



CALIDAD DE AGUAS Y SEDIMENTOS DEL PUERTO DE BARCELONA

RESUMEN 2019

INDICE

1.- Introducción	5
2. Físicoquímicos aguas	8
2.1. Condiciones generales aguas	8
Transparencia Secchi	8
Temperatura	9
Oxígeno	10
Índice FAN	11
2.2 Contaminantes específicos aguas	13
DEHP	13
Benzo (a) pireno	14
Cibutrina	15
PFOs	16
Valoración Contaminantes específicos aguas	17
3. Físicoquímica sedimentos	18
3.1. Condiciones generales sedimentos	18
Grano medio D-50	18
Materia Orgánica	19
3.2. Contaminantes específicos sedimentos	20
Cobre	20
Mercurio	21
Plomo	22
Zinc	23
Policlorobifenilos (PCB's)	24
Categorías DCMD sedimentos	25
4. Elementos Biológicos	26
4.1. Fitoplancton	26
4.2. Macroinvertebrados bentónicos	28
Índice MEDOCC	28
5. Conclusiones	30

Els ecosistemes costaners estan condicionats per processos de frontera entre el mar i el continent, amb influència mútua entre ells. Així, la franja litoral s'enriqueix de nutrients augmentant la seva productivitat biològica i reforçant la relació entre les aigües amb els fons marins, mentre que, en sentit contrari, el mar condiciona la zona terrestre amb canvis en la línia litoral, amb la formació de platges o penya-segats, modificant la seva biodiversitat amb l'arribada d'espècies que viuen de la productivitat de la mar, i altres canvis.

Els ports són part de la zona costanera litoral i com a tal influeixen i són influïts per aquests processos.

Els ports son zona d'aigües tranquil·les per facilitar l'entrada, sortida i estança segura dels vaixells. Aquest menor hidrodinamisme afavoreix la sedimentació de les partícules i de la matèria en suspensió, modificant la granulometria del sediment amb un augment de les partícules més fines. És en aquestes partícules on s'acumulen els contaminants, com els metalls pesants, els organoclorats o la matèria orgànica.

La influència de les aportacions continentals en les aigües portuàries en forma de vessament des d'instal·lacions, de descàrregues dels sobreeixidors en temps de pluges o les descàrregues accidentals procedents de vaixells, modifiquen les seves característiques, tant a nivell físic (disminuint la seva salinitat i la penetració de la llum necessària per al fitoplàncton, augment de les partícules en suspensió ja sigui orgànica o inorgànica ...) com a nivell químic (augment de les aportacions de nutrients inorgànics, matèria i compostos orgànics, presència de contaminants ...).

Els organismes de la columna d'aigua i dels fons marins s'adapten a això, afavorint les espècies més resistents que n'incrementen el nombre i disminuint la diversitat d'espècies. Es a dir, l'ecosistema es simplifica.

En altres ocasions, els ports enriqueixen els ecosistemes marins creant nous substrats com les esculleres que afavoreixen l'hàbitat d'espècies diferents a les prèviament existents.

En resum, els ports són entorns costaners on les característiques ecològiques marines han estat modificades per la pròpia existència del port i per les seves activitats. El coneixement i seguiment les seves característiques comporta beneficis com:

- *El coneixement exhaustiu de com es comporta el mitjà permet evitar o atenuar els impactes negatius sobre el medi marí.*
- *L'obtenció d'índexs de qualitat del medi marí (en sediments i aigües) és una eina molt important per a la gestió de l'activitat diària portuària, així com per a la valoració ambiental d'infraestructures i activitats.*
- *El bon manteniment de l'ecosistema marí portuari permet una disminució dels costos de la seva gestió, com en el cas dels dragatges.*

El port de Barcelona realitza des de fa anys el seguiment i control de la qualitat de l'aigua i sediments portuaris en coordinació amb l'Agència Catalana de l'Aigua. Al llarg de l'any es realitzen mostrejos d'aigua i sediments per monitoritzar les seves condicions fisicoquímiques i biològiques al llarg de el temps.

En general, les aigües marines portuàries tenen una bona qualitat. De les més de 100 substàncies químiques contaminants que s'analitzen a la columna d'aigua, només quatre tenen concentracions que sobrepassen el límit legal establert per la Directiva Marc de l'Aigua en algun punt. Per la seva banda, els sediments tenen una contaminació moderada-alta però, a l'igual que en les aigües, només en alguna zona específica molt condicionada per abocaments històrics.

El més important es que, tant la qualitat de les aigües com dels sediments, tendeixen a la millora al llarg d'aquests anys. I, en segon lloc, que les aigües exteriors no semblen afectades per la qualitat de les aigües interiors, un dels objectius que es persegueix amb aquest seguiment.

A nivell dels organismes que viuen al medi aquàtic, aquests s'han adaptat a aquestes condicions portuàries i son un bon índex de la qualitat de l'aigua i del sediment. Les comunitats bentòniques, és a dir, els organismes que viuen al sediment del fons marí, presenten índexs molt semblants de qualitat als que viuen en litoral obert.

Però no només això. El port de Barcelona també fa esforços en altres àmbits relacionats amb l'ecosistema marí com la vigilància ambiental de les obres, la retirada dels residus flotants, el foment i col·laboració en estudis científics, els plans de resposta davant les incidències de contaminació i la recepció de residus de vaixell, entre d'altres.

Texto para su difusión en el Día Mundial del Medio Ambiente 2020

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 2019 en las campañas con las fechas siguientes:

- 27 febrero 2019
- 09 abril 2019
- 26 junio 2019
- 27 agosto de 2019
- 5 noviembre 2019
- 10 diciembre 2019

	27/2/2019	09/04/2019	26/6/2019	27/8/2019	5/11/2019	10/12/2019
Estado fisicoquímico del agua (1)	x	x	x	x	x	x
Metales pesados en aguas (1)	x	x		x		
Nutrientes inorgánicos en aguas (2)	x	x	x	x	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) 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.

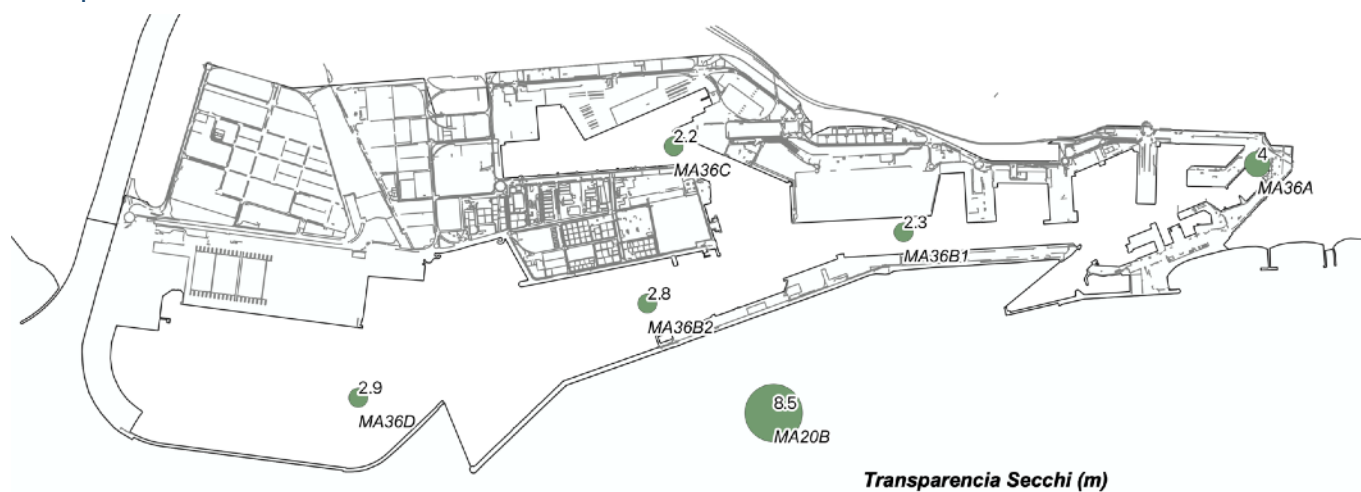
Tratamiento de los datos

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.

