



CALIDAD DEL AGUA Y EL SEDIMENTO EN EL PUERTO DE CARBONERAS

TRIMESTRE OCTUBRE - DICIEMBRE
2023



DATOS GENERALES

TÍTULO: Calidad del agua y el sedimento en el Puerto de Carboneras. Trimestre octubre - diciembre 2023.

LABORATORIO DE ENSAYO:

Entidad: LABORATORIO ANALÍTICO BIOCLÍNICO

C.I.F.: B04437331

Dirección: C/ Albert Einstein nº7. Parque Científico Tecnológico de Almería. Autovía del Mediterráneo (A-7), Salida 460. 04131, El Alquían (Almería)

SOLICITANTE:

Entidad: AUTORIDAD PORTUARIA DE ALMERÍA

C.I.F.: Q 0400106A

Dirección: Muelle de Levante s/n. 04001. Almería

FECHA DE INICIO:

28/11/2023

FECHA DE FIN:

28/11/2023

Fecha de emisión de informe:

04/01/2024

Responsable:

Carmen Laura Guirado Gutiérrez



Área de Medioambiente

Redacción del informe:

Manuel Ortega García



Área de Medioambiente

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	4
2. OBJETIVO	4
3. NORMATIVA.....	4
4. LOCALIZACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO.....	5
5. METODOLOGÍA DE TOMA DE MUESTRA Y ANÁLISIS.....	5
6. RESULTADOS.....	8
6.1. RESULTADOS OBTENIDOS EN AGUAS.....	8
6.2. RESULTADOS OBTENIDOS EN SEDIMENTOS.....	8
7. VALORACIÓN DEL ESTADO DE LA MASA DE AGUA DEL PUERTO DE CARBONERAS.....	10
7.1. APLICACIÓN DE ROM 5.1. PROGRAMA DE VIGILANCIA SISTEMÁTICA DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS DEL PUERTO DE CARBONERAS.....	10
7.2. VALORACIÓN DEL ESTADO SEGÚN EL RD 817/2015	13
8. CONCLUSIONES.....	14
ANEXO I.....	16

1. INTRODUCCIÓN

La Autoridad Portuaria de Almería desarrolla desde septiembre 2013 un programa de control de la calidad de las aguas y fangos en el Puerto de Carboneras. El principal objetivo de este trabajo es establecer un programa de control de la calidad de sedimentos y de aguas marítimas del Puerto, focalizado sobre la determinación de aquellos indicadores químicos y fisicoquímicos que sean más indicativos del estado de las aguas marítimas. Con este trabajo se pretende aportar información sobre la calidad de las aguas del Puerto de Carboneras, analizar su evolución a lo largo del tiempo así como sentar las bases para la gestión ambiental del sistema y la posible aplicación de la ROM 5.1 de forma integral.

Con fecha 18 de febrero de 2013 se publicó el documento ROM 5.1-13, cuyo objetivo principal es incorporar las mejoras en los procedimientos y herramientas propuestos durante el desarrollo e implementación de ROM 5.1-05 en diferentes Puertos. Los trabajos presentados en este informe se corresponden con los descritos en el *“Programa de vigilancia de la calidad ambiental”*, instrumento que permite evaluar la evolución de la calidad ambiental de las Unidades de Gestión Acuática Portuarias.

2. OBJETIVO

El objetivo del presente informe es la presentación de los resultados obtenidos en la toma de muestras realizada en noviembre de 2023, correspondiente al cuarto trimestre de contrato del año 2023.

3. NORMATIVA

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.
ROM 5.1-13. Recomendación para obras marítimas en Puertos. Versión 2013 (18 de febrero de 2013).

4. LOCALIZACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO

Se han tomado un total de 2 muestras de agua en superficie y 2 muestras de agua integradas en profundidad en diferentes puntos localizados según se indica en el Anexo I. Los puntos de muestreo se han codificado según se indica a continuación:

PUNTO	UBICACIÓN	UTM
PCA-1	Dársena Puerto Carboneras – Terminal Endesa	30 598075 / 4092723
PCA-2	Dársena Puerto Carboneras – Terminal Holcim	30 598200 / 4092297

A continuación se presenta una fotografía de cada uno de los puntos de muestreo.



