

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

FECHA: TRIMESTRE OCTUBRE-DICIEMBRE 2019



AUTORIDAD PORTUARIA DE ALMERÍA

**MEDGAZ**



J. Ronco y Cía., S.L.  
RONCO



GRUPO DE INVESTIGACIÓN DE QUÍMICA  
ANALÍTICA DE CONTAMINANTES

**SALG** Sociedad Anónima  
López Guillén

## DATOS GENERALES

**TÍTULO:** Calidad del agua en el Puerto de Almería. Trimestre octubre-diciembre 2019

**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 toma de muestras:**

29/11/2019

**Fecha de emisión de informe:**

24/01/2020

**Responsable:**

Laura María Díaz Moreno

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.....	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.....	15

## 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 2019, correspondiente al cuarto trimestre de contrato del año 2019.

## 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, 4 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:

PUNTOS	UBICACIÓN
PAL-1 / PAL-7	Puerto pesquero
PAL-2 / PAL-8	Dársena comercial-zona interior
PAL-4	Puerto deportivo
PAL-6 / PAL-9	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 sedimentos 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 2019.

Muestra	PAL-1 PESQUERO	PAL-2 COMERC. INT.	PAL-4 DEPORTIVO	PAL-6 COMERC. EXT
Fecha toma muestra	29.11.2019	29.11.2019	29.11.2019	29.11.2019
Hora toma muestra	09:30	10:20	08:50	10:08
<b>PARÁMETROS BÁSICOS</b>				
pH (ud pH)	8,2	8,4	8,0	8,4
Temperatura (°C)	16,0	15,9	16,7	16,5
Oxígeno Disuelto (mg/L)	6,8	7,2	7,0	7,42
% Oxígeno Disuelto	86	90,9	89,1	93,3
Conductividad a 20 °C (µS/cm)	50300	50900	49600	49300
<b>CONTAMINANTES GENERALES</b>				
Hidrocarburos disueltos (µg/L)	68,5	17,5	192,1	102,4
Turbidez (UNF)	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Clorofila <i>a</i> (µg/L)*	1,25	1,50	0,45	0,72

**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 entre el 86,0% en PAL-1 y 93,3% en PAL-4 los cuales indican buena oxigenación de las aguas en todos los puntos de control, aunque algo inferior que en anteriores tomas de muestras.

**CONTAMINANTES GENERALES:** Las concentraciones de hidrocarburos fueron bajas, aunque se obtuvieron valores superiores al límite de cuantificación del método analítico utilizado en todos los puntos. Con respecto a la turbidez, se obtuvieron valores por debajo del límite de cuantificación en todos los puntos. Los niveles de Clorofila *a* obtenidos oscilaron entre 0,45 µg/L en PAL-4 y 1,50 µg/L en PAL-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 2019.

Muestra	PAL-7	PAL-8	PAL-9
Fecha toma muestra	29.11.2019	29.11.2019	29.11.2019
Hora toma muestra	09:26	10:25	10:03
<b>CONTAMINANTES GENERALES</b>			
Nitrógeno total (%)	0,08	<0,04	0,13
Fósforo total (mg/kg)	646	635	656
Materia orgánica (%)	10,92	8,07	14,46
<b>HIDROCARBUROS AROMÁTICOS POLICÍCLICOS</b>			
Antraceno (µg/kg)	<2	<2	<2
Fluoranteno (µg/kg)	<2	<2	<2
Naftaleno (µg/kg)	<2	<2	<2
Benzo(a)pireno (µg/kg)	<2	<2	<2
Benzo(b)fluoranteno (µg/kg)	2,3	<2	<2
Benzo(k)fluoranteno (µg/kg)	<2	<2	<2
Benzo (g,h,i)perileno (µg/kg)	<2	<2	<2
Indeno(1,2,3-cd)pireno (µg/kg)	<2	<2	<2
PAH total (µg/kg)	<2	<2	<2
<b>METALES</b>			
Mercurio (mg/kg)	0,23	0,28	0,29
Cadmio (mg/kg)	0,39	0,27	0,23
Plomo (mg/kg)	103	63	66
Cobre (mg/kg)	55	19	20
Zinc (mg/kg)	92	87	85
Níquel (mg/kg)	9,2	11	14
Arsénico (mg/kg)	12	18	15
Cromo (mg/kg)	18	13	18



**CONTAMINANTES GENERALES:** La concentración de nitrógeno total ha sido bajas, siendo la concentración inferior al límite de cuantificación del método en PAL-8. Las concentraciones en PAL-7 y en PAL-9 han sido de 0,08% y 0,13% respectivamente (Tabla 2). En el caso del fósforo total, las concentraciones han sido muy similares en los tres puntos de control, oscilado entre 635 mg/kg en el punto PAL-8 y 656 mg/kg en PAL-9, mientras que la concentración de materia orgánica ha sido alta, oscilando entre 8,07 % en el punto PAL-8 y 14,46 % en PAL-9.

**HIDROCARBUROS AROMÁTICOS POLICÍCLICOS:** Las concentraciones han sido inferiores al límite de cuantificación del método analítico empleado en todos los casos salvo en PAL-7, que se ha detectado Benzo(b)fluoranteno con una concentración de 2,3 µg/kg (Límite de cuantificación del método: 2 µg/kg).

