



# CALIDAD DE AGUAS Y SEDIMENTOS DEL PUERTO DE BARCELONA

## RESUMEN 2016

*Dep. Medi Ambient  
Autoritat Portuària de Barcelona*

## **INDICE**

1.- Introducción	3
2. Fisicoquímicos aguas	6
2.1. Condiciones generales aguas	6
Transparencia Secchi	6
Temperatura	7
Oxígeno	8
Índice FAN	9
2.2 Contaminantes específicos aguas	11
DEHP	11
Benzo (a) pireno	12
PFOs	13
Polibromodifenil éteres (PBDE)	14
Valoración Contaminantes específicos aguas	15
3. Fisicoquímica sedimentos	16
3.1. Condiciones generales sedimentos	16
Grano medio D-50	16
Materia Orgánica	17
3.2. Contaminantes específicos sedimentos	18
Cobre	18
Mercurio	19
Plomo	20
Zinc	21
Hidrocarburos policíclicos (PAH's)	22
Categorías DCMD sedimentos	23
4. Elementos Biológicos	24
4.1. Fitoplancton	24
4.2. Macroinvertebrados bentónicos	26
Índice MEDOCC	26
5. Conclusiones	28

## 1.- Introducción

El seguimiento de la calidad del agua del Puerto de Barcelona que se realiza en el marco de la Directiva Marco Agua (D.M.A.), está basado en los resultados analíticos obtenidos durante el año 2019 y basado siguientes marcos normativos y recomendaciones:

- Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de octubre de 2000, conocida como Directiva Marco del Agua (DMA), la cual establece un marco de actuación comunitario en el ámbito de la política de aguas y fue transpuesta al marco legislativo español mediante la Ley 62/2003, de 30 de diciembre de 2000, actualizada en los criterios de seguimiento y evaluación y sus normas de calidad ambiental con el Real Decreto 817/2015.
- *Protocol d'avaluació de l'estat ecològic i químic de les aigües costaneres* (PROTOCOLO), elaborado por la Agència Catalana de l'Aigua (ACA), que es la administración ambiental competente y responsable de la aplicación de la DMA en Catalunya y basa su cumplimiento en los resultados del "Programa de Seguiment i Control de vigilància de les aigües costaneres" con vigencia de 6 años (2013-2018) en renovación para el periodo 2019-2024.
- Directrices para la caracterización del material material dragado y su reubicación en aguas de dominio público marítimo-terrestre (DCMD), de la comisión Interministerial de Estrategias Marinas de 2015.

La Autoritat Portuària de Barcelona (APB), según la legislación portuaria vigente, tiene determinadas competencias sobre el medio marino y está reconocida como Autoridad Competente dentro de los órganos de gestión de las cuencas internas. El Puerto de Barcelona se encuentra en la demarcación hidrográfica de *Conques internes de Catalunya*, considerada intracomunitaria al pertenecer toda la cuenca a una sola Comunidad Autónoma.

El objetivo que se persigue en este informe es mostrar los datos más relevantes del estado de las masas de agua portuaria en 2019, recogiendo los criterios establecidos en la normativa, en cumplimiento de los principios establecidos en la DMA.

Las estaciones de muestreo, o puntos de muestreo se muestran en el siguiente mapa y tabla:



Mapa 1. Puntos de muestreo

Punto de muestreo	X UTM	Y UTM	Profundidad (m)	Masa de agua
MA20B	431594	4576708	27	MA20
MA36A	431815	4581231	11	MA36
MA36B1	430833	4578396	17	MA36
MA36B2	430280	4576252	18	MA36
MA36C	429257	4577096	17	MA36
MA36D	429755	4573776	17	MA36

Tabla 1. Coordenadas puntos de muestreo y características

El presente informe integra los resultados obtenidos y la valoración de los mismos a lo largo del año 2016 en las campañas con las fechas siguientes:

	27 enero	26 febrero	16 marzo	29 abril	29 mayo	29 junio	13 julio	30 agosto	26 septiembre	26 octubre	18 noviembre
Estado fisicoquímico del agua (1)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Nutrientes inorgánicos en aguas (2)	X		X		X		X		X		X
Metales pesados en aguas (3)					X						X
Contaminantes orgánicos en agua (3)					X						X
Estado químico del sedimento (1)					X						
Comunidades macrobentónicas de fondo sedimentario (4)										X	

Tabla 2. Tipos de muestras y analíticas por campaña de muestreo. (1) APB. (2) ICM-CSIC. (3) IDAEA-CSIC. (4) CEAB-CSIC

Para realizar este resumen, se ha utilizado los indicadores, elementos y parámetros de la tabla que figura a continuación, basada en gran parte en la que figura en los PROTOCOLOS con el añadido de los niveles de acción de los DCMD, para determinar el estado ecológico de las masas de agua costera de Catalunya:

Indicadores	Elementos	Parámetros	Métricas utilizadas	Parámetros contemplados
Fisicoquímicos aguas	Condiciones generales aguas	Transparencia Secchi	---	Transparencia Secchi promedio por punto
		Condiciones térmicas	---	Temperatura promedio por punto
		Condiciones de oxigenación	---	Oxígeno disuelto promedio por punto
		Salinidad	Índice FAN	Índice Fan promedio por punto
	Condiciones relativas a nutrientes inorgánicos			
Contaminantes específicos aguas	Substancias contaminantes del Anexo VIII de la DMA	Límites establecidos en normativa	Sustancias que sobrepasan en promedio el NCA-MA o NCA-CMA por punto	
Fisicoquímicos sedimentos	Condiciones generales sedimentos	Granulometría	Tamaño medio de grano D-50	Tamaño medio de grano por punto
		Materia orgánica	Porcentaje del peso seco	Materia orgánica por punto
	Contaminantes específicos sedimentos	Metales	Directrices para la caracterización del material dragado	Metales o sustancias que sobrepasan el Nivel de Acción por punto
		Suma PCB		
		Suma PAH		
	Suma TBT			
Biológicos	Fitoplancton	Abundancia y biomasa de fitoplancton.	Concentración de clorofila <i>a</i>	Clorofila <i>a</i> promedio por punto
	Macroinvertebrados bentónicos	Composición y abundancia de la fauna bentónica invertebrados	Índice MEDOCC	Índice MEDOCC por punto

Tabla 3. Indicadores utilizados para determinar el estado ecológico de las masas de agua portuaria.

Como se ve, se incluyen en este resumen elementos descriptivos fisicoquímicos de aguas y sedimentos, además de los compuestos que sobrepasan los niveles de concentración admisible (NCA) de la DMA y los metales y sustancias que sobrepasan algún nivel de acción (NAA o NAB) de los PROTOCOLOS.

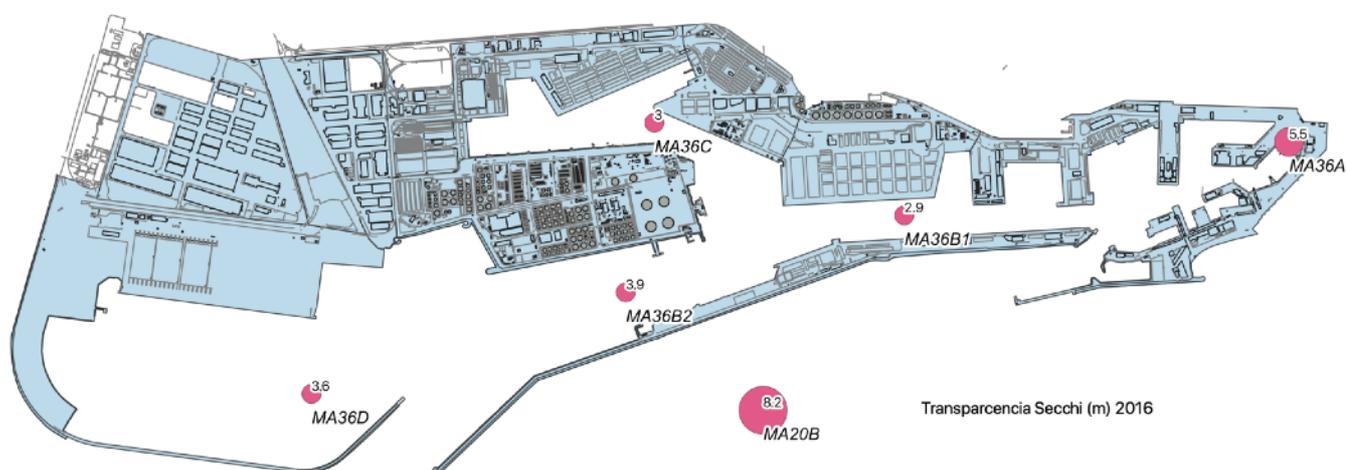
### Tratamiento de los datos

Como se indica en la Directiva Marco del Agua y utilizando los criterios establecidos por ACA, en los resultados que se agrupan para calcular promedios, medianas y otras agrupaciones estadísticas se tendrán en cuenta las concentraciones que den por debajo del nivel de detección (o LOD). En estos casos se asignará la mitad del valor de detección que tenga la metodología analítica. Todos los resultados que se presentan a continuación en las tablas y que se tendrán en cuenta para la valoración han seguido este criterio.

## 2. Fisicoquímicos aguas

### 2.1. Condiciones generales aguas

#### Transparencia Secchi



Mapa 2. Promedio de transparencia Secchi (m) 2016

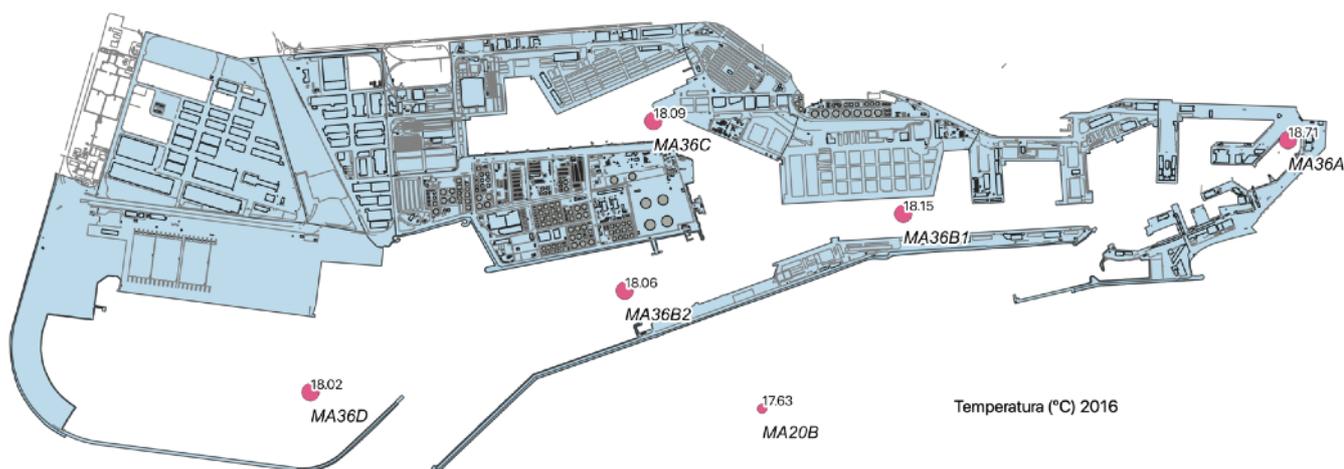
Las estaciones de muestro situadas en el interior del puerto presentan valores de penetración de la luz inferiores a los de la estación exterior (MA20B). Esta situación obedece a la diferente intensidad de los fenómenos de agitación y aportes de contaminantes.

Los valores de penetración de la luz de las estaciones situadas a abrigo del puerto oscilan entre 1,5 m y 8 m, mientras que los valores de la estación MA20B se sitúan entre 4,5 m y 12 m.

Punto	Promedio - Secchi (m) 2016
MA20B	8,2
MA36A	5,5
MA36B1	2,9
MA36B2	3,9
MA36C	3,0
MA36D	3,6

Tabla 4. Resumen transparencia disco Secchi (m) promedio 2016

## Temperatura



Mapa 3. Promedio de temperatura del agua (°C) 2016

En todas las estaciones se observa una marcada estacionalidad térmica. Se observa una elevada homogeneidad entre estaciones y para toda la columna de agua, presentando un patrón característico de la cada una de las épocas en las que se han realizado muestreos.

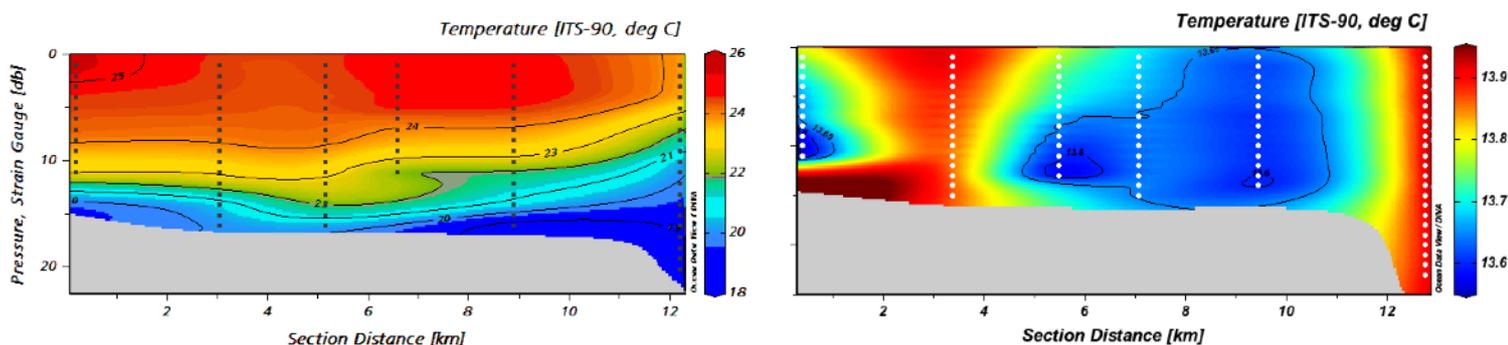


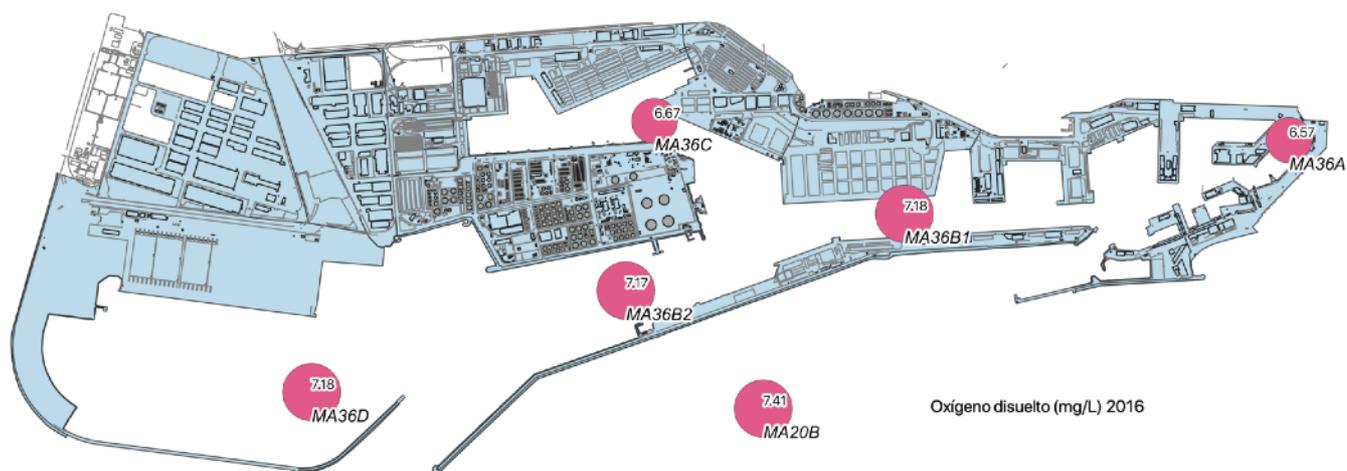
Gráfico 1. Ejemplo de gráficos de contorno con los perfiles de temperatura de un mes de verano (izquierda) y de invierno (derecha). La línea de puntos representan los perfiles de cada punto. De izquierda a derecha: MA36A, MA36B1, MA36C, MA36B2, MA36C y MA20B, quedando a izquierda la zona de Port Vell y a la derecha las aguas abiertas.

En el mes de julio se observa una diferencia de temperatura entorno a los 8 metros hecho que evidencia la presencia de estratificación propia de los periodos estivales. En el mes de agosto, el valor medio para la temperatura es algo más elevado que para el resto de los muestreos, teniendo ésta un valor medio de entre 22,83 y 24,32 °C mientras que en el mes de marzo el valor medio de temperatura se encuentra entre 13,03 y 13,4 °C, ambas horquillas en aguas abrigadas.

Punto	Promedio de Temperatura 2016
MA20B	17,63
MA36A	18,71
MA36B1	18,15
MA36B2	18,06
MA36C	18,09
MA36D	18,02

Tabla 5. Resumen temperatura promedio (°C) 2016

## Oxígeno



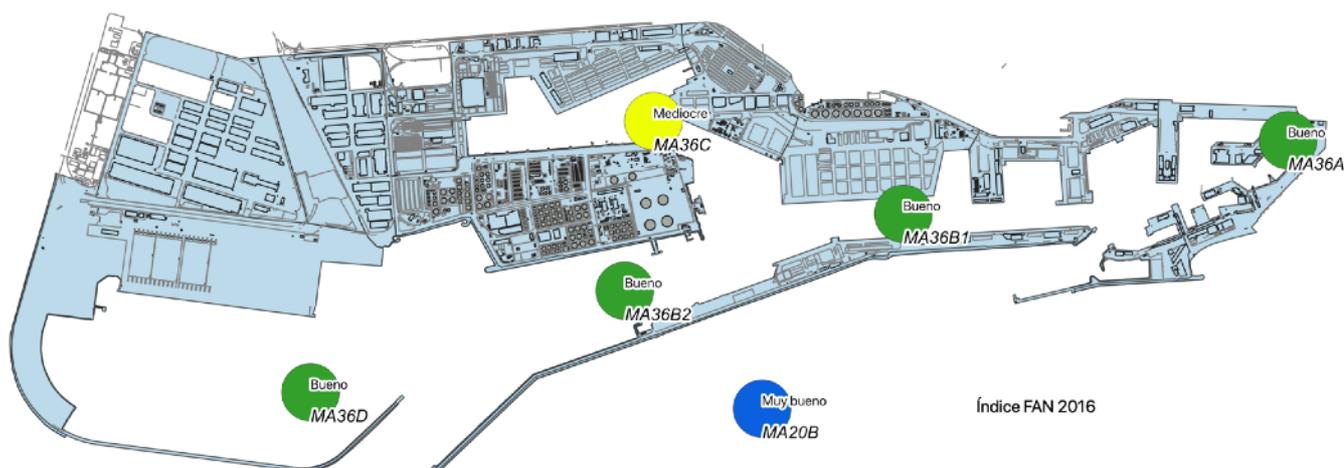
Mapa 4. Promedio de oxígeno disuelto en agua (mg/L) 2016

El contenido en oxígeno del agua de mar varía normalmente entre 6 y 9 mg/l. En el puerto, en cambio, se aprecia una menor concentración de oxígeno debido a que la presencia de aportes de materia orgánica y el consecuente aumento de los procesos metabólicos derivados de su consumo junto a las mayores temperaturas que se registran en las aguas portuarias hacen que el oxígeno oscile entre 8,19 y 6,67 mg/L en aguas abiertas y entre 7,99 y 5,19 mg/L en aguas abrigadas.

