados con la contaminación marina y la conservación de los ecosistemas costeros y marinos en la región. Este plan se enmarca dentro de las políticas de gestión ambiental y de protección del medio ambiente marino llevadas a cabo por la administración catalana.

Tiene como objetivo principal promover acciones concretas para la protección y conservación de la atmósfera marina y la costa de Cataluña, abordando diversas problemáticas como la contaminación del agua, la gestión de residuos, la protección de la biodiversidad marina, y la promoción de un desarrollo sostenible de las actividades económicas vinculadas al medio marino, como la pesca y el turismo.

2.4.4. Normativa del Puerto de Mataró

En su portal de transparencia, el Consorcio del Puerto de Mataró publica la legislación aplicable del entorno portuario así como toda la información relativa al Puerto de Mataró (Consorcio Puerto de Mataró, 2020). Respecto a la documentación que presentan, se divide por secciones según si es ambiental, de gestión pública, de navegación o reglamento de explotación del puerto.

Antes de indagar en la normativa más relevante, es importante destacar que en el Reglamento de explotación del puerto se establecen las competencias de la gerencia del puerto, las cuales se dividen de la siguiente forma: la infraestructura es de la Generalitat, dependencia administrativa del Departamento de Territorio y Sostenibilidad; el Consorcio gestiona el puerto deportivo y Ports de la Generalitat controla la dársena pesquera.

Respecto a la normativa publicada, se entiende que a pesar de que el Consorcio tenga la mayor parte de competencias en la gestión portuaria, toda esta está bajo el paraguas del cumplimiento de la normativa vigente que en los anteriores apartados se ha introducido. Por lo tanto, lo único destacable es el Estatuto de Constitución del Consorcio y , respecto a la legislación ambiental, destacar los siguientes certificados:

Figura 3: Certificados Puerto de Mataró

Certificados Puerto de Mataró	
Certificado Biosphere	Reconocimiento otorgado por el Instituto de Turismo Responsable a destinos turísticos que cumplen con criterios específicos en cuanto a sostenibilidad, responsabilidad social y conservación del medio ambiente.
Certificado del Sistema de Gestión de Calidad (Norma ISO 9001)	Certificado que abala el estándar internacional ISO, el cual proporciona un plan para mejorar y mantener el sistema de calidad en una organización.
Certificado del Sistema de Gestión Ambiental (Norma ISO 14001)	Certificado que abala el estándar internacional ISO, el cual proporciona un plan para mejorar y mantener el sistema de gestión ambiental en una organización.
Certificado d'Ecogestión y Ecoauditorias (EMAS)	Sistema de gestión ambiental voluntario desarrollado por la Unión Europea (UE) que promueve la mejora continua del desempeño ambiental en organizaciones y empresas.

Fuente: Elaboración propia con datos del Consorcio del Puerto de Mataró.

Por último, a parte de las certificaciones, el puerto de Mataró cuenta con una Declaración Ambiental publicada en 2021, y constituye un documento básico de comunicación externa y continúa sobre el comportamiento y el impacto ambiental de las actividades del Puerto de Mataró (Consorcio Puerto de Mataró, 2021).

En esta declaración detalla todo lo relevante al puerto, sus actividades e instalaciones; también presentan la política de calidad, medio ambiente y sistema de gestión; situaciones de emergencia; formación y sensibilización y finalmente un extenso apartado sobre control y medidas de todos los aspectos sensibles a la contaminación.

2.5. Conclusiones marco teórico

Después de un exhaustivo análisis de la literatura relevante para este proyecto, se han extraído conclusiones significativas que requieren ser destacadas con mayor amplitud. En primer lugar, se subraya la imperiosa necesidad de preservar los océanos y su pureza natural. La preservación de estos ecosistemas marinos es fundamental para mantener el equilibrio natural, evitando la contaminación y la intrusión excesiva que puedan perturbar su funcionamiento adecuado. Se ha observado que cualquier alteración en estos sistemas afecta no solo a la vida marina, sino también a todos los elementos que dependen de ellos, incluyendo a la humanidad en su conjunto.

En este contexto, es crucial reconocer que las actividades náuticas, ya sean comerciales, pesqueras o recreativas, desempeñan un papel determinante en la generación de contaminación marina. Por lo tanto, quienes participan en estas actividades tienen una

responsabilidad directa en la búsqueda de soluciones para abordar cualquier adversidad que pueda surgir como resultado de sus acciones. La conciencia sobre la importancia de adoptar prácticas sostenibles y la implementación de medidas efectivas para reducir el impacto ambiental asociado a estas actividades son aspectos clave a considerar.

Entre las herramientas disponibles para abordar estos desafíos, la legislación emerge como un elemento fundamental. Se ha constatado que existe una sólida base jurídica a nivel internacional y local que busca proteger el medio ambiente marino. Desde organismos internacionales hasta regulaciones específicas en puertos locales, como las normativas del puerto de Mataró, se han establecido marcos legales para regular y mitigar los efectos negativos de la actividad humana en los ecosistemas marinos.

En resumen, es evidente que la preservación de los océanos y la mitigación de la contaminación marina son objetivos urgentes que requieren la colaboración de todos los actores involucrados, desde los individuos hasta las instituciones gubernamentales y las organizaciones internacionales. La aplicación efectiva de la legislación existente, junto con el fomento de prácticas sostenibles en las actividades náuticas, son pasos esenciales hacia la protección y conservación de estos valiosos ecosistemas para las generaciones presentes y futuras.

3. Objetivos e hipótesis

Una vez puestos en contexto los antecedentes de la investigación, por un lado qué es la contaminación y cuales son sus fuentes derivadas de los negocios marítimos. También, se han podido ver las principales consecuencias tanto a nivel de biodiversidad como de salud humana. Se ha analizado las principales características del puerto de Mataró y finalmente toda la normativa bajo la que se sustenta el cuidado del océano.

Este proyecto tiene la finalidad principal de contribuir al puerto de Mataró, viendo que carencias presenta a nivel de sostenibilidad e intentando aportar recomendaciones. También, respecto a toda la compilación normativa analizada anteriormente, resulta interesante analizar si es eficaz o si existen lagunas, usando el mismo estudio del puerto de Mataró como muestra.

Por consiguiente, el trabajo constará de los siguientes objetivos:

Objetivo general: Analizar la contaminación del agua en el puerto de Mataró y de sus alrededores con el fin de comprender las fuentes, evaluar el impacto ambiental y proponer recomendaciones para mejorar la gestión ambiental en el área portuaria.

Objetivos específicos:

- 1. Identificar las fuentes de contaminación y retos:** Investigar y clasificar las principales fuentes de contaminación del agua en el puerto de Mataró procedentes de la actividad náutica, incluyendo actividades operativas, vertidos de embarcaciones y otras posibles contribuciones. También se tratarán de identificar los retos y carencias con los que se encuentra el puerto.
- 2. Evaluar el impacto ambiental:** Analizar el impacto de la contaminación en la biodiversidad acuática, la calidad del agua y los ecosistemas circundantes, considerando la salud humana y la seguridad alimentaria.
- 3. Analizar el cumplimiento normativo:** Examinar el grado de cumplimiento de las normativas y políticas ambientales en el puerto, identificando posibles brechas y deficiencias en la aplicación de estas regulaciones.
- 4. Proponer medidas de mejora:** Desarrollar recomendaciones específicas para mejorar la gestión ambiental en el puerto, incluyendo posibles cambios en las prácticas operativas, tecnologías de mitigación y políticas ambientales.

Al término, se han formulado una serie de hipótesis las cuales se irán analizando conforme se vayan desvelando los resultados de la investigación:

Hipótesis general: Existe una correlación significativa entre las actividades portuarias y la contaminación del agua en el puerto de Mataró, afectando negativamente la calidad del agua y la biodiversidad local.

Hipótesis específicas:

- 1. Fuentes de contaminación:** La principal fuente de contaminación en el puerto es atribuible a vertidos de embarcaciones y actividades portuarias relacionadas. A pesar de que Varador2000, el astillero, también pueda contribuir a la contaminación, su impacto es inferior que otras actividades como por ejemplo las motos de agua o la gasolinera.
- 2. Impacto ambiental:** Existe una correlación entre la cantidad de contaminantes derivados de la actividad náutica con las alteraciones en aspectos de temperatura, microorganismos o biodiversidad, entre otras. Estas alteraciones en el medio tienen un impacto en aspectos

de salud humana, de las personas que puedan consumir pescado de zonas cercanas o incluso con el solo acto de bañarse en las playas de la zona.

- 3. Cumplimiento normativo:** A pesar de existir una buena base normativa, esta no es del todo eficaz porque la realidad es que es complicado equilibrar los intereses económicos con la sostenibilidad, sobretodo teniendo en cuenta que el mar es muy sensible a cualquier cambio. Por otro lado, y desde una perspectiva más específica del puerto de Mataró, existe una falta de cumplimiento de las normativas ambientales en el puerto, un conocimiento por parte de los habitantes y usuarios del puerto y también el puerto carece de una declaración ambiental más rígida, actualizada y precisa.
- 4. Medidas de mejora:** La aplicación de medidas correctivas y preventivas, basadas en las recomendaciones del estudio, puede mejorar significativamente la calidad del agua en el puerto. La implementación efectiva de tecnologías de tratamiento de aguas residuales y la adopción de prácticas sostenibles pueden reducir la contaminación en el puerto.

4. Metodología

Para poder desarrollar esta investigación, se ha propuesto el uso de una metodología mixta, pues según la meta a abordar, una metodología cualitativa puede resultar más apropiada y eficaz y viceversa con la metodología cuantitativa. A continuación se va a detallar el tipo de metodología según el objetivo específico:

- 1. Fuentes de contaminación:** Para obtener las fuentes de contaminación principales específicas del puerto de Mataró se plantea una metodología cualitativa basada en la entrevista con los mismos agentes que forman parte del puerto, pues los datos se van a obtener mediante el conocimiento de expertos en la materia. Por un lado, se propone entrevistar a la gerente del puerto de Mataró, la doctora Margarita Díez, pues su colaboración podría ser fundamental para comprender mejor el funcionamiento del puerto.

Por el otro lado, se ha considerado citarse con los responsables de actividades náuticas del puerto, como la empresa Varador2000 o Jetski Mataró, entre otros. También, resulta interesante comprender la perspectiva de asociaciones como Posidonia2021, encargadas de la conservación marina.

Mediante la colaboración de estas personas, empresas o asociaciones, se podrá comprender el papel que juega cada agente en el puerto de Mataró y también averiguar, a priori, los actividades con más riesgo y los puntos más vulnerables.

2. **Impacto ambiental:** Para este análisis, se va a emplear una metodología cuantitativa. Mediante datos obtenidos por la Agencia Catalana de l'Aigua, se va a realizar un análisis estadístico que va a permitir identificar la calidad del agua de la zona y la correlación de los contaminantes con la diversidad biología etc.

En el catálogo de datos abiertos de la ACA, existen datos de control de la calidad y cantidad del agua en el medio con información a partir de 2007 hasta la actualidad. Dentro del portal se puede seleccionar con precisión los parámetros que se desean, desde el tipo de agua, los tipos de elementos a analizar y el ámbito geográfico.

Las variables claves que aquí se desean analizar son la concentración de contaminantes en el agua, la diversidad biológica, la salud humana, y datos fisicoquímicos. Para ello se asignará distintas unidades de medida a estas variables (por ejemplo, mg/L para la concentración de contaminantes, número de especies para la biodiversidad, temperatura del agua, etc.).

El objetivo es ver analizar si existe alguna anomalía en alguno de los elementos y si así fuese, se utilizarán técnicas estadísticas para analizar los datos recolectados, según la necesidad del caso concreto.

3. **Cumplimiento normativo:** A partir de los resultados obtenidos del análisis de impacto ambiental, de haber consultado a los expertos del mismo puerto de Mataró, se procederá a analizar la eficacia jurídica propuesta en el marco teórico. Para ello, se prevé una metodología cualitativa basada en el mismo análisis legal y también en la consulta a abogados maritimistas especializados en el sector.
4. **Medidas de mejora:** Una vez obtenido un profundo análisis de la situación ambiental del puerto de Mataró y de sus alrededores, viendo los puntos débiles o las carencias presentes, mediante una investigación de literatura se propondrán algunas medidas de mejora, a partir de la inspiración de proyectos hechos en marinas similares.

5. Resultados

5.1. Resultados sobre las fuentes de contaminación

El primer objetivo que se había planteado era la identificación de las fuentes de contaminación e investigar las principales carencias y retos con los que se encuentra dicho puerto. Para ello, se pretendía contactar con entidades o personas que formen parte del Puerto de Mataró y así poder entender de primera mano cuál es la situación en la que se encuentra.

Tras intentar contactar con varios usuarios, únicamente se ha obtenido respuesta de dos personas. Por un lado, Margarita Diez, gestora del puerto de Mataró y, por otro lado, Jordi Gispert, colaborador de la entidad sin ánimo de lucro Posidonia21. A pesar de la escasa participación, sus respuestas han sido muy satisfactorias, pues ambas personas estaban al corriente de mucha información verídica y de calidad.

Pasando a analizar las conversaciones mantenidas con ambos, a continuación van a extraerse los datos más interesantes a tener en cuenta. Se ha considerado que la forma más óptima para presentar los resultados es la división por ítems de los datos que, a mi juicio, resultaron más destacables.

Emissiones de CO₂ e Hidrocarburos de Barcos y Gasolineras: El combustible de los barcos es identificado como la fuente principal de contaminación, seguido de los desechos y la modificación del entorno costero debido a la infraestructura portuaria. Las emisiones de CO₂ y otros hidrocarburos provenientes de los barcos y las gasolineras constituyen un problema significativo en todos los puertos. En este caso, el mismo Consorcio del puerto poco puede hacer por sí mismo, es una cuestión de la industria naval y la dependencia de los combustibles fósiles y de la propia consciencia de los usuarios que deciden aceptar la contaminación producida con su propia actividad.

Gestión de Sentinas y pulido de embarcaciones: La misma gerente del puerto comenta que una de las principales fuentes de contaminación son las que este título reza. Las sentinas representan un desafío significativo debido a la mezcla de agua con aceites y otros contaminantes. Aunque la Organización Marítima Internacional (IMO) tiene regulaciones al respecto, su implementación sigue siendo un problema. Mejorar los sistemas de tratamiento de aguas de sentina, ofrecer programas de formación a los operadores de barcos sobre la correcta gestión de sentinas y asegurar que las regulaciones de la IMO se implementen rigurosamente son algunas de las posibles acciones a considerar.

Uso de Disolventes, Productos de Limpieza y Pintura: En los datos sobre la calidad de la masa de agua de la costa de Mataró que a continuación se analizarán, con una simple primera

observación de los parámetros, se pueden apreciar los microcontaminantes latentes en estas aguas, los cuales forman parte de la formulación de productos de limpieza, pintura y disolvente que se usan para procurar el cuidado de las embarcaciones. Dichos microcontaminantes son productos de gran preocupación ambiental.

Gestión de Residuos: La falta de civismo contribuye significativamente a la contaminación del puerto. El arrojo de basura de cualquier tipo por los usuarios del puerto, ya sean desde las embarcaciones o desde las personas que pasean a pie es un grave problema. El mismo puerto en los últimos años ha puesto carteles concienciadores por todo el paseo marítimo, lo cual ha sido una buena medida para sensibilizar a la población. Las siguientes imágenes fueron tomadas en marzo de 2024 en el puerto de Mataró.

Figura 4: Imágenes de residuos en el puerto de Mataró



Fuente: Elaboración propia.

Preservación de la Posidonia: En Mataró se encuentra una pradera importante de Posidonia. Esta especie es vital para el ecosistema marino y el buen funcionamiento de la tierra en general, por lo tanto, es imperativa su protección. Posidonia21 es una asociación que se encarga, dentro de sus posibilidades, de dar voz a la importancia de estas fanerógamas y de promover acciones para protegerla. Comentaron dos cuestiones que se han considerado alarmantes:

La ley dice que está prohibido, con carácter general, el fondeo de embarcaciones sobre la planta de Posidonia oceanica. En la práctica, esta norma no se cumple y los usuarios fondean

en ellas. Según la asociación, no hay ningún tipo de control o vigilancia para que esto no suceda.

Posidonia21 presentó hace unos años a Ports de la Generalitat un Plan de Acción para tomar medidas respecto a esta especie. Nunca hubo respuesta por parte de la entidad.

Contaminación Acústica y Cetáceos: En la costa del Maresme hay una gran población de cetáceos, pero debido a los sónares y la contaminación acústica producida por las embarcaciones, estos animales viven bajo un gran estrés y no se acercan a la costa. La responsabilidad en este caso vuelve a recaer en la industria naval.

Contaminación del Acuífero de Argentona: En la reunión se comentó que en uno de los acuíferos de la riera de Argentona se encuentran valores bastante elevados de 92 contaminantes (como fármacos o elementos nitrogenados). La presencia de contaminantes en el acuífero es preocupante. Controlar los vertidos industriales y agrícolas, mejorar la infraestructura de saneamiento y realizar monitoreos regulares del acuífero son acciones necesarias para abordar este problema.

Playa Pekín: Bastante similar al punto anterior, la Playa Pekín o Callao es donde se encuentra el aliviadero de la red de alcantarillado de la ciudad. Según la Dra. Díez, es la mayor fuente de contaminación del puerto. Aquí entra en juego la gestión de aguas de Mataró y de las herramientas que se utilicen para depurar esos residuos, donde normalmente se deben instalar emisarios submarinos en su buen uso y mantenimiento.

Motos de Agua: En Mataró ha crecido exponencialmente la actividad de motos de agua. Ciertamente es una actividad muy valorada entre la gente, sobre todo los jóvenes, y posicionarse en contra sería quizás extremista y no aceptado. No obstante, el aumento de la actividad genera ruido y contaminación, pues funcionan con gasolina. La gerente dice que no hay motos eléctricas viables actualmente.

Turbidez del Agua: Se ha tratado de encontrar datos del disco de Secchi en las masas de agua del puerto de Mataró pero son inexistentes. Sin embargo, a simple vista desde los pantalanes, es posible apreciar el agua turbia y con poca transparencia. La turbidez en el puerto puede ser indicativa de contaminación. Es comprensible que se trate del agua alrededor de las embarcaciones, donde hay más suciedad, aceites, residuos, etc.

Especies en peligro: Las actividades náuticas tienen un impacto negativo en la vida marina. Posidonia21 dio una interesante respuesta a esto, citando textualmente: “Especialmente los depredadores, que realizan la función básica que permite mantener el equilibrio. Dentro de la zona ZEC, en los diferentes arrecifes, el anfuso (o mero), el congrio, los dentales, o también

especies pelágicas como espetos, caballas, atunes, las servías o tintoreras (tiburón azul) están menos presentes que antes (y en algunos casos muy escasos). Por otra parte, hay que insistir mucho en las especies que conforman un cierto hábitat y atraen a otra fauna (vertebrados, invertebrados y vegetales) o estructuran ecosistemas. Son ejemplos de esto último las plantas marinas existentes en el área (*Posidonia oceanica* o *Cymodocea nodosa*) y también las algas, las gorgonias o el mismo coral rojo (presente solo en ciertas cavidades).”

Cumplimiento de regulaciones ambientales: Aunque se reconocen las leyes y regulaciones ambientales, se enfatiza la necesidad de medidas más estrictas y un enfoque más amplio que incluya educación ambiental, divulgación y restauración de ecosistemas. El cumplimiento efectivo de estas regulaciones es crucial para garantizar la sostenibilidad a largo plazo del puerto y su entorno marino.

Estado de sequía: Según la gerente del puerto, dada la situación de emergencia actual sobre sequía, la regulación de su consumo es también uno de los principales retos. Cito textualmente: “La mayoría de los usuarios respetan las recomendaciones. De hecho, con el Decreto de sequía, el consumo de agua se ha reducido un 75% en febrero. Esto es gracias a los usuarios principalmente.”

Ocean Jellyfication: Es un sutil término establecido por la WWF que se ha considerado interesante de acuñar en este estudio y se trata del aumento de la proliferación de medusas. El motivo es el calentamiento del mar Mediterráneo que desequilibra el ecosistema y aumenta el número de estos seres vivos en las costas. Esto altera radicalmente los ecosistemas regionales, con graves efectos en cadena para la pesca y el turismo. En Mataró, como en el resto del Maresme, cada vez más en la época de verano las playas quedan infestadas de medusas día sí y día también, causando un gran descontento en la población.

5.2. Resultados sobre el impacto ambiental

Para estudiar la calidad y los componentes del agua del puerto de Mataró y sus alrededores, se han obtenido datos de la Agencia Catalana del Agua. El objetivo es analizar varios parámetros para identificar posibles contaminantes y evaluar su impacto, así como su relación con las variaciones o anomalías en los valores fisiológicos. Se cuenta con un muestreo que abarca desde enero de 2007 hasta abril de 2024, con un total de 583 registros.

Aunque no se dispone de datos específicos del puerto de Mataró, los datos de las áreas circundantes son relevantes para inferir el impacto de la actividad portuaria. Por ejemplo, aunque los niveles de contaminantes podrían ser mayores dentro del puerto, conocer el tipo de contaminante presente en las áreas adyacentes puede proporcionar pistas sobre las actividades portuarias responsables y los tipos de residuos generados.

Para alcanzar el segundo objetivo de esta investigación, se seguirán los siguientes pasos en el análisis de los datos obtenidos:

En primer lugar, se presentarán las variables disponibles y la cantidad de datos correspondientes a cada una. Esto es importante, ya que no hay la misma cantidad de datos para cada variable, lo cual podría desequilibrar los posibles resultados.

En segundo lugar, se estudiarán las variables para determinar si cumplen con los parámetros exigibles para las características de la zona. Se analizarán las variables y se identificará cualquier anomalía presente en los datos.

Finalmente, se estudiará, si corresponden, las anomalías encontradas y se evaluará su relación con otras variables. Se investigará si las variables anómalas pueden ser causantes de otras anomalías observadas. Este enfoque permitirá una comprensión detallada de los posibles contaminantes en el agua y su impacto, así como las actividades portuarias que podrían estar contribuyendo a dichos contaminantes.

Variables

Figura 5: Variables del estudio del impacto ambiental

Elementos fisicoquímicos	Elementos biológicos	Microcontaminantes
Temperatura del agua	Fitoplacton	Disolventes industriales
Acidez	Fanerogamas	Hidrocarburos

Fuente: Elaboración propia.

Análisis descriptivo

Antes de analizar una por una las variables obtenidas en estos datos, se ha considerado oportuno el cálculo de estadísticas descriptivas como la media, la mediana, la desviación estándar, el mínimo y el máximo para cada variable por masa de agua. Esto dará una idea general de cómo se distribuyen los datos y si hay alguna tendencia o variación notable a lo largo del tiempo que posteriormente será comentada.

Figura 6: Análisis descriptivo de las variables

Variable	Obs	Mean	Std. dev.	Min	Max
Data	0				
Fitoplacton	231	1.283623	1.040253	.02	6.49
Disolvents-s	3	.2244	.1742071	.1091	.4248
Hidrocarburs	3	10.17167	2.95734	6.805	12.35
Fanerogamas	6	.6546667	.1425281	.38	.8
Ph	1	8.18	.	8.18	8.18
Temperatura	240	18.22958	4.631383	10.9	27.4

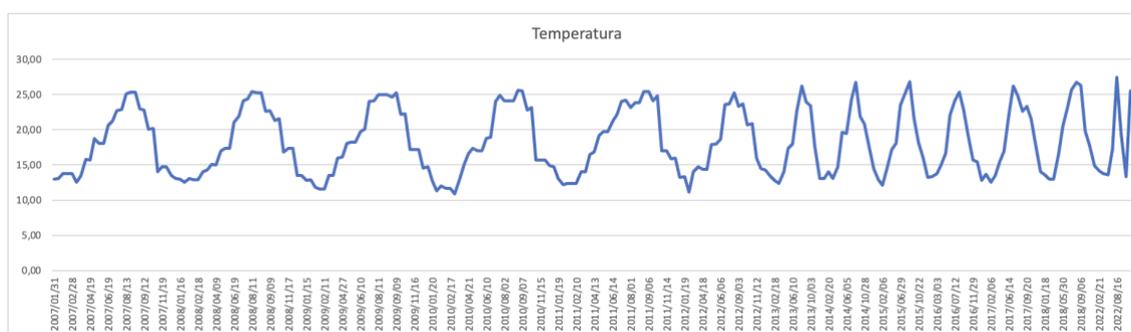
Fuente: Elaboración propia mediante STATA.

Temperatura del agua

Es una de las variables de las cuales se han podido obtener más datos, contando con 120 muestras por masa de agua en 15 años, lo cual nos va a permitir ver la evolución de esta y, sobre todo, si con el paso de los años ha aumentado, pues como a continuación se explica, es uno de los retos climáticos más alarmantes. Un dato a tener en cuenta es que la profundidad de las muestras es de 1 metro todas.

A continuación pueden apreciarse dos gráficos de series temporales de cada una de las masas de aguas. Es obvia la variación estacional, donde en otoño e invierno las temperaturas van disminuyendo hasta situarse entre los 10-15° y el aumento sustancial de cara a la primavera y verano, pudiendo superar los 25°.

Figura 7: Serie temporal de la Temperatura del agua



Fuente: Elaboración propia mediante Excel.

La siguiente tabla comparativa ha sido proporcionada por el Instituto de Estadística de Cataluña, con un muestreo hecho en el Estartit, que a pesar de ser una distancia de 100 km, mantienen unos rangos de temperatura similares.

Respecto a los resultados de este gráfico temporal, destacar que las temperaturas entran dentro de la normalidad de la zona, por lo tanto, no se considera ninguna anomalía.

Hay otras variables condicionantes a la temperatura del agua, como puede ser la radiación solar, las corrientes marinas y los vientos, especialmente la tramontana y levante, que pueden causar mayores fluctuaciones en la temperatura del agua más superficial, como es el caso.

Figura 8: Agua del mar. Temperatura media anual en Cataluña. Por meses.

	2010	2022
Enero	13.3	13.8
Febrero	12.7	13.4
Marzo	12.9	12.9
Abril	13.9	13.9
Mayo	16.3	17.1
Junio	19.7	21.4
Julio	22.3	23.9
Agosto	23.2	25.2
Septiembre	21.5	23.2
Octubre	18.9	21.4
Noviembre	16.8	18.3
Diciembre	14.5	15.4
Media anual	17.2	18.3

Fuente: Elaboración propia mediante datos del Instituto de Estadística de Cataluña.

Sin embargo, sí se ha considerado que debe hacerse un breve apunte sobre el lento pero existente aumento de la temperatura durante el paso del tiempo. Según la Organización Meteorológica Mundial (OMM), existe una probabilidad del 50% de que la temperatura media anual del planeta supere temporalmente en 1,5°C los niveles preindustriales al menos una vez en los próximos cinco años.

Como puede apreciarse en la serie temporal, a medida que el tiempo va sucediendo, la temperatura va aumentando. Por ejemplo, de enero de 2010 a enero de 2018, la temperatura pasa de 12,7 °C a 13,6°C, aumentando en un grado Celsius. Quizás esos datos no pueden considerarse del todo alarmantes, pero si se comparan los datos analizados del mes de agosto de 2009 a 2022 puede verse cómo la temperatura del agua aumenta casi en 2.5°C.

Uno de los motivos principales del aumento de la temperatura a niveles globales, no exclusivamente del agua, es el uso de combustibles fósiles, químicos contaminantes y las emisiones que todos estos desprenden. Como se ha visto anteriormente, a día de hoy la industria de la navegación, inclusive la de recreo, sigue funcionando mediante hidrocarburos, por lo tanto, tiene una relación directa con los niveles de la temperatura del mar y su progresivo aumento.

Justamente, el mar Mediterráneo es una de las zonas del océano más sensibles a estos cambios en el CO2 atmosférico, pues tiene un gran potencial para secuestrar grandes

cantidades de CO₂ que se producen de forma natural (Álvarez et al., 2014) y, debido al exceso de estos gases, en relación con el promedio global, parece haber acumulado más carbono antropogénico (Schneider et al., 2010; Palmiéri et al., 2015).

Un apunte importante a remarcar es que uno de los factores que influyen en una mayor reproducción y aparición de medusas en las costas es el aumento de la temperatura del agua. Cada vez más, en las playas del Maresme se está limitando el baño por presencia de estos cnidarios.

Estos datos resultan alarmantes porque la temperatura del agua es crucial para el buen funcionamiento de la biodiversidad marina local. Un cambio así en el ecosistema puede afectar, como se ha observado en el marco teórico, en la reproducción y el comportamiento de muchas especies marinas, incluyendo peces y moluscos. Además, influye en la salud de los ecosistemas costeros, como las praderas de posidonia y los arrecifes rocosos.

Acidez

De los datos obtenidos de la ACA, solo se ha hecho un único muestreo del pH en febrero de 2022, por lo tanto, no se podrá hacer un estudio evolutivo o comparativo. No obstante, se ha considerado interesante estudiar ese único dato obtenido para ver si entra dentro de los parámetros de normalidad que requiere el mar Mediterráneo.

Antes de ver el dato, es importante aclarar de qué se trata el pH y, en consecuencia, la acidez del mar. Según el California State Water Resources Control Board's, el pH es una medida que indica la acidez o la alcalinidad del agua, definiéndose como la concentración de iones de hidrógeno en el agua. Cuando el pH disminuye, el agua es más ácida y cuando aumenta, es más básica.

Respecto a la importancia de un pH equilibrado, debe tenerse en cuenta que una variación de este puede repercutir en cambios en el metabolismo celular de los organismos acuáticos debido a un cambio en sus reacciones químicas naturales, afectando a la supervivencia y crecimiento. Cambios en el pH del entorno pueden concluir en daños físicos en las estructuras morfológicas de los organismos vivos. Por otro lado, una alteración en la acidez puede modificar el nivel de toxicidad de otras sustancias.

En la región del Maresme, como en cualquier otro lugar, la acidez y el pH del agua presentan características específicas. Respecto al rango general de pH en el Mediterráneo, puede oscilar generalmente entre 8.0 y 8.3, lo que indica una naturaleza ligeramente alcalina. Este valor puede variar debido a factores locales y temporales.

Según el dato obtenido en la ACA, en febrero de 2022 el pH era de 8,18, por lo tanto, entra dentro de los valores estándares, sin apreciarse anomalía.

Respecto al resto de variables, se ha considerado necesario enfatizar en la relación del pH con estas a niveles generales. El nivel de acidez, por un lado, va a afectar directamente a los niveles de fitoplancton y fanerogamas, pues es crucial para el proceso de fotosíntesis y respiración celular. Y, por otro lado, cambios en los niveles de temperatura del agua o la presencia de microcontaminantes en el agua, pueden cambiar significativamente el pH.

En definitiva, a pesar de que los valores se encuentren dentro de la normalidad, no se debe olvidar la importancia de este valor fisiológico y de cómo los factores comentados (temperatura, microcontaminantes), pueden desequilibrar el pH y, este desequilibrio, puede afectar en las demás variables (fitoplancton, fanerogamas).

Fitoplancton

Tras haber analizado los valores fisiológicos, se da paso a los elementos biológicos, empezando por el fitoplancton, el cual es la base de la cadena alimentaria de los ecosistemas marinos. Su función es fundamental para la vida en la tierra, pues es el precursor de la fotosíntesis en el mar, la cual es necesaria para convertir el CO₂ en oxígeno.

La concentración y tipos de fitoplancton pueden variar según diversos factores ambientales como la temperatura del agua, la disponibilidad de nutrientes, la luz solar y las corrientes marinas. El indicador utilizado para estimar la biomasa del fitoplancton es la clorofila-a.

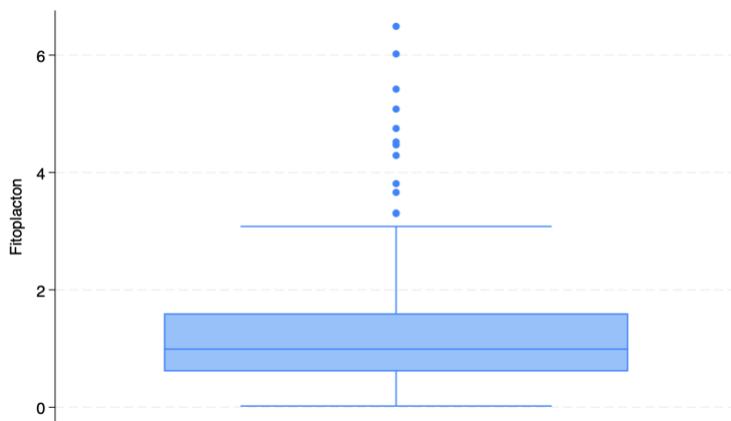
Los datos obtenidos en la base de datos de la ACA van desde enero de 2007 a septiembre de 2023, contándose con una muestra de 231 cifras. El indicador utilizado es la clorofila-a en la unidad de medida de mg/m³. Es importante tener en cuenta también que la muestra es a una profundidad de 1 metro.

En cuanto al análisis descriptivo de la Figura 6, es importante considerar todos estos estadísticos en conjunto para obtener una imagen clara de la distribución de los datos. Para empezar, el rango de los datos va desde 0,02 hasta 6,49, lo que indica una variabilidad considerable en las muestras. La diferencia entre el mínimo y el máximo ($6,49 - 0,02 = 6,47$) muestra que hay una amplia dispersión de los valores en el conjunto de datos.

La media aritmética de 1,28 indica que, en promedio, los valores de las muestras se sitúan alrededor de 1,28. La desviación estándar de 1,04 sugiere que los datos presentan una dispersión moderada alrededor de la media. Esto significa que la mayoría de los valores están dentro del rango de 1,04 unidades por encima o por debajo de la media ($1,28 \pm 1,04$).

La amplia variabilidad del rango (0,02 a 6,49) sugiere que algunos valores son significativamente mayores que la media, posiblemente indicando un sesgo positivo en la distribución, con algunos valores extremos altos. La desviación estándar ayuda a entender la variabilidad relativa en comparación con la media y sugiere que, aunque la mayoría de los datos están concentrados cerca de la media, hay una considerable dispersión con algunos valores extremos. La presencia de valores tan alejados como 6,49 puede indicar la existencia de outliers y, por tanto, se interpretaría como la existencia de valores atípicos en el conjunto de los datos.

Figura 9: Box plot de la distribución de datos de fitoplancton

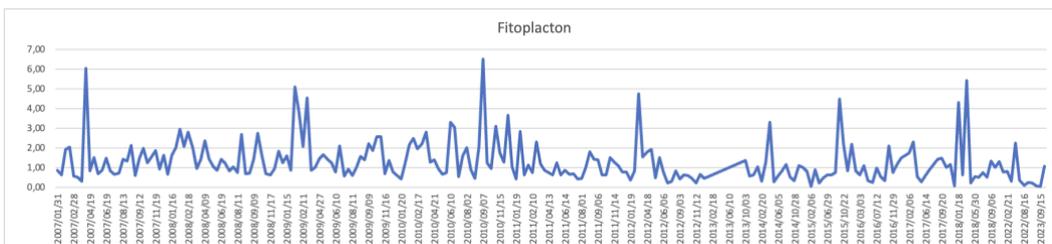


Fuente: Elaboración propia mediante STATA.

La siguiente box plot permite comprender de manera más visual la distribución de los datos y los mencionados outliers en forma de puntos que se extienden exponencialmente en el eje de las Y.

Por otro lado, al tener datos de 16 años consecutivos, resulta interesante ver, mediante una serie temporal, la evolución de la concentración de fitoplancton y si han surgido variaciones durante el tiempo. Hay dos cuestiones a destacar:

Figura 10: Serie temporal de la Temperatura del fitoplancton



Fuente: Elaboración propia mediante Excel.

Los puntos máximos pueden ser debidos a situaciones de elevada biomasa y producción de fitoplancton. Uno de los motivos que promueven la floración de fitoplancton son la cantidad de nutrientes disponibles. Arin et al. (2013) encontraron que en épocas de grandes descargas fluviales, las cuales van a parar al mar, proporcionan una gran fuente de nutrientes y, en consecuencia, se generarían episodios de fertilización.

En los últimos años, se puede apreciar cómo los valores van disminuyendo poco a poco, lo cual podría atribuirse a una reducción de la disponibilidad de nutrientes debida a las mejoras del tratamiento de aguas residuales en la zona. Y otro motivo es a consecuencia del cambio climático.

El aumento de la temperatura del océano está provocando una disminución anual en la población global de fitoplancton. El calentamiento provoca una mayor estratificación de los océanos, reduciendo la disponibilidad de nutrientes. Este descenso, agravado por la pesca y la contaminación, resalta la necesidad de mejores herramientas de observación y mayor comprensión científica para prever la salud futura de los océanos. Dado que de las variables de fitoplancton y temperatura son las que más datos se han podido obtener, se ha considerado relevante que mediante un modelo de coeficiente de correlación de Pearson se intentara corroborar la anterior información y verificar que, cuando aumenta la temperatura, disminuye la población de fitoplancton.

Figura 11: Coeficiente de correlación de Pearson de las variables de temperatura y fitoplancton

	Temperatura	Fitoplancton
Temperatura	1.0000	
Fitoplancton	-0.1818	1.0000

Fuente: Elaboración propia mediante STATA.

Como puede apreciarse en la siguiente figura, el resultado obtenido es $r = -0,1818$, lo cual indica una correlación negativa bastante débil. Es negativa, y por lo tanto, a medida que una variable aumenta, la otra tiende a disminuir. No obstante, dado que los valores se acercan mucho a 0, sugiere que la tendencia es demasiado leve. En otras palabras, la mayor parte del comportamiento de una variable no puede predecirse a partir de la otra. Por lo tanto, con los

resultados obtenidos no se podría probar fehacientemente que el aumento de la temperatura reduce la cantidad de fitoplancton, pero si se podría considerar como un indicio.

Fanerógamas

Las fanerógamas marinas son esenciales para la salud de los ecosistemas marinos, y la preservación de estos hábitats es crucial para mantener la biodiversidad y los servicios ecosistémicos que proporcionan. Dado que en Mataró se encuentra una extensa pradera de fanerógamas, destacando especialmente la presencia de posidonia, resulta de particular interés analizar los resultados del estado de estas especies según los datos proporcionados por la ACA.

Para evaluar su estado, se utiliza el índice POMI (Posidonia Oceanica Multivariate Index) como herramienta de evaluación del estado ecológico de las praderas de Posidonia oceanica. Este índice combina varios parámetros biológicos y ecológicos para proporcionar una evaluación integrada de la salud de estas praderas.

En las dos siguientes tablas que se muestran, por un lado, se presenta una compilación de los datos de la ACA, los cuales resultaron ser escasos, pues solo hay 6 cifras. Por otro lado, se presenta una escala categórica del estado ecológico según el EQR.

Figura 12: Datos sobre fanerógamas de la Agencia Catalana de Agua

Data	Fanerogamas
2007/12/14	0,69
2008/08/11	0,71
2010/07/08	0,80
2016/11/29	0,67
2017/11/21	0,38
2018/08/08	0,68

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la ACA.

Respecto a los valores obtenidos, todos se encuentran en un estado bueno, lo que significaría que las praderas están en buen estado de salud, aunque pueden presentar algunos signos menores de estrés o degradación. No obstante, hay que tener en cuenta que los datos obtenidos en 2017 fueron moderados, lo que denotaba una cierta degradación en la pradera.

Figura 13: Categorías del estado ecológico según el EQR

ESTADO ECOLÓGICO	EQR
Muy bueno	0,775 - 1
Bueno	0,550 - 0,774
Moderado	0,325 - 0,549
Deficiente	0,1 - 0,324
Malo	< 0,1

Fuente: Informe Mar Balear <https://www.informemarbalear.org/wp-content/uploads/2021/03/imb-pomi-esp.pdf>

Algunos de los motivos que pueden causar un descenso en la calidad de la posidonia son la contaminación por nutrientes (eutrofización), hidrocarburos, la construcción y urbanización en áreas costeras, el fondeo de embarcaciones de recreo, y el aumento de la temperatura del agua y la acidificación del océano.

Microcontaminantes

Las últimas variables seleccionadas para el análisis son los microcontaminantes. Al momento de elegir los parámetros de los datos en la ACA, se encontraban divididos entre disolventes industriales, hidrocarburos y PCBs. Posteriormente, dentro de cada grupo se subdividen en compuestos químicos específicos. La intención no es desarrollar cada uno de estos subgrupos en detalle, sino más bien comprender, en términos generales, dónde se encuentran y el peligro o la toxicidad que puedan representar.

Disolventes Industriales: El benceno y el naftaleno son compuestos químicos presentes en diversos contextos marinos y terrestres. El benceno, un hidrocarburo simple, se encuentra en el combustible para motores náuticos y en las emisiones de los motores de combustión interna. El naftaleno, un hidrocarburo policíclico aromático formado por dos anillos de benceno fusionados, se utiliza como insecticida y repelente de polillas, y también se encuentra en el alquitrán de hulla.

PBCs: Los bifenilos policlorados (PCB), aunque prohibidos en muchos países, solían estar presentes en lubricantes y fluidos de motores náuticos antiguos, presentando problemas en áreas donde todavía se utilizan estos barcos.

Hidrocarburos: Junto con los PCB, varios hidrocarburos policíclicos aromáticos (HAP), como el benzantraceno, acenaftileno, acenafteno, benzopireno, benzofluoranteno, benzoperileno, criseño, dibenzoantraceno, fenantreno, fluoranteno, fluoreneno, feneno y pireno, se

encuentran comúnmente en el alquitrán de hulla y el humo del tabaco. Estos HAP son compuestos químicos formados por múltiples anillos de benceno fusionados y muchos de ellos, como el benzantraceno y el benzopireno, son conocidos carcinógenos. La presencia de estos compuestos en el medio ambiente, especialmente en áreas industriales y urbanas, representa un riesgo significativo para la salud humana y la vida marina debido a su toxicidad y persistencia.

Se han obtenido 117 muestras en su totalidad. El único inconveniente apreciado es que estos datos se hubieron recogido únicamente en tres días en 17 años, por lo que es imposible ver una evolución temporal de la concentración de estos elementos.

Sin embargo, si que se ha considerado oportuno hacer una clasificación de toda la recolección de datos mediante una tabla dinámica y ver si se cumplen las recomendaciones de la AEMA (Agencia Europea del Medio Ambiente) anexadas en el Real Decreto 9/2005, de 14 de enero, por el que se establece la relación de actividades potencialmente contaminantes del suelo y los criterios y estándares para la declaración de suelos contaminados.

Antes de ver los resultados, hay que tener en cuenta la diferencia entre unidades de medida, pues en los datos de la ACA se muestran en $\mu\text{g/L}$ y en la tabla del RD en mg/kg . A pesar de no ser de una precisión exacta, se asumirá que la densidad del líquido es similar a la del agua y se interpretará convirtiendo el miligramo a microgramo.

En cuanto a los disolventes industriales, los valores de benceno en la tabla son $0,0316 \mu\text{g/L}$ en 2007 y $0,002 \mu\text{g/L}$ tanto en febrero como en agosto de 2009. Comparados con el valor de referencia del Real Decreto 9/2005, que es de $0,2 \text{ mg/kg}$ ($200 \mu\text{g/L}$), las concentraciones de benceno están significativamente por debajo del límite permitido, indicando que no presentan un riesgo significativo para los ecosistemas acuáticos. El naftaleno, con un valor de $0,06 \mu\text{g/L}$ en 2007 y no detectado en 2009, también se encuentra muy por debajo del valor de referencia de $0,05 \text{ mg/kg}$ ($50 \mu\text{g/L}$), sugiriendo un riesgo mínimo.

Figura 14, 15: Datos sobre microcontaminantes de la ACA / Listado de contaminantes y niveles genéricos de referencia para protección de la salud humana en función del uso del suelo

Row Labels	2007/12/14	2009/02/11	2009/08/11
Disolvente Industrial	0,0916	0,062	0,002
µg/L	0,0916	0,062	0,002
Benzè	0,0316	0,002	0,002
Naftalè	0,06	0,06	
Hidrocarburo	10,018	11,9766	10,0162
ng/L	9,8	11,76	9,8
1,2-Benzantracè	0,6	0,6	0,6
Acenafè	0,2	0,2	0,2
Acenafilè	0,3	0,46	0,3
Antracè	0,3	0,3	0,3
Benzo(a)pirè	0,9	0,9	0,9
Benzo(b)fluorantè	0,5	0,5	0,5
Benzo(g,h)perilè	0,3	0,3	0,3
Benzo(k)fluorantè	0,3	0,3	0,3
Crisè	0,8	0,8	0,8
Dibenzo(a,h)antracè	1,2	1,2	1,2
Fenantrè	0,2	1,28	0,2
Fluorantè	3,1	3,1	3,1
Fluorè	0,2	0,66	0,2
Indeno(1,2,3-cd)pirè	0,7	0,7	0,7
Pirè	0,2	0,46	0,2
µg/L	0,218	0,2166	0,2162
1,2-Dicloroetà	0,01	0,01	0,01
Hexaclorobutadiè	0,0002	0,0006	0,0002
Suma triclorobenzè	0,001		
Tetracloroetilè	0,0022	0,002	0,002
Tetraclorur de Carboni	0,002	0,002	0,002
Tricloroetilè	0,0026	0,002	0,002
Triclorometà	0,2	0,2	0,2
PBC	0,6	0,59	1,211
ng/L	0,6	0,59	1,211
PCB 101	0,11	0,11	0,244
PCB 118	0,11	0,11	0,11
PCB 138	0,07	0,06	0,214
PCB 153	0,07	0,07	0,209
PCB 180	0,09	0,09	0,092
PCB 28	0,07	0,07	0,145
PCB 52	0,08	0,08	0,197
Grand Total	10,7096	12,6286	11,2292

Sustancia	Número CAS	Organismos del suelo	Organismos acuáticos (mg/kg peso seco)	Vertebrados terrestres
1,1-Dicloroetano	75-34-3		0,06	4,18
1,2-Dicloroetano	107-06-2		0,16	0,34
1,1,2-Tricloroetano	79-09-5		0,16	0,3
1,1,2,2-Tetracloroetano	79-34-5		0,02	0,04
Tricloroetilè	79-01-6		0,21	0,45
Tetracloroetilè	127-18-4	0,01 *	0,06	0,15
1,2-Dicloropropano	78-87-5	4,24	0,07	0,43
1,3-Dicloropropano	42-75-6		0,01 *	0,58
Acenafè	83-32-9		0,02	4,85
Acetona	67-64-1		0,54	6,71
Aldrin	309-00-2	0,01*	0,01	0,01*
Antracè	120-12-7		0,01*	22
Benzo(a) antracè	56-55-3	3,8	0,01	
Bencè	71-43-2	1	0,2	0,11
Clorobencè	108-90-7	1	0,03	7,66
1,2-Diclorobencè	95-50-1		0,11	3,15
1,4-Diclorobencè	106-46-7	0,1	0,16	0,53
1,2,4-Triclorobencè	120-82-1	0,05	0,79	0,94
p-Cloroanilina	106-47-8	0,14	0,01*	0,09
Clordano	57-74-9	0,04	0,01*	0,01*
Clorofòrm	67-66-3		0,01	0,01
p,p'-DDE	72-55-9	0,14	0,01*	0,01*
p,p'-DDT	50-29-3		0,01	0,01*
Dieldrin	60-57-1	0,13	0,01*	0,01*
1,4-Dioxano	123-91-1	1,45	13,9	
Endosulfan	115-29-7	0,01	0,01*	0,04
Endrin	72-29-8		0,01*	0,01*
Estireno	100-42-5	0,68	0,25	100**
Etilbencè	100-41-4		0,08	4,6
Decabromofenil èter	1163-19-5		2,66	59,7
Pentabromo difenil èter	32534-81-9	0,32	5,18	0,01*
Octabromo difenil èter	32536-52-0		0,51	0,24
Fenol	108-95-2	0,27	0,03	23,7
2-Clorofenol	95-57-8	0,04	0,01*	0,12
2,4-Diclorofenol	120-83-2	0,2	0,06	0,02
2,4,5-Triclorofenol	95-95-4	0,05	0,09	3,3
2,4,6-Triclorofenol	88-06-2	0,4	0,012	0,03
Pentaclorofenol	87-86-5	0,02	0,01*	0,01*
Fluorantè	206-44-0	1	0,03	1,96
Fluoreno	86-73-7	0,22	0,02	2,84
Fluoruros	7664-39-3	11	0,29	3,7
Hexacloro bencè	118-74-1	5,7	0,01	0,01*
Hexacloro butadiè	87-68-3		0,01 *	
Hexaclorociclohexano-alfa	319-84-6		0,25	0,05
Hexaclorociclohexano-beta	319-85-7		0,38	0,01 *
Hexaclorociclohexano-gamma	58-89-9	0,01*	0,01*	0,23
Hexaclorobutano	67-72-1		0,03	0,03
Naftalè	91-20-3	0,1	0,05	0,06
Nonilfenil	25154-52-3	0,34	0,031	0,78
Pireno	129-00-0		0,01*	1,2
Benzo(a)pireno	50-32-8	0,15	0,01 *	
Tetracloruro de carboni	56-23-5		0,12	
Tolueno	108-88-3	0,3	0,24	13,5
Xileno	1330-20-7		0,07	

Fuente: Elaboración propia mediante Excel / RD 09/2005.

En el caso de los hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAHs), los valores varían entre 0,2 ng/L y 1,2 ng/L en diferentes fechas. Según el Real Decreto 9/2005, los valores de referencia para cada PAH específico son generalmente de 0,02 ng/L (20 µg/L). La mayoría de los valores de PAHs en la tabla están dentro de los límites establecidos.

Respecto a los bifenilos policlorados (PCBs), dado que en la tabla no se encuentran clasificados, se usa como referencia las limitaciones indicadas en el Real Decreto 508/2007, de 20 de abril, por el que se regula el suministro de información sobre emisiones del Reglamento E-PRTR y de las autorizaciones ambientales integradas. En el umbral de emisiones al agua, se establece una limitación de 0,1 kg/año. Aunque los valores de PCBs individuales están generalmente por debajo del límite de referencia, el incremento en los niveles de PCB 101, 138 y 153 en 2009 sugiere que se acercan al límite permitido, lo que indica la necesidad de una vigilancia adicional dada su peligrosidad.

A pesar de que no se ha podido estudiar si había algún tipo de correlación con las demás variables por la falta de información, sí que es pertinente recordar como pueden influir en ellas. Aunque no afectan directamente la temperatura del agua, pueden influir en procesos que sí lo hacen. Por ejemplo, ciertos contaminantes pueden alterar la transparencia del agua, afectando la absorción de luz solar y, por ende, la temperatura del agua. Además, los vertidos de hidrocarburos pueden formar una capa en la superficie que modifica el intercambio de calor entre el agua y el aire, alterando las condiciones térmicas locales. En cuanto a la acidez del agua, los disolventes industriales y algunos hidrocarburos pueden reducir el pH mediante la liberación de sustancias ácidas durante su degradación, afectando negativamente a la flora y fauna marina al alterar la disponibilidad de nutrientes y la solubilidad de metales tóxicos.

El fitoplancton es muy sensible a los cambios en la calidad del agua, y los microcontaminantes pueden interferir con su fotosíntesis, dañando sus células o bloqueando la luz solar. Los hidrocarburos y disolventes industriales pueden ser tóxicos para el fitoplancton, reduciendo su crecimiento y productividad, lo que impacta toda la cadena alimentaria marina. Las fanerógamas marinas, como las praderas de posidonia, también son afectadas negativamente, ya que los hidrocarburos pueden cubrir sus hojas y reducir la fotosíntesis, mientras que la toxicidad de los disolventes industriales puede dañar sus tejidos, afectando su crecimiento y reproducción. En resumen, los microcontaminantes pueden alterar significativamente los ecosistemas marinos al afectar la temperatura, acidez, fitoplancton y fanerógamas marinas, lo que hace crucial mitigar estos contaminantes para preservar la salud de los océanos y sus habitantes.

5.3. Resultados sobre el análisis del cumplimiento normativo

El tercer objetivo de esta tesis era examinar qué tan eficaces son las herramientas jurídicas en materia de puertos deportivos, identificando posibles brechas y deficiencias en la aplicación de estas regulaciones. El motivo principal de este objetivo es la creencia de que en los sistemas de gobierno, una buena base legislativa (y su debido cumplimiento) son una de las mejores herramientas para la evolución, especialmente en materia de medio ambiente.

Para desarrollar este objetivo, se ha utilizado una metodología cualitativa basada en la opinión de personas dedicadas al sector. Los colaboradores han sido dos abogados marítimistas de Barcelona, la doctora Rosa Romero Serrano y el doctor Jaime Rodrigo de Larrucea; una vez más, la asociación Posidonia 2021 y, finalmente, Estíbaliz Amatriain Rubio, capitana de operaciones del Puerto Olímpico en Barcelona. Tras una conversación telefónica con cada uno de ellos, se ha llegado a un conjunto de conclusiones que a continuación se expondrán.

Antes de profundizar en los detalles, es importante mencionar que un análisis jurídico no es tarea sencilla. La ley es cuestión ambigua y, a veces, abrumadora. El abanico normativo es amplio y, como comentó la abogada Rosa Romero, es muy sencillo perderse. Por ello, se va a tratar de acotar la información de la forma más precisa y clara posible.

En primer lugar, y a pesar de haberse redactado en el marco teórico, es necesario volver al tema de competencias, ya que es la base de todo. Existe un orden de prelación, el cual va de más general a más específico. Nace de los tratados internacionales de la OMI y termina en la ejecución por parte, en este caso, del Consorcio del Puerto de Mataró. Una cuestión importante a destacar es la capacidad legislativa que, en última instancia, recae en Cataluña. La localidad de Mataró no tiene esa capacidad, ya que depende de la Generalitat y su única función es la buena ejecución de la normativa.

Dada la potestad que tiene Cataluña en esta materia, según el artículo 148.1.6ª CE, a continuación se tratará de evaluar la actuación de la Generalitat. Bajo la entidad de Ports de la Generalitat se controla todo lo que concierne a los puertos deportivos. El Dr. Rodrigo de Larrucea aclaró que esta entidad es público-privada, ya que opera por concesión y, por lo tanto, actúa como una empresa, destacando la función reguladora y la gestión indirecta. En términos generales, se critica el uso del "greenwashing", es decir, el uso de estrategias que aparentan ser más respetuosas con el medio ambiente de lo que en realidad son por razones de imagen. A pesar de ello, se reconoce que están haciendo lo que pueden para contribuir a modelos más sostenibles.

Se han investigado las leyes, siendo la ley "madre" aquí en Cataluña la Ley 10/2019, bastante interesante pero genérica. Existe un plan para establecer mejoras en los puertos de cara a 2030, así como declaraciones ambientales y manuales de buenas prácticas. El Consorcio del Puerto de Mataró se acoge a una variedad de certificados y a todo lo mencionado hasta ahora, pero se echa de menos un plan de acción estratégico más específico para el puerto en concreto, con un ámbito de aplicación claro, vinculante e imperativo.

Por ejemplo, como es el caso del Puerto Olímpico, gestionado por la empresa Barcelona de Serveis Municipals, S.A., donde Estíbaliz Amatriain comentaba que existe un plan estratégico más concreto en términos de desarrollo y sostenibilidad del puerto, el cual es accesible y actualizado, mostrando las necesidades del puerto y lo que se pretende hacer. En la siguiente imagen se muestra una captura de pantalla de la página web del puerto. Tienen un apartado sobre las novedades, cómo se está transformando, proyectos que se están llevando a cabo y, sobre todo, el régimen de explotación del puerto actualizado en 2021.

Figura 16: Captura de pantalla de la web de Port Olímpic de Barcelona



Fuente: Página web Port Olímpic <https://portolimpic.barcelona/es>

Es muy interesante profundizar en el reglamento del Puerto Olímpico, el cual se actualizó en 2021 y contiene un título dedicado al medio ambiente, como se puede observar en la próxima figura. En comparación con el puerto de Mataró, el reglamento publicado en la página web fue aprobado en 1998, sin la presencia de ningún artículo ni siquiera sobre medio ambiente.

Figura 17: Extracto del Reglamento Interno del Port Olímpic de Barcelona

TÍTULO CUARTO.- MEDIO AMBIENTE.....	41
Artículo 73.- Gestión de los recursos	41
Artículo 74.- Gestión de residuos. Normas generales.....	41
Artículo 75.- Residuos derivados del uso normal de las embarcaciones	42
Artículo 76.- Residuos derivados del mantenimiento y la reparación de embarcaciones	42
Artículo 77.- Residuos generados por la actividad de los locales.....	43
Artículo 78.- Residuos generados por obras o reformas en los locales.....	43
Artículo 79.- Emisiones de polvo	43
Artículo 80.- Proyecciones	43
Artículo 81.- Contaminación sonora y lumínica.....	44
Artículo 82.- Vertido o derrame	44

Fuente: Reglamento Interno de explotación y policía del Port Olímpic de Barcelona. <https://portolimpic.barcelona/es/nuevo-port-olimpic/reglamento-port-olimpic>

De hecho, Ports de la Generalitat publica un plan de cara al futuro: "*Pla de ports de Catalunya: horitzó 2030*", para la mejora de los puertos de Cataluña. En el Anexo 2, que aborda el análisis de infraestructuras y actuaciones necesarias, la ficha del puerto de Mataró destaca la necesidad de desarrollar un plan estratégico para el puerto. Además, en el Anexo 3 sobre evaluación ambiental estratégica, en relación con la playa del Varador de Mataró, tras un diagnóstico ambiental, se concluye que el interés ambiental es alto (destacando la presencia de Posidonia) y el grado de protección es bajo.

Finalmente, en relación con el tema de las fanerógamas marinas presentes en la costa mataronina, es importante destacar que, según el departamento de Medio Ambiente y Sostenibilidad de la Generalitat, los algueros de Posidonia son considerados ZEC (Zona de Especial Conservación) y, por lo tanto, requieren una mayor protección. Sin embargo, no existe una reglamentación específica para el puerto de Mataró en esta materia. Además, la asociación Posidonia 2021 envió a Ports de la Generalitat un Plan de Acción en 2020, del cual no se ha obtenido respuesta. También es relevante mencionar que en estas zonas de especial conservación está prohibido fondear las embarcaciones. En relación con esto, la abogada Rosa comentaba que en este caso debería analizarse la actuación de los cuerpos de seguridad marítima de la zona, quienes tienen la obligación de resguardar estas zonas y verificar si se está llevando a cabo. Es posible que en esta materia aún exista una laguna jurídica o ejecutiva.

En conclusión, no se puede afirmar que la legislación actual sea del todo eficaz. Se han apreciado carencias en la reglamentación del puerto y el buen funcionamiento de algunas normas. Hay lagunas por resolver, materia por actualizar y se deben buscar nuevas estrategias de cara al futuro. Es un tema complejo, pero a la vez importante. Se entiende que un sistema perfecto es una utopía y que la actividad náutica siempre generará un impacto, sin embargo, se considera que también es nuestra responsabilidad mitigarlo en la medida que se pueda.

5.4. Resultados sobre la propuesta de mejora

El objetivo final de este trabajo es proponer mejoras para abordar todas las debilidades identificadas hasta ahora. Este objetivo busca aumentar la conciencia sobre la realidad actual, aceptar que existen dificultades y utilizarlas como una motivación para mejorar y desarrollar nuevas perspectivas de futuro.

Las propuestas que se presentarán a continuación se basan en los problemas aún no resueltos en el puerto de Mataró, tal como se ha estudiado en los objetivos 1, 2 y 3. Para desarrollar estas ideas, se ha contado con la colaboración del capitán y profesor Erik Font Fabra, y de la capitana de operaciones del Puerto Olímpico, Estíbaliz Amatriain Rubio. También se han tomado en cuenta las lecturas de Esteban Biondi, ingeniero especializado en diseños sostenibles y resilientes de marinas y desarrollos costeros, así como recomendaciones del Fondo Mundial para la Naturaleza. Además, se ha buscado inspiración en proyectos del Puerto Banús y el Puerto Olímpico, y se han considerado conceptos clave como la economía azul.

El Fondo Mundial para la Naturaleza (en adelante, WWF), emite en 2021 el documento "Blueprint for a Living Planet" de propuestas de mejoras para la sostenibilidad de los ecosistemas marinos y costeros. Se ha considerado oportuno destacar algunas de las propuestas:

1. Aumentar la Ambición y Urgencia: Priorizar la conservación y restauración de ecosistemas costeros, integrando soluciones basadas en la naturaleza en las estrategias nacionales de mitigación y adaptación al cambio climático.
 - Aumentar la Ambición en la Reducción de Emisiones: Fortalecer las medidas oceánicas en las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC) y los Planes Nacionales de Adaptación (NAP) para abordar desafíos climáticos, de biodiversidad y desarrollo sostenible.
 - Presentar Información Cuantitativa y Cualitativa: Incluir datos específicos sobre la contribución del océano a la mitigación y adaptación en las NDC y NAP.
 - Movilizar Recursos y Capacitación: Desarrollar medidas climáticas oceánicas, estandarizar métricas de planificación y reporte, y comunicar necesidades financieras y tecnológicas a corto y largo plazo.
 - Identificación y Conservación de Hábitats de Carbono Azul: Utilizar descripciones de áreas ecológica o biológicamente significativas para identificar y gestionar hábitats críticos, incluyendo macroalgas y arrecifes biogénicos.
 - Planificación Espacial Marina Basada en Ecosistemas: Implementar planes que integren evaluaciones de impacto ambiental inclusivas de biodiversidad en la legislación nacional, considerando los efectos del cambio climático y la acidificación oceánica.
2. Incorporar la Naturaleza como Parte de la Solución: Proteger y gestionar sosteniblemente los ecosistemas costeros y oceánicos para abordar tanto la crisis climática como la oceánica, apoyando también los ODS.
 - Enfoques Basados en Ecosistemas: Integrar enfoques basados en ecosistemas para la adaptación climática en las NDC y NAP.
 - Soluciones Basadas en la Naturaleza: Reconocer el papel de las soluciones basadas en la naturaleza, incluyendo las oceánicas, asegurando que no sustituyan la eliminación rápida de combustibles fósiles, respeten los derechos de las personas y beneficien a la biodiversidad.
3. Centrarse en las Personas: Involucrar y empoderar a las comunidades locales en la toma de decisiones, asegurando procesos inclusivos y equitativos.
 - Cooperación Global Mejorada: Fomentar mecanismos nuevos o fortalecidos para abordar conjuntamente el cambio climático y la conservación de la biodiversidad marina.

- Derechos Humanos y Marcos Legales: Establecer políticas que aseguren los derechos humanos, incluyendo los derechos de los trabajadores del puerto y el uso de algunas costumbres tradicionales.
 - Procesos Inclusivos y Transparencia: Adoptar procesos inclusivos para diseñar NDCs y el marco de biodiversidad post-2020. También asegurar la participación inclusiva en las estructuras de gobernanza del clima, océano y biodiversidad.
 - Integración del Conocimiento Local y Científico: Incorporar sistemas de conocimiento local, tradicional y científico en la educación climática y el diseño de respuestas específicas.
 - Empoderamiento y Equidad: Priorizar medidas para empoderar a los titulares de derechos locales, abordar la vulnerabilidad social y garantizar la participación pública significativa.
4. Unir las Agendas de Financiamiento Climático y Oceánico: Coordinar mejor los mecanismos de financiamiento para aprovechar fondos adicionales, priorizando la inversión en soluciones oceánicas sostenibles.
- Coordinación Financiera: Promover la coordinación entre los mecanismos financieros de distintas organizaciones para obtener fondos adicionales para la sostenibilidad oceánica y soluciones basadas en la naturaleza.
 - Reconocimiento del Valor de los Ecosistemas: Integrar el valor social y económico de las infraestructuras naturales marinas y costeras en la planificación y financiación futura, reconociendo los riesgos ambientales, sociales y económicos de los enfoques tradicionales.
 - Desincentivar Riesgos e Incentivar Inversiones Sostenibles: Priorizar la inversión en acciones climáticas oceánicas mediante la buena gobernanza, la creación de capacidades y la financiación combinada, especialmente para soluciones basadas en la naturaleza.
 - Principios de Finanzas para una Economía Azul Sostenible: Adoptar estos principios para definir claramente la sostenibilidad en la financiación y asegurar la salud del océano como una respuesta fundamental a los compromisos del Acuerdo de París.

Después de haber considerado las recomendaciones generales, procederemos ahora a estudiar medidas específicas para mejorar los problemas identificados en el objetivo 1. Para ello, se sugiere lo siguiente:

Emisiones de CO₂ e Hidrocarburos de Barcos y Gasolineras: Algunas medidas para mitigar este problema incluyen promover el uso de combustibles más limpios, como biocombustibles o combustibles de bajo contenido en azufre, e instalar sistemas de energía en tierra (OPS) para permitir que los barcos apaguen sus motores y se conecten a la red eléctrica del puerto. Además, se debe fomentar la adopción de tecnologías de propulsión eléctrica e híbrida en barcos y electrificar el muelle, fomentando el uso de vehículos híbridos dentro del puerto.

Gestión de Sentinas: Es fundamental mejorar los sistemas de tratamiento de aguas de sentina en los puertos, ofrecer programas de formación a los operadores de barcos sobre la correcta gestión de sentinas y asegurar que las regulaciones de la Organización Marítima Internacional (IMO) se implementen y se cumplan rigurosamente.

Uso de Disolventes, Productos de Limpieza y Pintura: Promover el uso de productos de limpieza y pintura biodegradables, imponer regulaciones que prohíban o limiten el uso de productos altamente contaminantes en áreas portuarias y requerir permisos especiales para pintar el casco de los barcos mientras están flotando, conforme a las regulaciones de MARPOL.

Gestión de Residuos: La falta de civismo contribuye significativamente a la contaminación del puerto. Es crucial intensificar las campañas de sensibilización sobre la importancia de no arrojar residuos al mar, incrementar la vigilancia y aplicar sanciones a quienes infrinjan las normativas de gestión de residuos, y organizar limpiezas regulares y voluntarias del puerto y las playas circundantes.

Preservación de la Posidonia: Es necesario implementar controles estrictos de fondeo, establecer sistemas de vigilancia y sanciones para evitar el fondeo en zonas protegidas de posidonia, desarrollar e implementar un plan de acción aprobado y efectivo para su protección, y trabajar estrechamente con asociaciones que protegen la posidonia para asegurar su preservación.

Contaminación Acústica y Cetáceos: Regulación del el uso de sonares en zonas frecuentadas por cetáceos, establecer áreas marinas protegidas donde se prohíba el tránsito de embarcaciones ruidosas, y realizar estudios continuos sobre el impacto del ruido en los cetáceos, ajustando las regulaciones en consecuencia.

Contaminación del Acuífero de Argentona y la Playa Pekín: La presencia de contaminantes en el acuífero de Argentona y la playa Pekín es preocupante. Para abordar este problema, se deben implementar sistemas de control y tratamiento de vertidos industriales y agrícolas, asegurar que las infraestructuras de saneamiento estén adecuadamente diseñadas para

evitar la contaminación, y realizar monitoreos regulares del acuífero para detectar y mitigar la contaminación a tiempo.

Motos de Agua: El aumento de la actividad de motos de agua genera ruido y contaminación. Es importante limitar la actividad estableciendo horarios y zonas específicas donde se permita el uso de motos de agua, fomentar la investigación y desarrollo de motos de agua eléctricas o híbridas, e imponer regulaciones estrictas sobre el uso de motos de agua, garantizando su cumplimiento.

Turbidez del Agua: Para mejorar la calidad del agua, se puede promover la instalación de arrecifes artificiales que fomenten la biodiversidad, utilizar discos de Secchi y otros métodos para monitorear la turbidez y tomar medidas correctivas, e implementar sistemas de recolección de aceites y otros contaminantes cerca de las embarcaciones.

Legislación y Regulación: Es necesario desarrollar un reglamento detallado y específico para el puerto de Mataró que aborde sus necesidades particulares, asegurar que todas las normativas y planes de acción sean accesibles y transparentes para el público y los usuarios del puerto, y revisar y actualizar regularmente las leyes y regulaciones para adaptarlas a las necesidades y desafíos actuales.

Energía en el Puerto: La energía sostenible en el puerto es crucial. Se debe promover el uso de energías renovables como la solar y eólica en las infraestructuras portuarias, implementar medidas para mejorar la eficiencia energética de las operaciones portuarias, y fomentar la investigación en tecnologías energéticas sostenibles aplicables a entornos portuarios.

Economía Azul y Proyectos de Innovación: La economía azul se centra en el uso sostenible de los recursos oceánicos para el crecimiento económico, la mejora de los medios de vida y la creación de empleos, a la vez que se preservan la salud del océano y sus ecosistemas. Para fomentar la economía azul, se pueden desarrollar iniciativas que promuevan el uso sostenible de los recursos marinos, como la acuicultura sostenible y el turismo ecológico.

Propuestas de Mejora Específicas Basadas en Proyectos Sostenibles:

- **Puerto Banús:** Utilización de materiales sostenibles como el bambú, acero reciclable y algodón orgánico en las infraestructuras portuarias. Además, de la reducción del consumo de energía mediante el uso de iluminación y electrodomésticos eficientes, junto con la instalación de sistemas de aislamiento para minimizar la pérdida de calor. Asimismo, la promoción del uso de embarcaciones ecológicas, incentivando la adopción de barcos y motores de bajas emisiones.

- Puerto Olímpico de Barcelona: se sugiere seguir su ejemplo en materia de conservación marina. Esto implica establecer proyectos de conservación como la instalación de biotopos de carbonato cálcico y el empleo de hidrófonos para el seguimiento de la fauna marina. Además, se propone implementar programas de reciclaje para partes de barcos y materiales, así como mejorar la gestión de residuos en el puerto para garantizar un entorno más limpio y sostenible.

6. Conclusiones

La inmersión en la investigación sobre la importancia del mar y el análisis del impacto de la actividad náutica en su deterioro ha sido, sin lugar a dudas, una experiencia reveladora y enriquecedora. Al profundizar en el estudio del puerto de mi ciudad natal, Mataró, he descubierto la complejidad y la interconexión de factores que influyen en la salud y la sostenibilidad de los ecosistemas marinos. Este proceso ha despertado mi interés particular por el análisis de las leyes y regulaciones aplicables en este ámbito, aunque debo admitir que el mundo jurídico puede resultar abrumador en ocasiones. Aun así, he encontrado una fascinación especial en comprender cómo estas disposiciones legales pueden ser herramientas efectivas para la protección y conservación del medio ambiente marino.

Al evaluar los objetivos y las hipótesis planteadas inicialmente, considero que se han logrado avances significativos en la comprensión de la complejidad de los problemas ambientales en la zona costera de Mataró. Sin embargo, me sorprendieron ciertos hallazgos inesperados, como la contaminación del acuífero de la Riera de Argentona y la presencia de contaminantes acústicos que afectan a la vida marina, especialmente a los cetáceos. Estos descubrimientos han agregado capas adicionales de análisis y reflexión a mi investigación, destacando la urgente necesidad de abordar estos problemas de manera integral y coordinada.

En relación con los datos proporcionados por la Agencia Catalana del Agua, si bien los resultados han sido en su mayoría alentadores, la escasez de datos recopilados para una serie temporal de 17 años plantea interrogantes sobre la consistencia y la fiabilidad de las conclusiones obtenidas. En este sentido, creo que sería beneficioso realizar un seguimiento más riguroso y sistemático de las variables estudiadas, así como explorar la posibilidad de ampliar el alcance de la investigación para incluir diferentes profundidades y períodos de muestreo.

En cuanto al análisis jurídico, reconozco que podría haber profundizado aún más en el estudio de las leyes y regulaciones aplicables, especialmente en lo que respecta a la protección de las fanerógamas marinas y otras especies vulnerables en la zona costera de Mataró. La posibilidad de establecer contactos con entidades como Ports de la Generalitat y ampliar la

investigación sobre la normativa relacionada con la posidonia y la policía portuaria podría haber proporcionado una perspectiva más completa y detallada sobre este aspecto de la investigación.

Sin embargo, a pesar de estas limitaciones, considero que las conclusiones obtenidas hasta el momento son valiosas y ofrecen una base sólida para la identificación de áreas de mejora y la formulación de recomendaciones para promover la sostenibilidad en la gestión de los recursos marinos en Mataró. Desde una perspectiva personal, creo que la parte más importante de este trabajo radica en las recomendaciones, ya que representan una oportunidad para convertir los hallazgos de la investigación en acciones concretas y tangibles para mejorar la salud y la resiliencia de los ecosistemas marinos locales. En última instancia, veo este proceso como un llamado a la acción para encontrar un equilibrio armonioso entre el desarrollo económico y la conservación del medio ambiente marino, reconociendo nuestra responsabilidad colectiva de proteger y preservar estos valiosos recursos para las generaciones futuras.

7. Referencias

Visbeck, M. (2018). Ocean science research is key for a sustainable future. *Nature Communications*, 9(1). <https://doi.org/10.1038/s41467-018-03158-3>

Hermanns et al. (2021) Chapter 28: Development in the understanding of overall benefits from the ocean to human. https://www.researchgate.net/profile/Robert-Blasiak/publication/351035802_Chapter_28_Developments_in_the_understanding_of_overall_benefits_from_the_ocean_to_humans/links/6080528f881fa114b41b5c52/Chapter-28-Developments-in-the-understanding-of-overall-benefits-from-the-ocean-to-humans.pdf

O'Halloran, C., & Silver, M. W. (2022). Awareness of ocean literacy principles and ocean conservation engagement among American adults. *Frontiers In Marine Science*, 9. <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.976006>

Moran, M. (2024, 26 enero). *Océanos - Desarrollo sostenible*. Desarrollo Sostenible. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/oceans/>

Galland, G. R., Harrould-Kolieb, E., & Herr, D. (2012). The ocean and climate change policy. *Climate Policy*, 12(6), 764-771. <https://doi.org/10.1080/14693062.2012.692207>

Landrigan, P. J., Stegeman, J. J., Fleming, L. E., Allemand, D., Anderson, D. M., Backer, L. C., ... & Rampal, P. (2020). Human health and ocean pollution. *Annals of global health*, 86(1).

Trozzi, C., & Vaccaro, R. (2000). Environmental impact of port activities. *WIT Transactions on The Built Environment*, 51. <https://www.witpress.com/Secure/elibrary/papers/PORTS00/PORTS00013FU.pdf>

Botello, A. V. (2016). La contaminación marina y la urgencia de su legislación. *Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM*.

Puerto Rico, E. L. A., de la Gobernadora, O., & de Calidad Ambiental, J. (2003). contaminación de agua.

Puertos y contaminación marina | puertos.es. (s. f.). https://www.puertos.es/es-es/Paginas/AFondo/Contaminacion_marina.aspx

Elenwo, E. I., & Akankali, J. A. (2015). The effects of marine pollution on Nigerian coastal resources. *Journal of Sustainable Development Studies*, 8(1).

NACO (2021). Sustainable Ports: Strategies for Port Development and Operations. <https://www.naco.org/sites/default/files/documents/Sustainable-Ports.pdf>

Plastics Europe. (2021, 22 octubre). *Plastics - the Facts 2016 • Plastics Europe*. <https://plasticseurope.org/knowledge-hub/plastics-the-facts-2016/>

Landrigan, P. J., Stegeman, J. J., Fleming, L. E., Allemand, D., Anderson, D. M., Backer, L. C., ... & Rampal, P. (2020). Human health and ocean pollution. *Annals of global health*, 86(1).

Anadón et al., (2022) Impacto sobre los ecosistemas marinos y el sector pesquero. https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/04_eco_marino_y_pesquero_2_tcm30-178495.pdf

Wabnitz, C., & Nichols, W. J. (2010). Plastic pollution: An ocean emergency. *Marine Turtle Newsletter*, (129), 1. https://www.researchgate.net/profile/Wallace-Nichols/publication/268187066_Editorial_Plastic_Pollution_An_Ocean_Emergency/links/54c622550cf256ed5a9c8f3c/Editorial-Plastic-Pollution-An-Ocean-Emergency.pdf

Bunn, S. E., & Arthington, A. H. (2002). Basic principles and ecological consequences of altered flow regimes for aquatic biodiversity. *Environmental management*, 30, 492-507.

Barraza, J. E. (2017). La sensibilidad ambiental de los ecosistemas costeros de El Salvador ante derrames de hidrocarburos. UFG Editores.

Prüss-Ustün, A., Bartram, J., Clasen, T., Colford Jr, J. M., Cumming, O., Curtis, V., ... & Cairncross, S. (2014). Burden of disease from inadequate water, sanitation and hygiene for selected adverse health outcomes: An updated analysis with a focus on low-and middle-income countries. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 218(1), 1-12.

Shen, H., Starr, J., Han, J., Zhang, L., Lu, D., Guan, R., ... & Wu, Y. (2016). The bioaccessibility of polychlorinated biphenyls (PCBs) and polychlorinated dibenzo-p-dioxins/furans (PCDD/Fs) in cooked plant and animal origin foods. *Environment international*, 94, 33-42.

He, Q., Yang, H., Wu, L., & Hu, C. (2015). Effect of light intensity on physiological changes, carbon allocation and neutral lipid accumulation in oleaginous microalgae. *Bioresource technology*, 191, 219-228.

Jones, K. C., & De Voogt, P. (1999). Persistent organic pollutants (POPs): state of the science. *Environmental pollution*, 100(1-3), 209-221.

Aymerich, S. T. (1995). Observacions naturalistes a la platja de Mataró. *Atzavara, L'*, 6, 42-50.

Gimenez, D. G. (1999). Observació i estudi geològic del fons marí a la costa del Maresme. *Atzavara, L'*, 8, 65-72.

Llauradó Cuesta, N. (2014). Anàlisi de l'impacte dels ports al litoral català.

Pla d'Interior Marítim del Port de Mataró. (2021) Ports de la Generalitat https://ports.gencat.cat/wpcontent/uploads/2022/02/PIM_Mataro_2021.pdf

Port de Mataró. (2023, 5 octubre). *Consorti del Port de Mataró*. Port de Mataró | Oberts al mar. <https://portmataro.org/el-consorci/> Port de Mataró. (2022, 1 agosto). *Alguer de Posidonia de Mataró*. Port de Mataró | Oberts al mar. <https://portmataro.org/alguer-posidonia/>

Pla d'Interior Marítim del Port de Mataró. (2021) Ports de la Generalitat. https://ports.gencat.cat/wpcontent/uploads/2022/02/PIM_Mataro_2021.pdf

Peet, G. (1992). The MARPOL Convention: implementation and effectiveness. *Int'l J. Estuarine & Coastal L.*, 7, 277.

Barnes, R. A. (2016, August). The continuing vitality of UNCLOS. In *The United Nations Convention on the Law of the Sea: A Living Instrument* (BIICL, 2016) (pp. 459-489).

Leite, L. (2014). Convenio internacional para el control y la gestión del agua de lastre y los sedimentos de los buques.

Juste Ruiz, J. (2003). El accidente del Prestige y el Derecho Internacional: de la prevención fallida a la reparación insuficiente. *REDI*, 55, 15.

International Maritime Organisation (2010). HNS Convention. <https://www.imo.org/en/MediaCentre/HotTopics/Pages/HNS-2010.aspx>

Barcelona Convention and Protocols | UNEP MAP. (s. f.). <https://www.unep.org/uneppmap/who-we-are/barcelona-convention-and-protocols>

Regional Activity Centre for Specially Protected Areas. (s. f.). <https://www.rac-spa.org/>

Ponte Iglesias, M. T., & Pueyo Losa, J. A. (2014). La estrategia marina europea y la protección del medioambiente marino en la Unión Europea.

Marco, D. (2005). de Aguas. *ambienta*, 70.

Almenar-Muñoz, M. (2016). La reiterada infracción de la Directiva de aguas residuales urbanas. *Actualidad Jurídica Ambiental*, (63), 1-4.

Sánchez, M. F., & Castro, J. G. (2007). *Gestión y minimización de residuos*. FC Editorial.

Olcina, A. G. (2010). Directiva 2007/60/CE sobre evaluación y gestión de los riesgos de inundación. *Investigaciones Geográficas (Esp)*, (51), 271-274.

Sobrino Heredia, J. M. (2003). La acción de la Unión Europea en materia de seguridad marítima. *REDI*, 55, 79.

López-Díaz, A. I., Gutiérrez-García, M. Á., González-Aguilera, D., Morales-Sánchez, A., & Ruiz-Martí, J. (2016). Las TIC navegando hacia la sostenibilidad económica y ambiental en el transporte marítimo. *Dyna*, 83(197), 187-193.

Díaz Pérez, A. (2023). Estudio sobre la gestión de los puertos deportivos y su explotación.

Jiménez, M. I. M. (2014). La ordenación del territorio en las comunidades autónomas. Desarrollo normativo. *Polígonos. Revista de Geografía*, 26, 321-348.

Portas, P. I. (2021). Embarcaciones de recreo: Análisis de la nueva normativa de equipos de seguridad y trámites para su adquisición (Bachelor's thesis, Universitat Politècnica de Catalunya).

Cutanda, B. L. (2012). Derecho ambiental administrativo. Librería-Editorial Dykinson.

El Sistema de Espacios Naturales Protegidos de Cataluña. (s. f.). Medio Ambiente y Sostenibilidad.

https://mediambient.gencat.cat/es/05_ambits_dactuacio/patrimoni_natural/senp_catalunya/index.html

CAMCAT. (s. f.). Departament D'Interior.
https://interior.gencat.cat/ca/arees_dactuacio/proteccio_civil/plans-proteccio-civil/plans-especials/camcat/