PCA-1



PCA-2

5. METODOLOGÍA DE TOMA DE MUESTRA Y ANÁLISIS

Toma de muestras de agua

La toma de muestras se ha llevado a cabo según las indicaciones de las normas internacionales que se citan a continuación:

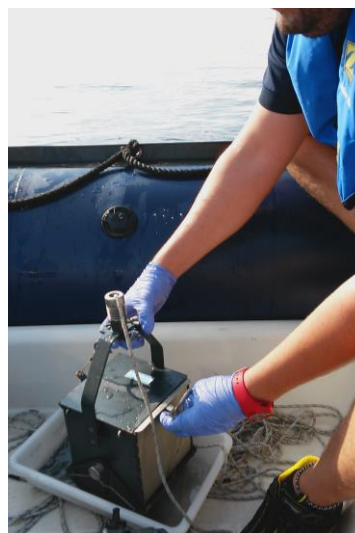
- UNE-EN 5667-1. Calidad del agua. Muestreo. Parte 1: *Guía para el diseño de los programas de muestreo* (ISO 5667-1).
- UNE-EN 5667-3. Calidad del agua. Muestreo. Parte 3: *Guía para la conservación y manipulación de muestras* (ISO 5667-3).
- ISO 5667-9. Water quality. Sampling. Part 9: Guidance on sampling from marine waters.

Se han medido *in situ* las variables pH, conductividad, temperatura, oxígeno disuelto y porcentaje de saturación de oxígeno en el lugar y momento de la toma de muestras de agua.

A continuación se muestran algunas fotografías tomadas durante la toma de muestras y medidas *in situ*.



Toma de muestras de agua con botella oceanográfica (muestras integradas)



Toma de muestras de sedimento con draga

Las muestras integradas en profundidad se han tomado a partir de la mezcla de las siguientes alícuotas:

PUNTO	PROFUNDIDAD ALÍCUOTA 1	PROFUNDIDAD ALÍCUOTA 2
PCA-1	Superficie	10,0 m
PCA-2	Superficie	10,0 m

Para llevar a cabo los análisis de las aguas se han tenido en cuenta las normas internacionales publicadas para el análisis de cada contaminante (Normas ISO), así como lo establecido en el Anexo III del Real Decreto 817/2015.

Análisis de aguas:

El programa de muestreo y análisis es el siguiente:

PARÁMETROS	FECHA DE MUESTREO
pH <i>in situ</i> , CE <i>in situ</i> , Oxígeno disuelto <i>in situ</i> , Temperatura <i>in situ</i> , Turbidez, Hidrocarburos, Clorofila <i>a</i>	Trimestre 1 (enero-marzo), Trimestre 2 (abril-junio), Trimestre 3 (julio-septiembre), Trimestre 4 (octubre-diciembre)
Hidrocarburos, Octilfenol, 4-nonilfenol, Pentaclorofenol, Cadmio, Mercurio, Níquel, Plomo, Tributilestaño (TBT), di(2-etilhexil)ftalato (DEHP), Atrazina, Diurón, Isoproturón, Simazina, Alacloro, Clorfenvinfos, Clorpirifos, Aldrín, Dieldrín, Endrín, Isodrín, Endosulfán, Hexaclorobenceno, Trifluralina, Hexaclorociclohexano, Pentaclorobenceno, p-p'-DDT, BDE, cloroalcanos, Antraceno, Fluoranteno, Naftaleno, Benzo(a)pireno, Benzo(b)fluoranteno, Benzo(k)fluoranteno, Benzo(g,h,i)perileno, Indeno(1,2,3-cd)pireno, Benceno, Tetracloruro de carbono, 1,2-dicloroetano, Diclorometano, Tetracloroetileno, Tricloroetileno, triclorobencenos, Triclorometano, Hexaclorobutadieno	Trimestre 2 (abril-junio)

Toma de muestras de sedimentos

Las muestras de sedimentos se han tomado utilizando una draga. Estas muestras se conservan en envase de polietileno de 1 L. de capacidad y se trasladan inmediatamente en frío al laboratorio. Las normas de referencia para la toma de muestras en sedimentos se indican a continuación:

- UNE-EN ISO 5667-15. Calidad del agua. Muestreo. Parte 15: Guía para la conservación y manipulación de muestras de lodo y sedimentos. (ISO 5667-15).
- UNE-EN ISO 5667-19. Calidad del agua. Muestreo. Parte 19: Guía para el muestreo de sedimentos marinos (ISO 5667-19).

