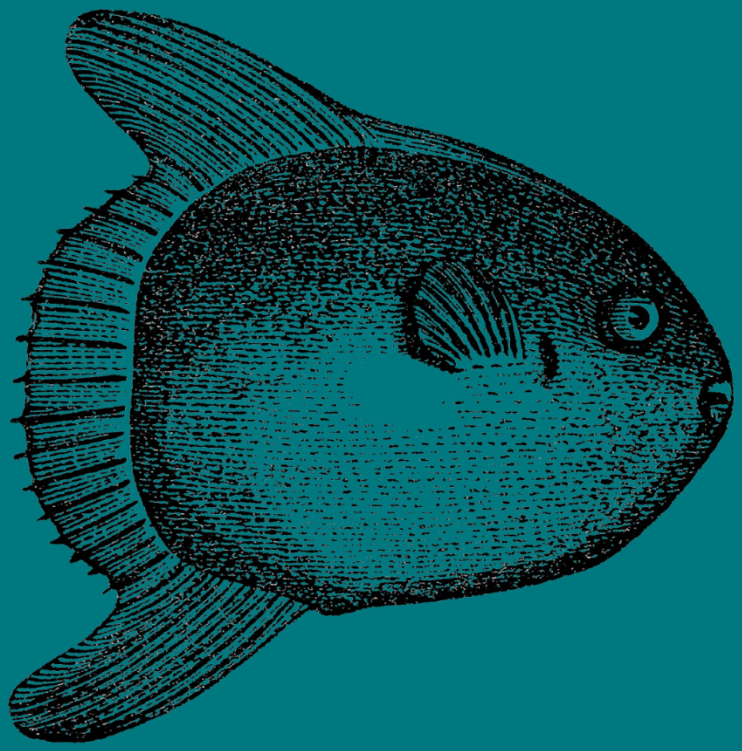
EVALUACIÓN DEL MEDIO MARINO DM LEVANTINO-BALEAR

TERCER CICLO ESTRATEGIAS MARINAS

ANÁLISIS DE PRESIONES ACUMULADAS



Financiado por la Unión Europea
NextGenerationEU

GOBIERNO DE ESPAÑA
VICEPRESIDENCIA TERCERA DEL GOBIERNO
MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO

Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia

ESTRATEGIAS MARINAS
Protegiendo el mar para todos

MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO

datos abiertos

Aviso legal: Los contenidos de esta publicación podrán ser reutilizados citando la fuente, y la fecha, en su caso, de la última actualización.

Edita: ©: Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO). Madrid 2024.

NIPO: xxx-xx-xxx-x

Catálogo de Publicaciones de la Administración General del Estado: https://cpage.mpr.gob.es

MITECO. www.miteco.es



AUTORES DEL DOCUMENTO

INSTITUTO ESPAÑOL DE OCEANOGRAFÍA (IEO-CSIC)

- Carlos Hernández
- Olvido Tello
- Antonio Punzón
- Juanma Ruíz
- Alberto Serrano
- Luis Miguel Agudo
- Gerardo Bruque
- Estibaliz Calleja Setien
- José Manuel Cañizares
- Cristina Cervera
- Ulla Fernández-Arcaya
- Ana Virginia Filgueiras
- Emilio González
- José Manuel González-Irusta
- Cesar González-Pola
- Cristina López
- Francesco Maresca
- Alejandro Martín Arjona
- Concepción Martínez Gómez
- Tatiana Oporto Guerrero
- Patricia Pérez Pérez
- Jaime Ezequiel Rodríguez Riesco

COORDINACIÓN INSTITUTO ESPAÑOL DE OCEANOGRAFÍA (IEO-CSIC)

- Alberto Serrano
- Paula Valcarce Arenas
- Mercedes Rodriguez Sánchez
- Paloma Carillo de Albornoz

CENTRO DE ESTUDIOS Y EXPERIMENTACIÓN DE OBRAS PÚBLICAS. CENTRO DE ESTUDIOS DE PUERTOS Y COSTAS (CEDEX, CEPYC)

- Isabel María Moreno Aranda
- Pilar Zorzo Gallego
- Carla Murciano Virto
- Manuel Antequera Ramos
- Carmen Yagüe Muñoz
- Francisco Pérez del Sastre
- Ana Molina Marín
- José María Grassa Garrido
- Patricia Martín Gómez
- Marta Jiménez Saavedra

COORDINACIÓN CENTRO DE ESTUDIOS Y EXPERIMENTACIÓN DE OBRAS PÚBLICAS. CENTRO DE ESTUDIOS DE PUERTOS Y COSTAS (CEDEX, CEPYC)

- José Francisco Sánchez González

COORDINACIÓN GENERAL MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO (SUBDIRECCIÓN GENERAL PARA LA PROTECCIÓN DEL MAR)

- Itziar Martín Partida
- Marta Martínez-Gil Pardo de Vera
- Lucía Martínez García-Denche
- Francisco Martínez Bedia
- Carmen Francoy Olagüe



ÍNDICE

AUTORES DEL DOCUMENTO **3**

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS **6**

2. DESARROLLO DE UN ÍNDICE DE PRESIONES ACUMULADAS (SEAGRAPI, *SEAGRASS ACCUMULATED PRESSURE INDEX*) **7**

3. APLICACIÓN DEL ÍNDICE DE PRESIONES ACUMULADAS EN CASOS DE ESTUDIO: BAHÍA DE ALICANTE Y BAHÍA DE PALMA **13**

4. REFERENCIAS **18**

ANEXO: FUENTES UTILIZADAS PARA LA CARACTERIZACIÓN DE ACTIVIDADES ANTRÓPICAS EN ZONAS COSTERAS **20**

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

El enfoque ecosistémico, marco conceptual con el que nace y se desarrolla la Directiva Marco para la Estrategia Marina (DMEM), busca garantizar que las presiones acumuladas de las actividades humanas no superen niveles que comprometan la capacidad de los ecosistemas para mantenerse en buen estado y productivos. En este sentido, la caracterización de las presiones que actúan sobre los ecosistemas marinos es fundamental para una gestión y conservación eficaces. La identificación y cuantificación de las presiones es esencial para poder establecer los umbrales de presión a partir de los cuales se provocan cambios en el estado de un hábitat (o su deterioro) y por tanto también para establecer los programas de medidas necesarios para permitir su recuperación. Tal y como indica la guía metodológica para la valoración del descriptor D6 (Integridad de los fondos marinos) en el contexto de la DMEM (Raicevich et al. 2023), la utilización de indicadores de presión derivados de respuestas presión-estado pueden ser una herramienta útil en la valoración del estado del hábitat y la delimitación de valores umbrales para el criterio D6C5. Los ecosistemas marinos, y en especial los localizados en la zona infralitoral de áreas costeras, suelen estar bajo la influencia de múltiples factores de estrés antrópico, por lo que es la combinación en el espacio y el tiempo de estas presiones (presiones acumuladas) lo que determina el impacto final sobre un hábitat. Caracterizar y cuantificar de forma conjunta todas las presiones existentes es por tanto necesario para describir adecuadamente las relaciones entre presión y estado de un hábitat y la construcción de indicadores de presión reales.