2. Fisicoquímicos aguas

2.1. Condiciones generales aguas

Transparencia Secchi



Mapa 2. Promedio de transparencia Secchi (m) 2019

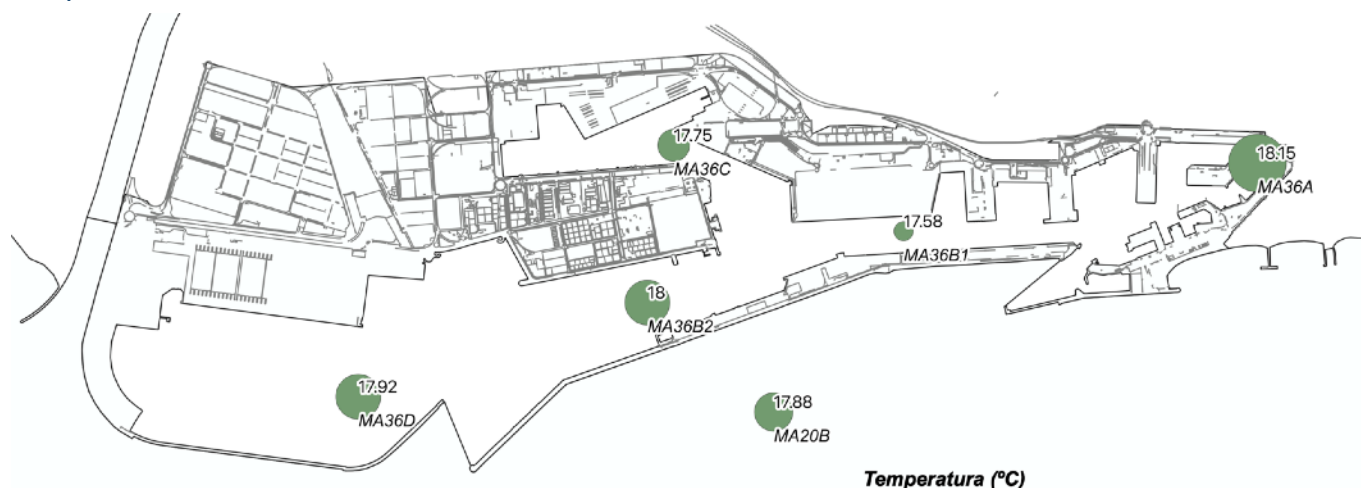
Las estaciones de muestro situadas en el interior del puerto presentan valores de penetración de la luz inferiores a los de la estación exterior (MA20B). Esta situación obedece a la diferente intensidad de los fenómenos de agitación y aportes de contaminantes.

Los valores de penetración de la luz de las estaciones situadas a abrigo del puerto oscilan entre 1 m y 6,5 m, mientras que los valores de la estación MA20B se sitúan entre 4 m y 20 m.

Punto	Promedio - Secchi
MA20B	8,5
MA36A	4,0
MA36B1	2,3
MA36B2	2,8
MA36C	2,2
MA36D	2,9

Tabla 4. Resumen transparencia disco Secchi (m) 2019

Temperatura



Mapa 3. Promedio de temperatura del agua (°C) 2019

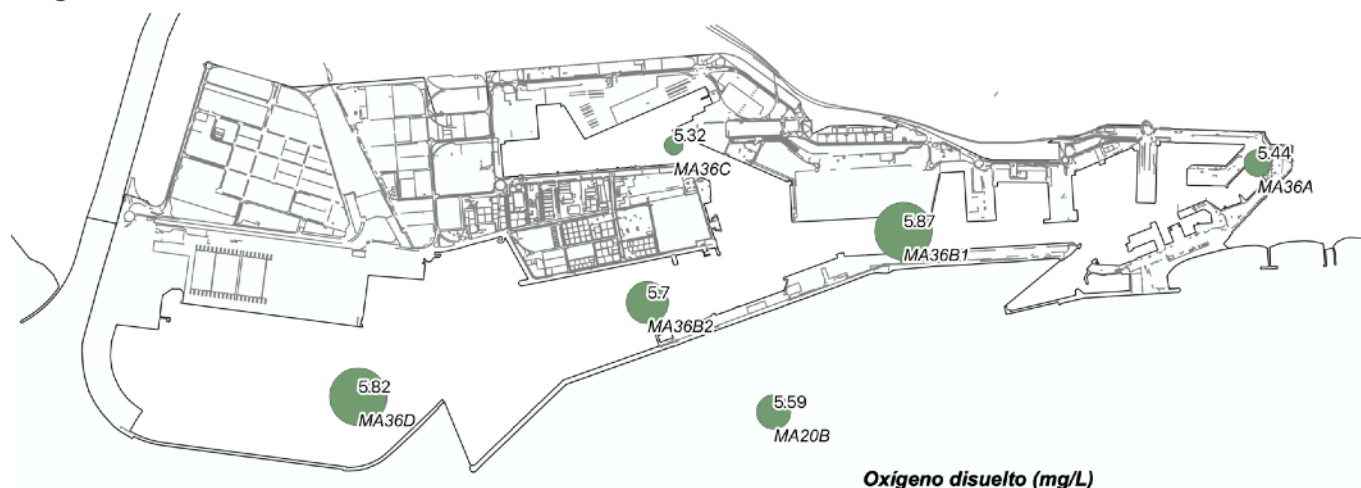
En todas las estaciones se observa una marcada estacionalidad térmica. Se observa una elevada homogeneidad entre estaciones y para toda la columna de agua, presentando un patrón característico de la cada una de las épocas en las que se han realizado muestreos.

En el mes de junio se observa una diferencia de temperatura entorno a los 6-8 metros hecho que evidencia la presencia de termoclina 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 25°C, mientras que en el mes de noviembre el valor medio de temperatura es de 19°C y algo menor en el mes de diciembre donde el valor promedio es de 14,5°C.

Punto	Promedio - Temperatura
MA20B	17,88
MA36A	18,15
MA36B1	17,58
MA36B2	18,00
MA36C	17,75
MA36D	17,92

Tabla 5. Resumen temperatura (°C) 2019

Oxígeno



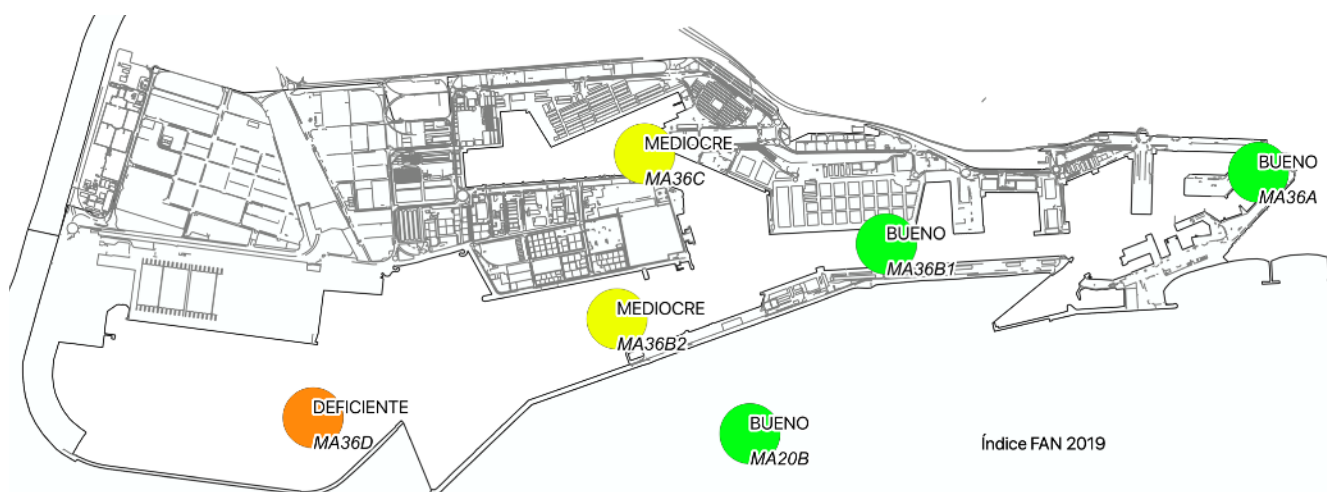
Mapa 4. Promedio de oxígeno disuelto en agua (mg/L) 2019

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 7,9 (en aguas superficiales y con agitación e intercambio con el exterior suficiente) y 2,3 mg/L (en aguas profundas de las aguas abrigadas).