Análisis de sedimentos

El programa de muestreo y análisis de sedimentos se indica en el siguiente cuadro:

PARÁMETROS	FECHA DE MUESTREO
Nitrógeno total, Fósforo total, Materia orgánica, Hg, Cd, Pb, Cu, Zn, Ni, As, Cr, antraceno, fluoranteno, naftaleno, benzo(a)pireno, benzo(k)fluoranteno, benzo(b)fluoranteno, benzo(g,h,i)perileno, indeno (1,2,3-cd)pireno	Trimestre 2 (abril-junio), Trimestre 4 (octubre-diciembre)

Se han revisado los métodos de análisis, adaptándolos a los que indica el documento ROM 5.1-13.

La ubicación de los puntos de toma de muestras de agua y sedimentos se puede consultar en el Anexo I.

6. RESULTADOS

6.1. RESULTADOS OBTENIDOS EN AGUAS

Los resultados de todos los contaminantes analizados obtenidos en cada una de las muestras se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Resultados obtenidos en las muestras de agua. Trimestre octubre - diciembre 2023.

Muestra	PCA-1	PCA-2
Fecha toma muestra	Terminal ENDESA 28/11/2023	Terminal Holcim 28/11/2023
Hora toma muestra	09:40	10:25
PARÁMETROS BÁSICOS		
pH (ud pH)	8,1	8,1
Temperatura (°C)	15,2	15,4
Oxígeno Disuelto (mg/L)	5,59	6,08
Oxígeno Disuelto (%)	77,8	83,5
Conductividad a 25 °C (µS/cm)	60200	59300
CONTAMINANTES GENERALES		
Hidrocarburos totales del petróleo (µg/L)	<5	<5
Turbidez (UNF)	0,51	0,51
Clorofila <i>a</i> (µg/L)*	4,66	4,74

* Parámetro analizado sobre muestra integrada en profundidad.

PARÁMETROS BÁSICOS: Se obtuvieron valores de temperatura, conductividad eléctrica y pH en el intervalo esperado para aguas marinas costeras. El porcentaje de oxígeno disuelto presentó valores desde 77,8% en PCA-1 y 83,5% en PCA-2, los cuales indican muy buena oxigenación de las aguas (Tabla 1).

CONTAMINANTES GENERALES: En el caso de los hidrocarburos, la concentración se encuentra por debajo del límite de cuantificación en ambos puntos. En el caso de la turbidez, se obtuvieron valores de 0,51 UNF para ambas estaciones. Los niveles de clorofila *a* obtenidos fueron de 4,66 µg/L en el punto PCA-1 y 4,74 µg/L en PCA-2.

6.2. RESULTADOS OBTENIDOS EN SEDIMENTOS

Los resultados obtenidos de todos los contaminantes analizados en cada una de las muestras se exponen en la Tabla 2:

Tabla 2. Resultados obtenidos en las muestras de sedimentos. Noviembre 2023.

Muestra	PCA-1	PCA-2
Fecha toma muestra	28/11/2023	28/11/2023
Hora toma muestra	10:05	10:55
CONTAMINANTES GENERALES		
Nitrógeno total (mg/kg)	426	351
Fósforo total (mg/kg)	398	437
Materia orgánica (%)	2,19	2,37
HIDROCARBUROS AROMÁTICOS POLICÍCLICOS		
Antraceno (mg/kg)	<0,002	<0,002
Fluoranteno (mg/kg)	0,0097	<0,002
Naftaleno (mg/kg)	<0,002	<0,002
Benzo(a)pireno (mg/kg)	0,0032	<0,002
Benzo(b)fluoranteno (mg/kg)	0,0036	<0,002
Benzo(k)fluoranteno (mg/kg)	0,0025	<0,002
Benzo (g,h,i)perileno (mg/kg)	<0,002	<0,002
Indeno(1,2,3-cd)pireno (mg/kg)	<0,002	<0,002
PAHs total (mg/kg)	<0,002	<0,002
METALES		
Mercurio (mg/kg)	<0,040	<0,040
Cadmio (mg/kg)	<0,20	<0,20
Plomo (mg/kg)	11,29	18,33
Cobre (mg/kg)	7,4	7,9
Zinc (mg/kg)	51,54	52,13
Níquel (mg/kg)	12,12	13,47
Arsénico (mg/kg)	8,78	52,12
Cromo (mg/kg)	10,80	14,89

