INFORME

GESTIÓN AMBIENTAL EN EL PUERTO DE ALMERÍA, PUERTO DE CARBONERAS Y EL ALQUIÁN

INFORME ANUAL

FECHA: **ENERO – DICIEMBRE 2017**

AUTORIDAD PORTUARIA DE ALMERÍA

J. Ronco y Cía., S.L.
RONCO

GRUPO DE INVESTIGACIÓN DE QUÍMICA ANALÍTICA DE CONTAMINANTES

DATOS GENERALES

TÍTULO: Gestión ambiental en el Puerto de Almería, Puerto de Carboneras y El Alquián. ENERO-DICIEMBRE 2017

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 Alquián (Almería)

SOLICITANTE:
Entidad: AUTORIDAD PORTUARIA DE ALMERÍA
C.I.F.: Q 0400106A
Dirección: Muelle de Levante s/n. 04001. Almería

FECHA DE INICIO:	**FECHA DE FIN:**
01/01/2017	31/12/2017

Fecha de emisión de informe:
02/03/2018

Responsable:

Carmen Laura Guirado Gutiérrez

Área de Medioambiente e
Inspecciones Medioambientales

Laboratorio acreditado por la Entidad Nacional de Acreditación con nº expediente 493/LE1255
Entidad Colaboradora de la Calidad Ambiental con nº ECCA/REC054
Laboratorio certificado por SGS Ibérica según ISO 9001:2008 (ES 10/8058) e ISO 14001:2004 (ES 08/6030)

INDICE

1. INTRODUCCIÓN 4
2. OBJETIVO DE ESTE INFORME 5
3. NORMATIVA APLICABLE 5
4. PROGRAMA I. CALIDAD DEL AIRE Y PROPUESTA DE MEDIDAS CORRECTORAS .. 6
4.1. INTRODUCCIÓN 6
4.2. METODOLOGÍA DE TOMA DE MUESTRA Y ANÁLISIS 6
4.3. RESULTADOS 7
4.4. CONCLUSIONES 21
4.5. ANEXO I. LOCALIZACIÓN DE LAS ESTACIONES DE TOMA DE MUESTRAS PARA EL CONTROL DE LA CALIDAD DEL AIRE EN EL PUERTO DE ALMERÍA 22
5. PROGRAMA II. CALIDAD DEL AGUA Y VIGILANCIA AMBIENTAL 24
5.1. PROGRAMA II.1. CALIDAD DEL AGUA Y VIGILANCIA AMBIENTAL EN EL PUERTO DE ALMERIA 24
5.1.1. INTRODUCCIÓN 24
5.1.2. LOCALIZACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO 24
5.1.3. METODOLOGÍA 25
5.1.4. RESULTADOS 27
5.1.5. CONCLUSIONES 33
5.1.6. ANEXO II: LOCALIZACIÓN DE LAS ESTACIONES DE TOMA DE MUESTRAS PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE LAS AGUAS EN EL PUERTO DE ALMERÍA 34
5.2. PROGRAMA II.2. CALIDAD DEL AGUA Y VIGILANCIA AMBIENTAL EN EL PUERTO DE CARBONERAS 36
5.2.1. INTRODUCCIÓN 36
5.2.2. LOCALIZACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO 36
5.2.3. METODOLOGÍA 37
5.2.4. RESULTADOS 39
5.2.5. CONCLUSIONES 45
5.2.6. ANEXO III: LOCALIZACIÓN DE LAS ESTACIONES DE TOMA DE MUESTRAS PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE LAS AGUAS EN EL PUERTO DE CARBONERAS 47
6. PROGRAMA III. VIGILANCIA AMBIENTAL EN LA ZONA DE EL ALQUIÁN 49
6.1. INTRODUCCIÓN 49
6.2. LOCALIZACIÓN DE LOS PUNTOS DE TOMA DE MUESTRAS 50
6.3. METODOLOGÍA 52
6.4. RESULTADOS 55
6.5. CONCLUSIONES 62

1. INTRODUCCIÓN

La Autoridad Portuaria de Almería realiza controles de calidad del aire y calidad de las aguas y sedimentos en el Puerto de Almería desde el año 2008. En el Puerto de Carboneras se realizan controles de calidad de las aguas marítimas y sedimentos desde el año 2013. Asimismo, en la zona afectada por el gasoducto gestionado por Medgaz, en el Alquián, se están llevando a cabo controles de calidad del agua y sedimentos, además de un estudio de las comunidades de fanerógamas marinas desde el año 2008.

El objetivo principal de estos controles medioambientales es cumplir con lo exigido en las normativas aplicables y otros documentos de referencia, así como estudiar la evolución de la contaminación y orientar la propuesta de medidas correctoras, en caso necesario.

En 2015 se firmó un Convenio para la realización de estos trabajos entre la Autoridad Portuaria de Almería, Medgaz, Fundación Mediterránea, Universidad de Almería y los operadores J. Ronco y Cía. S.L. y S.A. López Guillén.

El estudio comprende los siguientes programas de trabajo:

Programa I. Calidad del aire y propuesta de medidas correctoras

El objetivo es conocer el estado y evolución de la calidad del aire en el Puerto de Almería y estudiar su relación con variables meteorológicas/movimientos de mercancías/fuentes naturales de contaminación para orientar la propuesta de medidas correctoras.

Programa II. Calidad del agua y vigilancia ambiental en Puerto de Almería y Puerto de Carboneras

El objetivo es conocer el estado y evolución de las aguas y sedimentos marinos en el Puerto de Almería y el Puerto de Carboneras.

Programa III. Vigilancia ambiental en la zona de El Alquián

El objetivo es conocer el estado y evolución de la calidad de las aguas y sedimentos en la zona próxima al gasoducto Argelia-España en su parte más próxima a la costa española (Almería). Anualmente se realiza un estudio del estado de conservación de las comunidades de fanerógamas marinas.

2. OBJETIVO DE ESTE INFORME

En este informe se presentan los resultados y conclusiones obtenidas en el periodo anual enero-diciembre de 2017 en cada uno de los programas descritos en el apartado anterior y, además, se realiza un estudio de la evolución interanual (periodos 2008/2009, 2009/2010, 2010/2011, 2011/2012, 2012/2013, 2013/2014, 2015, 2016 y 2017) de cada una de las variables analizadas de las que se dispone de información.

3. NORMATIVA APLICABLE

Decreto 151/2006, de 25 de julio, por el que se establecen los valores límite y la metodología a aplicar en el control de las emisiones no canalizadas de partículas por las actividades potencialmente contaminadoras de la atmósfera.

Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire.

Decreto 239/2011, de 12 de julio, por el que se regula la calidad del medio ambiente atmosférico y se crea el Registro de Sistemas de Evaluación de la Calidad del Aire en Andalucía.

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 sobre la Calidad de las Aguas Litorales en Áreas Portuarias. Puertos del Estado.

Resolución de 7 de junio de 2006, por la que se formula la Declaración de Impacto Ambiental sobre la evaluación del proyecto “Gasoducto Argelia-Europa, vía España”.

4. PROGRAMA I. CALIDAD DEL AIRE Y PROPUESTA DE MEDIDAS CORRECTORAS

4.1. INTRODUCCIÓN

La Autoridad Portuaria de Almería dispone de una red manual de control de la contaminación atmosférica en el Puerto de Almería, que se encuentra operativa desde el año 1997 y está formada por una serie de captadores de partículas en suspensión (PS) y partículas sedimentables (PSD), parámetros indicadores de contaminación, característicos de la actividad realizada.

El número de estaciones de muestreo asciende a un total de ocho, situadas en los siguientes puntos:

ESTACIÓN DE MUESTREO	UBICACIÓN	TIPO
AL-1	Edificio de oficinas Autoridad Portuaria	Captador de PS, Captador de PSD
AL-2	Estación marítima	Captador de PS, Captador de PSD
AL-3	Edificio de Conservación Autoridad Portuaria	Captador de PS, Captador de PSD
AL-4	Lonja	Captador de PSD
AL-5	Edificio de Aduanas	Captador de PSD
AL-6	Edificio de la Cruz Roja	Captador de PSD
AL-7	Edificio de la Comandancia de Marina	Captador de PSD
AL-8	Centro de Actividades Náuticas	Captador de PSD

En el Anexo I se incluye un plano con la localización de las estaciones anteriores.

4.2. METODOLOGÍA DE TOMA DE MUESTRA Y ANÁLISIS

Para la toma de muestras y análisis de partículas en suspensión y partículas sedimentables se sigue lo establecido en el Decreto 151/2006, de 25 de julio. El laboratorio en el que se realizan los análisis está acreditado para estas determinaciones según la norma UNE-EN-ISO 17025:2005 (Expediente 493/LE1255).

En ambos casos se trata de métodos gravimétricos. Para la determinación de partículas en suspensión, el periodo de muestreo es de 24 horas, mientras que para las partículas sedimentables se trata de un periodo mensual. La toma de las muestras es llevada a cabo por personal de la Autoridad Portuaria, previamente entrenado.

El análisis de metales en partículas en suspensión se realiza según las indicaciones de la norma internacional UNE-EN 14902:2006. Calidad del aire ambiente. Método normalizado para la medida de Pb, Cd, As y Ni en la fracción PM_{10} de la materia particulada en suspensión.

Se incluye, además, información sobre las principales variables que afectan a la presencia de contaminación, como son las fuentes de contaminación antrópica por la actividad de movimiento de mercancías en la zona portuaria, los episodios naturales de contaminación (principalmente presencia de polvo de origen africano) y las variables meteorológicas durante el periodo de estudio.

4.3. RESULTADOS

a. PARTÍCULAS EN SUSPENSIÓN

RESULTADOS OBTENIDOS EN EL PERIODO ANUAL ENERO-DICIEMBRE 2017

Se han tomado un total de 977 muestras de partículas en suspensión en el periodo enero a diciembre de 2017. En la Tabla 1 se presenta una síntesis de los resultados obtenidos en cada estación de control.

En la estación AL-1 se han recogido un total de 361 muestras. La calidad del aire ambiente en esta estación de control cumplió lo exigido en el Decreto 151/2006 durante la mayoría de los días de toma de muestras, a excepción de 5 días durante el año 2017, registrados en los meses de febrero, marzo y diciembre (Tabla 1). En AL-2 se han analizado 305 muestras, de las que 3 presentaron valores de concentración superiores a los contemplados en el Decreto 151/2006, en los meses de febrero y marzo (Tabla 1). En la estación de muestreo AL-3 se han analizado un total de 311 muestras, los resultados obtenidos han sido inferiores al límite legal, en general, excepto 5 muestras tomadas en febrero, marzo y diciembre 2017 (Tabla 1).

Tabla 1. Resultados de partículas en suspensión en el periodo enero-diciembre de 2017.

	AL-1			AL-2			AL-3		
MES	Nº muestras	Nº muestr. superan límite legal	Concent media mensual (µg/m^3)	Nº muestr.	Nº muestr. superan límite legal	Concent media mensual (µg/m^3)	Nº muestr.	Nº muestr. superan límite legal	Concent media mensual (µg/m^3)
ENE-17	31	0	26,7	0	0	-	31	0	34,2
FEB-17	28	3	70,9	7	2	103,6	28	3	74,2
MAR-17	31	1	37,1	31	1	34,6	31	1	37,6
ABR-17	30	0	41,1	28	0	37,7	30	0	38,8
MAY-17	31	0	38,7	31	0	38,3	31	0	42,5
JUN-17	30	0	52,6	28	0	48,3	30	0	60,4
JUL-17	31	0	36,1	29	0	31,7	31	0	37,6
AGO-17	30	0	48,5	30	0	45,8	30	0	57,5

	AL-1			AL-2			AL-3		
MES	Nº muestras	Nº muestr. superan límite legal	Concent media mensual (µg/m³)	Nº muestr.	Nº muestr. superan límite legal	Concent media mensual (µg/m³)	Nº muestr.	Nº muestr. superan límite legal	Concent media mensual (µg/m³)
SEP-17	30	0	40,6	30	0	33,1	5	0	36,4
OCT-17	30	0	31,6	31	0	23,5	7	0	36,5
NOV-17	29	0	23,9	29	0	21,2	29	0	26,4
DIC-17	30	1	34,9	31	0	27,7	28	1	38,0
PERIODO ANUAL	**361**	**5**	**40,2**	**305**	**3**	**40,5**	**311**	**5**	**43,3**

En la Figura 1 se representan las concentraciones medias mensuales de partículas en suspensión obtenidas durante el periodo de enero a diciembre de 2017 en cada una de las tres estaciones de toma de muestras.

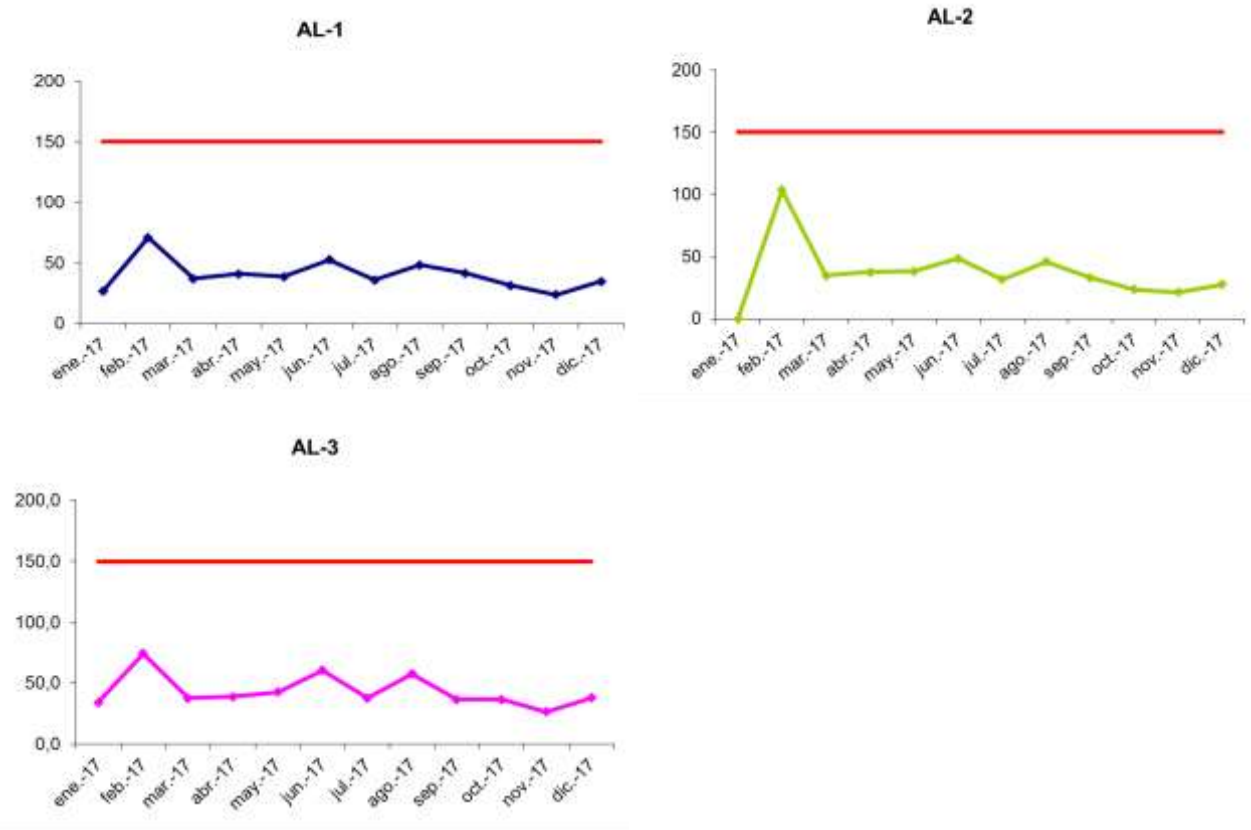


Figura 1. Evolución mensual de la concentración de partículas en suspensión en las tres estaciones de control.

ESTUDIO INTERANUAL 2008-2017

Se han analizado los resultados obtenidos en los últimos años en cuanto a niveles de contaminación por partículas en suspensión mediante análisis estadístico ANOVA, de forma que se ha observado la existencia (o no) de diferencias estadísticamente significativas en las concentraciones de partículas en suspensión obtenidas, para cada estación, en los periodos anuales desde 2008/2009 hasta 2017. Los resultados se muestran en la Figura 2, e indican que se produjo una disminución de la concentración de partículas en suspensión estadísticamente significativa en las tres estaciones de control hasta el año 2013/2014, y posteriormente se han mantenido los niveles de concentración hasta el año 2017 en valores similares.

