

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

FECHA: NOVIEMBRE 2016



J. Ronco y Cía., S.L.  
RONCO





## 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 .....	7
6.1. RESULTADOS OBTENIDOS EN AGUAS.....	7
6.2. RESULTADOS OBTENIDOS EN SEDIMENTOS .....	8
7. VALORACIÓN DEL ESTADO DE LA MASA DE AGUA DEL PUERTO DE ALMERÍA..	9
7.1. APLICACIÓN DE ROM 5.1. PROGRAMA DE VIGILANCIA SISTEMÁTICA DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS DEL PUERTO DE ALMERÍA .....	9
7.2. VALORACIÓN DEL ESTADO SEGÚN EL RD 817/2015 .....	12
8. CONCLUSIONES .....	13
ANEXO I .....	14

## 1. INTRODUCCIÓN

La Autoridad Portuaria de Almería desarrolla desde el año 2008 un programa de control de la calidad de las aguas en el Puerto de Almería. El principal objetivo de este trabajo es estudiar la calidad de aguas marítimas y sedimentos 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 y sedimentos del Puerto de Almería, 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. También se realiza la valoración del estado considerando lo establecido en el Real Decreto 817/2015.

## 2. OBJETIVO

El objetivo del presente informe es la presentación de los resultados obtenidos en la toma de muestras llevada a cabo en noviembre de 2016, correspondiente al cuarto trimestre de contrato del año 2016.

## 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 4 muestras de agua en superficie y 4 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:

PUNTOS	UBICACIÓN
PAL 1	Puerto pesquero
PAL 2	Dársena comercial-zona interior
PAL 4	Puerto deportivo
PAL 6	Dársena comercial-zona exterior

## 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.

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

PUNTO	PROFUNDIDAD ALÍCUOTA 1	PROFUNDIDAD ALÍCUOTA 2
PAL 1	Superficie	3,5 m
PAL 2	Superficie	10,0 m
PAL 4	Superficie	4,0 m
PAL 6	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 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)
Tritutilestaño, Di(2-etilhexil)ftalato, Octilfenol, Nonilfenol, 4-nonilfenol, Pentaclorofenol, Atrazina, Diurón, Isoproturón, Simazina, Cadmio, Mercurio, Níquel, Plomo	Trimestre 2 (abril-junio)

### Toma de muestras de sedimentos

Las muestras de sedimentos se han tomado utilizando una draga. Estas muestras se conservan en bote de plástico de 500 mL 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, así como algunas fotografías tomadas durante el muestreo:

- 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

La programación de toma de muestras 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.

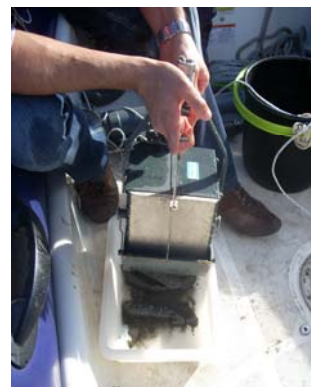
A continuación se muestran algunas fotografías tomadas durante la toma de muestras y medidas *in situ*.



Toma de muestras con botella oceanográfica (muestras integradas)



Toma de datos *in situ*



Toma de muestras de sedimento con draga

La ubicación de los puntos de toma de muestras de agua y sedimento 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 2016.

Muestra	PAL 1 PESQUERO	PAL 2 COMERC. INT.	PAL 4 DEPORTIVO	PAL 6 COMERC. EXT
Fecha toma muestra	02.11.2016	02.11.2016	02.11.2016	02.11.2016
Hora toma muestra	10:15-10:18	9:11-9:14	10:59-11:03	9:38-9:39
<b>PARÁMETROS BÁSICOS</b>				
pH (ud pH)	8,0	8,1	8,0	7,6
Temperatura (°C)	21,8	22,8	21,4	22,0
Oxígeno Disuelto (mg/L)	5,9	>7,3	6,4	>7,4
% Oxígeno Disuelto	80,5	>100,0	92,9	>100,0
Conductividad a 20 °C (µS/cm)	54600	53800	54600	54500
<b>CONTAMINANTES GENERALES</b>				
Hidrocarburos disueltos (µg/L)	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
Turbidez (UNF)	0,77	0,88	0,23	0,24
Clorofila <i>a</i> (µg/L)*	0,94	4,10	1,05	2,55

**PARÁMETROS BÁSICOS:** Se obtuvieron valores de temperatura, conductividad eléctrica y pH en el intervalo esperado para aguas marinas costeras (Tabla 1). El porcentaje de oxígeno disuelto presentó valores, en general, en torno al 100 %, los cuales indican buena oxigenación de las aguas en la mayoría de los puntos de control, en PAL1 se registró el valor más bajo de oxígeno disuelto (80,5%).