CONTAMINANTES GENERALES: Se ha obtenido una concentración de nitrógeno total que oscila entre 351 mg/kg en PCA-2 y 426 mg/kg en PCA-1. En el caso del fósforo total y la materia orgánica, las concentraciones registradas han sido superiores en PCA-2 (437 mg/kg de fósforo total y 2,37 % de materia orgánica), respecto a PCA-1 (398 mg/kg de fósforo total y 2,19 % de materia orgánica).

HIDROCARBUROS AROMÁTICOS POLICÍCLICOS: Se ha obtenido de algunos parámetros concentraciones en la estación PCA-1 (Fluoranteno 0,0097 mg/kg, Benzo(a)pireno 0,0032 mg/kg, Benzo(b)fluoranteno 0,036 mg/kg y Benzo(k)fluoranteno 0,025 mg/kg). En el punto de control PCA-2, no se han detectado concentraciones mayores del límite de cuantificación del método analítico empleado.

METALES: Las concentraciones de metales han sido similares en los dos puntos de control, exceptuando el arsénico y el plomo (con concentraciones de plomo de 11,29 mg/kg en PCA-1 y 18,33 mg/kg PCA-2 y con concentraciones de arsénico de 8,78 mg/kg en PCA-1 y 52,12 mg/kg en PCA-2) Por lo demás, todo ha sido similar registrándose las más bajas en mercurio y cadmio,

inferiores al límite de cuantificación del método empleado. Dentro de aquella similitud, Las concentraciones más elevadas se han obtenido en zinc (valores entre 51,54 mg/kg en PCA-1 y 52,13 mg/kg en PCA-2). Los niveles de contaminación por metales han sido levemente superiores en el punto PCA-2 con respecto a PCA-1.

7. VALORACIÓN DEL ESTADO DE LA MASA DE AGUA DEL PUERTO DE CARBONERAS

Para la valoración del estado se han considerado los criterios establecidos en el documento ROM, y lo establecido en el RD 817/2015. Para ello es necesario establecer el TIPO de las masas de agua, mediante la estimación de la CATEGORÍA y la CLASE.

El Puerto de Carboneras se encuentra caracterizado en la Planificación Hidrológica, según este documento se establece:

CATEGORÍA: Aguas costeras

CLASE: Aguas muy modificadas por la presencia de puerto

TIPO CM4: Aguas costeras mediterráneas de renovación alta

Esta clasificación nos permitirá evaluar los indicadores de calidad.

7.1. APLICACIÓN DE ROM 5.1. PROGRAMA DE VIGILANCIA SISTEMÁTICA DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS DEL PUERTO DE CARBONERAS

Los análisis realizados permiten el cálculo de indicadores de calidad establecidos en el Programa de Vigilancia Ambiental, para conocer el estado y evolución de la calidad de las masas de agua de la Zona de Servicio Portuario. Los indicadores de calidad evaluados son los siguientes:

- Evaluación de la calidad fisicoquímica del agua
- Evaluación de la calidad biológica del agua y del bentos
- Evaluación de la calidad fisicoquímica del sedimento
- Evaluación de la calidad química del agua y del sedimento (NCA)

Evaluación de la calidad físico-química del agua

La evaluación de la calidad fisicoquímica del agua se llevará a cabo anualmente, en los mismos puntos de control en los que se realiza la valoración fisicoquímica del sedimento. Los indicadores utilizados son los establecidos en los correspondientes Planes Hidrológicos (condiciones generales

de transparencia, oxigenación, nutrientes). El documento ROM 5.1-13 establece límites para los parámetros turbidez, saturación de oxígeno e hidrocarburos totales.

