

# CALIDAD DEL AGUA Y EL SEDIMENTO EN EL PUERTO DE CARBONERAS

FECHA: TRIMESTRE OCTUBRE-DICIEMBRE 2018



AUTORIDAD PORTUARIA DE ALMERÍA



GRUPO DE INVESTIGACIÓN  
DE QUÍMICA ANALÍTICA DE  
CONTAMINANTES



## DATOS GENERALES

**TÍTULO:** Calidad del agua y el sedimento en el Puerto de Carboneras.  
Trimestre octubre-diciembre 2018

**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:**

29/11/2018

**FECHA DE FIN:**

29/11/2018

**Fecha de emisión de informe:**

22/12/2018

**Responsables:**

Isabel M<sup>a</sup> Campoy Jiménez

Carmen L. Guirado Gutiérrez

Área de Medioambiente e  
Inspecciones Medioambientales

## INDICE

1. INTRODUCCIÓN .....	4
2. OBJETIVO .....	4
3. NORMATIVA .....	4
4. LOCALIZACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO.....	4
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.....	12
8. CONCLUSIONES .....	14
ANEXO I.....	15

## 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 fangos 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 correspondiente al cuarto trimestre de contrato del año 2018 (octubre-diciembre), llevada a cabo en noviembre de 2018.

## 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, 2 muestras de agua integradas en profundidad y 2 muestras de sedimentos, 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:

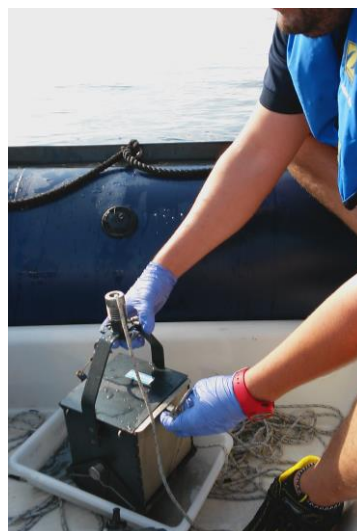
- UNE-EN 5667-1:2007. Calidad del agua. Muestreo. Parte 1: *Guía para el diseño de los programas de muestreo* (ISO 5667-1:2007).
- UNE-EN 5667-3:2013. Calidad del agua. Muestreo. Parte 3: *Guía para la conservación y manipulación de muestras* (ISO 5667-3:2012).
- ISO 5667-9:1992. Water quality. Sampling. 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,	Trimestre 2 (abril-junio)

PARÁMETROS	FECHA DE MUESTREO
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	

### Toma de muestras de sedimentos

Las muestras de sedimentos se han tomado utilizando una draga. Estas muestras se conservan en bote de plástico 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 5667-15:2010. Calidad del agua. Muestreo. Parte 15: Guía para la conservación y manipulación de muestras de lodo y sedimentos. (ISO 5667-15:2009).
- UNE-EN ISO 5667-19:2004. Calidad del agua. Muestreo. Parte 19: Guía para el muestreo de sedimentos marinos (ISO 5667-19:2004).

### 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. Noviembre 2018.

Muestra	PCA-1	PCA-2
Fecha toma muestra	Terminal ENDESA 29.11.2018	Terminal Holcim 29.11.2018
Hora toma muestra	10:00-10:05	10:30-10:35
<b>PARÁMETROS BÁSICOS</b>		
pH (ud pH)	8,08	8,13
Temperatura (°C)	18,3	18,2
Oxígeno Disuelto (mg/L)	>7,5	>7,5
% Oxígeno Disuelto	>100,0	>100,0
Conductividad a 20 °C (µS/cm)	54200	54500
<b>CONTAMINANTES GENERALES</b>		
Hidrocarburos disueltos (mg/L)	<5,0	<5,0
Turbidez (UNF)	0,6	0,7
Clorofila <i>a</i> (µg/L)	0,43	0,38

**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 superiores al 100 %, los cuales indican buena oxigenación de las aguas en ambos puntos de control (Tabla 1).

**CONTAMINANTES GENERALES:** Los valores de concentración de hidrocarburos son bajos, inferiores al límite de cuantificación del método analítico empleado en los dos puntos de control (Tabla 1). Asimismo, los niveles de turbidez obtenidos han sido bajos, con resultados de 0,6 UNF y 0,7 UNF en los puntos PCA-1 y PCA-2, respectivamente, siendo éstos similares a los obtenidos en la anterior toma de muestras de mayo en ambos puntos. En cuanto a la Clorofila *a*, los valores de concentración registrados oscilaron entre 0,38 µg/L en PCA-2 y 0,43 µg/L en PCA-1.