La escala espacial a la que se da una determinada presión en el medio marino está estrechamente ligada con la magnitud o intensidad de la actividad que la genera, pero no siempre puede ser fácil de describir. En el caso de presiones localizadas o puntuales su extensión puede ser fácilmente adscrita a la zona concreta donde se da la presión, por ejemplo, el área física afectada por un fondeadero. Sin embargo, para presiones difusas, como los vertidos, dicho alcance es más difícil de establecer ya que depende también de las propias características geomorfológicas y oceanográficas donde se da (Flo et al. 2018). Una descripción de la extensión espacial de una determinada presión difusa puede ser abordada de forma directa mediante programas de monitoreo específicos que incluyen métricas relacionadas con la presión. Por ejemplo, los fenómenos de eutrofización asociados a un vertido urbano de una planta depuradora pueden ser caracterizados a través de medidas de clorofila (Flo et al. 2018). Sin embargo, estos programas requieren de un importante esfuerzo de muestreo en términos de recursos materiales, económicos y temporales, por lo puede ser complejo su desarrollo. Otra opción consiste en la estimación indirecta a través de bioindicadores del medio que pueden reflejar las presiones existentes en una determinada zona. A consecuencia de su alta sensibilidad a las actividades antrópicas, las angiospermas marinas han sido utilizadas habitualmente como bioindicadores de la calidad del medio marino. Para las praderas de *Posidonia oceanica* en el Mediterráneo existe información bibliográfica sobre las relaciones entre actividades antrópicas y características de dichas praderas a diferentes niveles de organización (bioquímico, poblacional), lo que las hace un elemento con elevado potencial para la caracterización de presiones en zonas infralitorales. Por ejemplo, el alcance espacial de un vertido urbano puede ser descrito a través de los contenidos en nitrógeno y/o la señal isotópica del nitrógeno (δ15N) (Jiménez-Casero et al 2023).

El presente documento tiene como objetivo principal proponer nuevas metodologías para la cuantificación y evaluación de presiones marinas acumuladas con un potencial impacto sobre

hábitat bentónicos, a través de la construcción de un índice de presiones acumuladas sencillo y de fácil uso y aplicación basado en praderas de *P. oceanica* como bioindicador.

2. DESARROLLO DE UN ÍNDICE DE PRESIONES ACUMULADAS (SEAGRAPI, *SEAGRASS ACCUMULATED PRESSURE INDEX*)

La construcción del índice SEAGRAPI se basó en el desarrollo de un modelo espacial que integrase cuantitativamente todas las presiones confluyentes en una determinada área de acuerdo al principio de aditividad de presiones (Halpern et al 2007, Batista et al. 2014), o lo que es lo mismo, que la presión total en esa superficie definida sea igual a la suma de las presiones que recibe.

Para llegar a este modelo espacial primero es necesario evaluar de manera independiente cada actividad identificando cuál es la intensidad y la extensión de su influencia en el medio marino. Esto fue determinado a partir de (i) la propia naturaleza y magnitud de la actividad antrópica (ii) la bibliografía existente sobre su impacto y dispersión en el medio usando las praderas de *P. oceanica* como bioindicador y (iii) los casos de estudio de presión de *P. oceanica* incluidos en el programa de seguimiento ES-HB5 Angiospermas del segundo ciclo 2018-2024 de las estrategias marinas (uno de los objetivos específicos de estos casos era evaluar el alcance de presiones antrópicas a través del análisis de parámetros de angiospermas marinas; estos trabajos se citan en como GEAM-IEO-CSIC en el inventario de presiones del presente documento).

En función de estos criterios se estableció un valor de presión máximo que varía entre 1 y 0,66 dependiendo de las características y envergadura de la actividad antrópica (Tabla 1). Este valor de intensidad o nivel de presión máximo fue asignado al punto donde se genera la presión y área más cercana. A partir de este punto se establecieron zonas de influencia de la presión (*Buffer*) cuya dimensión espacial está también determinada por la naturaleza de la actividad que genera la presión. Para considerar el efecto de dilución de la presión con la distancia al punto de vertido, se ha aplicado un factor de corrección diferente en tres franjas del buffer. Esto ha resultado en tres subcategorías de influencia (sub-buffers) en el entorno de cada buffer, cuyo valor de presión corregido disminuye con la distancia al punto de origen de la presión. Las áreas de cada categoría de buffer corresponden a la siguiente zonación: la zona de influencia más cercana al punto y con el valor máximo de presión (que corresponde al área comprendida entre 0-5% del total de distancia del buffer), un sub-buffer con valor intermedio de presión y más alejado del punto de origen (entre 5-33% del área total del buffer) y la zona más alejada de cada buffer (>33%) que tiene el valor más bajo de presión. Por lo tanto, cada buffer queda dividido en tres zonas de influencia que tienen valores de presión decreciente con la distancia al punto de origen.

El inventario de presiones utilizado para la implementación del SEAGRAPI se muestra en la Tabla 1, Tabla 2, Tabla 3 y Tabla 4, donde también se indican el alcance de las zonas de influencia (buffers), el valor máximo de presión establecido para cada presión y la bibliografía de referencia utilizada. Los informes, visores, y documentos en general utilizados para la identificación, localización y caracterización de las actividades antrópicas que generan esas presiones se han recogido en el Anexo 1.