**CONTAMINANTES GENERALES:** Las concentraciones de hidrocarburos fueron bajas, obteniéndose valores inferiores al límite de cuantificación del método analítico utilizado en todos los puntos. Los valores de turbidez fueron bajos en todos los puntos, oscilando entre 0,23 y 0,88 UNF en PAL4 y PAL2 respectivamente, mientras que los niveles de Clorofila *a* obtenidos variaron entre 0,94 µg/L en PAL1 y 4,10 µg/L en PAL2.

## 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 2016.

Muestra	PAL 7	PAL 8	PAL 9
Fecha toma muestra	02.11.2016	02.11.2016	02.11.2016
Hora toma muestra	10:31	9:24	9:41
<b>CONTAMINANTES GENERALES</b>			
Nitrógeno total (%)	0,02	0,08	0,09
Fósforo total (mg/kg)	508,92	632,67	755,66
Materia orgánica (%)	13,0	12,4	10,6
<b>HIDROCARBUROS AROMÁTICOS POLICÍCLICOS</b>			
Antraceno (µg/kg)	<2,00	<2,00	<2,00
Fluoranteno (µg/kg)	<2,00	<2,00	<2,00
Naftaleno (µg/kg)	<2,00	<2,00	<2,00
Benzo(a)pireno (µg/kg)	<2,00	<2,00	<2,00
Benzo(b)fluoranteno (µg/kg)	<2,00	<2,00	<2,00
Benzo(k)fluoranteno (µg/kg)	<2,00	<2,00	<2,00
Benzo (g,h,i)perileno (µg/kg)	<2,00	<2,00	<2,00
Indeno(1,2,3-cd)pireno (µg/kg)	<2,00	<2,00	<2,00
PAH total (µg/kg)	<2,00	<2,00	<2,00
<b>METALES</b>			
Mercurio (mg/kg)	0,10	0,26	0,31
Cadmio (mg/kg)	0,32	0,23	0,22
Plomo (mg/kg)	40,27	51,99	63,94
Cobre (mg/kg)	20,28	13,65	11,98
Zinc (mg/kg)	54,25	112,87	120,30
Níquel (mg/kg)	2,94	13,70	20,05
Arsénico (mg/kg)	1,09	8,43	9,52
Cromo (mg/kg)	6,89	28,16	46,67



**CONTAMINANTES GENERALES:** La concentración de nitrógeno total ha sido baja en los tres puntos de control de sedimentos, entre 0,02 y 0,09 % (Tabla 2). En el caso del fósforo total, las concentraciones han oscilado entre 508,92 mg/kg en el punto PAL7 y 755,66 mg/kg en PAL9, mientras que la concentración de materia orgánica ha oscilado entre 10,6 % en el punto PAL9 y 13,0 % en PAL7.

**HIDROCARBUROS AROMÁTICOS POLICÍCLICOS:** Las concentraciones han sido inferiores al límite de cuantificación del método analítico empleado en todos los casos (Tabla 2).

**METALES:** Las concentraciones más bajas se han obtenido para mercurio y cadmio (valores comprendidos entre 0,10 mg/kg de mercurio y 0,32 mg/kg de cadmio en PAL7), mientras que las concentraciones más elevadas se han obtenido para el zinc en todos los puntos de control (valores comprendidos entre 54,25 mg/kg en PAL7 y 120,30 mg/kg en PAL9).

## 7. VALORACIÓN DEL ESTADO DE LA MASA DE AGUA DEL PUERTO DE ALMERÍA

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 Almería se encuentra caracterizado en la Planificación Hidrológica, según este documento se establece:

CATEGORÍA: Aguas costeras

CLASE: Aguas muy modificadas

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 ALMERÍA

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 sedimento
- Evaluación de la calidad biológica del agua y del bentos

- Evaluación de la calidad fisicoquímica del agua
- 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 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<sub>COT</sub>: Valor normalizado del porcentaje medio anual de carbono orgánico total

C<sub>NTK</sub>: Valor normalizado del porcentaje medio anual de nitrógeno kjeldahl

C<sub>PT</sub>: Valor normalizado del porcentaje medio anual de fósforo total

Se valora en una escala de 0 a 10.

Se ha obtenido “CALIDAD MODERADA” en los tres puntos de control del sedimento, debido principalmente a las concentraciones elevadas de materia orgánica.

