

# Calidad de aguas y sedimentos del Puerto de Barcelona

RESUMEN 2020  
DEPARTAMENT DE MEDI AMBIENT

AUTORITAT PORTUÀRIA DE BARCELONA

## Índice

<b>1. Introducción</b>	<b>2</b>
<b>2. Físicoquímica aguas</b>	<b>6</b>
2.1. Condiciones generales aguas	6
Transparencia Secchi	6
Temperatura	8
Oxígeno	10
Índice FAN	12
2.2. Contaminantes específicos aguas	14
Benzo (a) pireno	14
Valoración Contaminantes específicos aguas	16
<b>3. Físicoquímica sedimentos</b>	<b>17</b>
3.1. Condiciones generales sedimentos	17
Grano medio D-50	17
Materia Orgánica	19
3.2. Contaminantes específicos sedimentos	21
Cobre	21
Mercurio	23
Plomo	25
Zinc	27
Policlorobifenilos (PCB's)	29
Categorías DCMD sedimentos	31
<b>4. Elementos Biológicos</b>	<b>32</b>
4.1. Fitoplancton	32
Clorofila	32
4.2. Macroinvertebrados bentónicos	34
Índice MEDOCC	34
<b>5. Conclusiones</b>	<b>36</b>

## 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 2020 y basado en los 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 2020-2024.
- Directrices para la caracterización del material de 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 2020, 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 a lo largo del año 2020 y la valoración de estos, tomados en campañas de muestreo en las fechas siguientes (\*):

- 11 febrero de 2020
- 8 junio de 2020
- 4 agosto de 2020
- 27 octubre de 2020
- 2 diciembre de 2020

(\*) Como consecuencia de la situación derivada de la COVID-19 la frecuencia de muestreos y la realización de ciertas analíticas han visto alterada su normal programación.

	11/02/2020	08/06/2020	04/08/2020	27/10/2020	02/12/2020
Estado fisicoquímico del agua (1)	X	X	X	X	X
Metales pesados en aguas (1)	X		X		X
Nutrientes inorgánicos en aguas (2)	X	X	X	X	X
Contaminantes orgánicos en agua (3)		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) Laboratorio consultoría TECNOAMBIENTE. (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.

**Valoración PSiC 2013-2018**

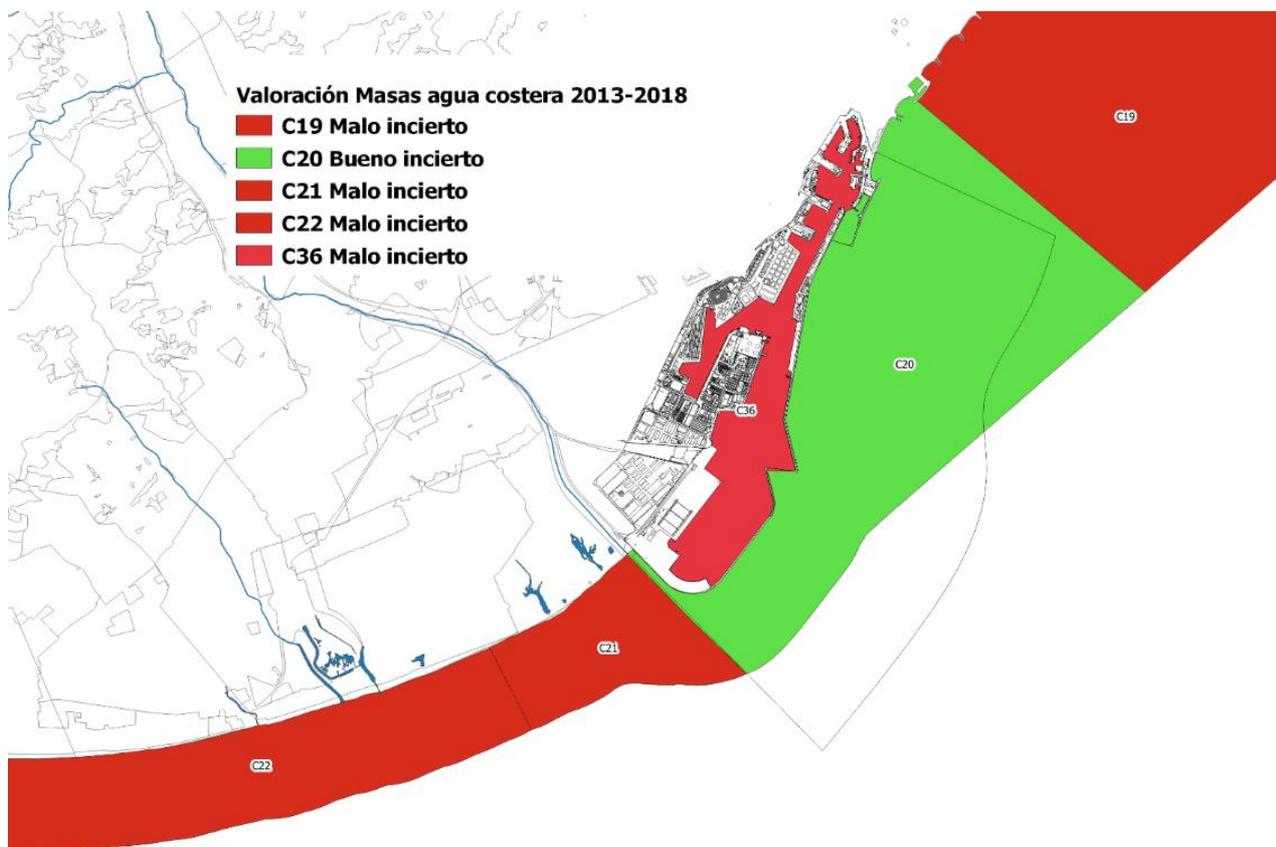
La valoración realizada por ACA juntamente con la APB del PSiC del periodo 2013- 2018 para las masas de agua C20 (aguas abiertas) y C36 (aguas abrigadas) ha sido de "Bueno Incierto" para las aguas abiertas y "Malo Incierto" para las aguas abrigadas. La razón de esta valoración ha sido:

- por la escasez de datos válidos disponibles.
- El hecho de que en el pequeño conjunto de datos aparezcan resultados negativos hace que su promedio disminuya considerablemente.

En zonas situadas cercanas al puerto, masas de agua C19 Sant Adrià del Besòs-Barceloneta, C20 Barceloneta - Zona II Port, C21 Llobregat, C22 El Prat de Llobregat-Castelldefels y C36 Port de Barcelona, la valoración ha sido similar.

MA	NOM	ESTADO BIOLÓGICO	ESTADO QUÍMICO	ESTADO ECOLÓGICO
C20	Barcelona-Zona II Port de Barcelona	Bueno	Datos parciales	Bueno incierto
C36	Port de Barcelona	Mediocre	Datos parciales	Malo incierto

Tabla 4. Valoración de las masas de agua portuaria del PSiC 2013-2018

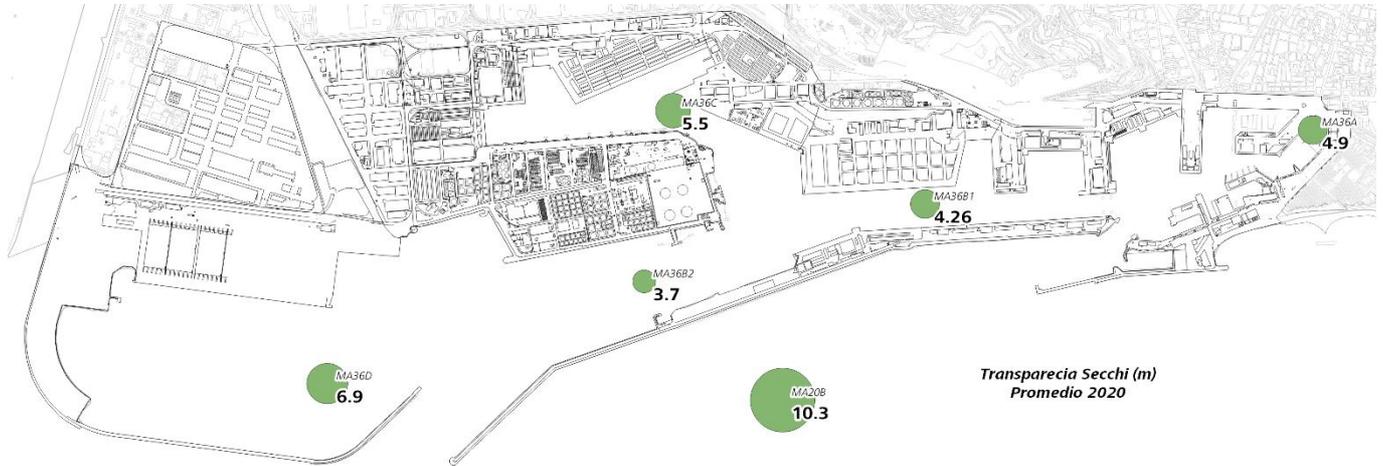


Mapa 2. Valoración de las masas de agua costeras de Barcelona del PSiC 2013-2018

## 2. Físicoquímica aguas

### 2.1. Condiciones generales aguas

#### Transparencia Secchi



Mapa 3. Promedio de transparencia Secchi (m) 2020

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 promedio de penetración de la luz de las estaciones situadas a abrigo del puerto oscilan entre 3.7 m y 6,9 m, mientras que los valores de la estación MA20B se sitúa en 10.3 m.

Punto	Promedio - Secchi
MA20B	10,3
MA36A	4,9
MA36B1	4,26
MA36B2	3,7
MA36C	5,5
MA36D	6,9