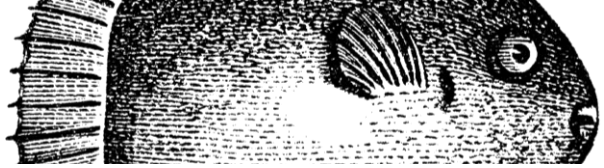
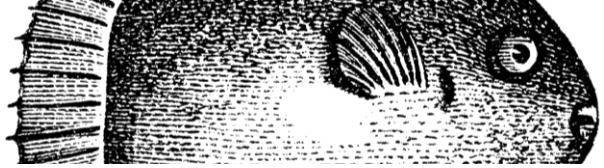


Tabla 1. Categorías de presión, nivel de influencia (buffer) y valor máximo de presión

Categoría de presión	Subcategoría (carga de vertido)	Buffer de influencia (m)	Valor de presión	Referencias
Usos del suelo	Vertidos de cuenca hidrográfica	1000	A + B + C (ver tabla 2)	Flo et al 2019, Clemente et al. (en proceso de publicación) y datos propios del grupo de Ecología de Angiospermas Marinas (GEAM) del Instituto Español de Oceanografía de Murcia (CN-IEO, CSIC), EEMM.
	Vertidos de intercuencas	150	0.66	Flo et al 2019, Clemente et al. (en proceso de publicación) y datos propios del grupo de Ecología de Angiospermas Marinas (GEAM) del Instituto Español de Oceanografía de Murcia (CN-IEO, CSIC), EEMM.
Vertidos	Vertidos de aguas residuales (ver tabla 3)			
	tipo A	1000	1.00	Balestri et al. 2004. Arevalo et al 2007, Diez et al 201, 3 Pinedo et al 2015, Holon 2015, , Jiménez-Casero et al 2023
	tipo B	2000	1.00	
	tipo C	4000	1.00	
	tipo D	5000	1.00	
	Vertido urbano sin identificar de pequeño porte (hoteles, campings, etc)	500	1,00	Datos propios del grupo de Ecología de Angiospermas Marinas (GEAM) del Instituto Español de Oceanografía de Murcia (CN-IEO, CSIC), EEMM.
	Desaladoras (h3/año)			
	≤1	100	1,00	La Torre 2005, Blanco-Murillo 2023,
	1-5	500	1,00	
	5-15	1000	1,00	
	15-30	2000	1,00	



	>30	3000	1,00	
	Instalaciones de acuicultura en tierra	500	1,00	Datos propios del grupo de Ecología de Angiospermas Marinas (GEAM) del Instituto Español de Oceanografía de Murcia (CN-IEO, CSIC), EEMM.
	Vertidos industriales (m^3/año)	1000	0.66	,Reed et al 1994, Schiel et al 2004, Lafabrie et al. 2009
	Acuíferos (mal estado y permeables)	1500	1,00	Gobler & Boneillo 2003, Datos propios del grupo de Ecología de Angiospermas Marinas (GEAM) del Instituto Español de Oceanografía de Murcia (CN-IEO, CSIC), EEMM.
	Granjas de acuicultura marina (Tn/año)			
	<2500	500	1.00	Ruiz et al 2001, Marbá et al 2006, Ruiz et al 2010, Homer et al. 2008, Jimenez Casero et al 2023
	2500-7500	1000	1.00	
	>7500	3000	1.00	
Puertos	Puertos pesqueros, militares y/o comerciales	1000 y 2000 (macropuertos)	1.00	Ruiz y Romero 2003
	Puertos recreativos/deportivos	250	0.66	Leriche2006, Boudouresque2009, Bulleri et al. 2010
Fondeaderos				Criterio de experto y precaución
	Fondeaderos deportivos	Superficie del fondeadero	0,50	
		Superficie del fondeadero	1,00	Criterio de experto y precaución
	Fondeaderos buques			

	comerciales			
				Datos propios del grupo de Ecología de Angiospermas Marinas (GEAM) del Instituto Español de Oceanografía de Murcia (CN-IEO, CSIC)
Playas artificiales		50 m	1,00	
Dragados		100	1,00	Criterio de experto y precaución

Categorías de usos del suelo	Corine Land Cover (CLC) códigos 2018	Cobertura (%)	Nivel de presión
Aéreas urbanas (A)	111, 112, 122, 123, 124, 141, 133, 142	<10	0.00
		10-33	0.33
		33-66	0.66
		>66	1.00
Áreas comerciales e industriales (B)	121, 131, 132	<10	0.00
		10-33	0.33
		>33	0.66
Áreas agrícolas (C)	212, 213, 221, 222, 231, 241, 242	<10	0.00
		10-40	0.33
		40-60	0.66
		>60	1.00
Valor final Uso del Suelo (US) = A + B + C			

Tabla 2. Categorías y valores de usos del suelo.

Caudal		Capacidad		Subcategoría	
Valor	Volumen (m^3/día)	Valor	Población (nº individuos)	Tipo	(Caudal + Capacidad) / 2
0	(<1500]	0	(<4000]	A*	(0 - 1.5]
1	(1500 - 5000]	1	(4000 - 10000]	B	(1.5 - 2.5]
2	(5000 - 10000]	2	(10000 - 40000]	C	(2.5 - 3.5]
3	(10000 - 50000]	3	(40000 - 100000]	D	(>3.5)
4	(>50000)	4	(>100000)		

Tabla 3. Categorización de los vertidos de aguas residuales. A* incluye aliviaderos de emergencia.

Categoría	Subcategoría	Distancia (%) del área de influencia (Table 1)	Factor de corrección
Distancia a la presión	Distancia de alto impacto	< 5%	*1
	Distancia de bajo impacto	5 - 33%	*0,5
	Distancia de influencia sin impacto	> 33%	*0,25

Tabla 4. Factor de corrección aplicado a cada nivel de influencia del buffer (Tabla 1)

Una vez caracterizada y valorada espacialmente cada actividad antrópica y presión asociada, se procedió a la integración cuantitativa de todas las presiones que confluyen en una determinada área a través del solapamiento de sus zonas de influencia. Como superficie de referencia se usó una celda de 100x100m. Mediante herramientas de geoprocesamiento del software ARCGIS 10.8 se llevó a cabo el sumatorio del valor de presión ponderado de los buffers de las diferentes fuentes de presión que

convergen en dicha superficie de referencia (Figura 1). Concretamente, el valor total de las presiones acumuladas (VTPA) en una celda se calculó con de la siguiente fórmula:

$$VTPA = \frac{\sum Pi * Xi}{Superficietotalcelda}$$

donde Pi es el valor ponderado de la presión i y Xi el área del buffer de esa presión incluido en la celda. Por último, el VTPA obtenido en cada celda se normaliza mediante la fórmula

$$SEAGRAPI = \frac{VTPA - valormínimo}{valormáximo - valormínimo}$$

de manera que se obtiene una nueva cifra entre 0 y 1 que se corresponde con el valor final del SEAGRAPI en una determinada celda, donde valores muy próximos a 0 reflejan situaciones con pocas presiones acumuladas.

