

INTERACCIÓN DE LOS PUERTOS ESPAÑOLES MEDITERRÁNEOS CON LA RED NATURA 2000.

Autor: Arnaldo Marín

Institución: Universidad de Murcia

Otros autores: Pedro Martínez Baños (Contesma & Comprotec, S.L.P)

Resumen

El principal objetivo del presente trabajo es analizar la interacción de los puertos españoles mediterráneos con la Red Natura 2000, y proponer una medida del riesgo ambiental de las actividades portuarias en el marco de la Red Natura 2000, para lo cual se han identificado los factores principales de vulnerabilidad que están relacionados con los procesos de degradación tales como: pérdida de biodiversidad (hábitats y especies), posibles colisiones de las embarcaciones sobre los mamíferos marinos y tortugas, afección de anclajes en el fondo marino, presencia de especies exóticas invasoras, vertidos accidentales de petróleo y compuestos químicos y el ruido submarino.

Teniendo en cuenta estas consideraciones anteriores, se propone un índice de riesgo ambiental denominado $RAP_{Natura\ 2000}$, compuesto por 6 subíndices:

- PS (Protección de especies y hábitat),
- MT (Mamíferos marinos y tortugas),
- AG (Los daños causados por el anclaje),
- AS (Especies exóticas invasoras),
- OC (Vertidos accidentales de petróleo y compuestos químicos) y
- UN (Ruido submarino).

$RAP_{Natura\ 2000}$ aporta información del riesgo ambiental de las actividades portuarias para el ecosistema mediterráneo español, y se normaliza a una escala entre 0 (bajo) y 100 (alto). Los resultados obtenidos con este índice $RAP_{Natura\ 2000}$ pueden contribuir a la toma de decisiones de los gestores para una gestión sostenible de la actividad portuaria y la conservación de la biodiversidad en la Red Natura 2000.

Introducción

El mar Mediterráneo se caracteriza por ser una zona de origen a un número relativamente elevado de áreas que se consideran focos de biodiversidad. Por otra parte, el área se utiliza intensivamente por una variedad de actividades marítimas. El área está atravesada por un gran número de rutas de transporte marítimo y es sede de importantes puertos turísticos y cruceros. De hecho, las costas europeas, especialmente la costa del Mediterráneo occidental, se pueden considerar importantes en términos de turismo marino y costero. Los beneficios económicos de los puertos marítimos a escala local y regional son a menudo acompañadas por importantes problemas ambientales (IUCN, 2008; 2009), lo que resulta en la contaminación de cuerpos de agua y las costas cercanas,

la degradación o la destrucción de los ecosistemas locales, y/o la introducción perjudicial de especies no indígenas (ej. [Fichet et al, 1998](#); [Hutchings, 2007](#); [David et al, 2007](#); [Petrosillo et al, 2009](#)).

La falta de información representativa de los ecosistemas marinos en los anexos de la Directiva Hábitats es un verdadero obstáculo para que los Estados miembros a que completen su Red Natura 2000 en el mar. De acuerdo con la Directiva marco sobre la estrategia marina (DMEM: 2008/56/CE), coordinado programas de seguimiento deben establecerse y aplicarse el 15 de julio de 2014 en el fin de evaluar la estado medioambiental de las aguas marinas. También revela la necesidad de proteger nuestro medio ambiente marino, mientras que más y más presión sobre los océanos está poniendo los medios de vida europeos en riesgo.

Los ecosistemas responden de manera diferente a la perturbación humana en función de características biofísicas. Utilizamos el concepto de vulnerabilidad como las características de un sistema que describe su potencial para ser dañado. La vulnerabilidad puede ser expresada en términos de relaciones funcionales entre la susceptibilidad medio ambiente frente a una perturbación y el estado de conservación en relación con el valor de los receptores en situación de riesgo.

El objetivo de este trabajo es determinar la influencia de las actividades de transporte y portuarias en la red Natura 2000 en las principales áreas portuarias del Mediterráneo español.