### 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 2018.

Muestra	PCA-1	PCA-2
Fecha toma muestra	29.11.2018	29.11.2018
Hora toma muestra	10:22	10:52
<b>CONTAMINANTES GENERALES</b>		
Nitrógeno total (%)	0,06	0,06
Fósforo total (mg/kg)	276	199
Materia orgánica (%)	3,91	3,40
<b>HIDROCARBUROS AROMÁTICOS POLICÍCLICOS</b>		
Antraceno (µg/kg)	<2	<2
Fluoranteno (µg/kg)	<2	<2
Naftaleno (µg/kg)	<2	<2
Benzo(a)pireno (µg/kg)	<2	<2
Benzo(b)fluoranteno (µg/kg)	<2	<2
Benzo(k)fluoranteno (µg/kg)	<2	<2
Benzo (g,h,i)perileno (µg/kg)	<2	<2
Indeno(1,2,3-cd)pireno (µg/kg)	<2	<2
Suma PAH (µg/kg)	<2	<2
<b>METALES</b>		
Mercurio (mg/kg)	0,02	0,02
Cadmio (mg/kg)	0,08	0,07
Plomo (mg/kg)	9,2	9,8
Cobre (mg/kg)	3,3	3,5
Zinc (mg/kg)	32	26
Níquel (mg/kg)	7,8	5,4
Arsénico (mg/kg)	7,0	10
Cromo (mg/kg)	11	8,0

**CONTAMINANTES GENERALES:** Las concentraciones de nitrógeno total obtenidas han sido similares en los dos puntos de control (Tabla 2) y también con respecto a los resultados obtenidos en la anterior toma de muestras de mayo. En el caso del fósforo total y la materia orgánica, las concentraciones registradas han sido superiores en PCA-1, respecto a PCA-2. Los valores de fósforo total han sido superiores a los registrados en la anterior toma de muestras en los dos puntos de control, mientras que la concentración de materia orgánica disminuyó en PCA-1 y aumentó en PCA-2.

**HIDROCARBUROS AROMÁTICOS POLICÍCLICOS:** No se han encontrado concentraciones significativas de PAH en ninguna de las dos muestras analizadas, obteniéndose concentraciones inferiores al límite de cuantificación del método analítico en los dos puntos de control (Tabla 2).

**METALES:** Las concentraciones de metales han sido similares en los dos puntos de control, registrándose las más bajas para mercurio (valores de 0,02 mg/kg en PCA-1 y PCA-2), mientras que las concentraciones más elevadas se han obtenido para zinc (valores de 26 mg/kg en PCA-2 y 32 mg/kg en PCA-1). En general, los niveles de

contaminación por metales han sido ligeramente superiores en el punto PCA-1, respecto a PCA-2.

## **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) (no se valora la calidad química del agua, ya que no se han analizado los parámetros para los que se han establecido Normas de Calidad Ambiental).

#### **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 “MÁXIMO POTENCIAL”, 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	Máximo potencial	Máximo potencial
Tipo asignado a Hidrocarburos totales	Máximo potencial	Máximo potencial
<b>VALORACIÓN GLOBAL</b>	<b>MÁXIMO POTENCIAL</b>	<b>MÁXIMO POTENCIAL</b>

### 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 *a*, 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 2018 se indican a continuación:

	PCA-1	PCA-2
Calidad biológica UGAP muy modificadas- Renovación Alta*	MÁXIMO POTENCIAL	MÁXIMO POTENCIAL

\*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:

CCOT: Valor normalizado del porcentaje medio anual de carbono orgánico total

CNTK: Valor normalizado del porcentaje medio anual de nitrógeno kjeldahl

CPT: 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)	7	7
Nivel de Calidad*	CALIDAD BUENA	CALIDAD BUENA

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

### Evaluación de la calidad química del sedimento (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.

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

### 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 muy buena calidad. Los valores de concentración de hidrocarburos y Clorofila  $a$ , así como los niveles de turbidez observados durante el mes de noviembre han sido bajos en los dos puntos.

Los indicadores de calidad biológica establecidos por ROM 5.1-13 basados en la concentración de Clorofila  $a$ , han mostrado MÁXIMO POTENCIAL en ambos puntos de control. En cuanto a la calidad fisicoquímica del agua (basada en turbidez, oxígeno disuelto e hidrocarburos totales), los indicadores han presentado MÁXIMA POTENCIAL en los dos puntos de control. En relación a la calidad química, todos los resultados obtenidos han sido inferiores a las Normas de Calidad Ambiental (NCA) establecidas.

En el caso de los sedimentos, se han obtenido, en general, niveles de contaminación orgánica inferiores a los registrados en la toma de muestras anterior en los dos puntos, excepto en el caso de la materia orgánica en PCA-2 y del fósforo total en ambos puntos, parámetros para los cuales se registraron valores superiores en este mes de noviembre. No se han detectado PAH en los sedimentos, registrándose concentraciones inferiores al límite de cuantificación del método analítico, y 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.

Los indicadores de calidad fisicoquímica de los sedimentos, calculados según ROM, han mostrado CALIDAD BUENA PCA-1 y en PCA-2.

La valoración del potencial ecológico según el RD 817/2015, es CALIDAD BUENA O SUPERIOR en PCA-1 y PCA-2, debido a los valores obtenidos en sedimentos. La valoración del estado químico es la misma que la establecida por ROM.

## ANEXO I

# LOCALIZACIÓN DE LAS ESTACIONES DE TOMA DE MUESTRAS