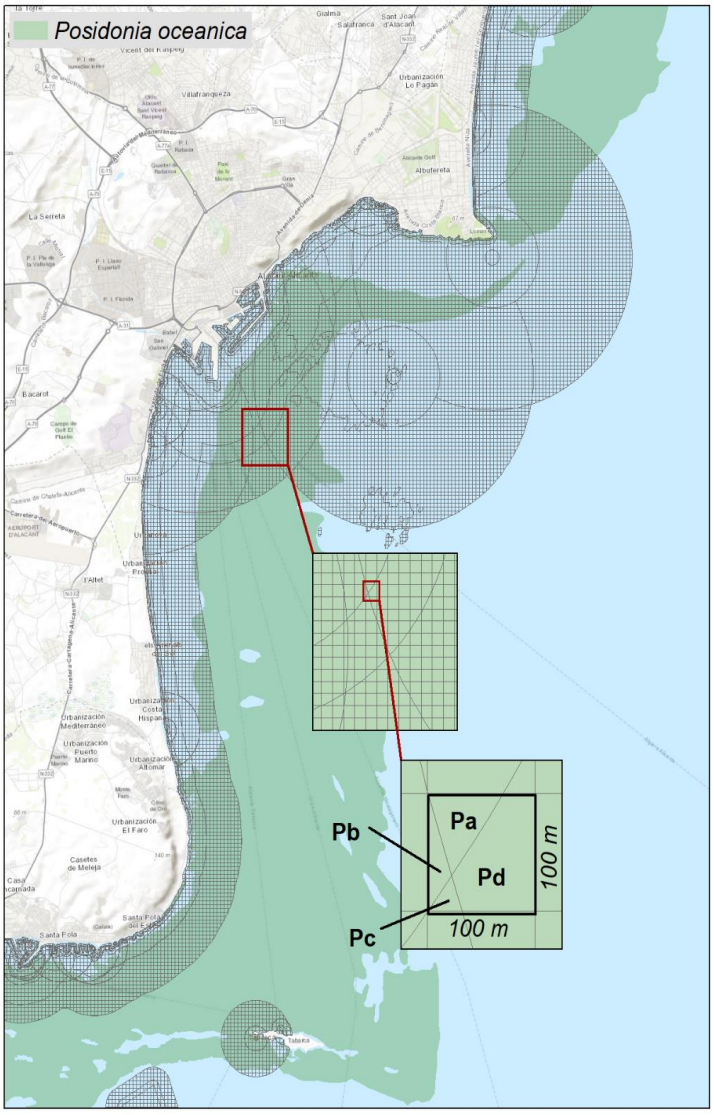


Figura 1. Esquema gráfico de la aproximación utilizada para el cálculo del SEGRAPI. Las áreas sombreadas representan las zonas de influencia (buffers) de cada presión identificada. Estas zonas con presiones antrópicas

son posteriormente divididas en celdas de 100x100m donde se calcula el valor del índice. *Pa, Pb, Pc y Pd* representan las presiones confluyentes en una determinada celda.

3. APLICACIÓN DEL ÍNDICE DE PRESIONES ACUMULADAS EN CASOS DE ESTUDIO: BAHÍA DE ALICANTE Y BAHÍA DE PALMA

Para el desarrollo y evaluación del SEAGRAPI se utilizaron dos casos de estudio de presiones (Figura 2) incluidos en los trabajos desarrollados para la evaluación del *Other Habitat Type* "*Biocenosis de Posidonia oceanica*" en la demarcación Levantino-Balear en el contexto de los programas de seguimiento ES-HB5 angiospermas marinas de aplicación de la DMEM en España (Ver anexo ficha evaluación LEBA-ESAL). Estos casos de presión incluyen zonas con una elevada confluencia de actividades antrópicas de diferente naturaleza en la zona costera, así como áreas próximas donde dichas actividades son inexistentes o muy poco significativas. Estos casos han sido utilizados para el desarrollo de herramientas de evaluación del estado ambiental de praderas de *P. oceanica* (Índice POSI, ver anexo ficha evaluación LEBA-ESAL) ya que también reflejan gradientes de estado de las propias praderas, con áreas en buen estado de conservación y zonas con praderas deterioradas. Por ello, son zonas de estudio óptimas para realizar una buena evaluación preliminar de la relación entre el estado del hábitat y la caracterización de presiones acumuladas llevada a cabo mediante el SEAGRAPI (ver anexo ficha evaluación LEBA-ESAL). Tanto la bahía de Alicante como la bahía de Palma son zonas donde desde hace décadas confluyen numerosas actividades antrópicas que determinan una fuerte presión en los hábitats bentónicos. Se trata principalmente de áreas urbanas que aglutinan sobre el medio marino vertidos de diferente naturaleza (EDARs, desaladoras) con importantes infraestructuras portuarias y una importante alteración de la línea de costa. En el caso de Bahía de Alicante, a unas pocas millas al sur se encuentra la Isla de Tabarca, Reserva Marina de interés pesquero donde existe una importante regulación de las actividades antrópicas. Las zonas de referencia usadas para el caso de Bahía de Palma han sido la punta de Ses Salines y el archipiélago de Cabrera, espacios que también disponen de importantes figuras de protección.