Tabla 5. Resumen transparencia promedio disco Secchi (m) 2020

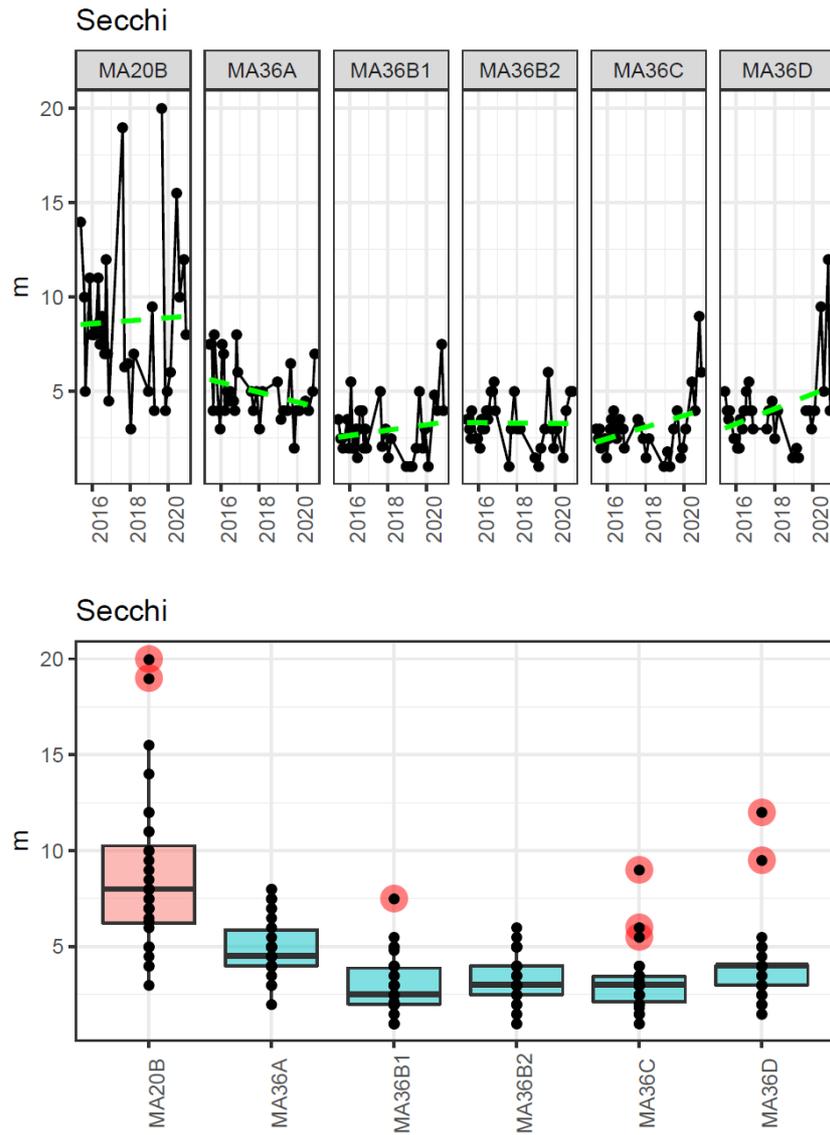
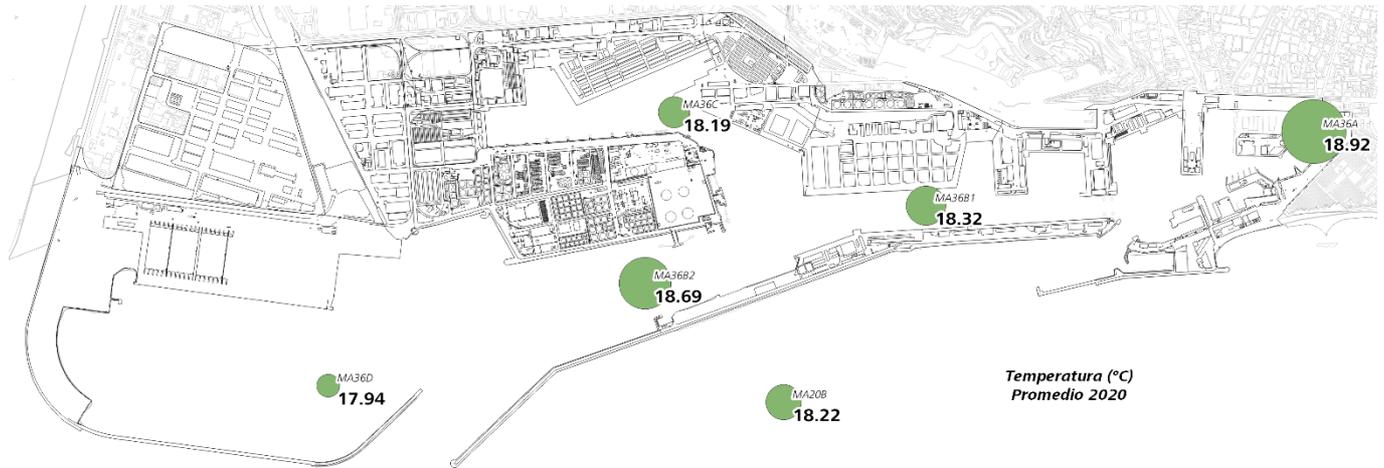


Gráfico 1. Transparencia Secchi 2015-2020. Arriba: por punto y campaña; abajo: gráfico de cajas por punto.

Temperatura



Mapa 4. Promedio de temperatura del agua (°C) 2020

En todas las estaciones se observa una marcada estacionalidad en los diferentes meses del año, con máximas temperaturas en agosto y mínima en febrero.

En la columna de agua y en el mes de agosto se observa una diferencia de temperatura entre las aguas superficiales y profundas que llega hasta los 6,8 °C en aguas exteriores y menos marcada en las interiores hecho que evidencia la presencia de una estratificación vertical propia de los periodos estivales. En cambio, en las campañas invernales se aprecia una homogeneización de la temperatura indicando la buena mezcla vertical de la columna.

Punto	Promedio - Temperatura
MA20B	18,22
MA36A	18,92
MA36B1	18,33
MA36B2	18,69
MA36C	18,19
MA36D	17,94

Tabla 6. Resumen temperatura promedio (°C) 2020

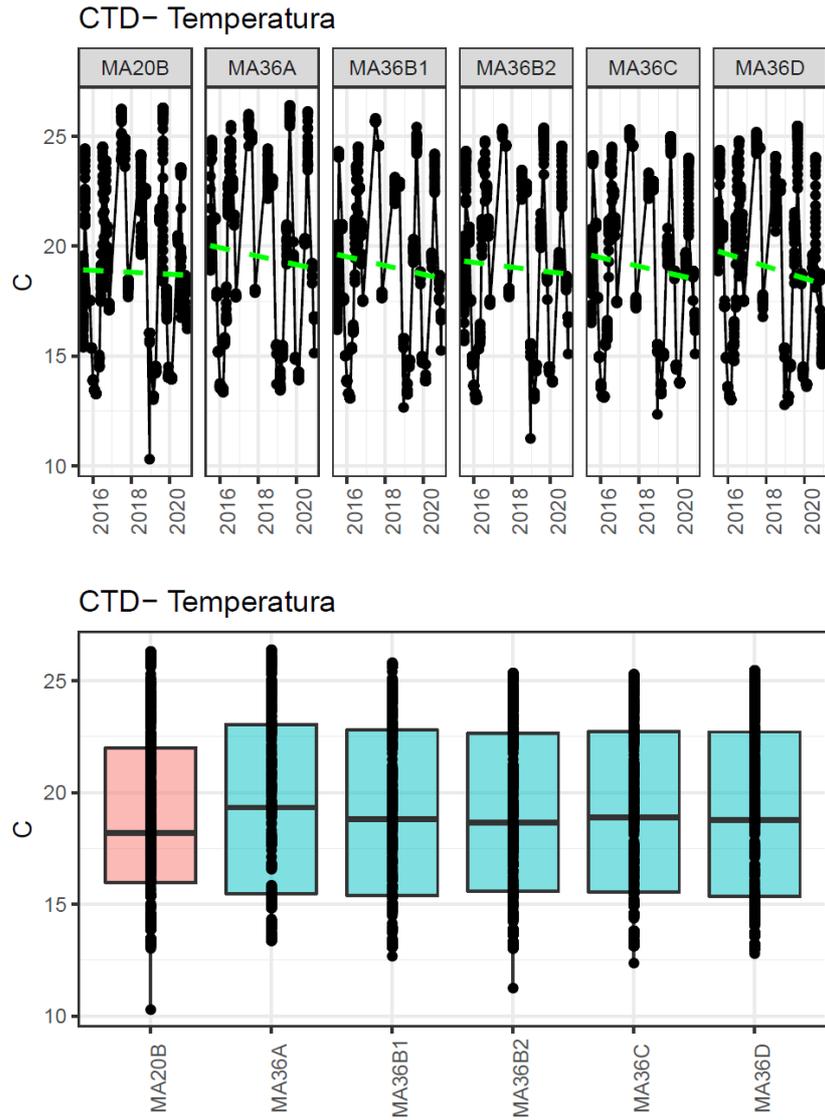
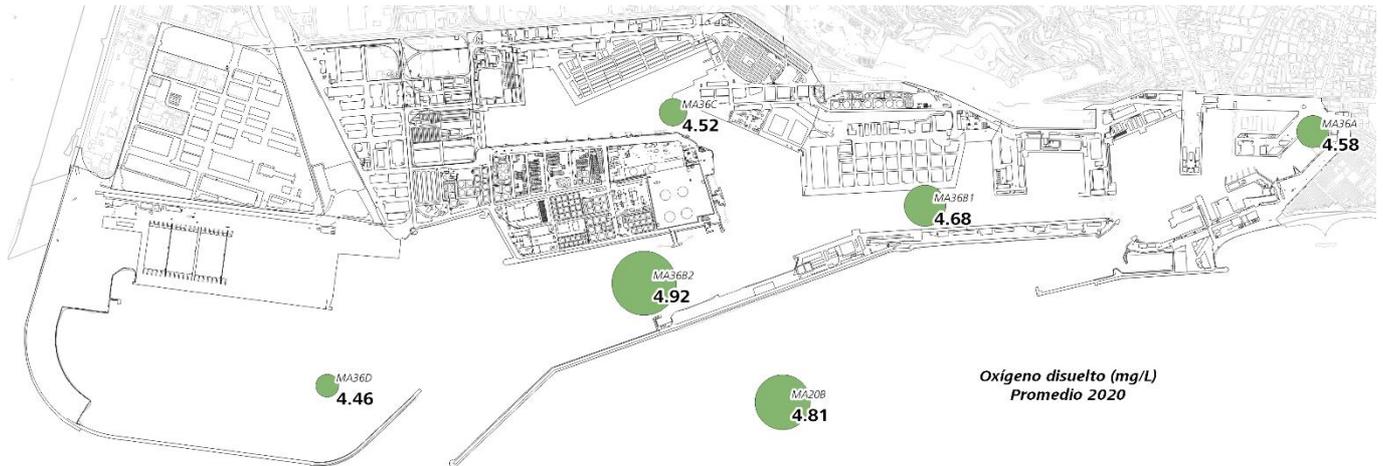


Gráfico 2. Temperatura 2015-2020. Arriba: por punto y campaña; abajo: gráfico de cajas por punto.

Oxígeno



Mapa 5. Promedio de oxígeno disuelto en agua (mg/L) 2020

El contenido en oxígeno del agua de mar varía normalmente entre 6 y 9 mg/l. En las aguas abrigadas del puerto se encuentra una menor concentración de oxígeno debido a que la presencia de aportes de materia orgánica y el aumento de los procesos metabólicos derivados de su consumo junto a las temperaturas más altas respecto a aguas abiertas hacen que el oxígeno promedio oscile entre 4.46 y 4.92 en función de los aportes continentales y la relación con las aguas abiertas.

Respecto a las diferencias entra aguas superficiales y de fondo, en general las concentraciones bajas de oxígeno se encuentran en el fondo, especialmente en los meses estivales sin buena mezcla vertical y las más altas en superficie. No obstante ciertas variaciones locales pueden reducir el oxígeno disponible, ya sea por la presencia de aguas de escorrentía de luvias o por la presencia de una termohalina en la columna.