Punto	Promedio de Oxígeno disuelto 2016
MA20B	7,41
MA36A	6,57
MA36B1	7,18
MA36B2	7,17
MA36C	6,67
MA36D	7,18

Tabla 6. Resumen oxígeno disuelto promedio (mg/L) 2016

## Índice FAN



Mapa 5. Promedio de índice FAN 2016

Las condiciones fisicoquímicas de las masas de agua de la costa catalana se evalúan a partir de datos superficiales relativas al contenido en agua dulce (calculado a partir del valor de salinidad) y en la concentración de nutrientes inorgánicos disueltos (nitratos, nitritos, amonios, fosfatos y silicatos), obtenidas a nivel de la línea de costa (campo cercano) ya 1000 metros de la línea de costa (campo medio).

El nivel de calidad final de las condiciones fisicoquímicas generales se obtiene a partir del índice FAN, que mide el grado de antropización de una masa de agua y es inversamente proporcional a la calidad de la misma.

Este índice se basa en la idea de que las aguas costeras dependen de las condiciones del continente o zona terrestre adyacente y en la premisa de que únicamente las aportaciones continentales antrópicas (básicamente las urbanas, que aportan nitritos, amonios y fosfatos en el medio), son las que hacen disminuir su calidad, al alejar las condiciones fisicoquímicas generales de su estado natural.

Una vez se dispone del índice FAN de cada punto se hace la media aritmética de los resultados de cada punto de muestro y se compara con las tablas de valoración, teniendo en cuenta la proximidad a la costa y la profundidad del punto de donde se han tomado los valores.

En el caso del puerto de Barcelona se ha considerado que las aguas abrigadas son de “campo próximo” y las abiertas de “campo medio”.

Nivel de calidad	FAN	
	Campo próximo	Campo medio
Muy bueno	$FAN \leq -0.2$	$FAN \leq -0.3$
Bueno	$-0.2 < FAN \leq 0.2$	$-0.3 < FAN \leq 0$
Mediocre	$0.2 < FAN \leq 0.6$	$0 < FAN \leq 0.3$
Deficiente	$0.6 < FAN \leq 1$	$0.3 < FAN \leq 0.6$
Malo	$FAN > 1$	$FAN > 0.6$

Tabla 7. Intervalos de calidad fisicoquímica según el índice FAN

Calidad de aguas y sedimentos. Resumen 2016

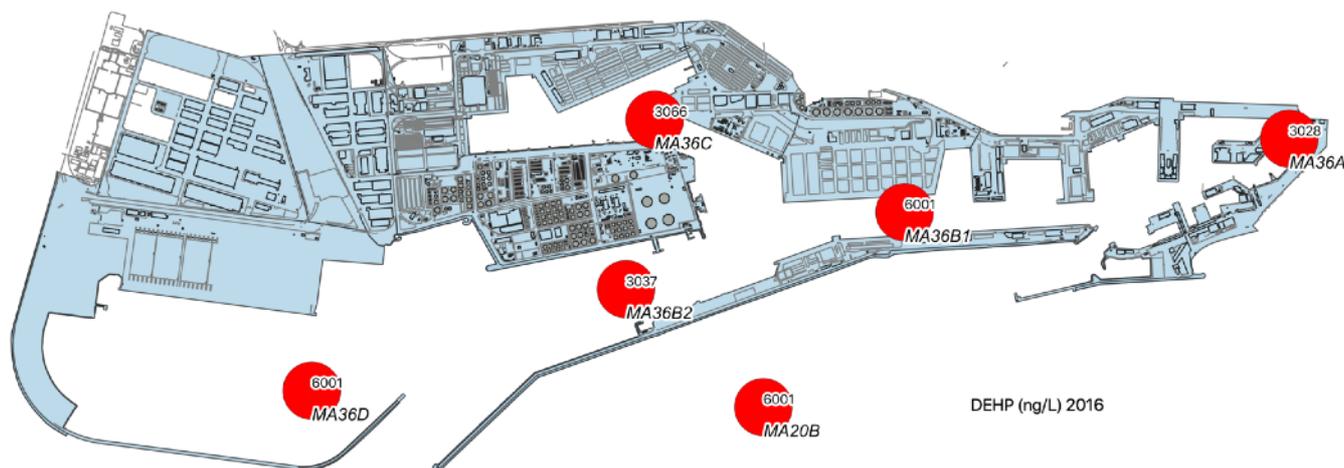
Punto	Salinidad (PSU)	Nitrato (umol/L)	Nitrito (umol/L)	Amónio (umol/L)	Fosfato (umol/L)	Silicato (umol/L)	Indice FAN 2016	Valoracion	Criterio
MA20B	38,069	0,55	0,2	0,32	0,07	0,88	-0,352	Muy bueno	CAMPO MEDIO
MA36A	38,020	0,87	0,2	0,88	0,3	1,16	-0,028	Bueno	CAMPO PROXIMO
MA36B1	38,027	0,64	0,23	1,12	0,12	1,05	-0,063	Bueno	
MA36B2	38,054	0,67	0,23	0,75	0,1	0,98	-0,171	Bueno	
MA36C	38,029	0,77	0,29	2,62	0,27	1,27	0,376	Mediocre	
MA36D	38,042	0,55	0,27	0,93	0,19	0,99	-0,001	Bueno	

Tabla 8. Resultados del índice FAN de 2016, calculado con los promedios de salinidad y nutrientes inorgánicos.

## 2.2 Contaminantes específicos aguas

En este apartado se muestran los datos que, en promedio tal y como indica la DMA, sobrepasaron la norma de calidad ambiental (NCA), ya sea la media anual (NCA-MA) o la cantidad máxima anual (NCA-CMA) y que figuran en el Real Decreto 817/2015, de 11 de septiembre, por el que se establecen los criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental.

### DEHP



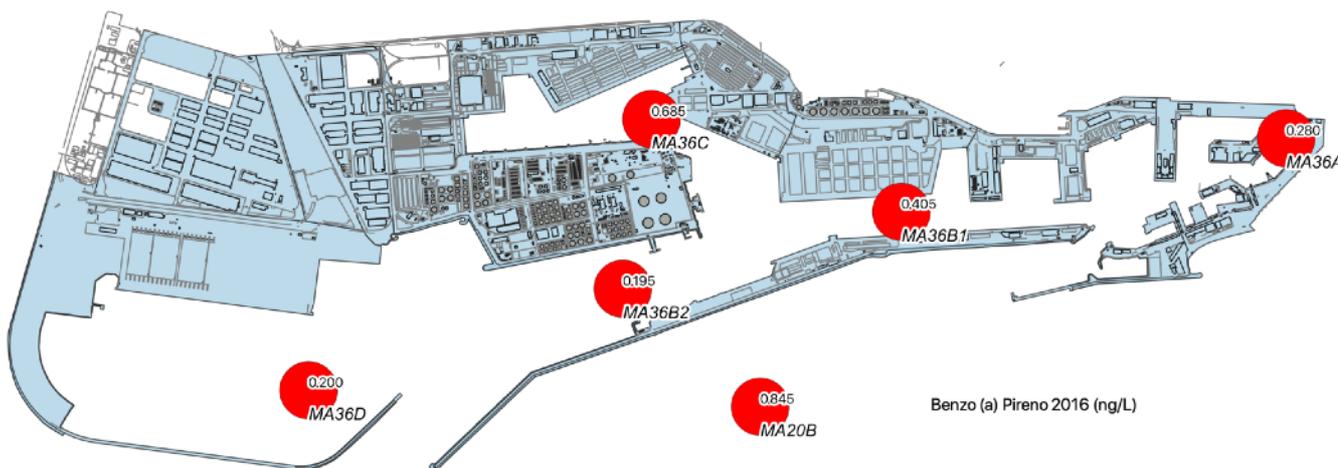
Mapa 6. Promedio de DEHP en agua (ng/L) 2016

De la familia de los ftalatos, es una sustancia utilizada para hacer los plásticos más flexibles (plastificantes). En promedio, en 2016 se superó la NCA-MA fijado en 1300 ng/L en todos los puntos de muestreo.

Punto	Promedio - DEHP
MA20B	6001,0
MA36A	3028,0
MA36B1	6001,0
MA36B2	3037,0
MA36C	3066,0
MA36D	6001,0

Tabla 9. Resumen DEHP promedio (ng/L) 2016

Benzo (a) pireno



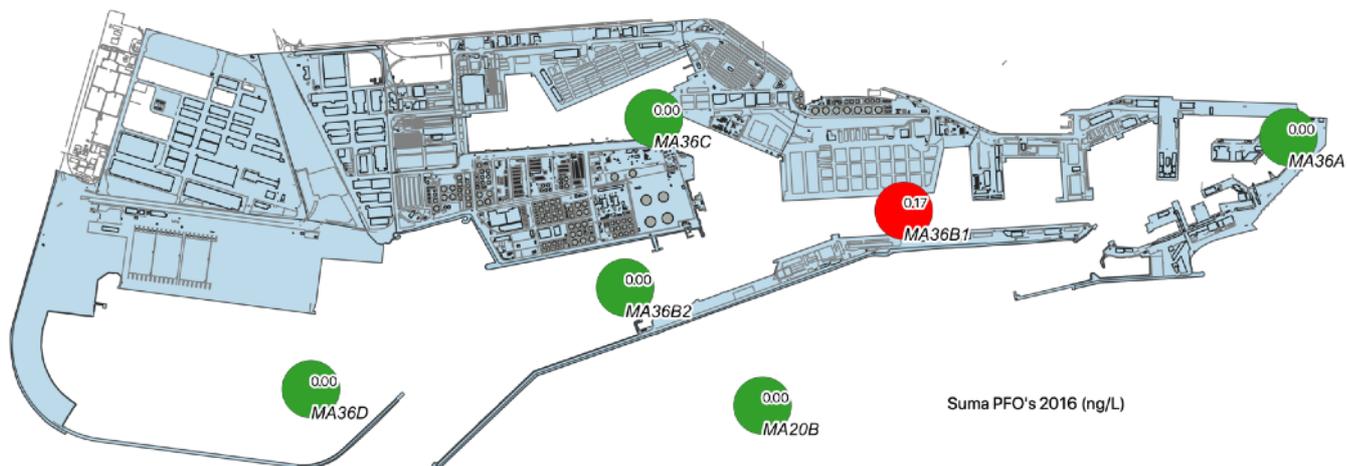
Mapa 7. Promedio de Benzo (a) pireno en agua (ng/L) 2016

El benzo (a) pireno es una sustancia de la familia de los PAH, regulada en el RD 817/2015 con una NCA-MA de 0,17 ng/L. Es la sustancia regulada que más veces ha sobrepasado el nivel de referencia en el puerto (aguas abrigadas y abiertas) desde 2015 debido entre otros a los aportes de hidrocarburos por derrames, efluentes de buques y de las descargas del sistema de saneamiento de la ciudad (DSU). En 2016 se sobrepasó, en promedio, en todos los puntos de muestreo.

Punto	Promedio - Benzo_a_pireno
MA20B	0,845
MA36A	0,28
MA36B1	0,405
MA36B2	0,195
MA36C	0,685
MA36D	0,2

Tabla 10. Resumen benzo (a) pireno promedio (ng/L) 2016

PFOs



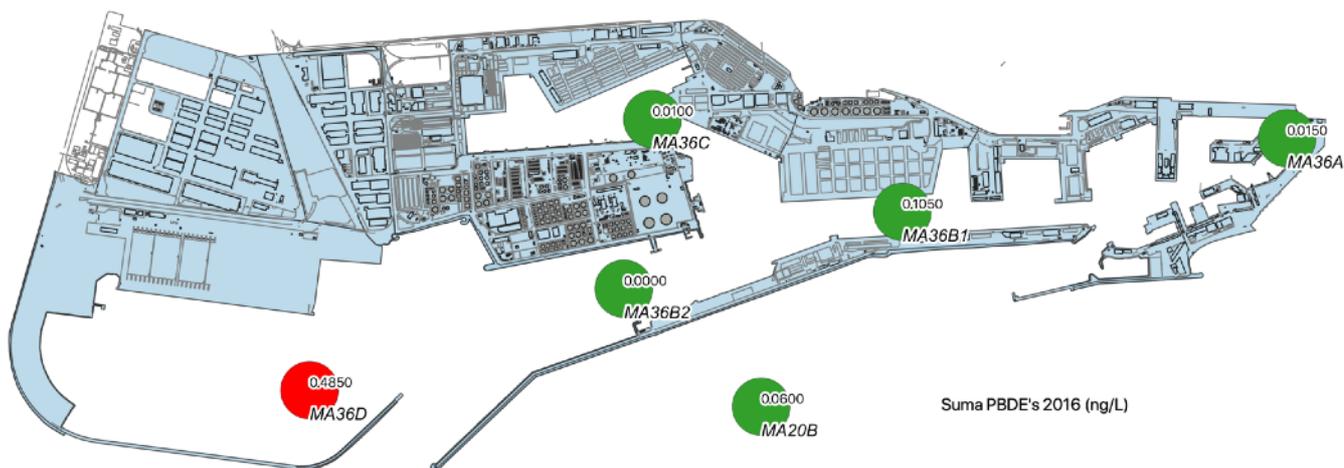
Mapa 8. Promedio de PFO's en agua (ng/L) 2016

Tensoactivos sintético utilizados, por ejemplo, en el teflón. En la Directiva Marco del Agua (DMA) no se especifica que compuestos hay que considerar como derivados del PFOS (en aguas portuarias se determina la concentración de PFBA (C4), PFPeA (C5), PFHxA (C6), PFHpA (C7), PFOA (C8), PFNA (C9), PFDA (C10), PFBS (C4), PFHxS (C6) y PFOS (C8)). Su suma tiene NCA-MA (0,13 ng/L) que fue superado, en promedio, en MA36B1.

Punto	Promedio - PFOs
MA20B	0
MA36A	0
MA36B1	0,175
MA36B2	0
MA36C	0
MA36D	0

Tabla 11. Resumen suma PFO's promedio (ng/L) 2016

Polibromodifenil éteres (PBDE)



Mapa 9. Promedio de PFO's en agua (ng/L) 2016

Compuestos bromados utilizados como retardasteis de llama en plásticos y espumas son sustancias persistentes y en algún caso bioacumulativas. Tienen una NCA-MA de 0,2 ng/L, superando este límite en el promedio anual de MA36D.

Punto	Promedio - PBDE's
MA20B	0,060
MA36A	0,015
MA36B1	0,105
MA36B2	0,000
MA36C	0,010
MA36D	0,485

Tabla 12. Resumen suma PBDE's (ng/L) 2016

### Valoración Contaminantes específicos aguas

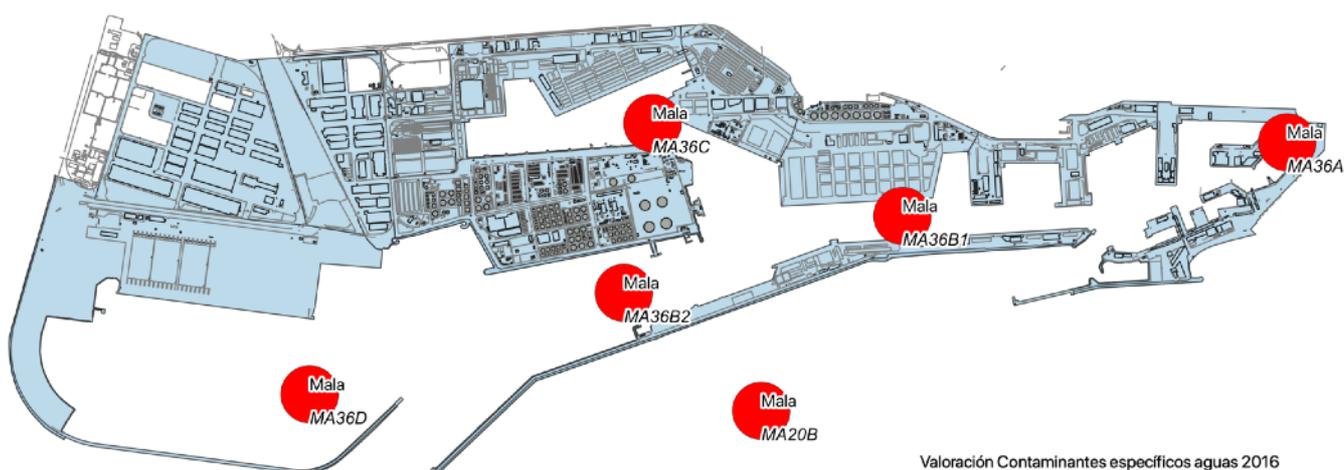
LA DMA sólo contempla dos estados en función de si la masa de agua sobrepasa el NCA de cualquier sustancia de las que figuran en el Anexo 3 de Real Decreto 817/2015:

- Buena: no es sobrepasado ningún NCA
- Mala: Se sobrepasa en alguna o varias sustancias el NCA

Con este criterio, la calidad química derivada de los contaminantes específicos de cada estación de muestreo se refleja en la siguiente tabla y mapa:

Punto	DEHP	Benzo_a_pireno	PFOs	PBDE's	Valoración global
MA20B	Mala	Mala	Buena	Buena	Mala
MA36A	Mala	Mala	Buena	Buena	Mala
MA36B1	Mala	Mala	Mala	Buena	Mala
MA36B2	Mala	Mala	Buena	Buena	Mala
MA36C	Mala	Mala	Buena	Buena	Mala
MA36D	Mala	Mala	Buena	Mala	Mala