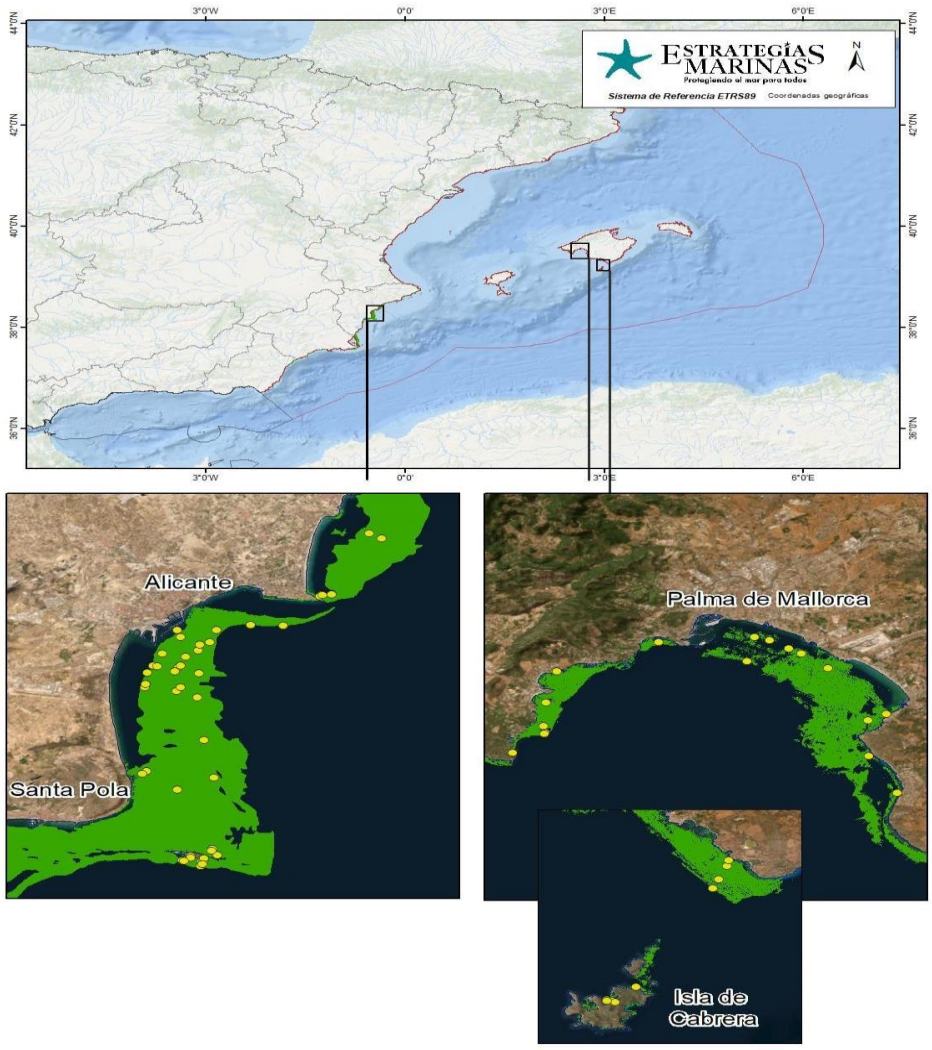


Figura 2**.** Localización de los casos de estudio de Bahía de Alicante (izquierda) y Bahía de Palma (derecha). Los puntos amarillos son estaciones de seguimiento de *P. oceanica* (capa de color verde) utilizadas en el programa de seguimiento ES-HB5 de la DMEM.

En la Figura 3 (Bahía de Alicante) y Figura 4 (Bahía de Palma) se desglosan los diferentes pasos dados para la caracterización inicial de las actividades antrópicas y sus zonas de influencia en los dos casos seleccionados. Cada subfigura refleja los buffers aplicados y los valores de presión ponderados correspondientes para las actividades identificadas en cada caso. La última subfigura (izquierda parte inferior) representa la cartografía final obtenida con el solapamiento de todas las presiones descritas. Como se comentaba en el apartado anterior, es sobre este último mapa donde se aplica la división en celdas de 100x100m y se calculan los valores de SEAGRAPI correspondientes. Por último, se establecieron diferentes categorías de valores para los resultados obtenidos del índice que fueron trasladados a un nuevo mapa (Figura 5) en el que dichas categorías eran identificadas con un gradiente de colores. De esta forma, era posible distinguir fácilmente aquellas zonas donde se daba una mayor acumulación de presiones antrópicas.

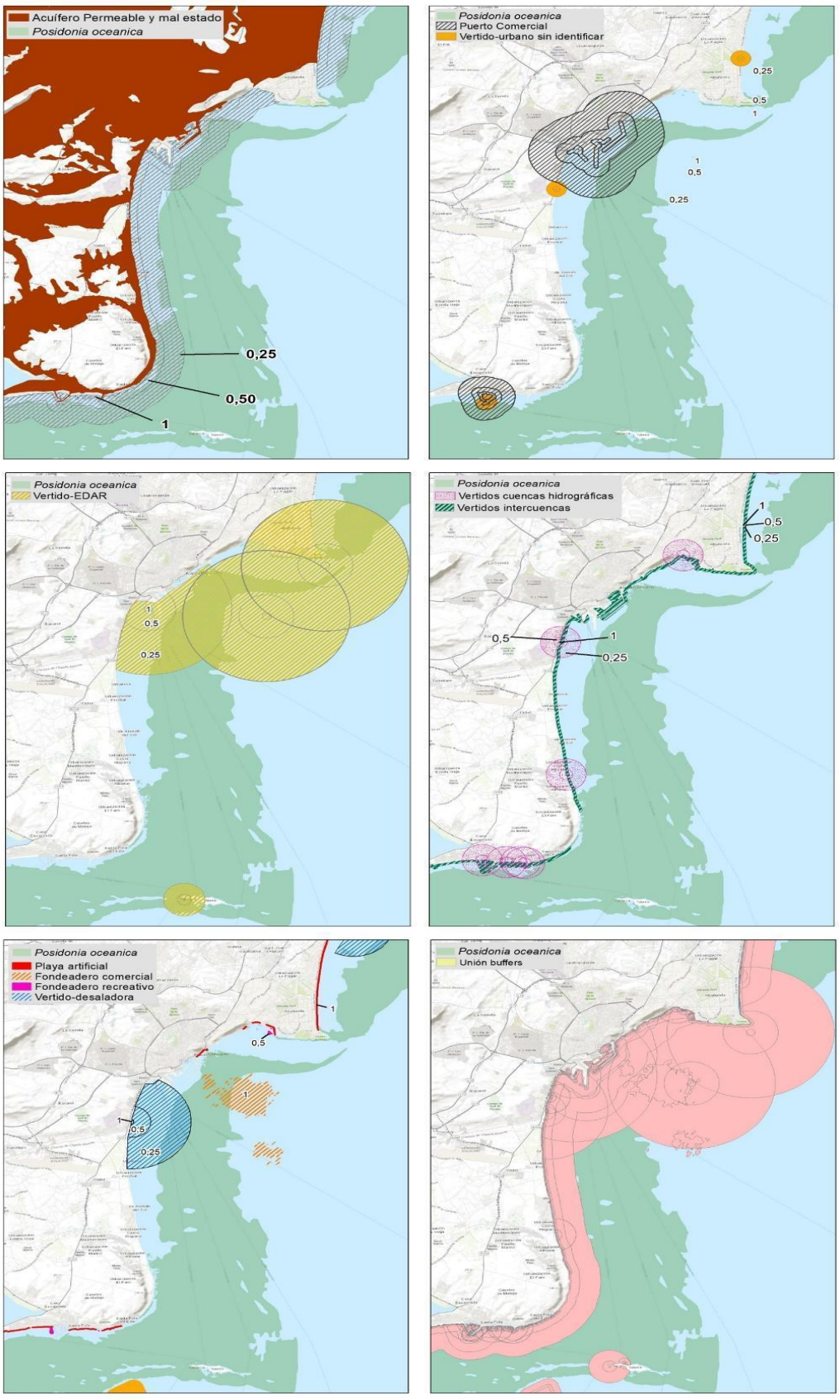


Figura 3. Caracterización y cuantificación de presiones antrópicas y solapamiento final de zonas de influencia (Buffers) en el caso Bahía de Alicante.