Punto	Promedio - Oxígeno disuelto
MA20B	4,81
MA36A	4,58
MA36B1	4,68
MA36B2	4,92
MA36C	4,52
MA36D	4,46

Tabla 7. Resumen oxígeno disuelto (mg/L) 2020

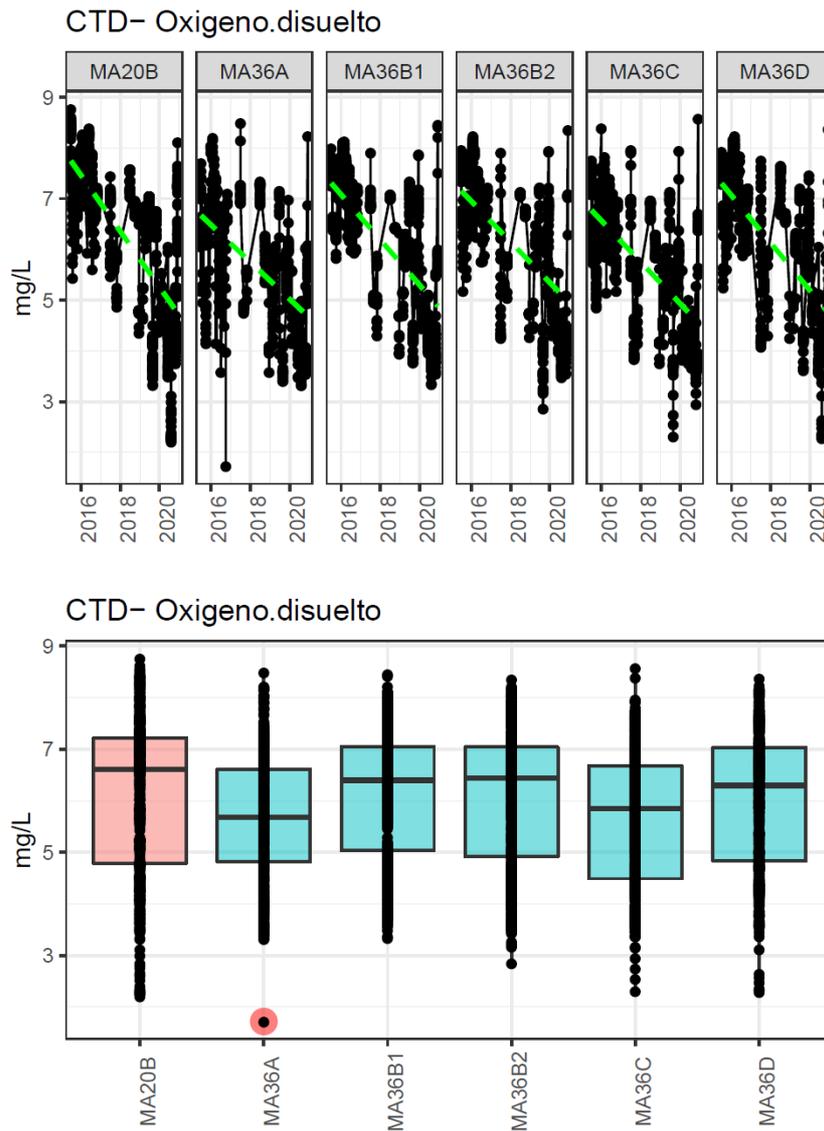
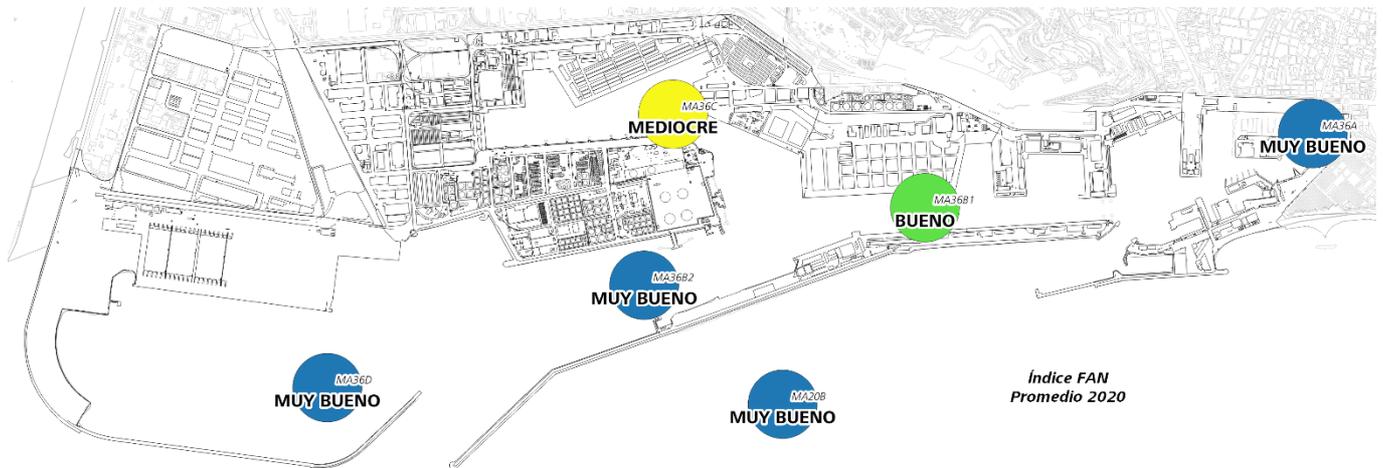


Gráfico 3. Oxígeno disuelto 2015-2020. Arriba: por punto y campaña; abajo: gráfico de cajas por punto.

Índice FAN



Mapa 6. Promedio de índice FAN 2020

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 esta.

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 muestreo 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".

FAN		
Nivel de calidad	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 8. Intervalos de calidad fisicoquímica según el índice FAN

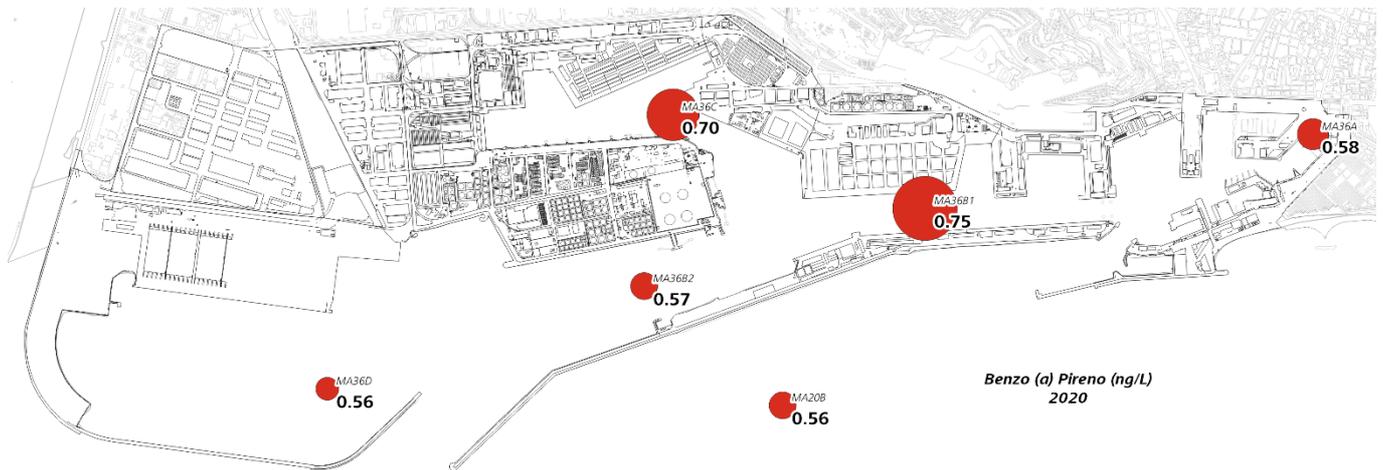
Punto	Salinidad (PSU)	Nitrato ( $\mu\text{mol/L}$ )	Nitrito ( $\mu\text{mol/L}$ )	Amónio ( $\mu\text{mol/L}$ )	Fosfato ( $\mu\text{mol/L}$ )	Silicato ( $\mu\text{mol/L}$ )	Índice FAN	Valoración	Criterio
MA20B	37,743	0,804	0,157	0,336	0,050	0,878	-0,519	Muy bueno	CAMPO MEDIO
MA36A	37,548	2,014	0,223	0,871	0,134	2,016	-0,375	Muy bueno	CAMPO PROXIMO
MA36B1	37,569	1,415	0,296	1,584	0,172	1,746	-0,062	Bueno	
MA36B2	37,820	1,088	0,255	0,857	0,122	1,415	-0,227	Muy bueno	
MA36C	37,617	1,557	0,300	3,067	0,243	1,892	0,237	Mediocre	
MA36D	37,563	1,139	0,251	0,906	0,130	1,653	-0,277	Muy bueno	

Tabla 9. Resultados del índice FAN, 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.

### Benzo (a) pireno



Mapa 7. Benzo (a) pireno en agua (ng/L) 2020

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 2020 se sobrepasó, el NCA-MA en todos los puntos.

Punto	Promedio - Benzo_a_pireno
MA20B	0,56
MA36A	0,58
MA36B1	0,75
MA36B2	0,57
MA36C	0,70
MA36D	0,56

Tabla 10. Resumen benzo (a) pireno (ng/L) 2020

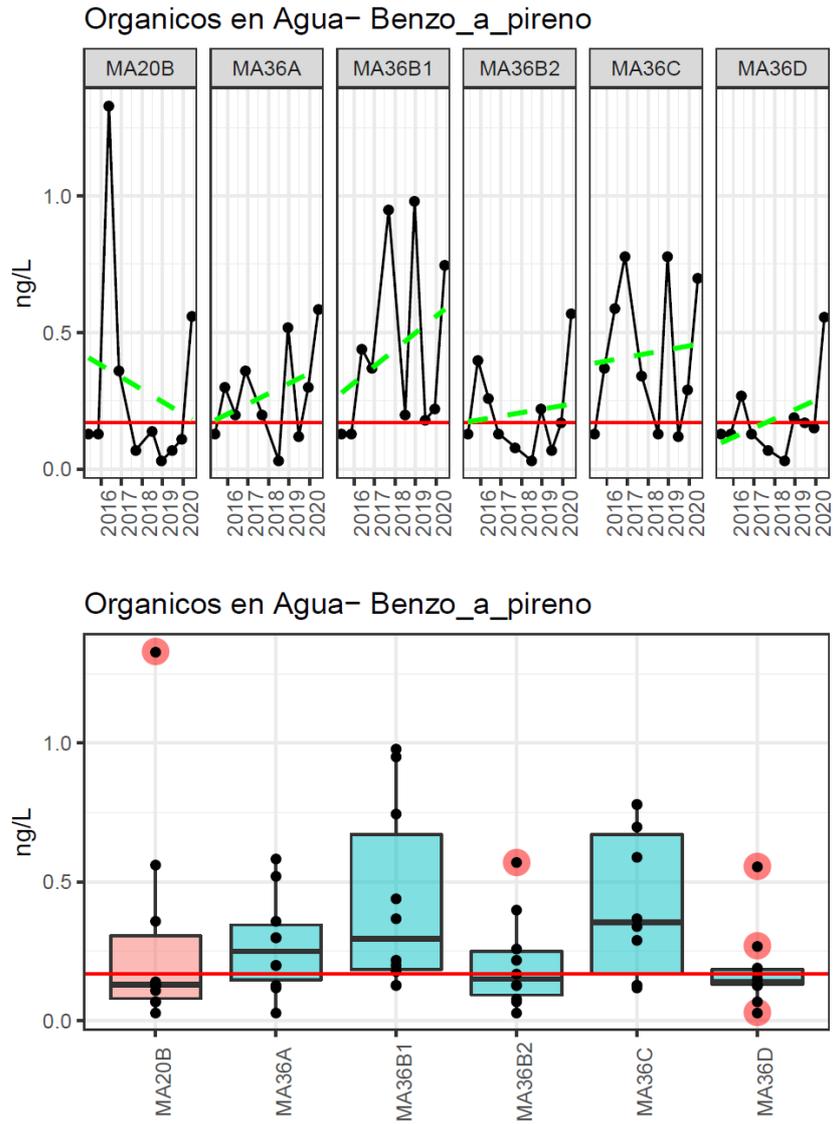


Gráfico 4. Benzo (a) pireno en aguas 2015-2020. Arriba: por punto y campaña; abajo: gráfico de cajas por punto. Los puntos rojos son valores extremos, la línea roja es la concentración máxima regulada NCA.