Punto	Promedio - Oxígeno disuelto
MA20B	5,59
MA36A	5,44
MA36B1	5,87
MA36B2	5,70
MA36C	5,32
MA36D	5,82

Tabla 6. Resumen oxígeno disuelto (mg/L) 2019

Índice FAN



Mapa 5. Promedio de índice FAN 2019

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 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”.

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 2019

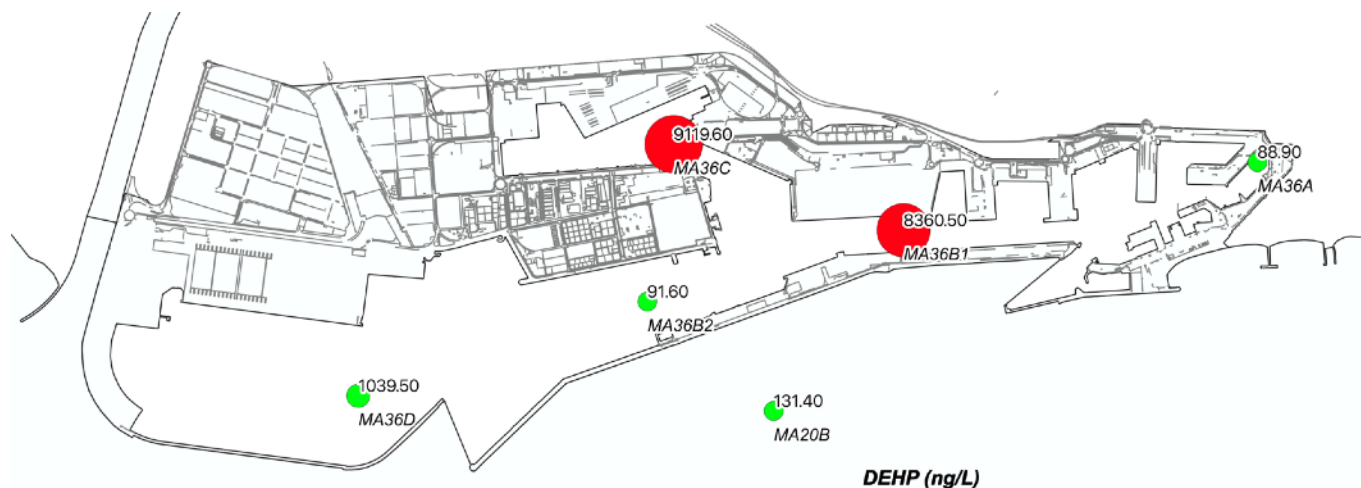
Punto	Salinidad (PSU)	Nitrato ($\mu\text{mol/L}$)	Nitrito ($\mu\text{mol/L}$)	Amonio ($\mu\text{mol/L}$)	Fosfato ($\mu\text{mol/L}$)	Silicato ($\mu\text{mol/L}$)	Índice FAN	Valoración	Criterio
MA20B	38,076	1,00	0,19	0,66	0,09	0,61	-0,24	Bueno	CAMPO MEDIO
MA36A	38,090	2,54	0,27	1,37	0,20	1,54	-0,01	Bueno	CAMPO PROXIMO
MA36B1	38,045	1,72	0,28	1,93	0,23	1,00	0,18	Bueno	
MA36B2	38,034	1,96	0,32	2,37	0,32	1,20	0,33	Mediocre	
MA36C	38,026	2,00	0,29	2,86	0,33	1,30	0,38	Mediocre	
MA36D	38,026	2,07	0,31	4,83	0,44	1,55	0,68	Deficiente	

Tabla 8. 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.

DEHP



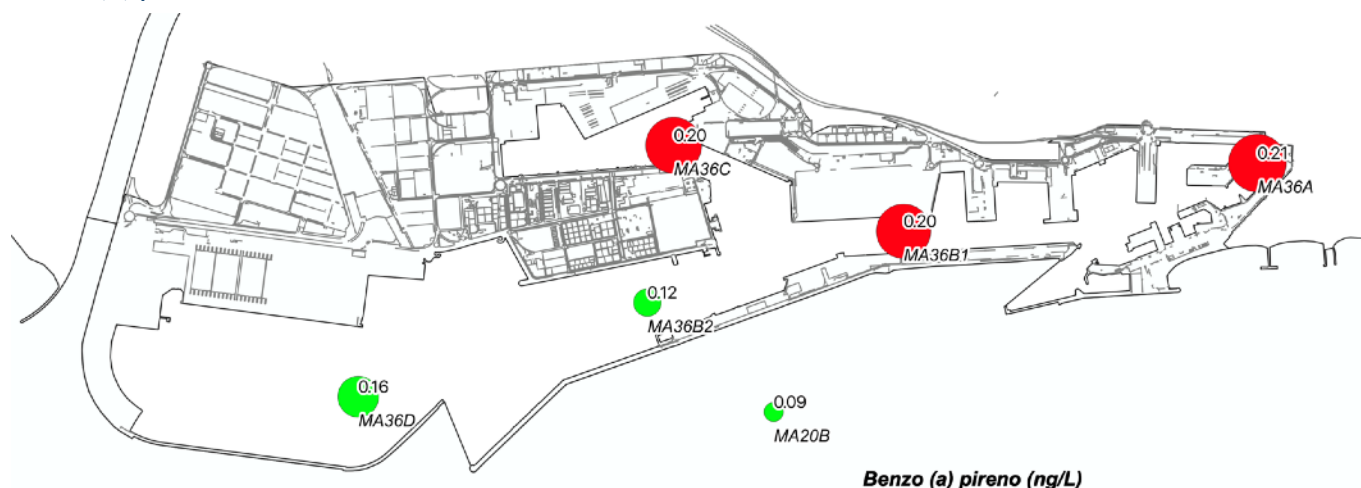
Mapa 6. Promedio de DEHP en agua (ng/L) 2019

De la familia de los ftalatos, es una sustancia utilizada para hacer los plásticos más flexibles (plastificantes). En promedio, en 2019 se superó la NCA-MA fijado en 1300ng/L en MA36B1 y MA36C.