Tabla 13. Calidad química agua por estación 2016

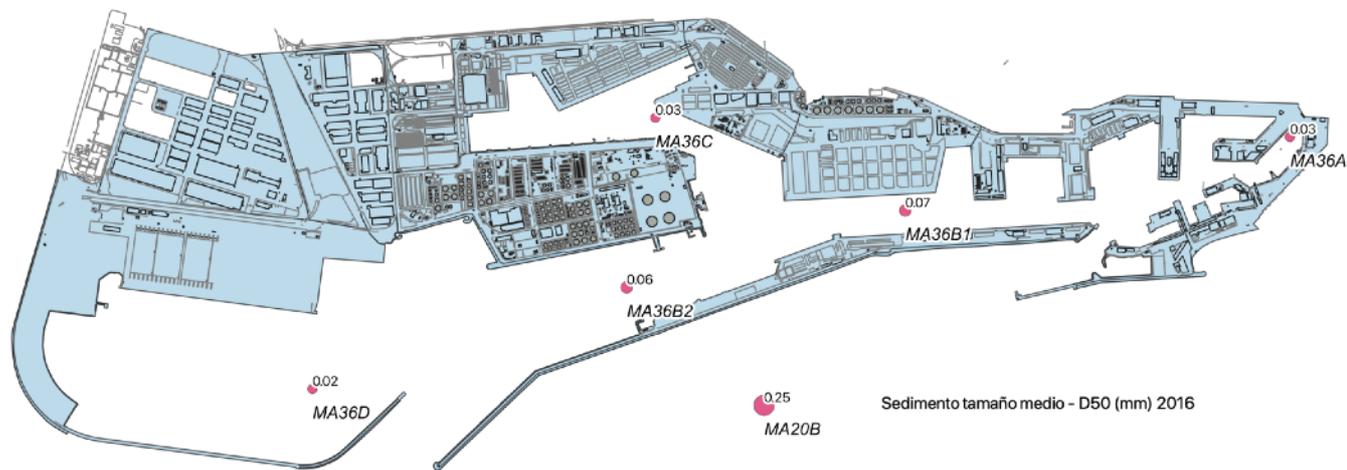


Mapa 10. Calidad química agua por estación 2016

### 3. Fisicoquímica sedimentos

#### 3.1. Condiciones generales sedimentos

Grano medio D-50



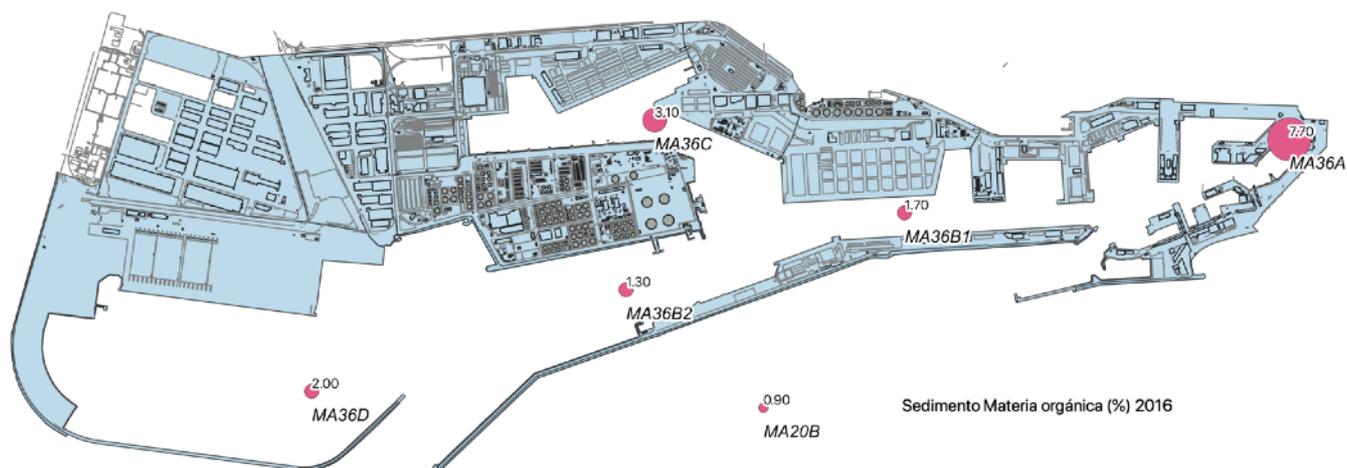
Mapa 11. Grano medio sedimentos (mm) 2016

Los resultados indican que en aguas abrigadas dominan los finos y en aguas abiertas en grano medio es mayor. Se explica por las características hidrodinámicas de las aguas confinadas que favorece la deposición de las partículas más pequeñas. También los aportes continentales favorecen el aporte de esas partículas más pequeñas al medio y por consecuencia su deposición en el sedimento.

Punto	D50 (mm) 2016
MA20B	0,252
MA36A	0,03
MA36B1	0,067
MA36B2	0,063
MA36C	0,028
MA36D	0,024

Tabla 14. Resumen grado medio D-50 (mm) 2016

## Materia Orgánica



Mapa 12. Materia orgánica en sedimentos (%) 2016

Los resultados de porcentaje de materia orgánica en sedimento son más elevados en la estación MA36A (7,7 %), apreciándose una gran diferencia respecto a las demás estaciones (el siguiente punto con mayor porcentaje de materia orgánica en sedimento es MA36C con 3,1%). En aguas abiertas se encuentra el valor más bajo con 0,9%.

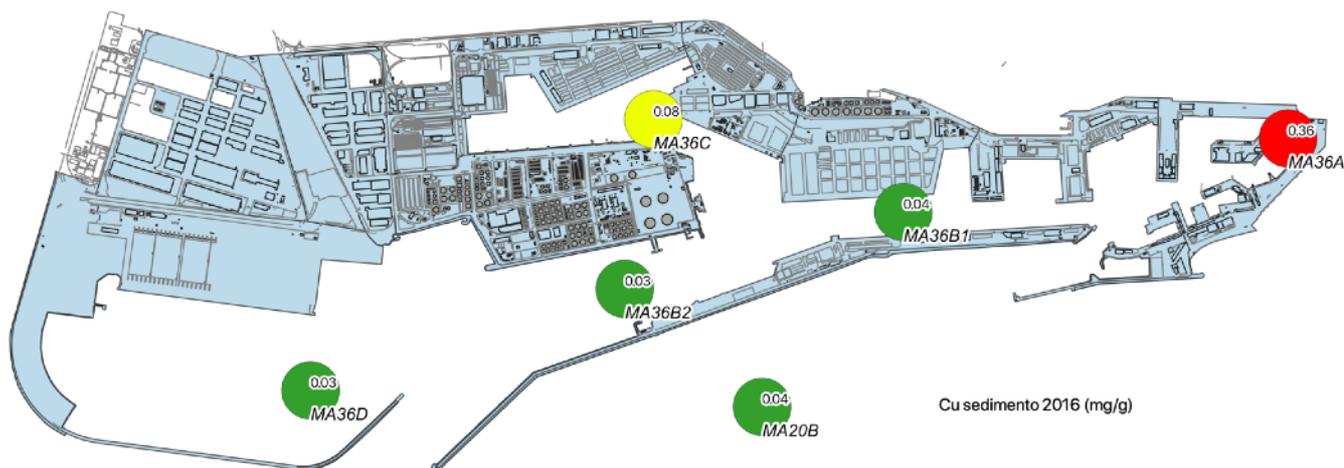
Punto	Materia_Organica (%) 2016
MA20B	0,9
MA36A	7,7
MA36B1	1,7
MA36B2	1,3
MA36C	3,1
MA36D	2,0

Tabla 15. Resumen materia orgánica (%) 2016

### 3.2. Contaminantes específicos sedimentos

En este apartado se muestran los contaminantes contemplados en las Directrices para la caracterización del material de dragado y su reubicación en aguas de dominio público marítimo-terrestre (DCMD), ya que la DMA contempla a los sedimentos marinos sin referencias del tipo NCA. Estas directrices se utilizarán en este informe sólo como referencias de calidad, ya que la caracterización de los sedimentos para su dragado incluye más condiciones y pruebas analíticas que no se contemplan en este documento.

#### Cobre



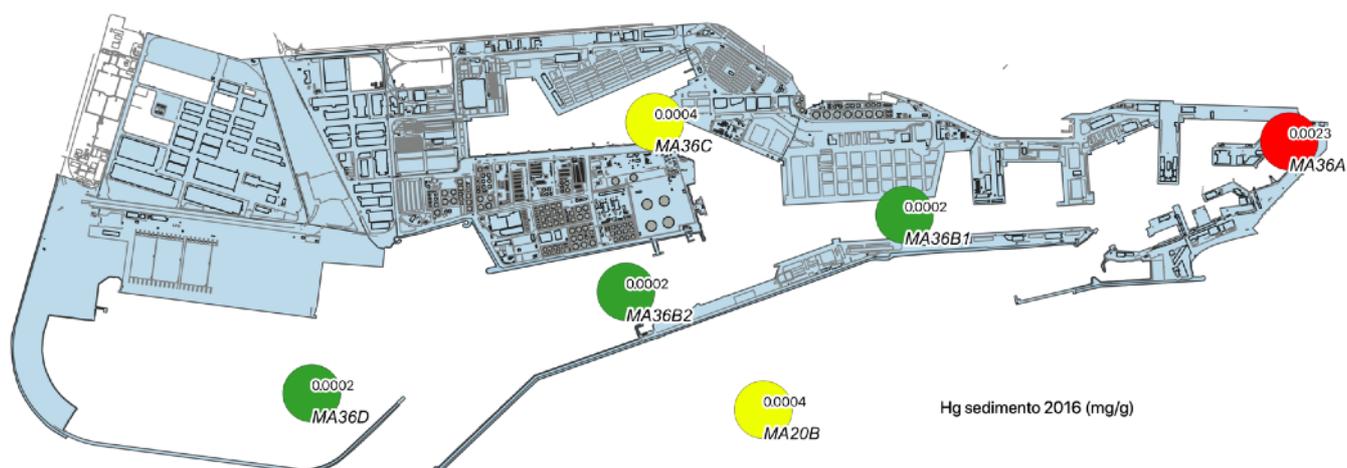
Mapa 13. Cobre en sedimentos ( $\mu\text{g/g}$ ) 2016

La concentración de cobre en los sedimentos supera el NAB (0,168 mg/g) en la estación MA36A y en NAA (0,07 mg/g) en MA36C.

Punto	Cu (mg/g) 2016
MA20B	0,0394
MA36A	0,3600
MA36B1	0,0381
MA36B2	0,0254
MA36C	0,0758
MA36D	0,0326

Tabla 16. Resumen cobre (mg/g) 2016

Mercurio



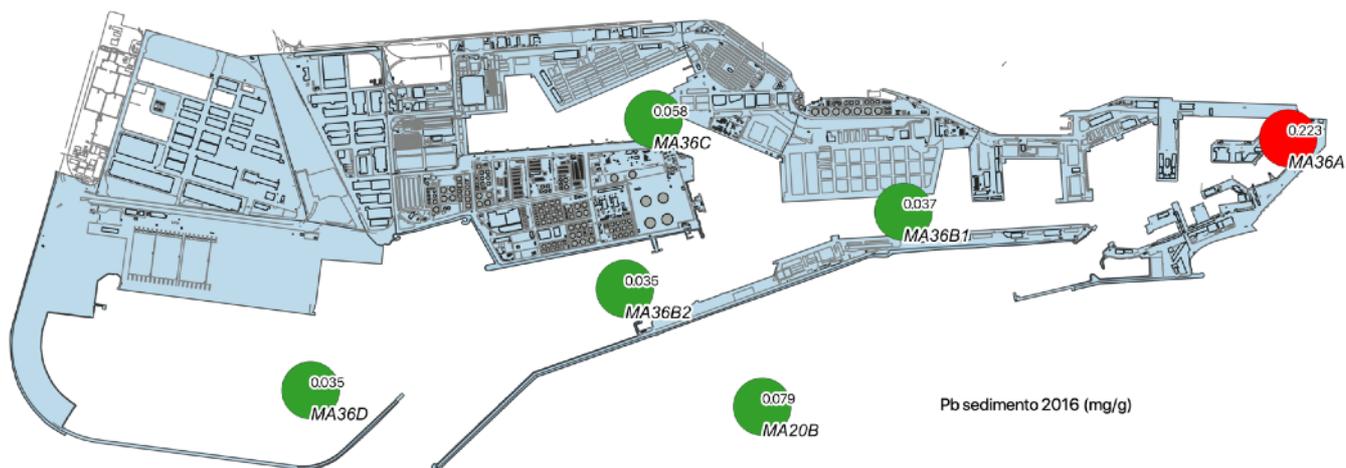
Mapa 14. Mercurio en sedimentos (mg/g) 2016

La concentración de mercurio en los sedimentos analizados supera el NAB (0,00071 mg/g) en la estación MA36A y el NAA (0,00035 mg/g) en MA20B y MA36C.

Punto	Hg (mg/g) 2016
MA20B	0,00035
MA36A	0,00234
MA36B1	0,00023
MA36B2	0,00020
MA36C	0,00040
MA36D	0,00016

Tabla 17. Resumen mercurio (mg/g) 2016

Plomo



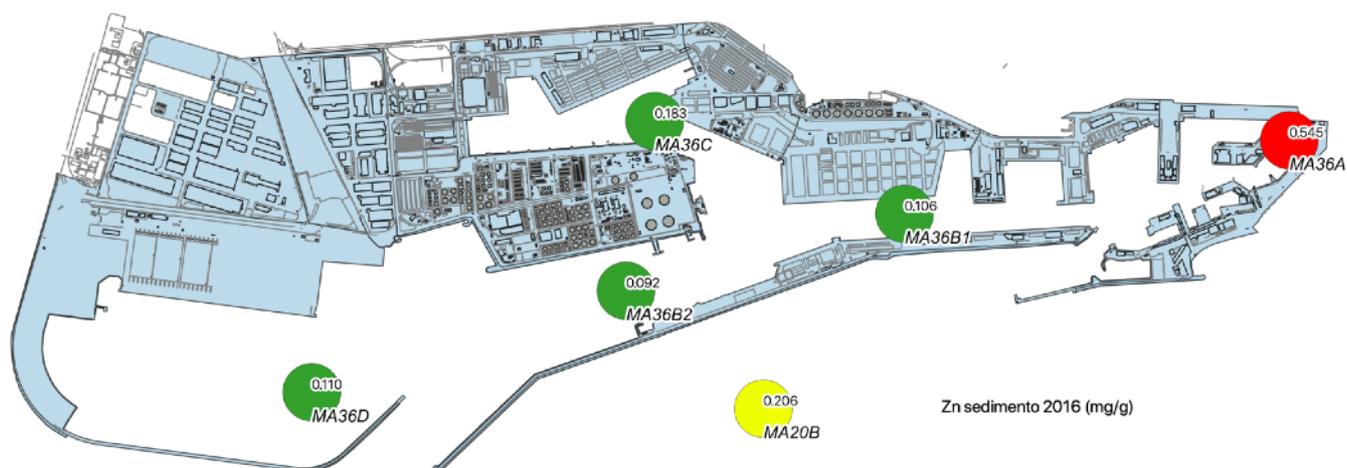
Mapa 15. Plomo en sedimentos (mg/g) 2016

La concentración de plomo en los sedimentos supera el NAB (0,218 mg/Kg) en MA36A (0,223 mg/g). En las estaciones de muestreo la concentración oscila entre 0,0345 (MA36B2) y 0,0788 mg/g (MA20B).

Punto	Pb (mg/g) 2016
MA20B	0,0788
MA36A	0,2230
MA36B1	0,0371
MA36B2	0,0345
MA36C	0,0583
MA36D	0,0351

Tabla 18 Resumen plomo (mg/g) 2016

Zinc



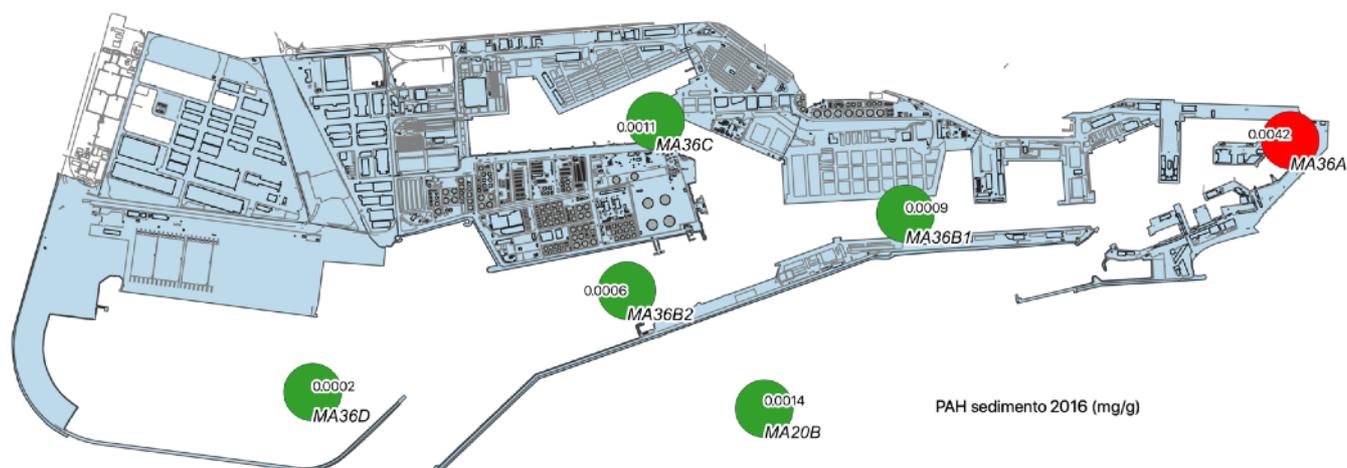
Mapa 16. Zinc en sedimentos (µg/g) 2019

La concentración de zinc en los sedimentos supera el NAB (0,41 mg/g) en la estación MA36A (0,545 mg/g) y el NAA (0,205 mg/g) en MA20B (0,206 mg/g).