**Valoración Contaminantes específicos aguas**

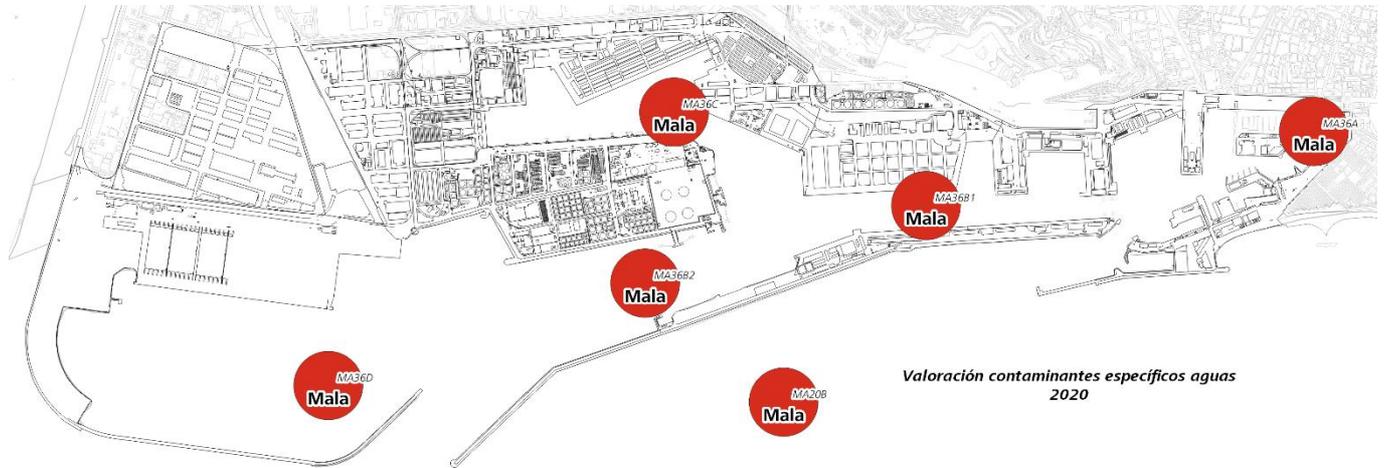
LA DMA sólo contempla dos estados en función de si la masa de agua sobrepasa el NCA de cualquier sustancia de las que figuran en el Anexo 3 de Real Decreto 817/2015:

- 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	Benzo_a_pireno	Valoración global
MA20B	0,56	Mala
MA36A	0,58	Mala
MA36B1	0,75	Mala
MA36B2	0,57	Mala
MA36C	0,70	Mala
MA36D	0,56	Mala

Tabla 11. Calidad química agua por estación 2020

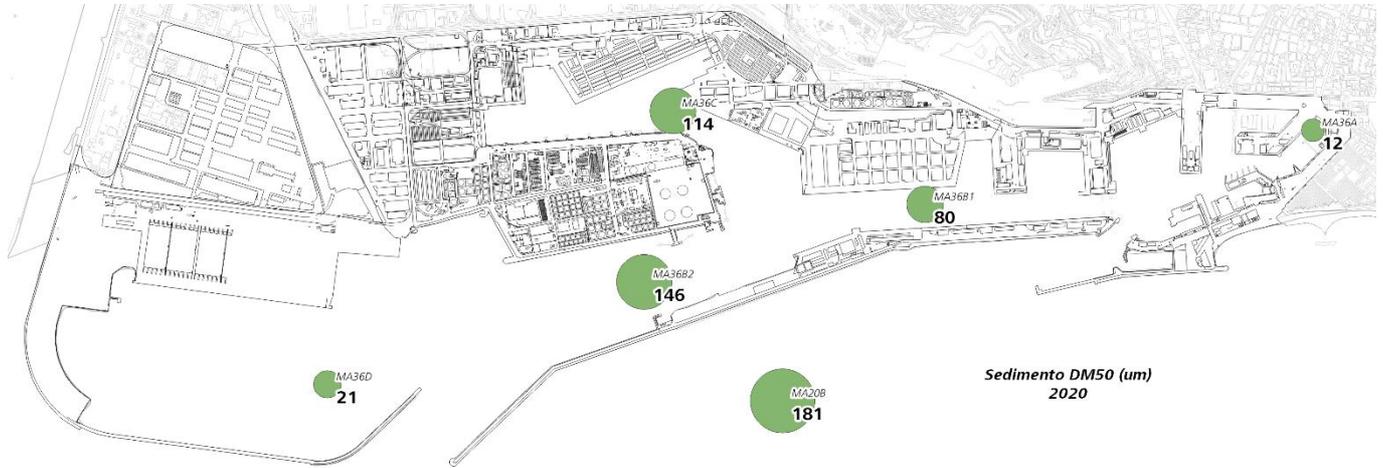


Mapa 8. Calidad química agua por estación 2020

### 3. Físicoquímica sedimentos

#### 3.1. Condiciones generales sedimentos

##### Grano medio D-50



Mapa 9. Grano medio sedimentos (mm) 2020

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
MA20B	181
MA36A	12
MA36B1	80
MA36B2	146
MA36C	114
MA36D	21

Tabla 12. Resumen grado medio D-50 (mm) 2020

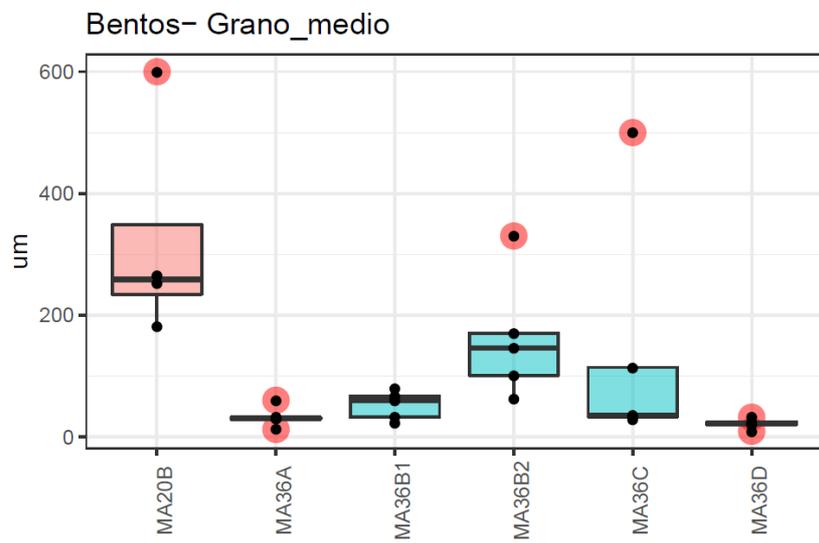
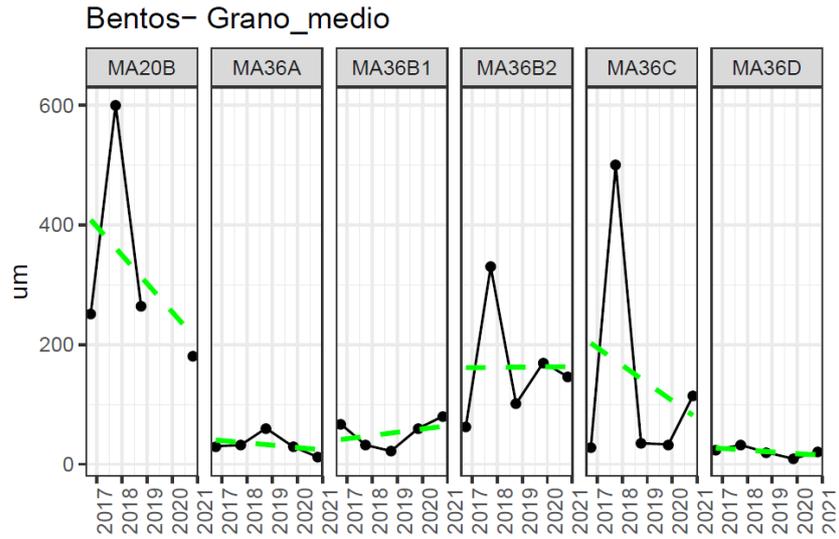
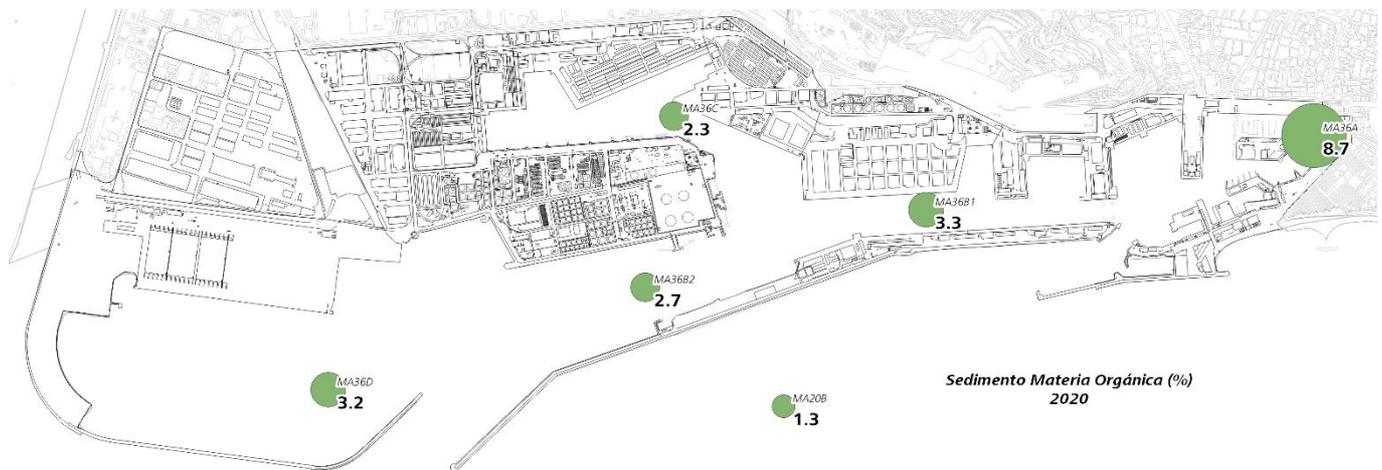


Gráfico 5. Grano medio sedimento DM50 2016-2020. Arriba: por punto y campaña; abajo: gráfico de cajas por punto. Los puntos rojos son valores extremos.

## Materia Orgánica



Mapa 10. Materia orgánica en sedimentos (%) 2020

Los resultados de porcentaje de materia orgánica en sedimento son más elevados en la estación MA36A (8.7 %), apreciándose una gran diferencia respecto a las demás estaciones de las aguas interiores que oscilan entre 2.3 y 3.3. En aguas exteriores el porcentaje se sitúa en 1.3%.