En los dos puntos de control se ha obtenido la clasificación de “Calidad máxima”, según se indica en el siguiente cuadro.

INDICADOR	PCA-1	PCA-2
Tipo asignado a Turbidez	Máximo potencial	Máximo potencial
Tipo asignado a Saturación de Oxígeno	Calidad máxima	Calidad máxima
Tipo asignado a Hidrocarburos totales	Máximo potencial	Máximo potencial
VALORACIÓN GLOBAL	CALIDAD MÁXIMA	CALIDAD MÁXIMA

Evaluación de la calidad biológica del agua y del bentos

Para la aplicación de ROM 5.1-13 el único elemento de calidad biológico obligatorio es el fitoplancton. La valoración de los restantes elementos de calidad biológicos (macroalgas, fanerógamas, invertebrados) será opcional y su inclusión dependerá del interés específico de cada puerto.

El indicador establecido para la valoración del fitoplancton es la Clorofila α , la calidad biológica se calculará para periodos mínimos anuales, y tomando el valor obtenido para el Percentil 90 de todos los datos disponibles.

Según estos criterios, los tipos de calidad asignados a las aguas del Puerto de Carboneras durante el mes de noviembre de 2023 se indican a continuación:

	PCA-1	PCA-2
Calidad biológica UGAP muy modificadas- Renovación Alta*	CALIDAD MODERADA	CALIDAD MODERADA

*El nivel de calidad debe calcularse con los valores promedio anuales

UGAP: Unidades de Gestión Acuática Portuarias

Evaluación de la calidad fisicoquímica del sedimento

Los indicadores utilizados en la valoración de la calidad fisicoquímica del sedimento incluyen el carbono orgánico total (COT), el nitrógeno total kjeldahl (NTK) y el fósforo total (PT). La valoración de este elemento se realiza a partir del Índice de Calidad Orgánica (ICO):

$$ICO = C_{COT} + C_{NTK} + C_{PT}$$

Donde:

C_{COT}: Valor normalizado del porcentaje medio anual de carbono orgánico total

C_{NTK}: Valor normalizado del porcentaje medio anual de nitrógeno kjeldahl

C_{PT}: Valor normalizado del porcentaje medio anual de fósforo total

Se valora en una escala de 0 a 10.

A continuación, se indica el valor obtenido en el Puerto de Carboneras para el indicador ICO:

	PCA-1	PCA-2
Índice de Calidad Orgánico (ICO)	9	9
Nivel de Calidad*	MUY BUENA	MUY BUENA

Evaluación de la calidad química del agua y el sedimento (NCA)

Calidad química del agua (NCA)

La evaluación de la calidad química se valorará de acuerdo con la legislación vigente en calidad de las aguas (actualmente el RD 817/2015), y se realizará anualmente.

Los contaminantes analizados en las aguas en el mes de mayo de 2023 en el Puerto de Carboneras han presentado concentraciones inferiores a los límites establecidos en el RD 817/2015 en todos los parámetros analizados a excepción del plomo y el compuesto Di(2-etilhexil) ftalato o también conocido como DEHP en el punto de muestreo PCA-1.

Calidad química de los sedimentos (NCA)

En el caso de los sedimentos, los indicadores incluirán la serie completa de metales pesados e Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (PAH) incluidos en el RD 817/2015. En este caso, las NCA quedan definidas en cada Plan Hidrológico de Cuenca, en el Plan Hidrológico de la Cuenca Mediterránea Andaluza este aspecto se encuentra en estudio. En estos casos el documento ROM 5.1-13 establece que la calidad del sedimento se evalúe según los Niveles de Acción inferiores establecidos en las recomendaciones de material de dragado que estén en vigor en el momento de aplicación de dicha Recomendación.

En el periodo considerado los valores de contaminación obtenidos en sedimentos han sido en todos los casos inferiores a los establecidos en las recomendaciones de material de dragado establecidos actualmente por el CEDEX.

7.2. VALORACIÓN DEL ESTADO SEGÚN EL RD 817/2015

Según el Real Decreto 817/2015, se define el estado de una masa de agua como el peor valor de su estado ecológico y químico. En el caso de masas de agua muy modificadas, como es el caso de los Puertos, se debe valorar:

- El potencial ecológico, que se clasifica en función de los elementos de calidad establecidos en el Anexo II.F.
- El estado químico, para cuya clasificación se aplican las normas de calidad ambiental establecidas en el Anexo IV.

Valoración del potencial ecológico

Los parámetros considerados para la valoración del potencial ecológico son Clorofila a , turbidez, porcentaje de saturación de oxígeno disuelto e hidrocarburos totales en el caso de las aguas, y los parámetros Carbono Orgánico Total, Nitrógeno Total, Fósforo Total y el indicador ICO, en el caso de los sedimentos. Para el parámetro Clorofila a , la clase de calidad se calculará para periodos mínimos anuales, y tomando el valor obtenido para el Percentil 90 de todos los datos disponibles.

A continuación, se muestra la valoración obtenida en el Puerto de Carboneras en el mes de noviembre de 2023.

INDICADOR (Agua)	PCA-1	PCA-2
Tipo asignado a Clorofila α	Moderada	Moderada
Tipo asignado a Turbidez	Máximo potencial	Máximo potencial
Tipo asignado a % Saturación Oxígeno	Buena o superior	Buena o superior
Tipo asignado a Hidrocarburos totales	Máximo potencial	Máximo potencial
INDICADOR (Sedimento)	PCA-1	PCA-2
Carbono Orgánico Total (COT)	Buena o superior	Buena o superior
Nitrógeno kjeldahl (NTK)	Buena o superior	Buena o superior
Fósforo total (PT)	Buena o superior	Buena o superior
Índice de Calidad Orgánica (ICO)	Buena o superior	Buena o superior
VALORACIÓN GLOBAL	BUENA O SUPERIOR	BUENA O SUPERIOR

Valoración del estado químico

En este caso la valoración es la misma que la presentada en el apartado 7.1. (Evaluación de la calidad química del sedimento (NCA)).

8. CONCLUSIONES

Las aguas del Puerto de Carboneras presentan una buena calidad. Los valores de concentración de turbidez e hidrocarburos obtenidos durante el mes de noviembre han sido muy bajos en los dos puntos. Los valores de Clorofila α ha sido algo más elevado con un valor de 4,66 para PCA-1 y 4174 para PCA-2. Los valores de oxígeno disuelto han sido de 77,8% en PCA-1 y 83,5% en PCA-2.

Los indicadores de calidad biológica establecidos por ROM 5.1-13 basados en la concentración de Clorofila α , han mostrado “Calidad moderada” en ambos puntos de control. En cuanto a la calidad fisicoquímica del agua (basados en turbidez, oxígeno disuelto e hidrocarburos totales), los indicadores han presentado “Máximo potencial” en ambos puntos para la turbidez y los hidrocarburos, mientras que para el oxígeno disuelto ha sido de calidad máxima.

La valoración del potencial ecológico, según RD 817/2015, es “Moderada” en ambos puntos para los valores de clorofila α , “Máximo potencial” para la turbidez y los hidrocarburos mientras que para el oxígeno se ha valorado como “Buena o superior”

En el caso de los sedimentos se han obtenido niveles de contaminación orgánica similares a la campaña de muestreo anterior en ambos puntos de control (excepto en el caso del nitrógeno en la estación PCA-2 que se ha obtenido niveles inferiores). Las concentraciones de metales obtenidas han sido, en general, bajas en los dos puntos de control e inferiores a los criterios establecidos por CEDEX para el material dragado para todos los metales.

Los indicadores de calidad fisicoquímica de los sedimentos, calculados según ROM, han mostrado “Calidad muy buena” en ambos puntos de control. La valoración del estado químico según el RD 817/2015 es la misma.

La valoración del potencial ecológico del sedimento, según RD 817/2015, es “Buena o superior” en ambos puntos.

ANEXO I

LOCALIZACIÓN DE LAS ESTACIONES DE TOMA DE MUESTRAS