Material y métodos

En primer lugar se han seleccionado cinco puertos españoles del Mediterráneo de pasajeros y mercancías siendo el principal criterio estar situados entre los 20 puertos del Mediterráneo europeo con mayor volumen de tráfico (Fig. 1). Posteriormente se ha realizado una ficha descriptiva con cada uno de los cinco puertos seleccionados. En la tabla 1, se expone un resumen de las principales características, indicando el nombre del puerto, modalidad principal (mercancías, pasajeros), y la distancia de dicho puerto a las distintas figuras de protección de la Red Natura 2000

Tabla 1. Interacción de los puertos españoles con la red Natura 2000					
Nº	Puerto	Tipo de transporte	Código	Nombre	Distancia (km)
01	Melilla	Pasajeros	ES6320001	Zona marítimo terrestre de los acantilados de Aguadú	3,00
			ES6110015	Alboran	67,64
			ES6300001	Islas Chafarinas	44,61
			ES6320002	Barranco del Nano	2,78
02	Algeciras	Mercancías	ES6120033	Fondos Marinos Marismas del Río Palmones	1,75
			ES6120032	Estrecho Oriental	1,79
			ES0000337	Estrecho	1,15
		Pasajeros	ES0000337	Estrecho	0,93
			ES6120032	Estrecho Oriental	2,89
03	Valencia	Mercancías	ES0000023	L'Albufera	0,89
04	Palma de Mallorca	Pasajeros	ES0000081	Cap Enderrocat - Cap Blanc	7,75
			ES5310103	Zona de la Marina de Cap de Cala Figuera	12,08

05	Barcelona	Mercancías	ES5110020	Costes del Garraf	9,62
----	-----------	------------	-----------	-------------------	------



Figura 1. Ubicación de los puertos españoles seleccionados para estudiar su interacción con la Red Natura 2000 (1 Melilla; 2 Algeciras, 3 Valencia; 4 Palma de Mallorca y 5 Barcelona). Se indican también los 10 puertos europeos del Mediterráneo con mayor tráfico marítimo (6 Marsella; 7 Génova; 8 Piombino y Portoferraio; 9 Porto D'Ischia; 10 Napoli; 11 Messina y Reggio Di Calabria; 12 Taranto; 13 Tiestre; 14 Antirrio; 15 Perama, Piraeus y Paloukia Salaminas).

Posteriormente, para analizar la interacción de los puertos españoles mediterráneos con la Red Natura 2000, se ha utilizado una medida del riesgo ambiental de las actividades portuarias en el marco de la Red Natura 2000, para lo cual se han identificado los factores principales de vulnerabilidad que están relacionados con los procesos de degradación tales como: pérdida de biodiversidad (hábitats y especies), posibles colisiones de las embarcaciones sobre los mamíferos marinos y tortugas, afección de anclajes en el fondo marino, presencia de especies exóticas invasoras, vertidos accidentales de petróleo y compuestos químicos y el ruido submarino. Teniendo en cuenta estas consideraciones anteriores, se propone un índice de riesgo ambiental denominado $RAP_{\text{Natura 2000}}$, compuesto por 6 subíndices:

- PS (Protección de especies y hábitat),
- MT (Mamíferos marinos y tortugas),
- AG (Los daños causados por el anclaje),
- AS (Especies exóticas invasoras),
- OC (Vertidos accidentales de petróleo y compuestos químicos) y
- UN (Ruido submarino).

$RAP_{\text{Natura 2000}}$ aporta información del riesgo ambiental de las actividades portuarias para el ecosistema mediterráneo español, y se normaliza a una escala entre 0 (bajo) y 100 (alto). Las tablas 2 y 3 contienen una descripción detallada de la metodología del índice $RAP_{\text{Natura 2000}}$.