Punto	Materia Orgánica
MA20B	1,3
MA36A	8,7
MA36B1	3,3
MA36B2	2,7
MA36C	2,3
MA36D	3,2

Tabla 13. Resumen materia orgánica (%) 2020

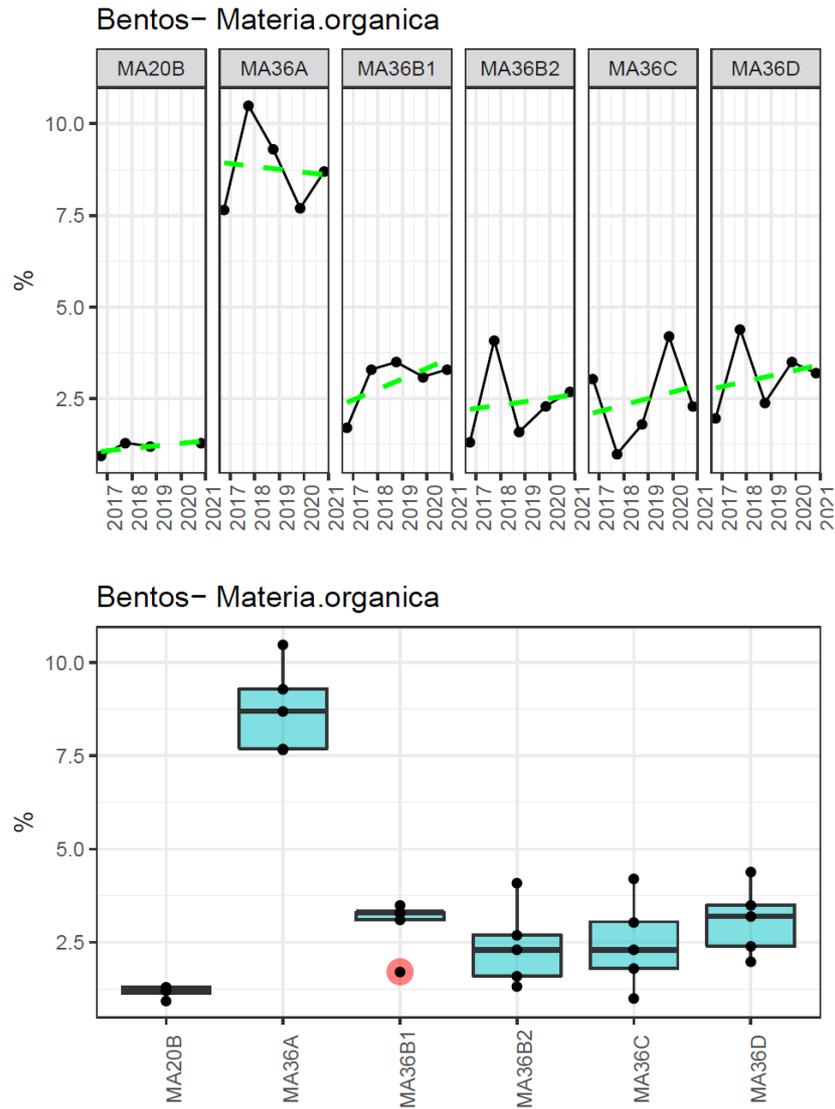
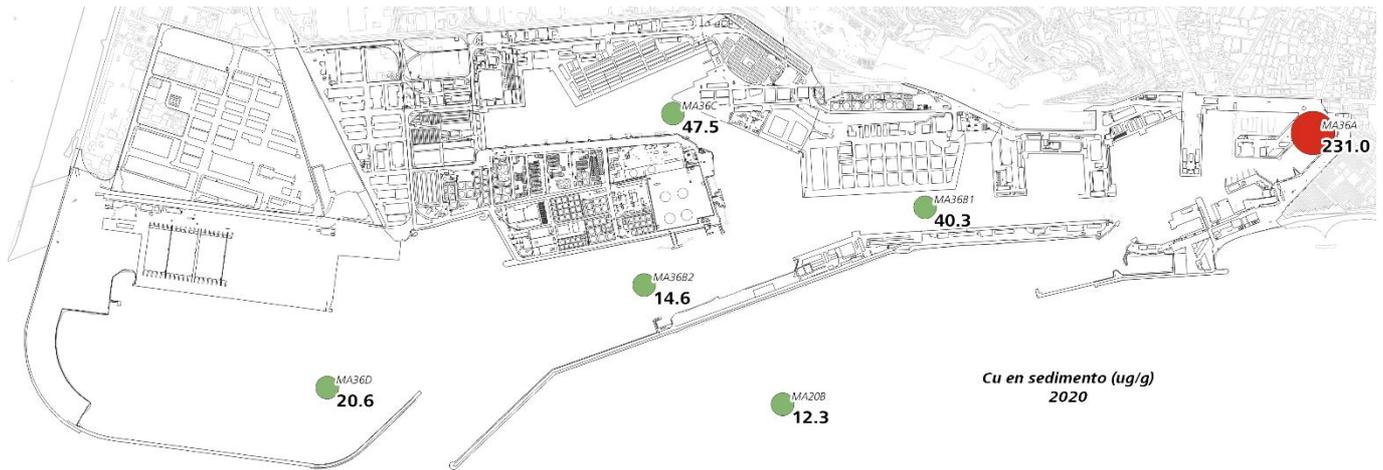


Gráfico 6. Materia orgánica en sedimento (%) 2016-2020. Arriba: por punto y campaña; abajo: gráfico de cajas por punto. Los puntos rojos son valores extremos.

### 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 11. Cobre en sedimentos (µg/g) 2020

La concentración de cobre en los sedimentos supera el NAB (168 µg/g) en la estación MA36A, apreciándose una gran diferencia respecto a las demás estaciones interiores, que oscila entre 14 y 47 µg/g. La concentración mínima se encuentra en aguas abiertas, MA20B (12 µg/g).

Punto	Cu
MA20B	12,3
MA36A	231
MA36B1	40,3
MA36B2	14,6
MA36C	47,5
MA36D	20,6

Tabla 14. Resumen cobre (µg/g) 2020

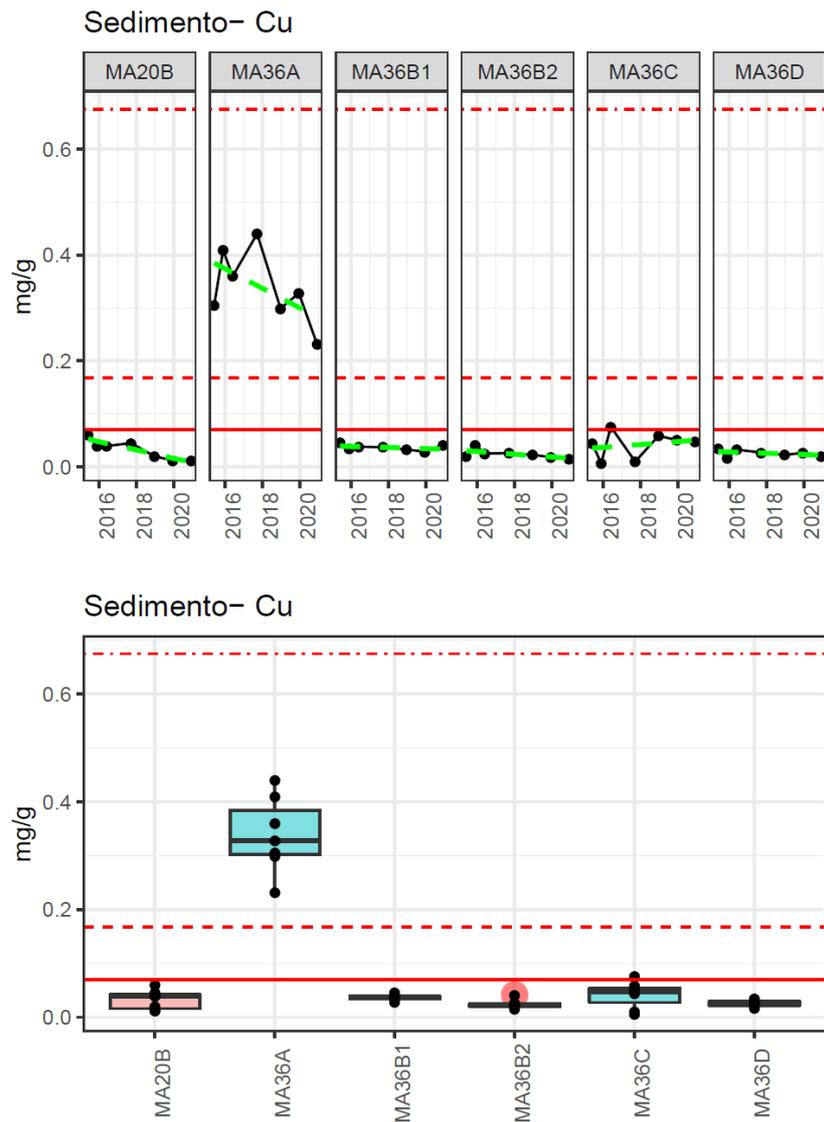
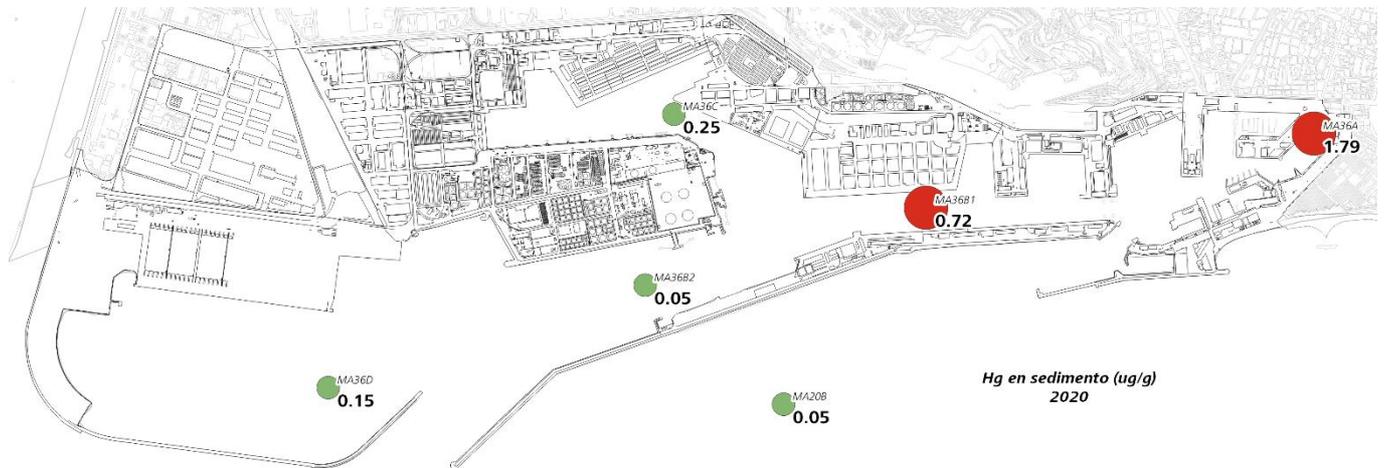


Gráfico 7. Cobre en sedimento (%) 2015-2020. Arriba: por punto y campaña; abajo: gráfico de cajas por punto. Los puntos rojos son valores extremos Las líneas rojas indican los Niveles de Acción A, B y C.

Mercurio



Mapa 12. Mercurio en sedimentos (µg/g) 2020

La concentración de mercurio en los sedimentos analizados supera el NAB (0,71 µg/g) en la estación MA36A y MA36B1. Las restantes estaciones de muestreo presentan concentraciones inferiores que oscilan, entre 0,05 y 0,25g/g, por debajo del NAA.