Punto	Zn (mg/g) 2016
MA20B	0,2060
MA36A	0,5450
MA36B1	0,1060
MA36B2	0,0925
MA36C	0,1830
MA36D	0,1100

Tabla 19. Resumen zinc (mg/g) 2016

## Hidrocarburos policíclicos (PAH's)



Mapa 17. PAH's en sedimentos (mg/g) 2016

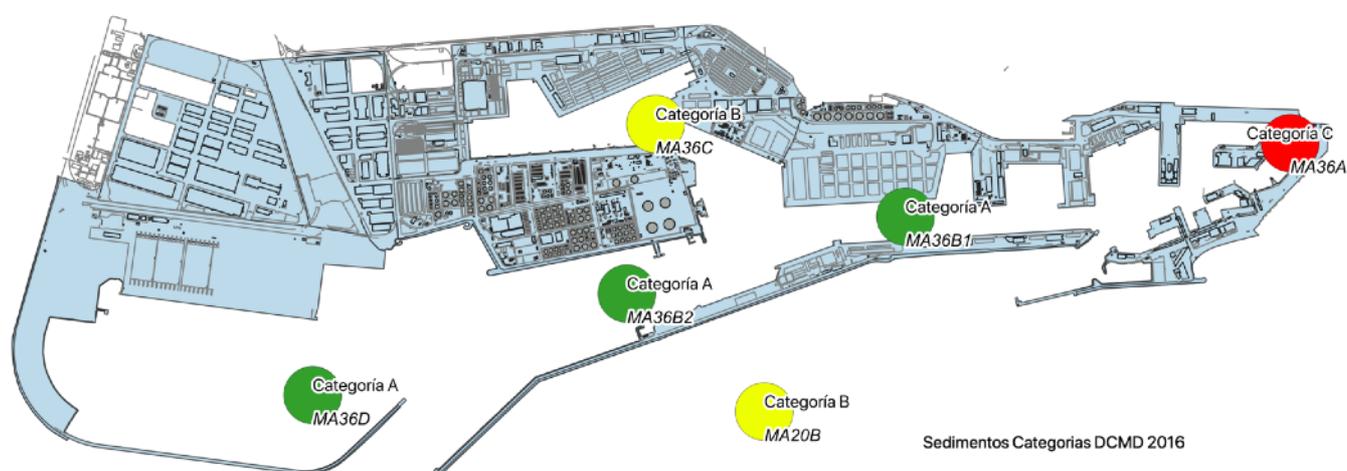
Los datos que se reflejan en la tabla y el gráfico de PAH's son la suma de los los nueve recomendados por OSPAR (Antraceno, Benzo(a)antraceno, Benzo(ghi)perileno, Benzo(a)pireno, Criseno, Fluoranteno, Indeno(1,2,3 cd)pireno, Pireno y Fenantreno).

El sumatorio de concentración de PAH's en los sedimentos portuarios supera el NAB (0,00376 mg/g) en la estación de muestreo MA36A (0,00419 mg/g). Las restantes estaciones de muestreo presentan una concentración de PAH's menor que el NAA (0,00188 mg/g) y que oscila entre 0,00061 y 0,00143 mg/g.

Punto	Suma 9 PAH's (mg/g) 2016
MA20B	0,00143
MA36A	0,00419
MA36B1	0,00091
MA36B2	0,00061
MA36C	0,00108
MA36D	0,00022

Tabla 20. Resumen PAH's (mg/g) 2016

## Categorías DCMD sedimentos



Mapa 18. Categorías DCMD de los sedimentos 2016

Para asignar una categoría a los sedimentos, se han utilizado los niveles de acción que figuran en las DCMD que clasifican los materiales en tres categorías diferentes (A, B y C) según la concentración del contaminante correspondiente.

Según estos criterios los sedimentos de las estaciones de muestreo MA36B1, MA36B2 y MA36D se clasifican como materiales de categoría A, las estaciones MA36C y MA20B se clasifican como material de categoría B, y los sedimentos de la estación MA36A se clasifican como material de categoría C.

Punto	Cu (mg/g) 2016	Hg (mg/g) 2016	Pb (mg/g) 2016	Zn (mg/g) 2016	Suma 9 PAH's (mg/g) 2016	Categoría DCMD
MA20B	Categoría A	Categoría B	Categoría A	Categoría B	Categoría A	Categoría B
MA36A	Categoría C	Categoría C				
MA36B1	Categoría A	Categoría A				
MA36B2	Categoría A	Categoría A				
MA36C	Categoría B	Categoría B	Categoría A	Categoría A	Categoría A	Categoría B
MA36D	Categoría A	Categoría A				

Tabla 21. Categorías de los sedimentos 2016

En conclusión, se puede afirmar que en la estación MA36A el sedimento analizado presenta fuerte contaminación por cobre, mercurio, plomo, zinc y PAH's; la estación MA36C presenta contaminación moderada por cobre y mercurio y la MA20B por mercurio y zinc. Los sedimentos de las estaciones MA36B1, MA36B2 y MA36D no presentan contaminación destacable.

## 4. Elementos Biológicos

### 4.1. Fitoplancton

En este apartado se utilizan los indicadores recogidos en el documento Protocol d'avaluació de l'estat ecològic i químic de les aigües costaneres, de la ACA, administración ambiental competente y responsable de la aplicación de la DMA en la demarcación hidrográfica de Conques internes de Catalunya.

#### Clorofila a

La clorofila es el pigmento fotosintético mayoritario de los productores primarios, que permite hacer una estimación de la biomasa fitoplanctónica, indicador que se utiliza en la mayor parte de normativas relativas a los mares y océanos, siempre relacionada con posibles problemáticas originadas por enriquecimiento con nutrientes o eutrofización

Los valores de la Clorofila-a promedio oscilan entre 1,23 µg/L en aguas abiertas, y de entre 1,47 y 3,43 µg/L en las abrigadas.

Punto	Promedio - Clorofila_a
MA20B	1,23
MA36A	3,43
MA36B1	1,93
MA36B2	1,47
MA36C	2,59
MA36D	1,55

Tabla 22. Resumen clorofila a (µg/L) 2016

Para utilizar la clorofila a como indicador es necesario conocer la influencia de los aportes continentales mediante la salinidad promedio y comparándola con los siguientes valores:

- Influencia elevada: Salinidad promedio inferior a 34,5
- Influencia moderada: salinidad entre 34,5 y 37,5 PSU
- Influencia baja: Salinidad superior a 37,5

Los valores de referencia de clorofila a para masas de agua de baja influencia continental, en función de la proximidad a la costa y la profundidad (Campo Próximo y Campo Medio) son (en ug/L o mg/m3):

Valores de referencia Clorofila a					
Influencia continental elevada		Influencia continental moderada		Influencia continental baja	
Campo Próximo	Campo Medio	Campo Próximo	Campo Medio	Campo Próximo	Campo Medio
4,69	2,25	1,82	0,90	1,12	0,52

Tabla 23. Valores de referencia Clorofila a (µg/L)

El siguiente paso es calcular el EQR de Campo Próximo y Campo Medio para cada punto según la siguiente fórmula:

$$EQR = \text{Clorofila de referencia} / \text{Clorofila promedio}$$

Con estos valores se asignan los niveles de calidad del campo cercano y del campo medio de cada punto, a partir del valor de la EQR obtenido, según las tablas de evaluación para las diferentes tipologías (o Types UE) que se resumen a continuación:

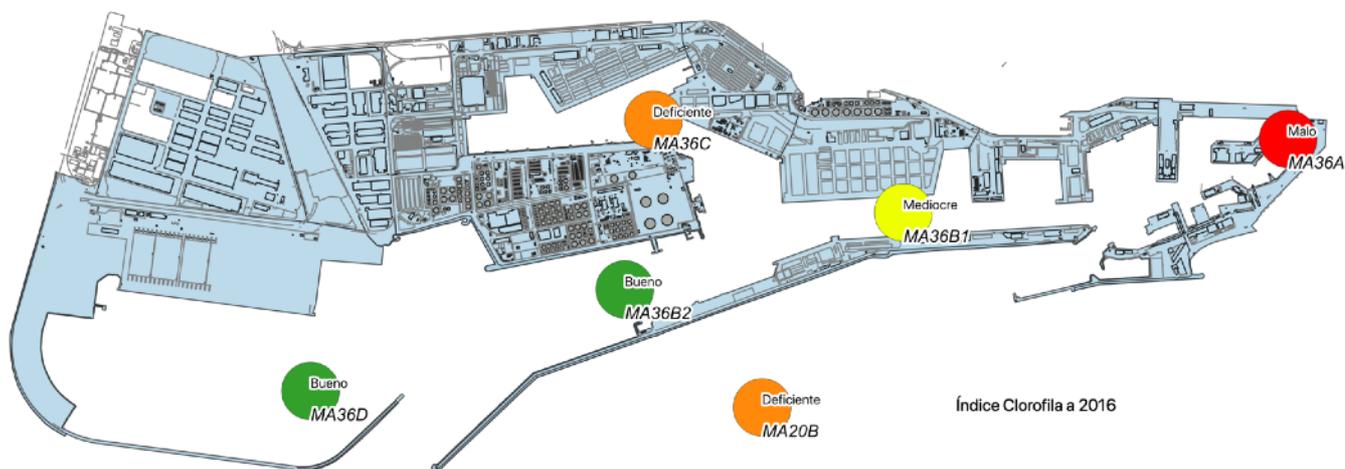
NIVEL DE CALIDAD	Influencia continental elevada	Influencia continental moderada	Influencia continental baja
Muy bueno	$EQR \geq 0,82$	$EQR \geq 0,83$	$EQR \geq 0,85$
Bueno	$0,47 \leq EQR < 0,82$	$0,54 \leq EQR < 0,83$	$0,61 \leq EQR < 0,85$
Mediocre	$0,33 \leq EQR < 0,47$	$0,40 \leq EQR < 0,54$	$0,50 \leq EQR < 0,61$
Deficiente	$0,25 \leq EQR < 0,33$	$0,33 \leq EQR < 0,40$	$0,42 \leq EQR < 0,50$
Malo	$EQR < 0,25$	$EQR < 0,33$	$EQR < 0,42$

Tabla 24. Niveles de calidad según EQR de clorofila a ( $\mu\text{g/L}$ )

Con estas herramientas ya se puede evaluar el nivel de calidad de cada estación de muestreo:

Punto	Promedio Salinidad (PSU) 2016	Influencia Continental	Referencia	Valor Referencia Clorofila	Promedio Clorofila_a ( $\mu\text{g/L}$ ) 2016	EQR	Nivel Calidad Clorofila 2016
MA20B	38,069	Influencia Baja	Campo Medio	0,52	1,23	0,423	Deficiente
MA36A	38,020	Influencia Baja	Campo Proximo	1,12	3,43	0,327	Malo
MA36B1	38,027	Influencia Baja	Campo Proximo	1,12	1,93	0,579	Mediocre
MA36B2	38,054	Influencia Baja	Campo Proximo	1,12	1,47	0,763	Bueno
MA36C	38,029	Influencia Baja	Campo Proximo	1,12	2,59	0,432	Deficiente
MA36D	38,042	Influencia Baja	Campo Proximo	1,12	1,55	0,724	Bueno

Tabla 25. Niveles de calidad según promedio clorofila a ( $\mu\text{g/L}$ ) 2016



Mapa 19. Valoración del nivel de calidad de Clorofila a en agua ( $\text{mg/m}^3$ ) 2016

## 4.2. Macroinvertebrados bentónicos

### Índice MEDOCC

Existen varios índices para evaluar la calidad ambiental basados en el estudio de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos de fondos blandos. Para las estaciones muestreadas dentro del Puerto de Barcelona y la zona exterior se ha aplicado el índice MEDOCC (Pinedo et al. 2015), desarrollado por investigadores del Centro de Estudios Avanzados de Blanes CEAB-CSIC.

La base del índice MEDOCC, es la capacidad que tienen los organismos de responder a las variaciones en el enriquecimiento en materia orgánica según la sucesión descrita por Pearson & Rosenberg (1978).

La metodología se basa en asignar un grupo ecológico en cada una de las especies de macroinvertebrados presentes en la comunidad según la bibliografía existente y el criterio experto: GE1: especies sensibles; GE2: especies indiferentes; GE3: especies tolerantes y GE4: especies oportunistas. A partir de la abundancia de las especies se calcula el valor del índice MEDOCC.

$$MEDOCC = [(0 \times \%GE1) + (2 \times \%GE2) + (4 \times \%GE3) + (6 \times \%GE4)]/100$$

### Condiciones de referencia

Para que las valoraciones obtenidas con las métricas o índices escogidos sean comparables entre los diferentes elementos o entre diferentes métodos utilizados en un mismo elemento, la DMA propone trabajar con los Ecological Quality Ratios (EQRs), que representan la relación entre los valores observados en el medio y los valores de referencia para el índice en cuestión. La escala de los EQRs varía entre 0 y 1, siendo el EQR más cercano a 1 lo que más se parezca al valor observado en la referencia, y más cercano a 0 lo que más alejado esté de esta condición (European Commission, 2000 y 2005). De esta manera se relaciona el estado ecológico medido en la zona de estudio con el estado ecológico potencial, es decir el mejor estado ecológico que se podría alcanzar en aquella zona.

El CEAB ha trabajado con condiciones de referencia en aguas costeras de la costa catalana y las masas de agua de transición muy modificadas (como las del puerto). Es decir, la condición de referencia, en este caso máximo potencial ecológico, de la masa de agua del puerto se ha definido empíricamente en base a las comunidades de macrofauna bentónica que se han encontrado.

Así, para el grupo de estaciones de aguas abrigadas se aplica un valor de MEDOCC = 2,4 (25% de especies sensibles, 40% de especies indiferentes, 25% de especies tolerantes y 10% de especies oportunistas) obtenida con los datos obtenidos en el muestreo de 2018. En aguas abiertas se ha aplicado la misma condición de referencia que en el resto de la costa catalana (MEDOCC = 0,2).

Los valores obtenidos como referencia del índice MEDOCC y EQR para establecer el estado/potencial ecológico para aguas litorales costeras y de transición figuran en la siguiente tabla:

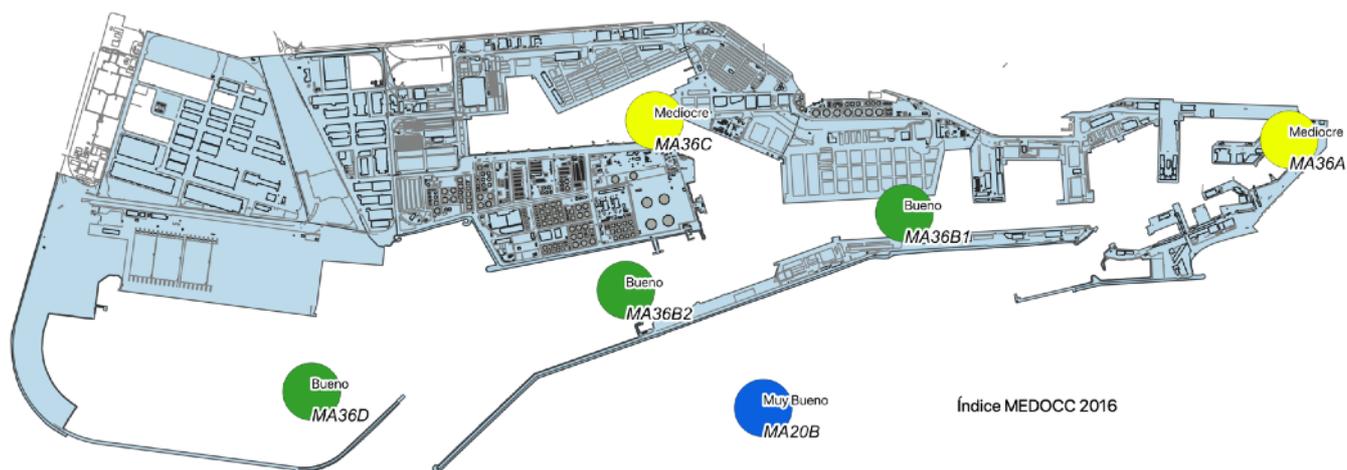
Estado/Potencial Ecológico	MEDOCC (0-6)	EQR
Muy bueno	$0 < MEDOCC < 1,60$	$EQR > 0,73$
Bueno	$1,6 \leq MEDOCC < 3,2$	$0,47 < EQR \leq 0,73$
Mediocre	$3,20 \leq MEDOCC < 4,77$	$0,20 < EQR \leq 0,47$
Deficiente	$4,77 \leq MEDOCC < 5,5$	$0,08 < EQR \leq 0,20$
Malo	$5,50 \leq MEDOCC \leq 6$	$EQR \leq 0,08$

Tabla 26. Criterios de valoración MEDOCC y EQR

Con la Tabla 26 se pueden asignar el estado ecológico/potencial ecológico de los sedimentos muestreados en 2019 en el puerto:

Año	Punto	Condicion de Referencia	MEDOCC 2016	EQR 2016	Estado/Potencial ecológico 2016
2016	MA20B	0,2	0,68	0,92	Muy Bueno
2016	MA36A	2,4	5,25	0,21	Mediocre
2016	MA36B1	2,4	4,09	0,53	Bueno
2016	MA36B2	2,4	3,86	0,59	Bueno
2016	MA36C	2,4	4,65	0,37	Mediocre
2016	MA36D	2,4	3,71	0,63	Bueno

Tabla 27. Clasificación sedimentos portuarios según los datos de 2016



Mapa 20. Índice MEDOCC de la comunidad bentónica 2016

## 5. Conclusiones

La valoración de las aguas portuarias por estación de muestreo se resume en la siguiente tabla que engloba todos los índices y niveles de calidad de cada grupo de parámetros ya mostrados:

Punto	Índice FAN (físicoquímica aguas)	Calidad Química Agua (físicoquímica aguas)	Categoría DCMD (físicoquímica sedimentos)	Nivel de Calidad Clorofila a (Elementos Biológicos)	Índice MEDOCC Bentos (Elementos Biológicos)
MA20B	Muy Bueno	Mala	Categoría B	Deficiente	Muy Bueno
MA36A	Bueno	Mala	Categoría C	Malo	Mediocre
MA36B1	Bueno	Mala	Categoría A	Mediocre	Bueno
MA36B2	Bueno	Mala	Categoría A	Bueno	Bueno
MA36C	Mediocre	Mala	Categoría B	Deficiente	Mediocre
MA36D	Bueno	Mala	Categoría A	Bueno	Bueno

Tabla 28. Indicadores utilizados para determinar el estado ecológico de las masas de agua portuaria.

La mala calidad química de las aguas portuarias y, en menor grado, la de los sedimentos ponen en evidencia las presiones del territorio y usos del puerto. Dos sustancias químicas de la columna de agua, el benzo (a) pireno y los polibromodifenil éteres sobrepasan los límites legales en todas las estaciones para esas sustancias. En sedimentos, la peor estación se encuentra en Port Vell (MA36A) con elevadas concentraciones mercurio, zinc, plomo, cobre e hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH).

Los bioindicadores no son tan malos como podrían indicar la calidad química de aguas y sedimentos. Port Vell se mantiene con un índice de clorofila malo y mediocre en la comunidad bentónica, pero el resto de estaciones oscilan entre calificaciones de “deficientes” a “muy buenos”

Junio 2010



# CALIDAD DE AGUAS Y SEDIMENTOS DEL PUERTO DE BARCELONA

## RESUMEN 2016

*Dep. Medi Ambient  
Autoritat Portuària de Barcelona*

## **INDICE**

1.- Introducción	3
2. Fisicoquímicos aguas	6
2.1. Condiciones generales aguas	6
Transparencia Secchi	6
Temperatura	7
Oxígeno	8
Índice FAN	9
2.2 Contaminantes específicos aguas	11
DEHP	11
Benzo (a) pireno	12
PFOs	13
Polibromodifenil éteres (PBDE)	14
Valoración Contaminantes específicos aguas	15
3. Fisicoquímica sedimentos	16
3.1. Condiciones generales sedimentos	16
Grano medio D-50	16
Materia Orgánica	17
3.2. Contaminantes específicos sedimentos	18
Cobre	18
Mercurio	19
Plomo	20
Zinc	21
Hidrocarburos policíclicos (PAH's)	22
Categorías DCMD sedimentos	23
4. Elementos Biológicos	24
4.1. Fitoplancton	24
4.2. Macroinvertebrados bentónicos	26
Índice MEDOCC	26
5. Conclusiones	28

## 1.- Introducción

El seguimiento de la calidad del agua del Puerto de Barcelona que se realiza en el marco de la Directiva Marco Agua (D.M.A.), está basado en los resultados analíticos obtenidos durante el año 2019 y basado siguientes marcos normativos y recomendaciones:

- Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de octubre de 2000, conocida como Directiva Marco del Agua (DMA), la cual establece un marco de actuación comunitario en el ámbito de la política de aguas y fue transpuesta al marco legislativo español mediante la Ley 62/2003, de 30 de diciembre de 2000, actualizada en los criterios de seguimiento y evaluación y sus normas de calidad ambiental con el Real Decreto 817/2015.
- *Protocol d'avaluació de l'estat ecològic i químic de les aigües costaneres* (PROTOCOLO), elaborado por la Agència Catalana de l'Aigua (ACA), que es la administración ambiental competente y responsable de la aplicación de la DMA en Catalunya y basa su cumplimiento en los resultados del "Programa de Seguiment i Control de vigilància de les aigües costaneres" con vigencia de 6 años (2013-2018) en renovación para el periodo 2019-2024.
- Directrices para la caracterización del material material dragado y su reubicación en aguas de dominio público marítimo-terrestre (DCMD), de la comisión Interministerial de Estrategias Marinas de 2015.

La Autoritat Portuària de Barcelona (APB), según la legislación portuaria vigente, tiene determinadas competencias sobre el medio marino y está reconocida como Autoridad Competente dentro de los órganos de gestión de las cuencas internas. El Puerto de Barcelona se encuentra en la demarcación hidrográfica de *Conques internes de Catalunya*, considerada intracomunitaria al pertenecer toda la cuenca a una sola Comunidad Autónoma.

El objetivo que se persigue en este informe es mostrar los datos más relevantes del estado de las masas de agua portuaria en 2019, recogiendo los criterios establecidos en la normativa, en cumplimiento de los principios establecidos en la DMA.

Las estaciones de muestreo, o puntos de muestreo se muestran en el siguiente mapa y tabla:



Mapa 1. Puntos de muestreo

Punto de muestreo	X UTM	Y UTM	Profundidad (m)	Masa de agua
MA20B	431594	4576708	27	MA20
MA36A	431815	4581231	11	MA36
MA36B1	430833	4578396	17	MA36
MA36B2	430280	4576252	18	MA36
MA36C	429257	4577096	17	MA36
MA36D	429755	4573776	17	MA36

Tabla 1. Coordenadas puntos de muestreo y características

El presente informe integra los resultados obtenidos y la valoración de los mismos a lo largo del año 2016 en las campañas con las fechas siguientes:

	27 enero	26 febrero	16 marzo	29 abril	29 mayo	29 junio	13 julio	30 agosto	26 septiembre	26 octubre	18 noviembre
Estado fisicoquímico del agua (1)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Nutrientes inorgánicos en aguas (2)	X		X		X		X		X		X
Metales pesados en aguas (3)					X						X
Contaminantes orgánicos en agua (3)					X						X
Estado químico del sedimento (1)					X						
Comunidades macrobentónicas de fondo sedimentario (4)										X	

Tabla 2. Tipos de muestras y analíticas por campaña de muestreo. (1) APB. (2) ICM-CSIC. (3) IDAEA-CSIC. (4) CEAB-CSIC

Para realizar este resumen, se ha utilizado los indicadores, elementos y parámetros de la tabla que figura a continuación, basada en gran parte en la que figura en los PROTOCOLOS con el añadido de los niveles de acción de los DCMD, para determinar el estado ecológico de las masas de agua costera de Catalunya:

Indicadores	Elementos	Parámetros	Métricas utilizadas	Parámetros contemplados
Fisicoquímicos aguas	Condiciones generales aguas	Transparencia Secchi	---	Transparencia Secchi promedio por punto
		Condiciones térmicas	---	Temperatura promedio por punto
		Condiciones de oxigenación	---	Oxígeno disuelto promedio por punto
		Salinidad	Índice FAN	Índice Fan promedio por punto
	Condiciones relativas a nutrientes inorgánicos			
Contaminantes específicos aguas	Substancias contaminantes del Anexo VIII de la DMA	Límites establecidos en normativa	Sustancias que sobrepasan en promedio el NCA-MA o NCA-CMA por punto	
Fisicoquímicos sedimentos	Condiciones generales sedimentos	Granulometría	Tamaño medio de grano D-50	Tamaño medio de grano por punto
		Materia orgánica	Porcentaje del peso seco	Materia orgánica por punto
	Contaminantes específicos sedimentos	Metales	Directrices para la caracterización del material dragado	Metales o sustancias que sobrepasan el Nivel de Acción por punto
		Suma PCB		
		Suma PAH		
	Suma TBT			
Biológicos	Fitoplancton	Abundancia y biomasa de fitoplancton.	Concentración de clorofila <i>a</i>	Clorofila <i>a</i> promedio por punto
	Macroinvertebrados bentónicos	Composición y abundancia de la fauna bentónica invertebrados	Índice MEDOCC	Índice MEDOCC por punto

Tabla 3. Indicadores utilizados para determinar el estado ecológico de las masas de agua portuaria.

Como se ve, se incluyen en este resumen elementos descriptivos fisicoquímicos de aguas y sedimentos, además de los compuestos que sobrepasan los niveles de concentración admisible (NCA) de la DMA y los metales y sustancias que sobrepasan algún nivel de acción (NAA o NAB) de los PROTOCOLOS.

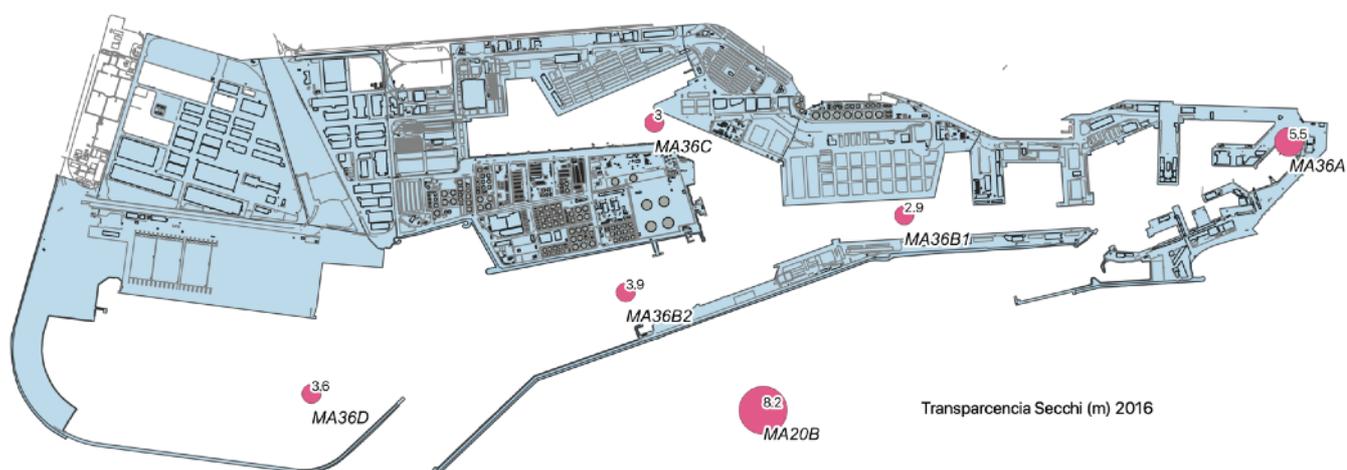
### Tratamiento de los datos

Como se indica en la Directiva Marco del Agua y utilizando los criterios establecidos por ACA, en los resultados que se agrupan para calcular promedios, medianas y otras agrupaciones estadísticas se tendrán en cuenta las concentraciones que den por debajo del nivel de detección (o LOD). En estos casos se asignará la mitad del valor de detección que tenga la metodología analítica. Todos los resultados que se presentan a continuación en las tablas y que se tendrán en cuenta para la valoración han seguido este criterio.

## 2. Fisicoquímicos aguas

### 2.1. Condiciones generales aguas

#### Transparencia Secchi



Mapa 2. Promedio de transparencia Secchi (m) 2016

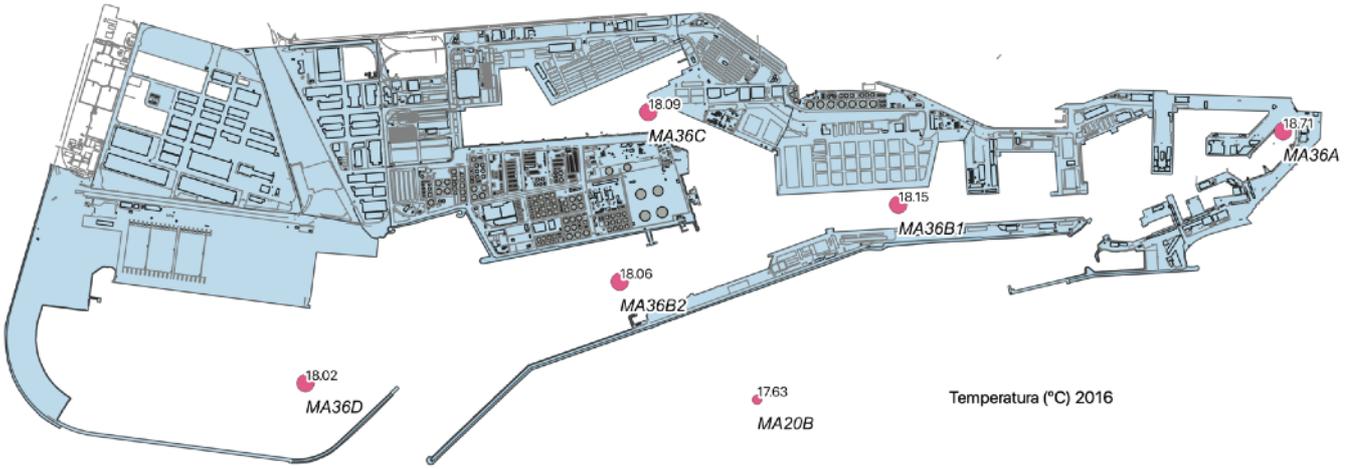
Las estaciones de muestro situadas en el interior del puerto presentan valores de penetración de la luz inferiores a los de la estación exterior (MA20B). Esta situación obedece a la diferente intensidad de los fenómenos de agitación y aportes de contaminantes.

Los valores de penetración de la luz de las estaciones situadas a abrigo del puerto oscilan entre 1,5 m y 8 m, mientras que los valores de la estación MA20B se sitúan entre 4,5 m y 12 m.

Punto	Promedio - Secchi (m) 2016
MA20B	8,2
MA36A	5,5
MA36B1	2,9
MA36B2	3,9
MA36C	3,0
MA36D	3,6

Tabla 4. Resumen transparencia disco Secchi (m) promedio 2016

Temperatura



Mapa 3. Promedio de temperatura del agua (°C) 2016

En todas las estaciones se observa una marcada estacionalidad térmica. Se observa una elevada homogeneidad entre estaciones y para toda la columna de agua, presentando un patrón característico de la cada una de las épocas en las que se han realizado muestreos.

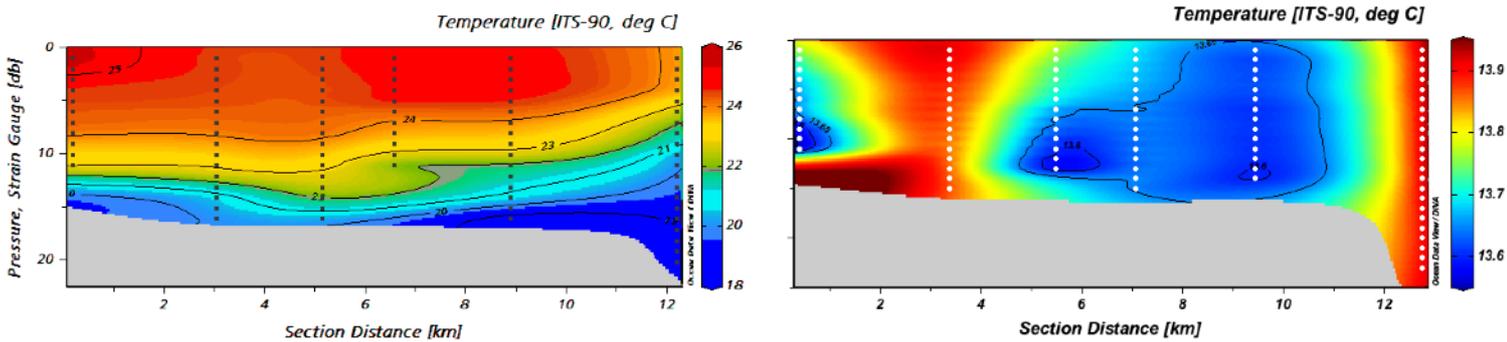


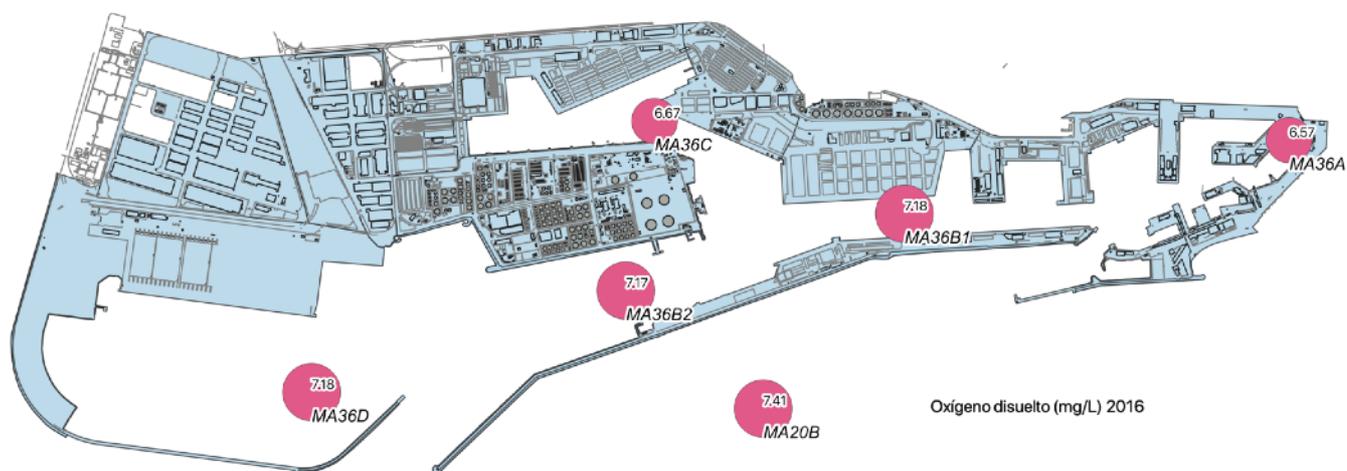
Gráfico 1. Ejemplo de gráficos de contorno con los perfiles de temperatura de un mes de verano (izquierda) y de invierno (derecha). La línea de puntos representan los perfiles de cada punto. De izquierda a derecha: MA36A, MA36B1, MA36C, MA36B2, MA36C y MA20B, quedando a izquierda la zona de Port Vell y a la derecha las aguas abiertas.

En el mes de julio se observa una diferencia de temperatura entorno a los 8 metros hecho que evidencia la presencia de estratificación propia de los periodos estivales. En el mes de agosto, el valor medio para la temperatura es algo más elevado que para el resto de los muestreos, teniendo ésta un valor medio de entre 22,83 y 24,32 °C mientras que en el mes de marzo el valor medio de temperatura se encuentra entre 13,03 y 13,4 °C, ambas horquillas en aguas abrigadas.

Punto	Promedio de Temperatura 2016
MA20B	17,63
MA36A	18,71
MA36B1	18,15
MA36B2	18,06
MA36C	18,09
MA36D	18,02

Tabla 5. Resumen temperatura promedio (°C) 2016

## Oxígeno



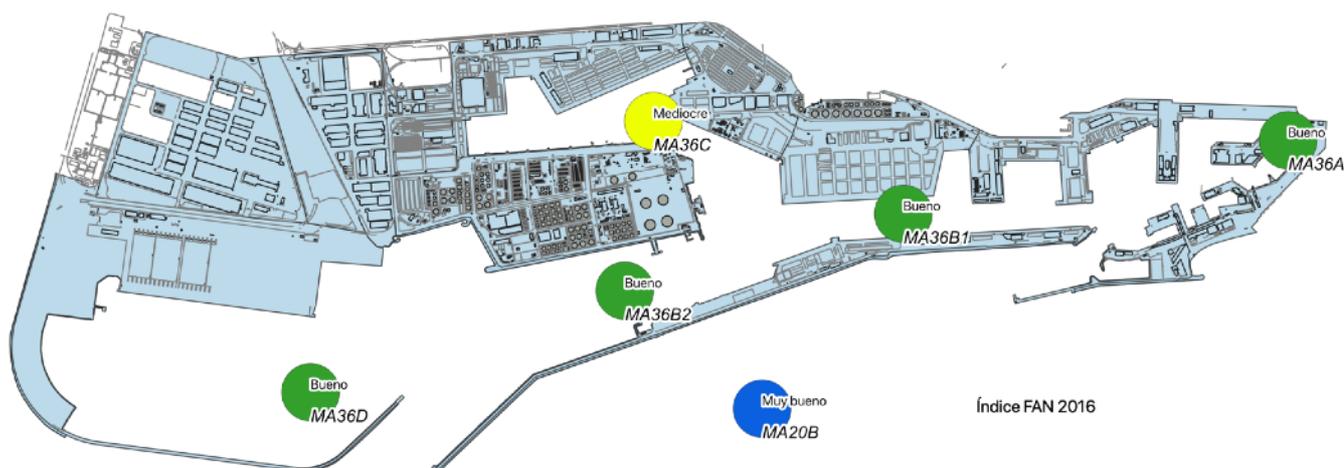
Mapa 4. Promedio de oxígeno disuelto en agua (mg/L) 2016

El contenido en oxígeno del agua de mar varía normalmente entre 6 y 9 mg/l. En el puerto, en cambio, se aprecia una menor concentración de oxígeno debido a que la presencia de aportes de materia orgánica y el consecuente aumento de los procesos metabólicos derivados de su consumo junto a las mayores temperaturas que se registran en las aguas portuarias hacen que el oxígeno oscile entre 8,19 y 6,67 mg/L en aguas abiertas y entre 7,99 y 5,19 mg/L en aguas abrigadas.

Punto	Promedio de Oxígeno disuelto 2016
MA20B	7,41
MA36A	6,57
MA36B1	7,18
MA36B2	7,17
MA36C	6,67
MA36D	7,18

Tabla 6. Resumen oxígeno disuelto promedio (mg/L) 2016

## Índice FAN



Mapa 5. Promedio de índice FAN 2016

Las condiciones fisicoquímicas de las masas de agua de la costa catalana se evalúan a partir de datos superficiales relativas al contenido en agua dulce (calculado a partir del valor de salinidad) y en la concentración de nutrientes inorgánicos disueltos (nitratos, nitritos, amonios, fosfatos y silicatos), obtenidas a nivel de la línea de costa (campo cercano) ya 1000 metros de la línea de costa (campo medio).

El nivel de calidad final de las condiciones fisicoquímicas generales se obtiene a partir del índice FAN, que mide el grado de antropización de una masa de agua y es inversamente proporcional a la calidad de la misma.

Este índice se basa en la idea de que las aguas costeras dependen de las condiciones del continente o zona terrestre adyacente y en la premisa de que únicamente las aportaciones continentales antrópicas (básicamente las urbanas, que aportan nitritos, amonios y fosfatos en el medio), son las que hacen disminuir su calidad, al alejar las condiciones fisicoquímicas generales de su estado natural.

Una vez se dispone del índice FAN de cada punto se hace la media aritmética de los resultados de cada punto de muestro y se compara con las tablas de valoración, teniendo en cuenta la proximidad a la costa y la profundidad del punto de donde se han tomado los valores.

En el caso del puerto de Barcelona se ha considerado que las aguas abrigadas son de “campo próximo” y las abiertas de “campo medio”.

Nivel de calidad	FAN	
	Campo próximo	Campo medio
Muy bueno	$FAN \leq -0.2$	$FAN \leq -0.3$
Bueno	$-0.2 < FAN \leq 0.2$	$-0.3 < FAN \leq 0$
Mediocre	$0.2 < FAN \leq 0.6$	$0 < FAN \leq 0.3$
Deficiente	$0.6 < FAN \leq 1$	$0.3 < FAN \leq 0.6$
Malo	$FAN > 1$	$FAN > 0.6$

Tabla 7. Intervalos de calidad fisicoquímica según el índice FAN

Calidad de aguas y sedimentos. Resumen 2016

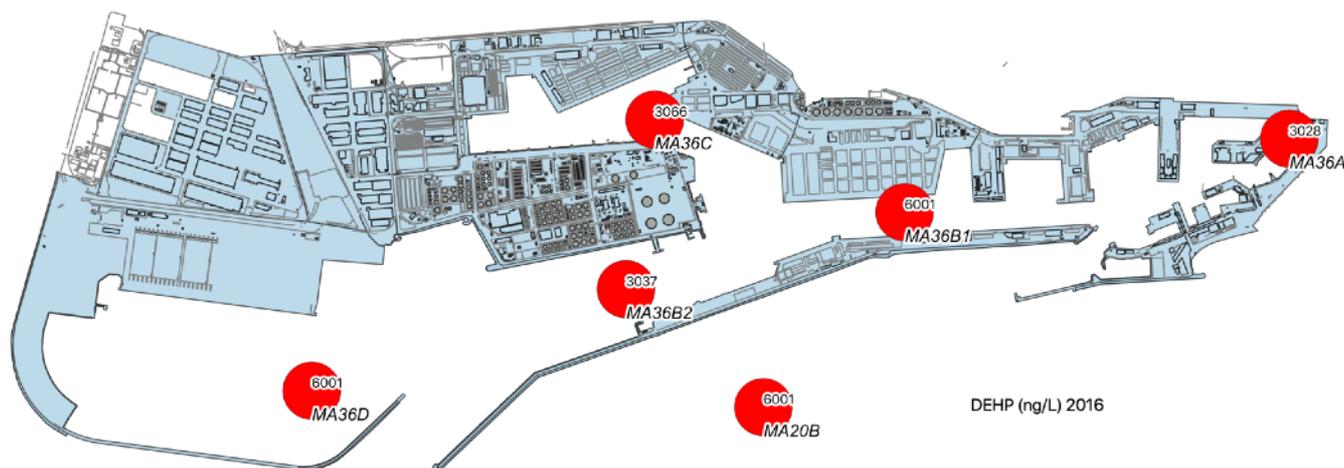
Punto	Salinidad (PSU)	Nitrato (umol/L)	Nitrito (umol/L)	Amónio (umol/L)	Fosfato (umol/L)	Silicato (umol/L)	Indice FAN 2016	Valoracion	Criterio
MA20B	38,069	0,55	0,2	0,32	0,07	0,88	-0,352	Muy bueno	CAMPO MEDIO
MA36A	38,020	0,87	0,2	0,88	0,3	1,16	-0,028	Bueno	CAMPO PROXIMO
MA36B1	38,027	0,64	0,23	1,12	0,12	1,05	-0,063	Bueno	
MA36B2	38,054	0,67	0,23	0,75	0,1	0,98	-0,171	Bueno	
MA36C	38,029	0,77	0,29	2,62	0,27	1,27	0,376	Mediocre	
MA36D	38,042	0,55	0,27	0,93	0,19	0,99	-0,001	Bueno	

Tabla 8. Resultados del índice FAN de 2016, calculado con los promedios de salinidad y nutrientes inorgánicos.

## 2.2 Contaminantes específicos aguas

En este apartado se muestran los datos que, en promedio tal y como indica la DMA, sobrepasaron la norma de calidad ambiental (NCA), ya sea la media anual (NCA-MA) o la cantidad máxima anual (NCA-CMA) y que figuran en el Real Decreto 817/2015, de 11 de septiembre, por el que se establecen los criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental.

### DEHP



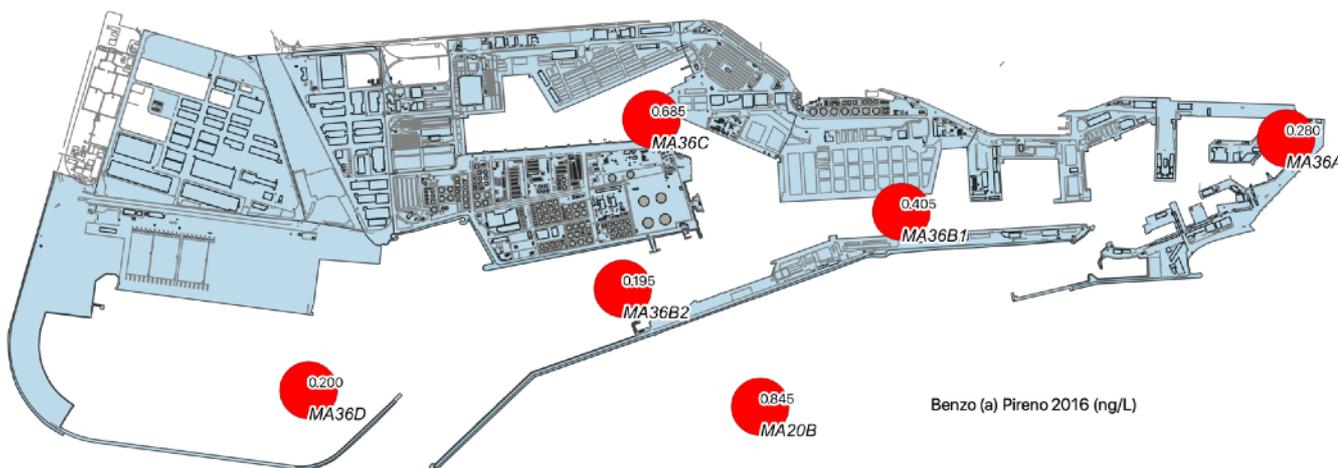
Mapa 6. Promedio de DEHP en agua (ng/L) 2016

De la familia de los ftalatos, es una sustancia utilizada para hacer los plásticos más flexibles (plastificantes). En promedio, en 2016 se superó la NCA-MA fijado en 1300 ng/L en todos los puntos de muestreo.

Punto	Promedio - DEHP
MA20B	6001,0
MA36A	3028,0
MA36B1	6001,0
MA36B2	3037,0
MA36C	3066,0
MA36D	6001,0

Tabla 9. Resumen DEHP promedio (ng/L) 2016

Benzo (a) pireno



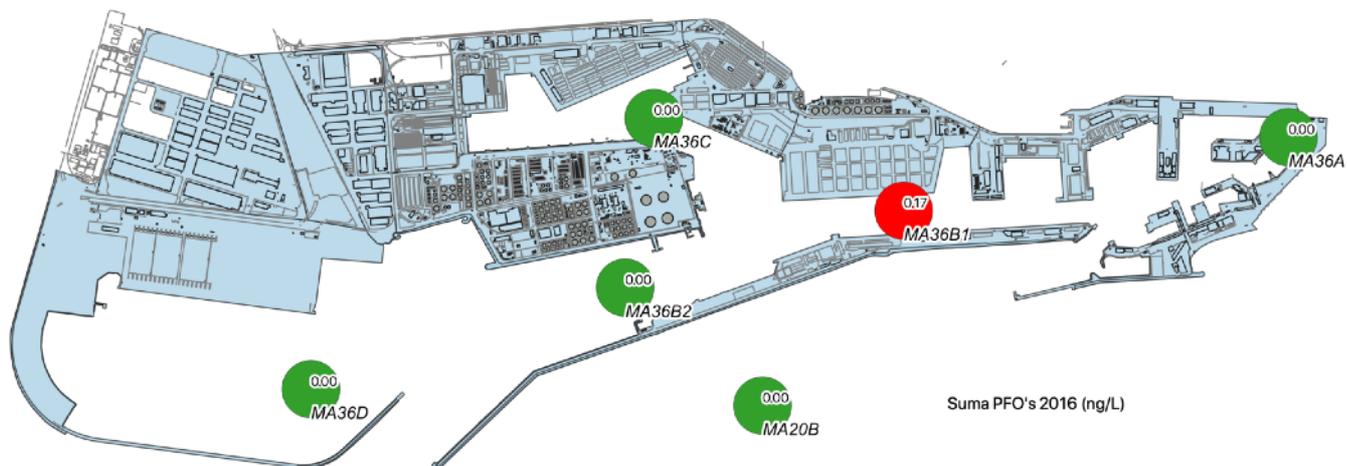
Mapa 7. Promedio de Benzo (a) pireno en agua (ng/L) 2016

El benzo (a) pireno es una sustancia de la familia de los PAH, regulada en el RD 817/2015 con una NCA-MA de 0,17 ng/L. Es la sustancia regulada que más veces ha sobrepasado el nivel de referencia en el puerto (aguas abrigadas y abiertas) desde 2015 debido entre otros a los aportes de hidrocarburos por derrames, efluentes de buques y de las descargas del sistema de saneamiento de la ciudad (DSU). En 2016 se sobrepasó, en promedio, en todos los puntos de muestreo.

Punto	Promedio - Benzo_a_pireno
MA20B	0,845
MA36A	0,28
MA36B1	0,405
MA36B2	0,195
MA36C	0,685
MA36D	0,2

Tabla 10. Resumen benzo (a) pireno promedio (ng/L) 2016

PFOs



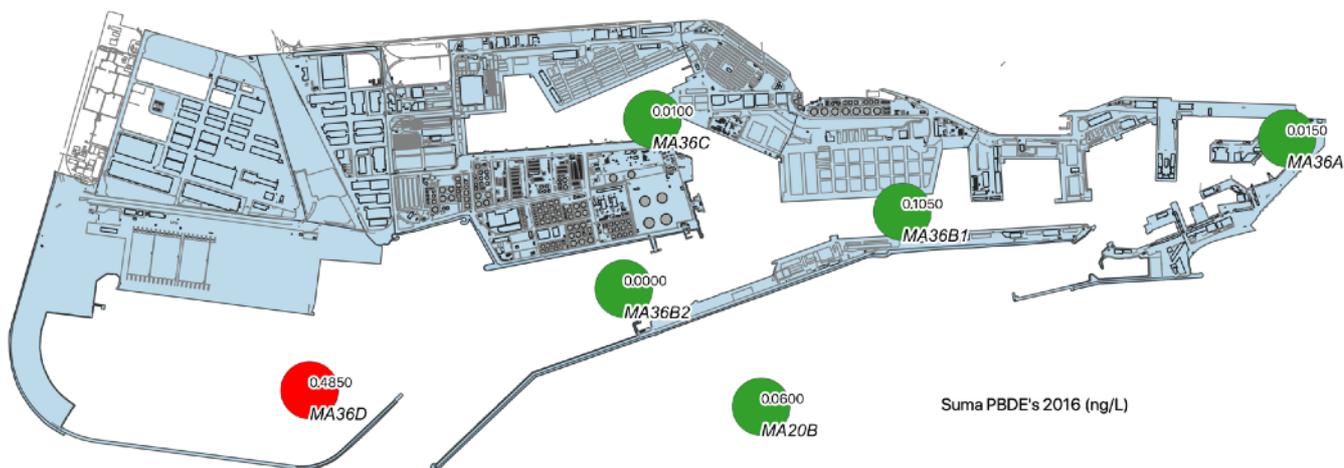
Mapa 8. Promedio de PFO's en agua (ng/L) 2016

Tensoactivos sintético utilizados, por ejemplo, en el teflón. En la Directiva Marco del Agua (DMA) no se especifica que compuestos hay que considerar como derivados del PFOS (en aguas portuarias se determina la concentración de PFBA (C4), PFPeA (C5), PFHxA (C6), PFHpA (C7), PFOA (C8), PFNA (C9), PFDA (C10), PFBS (C4), PFHxS (C6) y PFOS (C8)). Su suma tiene NCA-MA (0,13 ng/L) que fue superado, en promedio, en MA36B1.

Punto	Promedio - PFOs
MA20B	0
MA36A	0
MA36B1	0,175
MA36B2	0
MA36C	0
MA36D	0

Tabla 11. Resumen suma PFO's promedio (ng/L) 2016

Polibromodifenil éteres (PBDE)



Mapa 9. Promedio de PFO's en agua (ng/L) 2016

Compuestos bromados utilizados como retardasteis de llama en plásticos y espumas son sustancias persistentes y en algún caso bioacumulativas. Tienen una NCA-MA de 0,2 ng/L, superando este límite en el promedio anual de MA36D.

Punto	Promedio - PBDE's
MA20B	0,060
MA36A	0,015
MA36B1	0,105
MA36B2	0,000
MA36C	0,010
MA36D	0,485

Tabla 12. Resumen suma PBDE's (ng/L) 2016

### Valoración Contaminantes específicos aguas

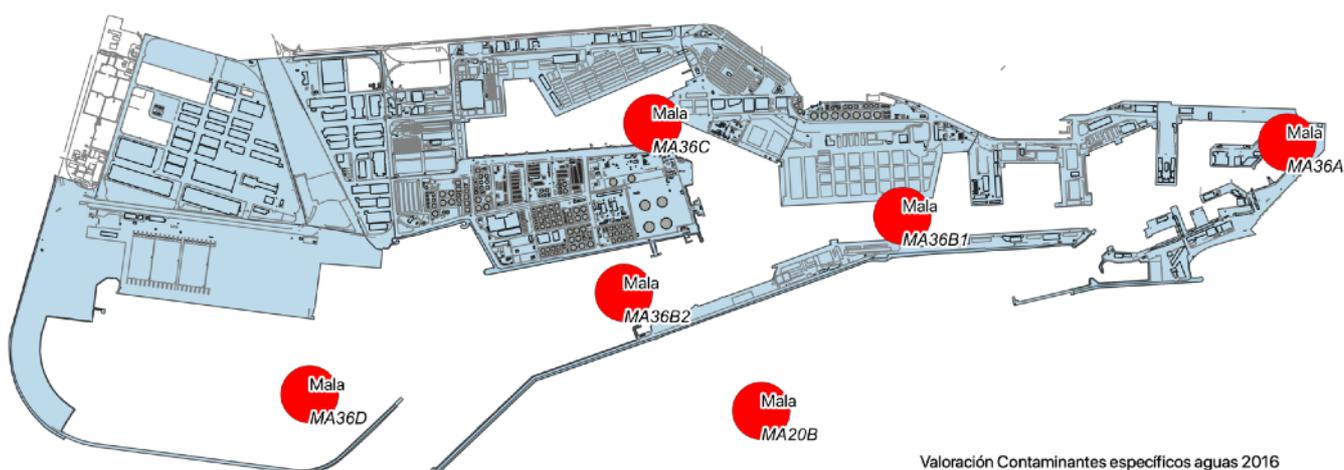
LA DMA sólo contempla dos estados en función de si la masa de agua sobrepasa el NCA de cualquier sustancia de las que figuran en el Anexo 3 de Real Decreto 817/2015:

- Buena: no es sobrepasado ningún NCA
- Mala: Se sobrepasa en alguna o varias sustancias el NCA

Con este criterio, la calidad química derivada de los contaminantes específicos de cada estación de muestreo se refleja en la siguiente tabla y mapa:

Punto	DEHP	Benzo_a_pireno	PFOs	PBDE's	Valoración global
MA20B	Mala	Mala	Buena	Buena	Mala
MA36A	Mala	Mala	Buena	Buena	Mala
MA36B1	Mala	Mala	Mala	Buena	Mala
MA36B2	Mala	Mala	Buena	Buena	Mala
MA36C	Mala	Mala	Buena	Buena	Mala
MA36D	Mala	Mala	Buena	Mala	Mala