Tabla 2. Cuestionario para la valoración de riesgos portuarios

Nombre del puerto:		Fecha:
PÉRDIDA DE ESPECIES Y HÁBITATS (PS)		
1a	<i>Especies clave</i>	Indicar la presencia de las siguientes especies clave en la red Natura 2000 (0-No; 1-Si) 1.1 Praderas de <i>Posidonia oceanica</i> 1.2 Especies protegidas de crecimiento lento (ej. gorgonias) 1.3 Hábitat <i>Cystoseira-trottoir</i> 1.4 Otras especies intermareales protegidas (ej. lapas)
1b	<i>Mamíferos y tortugas marinas</i>	Indicar la presencia de los siguientes mamíferos y tortugas (0-No; 1-Si) 1.5 Cetáceos y focas 1.6 Tortugas marinas
1c	<i>Distancia</i>	1.7 Indicar la distancia a la red Natura 2000 (Km)
COLISIÓN DE MAMÍFEROS Y TORTUGAS (MT)		
2	<i>Transporte</i>	Indicar el número de buques de transporte 2.1 Buques de pasajeros 2.2 Cargueros 2.3 Buques cisterna 2.4 Embarcaciones de alta velocidad 2.5 Yates
DAÑO CAUSADO POR EL ANCLAJE Y VARAMIENTOS (AG)		
3	<i>Anclaje</i>	3.1 ¿Cuál es número de buques anclados fuera del puerto por día? 3.2 ¿Cuál es la distancia de los buques anclados a la red Natura 2000?
ESPECIES INVASORAS (AS)		
4	<i>Capacidad de invasión</i>	4.1 ¿Cuál es el número de especies invasoras transportadas por buques registradas en el puerto? (0-muy baja; 1-intermedia; 2-alta)
DESCARGAS ACCIDENTALES DE PETRÓLEO Y QUÍMICAS (OC)		
5	<i>Escapes de petróleo y químicos</i>	5.1 Calcular la frecuencia de escapes de petróleo y químicos (0-muy baja; 1-intermedia; 2-alta)
RUIDO SUBMARINO (UN)		

6	<i>Ruido</i>	6.1 Calcular la probabilidad de contaminación acústica submarina (0-muy baja; 1-intermedia; 2-alta)	
---	--------------	---	--

Tabla 3. Cálculo del Riesgo Ambiental de los puertos en la red Natura 2000.

ÍNDICE DE RIESGO ($RAP_{Natura\ 2000}$)

Definición

El índice de Riesgos ($RAP_{Natura\ 2000}$) está compuesto de 6 subíndices PS (Pérdida de especies y hábitats), MT (Colisiones con mamíferos y tortugas marinas), AG (Daño causado por el anclaje y varamiento), AS (Especies invasoras), OC (Descargas accidentales de petróleo y químicos), and UN (Ruido submarino). El índice $RAP_{Natura\ 2000}$ está generado para el ecosistema Mediterráneo y está normalizado a una escala entre 0 (bajo) y 100 (alto).

$$RAP_{Natura\ 2000} = \frac{SH+MT+AG+AS+OC+UN*100}{\sum(SH_{max}+MT_{max}+AG_{max}+AS_{max}+OC_{max}+UN_{max})}$$

PS (Pérdida de especies y hábitats)

Metodología

Los valores de 6 variables (1.1 a 1.6) se añadían para generar el subíndice PS. Todas las variables eran ajustadas a una escala ordinal de 0-2, indicando un riesgo nulo a muy alto, basándose en las clases mostradas en la siguiente tabla.

$$PS = [1.1+1.2+1.3+1.4+1.5+1.6]$$

Valoración de especies y hábitats				
	Variable	Puntuación		
		0	1	2
1.1	Pradera de <i>Posidonia oceanica</i>	>1000 m	500-1000 m	<500 m
1.2	Especies de crecimiento lento protegidas species (ej. gorgonias)	>1000 m	500-1000 m	<500 m
1.3	Hábitats de <i>Cystoseira-trottoir</i>	>1500 m	1000-1500m	<1000
1.4	Otras especies intermareales protegidas (ej. lapas)	>1500 m	1000-1500m	<1000

1.5	Cetáceos y focas	>1,5 km	1-1,5 km	<0,5 km
1.6	Tortugas marinas	>1,5 km	1-1,5 km	<0,5 km

MT (Colisiones con mamíferos y tortugas)

Metodología

El índice MT se calculaba como la suma del tipo de transporte marítimo (2,1 a 2,5) multiplicado por el coeficiente $s_{2,n}$, el cuál es la probabilidad de colisión de buques con mamíferos y tortugas de cada tipo de transporte marítimo, y multiplicado por la densidad de tráfico marítimo (dt). La densidad de tráfico marítimo está referido al número de embarcaciones diarias por kilómetro cuadrado (2.6)

$$MT = [2.1*s_{2,1}+2.2*s_{2,2}+2.3*s_{2,3}+2.4*s_{2,4}+2.5*s_{2,5}]*dt$$

Colisiones de mamíferos y tortugas						
	Buque de transporte	de	Coeficiente de colisión (s)	Puntuación		
				0	1	2
2.1	Buques pasajeros	de	0,30	0 buques	<8 buques	>8 buques
2.2	Cargueros		0,15	0 buques	<10 buques	>10 buques
2.3	Buques cisterna		0,15	0 buques	<10 buques	>10 buques
2.4	Embarcaciones de alta velocidad	de	0,50	0 buques	1 buques	>2 buques
2.5	Yates		0,08	0 buques	<40 buques	>40 buques

Valoración de la densidad del tráfico marítimo (dt)				
	Variable dt	Puntuación		
		0.5	1	2
2.6	Densidad de tráfico marítimo (dt)	<70	71-140	>140

El número de cada tipo de transporte se obtenía de la aplicación on line <https://www.marinetraffic.com/en/>.

AG (Daño causado por anclaje y varamiento)

Metodología

El subíndice AG se calculaba en relación a la distancia del puerto a las praderas de *Posidonia oceanica* y especies de crecimiento lento.

Valoración del anclaje y varamiento				
	Variable	Puntuación		
		0	1	2
1.7	Distancia del puerto a las praderas de <i>Posidonia oceanica</i> y especies de crecimiento lento	>1000 m	500-1000 m	<500 m

AS (Especies invasivas)

Metodología

El subíndice AS se calculaba como el número de especies invasivas transportadas por los buques según la publicación de [Streftaris et al. \(2005\)](#).

Valoración de especies invasivas				
	Variable	Puntuación		
		0	1	2
4.1	Número de especies invasivas transportadas por los buques	<10	10-35	>35

OC (Descargas accidentales de petróleo y productos químicos)

Metodología

El subíndice OC se calculaba como la densidad de vertidos publicados por [Tarchi et al. \(2006\)](#) o la clasificación del nivel de peligro de ROM 5.1 (2013).

Valoración de descargas accidentales de petróleo y productos químicos				
	Variable	Puntuación		
		0	1	2
5.1	Densidad de vertidos de petróleo/productos químicos o clasificación	Muy bajo/1	Intermedio/2	Alto/3-4

	del nivel de peligro			
UN (Ruido submarino)				
Metodología				
El subíndice UN se calculaba en función de la clasificación de potencial de impacto de Australia (DPTI, 2012).				
Valoración del ruido submarino				
	Variable	Puntuación		
		0	1	2
6.1	Ruido submarino	>3000 m	1000-3000 m	<1000 m

Análisis estadísticos

La matriz de la presencia / ausencia de especies se analizó con las técnicas de ordenación para obtener grupos de los puertos con la composición de especies similares. Las técnicas de ordenación adoptadas en este trabajo fue el escalamiento multidimensional (MDS) (Shepard, 1962). El objetivo principal de esta ordenación método es reducir la dimensionalidad de la nube de datos con el fin de permitir destacar los patrones y estructuras más sobresalientes. MDS preserva el orden de clasificación de las diferencias entre puntos (para cualquier semejanza medida se ha elegido), así como sea posible dentro de las limitaciones de un pequeño número de dimensiones (dos o tres).

Resultados

La figura 2 muestra la ordenación de las zonas Natura 2000 cercanas a los principales puertos españoles del Mediterráneo atendiendo a la similitud de las especies protegidas. La ordenación de los puertos del Mediterráneo no estaba relacionado con la distribución geográfica. La ordenación MDS sugiere problemas ambientales comunes en los puertos de Algeciras, Palma de Mallorca y Algeciras. La situación de los puertos de Valencia y Melilla son más específicas de la localidad geográfica. Las 5 especies más comunes en la Red Natura 2000 en el que podrían verse afectados por las actividades portuarias son algas del género *Cystoseira* sp., la fanerógama marina *Posidonia oceanica*, los cetáceos *Delphinus delphis*, *Tursiops truncatus* y tortuga marina *Caretta caretta*.

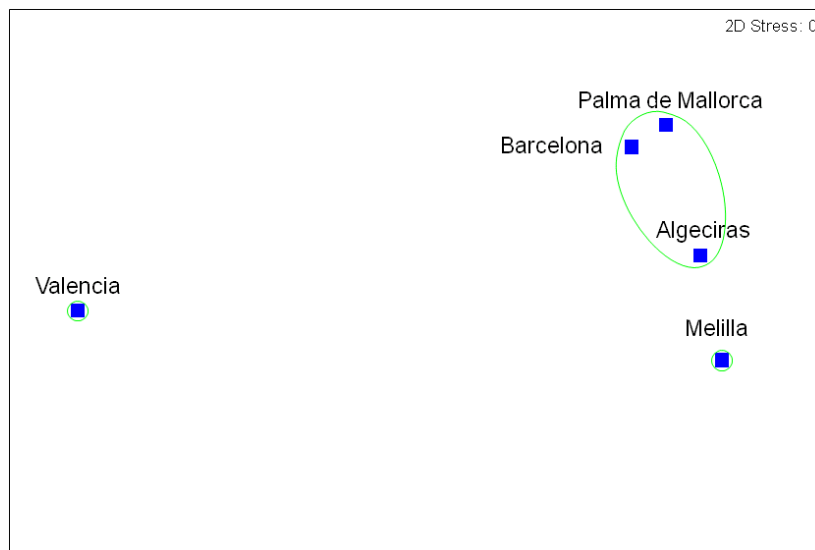


Figura. 2. MDS ordenación de Natura 2000 zonas cercanas a los puertos españoles del Mediterráneo seleccionados en este estudio. Los círculos indican las zonas Natura 2000 con una similitud del 80% de las especies.

Hay una alta probabilidad de que los efectos indirectos de los principales puertos del Mediterráneo y de la Red Natura 2000. Estas áreas están caracterizadas como focos de biodiversidad que hospedan a un número significativo de hábitats (raros o únicos) y especies. Los puertos de Melilla, Algeciras y Valencia están a una distancia inferior a 3 kilómetros a la red Natura 2000. Palma de Mallorca y Barcelona se encuentran a distancias menores de 8 kilómetros. La Figura 3 muestra que todos los puertos podrían tener una posibilidad de colisión de los buques con los cetáceos y tortugas marinas.

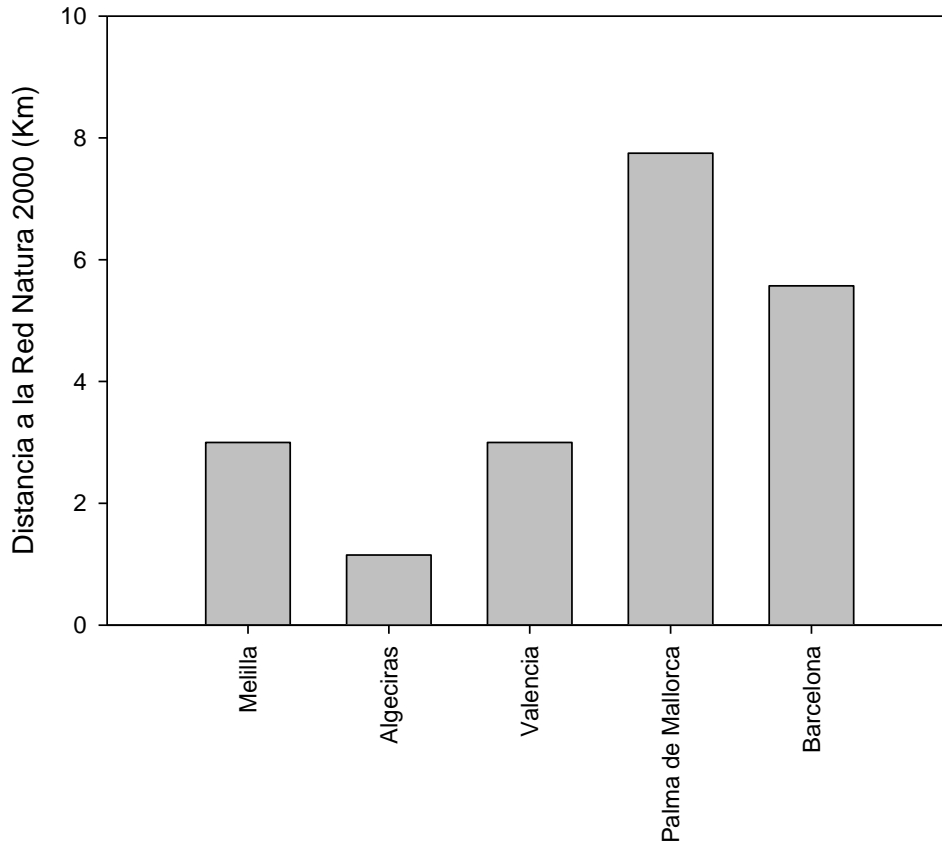


Figura 3. Distancia más próxima de los puertos mediterráneos a la Red Natura 2000.

Los puertos españoles con mayor riesgo para la red Natura 2000 son los puertos de Barcelona y Mallorca. El valor más bajo es el del puerto de Melilla y Valencia. $RAP_{Natura\ 2000}$. Si se comparan con los otros 10 principales puertos europeos encontramos valores semejantes, sólo superados por Porto D'Ischia y Messina y Reggio Di Calabria. El bajo valor del riesgo fue debido a la distancia de las zonas Natura 2000 fue suficiente para evitar el posible impacto sobre las especies protegidas (Fig. 4). Aunque este índice es bajo en todos los puertos se podría incrementar debido a un incremento de riesgo asociado a AS (Especies exóticas invasoras), OC (accidentales de hidrocarburos y los vertidos químicos) o al aumento de tráfico marítimo los próximos años (MT).

El índice $RAP_{Natura\ 2000}$ puede integrarse dentro de la metodología de ROM 5.1 propuesto por Revilla et al. (2007; 2013) y utilizada por Puertos del Estado.

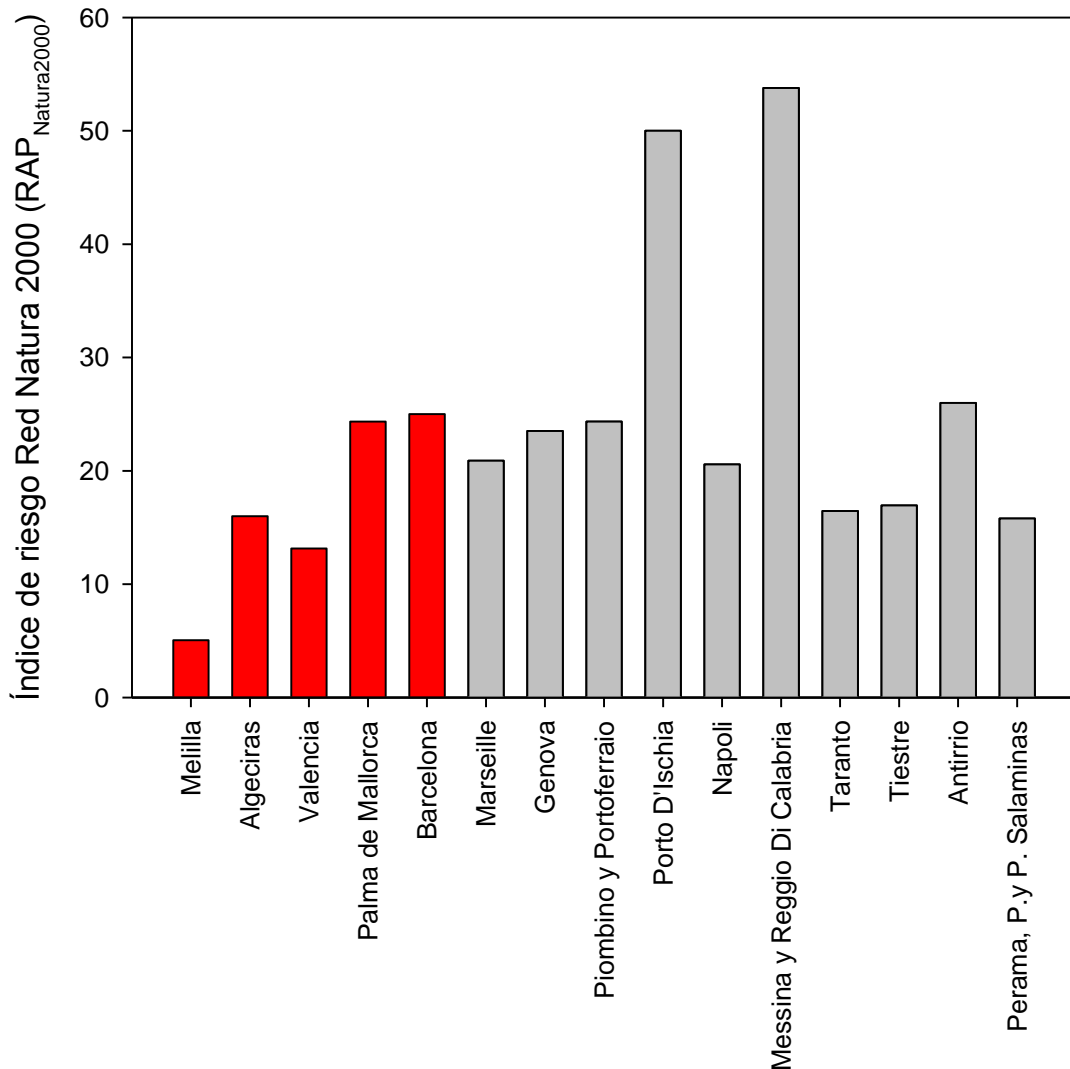


Figura 4. Índice RAP_{Natura 2000} de los principales puertos españoles del Mediterráneo comparados con los 10 puertos europeos del Mediterráneo de mayor tráfico marítimo. El índice oscila entre 0 y 100.

Conclusiones

El presente estudio pone a disposición de los gestores ambientales y portuarios un nuevo índice de riesgo ambiental, denominado RAP_{Natura 2000}, que permite obtener una aproximación cuantificada de la interacción /afección entre un puerto y la Red Natura 2000, aportando una información objetiva e integradora de

los principales factores de vulnerabilidad de la red Natura 2000 que están relacionados con sus procesos de degradación, tales como: pérdida de biodiversidad (hábitats y especies), posibles colisiones de las embarcaciones sobre los mamíferos marinos y tortugas, afección de anclajes en el fondo marino, presencia de especies exóticas invasoras, vertidos accidentales de petróleo y compuestos químicos y el ruido submarino. Toda esta información integrada en el nuevo índice de riesgo ambiental, denominado RAP_{Natura 2000}, puede contribuir a la toma de decisiones de los gestores de las diferentes Administraciones Públicas para conseguir una gestión sostenible de la actividad portuaria y la conservación de la biodiversidad en la Red Natura 2000.