**METALES:** Como es habitual, las concentraciones más bajas se han obtenido para mercurio y cadmio (valores de mercurio comprendidos entre 0,23 mg/kg en PAL-7 y 0,29mg/kg en PAL-9, y valores de cadmio comprendidos entre 0,23 mg/kg en PAL-9 y 0,39 mg/kg en PAL-7). Las concentraciones más elevadas se han obtenido para plomo (valores comprendidos entre 63 mg/kg en PAL-8 y 103 mg/kg en PAL-7). En general, los niveles de contaminación por metales han sido ligeramente superiores en el punto PAL-7, seguido de PAL-9.

## 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 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. 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	Calidad Máxima	Máximo potencial
Tipo asignado a Hidrocarburos totales	Máximo potencial	Máximo potencial	Máximo potencial	Máximo potencial
<b>VALORACIÓN GLOBAL</b>	<b>CALIDAD MÁXIMA</b>	<b>MÁXIMO POTENCIAL</b>	<b>CALIDAD MÁXIMA</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. 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 2019 se indican a continuación:

	PAL-1	PAL-2	PAL-4	PAL-6
Calidad biológica UGAP muy modificadas- Renovación Alta*	CALIDAD MÁXIMA	CALIDAD BUENA	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:

$C_{COT}$ : 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.

Se ha obtenido “CALIDAD MODERADA” en todos los puntos de control, siendo valor 4 el índice ICO en el punto PAL-7 y PAL-9, y un Índice ICO de 5 en PAL-8, tal y como se puede ver a continuación:

	PAL-7	PAL-8	PAL-9
Índice de Calidad Orgánico (ICO)	4	5	4
Nivel de Calidad*	Moderada	Moderada	Moderada

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

### Evaluación de la calidad química del sedimento (NCA)

#### 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 agua y carbono orgánico total, nitrógeno kjeldahl y fósforo total, en el sedimento. 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 2019.

INDICADOR (agua)	PAL-1	PAL-2	PAL-4	PAL-6
Tipo asignado a Clorofila $a$	Buena o superior	Moderada	Máximo potencial	Máximo potencial
Tipo asignado a Turbidez	Máximo potencial	Máximo potencial	Máximo potencial	Máximo potencial
Tipo asignado a % Saturación Oxígeno	Buena o superior	Máximo potencial	Buena o superior	Máximo potencial
Tipo asignado a Hidrocarburos totales	Máximo potencial	Máximo potencial	Máximo potencial	Máximo potencial

INDICADOR (Sedimento)	PAL-7	PAL-8	--	PAL-9
<b>Carbono Orgánico Total (COT)</b>	Deficiente	Deficiente	--	Deficiente
<b>Nitrógeno kjeldahl (NTK)</b>	Buena o superior	*Buena o superior/ Máximo potencial	--	Buena o superior
<b>Fósforo total (PT)</b>	Buena o superior	Buena o superior	--	Buena o superior
<b>Índice de Calidad Orgánica (ICO)</b>	Moderada	Moderada	--	Moderada
<b>VALORACIÓN GLOBAL</b>	CALIDAD DEFICIENTE	CALIDAD DEFICIENTE	CALIDAD BUENA O SUPERIOR	CALIDAD DEFICIENTE

(\*) No se ha podido establecer si la calidad es “Buena o superior” o “Máximo potencial”, debido a que el límite de cuantificación del método para NTK (<400 mg/Kg) es mayor que el rango establecido para “Máximo potencial” (<300 mg/kg).

### Valoración del estado químico

En este caso la valoración es la misma que se ha realizado en el apartado anterior “Valoración de la calidad química del agua y del sedimento (NCA)”.

## 8. CONCLUSIONES

Las aguas del Puerto de Almería han presentado buena calidad en el mes de noviembre de 2019. Los valores obtenidos de turbidez han sido muy bajos, registrándose valores inferiores a los límites de cuantificación del método analítico empleado en el análisis. Sin embargo, se han obtenido valores de hidrocarburos superiores a la anterior toma de muestras. El oxígeno presentó valores mayores al 86,0% en todos los puntos, lo que indica buena oxigenación de las aguas, si bien es cierto que los valores han sido inferiores comparados con anteriores tomas de muestras. Las concentraciones de clorofila *a* observadas durante el mes de noviembre han sido, en general, inferiores respecto a las registradas en la toma de muestras de agosto.

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 los puntos de control PAL-2 y PAL-6, y “Calidad máxima” en PAL-1 y PAL-6. 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 los puntos de control PAL-4 y PAL-6, “Calidad máxima” en PAL-1 y “Calidad buena” en PAL-2.

En el caso de los sedimentos se han obtenido concentraciones elevadas de materia orgánica, responsables de que el indicador de calidad fisicoquímica del sedimento presente valoración de “Calidad moderada” en los puntos PAL-7, PAL-8 y PAL-9. No se han detectado PAH, salvo Benzo(b)fluoranteno en PAL-7, y las concentraciones de metales han sido inferiores a los valores de referencia establecidos por CEDEX en todos los casos.

La valoración del potencial ecológico según el RD 817/2015, es “Máximo potencial” en PAL-4, “y “Calidad deficiente” en PAL-1, PAL-2 y PAL-6, estas últimas valoraciones debidas a los resultados obtenidos en el sedimento. La valoración del estado químico es la misma que la establecida por ROM.

## ANEXO I

# LOCALIZACIÓN DE LAS ESTACIONES DE TOMA DE MUESTRAS

