

CALIDAD DEL AGUA Y EL SEDIMENTO EN EL PUERTO DE ALMERÍA

FECHA: TRIMESTRE OCTUBRE-DICIEMBRE 2021



J. Ronco y Cía., S.L.
RONCO



GRUPO DE INVESTIGACIÓN DE QUÍMICA
ANALÍTICA DE CONTAMINANTES



DATOS GENERALES

TÍTULO: Calidad del agua en el Puerto de Almería. Trimestre octubre-diciembre 2021

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 Alquíán (Almería)

SOLICITANTE:

Entidad: AUTORIDAD PORTUARIA DE ALMERÍA

C.I.F.: Q 0400106A

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

FECHA DE INICIO:

26/11/2021

FECHA DE FIN:

26/11/2021

Fecha de emisión de informe:

28/01/2022

Responsable:

Carmen Laura Guirado Gutiérrez

Área de Medioambiente

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	10
7.1. APLICACIÓN DE ROM 5.1. PROGRAMA DE VIGILANCIA SISTEMÁTICA DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS DEL PUERTO DE ALMERÍA	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 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 2021, correspondiente al cuarto trimestre de contrato del año 2021.

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 3 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)
Trituilestaño, 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. Trimestre octubre-diciembre 2021.

Muestra	PAL-1 PESQUERO	PAL-2 COMERC. INT.	PAL-4 DEPORTIVO	PAL-6 COMERC. EXT
Fecha toma muestra	26/11/2021	26/11/2021	26/11/2021	26/11/2021
Hora toma muestra	10:30	09:40	08:27	09:00
PARÁMETROS BÁSICOS				
pH (ud pH)	8,1	8,1	7,7	8,1
Temperatura (°C)	17,8	17,6	17,7	17,9
Oxígeno Disuelto (mg/L)	6,3	7,3	6,6	7,3
% Oxígeno Disuelto	80	93	83	95
Conductividad a 20 °C (µS/cm)	49600	50100	50000	49900
CONTAMINANTES GENERALES				
Hidrocarburos disueltos (µg/L)	25,0	14,4	53,3	33,8
Turbidez (UNF)	0,6	1,4	0,6	0,8
Clorofila <i>a</i> (µg/L)*	0,39	2,39	0,25	0,68

(*) Parámetro determinado 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 superiores al 80 % en PAL-1 y PAL-4, y por encima del 90 % en PAL-2 y PAL-6, los cuales indican buena oxigenación de las aguas. (Tabla 1).

CONTAMINANTES GENERALES: La turbidez presentó valores de 0,6 UNF en PAL-1 y PAL-4, mientras que en PAL-2 fue de 1,4 UNF y de 0,8 UNF en PAL-6. Se han detectado concentraciones bajas de hidrocarburos, oscilando entre los 14,4 µg/L en PAL-2 y los 53,3 µg/L en PAL-4. En cuanto a las concentraciones de Clorofila *a* han oscilado entre 0,25 µg/L en PAL-4 y 2,39 µg/L en PAL-1 (ver Tabla 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. Trimestre octubre-diciembre 2021.

Muestra	PAL-7	PAL-8	PAL-9
Fecha toma muestra	26/11/2021	26/11/2021	26/11/2021
Hora toma muestra	10:40	09:45	09:10
CONTAMINANTES GENERALES			
Nitrógeno total (mg/kg)	966	1181	1264
Fósforo total (mg/kg)	705	669	585
Materia orgánica (%)	10,01	11,08	9,59
HIDROCARBUROS AROMÁTICOS POLICÍCLICOS			
Antraceno (µg/kg)	0,0067	0,011	0,012
Fluoranteno (µg/kg)	0,044	0,110	0,098
Naftaleno (µg/kg)	<0,002	<0,002	<0,002
Benzo(a)pireno (µg/kg)	0,067	0,150	0,14
Benzo(b)fluoranteno (µg/kg)	0,057	0,11	0,10
Benzo(k)fluoranteno (µg/kg)	0,031	0,063	0,058
Benzo (g,h,i)perileno (µg/kg)	0,072	0,140	0,12
Indeno(1,2,3-cd)pireno (µg/kg)	0,078	0,140	0,012
PAH total (µg/kg)	0,356	0,724	0,540
METALES			
Mercurio (mg/kg)	0,28	0,44	0,36
Cadmio (mg/kg)	0,33	0,32	0,21
Plomo (mg/kg)	115	103	84,7
Cobre (mg/kg)	56,1	25,8	20,3
Zinc (mg/kg)	139,1	150,4	96,9
Níquel (mg/kg)	16,1	19,4	26,3
Arsénico (mg/kg)	21	25	22,7
Cromo (mg/kg)	24,4	25,2	26,7

CONTAMINANTES GENERALES: La concentración de nitrógeno total ha oscilado entre un valor de 966 mg/kg en PAL-7 y 1264 mg/kg en PAL-9 (Tabla 2). En el caso del fósforo total, las concentraciones han oscilado entre 585 mg/kg en el punto PAL-9 y 705 mg/kg en PAL-7, mientras que la concentración de materia orgánica ha oscilado entre 9,59 % en el punto PAL-9 y 11,08 % en PAL-8.