Punto	Promedio - DEHP
MA20B	131,4
MA36A	88,9
MA36B1	8360,5
MA36B2	91,6
MA36C	9119,6
MA36D	1039,5

Tabla 9. Resumen DEHP (ng/L) 2019

Benzo (a) pireno



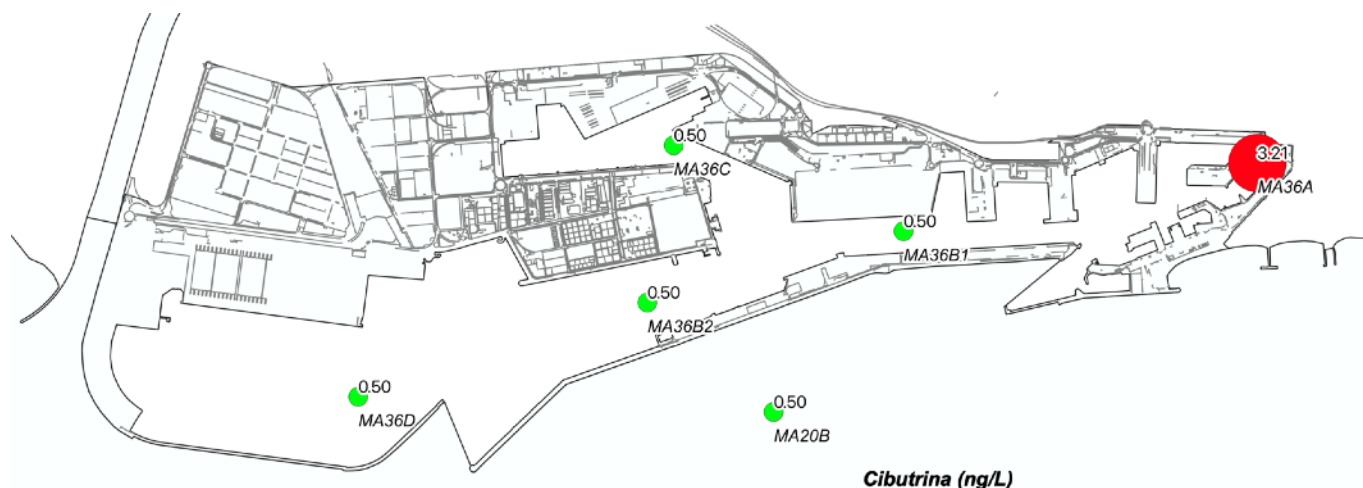
Mapa 7. Promedio de Benzo (a) pireno en agua (ng/L) 2019

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 2019 se sobrepasó, en promedio, en MA36A, MA36B1 y MA36C.

Punto	Promedio - Benzo_a_pireno
MA20B	0,09
MA36A	0,21
MA36B1	0,2
MA36B2	0,12
MA36C	0,205
MA36D	0,16

Tabla 10. Resumen benzo (a) pireno (ng/L) 2019

Cibutrina



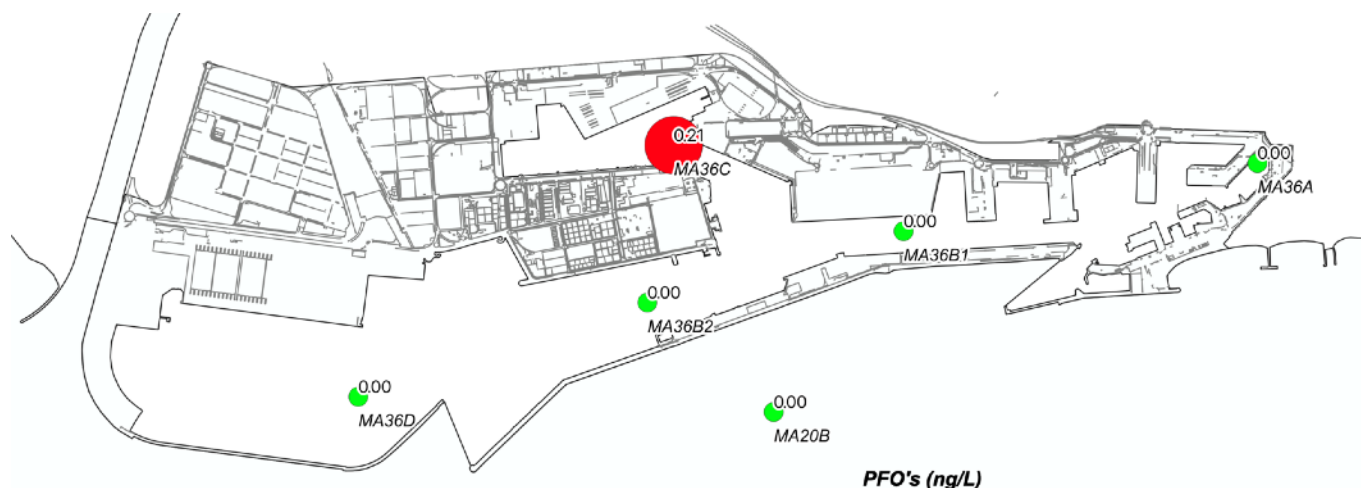
Mapa 8. Promedio de Cibutrina en agua (ng/L) 2019

La cibutrina es un biocida que es utilizado como antifouling en embarcaciones de recreo. En promedio, en 2019 se sobrepasó la NCA-MA (2,5ng/L) regulada en el RD 817/2015 en aguas abrigadas (MA36A), en la zona donde hay mayor concentración de ese tipo de embarcaciones.

Punto	Promedio - Cibutrina
MA20B	0,5
MA36A	3,21
MA36B1	0,5
MA36B2	0,5
MA36C	0,5
MA36D	0,5

Tabla 11. Resumen cibutrina (ng/L) 2019

PFOs



Mapa 9. Promedio de PFO's en agua (ng/L) 2019

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 MA36C.

Punto	Promedio - PFOs
MA20B	0
MA36A	0
MA36B1	0
MA36B2	0
MA36C	0,21
MA36D	0

Tabla 12. Resumen suma PFO's (ng/L) 2019

Valoración Contaminantes específicos aguas

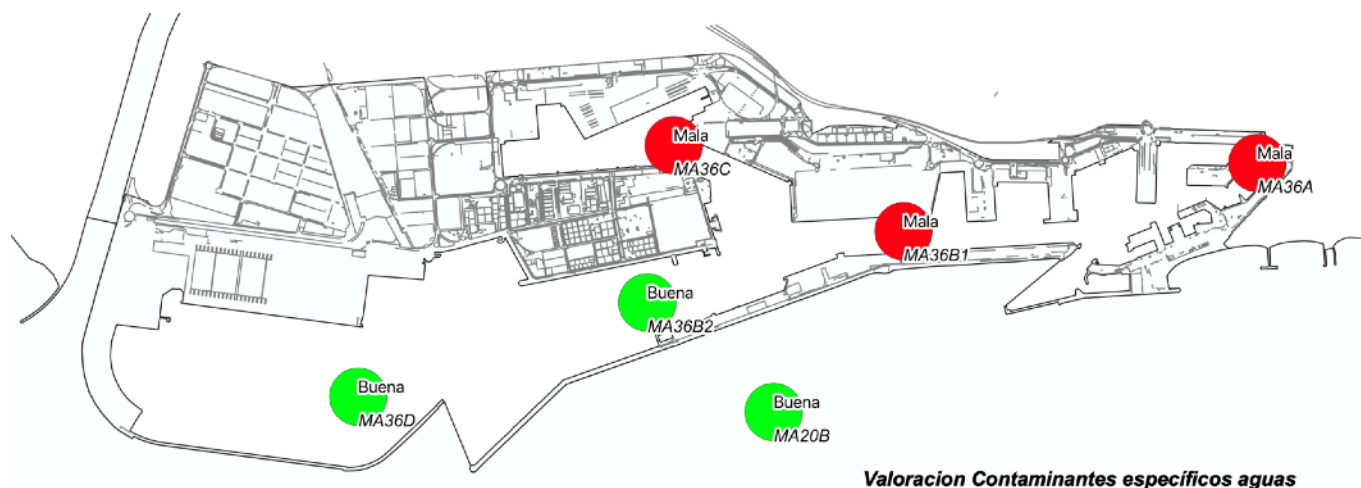
LA DMA sólo contempla dos estados en función de si la masa de agua sobrepasa el NCA de cualquier sustancia de las que figuran en el Anexo 3 de Real Decreto 817/2015:

- 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	Cibutrina	PFOs	Valoración global
MA20B	Buena	Buena	Buena	Buena	Buena
MA36A	Buena	Mala	Mala	Buena	Mala
MA36B1	Mala	Mala	Buena	Buena	Mala
MA36B2	Buena	Buena	Buena	Buena	Buena
MA36C	Mala	Mala	Buena	Mala	Mala
MA36D	Buena	Buena	Buena	Buena	Buena

Tabla 13. Calidad química agua por estación 2019

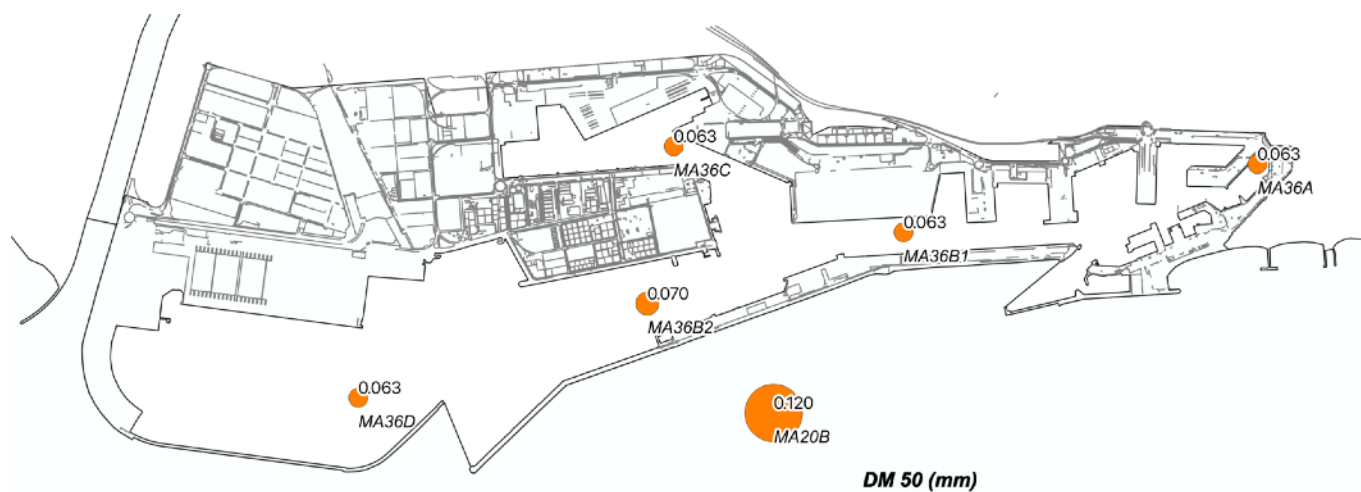


Mapa 10. Calidad química agua por estación 2019

3. Fisicoquímica sedimentos

3.1. Condiciones generales sedimentos

Grano medio D-50



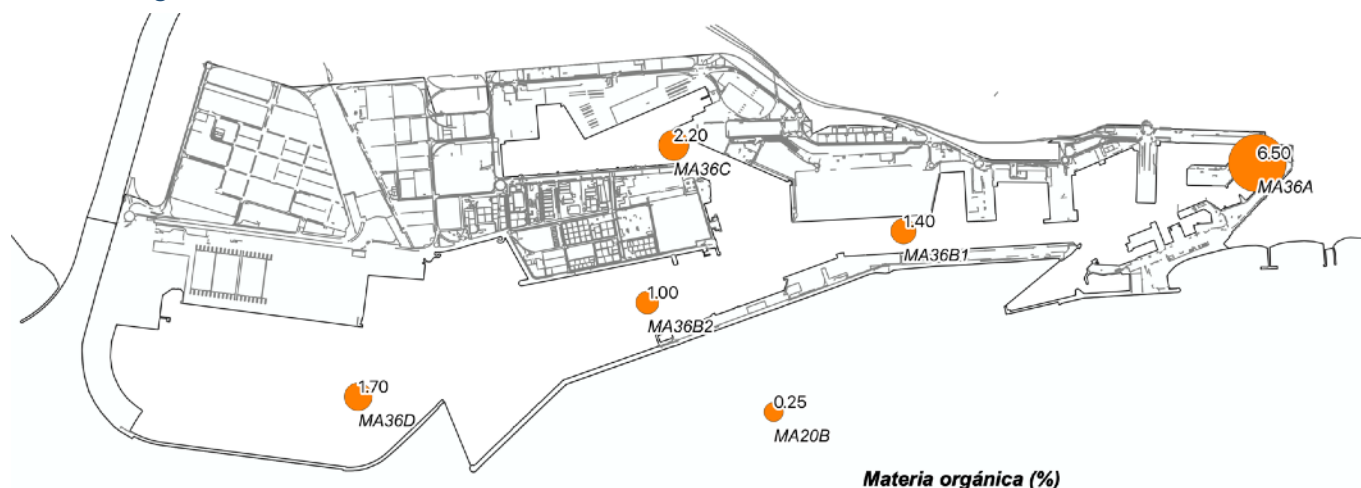
Mapa 11. Grano medio sedimentos (mm) 2019

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	0,12
MA36A	0,063
MA36B1	0,063
MA36B2	0,07
MA36C	0,063
MA36D	0,063

Tabla 14. Resumen grado medio D-50 (mm) 2019

Materia Orgánica



Mapa 12. Materia orgánica en sedimentos (%) 2019

Los resultados de porcentaje de materia orgánica en sedimento son más elevados en la estación MA36A (6,5 %), apreciándose una gran diferencia respecto a las demás estaciones. Las restantes estaciones de muestreo presentan una concentración que oscila entre valores inferiores al límite de cuantificación (0,5%) y 2,2%.

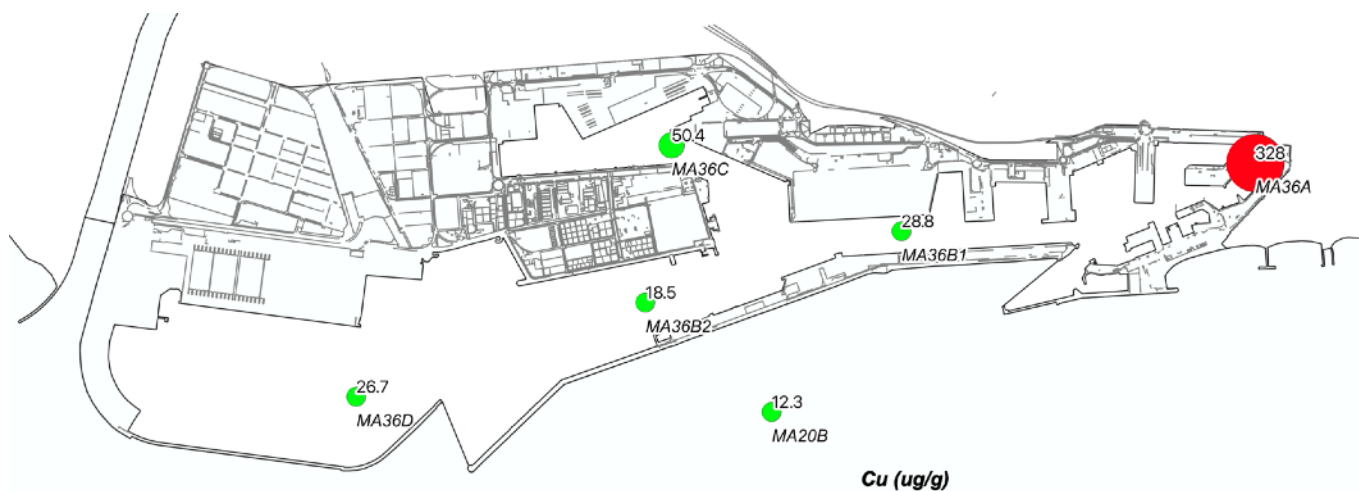
Punto	Materia_Organica
MA20B	0,25
MA36A	6,5
MA36B1	1,4
MA36B2	1
MA36C	2,2
MA36D	1,7