Tabla 13. Calidad química agua por estación 2016

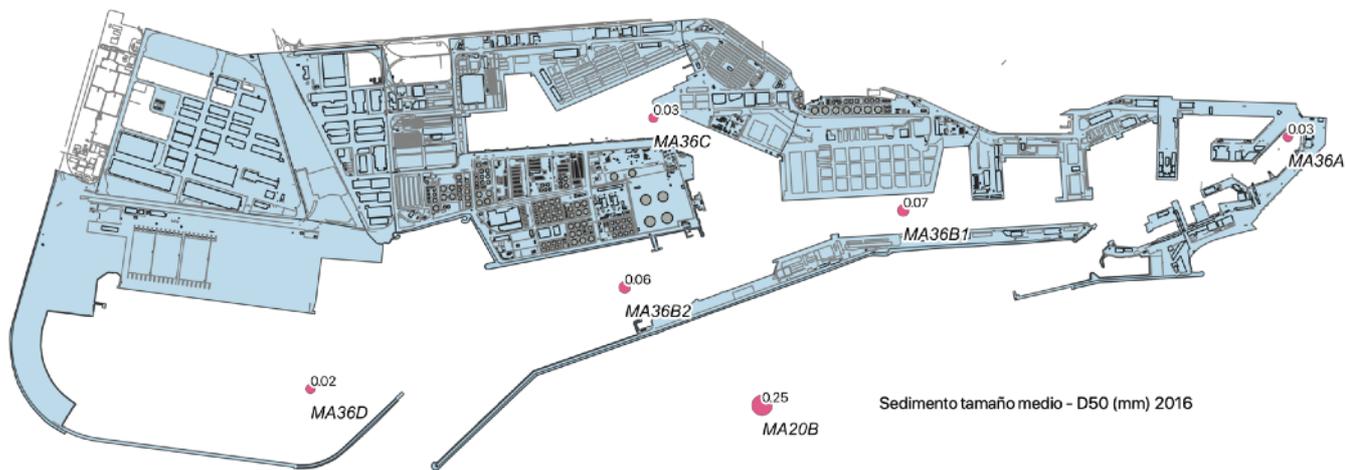


Mapa 10. Calidad química agua por estación 2016

### 3. Fisicoquímica sedimentos

#### 3.1. Condiciones generales sedimentos

Grano medio D-50



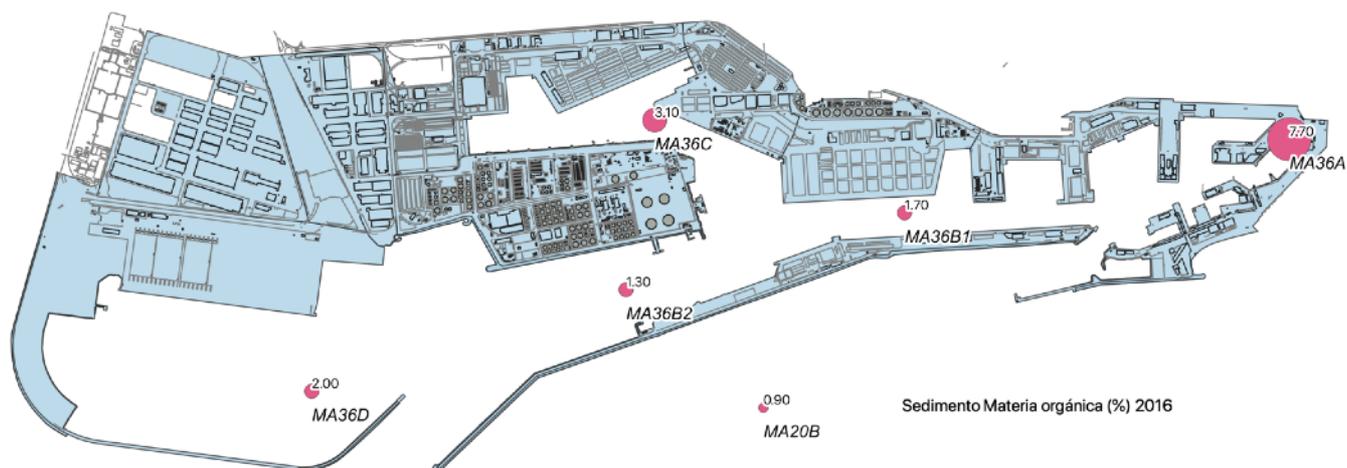
Mapa 11. Grano medio sedimentos (mm) 2016

Los resultados indican que en aguas abrigadas dominan los finos y en aguas abiertas en grano medio es mayor. Se explica por las características hidrodinámicas de las aguas confinadas que favorece la deposición de las partículas más pequeñas. También los aportes continentales favorecen el aporte de esas partículas más pequeñas al medio y por consecuencia su deposición en el sedimento.

Punto	D50 (mm) 2016
MA20B	0,252
MA36A	0,03
MA36B1	0,067
MA36B2	0,063
MA36C	0,028
MA36D	0,024

Tabla 14. Resumen grado medio D-50 (mm) 2016

## Materia Orgánica



Mapa 12. Materia orgánica en sedimentos (%) 2016

Los resultados de porcentaje de materia orgánica en sedimento son más elevados en la estación MA36A (7,7 %), apreciándose una gran diferencia respecto a las demás estaciones (el siguiente punto con mayor porcentaje de materia orgánica en sedimento es MA36C con 3,1%). En aguas abiertas se encuentra el valor más bajo con 0,9%.

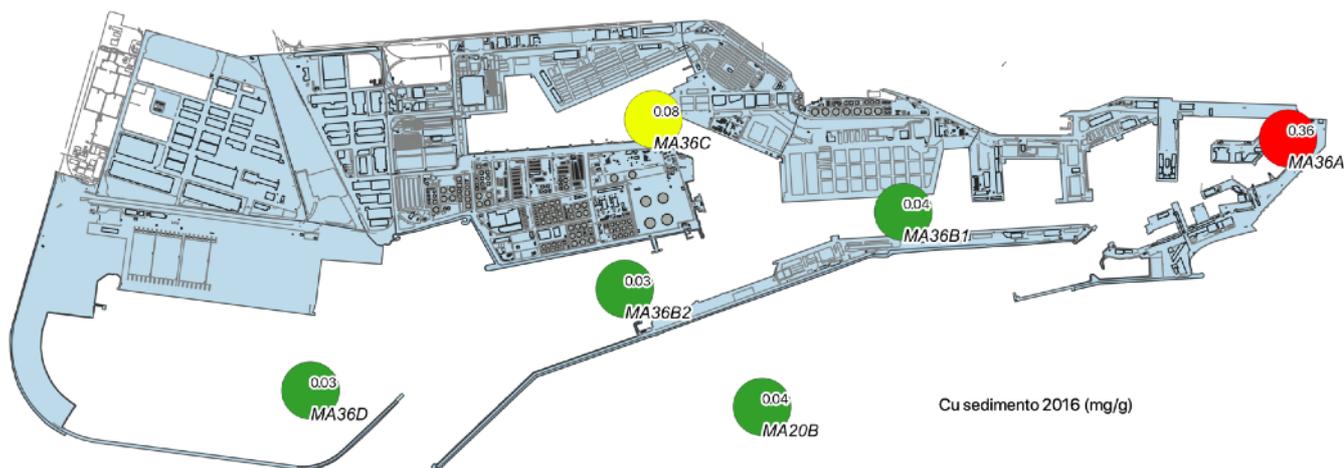
Punto	Materia_Organica (%) 2016
MA20B	0,9
MA36A	7,7
MA36B1	1,7
MA36B2	1,3
MA36C	3,1
MA36D	2,0

Tabla 15. Resumen materia orgánica (%) 2016

### 3.2. Contaminantes específicos sedimentos

En este apartado se muestran los contaminantes contemplados en las Directrices para la caracterización del material de dragado y su reubicación en aguas de dominio público marítimo-terrestre (DCMD), ya que la DMA contempla a los sedimentos marinos sin referencias del tipo NCA. Estas directrices se utilizarán en este informe sólo como referencias de calidad, ya que la caracterización de los sedimentos para su dragado incluye más condiciones y pruebas analíticas que no se contemplan en este documento.

#### Cobre



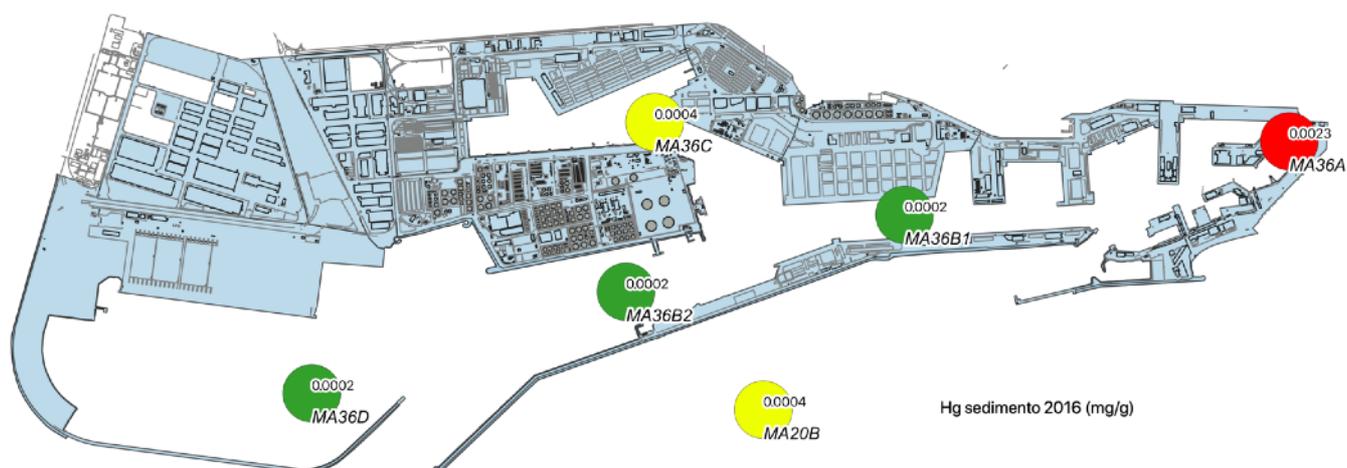
Mapa 13. Cobre en sedimentos ( $\mu\text{g/g}$ ) 2016

La concentración de cobre en los sedimentos supera el NAB (0,168 mg/g) en la estación MA36A y en NAA (0,07 mg/g) en MA36C.

Punto	Cu (mg/g) 2016
MA20B	0,0394
MA36A	0,3600
MA36B1	0,0381
MA36B2	0,0254
MA36C	0,0758
MA36D	0,0326

Tabla 16. Resumen cobre (mg/g) 2016

Mercurio



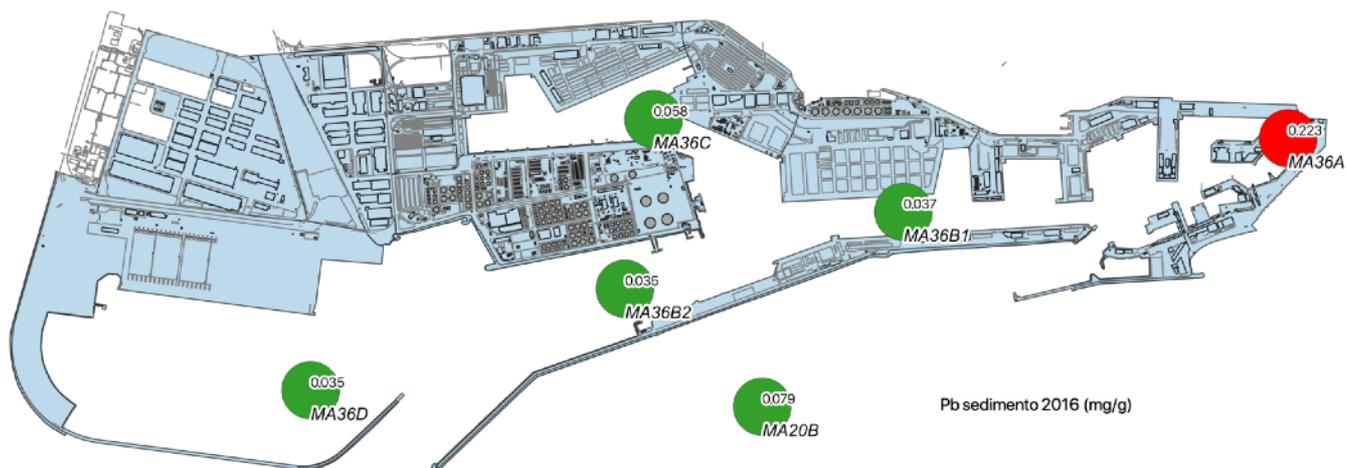
Mapa 14. Mercurio en sedimentos (mg/g) 2016

La concentración de mercurio en los sedimentos analizados supera el NAB (0,00071 mg/g) en la estación MA36A y el NAA (0,00035 mg/g) en MA20B y MA36C.

Punto	Hg (mg/g) 2016
MA20B	0,00035
MA36A	0,00234
MA36B1	0,00023
MA36B2	0,00020
MA36C	0,00040
MA36D	0,00016

Tabla 17. Resumen mercurio (mg/g) 2016

Plomo



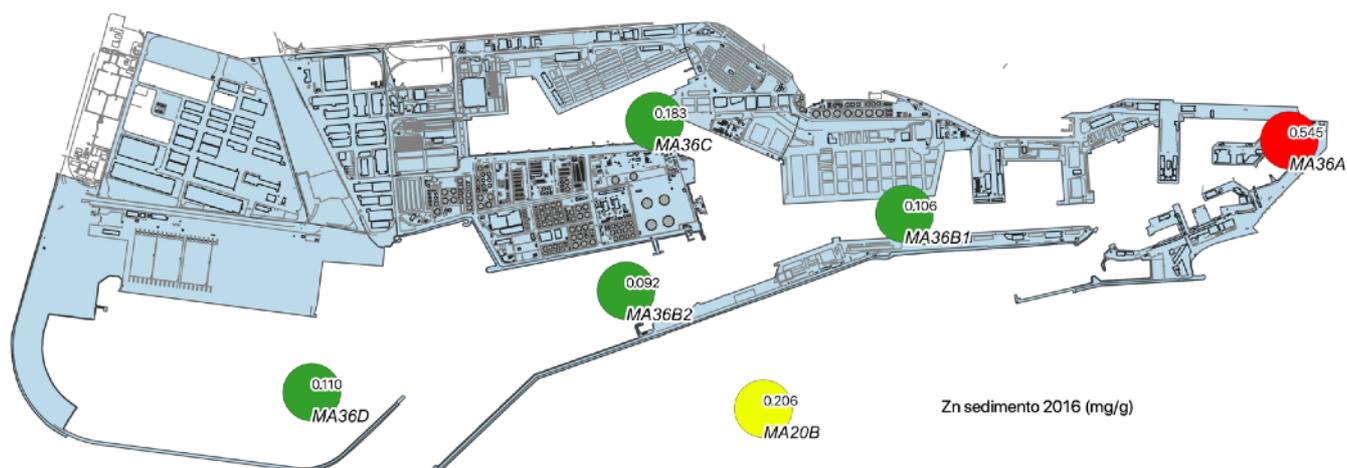
Mapa 15. Plomo en sedimentos (mg/g) 2016

La concentración de plomo en los sedimentos supera el NAB (0,218 mg/Kg) en MA36A (0,223 mg/g). En las estaciones de muestreo la concentración oscila entre 0,0345 (MA36B2) y 0,0788 mg/g (MA20B).

Punto	Pb (mg/g) 2016
MA20B	0,0788
MA36A	0,2230
MA36B1	0,0371
MA36B2	0,0345
MA36C	0,0583
MA36D	0,0351

Tabla 18 Resumen plomo (mg/g) 2016

Zinc



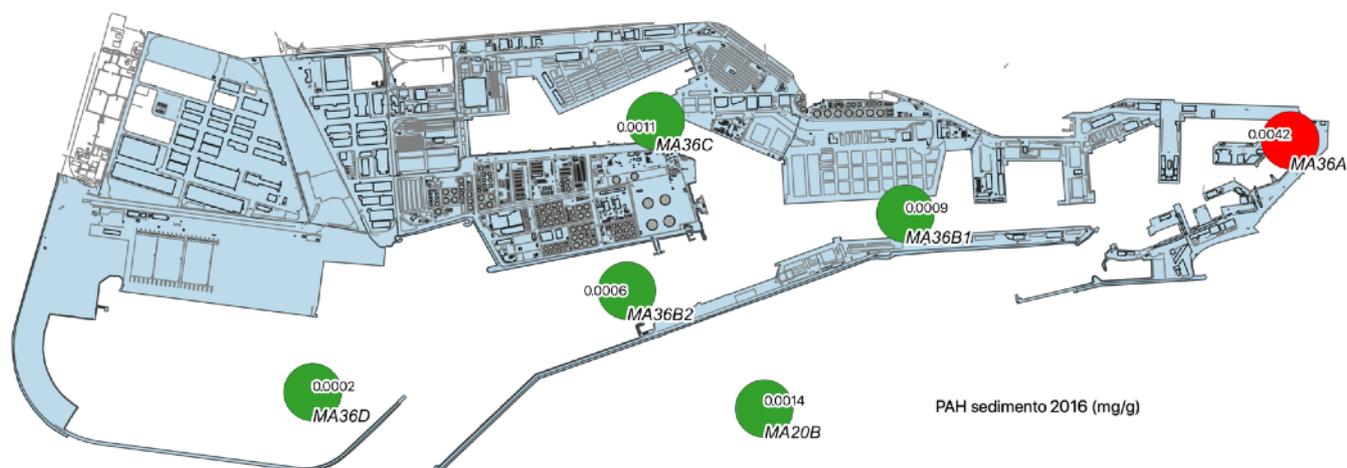
Mapa 16. Zinc en sedimentos (µg/g) 2019

La concentración de zinc en los sedimentos supera el NAB (0,41 mg/g) en la estación MA36A (0,545 mg/g) y el NAA (0,205 mg/g) en MA20B (0,206 mg/g).

Punto	Zn (mg/g) 2016
MA20B	0,2060
MA36A	0,5450
MA36B1	0,1060
MA36B2	0,0925
MA36C	0,1830
MA36D	0,1100

Tabla 19. Resumen zinc (mg/g) 2016

## Hidrocarburos policíclicos (PAH's)



Mapa 17. PAH's en sedimentos (mg/g) 2016

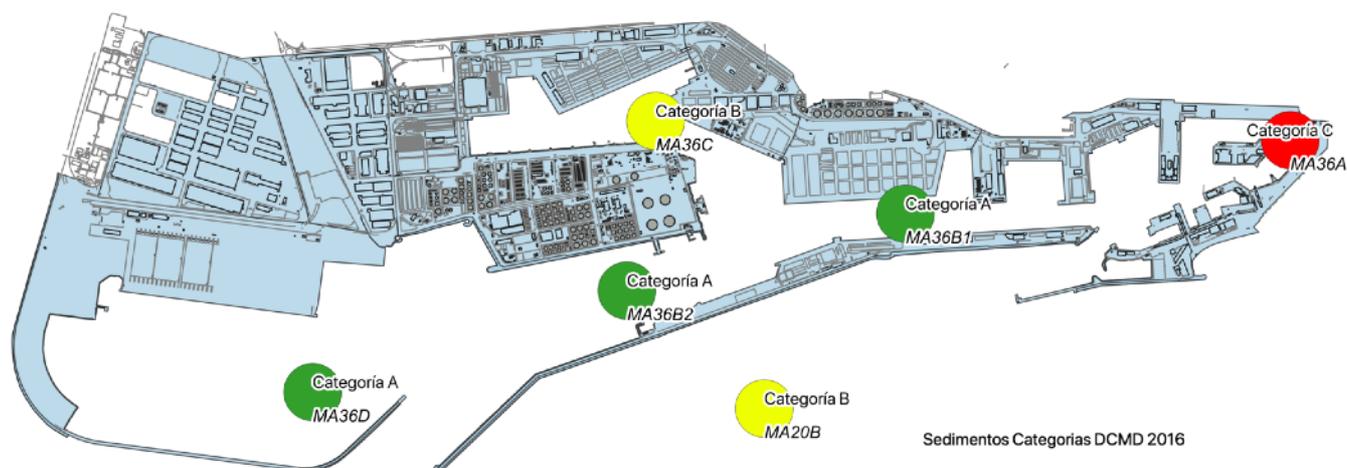
Los datos que se reflejan en la tabla y el gráfico de PAH's son la suma de los los nueve recomendados por OSPAR (Antraceno, Benzo(a)antraceno, Benzo(ghi)perileno, Benzo(a)pireno, Criseno, Fluoranteno, Indeno(1,2,3 cd)pireno, Pireno y Fenantreno).

El sumatorio de concentración de PAH's en los sedimentos portuarios supera el NAB (0,00376 mg/g) en la estación de muestreo MA36A (0,00419 mg/g). Las restantes estaciones de muestreo presentan una concentración de PAH's menor que el NAA (0,00188 mg/g) y que oscila entre 0,00061 y 0,00143 mg/g.

Punto	Suma 9 PAH's (mg/g) 2016
MA20B	0,00143
MA36A	0,00419
MA36B1	0,00091
MA36B2	0,00061
MA36C	0,00108
MA36D	0,00022

Tabla 20. Resumen PAH's (mg/g) 2016

## Categorías DCMD sedimentos



Mapa 18. Categorías DCMD de los sedimentos 2016

Para asignar una categoría a los sedimentos, se han utilizado los niveles de acción que figuran en las DCMD que clasifican los materiales en tres categorías diferentes (A, B y C) según la concentración del contaminante correspondiente.

Según estos criterios los sedimentos de las estaciones de muestreo MA36B1, MA36B2 y MA36D se clasifican como materiales de categoría A, las estaciones MA36C y MA20B se clasifican como material de categoría B, y los sedimentos de la estación MA36A se clasifican como material de categoría C.

Punto	Cu (mg/g) 2016	Hg (mg/g) 2016	Pb (mg/g) 2016	Zn (mg/g) 2016	Suma 9 PAH's (mg/g) 2016	Categoría DCMD
MA20B	Categoría A	Categoría B	Categoría A	Categoría B	Categoría A	Categoría B
MA36A	Categoría C	Categoría C				
MA36B1	Categoría A	Categoría A				
MA36B2	Categoría A	Categoría A				
MA36C	Categoría B	Categoría B	Categoría A	Categoría A	Categoría A	Categoría B
MA36D	Categoría A	Categoría A				

Tabla 21. Categorías de los sedimentos 2016

En conclusión, se puede afirmar que en la estación MA36A el sedimento analizado presenta fuerte contaminación por cobre, mercurio, plomo, zinc y PAH's; la estación MA36C presenta contaminación moderada por cobre y mercurio y la MA20B por mercurio y zinc. Los sedimentos de las estaciones MA36B1, MA36B2 y MA36D no presentan contaminación destacable.

## 4. Elementos Biológicos

### 4.1. Fitoplancton

En este apartado se utilizan los indicadores recogidos en el documento Protocol d'avaluació de l'estat ecològic i químic de les aigües costaneres, de la ACA, administración ambiental competente y responsable de la aplicación de la DMA en la demarcación hidrográfica de Conques internes de Catalunya.

#### Clorofila a

La clorofila es el pigmento fotosintético mayoritario de los productores primarios, que permite hacer una estimación de la biomasa fitoplanctónica, indicador que se utiliza en la mayor parte de normativas relativas a los mares y océanos, siempre relacionada con posibles problemáticas originadas por enriquecimiento con nutrientes o eutrofización

Los valores de la Clorofila-a promedio oscilan entre 1,23 µg/L en aguas abiertas, y de entre 1,47 y 3,43 µg/L en las abrigadas.

Punto	Promedio - Clorofila_a
MA20B	1,23
MA36A	3,43
MA36B1	1,93
MA36B2	1,47
MA36C	2,59
MA36D	1,55

Tabla 22. Resumen clorofila a (µg/L) 2016

Para utilizar la clorofila a como indicador es necesario conocer la influencia de los aportes continentales mediante la salinidad promedio y comparándola con los siguientes valores:

- Influencia elevada: Salinidad promedio inferior a 34,5
- Influencia moderada: salinidad entre 34,5 y 37,5 PSU
- Influencia baja: Salinidad superior a 37,5

Los valores de referencia de clorofila a para masas de agua de baja influencia continental, en función de la proximidad a la costa y la profundidad (Campo Próximo y Campo Medio) son (en ug/L o mg/m3):

Valores de referencia Clorofila a					
Influencia continental elevada		Influencia continental moderada		Influencia continental baja	
Campo Próximo	Campo Medio	Campo Próximo	Campo Medio	Campo Próximo	Campo Medio
4,69	2,25	1,82	0,90	1,12	0,52

Tabla 23. Valores de referencia Clorofila a (µg/L)

El siguiente paso es calcular el EQR de Campo Próximo y Campo Medio para cada punto según la siguiente fórmula:

$$EQR = \text{Clorofila de referencia} / \text{Clorofila promedio}$$

Con estos valores se asignan los niveles de calidad del campo cercano y del campo medio de cada punto, a partir del valor de la EQR obtenido, según las tablas de evaluación para las diferentes tipologías (o Types UE) que se resumen a continuación:

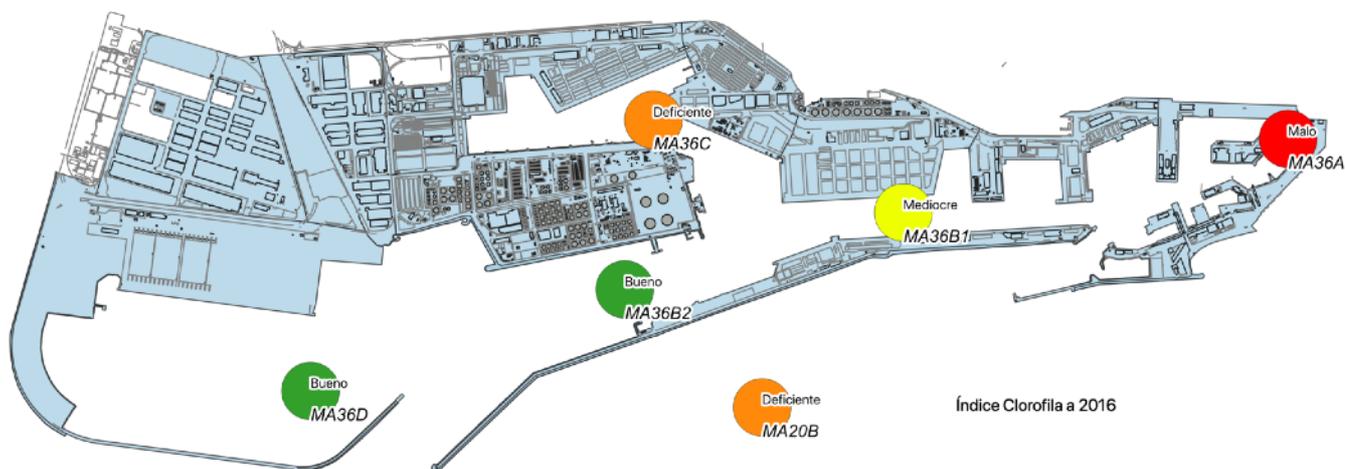
NIVEL DE CALIDAD	Influencia continental elevada	Influencia continental moderada	Influencia continental baja
Muy bueno	$EQR \geq 0,82$	$EQR \geq 0,83$	$EQR \geq 0,85$
Bueno	$0,47 \leq EQR < 0,82$	$0,54 \leq EQR < 0,83$	$0,61 \leq EQR < 0,85$
Mediocre	$0,33 \leq EQR < 0,47$	$0,40 \leq EQR < 0,54$	$0,50 \leq EQR < 0,61$
Deficiente	$0,25 \leq EQR < 0,33$	$0,33 \leq EQR < 0,40$	$0,42 \leq EQR < 0,50$
Malo	$EQR < 0,25$	$EQR < 0,33$	$EQR < 0,42$

Tabla 24. Niveles de calidad según EQR de clorofila a ( $\mu\text{g/L}$ )

Con estas herramientas ya se puede evaluar el nivel de calidad de cada estación de muestreo:

Punto	Promedio Salinidad (PSU) 2016	Influencia Continental	Referencia	Valor Referencia Clorofila	Promedio Clorofila_a ( $\mu\text{g/L}$ ) 2016	EQR	Nivel Calidad Clorofila 2016
MA20B	38,069	Influencia Baja	Campo Medio	0,52	1,23	0,423	Deficiente
MA36A	38,020	Influencia Baja	Campo Proximo	1,12	3,43	0,327	Malo
MA36B1	38,027	Influencia Baja	Campo Proximo	1,12	1,93	0,579	Mediocre
MA36B2	38,054	Influencia Baja	Campo Proximo	1,12	1,47	0,763	Bueno
MA36C	38,029	Influencia Baja	Campo Proximo	1,12	2,59	0,432	Deficiente
MA36D	38,042	Influencia Baja	Campo Proximo	1,12	1,55	0,724	Bueno

Tabla 25. Niveles de calidad según promedio clorofila a ( $\mu\text{g/L}$ ) 2016



Mapa 19. Valoración del nivel de calidad de Clorofila a en agua ( $\text{mg/m}^3$ ) 2016

## 4.2. Macroinvertebrados bentónicos

### Índice MEDOCC

Existen varios índices para evaluar la calidad ambiental basados en el estudio de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos de fondos blandos. Para las estaciones muestreadas dentro del Puerto de Barcelona y la zona exterior se ha aplicado el índice MEDOCC (Pinedo et al. 2015), desarrollado por investigadores del Centro de Estudios Avanzados de Blanes CEAB-CSIC.

La base del índice MEDOCC, es la capacidad que tienen los organismos de responder a las variaciones en el enriquecimiento en materia orgánica según la sucesión descrita por Pearson & Rosenberg (1978).

La metodología se basa en asignar un grupo ecológico en cada una de las especies de macroinvertebrados presentes en la comunidad según la bibliografía existente y el criterio experto: GE1: especies sensibles; GE2: especies indiferentes; GE3: especies tolerantes y GE4: especies oportunistas. A partir de la abundancia de las especies se calcula el valor del índice MEDOCC.

$$MEDOCC = [(0 \times \%GE1) + (2 \times \%GE2) + (4 \times \%GE3) + (6 \times \%GE4)]/100$$

### Condiciones de referencia

Para que las valoraciones obtenidas con las métricas o índices escogidos sean comparables entre los diferentes elementos o entre diferentes métodos utilizados en un mismo elemento, la DMA propone trabajar con los Ecological Quality Ratios (EQRs), que representan la relación entre los valores observados en el medio y los valores de referencia para el índice en cuestión. La escala de los EQRs varía entre 0 y 1, siendo el EQR más cercano a 1 lo que más se parezca al valor observado en la referencia, y más cercano a 0 lo que más alejado esté de esta condición (European Commission, 2000 y 2005). De esta manera se relaciona el estado ecológico medido en la zona de estudio con el estado ecológico potencial, es decir el mejor estado ecológico que se podría alcanzar en aquella zona.

El CEAB ha trabajado con condiciones de referencia en aguas costeras de la costa catalana y las masas de agua de transición muy modificadas (como las del puerto). Es decir, la condición de referencia, en este caso máximo potencial ecológico, de la masa de agua del puerto se ha definido empíricamente en base a las comunidades de macrofauna bentónica que se han encontrado.

Así, para el grupo de estaciones de aguas abrigadas se aplica un valor de MEDOCC = 2,4 (25% de especies sensibles, 40% de especies indiferentes, 25% de especies tolerantes y 10% de especies oportunistas) obtenida con los datos obtenidos en el muestreo de 2018. En aguas abiertas se ha aplicado la misma condición de referencia que en el resto de la costa catalana (MEDOCC = 0,2).

Los valores obtenidos como referencia del índice MEDOCC y EQR para establecer el estado/potencial ecológico para aguas litorales costeras y de transición figuran en la siguiente tabla:

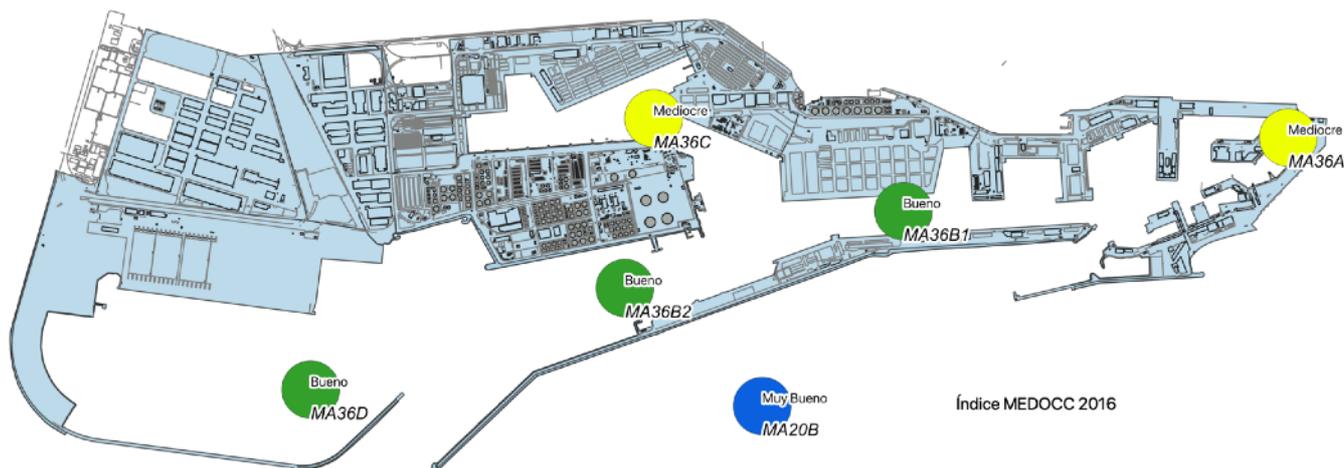
Estado/Potencial Ecológico	MEDOCC (0-6)	EQR
Muy bueno	$0 < MEDOCC < 1,60$	$EQR > 0,73$
Bueno	$1,6 \leq MEDOCC < 3,2$	$0,47 < EQR \leq 0,73$
Mediocre	$3,20 \leq MEDOCC < 4,77$	$0,20 < EQR \leq 0,47$
Deficiente	$4,77 \leq MEDOCC < 5,5$	$0,08 < EQR \leq 0,20$
Malo	$5,50 \leq MEDOCC \leq 6$	$EQR \leq 0,08$

Tabla 26. Criterios de valoración MEDOCC y EQR

Con la Tabla 26 se pueden asignar el estado ecológico/potencial ecológico de los sedimentos muestreados en 2019 en el puerto:

Año	Punto	Condicion de Referencia	MEDOCC 2016	EQR 2016	Estado/Potencial ecológico 2016
2016	MA20B	0,2	0,68	0,92	Muy Bueno
2016	MA36A	2,4	5,25	0,21	Mediocre
2016	MA36B1	2,4	4,09	0,53	Bueno
2016	MA36B2	2,4	3,86	0,59	Bueno
2016	MA36C	2,4	4,65	0,37	Mediocre
2016	MA36D	2,4	3,71	0,63	Bueno

Tabla 27. Clasificación sedimentos portuarios según los datos de 2016



Mapa 20. Índice MEDOCC de la comunidad bentónica 2016

## 5. Conclusiones

La valoración de las aguas portuarias por estación de muestreo se resume en la siguiente tabla que engloba todos los índices y niveles de calidad de cada grupo de parámetros ya mostrados:

Punto	Índice FAN (físicoquímica aguas)	Calidad Química Agua (físicoquímica aguas)	Categoría DCMD (físicoquímica sedimentos)	Nivel de Calidad Clorofila a (Elementos Biológicos)	Índice MEDOCC Bentos (Elementos Biológicos)
MA20B	Muy Bueno	Mala	Categoría B	Deficiente	Muy Bueno
MA36A	Bueno	Mala	Categoría C	Malo	Mediocre
MA36B1	Bueno	Mala	Categoría A	Mediocre	Bueno
MA36B2	Bueno	Mala	Categoría A	Bueno	Bueno
MA36C	Mediocre	Mala	Categoría B	Deficiente	Mediocre
MA36D	Bueno	Mala	Categoría A	Bueno	Bueno

Tabla 28. Indicadores utilizados para determinar el estado ecológico de las masas de agua portuaria.

La mala calidad química de las aguas portuarias y, en menor grado, la de los sedimentos ponen en evidencia las presiones del territorio y usos del puerto. Dos sustancias químicas de la columna de agua, el benzo (a) pireno y los polibromodifenil éteres sobrepasan los límites legales en todas las estaciones para esas sustancias. En sedimentos, la peor estación se encuentra en Port Vell (MA36A) con elevadas concentraciones mercurio, zinc, plomo, cobre e hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH).

Los bioindicadores no son tan malos como podrían indicar la calidad química de aguas y sedimentos. Port Vell se mantiene con un índice de clorofila malo y mediocre en la comunidad bentónica, pero el resto de estaciones oscilan entre calificaciones de “deficientes” a “muy buenos”

Junio 2010