A continuación se indican los valores obtenidos en el Puerto de Almería para el indicador ICO:

	PAL7	PAL8	PAL9
Índice de Calidad Orgánica (ICO)	5	4	4
Nivel de Calidad*	MODERADA	MODERADA	MODERADA

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

### 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. 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 Almería durante el mes de noviembre de 2016 se indican a continuación:

	PAL 1	PAL 2	PAL 4	PAL 6
Calidad biológica UGAP muy modificadas- Renovación Alta*	MÁXIMO POTENCIAL	CALIDAD MODERADA	MÁXIMO OPTENCIAL	CALIDAD MODERADA

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

UGAP: Unidades de Gestión Acuática Portuarias

### 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. Los resultados se muestran en el siguiente cuadro:

INDICADOR	PAL 1	PAL 2	PAL 4	PAL 6
Tipo asignado a Turbidez	Máximo potencial	Máximo potencial	Máximo potencial	Máximo potencial
Tipo asignado a Saturación de Oxígeno	Calidad máxima	Máximo potencial	Máximo potencial	Máximo potencial
Tipo asignado a Hidrocarburos totales	Máximo potencial	Máximo potencial	Máximo potencial	Máximo potencial
VALORACIÓN GLOBAL	CALIDAD MÁXIMA	MÁXIMO POTENCIAL	MÁXIMO POTENCIAL	MÁXIMO POTENCIAL

### 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 (no se evalúa ya que no se han medido estos parámetros)

### 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 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 mes de noviembre de 2016.

INDICADOR (agua)	PAL 1	PAL 2	PAL 4	PAL 6
Tipo asignado a Clorofila <i>a</i>	Máximo potencial	Calidad moderada	Máximo potencial	Calidad moderada
Tipo asignado a Turbidez	Máximo potencial	Máximo potencial	Máximo potencial	Máximo potencial
Tipo asignado a % Saturación Oxígeno	Buena o superior	Máximo potencial	Máximo potencial	Máximo potencial
Tipo asignado a Hidrocarburos totales	Máximo potencial	Máximo potencial	Máximo potencial	Máximo potencial
INDICADOR (Sedimento)	PAL 7	PAL 8	--	PAL 9
Carbono Orgánico Total (COT)	Deficiente	Deficiente	--	Deficiente
Nitrógeno kjeldahl (NTK)	Máximo potencial	Buena / superior	--	Buena / superior
Fósforo total (PT)	Buena / superior	Buena / superior	--	Buena / superior
Índice de Calidad Orgánica (ICO)	Moderada	Moderada	--	Moderada
VALORACIÓN GLOBAL	CALIDAD DEFICIENTE	CALIDAD DEFICIENTE	MÁXIMO POTENCIAL	CALIDAD DEFICIENTE

## 8. CONCLUSIONES

Las aguas del Puerto de Almería han presentado calidad buena/moderada en el mes de noviembre de 2016. Los valores de concentración de hidrocarburos han sido muy bajos, mientras que el oxígeno presentó valores elevados, lo que indica buena oxigenación de las aguas, en general. Las concentraciones de turbidez y clorofila *a* observadas durante el mes de noviembre han sido inferiores a las registradas en la anterior toma de muestras de agosto, en general, excepto en el caso de clorofila *a* en los puntos PAL2 y PAL6, cuyos valores de concentración han aumentado este mes.

El indicador de calidad biológica del agua y el bentos establecido por ROM 5.1-13, basado en las concentraciones de Clorofila *a*, ha mostrado “Máximo potencial” en PAL1 y PAL4, y “Calidad moderada” en los puntos PAL2 y PAL6. En cuanto a la calidad físico-química del agua, el indicador establecido por ROM para su evaluación, basado en los valores de turbidez, oxígeno disuelto e hidrocarburos totales, ha presentado “Máximo potencial” en la mayoría de los puntos de estudio, excepto en PAL1, en el que se obtuvo “Calidad máxima”.

En el caso de los sedimentos se han obtenido concentraciones elevadas de materia orgánica, responsables de que el indicador de calidad físico-química del sedimento presente valoración de “Calidad moderada” en los tres puntos de control del sedimento. No se han detectado PAH, y las concentraciones de metales han sido inferiores a los valores de referencia establecidos por CEDEX.

La valoración del potencial ecológico según el RD 817/2015, considerando los resultados de Clorofila *a*, turbidez, oxígeno e hidrocarburos, obtenidos en aguas, es “Máximo potencial” en PAL4 y “Calidad deficiente” en PAL1, PAL2 y PAL6, estas últimas valoraciones debidas principalmente a los resultados obtenidos en el sedimento.

## ANEXO I

# LOCALIZACIÓN DE LAS ESTACIONES DE TOMA DE MUESTRAS