Tabla 15. Resumen materia orgánica (%) 2019

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



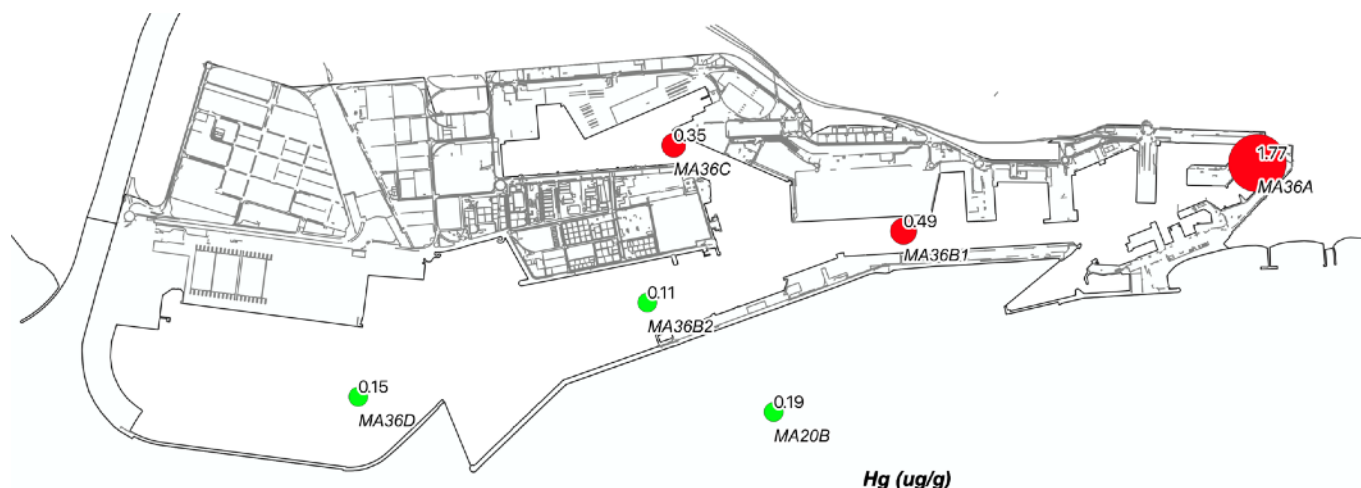
Mapa 13. Cobre en sedimentos ($\mu\text{g/g}$) 2019

La concentración de cobre en los sedimentos supera el NAB ($168 \mu\text{g/g}$) en la estación MA36A, apreciándose una gran diferencia respecto a las demás estaciones, que oscila entre 12 y $50 \mu\text{g/g}$. La concentración mínima se encuentra en aguas abiertas, MA20B ($12 \mu\text{g/g}$).

Punto	Cu
MA20B	12,3
MA36A	328
MA36B1	28,8
MA36B2	18,5
MA36C	50,4
MA36D	26,7

Tabla 16. Resumen cobre ($\mu\text{g/g}$) 2019

Mercurio



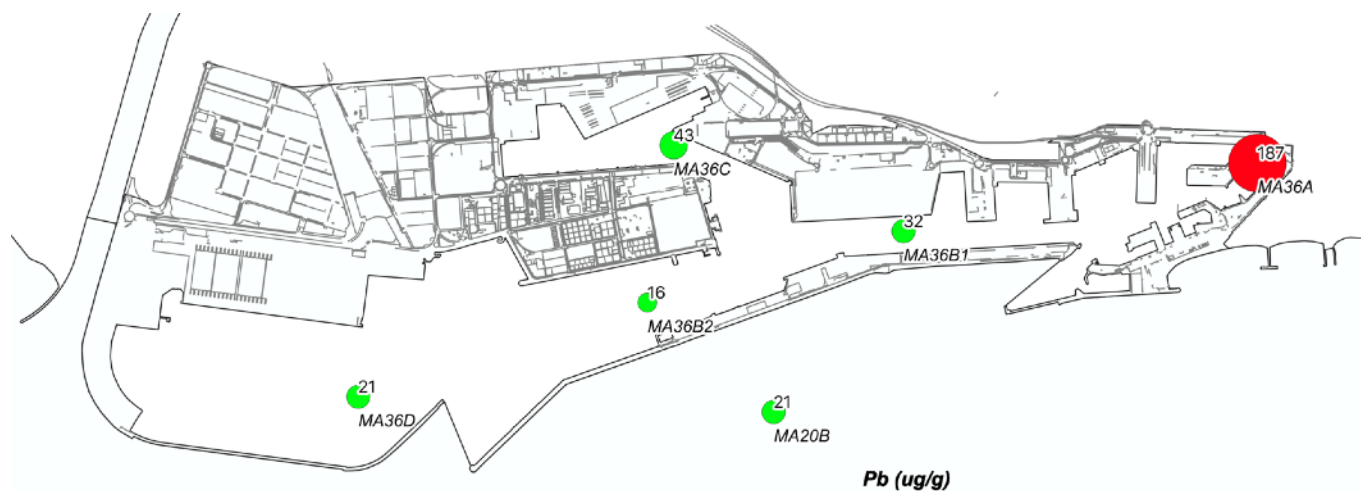
Mapa 14. Mercurio en sedimentos ($\mu\text{g/g}$) 2019

La concentración de mercurio en los sedimentos analizados supera el NAB ($0,71 \mu\text{g/g}$) en la estación MA36A y el NAA ($0,35 \mu\text{g/g}$) en MA36B1 y MA36C. Las restantes estaciones de muestreo presentan concentraciones inferiores que oscilan, entre $0,1$ y $0,19 \mu\text{g/g}$, por debajo del NAA.

Punto	Hg
MA20B	0,19
MA36A	1,77
MA36B1	0,49
MA36B2	0,11
MA36C	0,35
MA36D	0,15

Tabla 17. Resumen mercurio ($\mu\text{g/g}$) 2019

Plomo



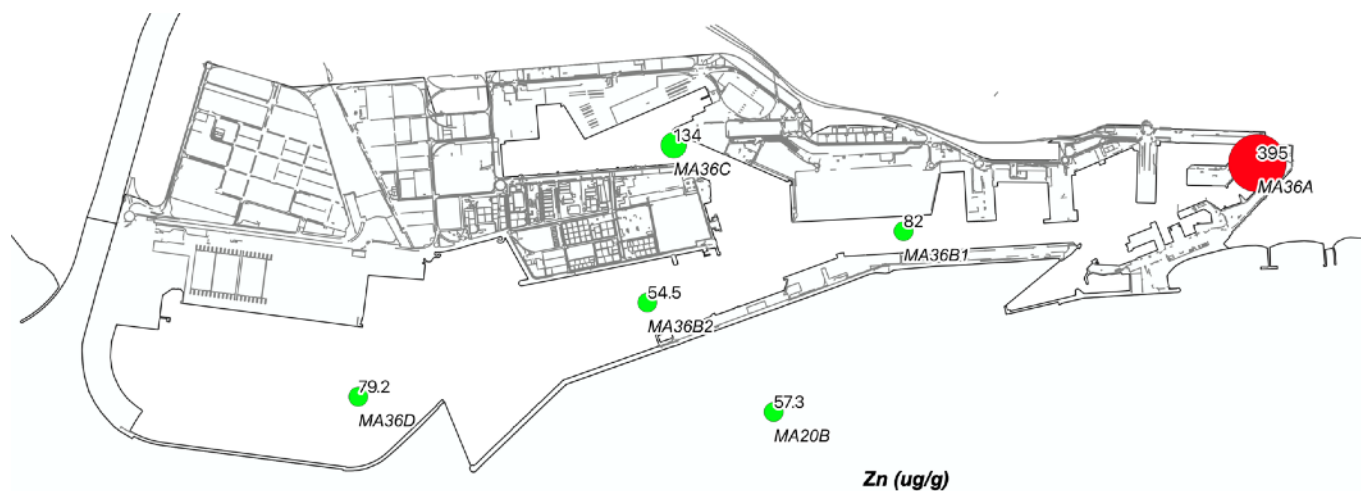
Mapa 15. Plomo en sedimentos (µg/g) 2019

La concentración de plomo en los sedimentos supera el NAA (80 µg/g) en MA36A (187 µg/g). En las estaciones de muestreo la concentración oscila entre 16 y 43 µg/g.