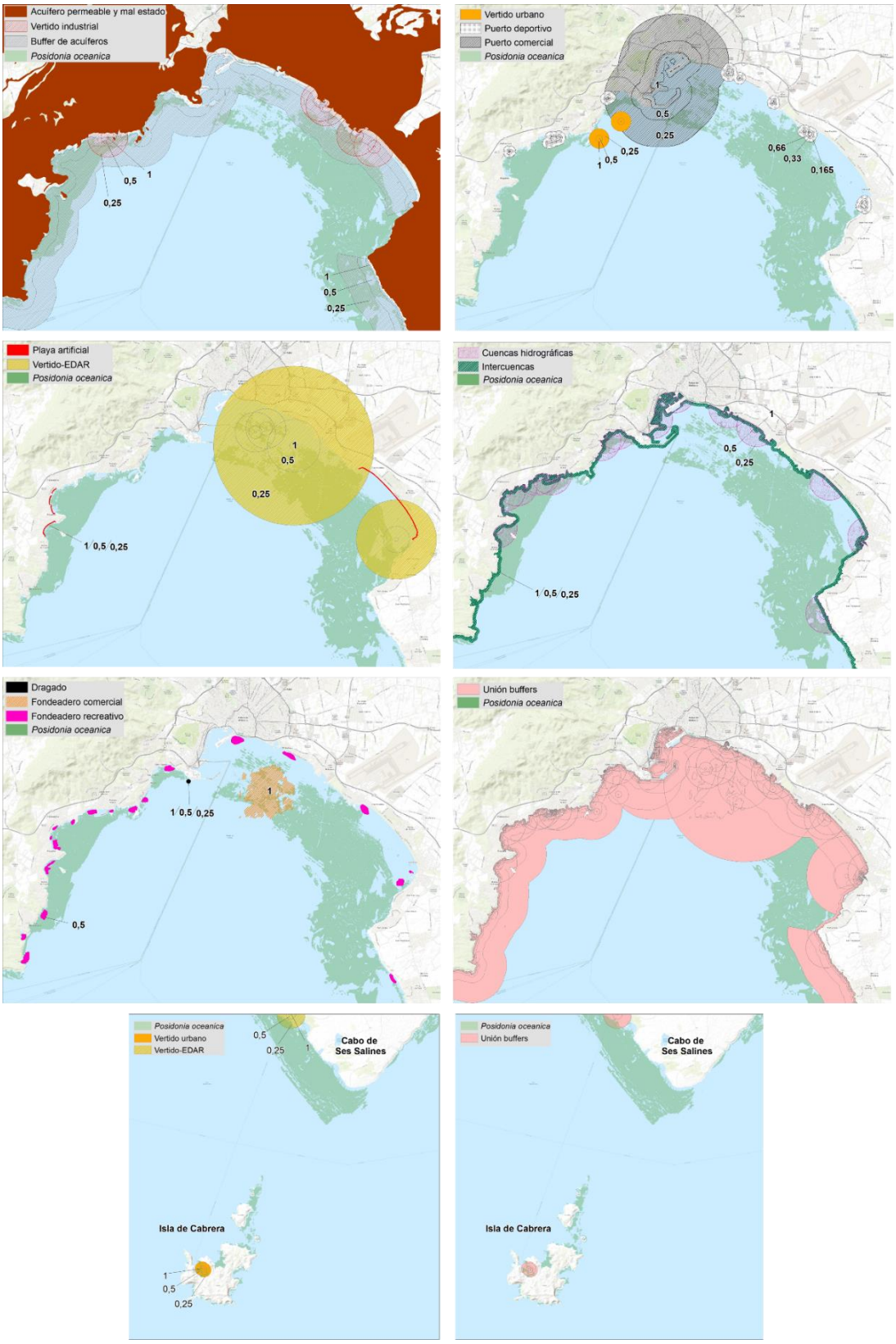


Figura 4**.** Caracterización y cuantificación de presiones antrópicas y solapamiento final de zonas de influencia (Buffers) en el caso Bahía de Palma.