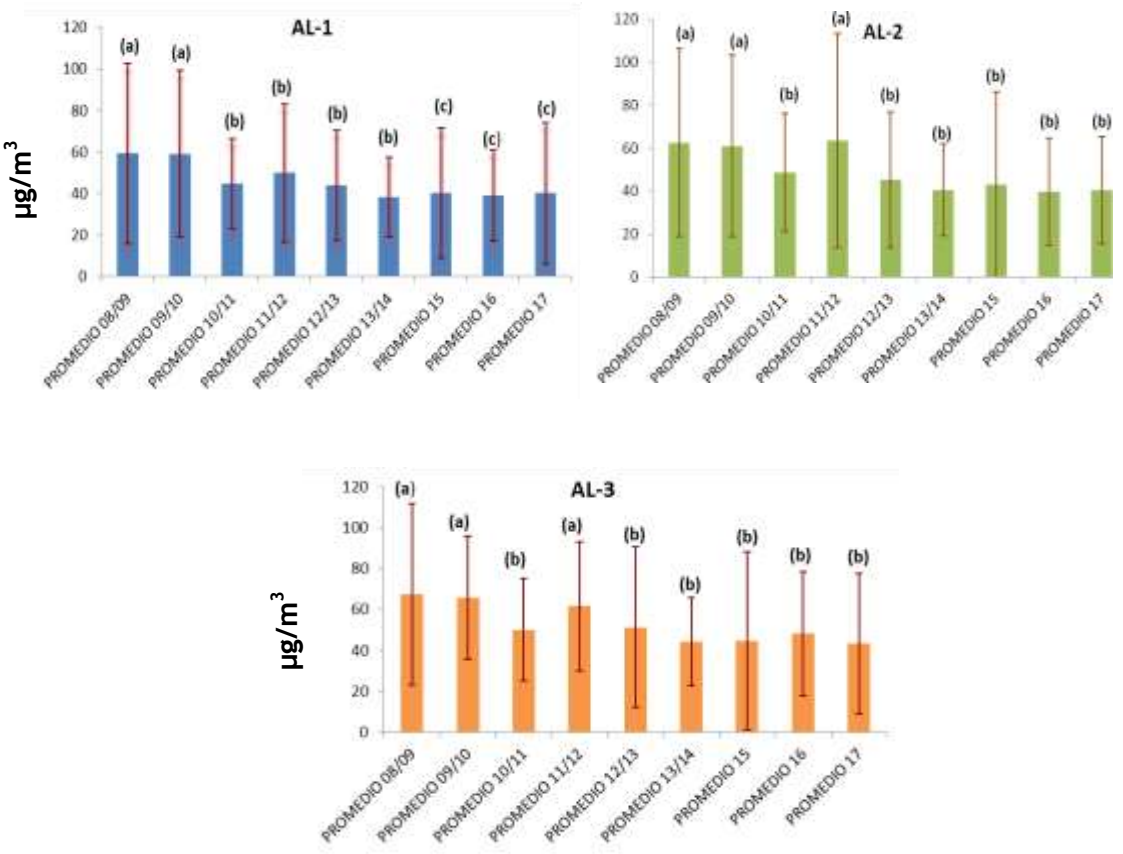


Figura 2. Promedio y desviación estándar de los datos de concentración de partículas en suspensión en las estaciones de control de la contaminación atmosférica durante el periodo 2008-2017. La letra indica diferencias estadísticamente significativas (ANOVA, p-valor <0,05).

b. PARTÍCULAS SEDIMENTABLES

RESULTADOS CORRESPONDIENTES AL PERIODO ENERO-DICIEMBRE 2017

La concentración promedio de partículas sedimentables obtenida en el periodo considerado ha presentado el valor mínimo en la estación AL-4 en el mes de septiembre (34,1 mg/m^2 x día) y el valor máximo en la estación AL-4 en el mes de junio (347,2 mg/m^2 x día) (Tabla 2).

Tabla 2. Resultados obtenidos en el control de partículas sedimentables en el periodo enero-diciembre 2017.

	AL-1 (mg/m^2 x día)	AL-2 (mg/m^2 x día)	AL-3 (mg/m^2 x día)	AL-4 (mg/m^2 x día)	AL-5 (mg/m^2 x día)	AL-6 (mg/m^2 x día)	AL-7 (mg/m^2 x día)	AL-8 (mg/m^2 x día)	Límite legal (Decreto 151/2006)
Enero 2017	108,1	105,3	105,1	68,8	111,5	94,7	68,9	88,3	300
Febrero 2017	96,5	74,3	107,4	57,3	123,7	119,6	108,1	85,7	300
Marzo 2017	169,3	166,1	141,1	111,8	135,1	93,3	107,2	146,0	300
Abril 2017	144,5	139,9	151,7	92,9	127,5	150,5	57,4	132,9	300
Mayo 2017	118,2	77,7	183,9	111,4	164,1	165,9	129,9	119,0	300
Junio 2017	96,9	114,1	131,7	347,2	109,2	98,2	102,6	102,0	300
Julio 2017	316,6	283,2	243,1	196,0	307,2	283,9	273,5	282,8	300
Agosto 2017	227,2	289,2	311,1	277,4	260,6	216,9	178,2	218,2	300
Septiembre 2017	61,4	41,6	57	34,1	59,1	52,3	71,1	41,1	300
Octubre 2017	107,5	194,6	143,8	167,4	130,5	151,7	117,8	105,1	300
Noviembre 2017	81,0	161,9	85,3	77,3	121,9	116,3	57,7	84,5	300
Diciembre 2017	187,5	168,2	125,8	88,6	60,7	177,9	139,2	199,1	300
PROMEDIO	142,9	151,3	148,9	135,9	142,6	143,4	117,6	133,7	300

Se marcan en rojo los resultados que superan el límite legal (D 151/2006).

La evolución mensual en el año 2017 de la concentración de partículas sedimentables en las ocho estaciones de control del Puerto de Almería se muestra en la Figura 3. La línea roja indica el valor máximo permitido en la normativa vigente.

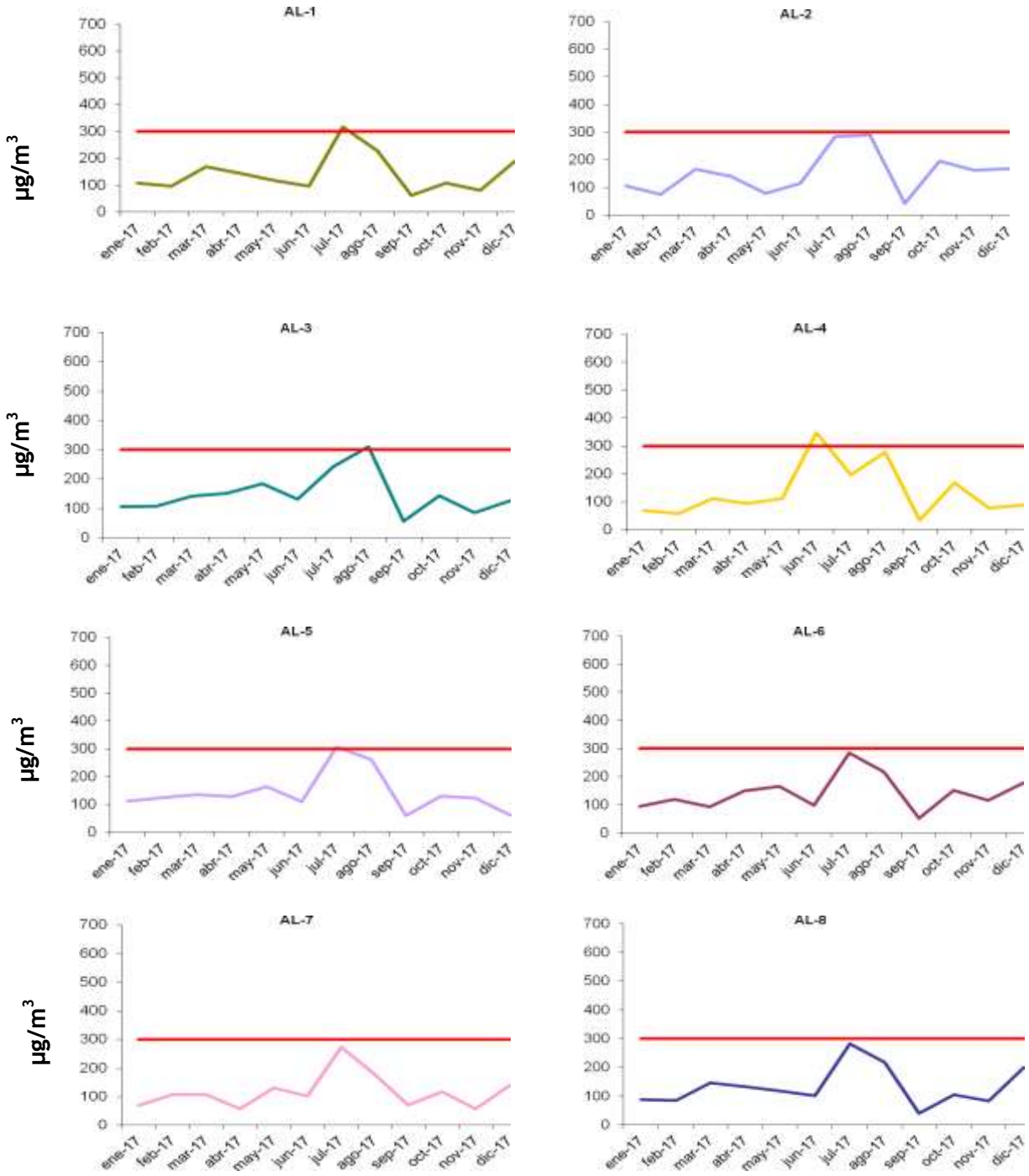


Figura 3. Evolución mensual de la concentración de partículas sedimentables en cada estación de control en el periodo enero-diciembre 2017.

En la mayoría de los meses de estudio se han obtenido niveles de concentración de partículas sedimentables inferiores al límite establecido legalmente. En el mes de

junio se ha superado el valor límite en 1 de las ocho estaciones de control, en julio en 2 estaciones y agosto en 1 de las estaciones (Figura 3).

ESTUDIO INTERANUAL 2008-2017

Se han analizado los resultados obtenidos en los últimos años en cuanto a niveles de contaminación por partículas sedimentables mediante análisis estadístico ANOVA de forma que se ha observado la existencia (o no) de diferencias estadísticamente significativas en las concentraciones de partículas sedimentables obtenidas (Figura 4). En el año 2015 se observó un incremento en la concentración de partículas sedimentables, que ha vuelto a disminuir en 2016 y 2017 (Figura 4).

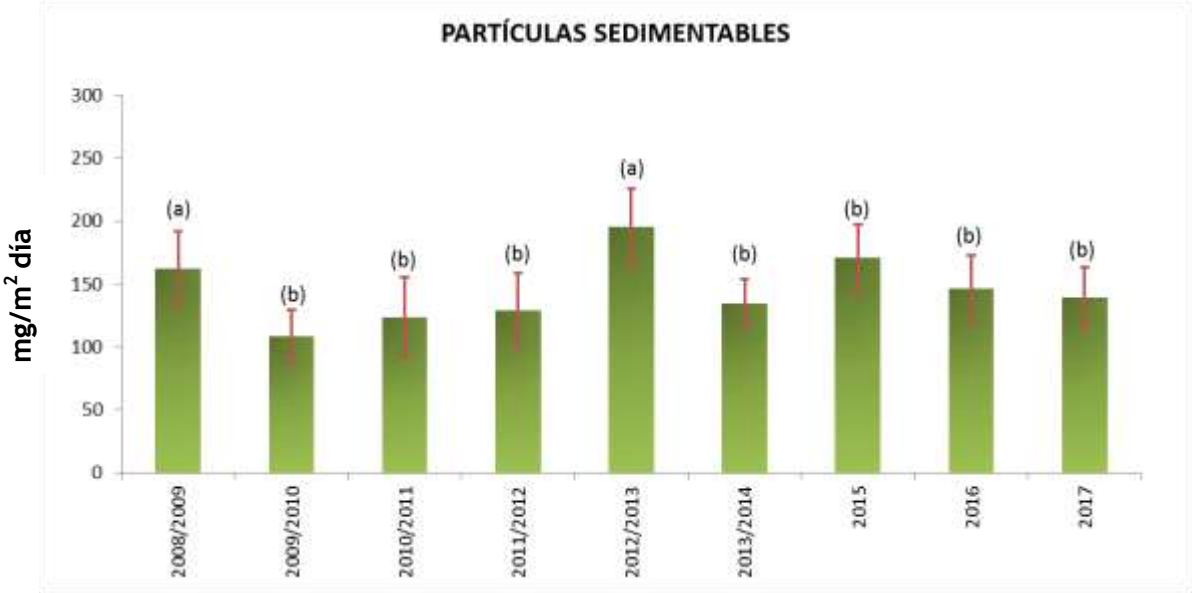


Figura 4. Promedio y desviación estándar de los datos de concentración de partículas sedimentables. La letra indica diferencias estadísticamente significativas (ANOVA, p-valor < 0,05).

c. METALES EN PARTÍCULAS EN SUSPENSIÓN

RESULTADOS CORRESPONDIENTES AL PERIODO ENERO-DICIEMBRE 2017

Las concentraciones medias anuales de metales en partículas en suspensión registradas durante el periodo de enero a diciembre de 2017 se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3. Resultados medios de metales en partículas en suspensión en el periodo enero-diciembre 2017.

Metal	AL-1	AL-2	AL-3	Valores objetivo de referencia (1)
Pb (µg/m^3)	0,002	0,002	0,003	0,5
Cd (ng/m^3)	<5,00	<5,00	<5,00	**5,00**
Ni (ng/m^3)	3,03	3,02	3,41	20,00
As (ng/m^3)	<0,60	<0,60	<0,60	**6,00**
Hg (ng/m^3)	2,45	2,45	2,45	-
Sr (µg/m^3)	<20	<20	<20	-

(1) Referido al contenido total en la fracción PM_{10} como promedio durante un año natural. En este caso se han determinado los metales sobre el total de partículas.

La calidad del aire ambiente, en cuanto a la concentración de los metales plomo, cadmio, níquel y arsénico en el total de partículas en suspensión cumple los valores de referencia de la normativa para el promedio anual. En el caso de los metales mercurio y estroncio no hay valor de referencia establecido en la normativa.

ESTUDIO INTERANUAL 2008-2017

Los niveles de contaminación de metales en partículas en suspensión han sido muy bajos y similares durante todos los años de estudio.

d. METEOROLOGÍA DURANTE EL PERIODO DE ESTUDIO

Los datos meteorológicos se han consultado en la Red de Información Agroclimática de Andalucía (Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía), mientras que los datos de viento utilizados para la representación de las rosas de viento, son los registrados por el mareógrafo de Almería (Puertos del Estado - Ministerio de Fomento).

Temperatura

La variación de la temperatura media mensual se representa en la Figura 5. Los valores medios mensuales son los habituales en la zona de estudio, con temperaturas medias máximas en los meses de julio y agosto (superiores a los 26ºC) y medias mínimas en enero y diciembre (alrededor de 12 ºC).

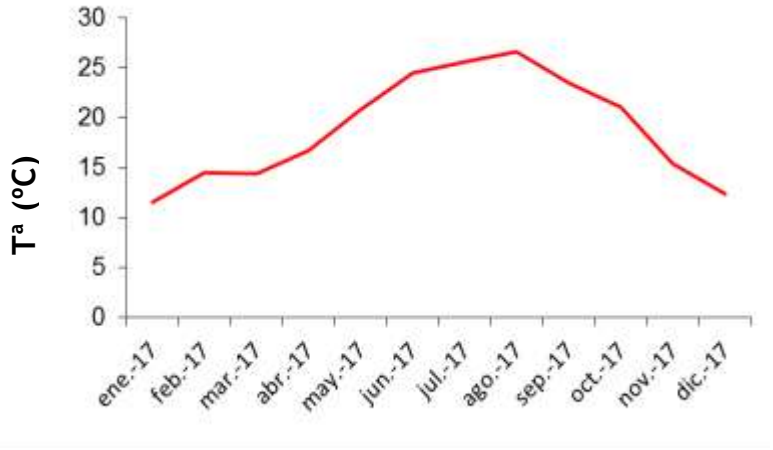


Figura 5. Temperatura media mensual durante el periodo de estudio.

Precipitación

Se han registrado un total de 195,2 mm de precipitación durante el periodo de estudio, con ausencia de lluvias en los meses de mayo, junio y septiembre y registrándose las mayores precipitaciones en marzo y agosto (Figura 6).

Precipitación (mm)

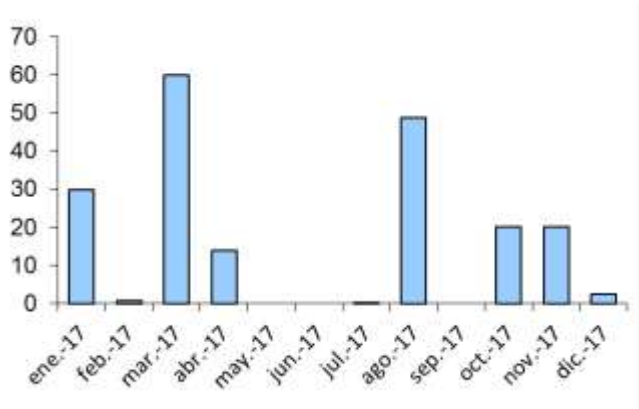


Figura 6. Precipitación mensual acumulada durante el periodo de estudio.

Viento

El viento es la variable meteorológica más importante en este estudio por su relación con el transporte de partículas. El viento provoca el traslado de partículas procedentes de la propia actividad portuaria y también de zonas ajenas a ésta.

La mayoría de los días de estudio, la dirección predominante ha sido de componente WSW. Los vientos más intensos (velocidad media superior a 8 m/s) han sido de componente WSW, SW y también E y ESE (Figura 7).

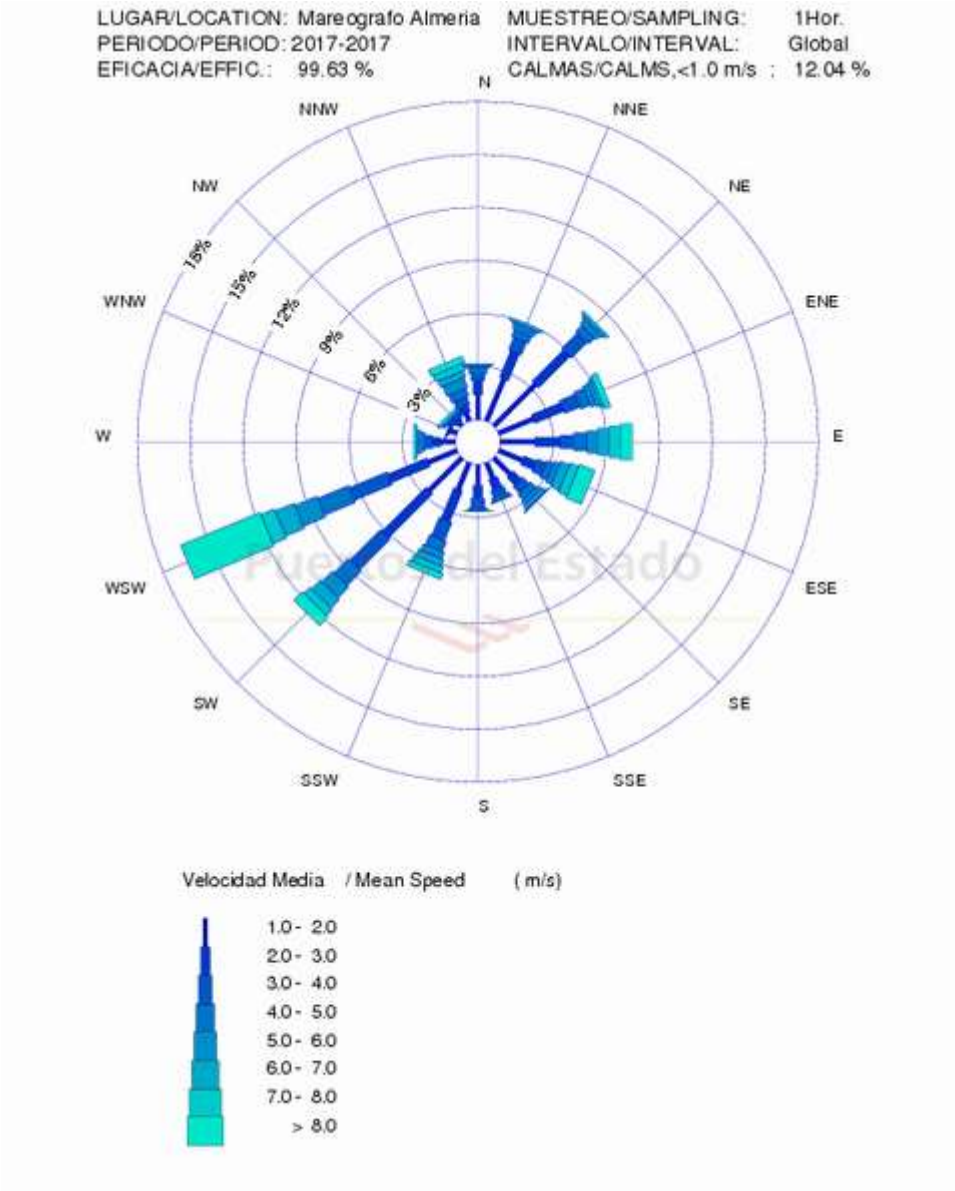


Figura 7.Rosa del viento del periodo 2017 (datos obtenidos del mareógrafo de Almería).

e. MOVIMIENTOS DE MERCANCÍAS

En el periodo de estudio considerado se han trasvasado un total de 894.823 Toneladas de materiales gráneles sólidos. Destacan los materiales yeso (67,2%) y cemento (22,6%), que suponen, la suma de ambos, el 89,8 % del total de material trasvasado. El

resto de materiales han sido materias minerales como sal (4,2 %) y cantos y gravas (1,8%) (Figura 8).

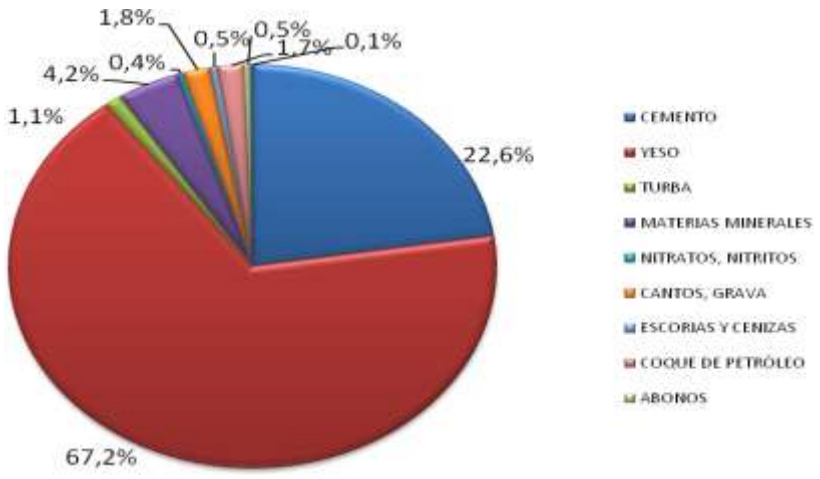


Figura 8. Representatividad de los materiales gráneles sólidos trasvasados en el Puerto de Almería en el periodo enero-diciembre 2017.

Se han registrado operaciones de movimientos de mercancías el 40 % de los días del periodo estudiado. La actividad ha sido más intensa se ha registrado en el primer trimestre del año (Figura 9).

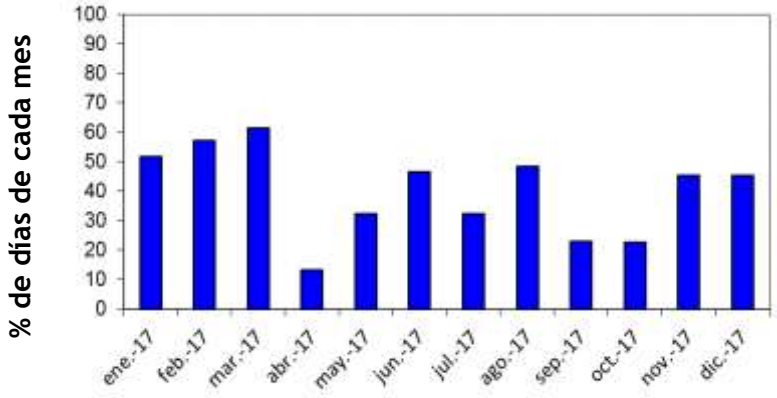


Figura 9. Porcentaje de días en los que se han producido actividades de movimiento de mercancías en el Puerto de Almería.

f. FUENTES DE CONTAMINACIÓN NATURAL

Los datos se han obtenido en la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental (DGCEA), del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, suministrados como fruto del "Acuerdo de Encomienda de Gestión entre el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente y la Agencia Estatal Consejo Superior de Investigaciones Científicas para la realización de trabajos relacionados con el estudio y evaluación de la contaminación atmosférica por material particulado y metales en España". No se tienen datos a partir del 28 de noviembre y por ello la información correspondiente no se ha podido incluir en el presente informe.

Durante el periodo enero a noviembre de 2017 se han registrado episodios de contaminación natural en la zona Sureste, producidos por intrusión de polvo de origen africano y combustión de biomasa, el 57,6% de los días.

Los meses en los que ha habido mayor número de días con presencia de contaminación de origen natural han sido en abril, junio y agosto (Figura 10).

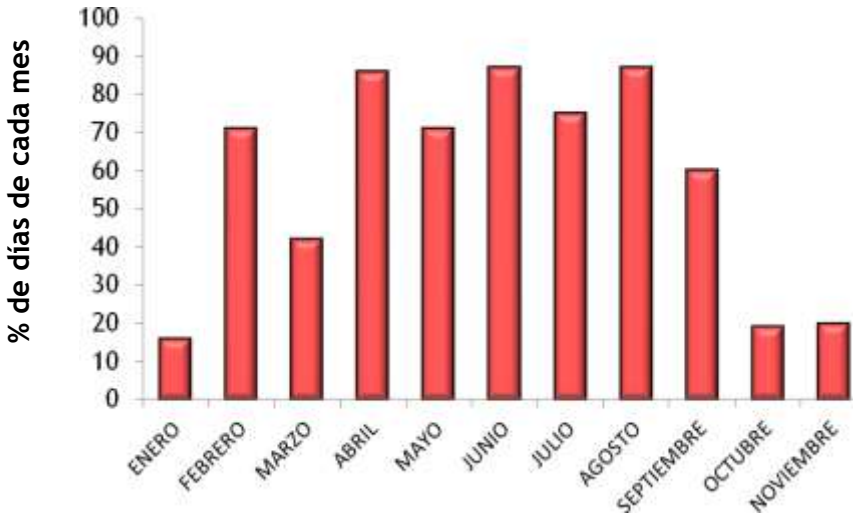


Figura 10. Presencia de contaminación natural durante el periodo enero-noviembre de 2017.

g. ESTUDIO DE LAS SITUACIONES DE INCUMPLIMIENTO

En los casos en los que se han detectado concentraciones de partículas en suspensión en concentraciones superiores al límite legal se ha realizado un estudio en detalle de las posibles causas que los generan. Además, desde el mes de mayo de 2016 se está realizando análisis de Difracción de Rayos X para la caracterización de los minerales presentes en las muestras que superan el límite legal. En los informes trimestrales correspondientes se presenta el detalle de estos análisis. A continuación se muestra un resumen de la información recopilada, considerando las posibles causas responsables de los niveles de contaminación elevados.

DIA INCUMPLIMIENTO	MOVIMIENTO MERCANCÍAS	INTRUSIÓN AFRICANA	Caracterización	MEDIDAS CORRECTORAS ADOPTADAS	CONCLUSIÓN
12/02/2017 (AL-1, 183,7 µg/m^3 AL-3, 197,6 µg/m^3)	NO. (Día 11 febrero, yeso)	Si. Días 11, 12 y 13 (entre 10-100 µg/m^3)	Caracterización de AL-3 Calcita: 32,3 % Cuarzo: 25,2 % Mica ilítica: 22,5 % Sulfato cálcico: 19,4 %		Presencia de minerales característicos de yeso (sulfato cálcico) en proporción minoritaria. Contaminación principalmente de origen natural
22/02/2017 (AL-1, 435,3 µg/m^3) (AL-2, 224,8 µg/m^3) (AL-3, 398,3 µg/m^3)	NO	Si. Días 21, 22, 23 y 24 (entre 20-320 µg/m^3)	Caracterización de AL-1 Calcita: 14,9 % Cuarzo: 21,9 % Illita: 29,9 % Clorita: 18,8 % Sulfato cálcico: 14,0 %		Presencia de minerales característicos de yeso (sulfato cálcico) en proporción minoritaria. Contaminación principalmente de origen natural
23/02/2017 (AL-1, 175,3 µg/m^3) (AL-2, 153,3 µg/m^3) (AL-3, 205,7 µg/m^3)	YESO 8:00-18:00 h.		Caracterización de AL-3 Calcita: 34,0 % Cuarzo: 17,7 % Illita: 29,0 % Sulfato cálcico: 18,6 %		Presencia de minerales característicos de yeso (sulfato cálcico) en proporción minoritaria. Contaminación principalmente de origen natural
11/03/2017 (AL-1, 234,6 µg/m^3) (AL-2, 216,6 µg/m^3) (AL-3, 165,8 µg/m^3)	CEMENTO Y YESO (de 10 a 18 de marzo)*	Si. Días 11, 12 y 13 (entre 10-160 µg/m^3)	<u>Caracterización de AL-1</u> ** Bassanita (sulfato hidratado de calcio): 100 % <u>Caracterización de AL-2</u> ** Trazas de óxido de cromo y vanadio, sulfuro de manganeso y aluminato de bario Bassanita (sulfato hidratado	*Barco fondeado desde el día 10/03/2017, pero hasta el día 13 no se desplazó hacia el muelle de Pechina para realizar los movimientos de mercancías, que finalizó el día 15/03/2017 (información aportada por la Autoridad Portuaria de Almería)	**Las muestras presentaron un fondo bastante elevado, por lo que las concentraciones de los minerales identificados deben considerarse solo de forma orientativa. Presencia de minerales relacionados con yeso (Bassanita -sulfato

DIA INCUMPLIMIENTO	MOVIMIENTO MERCANCÍAS	INTRUSIÓN AFRICANA	Caracterización	MEDIDAS CORRECTORAS ADOPTADAS	CONCLUSIÓN
			de calcio): 13,8 % Caracterización de AL-3 ** Fluoruro de rubidio: trazas Yeso: 12,7 % Arcilla illítica: 16,4 % Calcita: 24,6 % Silicatos hidratados de calcio: 11,7 %		hidratado de calcio) y relacionados con el cemento (silicatos de calcio)
30/12/2017 (AL-3, 199,7 µg/m^3)			Caracterización de AL-3 Calcita: 36,8% Silicato cálcico hidratado: 33,5 % Fluoruro potásico magnésico:29,7 %		Presencia de minerales característicos del cemento (silicato cálcico hidratado). Se desconoce la fuente de contaminación ya que no hubo movimiento de dicha mercancía en los días previos, ni en el dia del incumplimiento.

4.4. CONCLUSIONES

En el periodo 2017 los niveles de contaminación por partículas en suspensión y partículas sedimentables han sido similares a los registrados en el año 2016. Se registraron valores superiores al límite legal establecido para partículas en suspensión en 5 días durante el periodo anual, una cantidad bastante inferior a los 13 días de 2016. En relación a las partículas sedimentables, se han superado los valores límite en 3 de los 12 meses durante el año 2017, ligeramente inferior a lo sucedido en 2016 (4 superaciones). Los niveles de contaminación por metales en partículas en suspensión han sido bajos en todos los casos, al igual que en años anteriores, encontrándose por debajo de los valores objetivos de la normativa de referencia (RD 102/2011).

La variable meteorológica relacionada con la presencia de contaminación ha sido el viento, principalmente de componente WSW.

La cantidad de materiales graneles sólidos trasvasados ha superado las 894.823 Tm, cantidad ligeramente inferior a la registrada el año anterior y se han registrado movimientos de mercancías el 40 % de los días del periodo. Por otro lado, las fuentes de contaminación natural principales en la zona son la intrusión de polvo africano y combustión biomasa, que se han registrado durante el 33% de los días del periodo con datos comprendido entre el 1 de enero y el 28 de noviembre.

Los días en los que se han detectado concentraciones de partículas en suspensión superiores al límite legal se ha realizado un estudio detallado de los factores naturales y antrópicos que pudieran afectar a la contaminación, además, se han caracterizado los minerales presentes en las muestras. Así, se ha observado que 3 de los 5 días de superación de los límites establecidos predominó la contaminación de origen natural, en 1 de ellos predominó la fuente de contaminación por la actividad portuaria, y en otro se desconocen las causas, a la espera de conocer los episodios de contaminación natural que tuvieron lugar en diciembre.

4.5. ANEXO I. LOCALIZACIÓN DE LAS ESTACIONES DE TOMA DE MUESTRAS PARA EL CONTROL DE LA CALIDAD DEL AIRE EN EL PUERTO DE ALMERÍA

LOCALIZACIÓN DE PUNTOS DE CONTROL.
PARTÍCULAS EN SUSPENSIÓN Y SEDIMENTABLES

5. PROGRAMA II. CALIDAD DEL AGUA Y VIGILANCIA AMBIENTAL

5.1. PROGRAMA II.1. CALIDAD DEL AGUA Y VIGILANCIA AMBIENTAL EN EL PUERTO DE ALMERIA

5.1.1. INTRODUCCIÓN

El principal objetivo es establecer un programa de control de la calidad de sedimentos y de aguas marítimas del Puerto de Almería, 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 5.1-13 de forma integral.

A continuación se presentan los resultados obtenidos en el periodo de enero a diciembre de 2017.

5.1.2. LOCALIZACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO

En cada muestreo, se tomaron 4 muestras de agua en superficie y 4 muestras de agua integradas en profundidad, en diferentes puntos localizados según se indica en el Anexo II. Los puntos de muestreo se han codificado según se indica a continuación:

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

La ubicación de los puntos de toma de muestras se puede consultar en el Anexo II.
A continuación se presentan fotografías de algunos de los puntos de toma de muestras:

PUNTO PAL1: Puerto pesquero

PUNTO PAL4: Club de Mar

5.1.3. METODOLOGÍA

TOMA DE MUESTRAS DE AGUA Y MEDIDAS *IN SITU*

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

- UNE-EN 25667-1:2004. Calidad del agua. Muestreo. Parte 1: Guía para el diseño de los programas de muestreo (ISO 5667-1:1980).
- UNE-EN 25667-3:2013. 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.

Las muestras destinadas al análisis de Clorofila *a*, se han tomado integradas en profundidad en la columna de agua (superficie y fondo), utilizando para ello una botella oceanográfica.
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 el resto de análisis, las muestras se han tomado puntuales en superficie. 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 aguas.

Se han tomado muestras de sedimentos en tres puntos de control utilizando una draga, denominados PAL 7, PAL 8 y PAL 9, su ubicación se puede consultar en el Anexo II. 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:

- 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).

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 selección de parámetros a analizar son los descritos en el documento de referencia ROM 5.1-13 (parámetros básicos necesarios para el cálculo de los indicadores de calidad). 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.

Los análisis realizados han sido los siguientes:

PARÁMETROS	FECHA DE MUESTREO
pH *in situ*, CE *in situ*, Oxígeno disuelto *in situ*, Temperatura *in situ*, Turbidez, Hidrocarburos, Clorofila *a*	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)

Análisis de sedimentos

Se analizarán los contaminantes que se indican a continuación:

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)

5.1.4. RESULTADOS

a. RESULTADOS OBTENIDOS EN AGUAS: VALORES PROMEDIO AÑO 2017

Los resultados de concentración promedio anual de todos los contaminantes analizados en las muestras tomadas durante el periodo de enero a diciembre de 2017 se presentan en la Tabla 4.

Tabla 4. Resultados obtenidos en las muestras de agua del Puerto de Almería. Valores promedio periodo enero-diciembre 2017.

Muestra	PAL-1 PESQUERO	PAL-2 COMERC. INT.	PAL-4 DEPORTIVO	PAL-6 COMERC. EXT
PARÁMETROS BÁSICOS				
pH (ud pH)	8,2	8,2	8,1	8,1
Temperatura (ºC)	18,9	18,6	18,8	18,5
Oxígeno Disuelto (mg/L)	8,3	7,7	7,6	7,7
% Oxígeno Disuelto	99,8	>100,0	>100,0	>100,0
Conductividad a 20 ºC (µS/cm)	52150	52475	52325	52450
CONTAMINANTES GENERALES				
Hidrocarburos disueltos (µg/L)	<5,00	<5,00	<5,00	<5,00
Turbidez (UNF)	<0,5	<0,5	0,65	<0,5
Clorofila *a* (µg/L)	0,82	1,01	0,70	0,74
METALES				
Cadmio (µg/L)	<1	<1	<1	<1
Mercurio (µg/L)	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
Níquel (µg/L)	<2	<2	<2	<2
Plomo (µg/L)	<2	<2	<2	<2
CONTAMINANTES ORGÁNICOS				
Octilfenol (µg/L)	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
4-nonilfenol (µg/L)	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
Pentaclorofenol (µg/L)	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
Di(2-etilhexil)ftalato (DEHP) (µg/L)	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
Tributilestaño (TBT) (µg/L)	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10
Atrazina (µg/L)	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Diurón (µg/L)	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Isoproturón (µg/L)	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Simazina (µg/L)	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05

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 99%, los cuales indican buena oxigenación de las aguas en todos los puntos de control (Tabla 4).

CONTAMINANTES GENERALES: Las concentraciones de hidrocarburos fueron bajas, obteniéndose valores inferiores al límite de cuantificación del método analítico empleado en todos los puntos. El parámetro turbidez presentó valores promedio <0,5 en todos los puntos, mientras que para Clorofila *a* se registraron valores de concentración promedio anuales entre 0,70 µg/L (PAL-4) y 1,01 µg/L (PAL-2).

METALES: Las concentraciones de cadmio, níquel y plomo han sido bajas en todos los puntos de control, registrándose valores inferiores al límite de cuantificación del método analítico utilizado para cada metal.

CONTAMINANTES ORGÁNICOS (FENOLES, PLAGUICIDAS, DEHP, TBT): En todas las muestras analizadas, las concentraciones de compuestos fenólicos, DEHP, TBT y plaguicidas analizados, fueron inferiores a los límites de cuantificación de los métodos analíticos empleados en cada caso (Tabla 4).

b. RESULTADOS OBTENIDOS EN SEDIMENTOS

A continuación se presentan los valores promedio obtenidos en los análisis realizados en los sedimentos (Tabla 5).

Tabla 5. Resultados obtenidos en las muestras de sedimentos. Valores promedio periodo enero-diciembre 2017.

Muestra	PAL-7	PAL-8	PAL-9
CONTAMINANTES GENERALES			
Nitrógeno total (%)	0,05	0,10	0,63
Fósforo total (mg/kg)	560,10	510,60	571,43
Materia orgánica (%)	13,20	8,55	8,38
HIDROCARBUROS AROMÁTICOS POLICÍCLICOS			
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

Muestra	PAL-7	PAL-8	PAL-9
	METALES		
Mercurio (mg/kg)	0,41	0,25	0,30
Cadmio (mg/kg)	0,26	0,26	0,21
Plomo (mg/kg)	66,21	51,87	72,64
Cobre (mg/kg)	38,57	19,94	22,00
Zinc (mg/kg)	55,64	77,99	95,30
Níquel (mg/kg)	7,66	9,89	19,17
Arsénico (mg/kg)	8,50	16,93	17,67
Cromo (mg/kg)	18,13	17,21	30,84

CONTAMINANTES GENERALES: La concentración de nitrógeno total promedio ha sido dispar en los puntos de control, siendo de 0,05% en PAL-7, 0,10% en PAL-8 y 0,63% en PAL-9 (Tabla 5). En el caso de fósforo total, las concentraciones han oscilado entre 510,60 mg/kg en el punto PAL-8 y 571,43 mg/kg en PAL-9, mientras que la concentración de materia orgánica ha oscilado entre 8,38 % en el punto PAL-9 y 13,2 % en PAL-7.

HIDROCARBUROS AROMÁTICOS POLICÍCLICOS: En todas las muestras analizadas, las concentraciones de hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH), fueron inferiores al límite de cuantificación del método analítico empleado (Tabla 5).

METALES: Las concentraciones promedio más bajas se han obtenido para cadmio (resultados de 0,21 mg/kg en PAL-9 a 0,26 mg/kg en PAL-7 y PAL-8), mientras que las concentraciones más elevadas se han obtenido para zinc en todos los puntos de control (valores comprendidos entre 55,64 mg/kg en PAL-7 y 95,0 mg/kg en PAL-9).

c. 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.

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**

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 el siguiente cuadro se indica la clasificación de los indicadores de calidad obtenidos para las aguas del Puerto de Almería en el año 2017.

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	Máximo Potencial	Máximo Potencial	Máximo Potencial	Máximo Potencial
Tipo asignado a Hidrocarburos totales	Máximo Potencial	Máximo Potencial	Máximo Potencial	Máximo Potencial
VALORACIÓN GLOBAL	MÁXIMO POTENCIAL	MÁXIMO POTENCIAL	MÁXIMO POTENCIAL	MÁXIMO POTENCIAL

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

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 año 2017 se indican a continuación:

	PAL-1	PAL-2	PAL-4	PAL-6
Calidad biológica UGAP muy modificadas- Renovación Alta	Máximo Potencial	Máximo Potencial	Máximo Potencial	Máximo Potencial

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):

$$I_{CO} = C_{COT} + C_{NTK} + C_{PT}$$

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 indican los valores obtenidos en el Puerto de Almería para el indicador ICO en el año 2017:

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

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

Los niveles de contaminación de compuestos orgánicos y metales en aguas han sido muy bajos, inferiores a los límites establecidos en las Normas de Calidad Ambiental (NCA). En sedimentos las concentraciones de PAH y metales han sido en todos los casos inferiores a los recomendados por CEDEX para material de dragado (nivel de acción A).

Aplicación del 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:

- Evaluación del potencial ecológico
- Evaluación del estado químico

- **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 para las aguas y Carbono Orgánico total, Nitrógeno kjeldahl, Fósforo Total y el Índice de Calidad Orgánica en el caso de los sedimentos. 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. Los cálculos realizados considerando los datos obtenidos en 2017 se muestran a continuación:

INDICADOR (Agua)	PAL-1	PAL-2	PAL-4	PAL-6
Tipo asignado a Clorofila *a*	Máximo potencial	Máximo potencial	Máximo potencial	Máximo potencial
Tipo asignado a Turbidez	Máximo potencial	Máximo potencial	Máximo potencial	Máximo potencial
Tipo asignado a % Saturación Oxígeno	Máximo potencial	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)	Calidad Deficiente	Calidad Deficiente		Calidad Deficiente
Nitrógeno kjeldahl (NTK)	Calidad Buena / Superior	Calidad Buena / Superior		Calidad Buena / Superior
Fósforo total (PT)	Calidad Buena / Superior	Calidad Buena / Superior		Calidad Buena / Superior
Índice de Calidad Orgánica (ICO)	Calidad Moderada	Calidad Moderada		Calidad Moderada
VALORACIÓN GLOBAL	CALIDAD DEFICIENTE	CALIDAD DEFICIENTE	CALIDAD MÁXIMA	CALIDAD DEFICIENTE

- **Valoración del estado químico**

En este caso la valoración es la misma que se ha realizado en el apartado "Calidad química del agua y el sedimento (NCA)".

d. INCIDENCIAS REGISTRADAS EN RELACIÓN A LA CALIDAD DEL AGUA

En el año 2017 no se han registrado incidencias que hayan podido tener algún efecto en la calidad de las aguas.

5.1.5. CONCLUSIONES

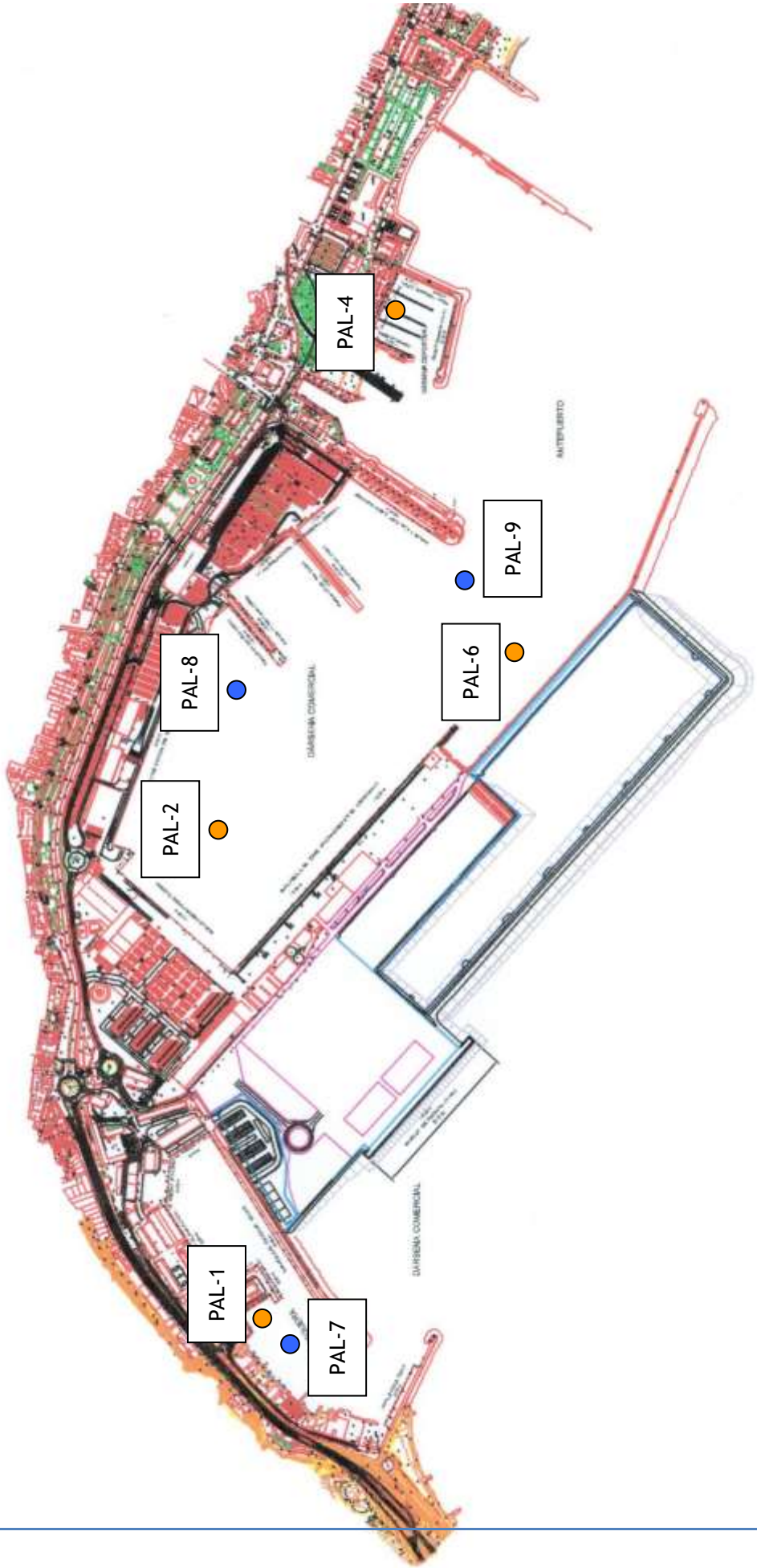
Las aguas del Puerto de Almería presentan buena calidad en general. Las concentraciones de contaminantes orgánicos, hidrocarburos y turbidez han sido muy bajos. Además, se han obtenido elevados porcentajes de oxígeno disuelto y, por todo esto, los indicadores de calidad fisicoquímica calculados según ROM 5.1. Mostraron Máximo potencial en todos los puntos. El indicador de calidad biológica presentó valores de calidad máxima en todos los puntos.