Punto	Pb
MA20B	21
MA36A	187
MA36B1	32
MA36B2	16
MA36C	43
MA36D	21

Tabla 18 Resumen plomo(µg/g) 2019

Zinc



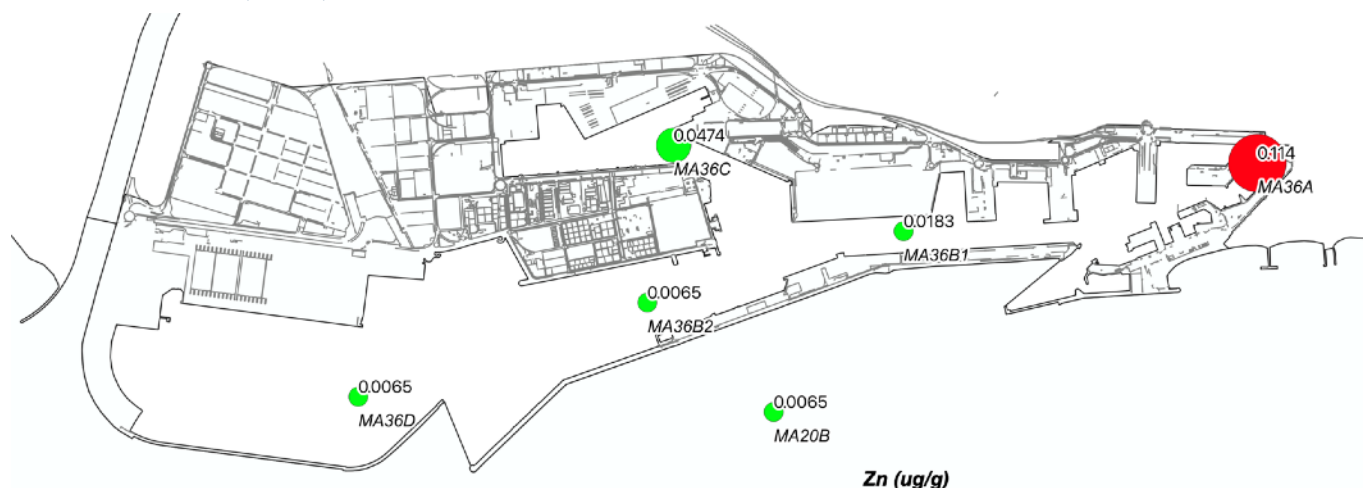
Mapa 16. Zinc en sedimentos ($\mu\text{g/g}$) 2019

La concentración de zinc en los sedimentos supera el NAA ($205 \mu\text{g/g}$) en la estación MA36A ($395 \mu\text{g/g}$), apreciándose una gran diferencia respecto a las demás estaciones con concentraciones entre 54 y $134 \mu\text{g/g}$.

Punto	Zn
MA20B	57,3
MA36A	395
MA36B1	82
MA36B2	54,5
MA36C	134
MA36D	79,2

Tabla 19. Resumen zinc $\mu\text{g/g}$) 2019

Policlorobifenilos (PCB's)



Mapa 17. PCB's en sedimentos (µg/g) 2019

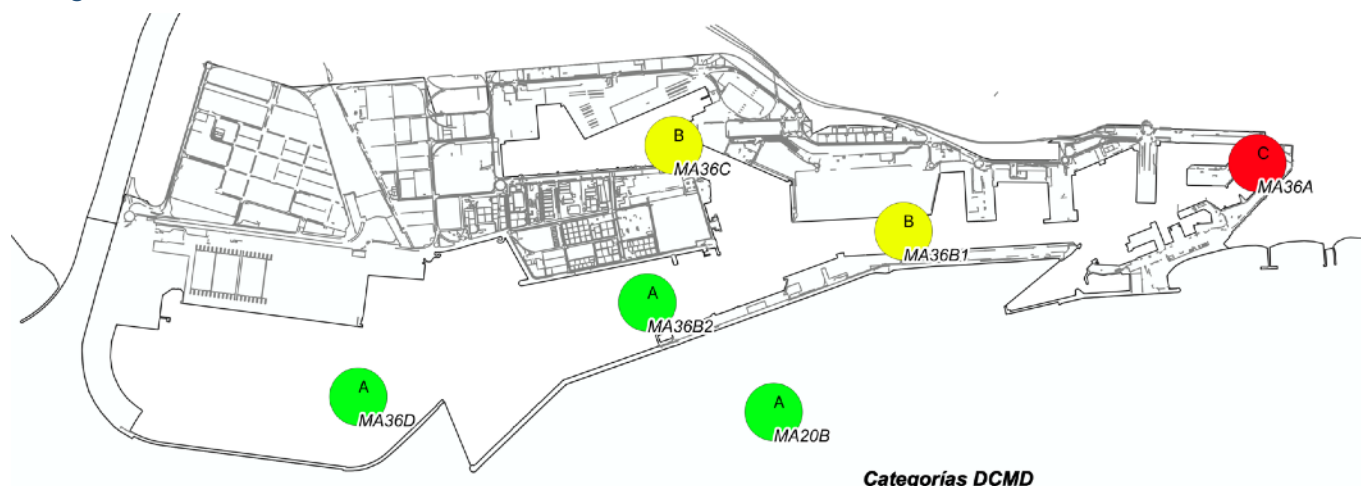
Los datos que se reflejan en la tabla y el gráfico de PCB son la suma de los congéneres IUPAC números 28, 52,101, 118, 138, 153 y 180.

El sumatorio de concentración de PCB's en los sedimentos portuarios supera el NAA (0,05 µg/g) en la estación de muestreo MA36A (0,114 µg/g). Las restantes estaciones de muestreo presentan una concentración de PCB's menor que oscila entre 0,0065 y 0,047 µg/g.

Punto	Suma_PCB
MA20B	0,0065
MA36A	0,114
MA36B1	0,0183
MA36B2	0,0065
MA36C	0,0474
MA36D	0,0065

Tabla 20. Resumen PCB (µg/g) 2019

Categorías DCMD sedimentos



Mapa 18. Categorías DCMD de los sedimentos 2019

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	Categoría A	Categoría A	Categoría A	Categoría A	Categoría A
MA36A	Categoría C	Categoría C	Categoría B	Categoría B	Categoría B	Categoría C
MA36B1	Categoría A	Categoría B	Categoría A	Categoría A	Categoría A	Categoría B
MA36B2	Categoría A	Categoría A	Categoría A	Categoría A	Categoría A	Categoría A
MA36C	Categoría A	Categoría B	Categoría A	Categoría A	Categoría A	Categoría B
MA36D	Categoría A	Categoría A	Categoría A	Categoría A	Categoría A	Categoría A

Tabla 21. Categorías de los sedimentos 2019

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; en la estación MA36B1 presentan contaminación moderada por mercurio. 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, 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 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	1,00
MA36A	4,12
MA36B1	2,00
MA36B2	1,38
MA36C	1,91
MA36D	1,26

Tabla 22. Resumen clorofila a (µg/L) 2019

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:

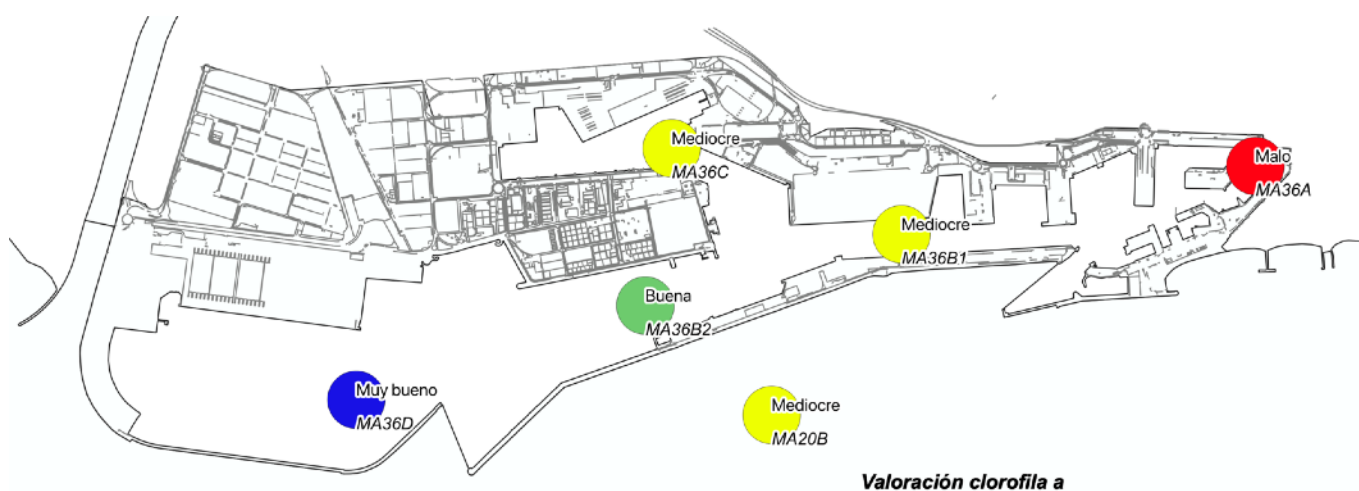
NIVEL DE CALIDAD	Influencia continental elevada	Influencia continental moderada	Influencia continental baja
Muy bueno	$EQR \geq 0,82$	$EQR \geq 0,83$	$EQR \geq 0,85$
Bueno	$0,47 \leq EQR < 0,82$	$0,54 \leq EQR < 0,83$	$0,61 \leq EQR < 0,85$
Mediocre	$0,33 \leq EQR < 0,47$	$0,40 \leq EQR < 0,54$	$0,50 \leq EQR < 0,61$
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) 2019	Influencia continental	Referencia	Valor referencia clorofila a	Promedio – Clorofila_a ($\mu\text{g/L}$) 2019	EQR	Nivel de Calidad Clorofila a
MA20B	38,076	Influencia baja	Campo medio	0,52	1	0,52	Mediocre
MA36A	38,090	Influencia baja	Campo Próximo	1,12	4,12	0,27	Malo
MA36B1	38,045	Influencia baja	Campo Próximo	1,12	2	0,56	Mediocre
MA36B2	38,034	Influencia baja	Campo Próximo	1,12	1,38	0,81	Buena
MA36C	38,026	Influencia baja	Campo Próximo	1,12	1,91	0,59	Mediocre
MA36D	38,026	Influencia baja	Campo Próximo	1,12	1,26	0,89	Muy bueno

Tabla 25. Niveles de calidad según promedio clorofila a ($\mu\text{g/L}$) 2019



Mapa 19. Valoración del nivel de calidad de Clorofila a en agua (mg/m^3) 2019

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:

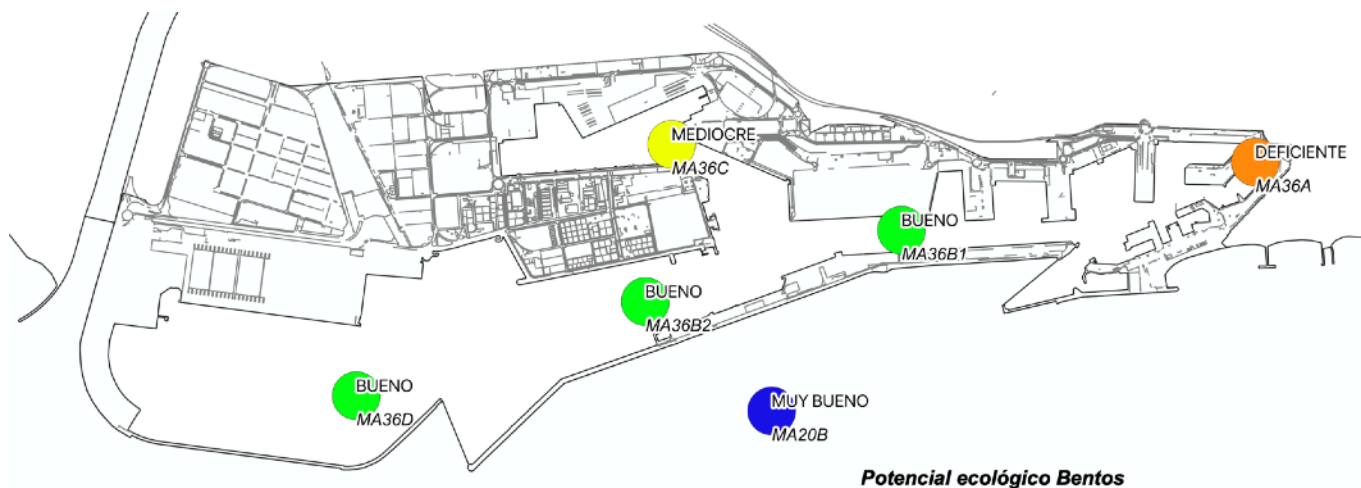
Estado/Potencial Ecológico	MEDOCC (0-6)	EQR
Muy bueno	$0 < MEDOCC < 1,60$	$EQR > 0,73$
Bueno	$1,6 \leq MEDOCC < 3,2$	$0,47 < EQR \leq 0,73$
Mediocre	$3,20 \leq MEDOCC < 4,77$	$0,20 < EQR \leq 0,47$
Deficiente	$4,77 \leq MEDOCC < 5,5$	$0,08 < EQR \leq 0,20$
Malo	$5,50 \leq MEDOCC \leq 6$	$EQR \leq 0,08$

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:

Estación	Condición de referencia	MEDOCC 2019	EQR	Estado/Potencial ecológico
MA20B	0,2	1,29	0,81	Muy bueno
MA36A	2,4	5,54	0,13	Deficiente
MA36B1	2,4	4,09	0,53	Buena
MA36B2	2,4	3,84	0,6	Buena
MA36C	2,4	4,45	0,43	Mediocre
MA36D	2,4	3,70	0,64	Buena

Tabla 27. Clasificación sedimentos portuarios según los datos de 2019



Mapa 20. Índice MEDOCC de la comunidad bentónica 2019

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	Buena	Buena	Categoría A	Mediocre	Muy bueno
MA36A	Buena	Mala	Categoría C	Malo	Deficiente
MA36B1	Buena	Mala	Categoría B	Mediocre	Bueno
MA36B2	Mediocre	Buena	Categoría A	Buena	Bueno
MA36C	Mediocre	Mala	Categoría B	Mediocre	Mediocre
MA36D	Deficiente	Buena	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. La estación de muestreo con peor calidad es la de Port Vell (MA36A) debido a 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.

El resto de las aguas portuarias abrigadas tienen una mejor calidad, aunque los aportes contaminantes afectan a esta en función de los usos portuarios y el impacto de aportes terrestres o continentales, oscilando entre el MA36C (menor renovación y mayores aportes contaminantes portuarios y urbanos) y MA36D (mayor renovación y menores aportes contaminantes).

Las aguas portuarias abiertas (MA20B) tienen una buena calidad, pero influenciadas en cierta forma por los aportes continentales procedentes de la ciudad (al igual que otras zonas litorales de Barcelona) y por la cercanía al puerto.

Abril 2020