Punto	Hg
MA20B	0,05
MA36A	1,79
MA36B1	0,72
MA36B2	0,05
MA36C	0,25
MA36D	0,15

Tabla 15. Resumen mercurio (µg/g) 2020

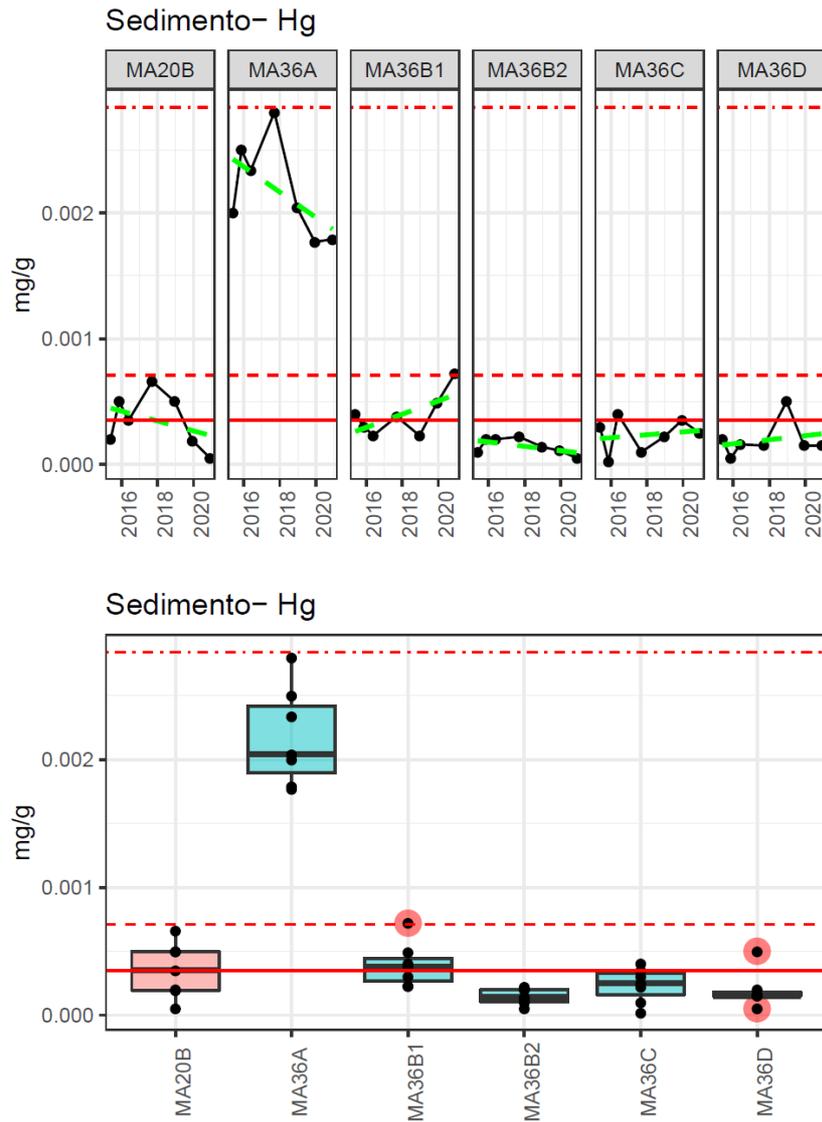
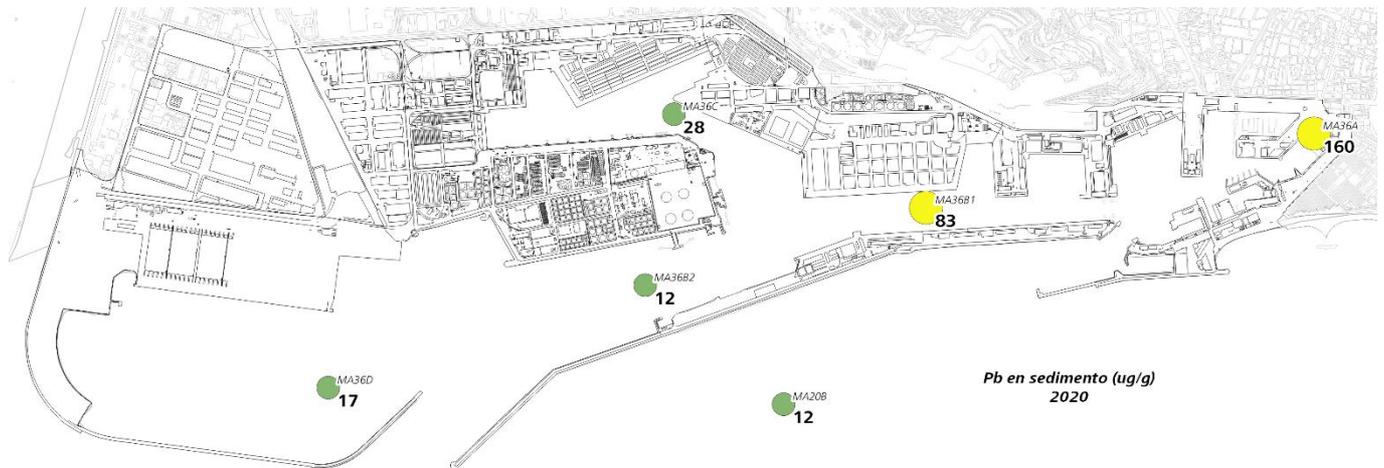


Gráfico 8. Mercurio en sedimento (mg/g) 2015-2020. Arriba: por punto y campaña; abajo: gráfico de cajas por punto. Los puntos rojos son valores extremos. Las líneas rojas indican los Niveles de Acción A, B y C.

Plomo



Mapa 13. Plomo en sedimentos (µg/g) 2020

La concentración de plomo en los sedimentos supera el NAA (80 µg/g) en MA36A y MA36B1 (160 y 83 µg/g respectivamente). En el resto de las estaciones de muestreo la concentración oscila entre 12 y 28 µg/g.

Punto	Pb
MA20B	12
MA36A	160
MA36B1	83
MA36B2	12
MA36C	28
MA36D	17

Tabla 16 Resumen plomo(µg/g) 2020

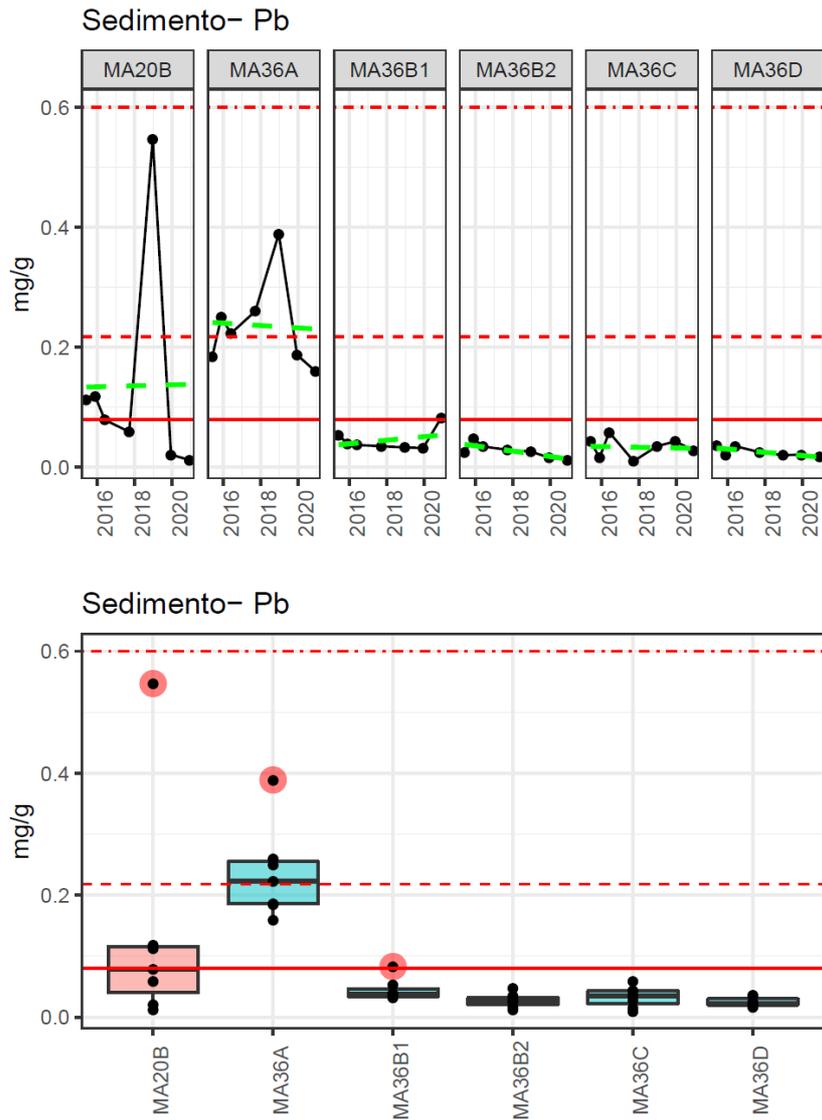
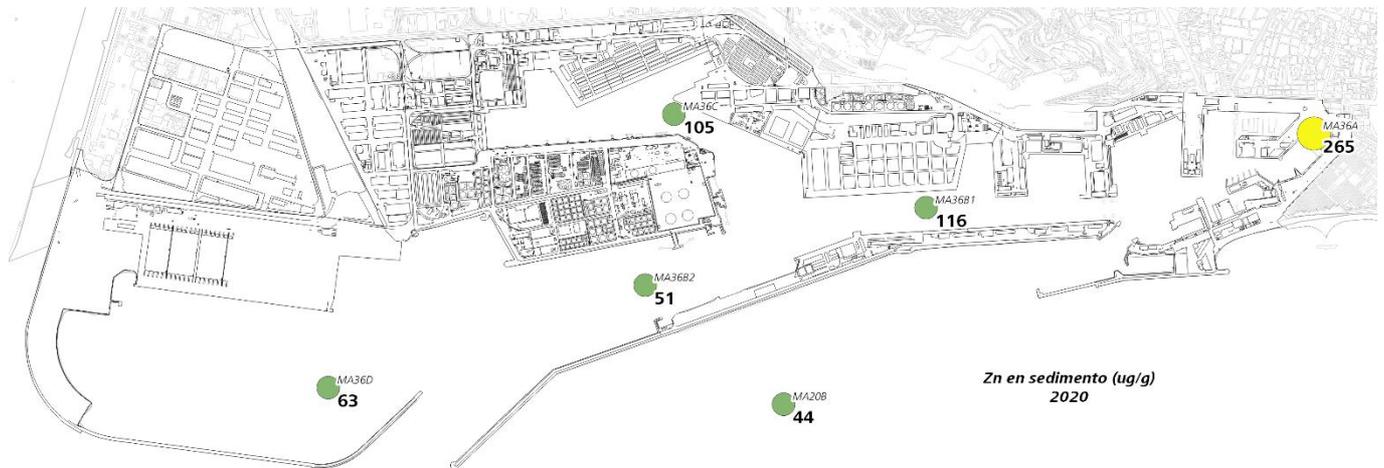


Gráfico 9. Plomo en sedimento (%) 2015-2020. Arriba: por punto y campaña; abajo: gráfico de cajas por punto. Los puntos rojos son valores extremos. Las líneas rojas indican los Niveles de Acción A, B y C.