Bibliografía

David M, Gollasch S, Cabrini M, Perkovič M, Bošnjak D, and Virgilio D (2007) Results from the first ballast water sampling study in the Mediterranean Sea - the Port of Koper study. *Marine Pollution Bulletin* 54: 53-65.

DPTI 2012. http://cms.dpti.sa.gov.au/enviro_services/standards_guidelines_procedures. [accessed May12, 2014] ECHA 2014. URL:

<http://echa.europa.eu/es/home> [accessed May12, 2014].

Ertfemeijer, P.L.A., Robin Lewis III, R.R., 2006. Environmental impacts of dredging on seagrasses: a review. *Mar. Pollut. Bull.* 52, 1553-1572. *Eurostat 2014*. URL: http://mar_mg_aa_pwhd. [accessed May12, 2016].

Fichet, D., Radenac, G., Miramand, P., 1998. Experimental studies of impacts of harbor sediments resuspension to marine invertebrates larvae: bioavailability of Cd, Cu, Pb and Zn and toxicity. *Marine Pollution Bulletin*, 36, 509-518.

Hutchings, P. 2007. Introduced marine pests- how they get here, how do we get rid of them, and how do we know they are really introduced Pp 79-87 in *Pest or Guest: the zoology of overabundance, 2007*, edited by D. Lunney, P. Eby, P. Hutchings and S. Burgin. Royal Zoological Society of NSW, Mosman NSW.

IUCN, 2008. Maritime traffic effects on biodiversity in the Mediterranean Sea: Review of impacts, priority areas and mitigation measures. Malaga, Spain: IUCN Centre for Mediterranean Cooperation. 184 pp.

IUCN 2009. Risks from maritime traffic to biodiversity in the Mediterranean Sea. Identification of issues and possible responses. URL: <http://www.iucn.org/mediterranean>. [accessed May12, 2016].

Petrosillo, I., Valente, D., Zaccarelli, N., Zurlini, G., 2009. Managing tourist harbours. Are managers aware of the real environmental risks? *Mar. Pollut. Bull.* 58, 1454-1461. REMPEC, 2002. Protecting the Mediterranean against maritime accidents and illegal discharges from ships, Malta 2002.

Revilla, J. A., Juanes, J. A., Ondiviela, B., Gómez, A. G., García, A., Puente, A., Carranza, I., Guinda, X., Rojo, J., & López, M. (2007). Recommendations for maritime works.

ROM 5.1-05. Quality of coastal waters in port areas. Spanish National Port Administration. Madrid.

Revilla, J. A., Juanes, J. A., Ondiviela, B., Gómez, A. G., Sámano, M.L., Fernández, F., García, A., Puente, A., Guinda, X., Fernández, P., & Echevarri, B. 2013. Recomendations for maritime works. ROM 5.1-13. Quality of coastal waters in port areas. Spanish National Port Administration. Madrid.

ROM 5.1-13. URL: http://www.puertos.es/programa_rom/rom-51-1[acceso 20 Mayo, 2016].

Streftaris N, Zenetos A, Papathanasiou E (2005) Globalisation in marine ecosystems: the story of non-indigenous marine species across European seas. *Oceanography and Marine Biology an Annual Review* 43: 419-453

Shepard RN, 1962. The analysis of proximities: multidimensional scaling with an unknown distance function. *Psychometrika* 27, 125-139; 219-246.

Tarchi, D., Bernardini, A., Ferraro, G., Meyer-Roux, S., Muellenhoff, O., Topouzelis, K., 2006. Satellite monitoring of illicit discharges from vessels in the seas around Italy 1999–2004. Eur. Commission, EUR 22190 EN.

Agradecimientos

Este artículo se ha realizado dentro del Proyecto Europeo Nereidas (012-ES-92177) cofinanciado por la Red Transeuropea de Transporte, RTE-T (Unión Europea)