En relación a los sedimentos, el indicador de contaminación orgánica según ROM 5.1. mostró calidad deficiente en los tres puntos de control, como consecuencia principalmente de las elevadas concentraciones de materia orgánica obtenidas.

Por estos motivos comentados anteriormente, la valoración del estado ecológico según el RD 817/2015, considerando los análisis realizados en aguas y sedimentos, es deficiente en PAL-1, PAL-2 y PAL-6 (Dársenas comercial y pesquera) debido a las concentraciones elevadas de materia orgánica obtenidas en los sedimentos. En el punto PAL-4, el resultado ha sido de calidad máxima, ya que en este punto no se toman muestras de sedimento.

La valoración del estado químico en aguas ha sido satisfactorio, con concentraciones inferiores a las normas de calidad ambiental (NCA), y en sedimentos se han obtenido concentraciones de metales y PAH inferiores a las recomendaciones establecidas por CEDEX para nivel de acción A.

5.1.6. ANEXO II: LOCALIZACIÓN DE LAS ESTACIONES DE TOMA DE MUESTRAS PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE LAS AGUAS EN EL PUERTO DE ALMERÍA


PAL-4
PAL-9
PAL-8
PAL-6
PAL-2
PAL-1
PAL-7

5.2. PROGRAMA II.2. CALIDAD DEL AGUA Y VIGILANCIA AMBIENTAL EN EL PUERTO DE CARBONERAS

5.2.1. INTRODUCCIÓN

El principal objetivo es establecer un programa de control de la calidad de fangos y de aguas marítimas del Puerto de Carboneras, 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 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 5.1-13 de forma integral. A continuación se presentan los resultados obtenidos durante el año 2017.

5.2.2. LOCALIZACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO

En cada muestreo, se tomaron 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 III. 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

5.2.3. METODOLOGÍA

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 ha sido el siguiente:

PARÁMETROS	FECHA DE MUESTREO
pH *in situ*, CE *in situ*, Oxígeno disuelto *in situ*, Temperatura *in situ*, Turbidez, Hidrocarburos, Clorofila *a*	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)

* La toma de muestras correspondiente al Trimestre 2 (abril-junio), fue llevada a cabo en agosto de 2017, por haber resultado imposible realizarla en los meses correspondientes debido a las condiciones meteorológicas y el estado del mar.

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 litro 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

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)

* La toma de muestras correspondiente al Trimestre 2 (abril-junio), fue llevada a cabo en agosto de 2017, por haber resultado imposible realizarla en los meses correspondientes debido a las condiciones meteorológicas y el estado del mar.

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

5.2.4. RESULTADOS

a. RESULTADOS OBTENIDOS EN AGUAS

Los resultados de todos los contaminantes analizados obtenidos en cada una de las muestras se presentan en la Tabla 6.

Tabla 6. Resultados obtenidos en las muestras de agua. Datos promedio año 2017.

Muestra	PCA-1 Terminal ENDESA	PCA-2 Terminal Holcim
PARÁMETROS BÁSICOS		
pH (ud pH)	8,1	8,1
Temperatura (ºC)	19,10	19,25
Oxígeno Disuelto (mg/L)	>7,7	>7,6
% Oxígeno Disuelto	>100,0	>100,0
Conductividad a 20 ºC (µS/cm)	52033	52167
CONTAMINANTES GENERALES		
Hidrocarburos disueltos (µg/L)	<5,00	<5,00
Turbidez (UNF)	0,9	<0,5
Clorofila *a* (µg/L)	0,29	0,21
METALES		
Cadmio (µg/L)	<1	<1
Mercurio (µg/L)	<0,10	<0,10
Níquel (µg/L)	<2	<2
Plomo (µg/L)	<2	<2
FENOLES		
Octilfenol (µg/L)	<0,10	<0,10
4-nonilfenol (µg/L)	<0,10	<0,10

Muestra	PCA-1 Terminal ENDESA	PCA-2 Terminal Holcim
Pentaclorofenol (µg/L)	<0,10	<0,10
PLAGUICIDAS		
Atrazina (µg/L)	<0,05	<0,05
Diurón (µg/L)	<0,05	<0,05
Isoproturón (µg/L)	<0,05	<0,05
Simazina (µg/L)	<0,05	<0,05
Alacloro (µg/L)	<0,05	<0,05
Clorfenvinfos (µg/L)	<0,05	<0,05
Clorpirifos (µg/L)	<0,05	<0,05
Aldrín (µg/L)	<0,02	<0,02
Dieldrín (µg/L)	<0,02	<0,02
Endrín (µg/L)	<0,02	<0,02
Isodrín (µg/L)	<0,05	<0,05
Endosulfán (µg/L)	<0,05	<0,05
Hexaclorobenceno (µg/L)	<0,05	<0,05
Trifluralina (µg/L)	<0,05	<0,05
p-p´-DDT (µg/L)	<0,10	<0,10
Hexaclorociclohexano (µg/L)	<0,05	<0,05
Pentaclorobenceno (µg/L)	<0,05	<0,05
HIDROCARBUROS AROMÁTICOS POLICÍCLICOS		
Antraceno (ng/L)	<5,00	<5,00
Fluoranteno (ng/L)	<5,00	<5,00
Naftaleno (ng/L)	<5,00	<5,00
Benzo(a)pireno (ng/L)	<5,00	<5,00
Benzo(b)fluoranteno (ng/L)	<5,00	<5,00
Benzo(k)fluoranteno (ng/L)	<5,00	<5,00
Benzo(g,h,i)perileno (ng/L)	<1,40	<1,40
Indeno(1,2,3-cd)pireno (ng/L)	<1,40	<1,40
COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES		
Benceno (µg/L)	<0,50	<0,50
Tetracloruro de carbono (µg/L)	<1,00	<1,00
1,2-dicloroetano (µg/L)	<1,00	<1,00
Diclorometano (µg/L)	<1,00	<1,00
Tetracloroetileno (µg/L)	<1,00	<1,00
Tricloroetileno (µg/L)	<1,00	<1,00
Triclorobencenos (µg/L)	<0,10	<0,10
Triclorometano (µg/L)	<1,00	<1,00
Hexaclorobutadieno (µg/L)	<0,05	<0,05
OTROS COMPUESTOS ORGÁNICOS		
Cloroalcanos (µg/L)	<0,10	<0,10
BDE 47 (µg/L)	<0,05	<0,05
BDE 99 (µg/L)	<0,05	<0,05
Hexabromobifenilo (µg/L)	<0,05	<0,05
Tributilestaño (µg/L)	<0,10	<0,10
Di(2-etilhexil)ftalato (µg/L)	<0,10	<0,10

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 promedio superiores al 100 %, los cuales indican buena oxigenación de las aguas en ambos puntos de control (Tabla 6).

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. La turbidez presentó un resultado inferior al límite de cuantificación del método (<0,50 UNF) en PCA-2 y 0,9 UNF en PCA-1. Las concentraciones promedio de Clorofila *a* han sido similares en ambos puntos, con un valor de 0,29 µg/L en PCA-1 y 0,21 µg/L en PCA-2 (Tabla 6).

METALES: Las concentraciones de cadmio, níquel y plomo han sido bajas en todos los puntos de control, registrándose valores inferiores al límite de cuantificación del método analítico utilizado para cada metal.

RESTO DE CONTAMINANTES ORGÁNICOS (FENOLES, PLAGUICIDAS, HIDROCARBUROS AROMÁTICOS POLICÍCLICOS, COMPUESTOS VOLÁTILES, CLOROALCANOS, BROMODIFENILÉTERES, TRIBUTILESTAÑO, FTALATO): En todas las muestras analizadas, los valores de los diferentes compuestos incluidos en estos grupos de contaminantes orgánicos han sido inferiores al límite de cuantificación de los métodos analíticos empleados en casa caso (Tabla 6).

b. RESULTADOS OBTENIDOS EN SEDIMENTOS

Los resultados obtenidos de todos los contaminantes analizados en cada una de las muestras se exponen en la Tabla 7.

Tabla 7. Resultados obtenidos en las muestras de sedimentos. Año 2017.

Muestra	PCA-1	PCA-2
CONTAMINANTES GENERALES		
Nitrógeno total (%)	0,06	0,05
Fósforo total (mg/kg)	326,50	254,60
Materia orgánica (%)	3,56	2,18
HIDROCARBUROS AROMÁTICOS POLICÍCLICOS		
Antraceno (µg/kg)	<2,00	<2,00
Fluoranteno (µg/kg)	<2,00	<2,00
Naftaleno (µg/kg)	<2,00	<2,00
Benzo(a)pireno (µg/kg)	<2,00	<2,00
Benzo(b)fluoranteno (µg/kg)	<2,00	<2,00
Benzo(k)fluoranteno (µg/kg)	<2,00	<2,00
Benzo (g,h,i)perileno (µg/kg)	<2,00	<2,00
Indeno(1,2,3-cd)pireno (µg/kg)	<2,00	<2,00
Suma PAH (µg/kg)	<2,00	<2,00
METALES		

Muestra	PCA-1	PCA-2
Mercurio (mg/kg)	0,06	0,05
Cadmio (mg/kg)	0,10	0,09
Plomo (mg/kg)	12,8	14,2
Cobre (mg/kg)	7,2	7,7
Zinc (mg/kg)	40,9	37,5
Níquel (mg/kg)	8,7	7,0
Arsénico (mg/kg)	8,6	8,5
Cromo (mg/kg)	8,0	6,1

CONTAMINANTES GENERALES: La concentración de nitrógeno total ha oscilado entre 0,05 y 0,06 % en PCA-2 y PCA-1 respectivamente (Tabla 7). En el caso del fósforo total, las concentraciones registradas han sido superiores en PCA-1 (326,50 mg/kg), respecto a PCA-2 (254,60 mg/kg), mientras que la concentración de materia orgánica ha presentado valores entre 3,56 % en PCA-1 y 2,18 % en PCA-2.

HIDROCARBUROS AROMÁTICOS POLICÍCLICOS: No se han encontrado positivos 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 7).

METALES: Las concentraciones de metales han sido similares en los dos puntos de control, registrándose las más bajas para mercurio, mientras que las concentraciones más elevadas se han obtenido para zinc (40,9 mg/kg en PCA-1).

c. VALORACIÓN DEL ESTADO DE LAS MASAS DE AGUA EN EL PUERTO DE CARBONERAS

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**

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 el siguiente cuadro se indica la clasificación de los indicadores de calidad obtenidos para las aguas del Puerto de Carboneras en el año 2017.

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
VALORACIÓN GLOBAL	MAXIMO POTENCIAL	MAXIMO 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 Carboneras en el año 2016 se indican a continuación:

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

UGAP: Unidades de Gestión Acuática Portuarias

- **Evaluación de la calidad fisicoquímica del sedimento**

La valoración de este elemento se realiza a partir del Índice de Calidad Orgánica (ICO):

$$I_{CO} = C_{COT} + C_{NTK} + C_{PT}$$

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 indican los valores obtenidos en el Puerto de Carboneras para el indicador ICO para el año 2017:

	PCA-1	PCA-2
Índice de Calidad Orgánico (ICO)	7	8
Nivel de Calidad*	BUENA	MUY BUENA

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

Los niveles de contaminación de compuestos orgánicos y metales en aguas han sido muy bajos, inferiores a los límites establecidos en las Normas de Calidad Ambiental (NCA). En sedimentos las concentraciones de PAH y metales han sido en todos los casos inferiores a los recomendados por CEDEX para material de dragado (nivel de acción A).

Valoración del estado según 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:

- Evaluación del potencial ecológico
- Evaluación del estado químico

- **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 para las aguas y Carbono Orgánico total, Nitrógeno kjeldahl, Fósforo Total y el Índice de Calidad Orgánica en el caso de los sedimentos. 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. Los cálculos realizados considerando los datos obtenidos en 2017 se muestran a continuación:

INDICADOR (Agua)	PCA-1	PCA-2
Tipo asignado a Clorofila *a*	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 / Superior	Calidad Buena / Superior
Nitrógeno kjeldahl (NTK)	Máximo potencial	Máximo potencial
Fósforo total (PT)	Calidad Buena / Superior	Calidad Buena / Superior
Índice de Calidad Orgánica (ICO)	Calidad Buena / Superior	Calidad Buena / Superior
VALORACIÓN GLOBAL	CALIDAD BUENA / SUPERIOR	CALIDAD BUENA / SUPERIOR

- **Valoración del estado químico**

En este caso la valoración es la misma que se ha realizado en el apartado "Calidad química del agua y el sedimento (NCA)".

d. INCIDENCIAS REGISTRADAS EN RELACIÓN A LA CALIDAD DEL AGUA

No se han detectado incidencias ocurridas en el Puerto de Carboneras que hayan podido tener alguna incidencia en la calidad de las aguas.

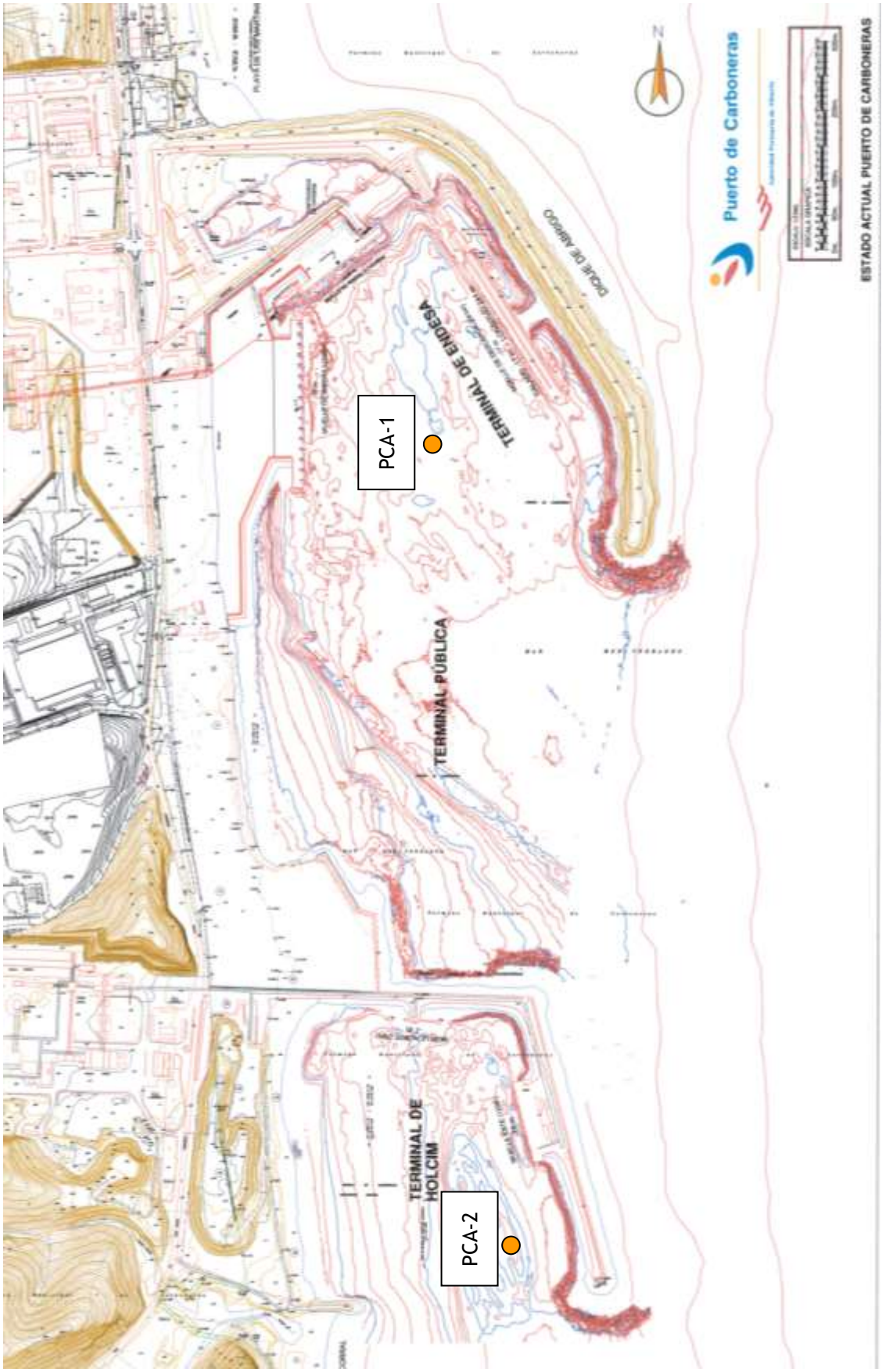
5.2.5. CONCLUSIONES

Las aguas del Puerto de Carboneras presentan muy buena calidad en general. Los valores de concentración de hidrocarburos, turbidez y Clorofila *a* observados durante el periodo de enero a diciembre de 2017 han sido bajos en los dos puntos. Los indicadores de calidad biológica y fisicoquímica establecidos por ROM 5.1-13 han presentado MÁXIMO POTENCIAL en los dos puntos de control. No se ha detectado la presencia de ningún contaminante orgánico, cumpliéndose en todo momento las Normas de Calidad Ambiental (NCA).

En el caso de los sedimentos se han obtenido valores de contaminación orgánica (materia orgánica, fósforo total y nitrógeno total) bajos, como consecuencia se obtuvo un valor elevado para el indicador ICO, siendo la categoría asignada de calidad BUENA y MUY BUENA en PCA-1 Y PCA-2 respectivamente. No se han detectado PAH en los sedimentos (valores de concentración inferiores al límite de cuantificación del método analítico), y las concentraciones de metales obtenidas han sido, en general, bajas y en los dos casos inferiores a los criterios establecidos por CEDEX para el material dragado.

La valoración del estado según RD 817/2015, considerando los análisis realizados en aguas y en sedimentos, ha sido CALIDAD BUENA/SUPERIOR en los dos puntos de control.

5.2.6. ANEXO III: LOCALIZACIÓN DE LAS ESTACIONES DE TOMA DE MUESTRAS PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE LAS AGUAS EN EL PUERTO DE CARBONERAS


PCA-1
PCA-2
TERMINAL DE ENDESA
TERMINAL PÚBLICA
TERMINAL DE HOLCIM
DIQUE DE ABRIGO
Puerto de Carboneras
ESTADO ACTUAL PUERTO DE CARBONERAS

6. PROGRAMA III. VIGILANCIA AMBIENTAL EN LA ZONA DE EL ALQUIÁN

6.1. INTRODUCCIÓN

En este programa se realiza el control de la calidad de sedimentos y de aguas marítimas de la zona de El Alquián en la que se ubica el gasoducto de Medgaz (Argelia-España) en Almería. Este programa se centra en la toma de muestras y datos de campo, y la determinación de aquellos indicadores químicos y fisicoquímicos que sean más representativos del estado de las aguas marítimas. Se ha tomado como referencia el documento de "*Declaración de Impacto Ambiental sobre la evaluación del proyecto Gasoducto Argelia-Europa, vía España*". A continuación se presentan los resultados obtenidos en el periodo anual enero-diciembre 2017. Además, se realiza un breve estudio comparativo con la situación antes de la ejecución del proyecto.

El documento de Declaración de Impacto Ambiental (DIA) sobre la evaluación del proyecto "Gasoducto Argelia-Europa, vía España. Tramo marino y primer tramo terrestre (Almería)" establece la necesidad de realizar un control de la evolución de las praderas de *Posidonia oceánica* y *Cymodocea nodosa*. La importancia de estos estudios de seguimiento de las praderas submarinas radica en el elevado interés de conservación de ambas especies.

Posidonia oceánica es una especie endémica del Mediterráneo que constituye la comunidad clímax representando el máximo nivel de desarrollo y complejidad del ecosistema submarino. Ha sido clasificada como "Hábitat prioritario" en el Anexo I de la Directiva 92/43/CE. Las praderas de *Posidonia oceánica* están en regresión en el Mediterráneo, principalmente debido a la presión antrópica en el litoral (contaminación, pesca de arrastre, actividades náuticas, construcción de obras costeras, eutrofización). Es una planta sensible a los cambios ambientales, vive entre los 1 y 30 m de profundidad a temperaturas entre 10 y 28ºC, necesita valores de salinidad relativamente constantes y requiere un sustrato humificado (degradación de restos vegetales).

Cymodocea nodosa es la segunda fanerógama marina más importante del Mediterráneo por la extensión que ocupan sus formaciones. Presenta un marcado ciclo de crecimiento, con máximos en primavera y verano. Es una planta colonizadora, con una amplia tolerancia ambiental, su instalación hace que un sustrato eminentemente inestable se transforme en uno mucho más estructurado, donde pueden instalarse un mayor número de especies.

En el presente informe se muestra un análisis comparativo con la situación de las praderas de fanerógamas submarinas antes del proyecto, utilizando para ello el programa estadístico SPSS Statistics 21.

6.2. LOCALIZACIÓN DE LOS PUNTOS DE TOMA DE MUESTRAS

La ubicación de los puntos de muestreo ha sido establecida por Medgaz y se presentan en la Figura 11. Se toman muestras en un total de 25 puntos. Las muestras de agua se han tomado a 3 profundidades diferentes: en superficie, a 3 m del fondo y a 1 m del fondo, constituyendo un total de 75 muestras. Las muestras de sedimentos se han tomado en estos mismos puntos. El muestreo se ha realizado con periodicidad semestral en los meses de junio y noviembre de 2017. Las coordenadas UTM y profundidad de los mismos se presentan en la Tabla 8.

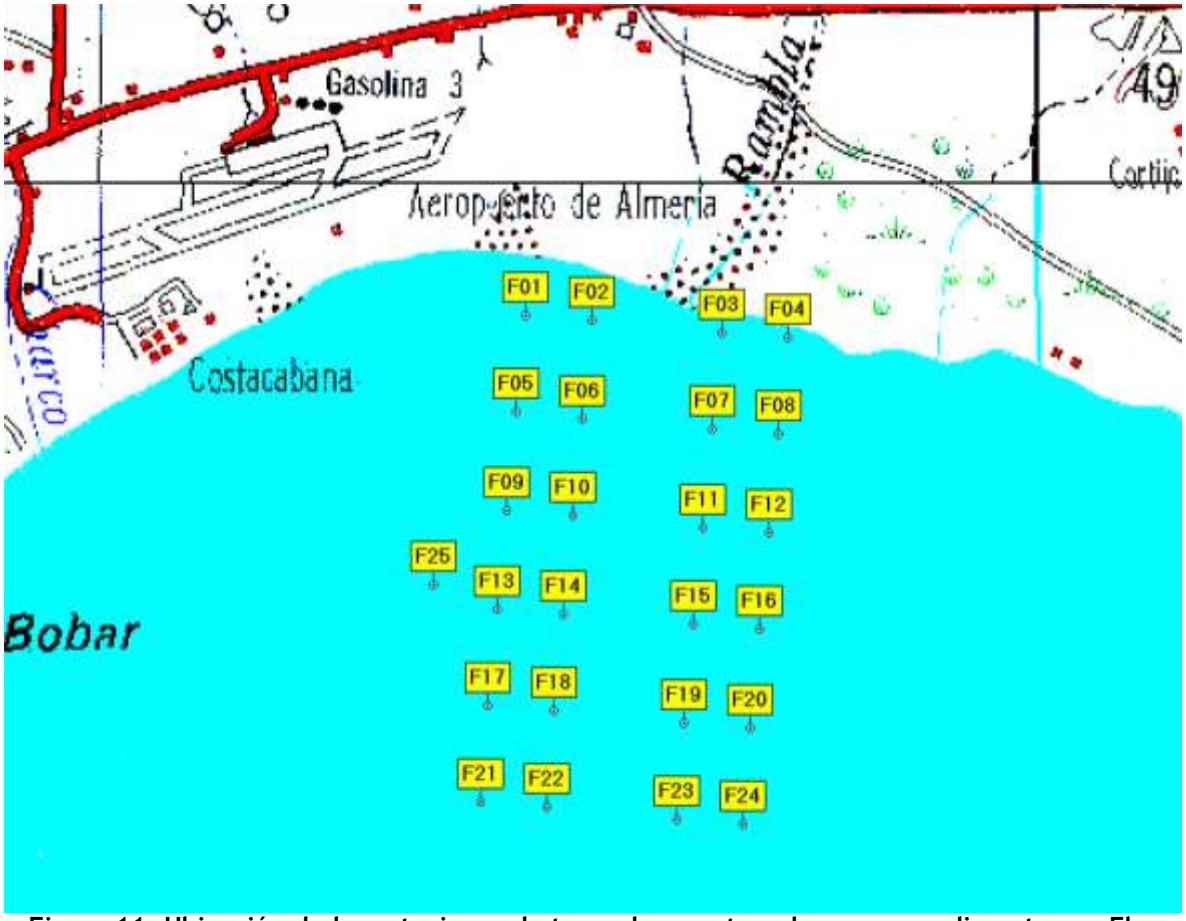


Figura 11. Ubicación de las estaciones de toma de muestras de aguas y sedimentos en El Alquián.

Tabla 8. Coordenadas UTM y profundidad de los puntos de toma de muestras.

NOMBRE	COORD X	COORD Y	PROF (m)	NOMBRE	COORD X	COORD Y	PROF (m)
F01	557283	4077300	6,0	**F14**	557485	4075778	27,0
F02	557632	4077271	6,0	**F15**	558183	4075722	28,0
F03	558330	4077214	5,0	**F16**	558532	4075693	28,5
F04	558679	4077186	5,5	**F17**	557087	4075309	36,0
F05	557234	4076802	17,5	**F18**	557436	4075281	36,0
F06	557583	4076774	17,5	**F19**	558133	4075224	34,0
F07	558281	4076717	15,0	**F20**	558482	4075195	33,0
F08	558630	4076688	14,0	**F21**	557044	4074811	46,0
F09	557185	4076305	22,0	**F22**	557393	4074783	45,0
F10	557534	4076276	22,0	**F23**	558091	4074726	44,0
F11	558232	4076219	21,0	**F24**	558441	4074698	43,0
F12	558581	4076191	21,0	**F25**	556786	4075928	27,7
F13	557136	4075803	28,5				

Los puntos de control de las praderas de Posidonia y Cymodocea son los indicados en la Declaración de Impacto Ambiental y se muestran en la Tabla 9 y la Figura 12. En el informe trimestral abril-junio de 2017 se presentaron los trabajos realizados y resultados obtenidos en la campaña de muestreo llevada a cabo en 2017, en el presente informe se muestra el estudio comparativo entre las diferentes campañas de muestreo.

Tabla 9. Ubicación de los puntos de control de las praderas de *Posidonia oceanica* y *Cymodocea nodosa*.

PUNTO	COORDENADAS	PUNTO	COORDENADAS
CYMODOCEA 1	557827 / 4076894	**CYMODOCEA 13**	557799 / 4076659
CYMODOCEA 2	557875 / 4076875	**CYMODOCEA 14**	557858 / 4076639
CYMODOCEA 3	557818 / 4076839	**CYMODOCEA 15**	557794 / 4076612
CYMODOCEA 4	557871 / 4076830	**CYMODOCEA 16**	557853 / 4076590
CYMODOCEA 5	557813 / 4076802	**CYMODOCEA 17**	557786 / 4076562
CYMODOCEA 6	557868 / 4076792	**CYMODOCEA 18**	557849 / 4076542
CYMODOCEA 7	557810 / 4076768	**CYMODOCEA 19**	557781 / 4076506
CYMODOCEA 8	557865 / 4076755	**CYMODOCEA 20**	557844 / 4076484
CYMODOCEA 9	557807 / 4076734		
CYMODOCEA 10	557863 / 4076716	**POSIDONIA 1**	558518 / 4076403
CYMODOCEA 11	557803 / 4076692	**POSIDONIA 2**	558480 / 4076439
CYMODOCEA 12	557861 / 4076679	**POSIDONIA 3**	558483 / 4076510

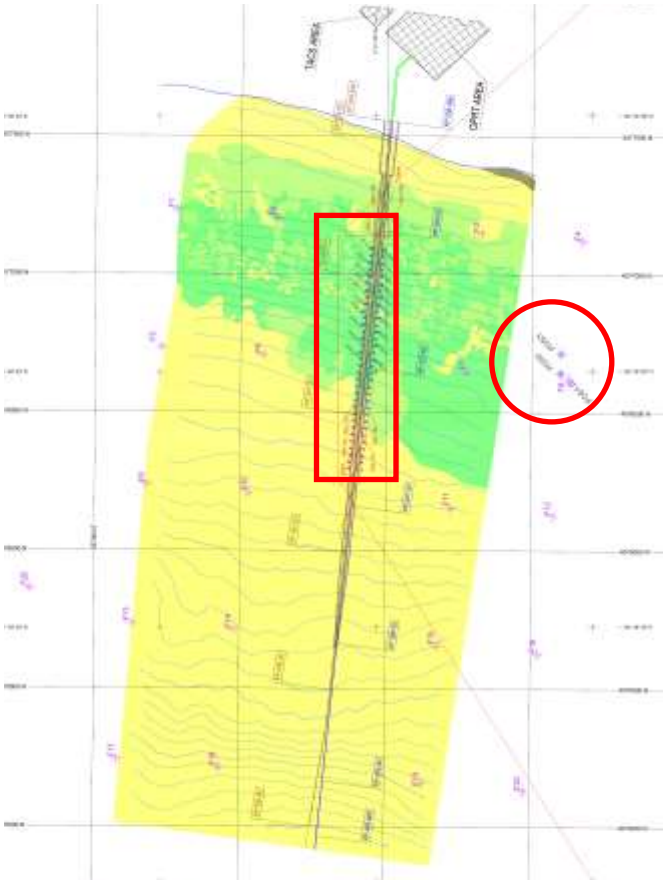


Figura 12. Ubicación de los puntos de control de las praderas de *Posidonia oceánica* y *Cymodocea nodosa*.

6.3. METODOLOGÍA

Toma de muestras

Las muestras han sido tomadas por personal experto mediante embarcación tipo zodiac. En primer lugar se han tomado los datos *in situ* y las muestras de agua y posteriormente se han tomado los sedimentos. Para realizar la toma de muestras de aguas se han considerado procedimientos normalizados de trabajo basados en las normas:

- *UNE-EN-ISO 5667-1:2004*. Calidad del agua. Muestreo. Parte 1: *Guía para el diseño de los programas de muestreo* (ISO 5667-1:1980).
- *UNE-EN-ISO 5667-3:2013*. Calidad del agua. Muestreo. Parte 3: *Guía para la conservación y manipulación de muestras* (ISO 5667-3:2012).
- *ISO 5667*-9. Water quality. Sampling. Part 9. Guidance on sampling from marine Waters.

La toma de muestras en superficie se ha realizado desde la embarcación directamente en el envase en el que se ha trasladado la muestra. La toma de muestras de sedimentos se ha realizado con draga tipo Van Dorn de 225 cm^2 de superficie.

Análisis de aguas y sedimentos

Antes de proceder a la toma de las muestras, se realizan las analíticas *in situ* pertinentes, para evitar la alteración de las características ambientales durante el muestreo. En este caso se han medido *in situ*:

- Temperatura del agua, mediante sonda.
- Transparencia del agua mediante la estimación de la profundidad de visión del disco de Secchi, tomada entre las 9.00 y las 15.00 horas.

ANÁLISIS EN AGUAS	TÉCNICA	NORMA DE REFERENCIA/PROCEDIMIENTO
Hidrocarburos*	Soxhlet-GC-MS/MS	UNE-EN-ISO 9377-2
Sólidos en suspensión totales**	Gravimetría	Procedimiento interno

*Esta determinación se ha realizado en las muestras tomadas en superficie
**Esta determinación se realizará en superficie, a 1 m. del fondo y a 3 m. del fondo

ANÁLISIS EN SEDIMENTOS	TÉCNICA	NORMA DE REFERENCIA/PROCEDIMIENTO
Granulometría	Gravimetría	Procedimiento interno
Materia orgánica	Gravimetría	Procedimiento interno
Bifenilos policlorados (PCB)*	Soxhlet-GC-MS/MS	Procedimiento interno
Metales pesados: Hg, Cd, Pb, Zn, Cr, As, Cu	Digestión ácida-EAA	Procedimiento interno

*Se analizan los PCB: 18, 28, 31, 44, 52, 77, 81, 101, 105, 114, 123+118, 126, 138, 153, 156, 157, 167+128, 169, 180, 189, 209.

Las fracciones granulométricas consideradas se presentan en el siguiente cuadro:

Fracción > 5 mm Φ	Grava
Fracción 1-5 mm Φ	Gravilla
Fracción 0,5-1 mm Φ	Arena gruesa
Fracción 0,08-0,5 mm Φ	Arena fina
Fracción < 0,08 mm Φ	Fango

Control de la evolución de las praderas de *Posidonia oceánica* y *Cymodocea nodosa*

El control de la pradera de *Posidonia oceanica* se ha realizado en 3 parcelas de 1 m^2 situadas en el borde más cercano al trazado de la zanja. El control de *Cymodocea nodosa* se ha realizado en 20 parcelas de 1 m^2 situadas en 20 de las estacas situadas a 5 m del borde de la zanja. Se estima en cada parcela la densidad media de haces y el porcentaje de cobertura. Para la estima de la densidad y cobertura de ambas especies se han utilizado cuadrados plegables de 40 x 40 cm. La densidad de haces es el número total de plantas (haces) vivos por unidad de superficie, es decir una estima cuantitativa de la abundancia de la población. Se han tomado dos réplicas en cada punto, y se ha estimado el valor medio. El resultado obtenido se expresa en haces/m^2.

El porcentaje de cobertura es la proporción (porcentaje) del fondo marino colonizado por la especie objeto del estudio. Es una estimación semicuantitativa que se realiza sobre un cuadrado de 40 x 40 cm subdividido en cuadrados de 20 x 20 cm. En cada subcuadrado se realiza una estimación visual del porcentaje de cobertura entre 0 y 100%. La cobertura se estima como un valor medio de los resultados obtenidos en cada subcuadrado.

Además, se ha realizado una toma continua de vídeo en tres transectos: el eje de la tubería y las dos paralelas a éste ubicadas a 5 m del borde de la zanja. La toma del vídeo se ha realizado mediante inmersión de forma continua a lo largo de cada transecto y se ha utilizado una cámara Sony XR-520.

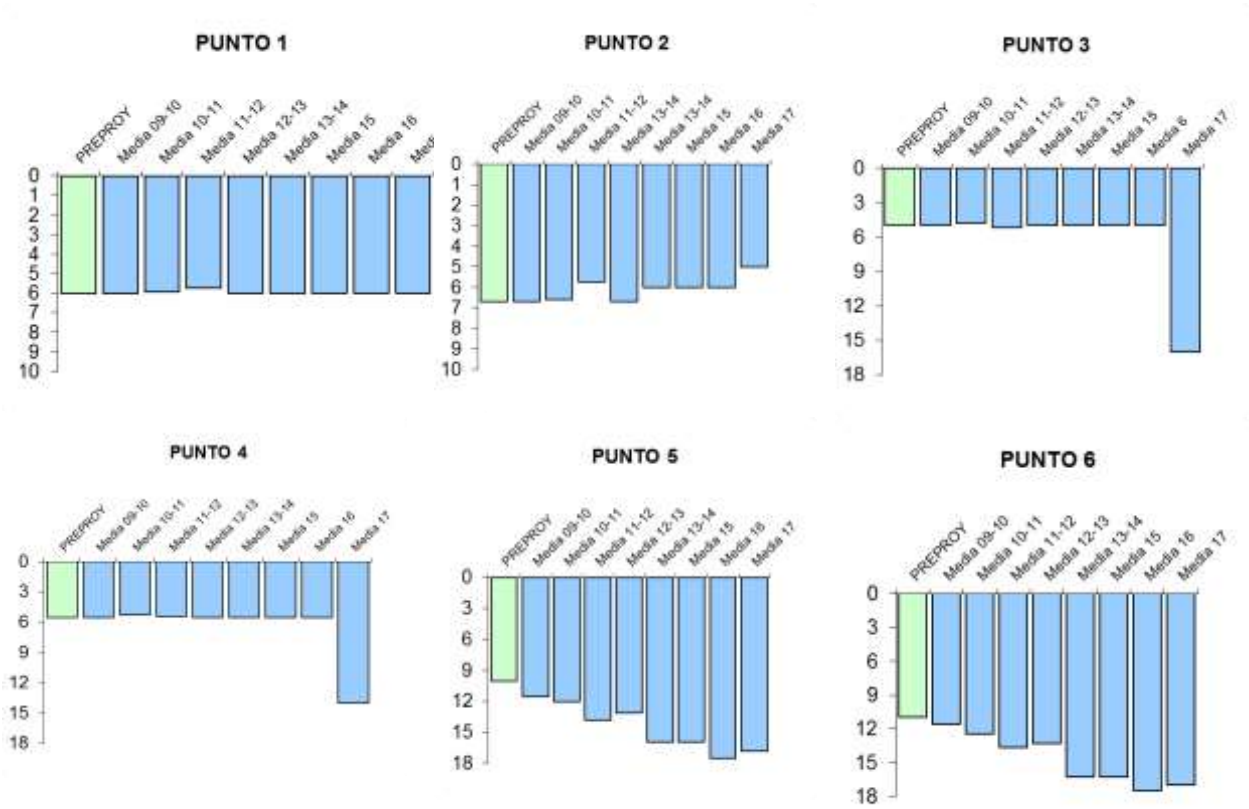
A continuación se muestran algunas fotografías tomadas durante la toma de datos.

6.4. RESULTADOS

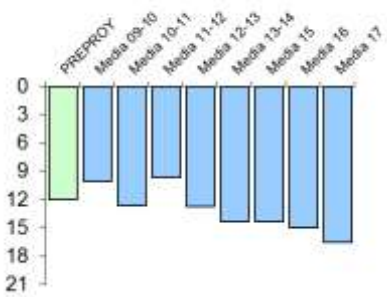
a. CALIDAD DE LAS AGUAS Y SEDIMENTOS EN EL PERIODO ENERO-DICIEMBRE 2017. ANÁLISIS COMPARATIVO CON LA SITUACIÓN ANTES DEL PROYECTO

Los valores medios de profundidad de visión del disco de Secchi (transparencia) en la zona de estudio antes del proyecto (barra de color verde), y los diferentes periodos de estudio, desde 2009 a 2017 (barras color azul) se muestran en la Figura 13.

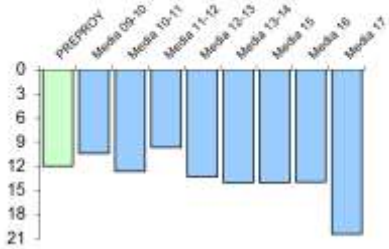
Para realizar el estudio comparativo entre las anualidades de estudio análisis estadístico ANOVA con el programa SPSS. Este análisis ha mostrado que los valores medios de profundidad de visión del disco de Secchi no difieren de forma significativa entre la situación antes del proyecto y los años posteriores de estudio. Sin embargo en los periodos 2013/2014, 2015, 2016 y 2017 se ha observado un incremento significativo de la trasparencia (Figura 14).



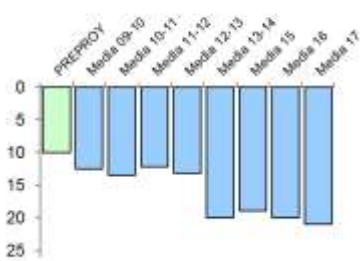
PUNTO 7



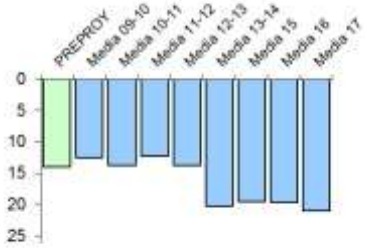
PUNTO 8



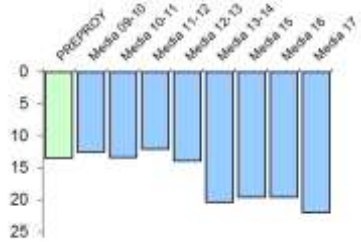
PUNTO 9



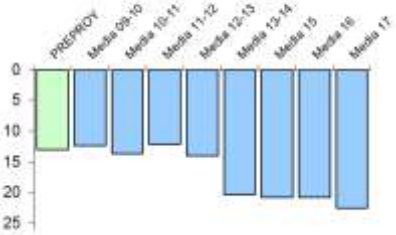
PUNTO 10



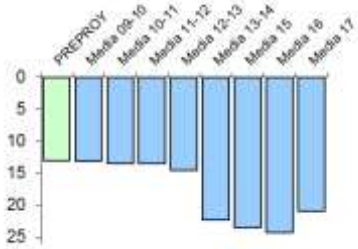
PUNTO 11



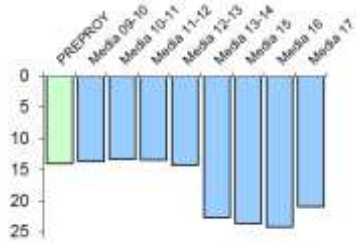
PUNTO 12



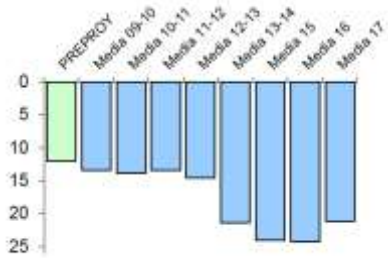
PUNTO 13



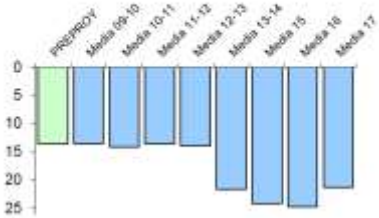
PUNTO 14



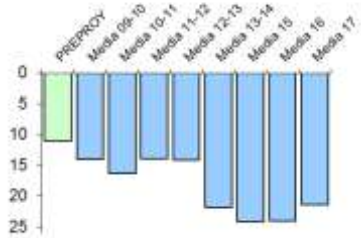
PUNTO 15



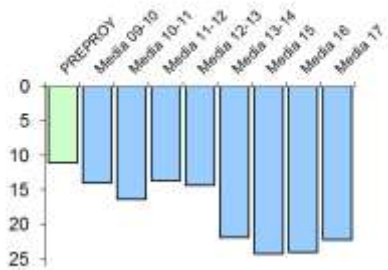
PUNTO 16



PUNTO 17



PUNTO 18



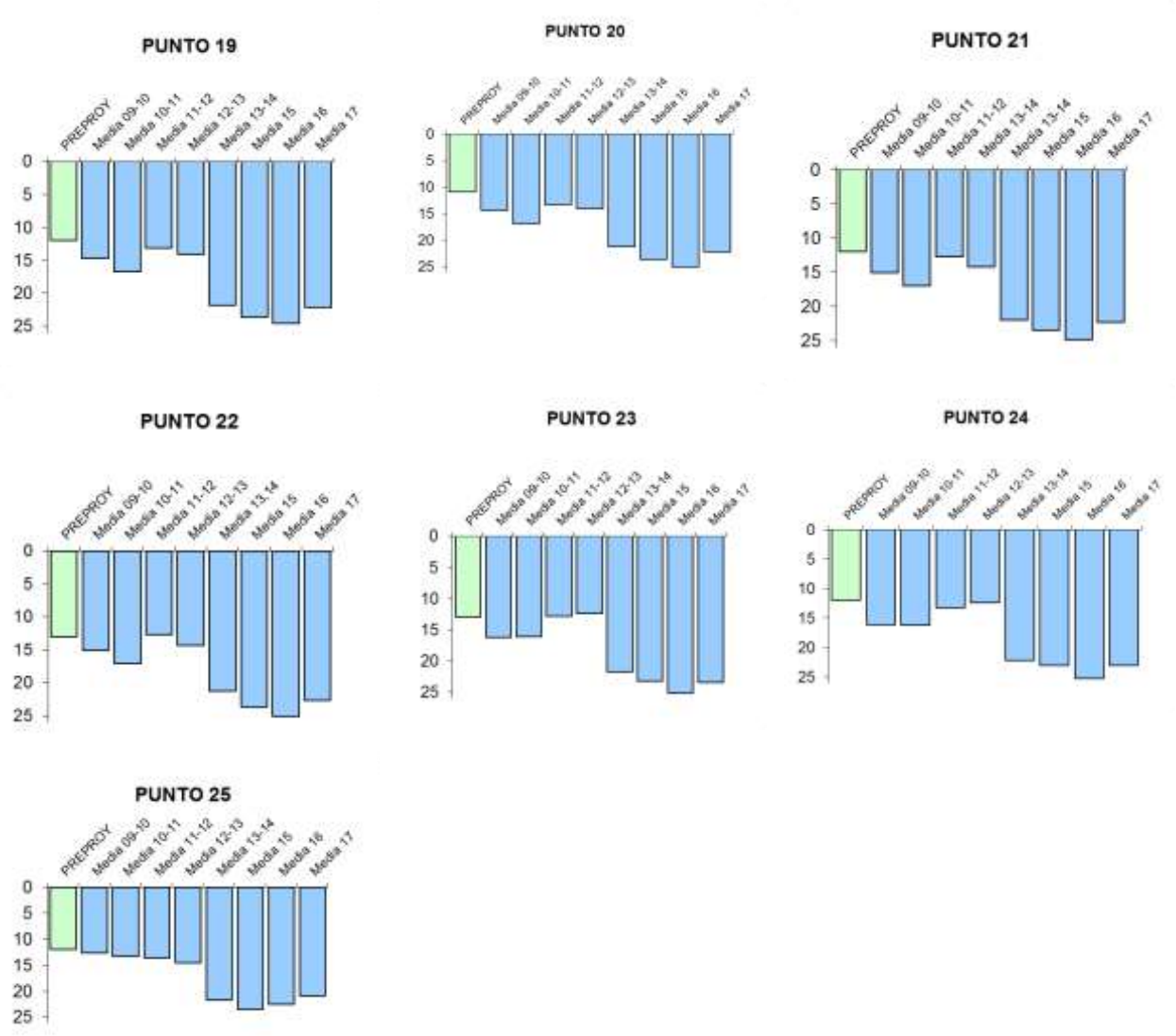


Figura 13. Evolución de la transparencia del agua. Datos obtenidos antes de la ejecución del proyecto y situación durante el periodo 2009-2017.

PREPROY: Valores obtenidos antes de la ejecución del proyecto para transparencia.
Media 09-10: Valores medios obtenidos para el periodo de julio de 2010 a junio de 2011 para transparencia.
Media 10-11: Valores medios obtenidos para el periodo de julio de 2010 a junio de 2011 para transparencia.
Media 11-12: Valores obtenidos durante el periodo julio 2011-junio 2012 para transparencia.
Media 12-13: Valores obtenidos durante el periodo julio 2012-junio 2013 para transparencia.
Media 13-14: Valores obtenidos durante el periodo julio 2013-junio 2014 para transparencia.
Media 15: Valores obtenidos durante el periodo 2015 para transparencia.
Media 16: Valores obtenidos durante el periodo 2016 para transparencia.
Media 17: Valores obtenidos durante el periodo 2017 para transparencia.

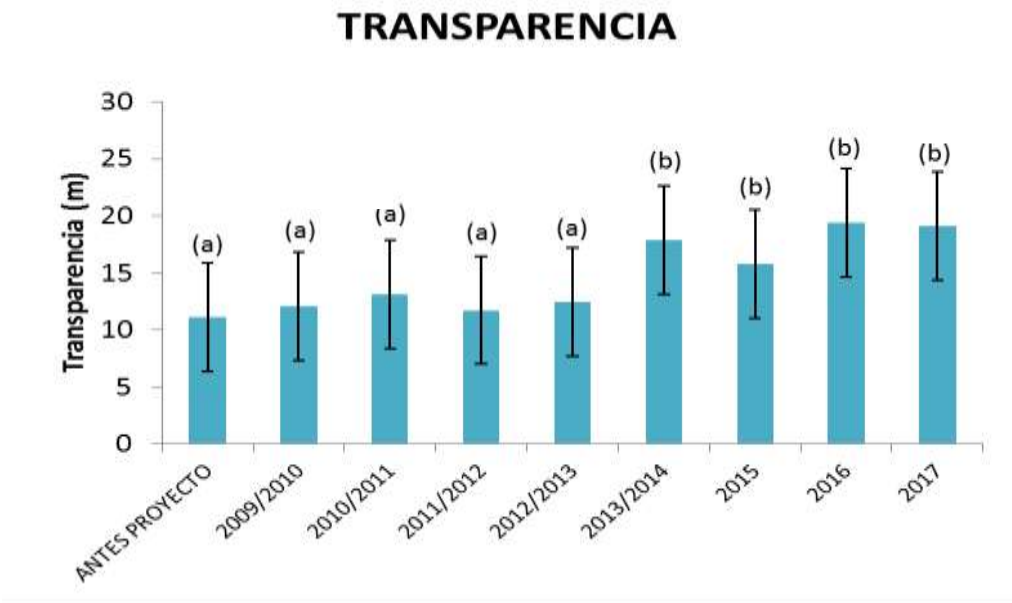
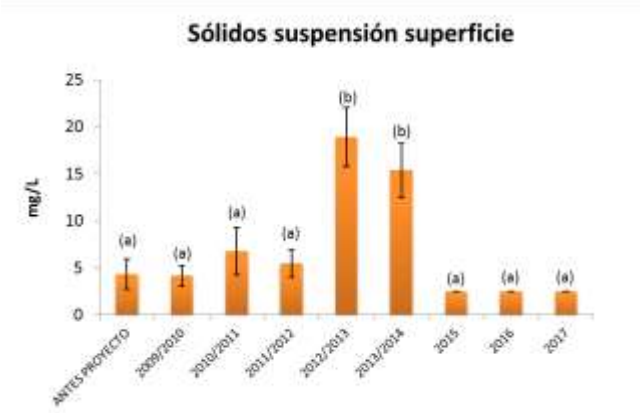


Figura 14. Valores medios de transparencia del agua y desviación estándar (barra vertical) en los siete periodos de estudio. Resultados del Test estadístico ANOVA: letra diferente indica que existen diferencias significativas (p-valor > 0,05).

Se puede realizar un análisis similar con los resultados obtenidos de concentración de sólidos en suspensión en superficie, a 3 m del fondo y a 1 m del fondo. En este caso sí se han observado diferencias significativas, en los años 2012 a 2014 se observó un incremento de las concentraciones de sólidos en las tres profundidades, mientras que en 2015, 2016 y 2017 se han obtenido concentraciones significativamente más bajas y similares a la situación antes de proyecto (Figura15).



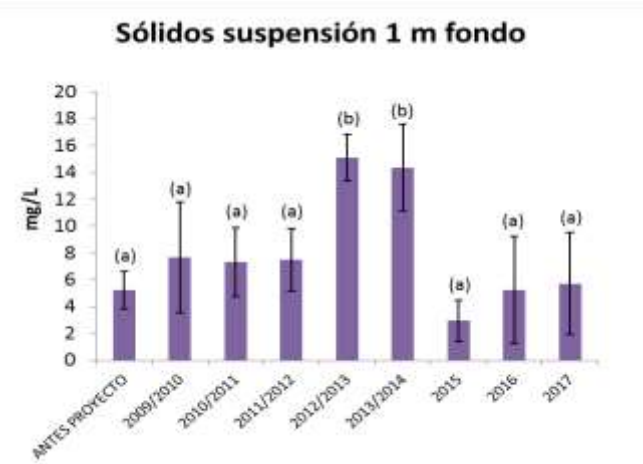


Figura 15. Valores medios de concentración de sólidos en suspensión en agua y desviación estándar (barra vertical) en los siete periodos de estudio. Resultados del Test estadístico ANOVA: letra diferente indica que existen diferencias significativas (p-valor > 0,05).

No se dispone de datos del parámetro hidrocarburos antes del proyecto. En el periodo 2017 las concentraciones de hidrocarburos en superficie han sido muy bajas (inferiores al límite de cuantificación del método analítico empleado).

En el caso de los sedimentos, el contenido en materia orgánica ha variado durante todo el periodo de estudio. Durante este año 2017 los valores obtenidos han sido similares a los registrados años anteriores, pero inferiores a 2016 (Figura 16).

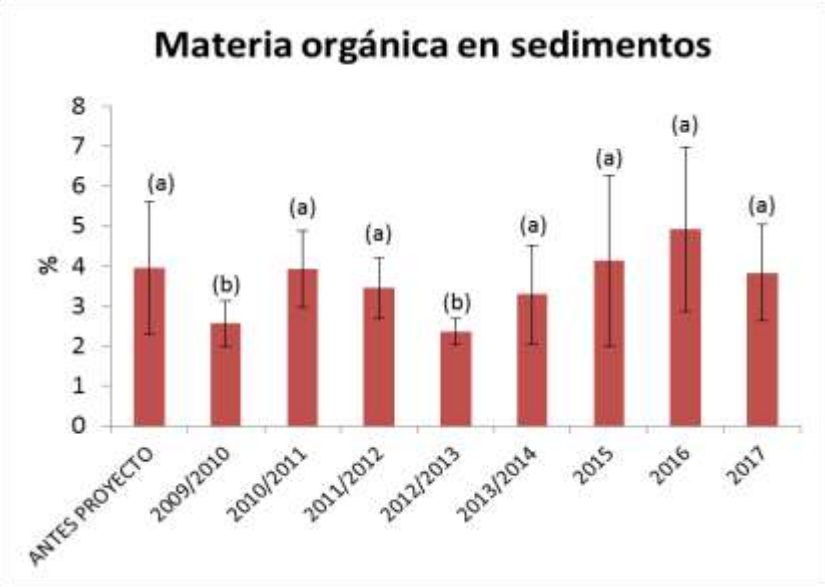


Figura 16. Valores medios de concentración de materia orgánica en sedimentos y desviación estándar (barra vertical) en los siete periodos de estudio. Resultados del Test estadístico ANOVA: letra diferente indica que existen diferencias significativas (p-valor > 0,05).

No se dispone de datos de concentración de PCB, granulometría y metales en sedimentos de la zona de estudio antes de la ejecución del proyecto que permita realizar un estudio comparativo. Los valores obtenidos durante los años de estudio han mostrado gran estabilidad en los resultados para estos parámetros.

Para realizar una evaluación más profunda se puede tomar como referencia el documento publicado por el CEDEX sobre "*Recomendaciones para la gestión del material dragado en los puertos españoles*". Los valores obtenidos para los contaminantes PCB y metales se encuentran por debajo de los límites establecidos por el CEDEX en su publicación Recomendaciones para la gestión del material dragado en los puertos españoles, considerándose como sedimentos no contaminados.

b. CONTROL DE LA EVOLUCIÓN DE LAS PRADERAS DE POSIDONIA Y CYMODOCEA: ESTUDIO COMPARATIVO CON LA SITUACIÓN ANTES DEL PROYECTO

La evolución temporal de la cobertura y densidad de haces de las dos especies de fanerógamas marinas estudiadas se presenta en las Figuras 17, 18 y 19, incluyendo los datos disponibles de la situación antes del proyecto. El análisis de las dos especies en conjunto ha mostrado datos de cobertura similares en todos los periodos de estudio (no se han detectado diferencias significativas). En cuanto la densidad, se observó una disminución después de la ejecución del proyecto y posterior incremento en los años 2014, 2015, 2016 y 2017 (Figura 17).

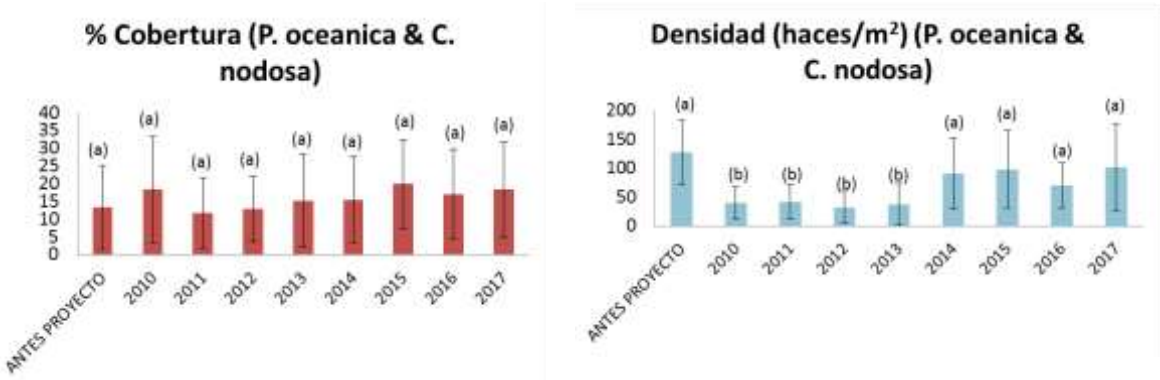


Figura 17. Valores medios de cobertura y densidad de fanerógamas y desviación estándar (barra vertical) en los ocho periodos de estudio. Resultados del Test estadístico Kruskal-Wallis: letra diferente indica que existen diferencias significativas (p-valor > 0,05).

Se ha realizado el estudio de la evolución temporal de cada especie por separado. En el caso de *Posidonia oceánica* se ha observado que la cobertura ha incrementado de forma significativa desde el año 2013 en relación a la situación antes del proyecto. La densidad se ha incrementado de forma paulatina desde 2010 hasta 2015, en 2016 se observó una disminución de la densidad, volviendo a incrementar drásticamente en 2017 (Figura 18).

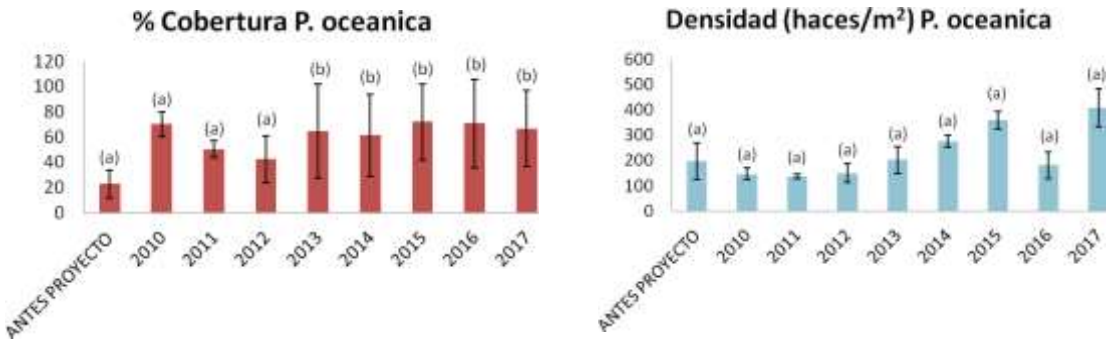


Figura 18. Valores medios de cobertura y densidad de la fanerógama *Posidonia oceánica* y desviación estándar (barra vertical) en los ocho periodos de estudio. Resultados del Test estadístico Kruskal-Wallis: letra diferente indica que existen diferencias significativas (p-valor > 0,05).

Las praderas de *P. oceánica* se pueden clasificar según la densidad de haces, en este caso se han clasificado según el sistema propuesto por Pergent-Martini (1996) en el cual se relaciona la densidad de matas con la profundidad. Según este sistema las praderas estudiadas en los puntos P1, P2 y P3 durante el periodo de estudio han evolucionado desde densidad baja-normal (indica que la comunidad presenta alteraciones) a densidad normal (indica que la pradera está en equilibrio). En el año 2017 la densidad ha sido normal-excepcional (Tabla 10).

Tabla 10. Valores de densidad de *Posidonia oceanica* durante los años de estudio y clasificación según Pergent-Martini (1996).

	DENSIDAD HACES (haces/m^2) Antes proy.	DENSIDAD HACES (haces/m^2) jul-10	DENSIDAD HACES (haces/m^2) jun-11	DENSIDAD HACES (haces/m^2) jun-12	DENSIDAD HACES (haces/m^2) jun-13	DENSIDAD HACES (haces/m^2) jun-14	DENSIDAD HACES (haces/m^2) jun-15	DENSIDAD HACES (haces/m^2) jun-16	DENSIDAD HACES (haces/m^2) jun-17
P1	275	170	127	194	169	300	350	237	425
P2	100	125	144	125	263	275	350	175	475
P3	219	144	140	131	175	250	375	131	325
Clasif. Densidad	BAJA-NORMAL	BAJA-NORMAL	BAJA-NORMAL	BAJA-NORMAL	NORMAL	NORMAL	NORMAL	BAJA-NORMAL	NORMAL-EXCEPCIONAL

En el caso de *Cymodocea nodosa* se ha observado que la cobertura ha presentado valores similares en la situación antes de proyecto y después de proyecto. La densidad sin embargo disminuyó de forma significativa después del proyecto, y volvió a aumentar en el año 2014 manteniéndose hasta 2017 (Figura 19).

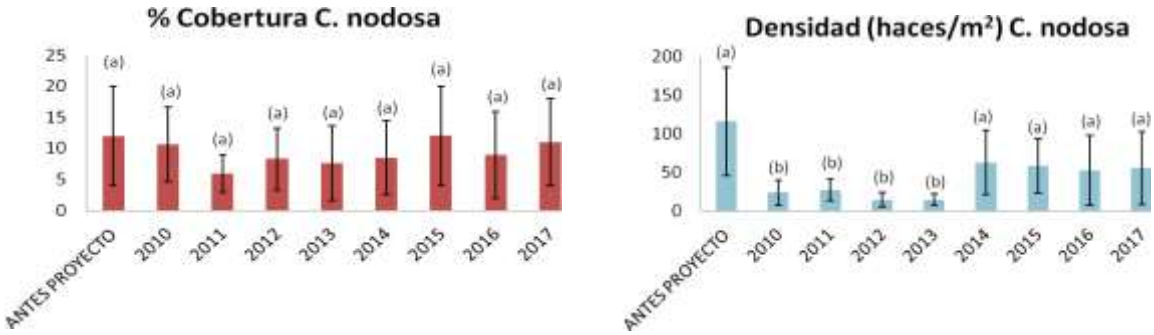


Figura 19. Valores medios de cobertura y densidad de la fanerógama *Cymodocea nodosa* y desviación estándar (barra vertical) en los ocho periodos de estudio. Resultados del Test estadístico Kruskal-Wallis: letra diferente indica que existen diferencias significativas (p-valor > 0,05).

6.5. CONCLUSIONES

En el año 2017 se ha obtenido buena calidad del agua en la Zona de El Alquián, en general. Los valores de transparencia del agua han sido elevados, y similares a los registrados en periodos anteriores. La concentración de sólidos en suspensión e hidrocarburos en agua ha sido muy baja, en la mayoría de casos inferiores a los límites de cuantificación del método analítico.

En el caso de los sedimentos los análisis realizados con los resultados de materia orgánica muestran que los niveles se han mantenido similares a los registrados a los años anteriores, y a la situación antes del proyecto. No se ha detectado contaminación por PCB, y los valores de granulometría y materia orgánica se mantienen estables. Los valores de concentración de metales y PCB se mantienen en niveles bajos y en valores inferiores a los establecidos por el CEDEX para el material dragado.

Los resultados obtenidos en los estudios de fanerógamas marinas parecen confirmar la tendencia a la recuperación de ambas especies, tras la ejecución del proyecto. La pradera de *Posidonia oceánica* se vio afectada después del proyecto (disminución de la

densidad), y posteriormente se observó un incremento significativo de la densidad en el año 2014, manteniéndose este incremento en 2015, siendo 2017 el año con mayor densidad tras finalizar el proyecto. La clasificación de la comunidad según Pergent-Martini (1996) en 2017 mostró densidad normal-excepcional (indica que la comunidad está en equilibrio).

En el caso de la especie *Cymodocea nodosa* la cobertura se ha incrementado paulatinamente desde el año 2012 hasta la actualidad. La densidad se incrementó de forma significativa en 2014, manteniéndose desde 2015 a 2017.

Se recomienda mantener el control ambiental de aguas, sedimentos y fanerógamas marinas para corroborar que la calidad de aguas y sedimentos se mantiene en niveles similares a los obtenidos antes del proyecto, así como documentar el proceso de recuperación de las praderas submarinas.