Zinc



Mapa 14. Zinc en sedimentos (µg/g) 2020

La concentración de zinc en los sedimentos supera el NAA (205 µg/g) en la estación MA36A (265 µg/g), apreciándose una gran diferencia respecto a las demás estaciones con concentraciones entre 44 y 116 µg/g.

Punto	Zn
MA20B	43,5
MA36A	265
MA36B1	116
MA36B2	51,1
MA36C	105
MA36D	62,6

Tabla 17. Resumen zinc µg/g) 2020

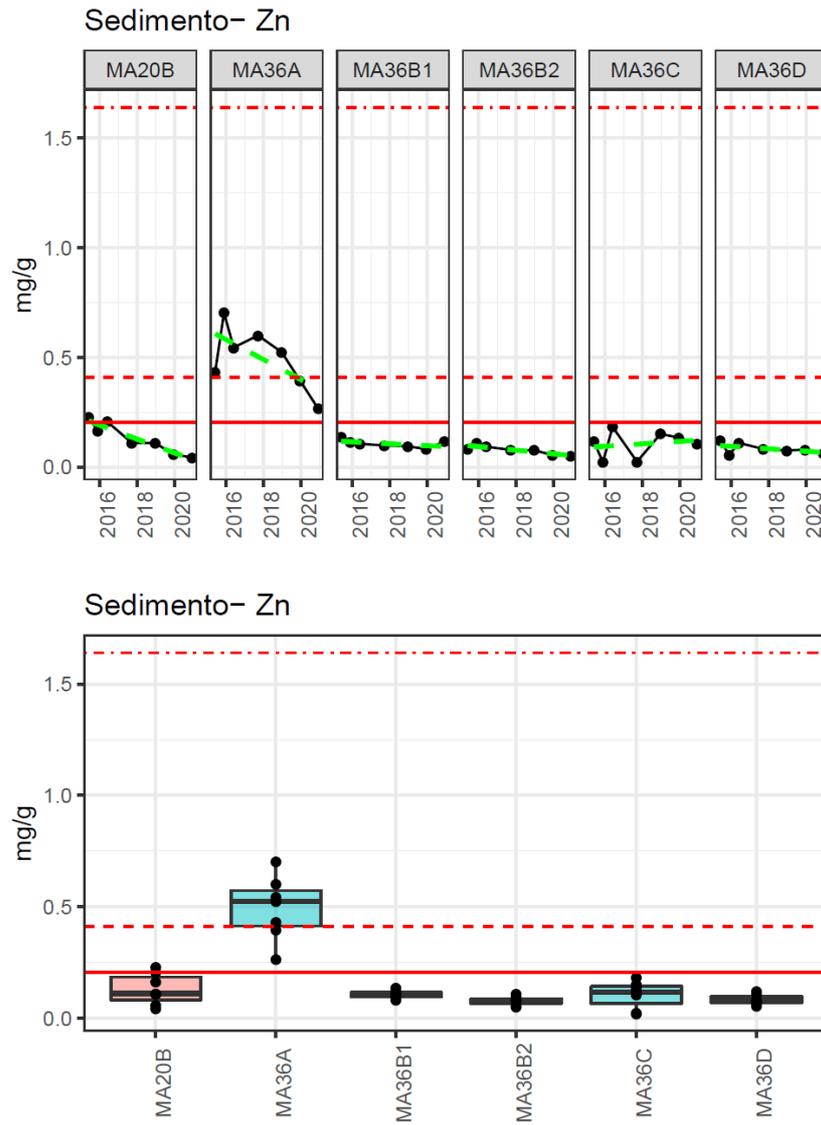
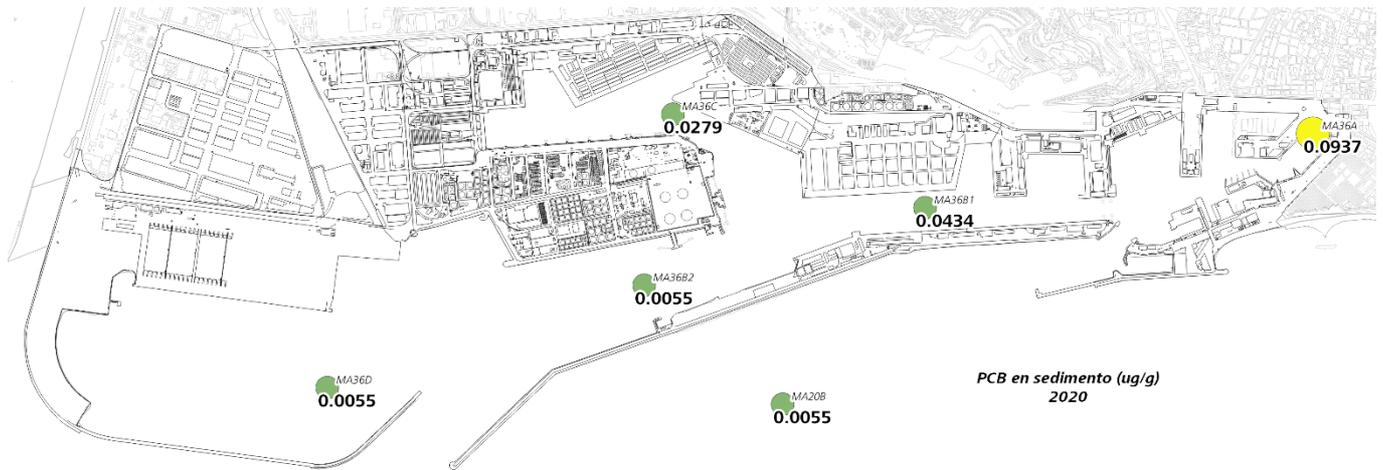


Gráfico 10. Zinc en sedimento (%) 2015-2020. Arriba: por punto y campaña; abajo: gráfico de cajas por punto. Los puntos rojos son valores extremos Las líneas rojas indican los Niveles de Acción A, B y C.

**Policlorobifenilos (PCB's)**



Mapa 18. PCB's en sedimentos (µg/g) 2020

Los datos que se reflejan en la tabla y el gráfico de PCB son la suma de los congéneres IUPAC números 28, 52,101, 118, 138, 153 y 180.

El sumatorio de concentración de PCB's en los sedimentos portuarios supera el NAA (0,05 µg/g) en la estación de muestreo MA36A (0,093 µg/g). Las restantes estaciones de muestreo presentan una concentración de PCB's menor que oscila entre 0,0055 y 0,0434 µg/g.

Punto	Suma_PCB
MA20B	0,0055
MA36A	0,0937
MA36B1	0,0434
MA36B2	0,0055
MA36C	0,0279
MA36D	0,0055

Tabla 20. Resumen PCB (µg/g) 2020

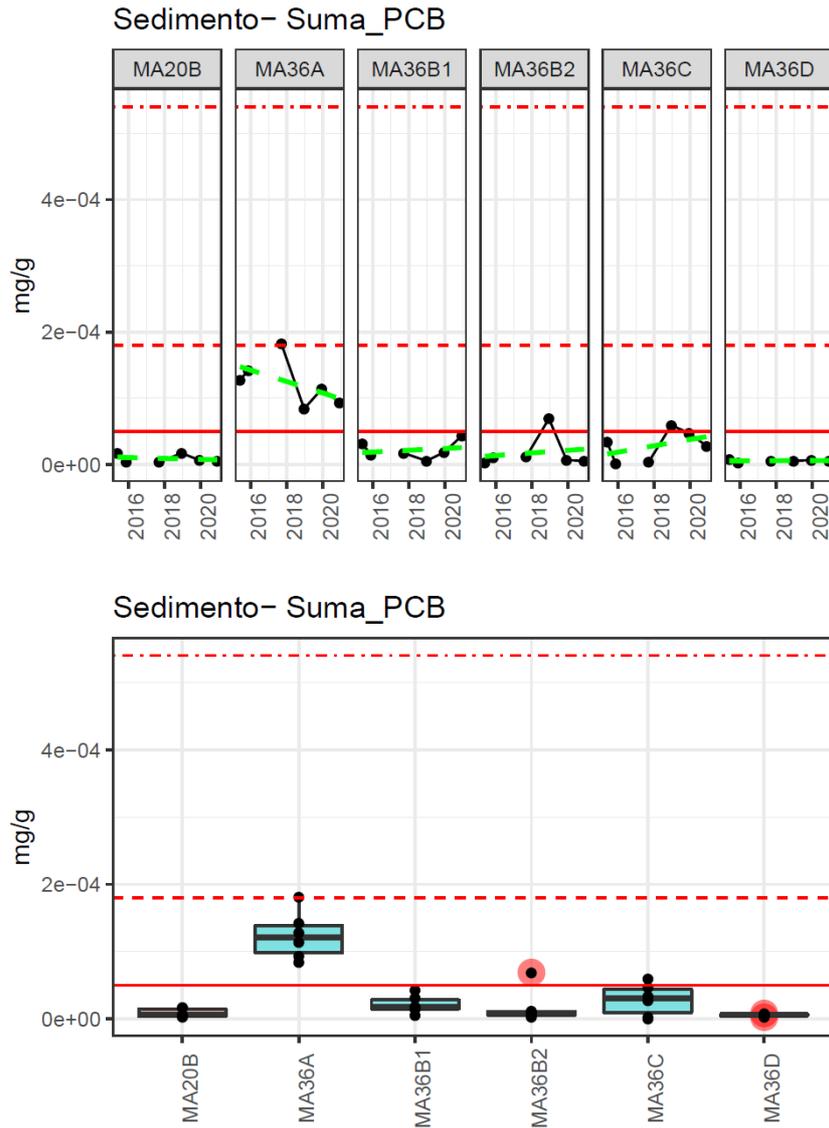
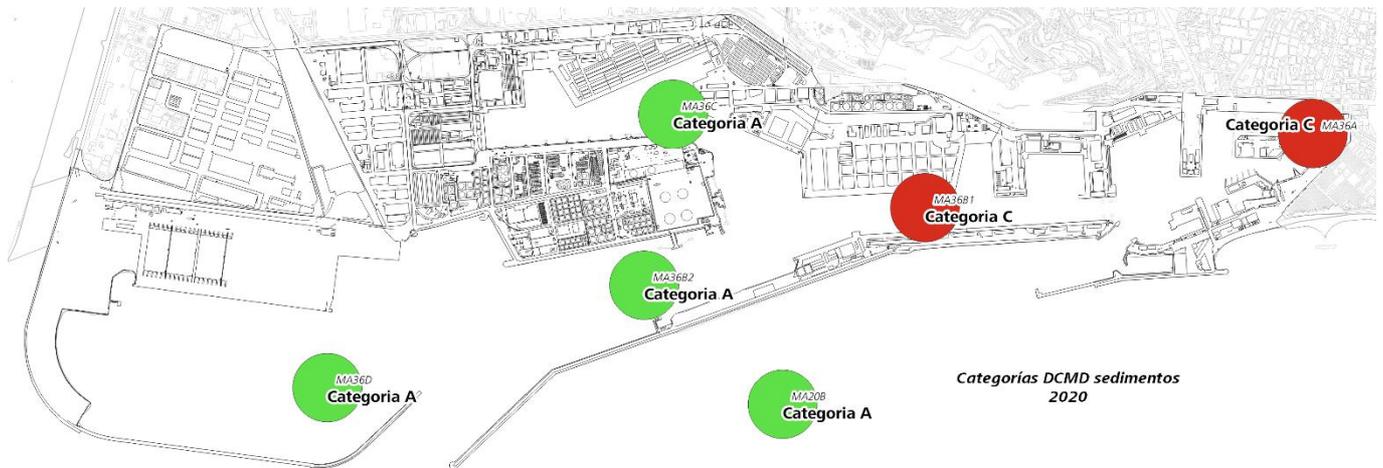


Gráfico 11. Suma de PCB's en sedimento (%) 2015-2020. Arriba: por punto y campaña; abajo: gráfico de cajas por punto. Los puntos rojos son valores extremos Las líneas rojas indican los Niveles de Acción A, B y C.