HIDROCARBUROS AROMÁTICOS POLICÍCLICOS: Se han detectado los PAH analizados en todas las muestras, salvo Naftaleno. La suma de todos los PAH analizados ha presentado el valor mínimo en PAL-7 (0,356 µg/kg) y el valor máximo en PAL-8 (0,724 µg/Kg) (Tabla 2).

METALES: Las concentraciones más bajas se han obtenido para mercurio y cadmio (valores de mercurio comprendidos entre 0,28 mg/kg en PAL-7 y 0,44 mg/kg en PAL-8, y de cadmio entre 0,21 mg/kg en PAL-9 y 0,33 mg/kg en PAL-7), mientras que las concentraciones más elevadas se han obtenido para zinc (valores comprendidos entre 96,92 mg/kg en PAL-9 y 150,35 mg/kg en PAL-8).

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)

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
VALORACIÓN GLOBAL	CALIDAD MÁXIMA	MÁXIMO POTENCIAL	CALIDAD MÁXIMA	MÁXIMO POTENCIAL

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 2021 se indican a continuación:

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

$$ICO = CCOT + CNTK + CPT$$

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.

Se ha obtenido “CALIDAD MODERADA” (valor 4) en los puntos de control PAL-7, PAL-8 y PAL-9, tal y como se puede ver a continuación:

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

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

Evaluación de la calidad química del agua y del 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 noviembre de 2021 en el Puerto de Almería han presentado concentraciones inferiores a los límites establecidos en el RD 817/2015.

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 α , 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 α , 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 2021.

INDICADOR (agua)	PAL-1	PAL-2	PAL-4	PAL-6
Tipo asignado a Clorofila a	Máximo potencial	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
Carbono Orgánico Total (COT)	Deficiente	Deficiente	--	Deficiente
Nitrógeno kjeldahl (NTK)	Buena o superior	Buena o superior	--	Buena o superior
Fósforo total (PT)	Buena o superior	Buena o superior	--	Buena o superior
Índice de Calidad Orgánica (ICO)	Moderada	Moderada	--	Moderada
VALORACIÓN GLOBAL	DEFICIENTE	DEFICIENTE	BUENA O SUPERIOR	DEFICIENTE

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

En el mes de noviembre de 2021, las aguas del Puerto de Almería han presentado una calidad similar a la del mes de julio de 2021. Los valores de turbidez obtenidos son muy bajos, mientras que los hidrocarburos han registrado valores mayores al trimestre anterior. El oxígeno ha presentado valores superiores a los obtenidos en el trimestre anterior, excepto en PAL-1. Los valores han sido superiores al 80% en todos los puntos, lo que indica buena oxigenación de las aguas. Las concentraciones de clorofila α observadas durante el mes de noviembre han sido inferiores a las registradas en la anterior toma de muestras, excepto en la estación PAL-2.

El indicador de calidad biológica del agua y el bentos establecido por ROM 5.1-13, basado en las concentraciones de Clorofila α , ha mostrado “Máximo potencial” en todos los puntos de control, excepto en PAL-2 que ha sido “Calidad moderada”. En cuanto a la calidad físico-química del agua, el indicador establecido por ROM para su evaluación, basados en los valores de turbidez, oxígeno disuelto e hidrocarburos totales, ha presentado “Calidad máxima” en todos los puntos de muestreo, excepto en PAL-2 y PAL-6 que ha sido “Máximo potencial”.

En el caso de los sedimentos se han obtenido concentraciones altas de materia orgánica, presentando una valoración de “Deficiente” en todos los puntos de muestreo. Se han detectado valores bajos de PAH, oscilando entre 0,356 $\mu\text{g}/\text{kg}$ en PAL-7 y 0,724 $\mu\text{g}/\text{kg}$ en PAL-8. Las concentraciones de metales han sido inferiores a los valores de referencia establecidos por CEDEX en todos los casos, salvo mercurio, que supera el nivel de Acción A en PAL-8 (0,44 mg/kg) y en PAL-9 (0,36 mg/kg) y el plomo, que supera el nivel de Acción A en todos los sedimentos muestreados.

La valoración del potencial ecológico según el RD 817/2015, es “Deficiente” en todos los puntos de muestreo, salvo en PAL-4, que no se analizan sedimentos. La valoración del estado químico es la misma que la establecida por ROM.

ANEXO I

LOCALIZACIÓN DE LAS ESTACIONES DE TOMA DE MUESTRAS