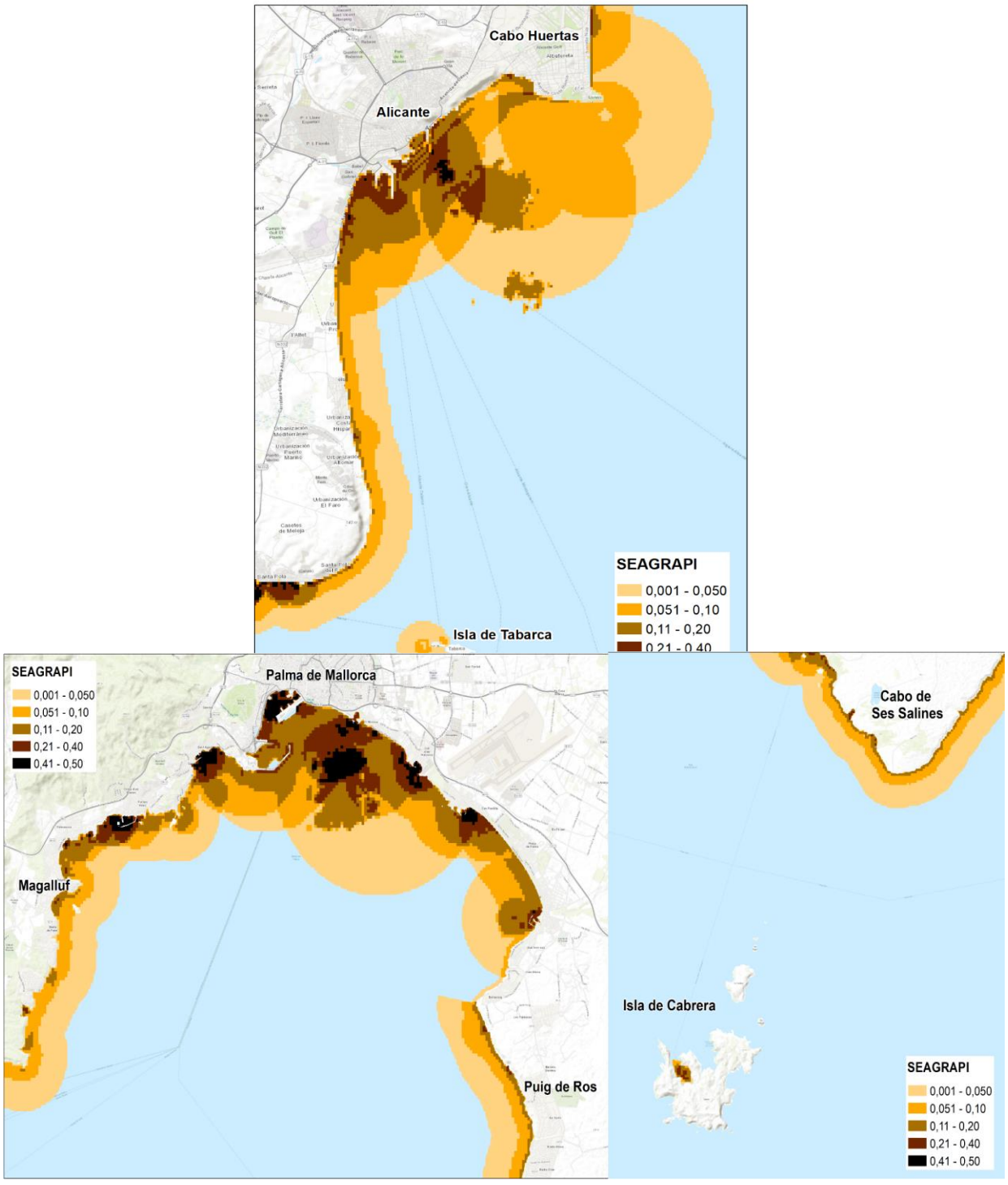
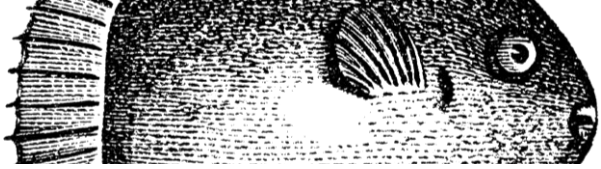


Figura 5. Resultados finales del SEAGRAPI en los dos casos de estudio



4. REFERENCIAS

Arévalo, R., Pinedo, S., & Ballesteros, E. (2007). Changes in the composition and structure of Mediterranean rocky-shore communities following a gradient of nutrient enrichment: descriptive study and test of proposed methods to assess water quality regarding macroalgae. Marine pollution bulletin, 55(1-6), 104-113.

Balestri, E., Benedetti-Cecchi, L., & Lardicci, C. (2004). Variability in patterns of growth and morphology of Posidonia oceanica exposed to urban and industrial wastes: contrasts with two reference locations. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 308(1), 1-21.

Batista, M. I., Henriques, S., Pais, M. P., & Cabral, H. N. (2014). Assessment of cumulative human pressures on a coastal area: integrating information for MPA planning and management. Ocean & Coastal Management, 102, 248-257.

Blanco-Murillo, F., Fernández-Torquemada, Y., Garrote-Moreno, A., Sáez, C. A., & Sánchez-Lizaso, J. L. (2022). Posidonia oceanica L.(Delile) meadows regression: Long-term affection may be induced by multiple impacts. *Marine Environmental Research*, *174*, 105557.

Boudouresque, C. F., Bernard, G., Pergent, G., Shili, A., & Verlaque, M. (2009). Regression of Mediterranean seagrasses caused by natural processes and anthropogenic disturbances and stress: a critical review.

Bulleri, F., & Chapman, M. G. (2010). The introduction of coastal infrastructure as a driver of change in marine environments. Journal of Applied Ecology, 47(1), 26-35.

Díez, I., Santolaria, A., Muguerza, N., & Gorostiaga, J. M. (2013). Measuring restoration in intertidal macrophyte assemblages following sewage treatment upgrade. Marine environmental research, 84, 31-42.

Flo, E., Garces, E., & Camp, J. (2019). Land Uses Simplified Index (LUSI): Determining land pressures and their link with coastal eutrophication. Frontiers in Marine Science, 6, 18.

Gobler, C. J., & Boneillo, G. E. (2003). Impacts of anthropogenically influenced groundwater seepage on water chemistry and phytoplankton dynamics within a coastal marine system. Marine Ecology Progress Series, 255, 101-114.

Lafabrie C, Pergent G, Pergent-Martini C. Utilization of the seagrass Posidonia oceanica to evaluate the spatial dispersion of metal contamination. Sci Total Environ. Elsevier B.V.; 2009;407: 2440–6. doi:10.1016/j.scitotenv.2008.11

Latorre, M. (2005). Environmental impact of brine disposal on Posidonia seagrasses. Desalination, 182(1-3), 517-524.

Leriche, A., Pasqualini, V., Boudouresque, C. F., Bernard, G., Bonhomme, P., Clabaut, P., & Denis, J. (2006). Spatial, temporal and structural variations of a Posidonia oceanica seagrass meadow facing human activities. Aquatic Botany, 84(4), 287-293.

Halpern, B. S., Selkoe, K. A., Micheli, F., & Kappel, C. V. (2007). Evaluating and ranking the vulnerability of global marine ecosystems to anthropogenic threats. Conservation biology, 21(5), 1301-1315.

Holon, F., Mouquet, N., Boissery, P., Bouchoucha, M., Delaruelle, G., Tribot, A. S., & Deter, J. (2015). Fine-scale cartography of human impacts along French Mediterranean coasts: a relevant map for the management of marine ecosystems. PLoS One, 10(8), e0135473.

Holmer, M., Argyrou, M., Dalsgaard, T., Danovaro, R., Diaz-Almela, E., Duarte, C. M., ... & Tsapakis, M. (2008). Effects of fish farm waste on Posidonia oceanica meadows: synthesis and provision of monitoring and management tools. Marine Pollution Bulletin, 56(9), 1618-1629.