**Categorías DCMD sedimentos**



Mapa 19. Categorías DCMD de los sedimentos 2020

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 MA36B2, MA36C, MA36D y MA20B se clasifican como materiales de categoría A, la estación MA36B1 se clasifica como material de categoría B, y los sedimentos de la estación MA36A se clasifica como material de categoría C.

Punto	Cu	Hg	Pb	Zn	Suma_PCB	Categoría DCMD
MA20B	Categoría A					
MA36A	Categoría C	Categoría C	Categoría B	Categoría B	Categoría B	Categoría C
MA36B1	Categoría A	Categoría C	Categoría B	Categoría A	Categoría A	Categoría C
MA36B2	Categoría A					
MA36C	Categoría A					
MA36D	Categoría A					

Tabla 21. Categorías de los sedimentos 2020

En conclusión, se puede afirmar que en la estación MA36A el sedimento analizado presenta fuerte contaminación por cobre, mercurio y más moderada de plomo, zinc y PCB's; la estación MA36B1 presenta contaminación por mercurio y más moderada por plomo. Los sedimentos del resto de estaciones (MA36B2, MA36C, MA36D y MA20B) 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, administració ambiental competente y responsable de la aplicación de la DMA en la demarcación hidrográfica de Conques internes de Catalunya.

#### Clorofila

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 oscilan entre 0,15 y 1,8 µg/L en aguas abiertas, y de entre 0,43 y 9,07 µg/L en las abrigadas. Es en agosto donde se hayan los máximos de clorofila a y los mínimos en diciembre; en cambio, en aguas abiertas el máximo de clorofila se encuentra en marzo. En promedio la clorofila en cada estación de muestreo se muestra en la siguiente tabla:

Punto	Promedio - Clorofila_a
MA20B	1,21
MA36A	3,35
MA36B1	1,55
MA36B2	1,19
MA36C	1,63
MA36D	1,15

Tabla 22. Resumen clorofila a (µg/L) 2020

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:

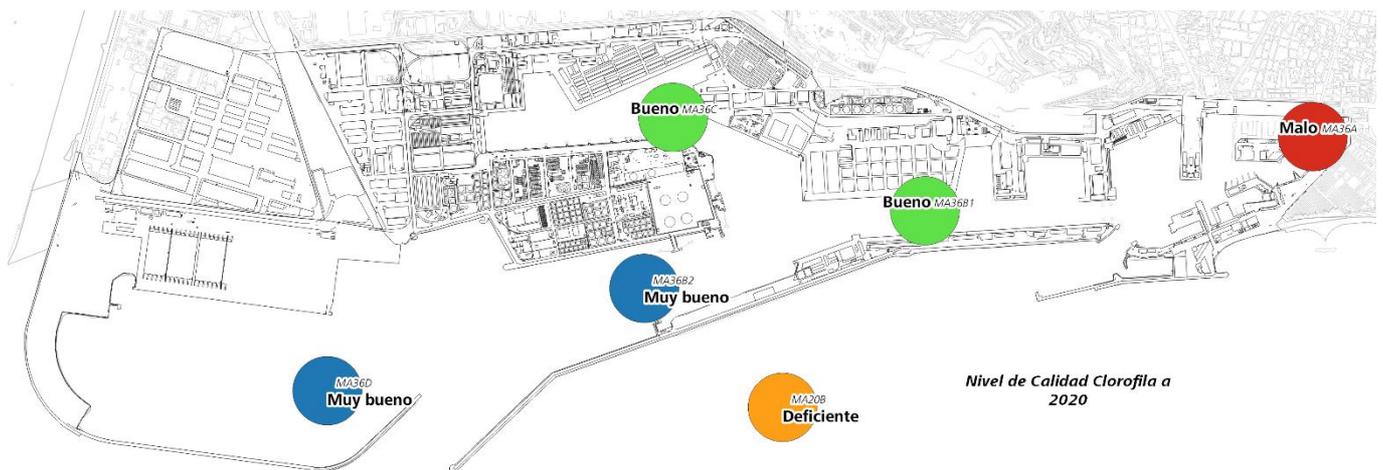
NIVEL DE CALIDAD	Influencia continental elevada	Influencia continental moderada	Influencia continental baja
Muy bueno	$EQR \geq 0,82$	$EQR \geq 0,83$	$EQR \geq 0,85$
Bueno	$0,47 \leq EQR < 0,82$	$0,54 \leq EQR < 0,83$	$0,61 \leq EQR < 0,85$
Mediocre	$0,33 \leq EQR < 0,47$	$0,40 \leq EQR < 0,54$	$0,50 \leq EQR < 0,61$
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) 2020	Influencia continental	Referencia	Valor referencia clorofila a	Promedio – Clorofila_a ( $\mu\text{g/L}$ ) 2020	EQR	Nivel de Calidad Clorofila a
MA20B	37,743	Influencia baja	Campo medio	0,52	1,21	0,431	Deficiente
MA36A	37,548	Influencia baja	Campo Próximo	1,12	3,35	0,335	Malo
MA36B1	37,569	Influencia baja	Campo Próximo	1,12	1,55	0,724	Bueno
MA36B2	37,82	Influencia baja	Campo Próximo	1,12	1,19	0,944	Muy bueno
MA36C	37,617	Influencia baja	Campo Próximo	1,12	1,63	0,688	Bueno
MA36D	37,563	Influencia baja	Campo Próximo	1,12	1,15	0,976	Muy bueno

Tabla 25. Niveles de calidad según promedio clorofila a ( $\mu\text{g/L}$ ) 2020



Mapa 20. Valoración del nivel de calidad de Clorofila a en agua ( $\text{mg/m}^3$ ) 2020

## 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:

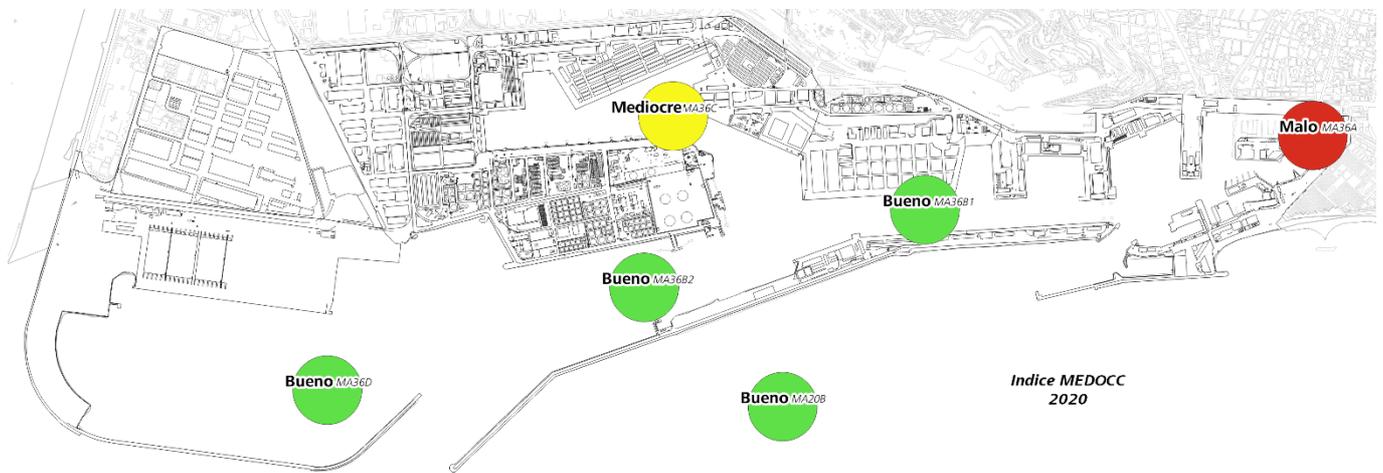
Estado/Potencial Ecológico	MEDOCC (0-6)	EQR
Muy bueno	$0 < MEDOCC < 1,60$	$EQR > 0,73$
Bueno	$1,6 \leq MEDOCC < 3,2$	$0,47 < EQR \leq 0,73$
Mediocre	$3,20 \leq MEDOCC < 4,77$	$0,20 < EQR \leq 0,47$
Deficiente	$4,77 \leq MEDOCC < 5,5$	$0,08 < EQR \leq 0,20$
Malo	$5,50 \leq MEDOCC \leq 6$	$EQR \leq 0,08$

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 2020 en el puerto:

Estación	Condición de referencia	MEDOCC 2020	EQR	Estado/Potencial ecológico
MA20B	0,2	1,93	0,7	Bueno
MA36A	2,4			Malo
MA36B1	2,4	4,18	0,51	Bueno
MA36B2	2,4	3,57	0,68	Bueno
MA36C	2,4	4,62	0,38	Mediocre
MA36D	2,4	3,5	0,69	Bueno

Tabla 27. Clasificación sedimentos portuarios según los datos de 2020



Mapa 21. Índice MEDOCC de la comunidad bentónica 2020

## 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 A	Deficiente	Bueno
MA36A	Muy Bueno	Mala	Categoría C	Malo	Malo
MA36B1	Bueno	Mala	Categoría C	Bueno	Bueno
MA36B2	Muy Bueno	Mala	Categoría A	Muy bueno	Bueno
MA36C	Mediocre	Mala	Categoría A	Bueno	Mediocre
MA36D	Muy Bueno	Mala	Categoría A	Muy bueno	Bueno

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

Las aguas portuarias abrigadas están fuertemente impactadas por la antropización del territorio y usos del puerto, especialmente en la calidad química del agua (ninguna estación de muestreo tiene una buena calidad química). La estación de muestreo con peor calidad es la de Port Vell (MA36A), que además de la calidad química, tiene una mala valoración en la físico-química de sedimentos y en los elementos biológicos. La razón se encuentra en varios factores combinados:

- Es la zona con una de las menores tasas de renovación de las aguas.
- Por el menor volumen relativo respecto a otras zonas del puerto, las aportaciones continentales del sistema de saneamiento de la ciudad tienen un fuerte impacto en su calidad.
- Debido a los usos portuarios (dirigidos principalmente a embarcaciones de recreo y pesca que necesitan un calado muy pequeño), la zona no es dragada con la frecuencia de otras zonas del puerto.
- Al ser la zona portuaria en funcionamiento desde más tiempo, existe una fuerte componente de contaminación histórica sobre todo en sus sedimentos.

Los aportes contaminantes en aguas y especialmente de los hidrocarburos, probablemente derivados de los usos portuarios y del impacto de aportes terrestres o continentales, han alterado la valoración química de las aguas incluidas las aguas exteriores representadas por el punto MA20B.

Febrero 2021