Jiménez-Casero, J., Belando, M. D., Bernardeau-Esteller, J., Marín-Guirao, L., García-Muñoz, R., Sánchez-Lizaso, J. L., & Ruiz, J. M. (2023). A Critical Gap in Seagrass Protection: Impact of Anthropogenic Off-Shore Nutrient Discharges on Deep Posidonia oceanica Meadows. Plants, 12(3), 457.

Marbà, N., Santiago, R., Díaz-Almela, E., Álvarez, E., & Duarte, C. M. (2006). Seagrass (Posidonia oceanica) vertical growth as an early indicator of fish farm-derived stress. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 67(3), 475-483.

Pinedo, S., Arévalo, R., & Ballesteros, E. (2015). Seasonal dynamics of upper sublittoral assemblages on Mediterranean rocky shores along a eutrophication gradient. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 161, 93-101.

Reed, B. M., & Tanprasert, P. (1995). Detection and control of bacterial contaminants of plant tissue cultures. A review of recent literature. Plant tissue culture and Biotechnology, 1(3), 137-142.

Ruiz, J. M., & Romero, J. (2001). Effects of in situ experimental shading on the Mediterranean seagrass Posidonia oceanica. Marine Ecology Progress Series, 215, 107-120.

Ruiz, J. M., Marco-Méndez, C., & Sánchez-Lizaso, J. L. (2010). Remote influence of off-shore fish farm waste on Mediterranean seagrass (Posidonia oceanica) meadows. Marine environmental research, 69(3), 118-126.

Ruiz, J. M., & Romero, J. (2003). Effects of disturbances caused by coastal constructions on spatial structure, growth dynamics and photosynthesis of the seagrass Posidonia oceanica. Marine Pollution Bulletin, 46(12), 1523-1533.

Schiel, D. R., Steinbeck, J. R., & Foster, M. S. (2004). Ten years of induced ocean warming causes comprehensive changes in marine benthic communities. Ecology, 85(7), 1833-1839.

VVAA (2023) Guidance to the assessment of sea-floor integrity under the EU Marine Strategy Framework Directive. Editors: Saša Raicevich (IT), Samuli Korpinen (FL), Alexander Schoeder

ANEXO: FUENTES UTILIZADAS PARA LA CARACTERIZACIÓN DE ACTIVIDADES ANTRÓPICAS EN ZONAS COSTERAS

El cálculo del valor de presión en el caso de los **usos de suelo** se basó en la propuesta del índice de presiones acumuladas LUSI (Flo et al. 2018) modificado a través de los propios trabajos desarrollados por el Grupo de Ecología de Angiospermas Marinas (GEAM) del IEO sobre la influencia de presiones antrópicas en praderas de *P. oceanica* (Clemente et al.; en proceso de publicación). Los usos de suelo fueron obtenidos a través de la capa Corine Land Cover 2018 (CLC2018) disponible en https://datos.gob.es/es/catalogo/e00125901-spaignclc2018 [último acceso 19/12/2023].

En general, como fuente de información base para los **vertidos tierra-mar** se utilizó el Censo Nacional de Vertidos (CNV; https://sig.mapama.gob.es/redes-seguimiento/), mediante el filtrado de los vertidos al dominio público marítimo terrestre asociados, asi como los informes IMPRESS sobre evaluación de presiones e impactos en el contexto de la Directiva Marco del Agua. En el caso de Alicante, la localización de desaladoras y EDARs se contrastó con la información proporcionada en Blanco-Murillo et al. (2022). La carga del vertido de las Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales (EDAR) se ha obtenido de la página de la Entidad Pública de Saneamiento de Aguas Residuales de la Comunidad Valenciana (EPSAR,)https://www.epsar.gva.es/epsar/entidad-de-saneamiento-de-aguas. La información de la desalinizadora de Alicante se ha obtenido de la página de la Mancomunidad de los Canales del Taibilla (https://www.mct.es/web/mct/alicante-i). En el caso de Bahía de Palma también se ha consultado el visor autonómico de vertidos (https://ideib.caib.es/visor/) y se ha tenido en cuenta la información sobre identificación y localización de emisarios proporcionada por el Servei d'Abocaments, Direcció General Costes i Litoral, Conselleria de la Mar i Cicle de l'Aigua, Govern de les Illes Balears.

La valoración de los **vertidos de agua dulce de origen terrestres** se ha realizado teniendo en cuenta dos fuentes de descarga diferentes, la que vierte al mar desde un punto determinado de desembocadura de las cuencas hidrográficas, y los vertidos más difusos y amplios que llegan al mar por las zonas de intercuencas. A cada una de estas categorías se le ha establecido un buffer diferente en base al criterio de experto y precaución y trabajos propios del grupo GEAM.

Para generar la capa de **acuíferos** se utilizó la información combinada de la capa del estado de las masas de agua subterráneas y permeabilidad del acuífero. De la capa de masas de agua subterránea obtenida del Plan hidrológico de cuencas (PHC) se seleccionó sólo los que están en mal estado. De la capa de permeabilidad del mapa Litoestratigráfico, de Permeabilidades e Hidrogeológico de España del IGME () se seleccionaron los de permeabilidad media, alta y muy alta.

Para la localización de las instalaciones de **acuicultura en mar abierto** se ha consultado tanto la capa generada por el Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) del 2015 como el visor del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Los polígonos correspondientes a fondeaderos recreativos, la mayoría no regulados, han sido generados por el GEAM (IEO-Murcia) mediante digitalización basada en ortofotos. Para la localización y tamaño de los fondeaderos comerciales se ha utilizado la capa generada por el CEDEX en 2024 que ha sido enriquecida en dos casos con información obtenida por el grupo GEAM. La localización y catalogación de los puertos como deportivo o comercial se ha realizado mediante combinación de la información aportada por el CEDEX en 2015 y mediante digitalización realizada por el grupo de trabajo GEAM (IEO-Murcia).

La información sobre **Puertos, fondeaderos, zonas de dragado y playas artificiales** fue obtenida a partir de las capas de presiones generadas por el CEDEX en el contexto del descriptor D6. Integridad del fondo marino de la DMEM

ESTRATEGIAS MARINAS

Protegiendo el mar para todos

Financiado por la Unión Europea
NextGenerationEU

GOBIERNO DE ESPAÑA
VICEPRESIDENCIA TERCERA DEL GOBIERNO
MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA Y EL RETO DEMOGRÁFICO

Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia