INFORME

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

INFORME ANUAL

FECHA: **ENERO - DICIEMBRE 2019**

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 2019

LABORATORIO DE ENSAYO:
Entidad: LABORATORIO ANALÍTICO BIOCLÍNICO
C.I.F.: B04437331
Dirección: C/ Albert Einstein nº7. Parque Científico Tecnológico de Almería. Autovía del Mediterráneo (A-7), Salida 460. 04131, El 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:**
01/01/2019	31/12/2019

Fecha de emisión de informe:
04/03/2020

Responsables:

Laura María Díaz Moreno

DIAZ MORENO LAURA MARIA - 75268430X

Firmado digitalmente por DIAZ MORENO LAURA MARIA - 75268430X
Nombre de reconocimiento (DN): c=ES, serialNumber=IDCES-75268430X, givenName=LAURA MARIA, sn=DIAZ MORENO, cn=DIAZ MORENO LAURA MARIA - 75268430X
Fecha: 2020.03.16 19:14:30 +01'00'

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 9001:2015 (ES 10/8058) e ISO 14001:2015 (ES 08/6030)

INDICE

1. INTRODUCCIÓN 3
2. OBJETIVO DE ESTE INFORME 4
3. NORMATIVA APLICABLE 4
4. PROGRAMA I. CALIDAD DEL AIRE Y PROPUESTA DE MEDIDAS CORRECTORAS .. 5
4.1. INTRODUCCIÓN 5
4.2. METODOLOGÍA DE TOMA DE MUESTRA Y ANÁLISIS 5
4.3. RESULTADOS 6
4.4. CONCLUSIONES 26
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 27
5. PROGRAMA II. CALIDAD DEL AGUA Y VIGILANCIA AMBIENTAL 29
5.1. PROGRAMA II.1. CALIDAD DEL AGUA Y VIGILANCIA AMBIENTAL EN EL PUERTO DE ALMERIA 29
5.1.1. INTRODUCCIÓN 29
5.1.2. LOCALIZACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO 29
5.1.3. METODOLOGÍA 30
5.1.4. RESULTADOS 32
5.1.5. CONCLUSIONES 38
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 40
5.2. PROGRAMA II.2. CALIDAD DEL AGUA Y VIGILANCIA AMBIENTAL EN EL PUERTO DE CARBONERAS 42
5.2.1. INTRODUCCIÓN 42
5.2.2. LOCALIZACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO 42
5.2.3. METODOLOGÍA 43
5.2.4. RESULTADOS 45
5.2.5. CONCLUSIONES 52
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 53
6. PROGRAMA III. VIGILANCIA AMBIENTAL EN LA ZONA DE EL ALQUIÁN 55
6.1. INTRODUCCIÓN 55
6.2. LOCALIZACIÓN DE LOS PUNTOS DE TOMA DE MUESTRAS 56
6.3. METODOLOGÍA 58
6.4. RESULTADOS 61
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.

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, así como estudio de las comunidades de fanerógamas marinas desde el año 2008.

El objetivo principal de este trabajo es cumplir con lo exigido en las normativas ambientales aplicables y otros documentos de referencia, así como estudiar la evolución de la contaminación y propuesta de medidas correctoras.

En 2019 se ha firmado un contrato para la realización de estos trabajos entre la Autoridad Portuaria de Almería, Medgaz, los operadores J. Ronco y Cía. y López Guillén y la Universidad de Almería.

Para llevar a cabo este contrato se desarrollan los siguientes programas:

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 los Puertos de Almería y 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 2019 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, 2017, 2018 y 2019) 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).

Además, el laboratorio es Entidad Colaboradora en materia de Calidad Ambiental en la Comunidad Autónoma de Andalucía, para la calidad del medio hídrico y calidad del medio atmosférico como laboratorio de ensayo (ECCA/REC0054).

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 y las variables meteorológicas ocurridas durante el periodo de estudio.

4.3. RESULTADOS

a. PARTÍCULAS EN SUSPENSIÓN

RESULTADOS OBTENIDOS EN EL PERIODO ANUAL ENERO-DICIEMBRE 2019

Se han tomado un total de 1015 muestras de partículas en suspensión en el periodo enero a diciembre de 2019. En la Tabla 1 se presenta una síntesis de los resultados obtenidos en cada estación de control.

Tabla 1. Resultados de partículas en suspensión en el periodo enero-diciembre de 2019.

	AL-1			AL-2			AL-3		
MES	Nº de muestras	Nº de muestras que superan límite legal	Concen-tración media mensual (µg/m³)	Nº de muestras	Nº de muestras que superan límite legal	Concen-tración media mensual (µg/m³)	Nº de muestras	Nº de muestras que superan límite legal	Concen-tración media mensual (µg/m³)
ENE-19	30	0	35,2	30	0	27,2	30	0	39,2
FEB-19	27	1	44,1	25	1	35,9	28	0	49,8
MAR-19	31	0	39,6	11	2	59,0	31	0	47,2
ABR-19	30	0	49,2	21	0	45,9	30	0	60,7
MAY-19	31	0	45,6	15	0	40,4	31	0	50,8
JUN-19	23	0	58,7	24	0	37,5	29	0	52,6
JUL-19	30	0	69,1	30	0	59,5	30	0	68,7
AGO-19	31	1	52,7	30	1	65,3	31	1	78,9
SEP-19	30	0	55,7	30	0	48,7	29	0	55,8
OCT-19	30	0	41,0	26	0	34,3	29	0	42,1
NOV-19	30	0	43,5	30	0	35,8	30	0	43,0
DIC-19	31	0	32,7	31	0	25,4	30	0	43,5
PERIODO ANUAL	**354**	**2**	**45,9**	**303**	**4**	**41,6**	**358**	**1**	**50,5**

En la estación AL-1 se han tomado un total de 354 muestras. La calidad del aire ambiente en esta estación de control cumplió lo exigido en el Decreto 151/2006 durante todos los días de toma de muestras, a excepción de los días 23 de febrero y 8 de agosto (Tabla 1).

En AL-2 se han tomado 303 muestras, de las que 4 presentaron valores de concentración superiores a los contemplados en el Decreto 151/2006 (días 23 de febrero, 1 y 6 de marzo y 8 de agosto).

En la estación de muestreo AL-3 se han tomado un total de 358 muestras, de las que la mayoría presentaron valores inferiores al límite legal establecido en el Decreto 151/2006, excepto la tomada el día 8 de agosto (Tabla 1).

En la Figura 1 se representan las concentraciones medias mensuales de partículas en suspensión obtenidas durante el periodo de enero a diciembre de 2019 en cada una de las tres estaciones de toma de muestras.

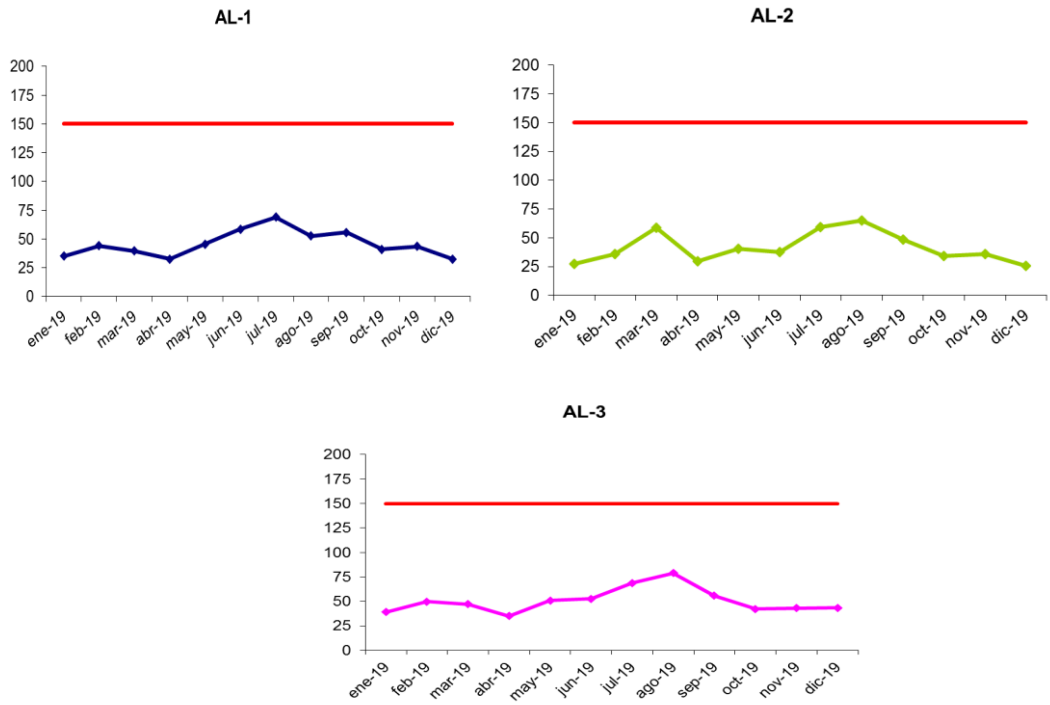


Figura 1. Evolución mensual de la concentración de partículas en suspensión en las tres estaciones de control.

ESTUDIO INTERANUAL 2008-2019

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 de diferencias estadísticamente significativas (ANOVA, p-valor <0,05) en las concentraciones de partículas en suspensión obtenidas, para cada estación, en los periodos anuales desde 2008/2009 hasta 2019. 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 2019 en valores similares. En 2019 ha habido un ligero aumento en el promedio anual de las partículas en suspensión en las 3 estaciones con respecto a años anteriores.

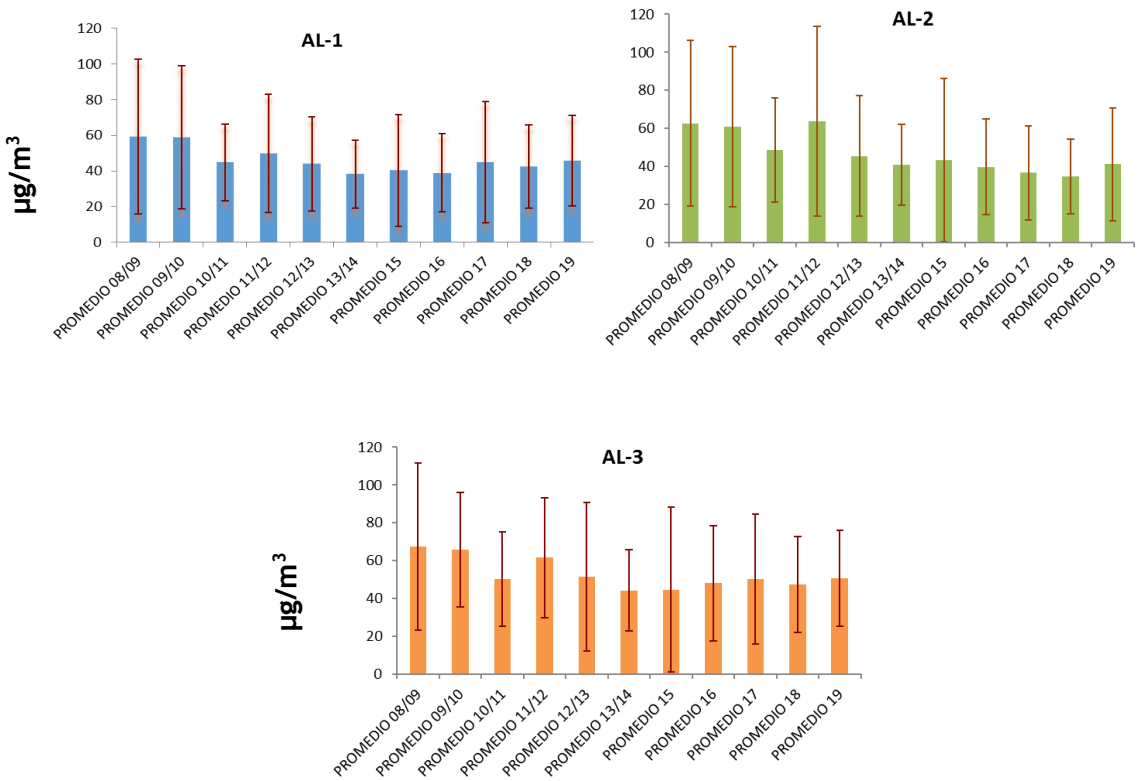


Figura 2. Promedio y desviación estándar de los datos de concentración de partículas en suspensión en las estaciones de control de la contaminación atmosférica durante el periodo 2008-2019.

b. PARTÍCULAS SEDIMENTABLES

RESULTADOS CORRESPONDIENTES AL PERIODO ENERO-DICIEMBRE 2019

La concentración promedio de partículas sedimentables obtenida en el periodo considerado ha presentado el valor mínimo en la estación AL-5 en el mes de marzo (3,4 mg/m^2 x día) y el valor máximo en la estación AL-4 en el mes de enero (261,5 mg/m^2 x día) (Tabla 2).

Tabla 2. Resultados obtenidos en el control de partículas sedimentables en el periodo enero-diciembre 2019.

Mes	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 2019	87,4	135,3	246,3	261,5	202,2	121,6	116,2	102,8	**300**
Febrero 2019	59,0	42,7	73,8	26,7	37,1	58,3	56,5	67,3	**300**
Marzo 2019	50,6	82,7	65,4	29,6	3,4	3,9	38,1	44,4	**300**
Abril 2019	77,8	106,4	202,4	238,3	223,7	139,7	144,0	232,0	**300**
Mayo 2019	100,8	105,6	115,8	116,4	108,2	127,6	80,9	119,1	**300**
Junio 2019	96,5	128,3	91,4	78,2	100,6	62,8	83,0	101,9	**300**
Julio 2019	147,7	169,9	85,7	134,2	150,5	215,8	116,7	154,6	**300**
Agosto 2019	187,2	127,5	142,2	116,9	136,1	90,5	92,1	205,7	**300**
Septiembre 2019	111,9	116,5	88,2	160,8	163,6	129,7	139,3	122,0	**300**
Octubre 2019	10,8	164,0	39,7	31,9	28,2	34	33,5	80,7	**300**
Noviembre 2019	154,0	146,7	77,9	133,3	129,0	44,9	137,8	177,8	**300**
Diciembre 2019	46,3	83,2	40,2	107,7	162,9	23	57,3	124,8	**300**
PROMEDIO	10,8	164,0	39,7	31,9	28,2	34	33,5	80,7	**300**

La evolución mensual en el año 2019 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.

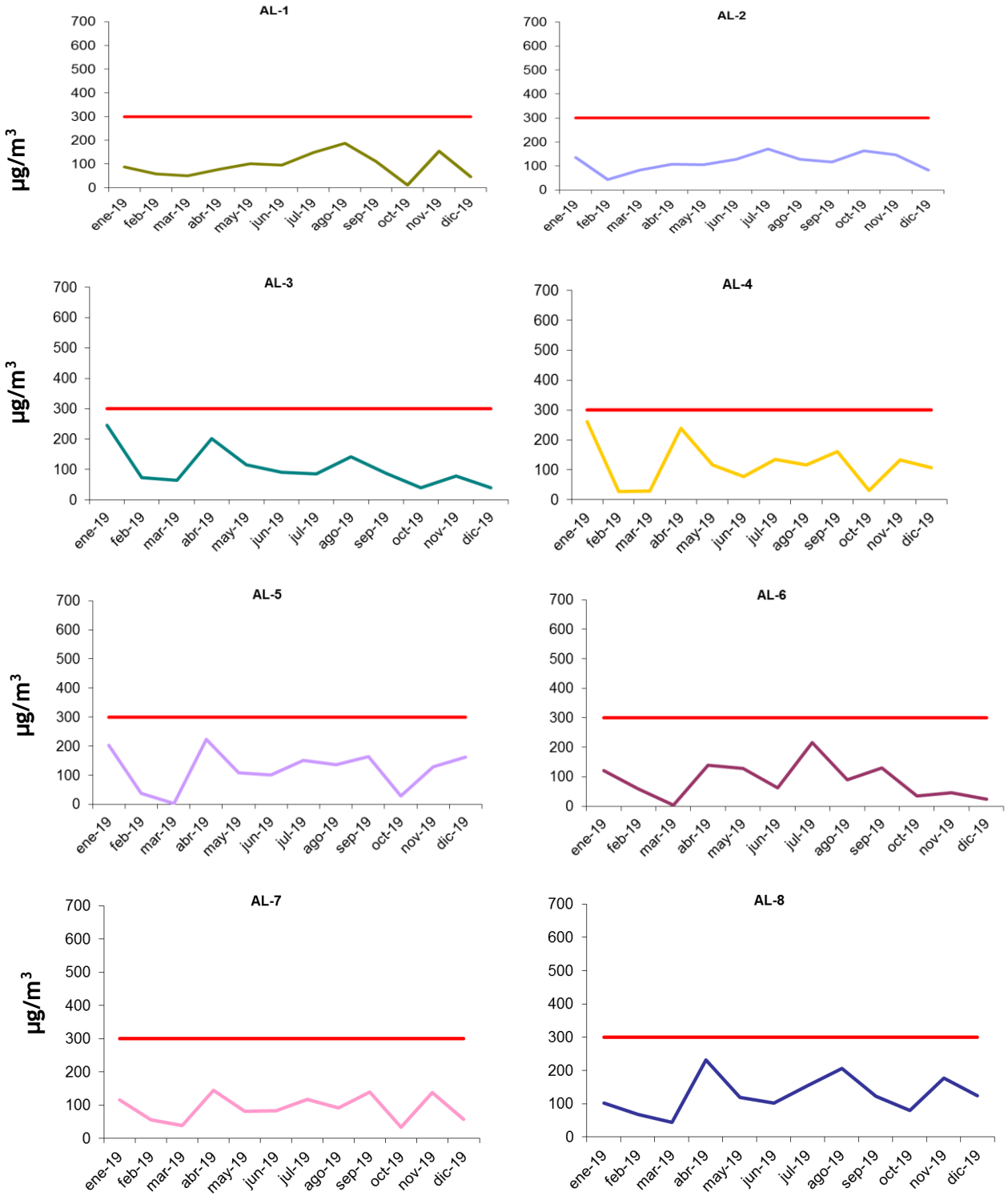


Figura 3. Evolución mensual de la concentración de partículas sedimentables en cada estación de control en el periodo enero-diciembre 2019.

En todos de los meses de estudio se han obtenido niveles de concentración de partículas sedimentables inferiores al límite establecido legalmente.

ESTUDIO INTERANUAL 2008-2019

La evolución anual de la concentración de partículas sedimentables en las ocho estaciones de control del Puerto de Almería se muestra en la Figura 4. En general en 2019 los valores han sido de los más bajos de la serie histórica, excepto en AL-4 y Al-8.

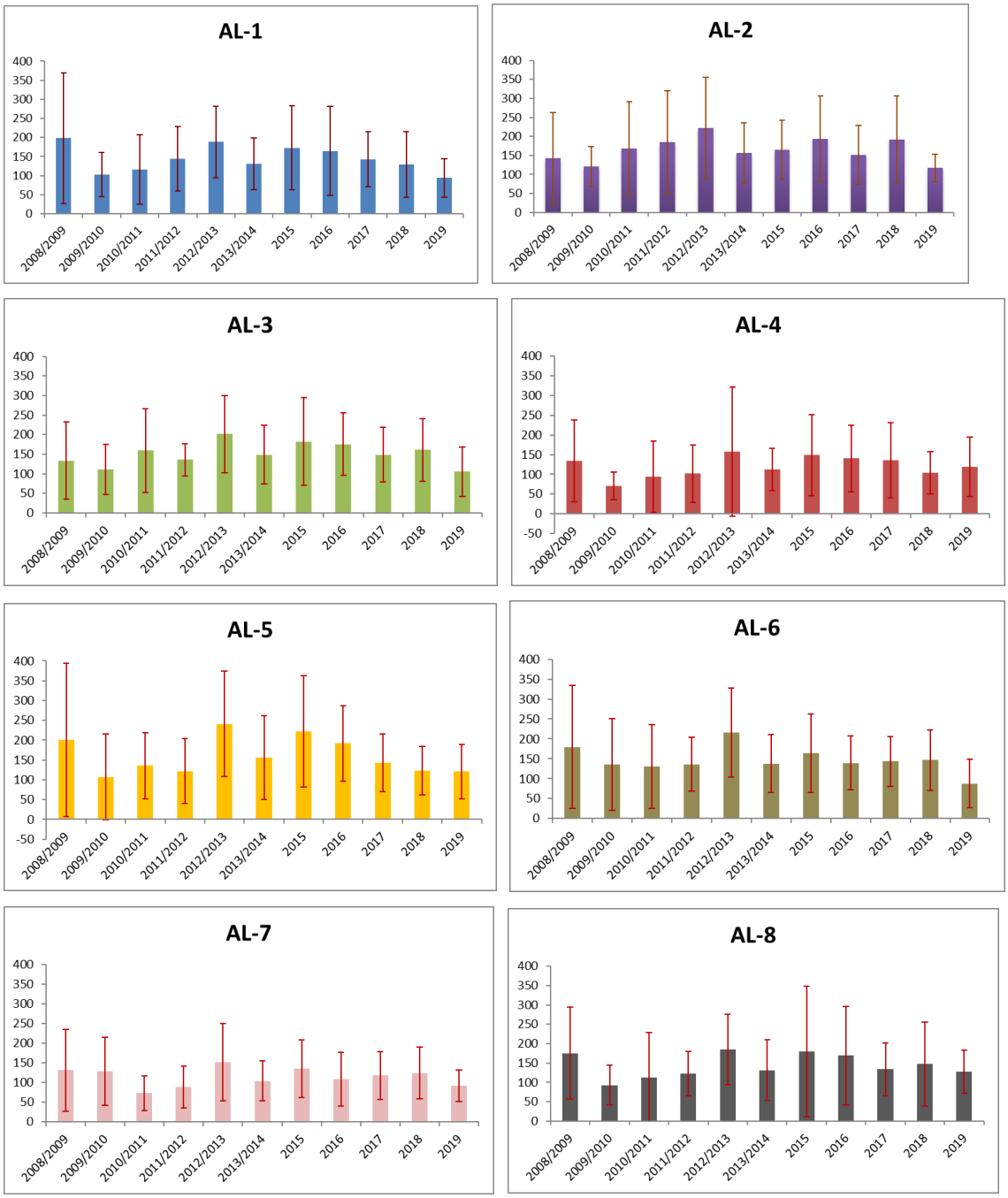


Figura 4. Promedio y desviación estándar de los datos de concentración de partículas en suspensión en las 8 estaciones de control de la contaminación atmosférica durante el periodo 2008-2019.

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 de diferencias estadísticamente significativas en las concentraciones de partículas sedimentables obtenidas (Figura 5). Desde mediados de 2009 a mediados de 2013, se produjo gradualmente un incremento en la concentración media de partículas sedimentables. En el periodo comprendido entre julio de 2013 y junio de 2014, la concentración disminuyó considerablemente. Sin embargo, en el año 2015 se observó de nuevo un incremento en la concentración media de partículas sedimentables, para posteriormente disminuir en 2016 y 2017. En 2018 se observó un ligero aumento con respecto al año anterior, aunque en 2019 han vuelto a disminuir (Figura 5).

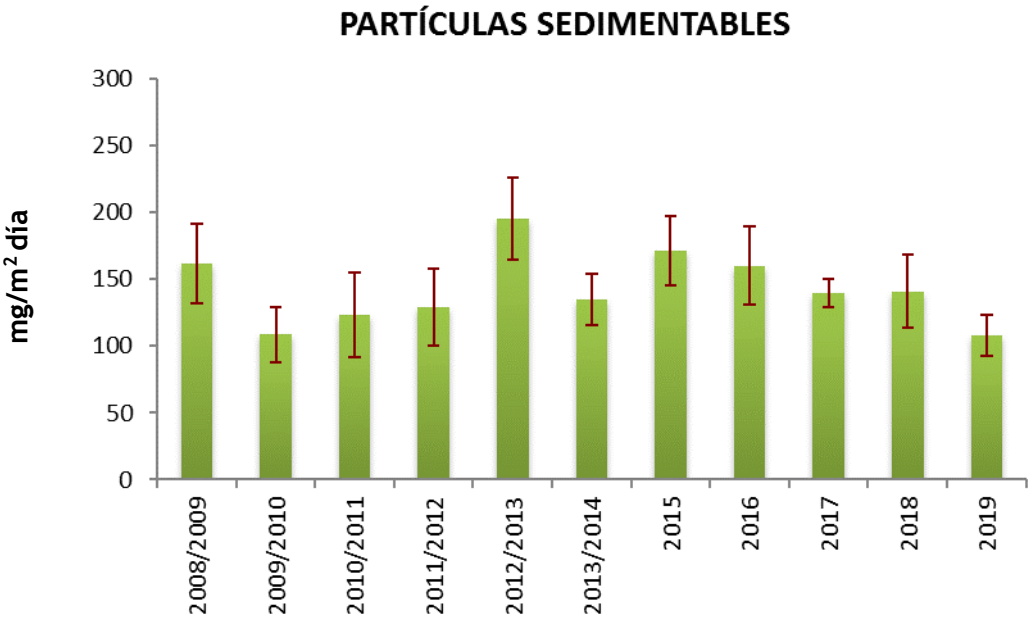


Figura 5. Promedio y desviación estándar de los datos de concentración de partículas sedimentables.

c. METALES EN PARTÍCULAS EN SUSPENSIÓN

RESULTADOS CORRESPONDIENTES AL PERIODO ENERO-DICIEMBRE 2019

Las concentraciones medias anuales de metales en partículas en suspensión registradas durante el periodo de enero a diciembre de 2019 se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3. Resultados medios de metales en partículas en suspensión en el periodo enero-diciembre 2019.

Metal	AL-1	AL-2	AL-3	Valores objetivo de referencia (1)
Pb (µg/m³)	0,0013	0,0017	0,0050	**0,5**
Cd (ng/m³)	<0,1513	<0,1513	<0,1513	**5,00**
Ni (ng/m³)	2,6050	10,9233	4,8427	**20,00**
As (ng/m³)	0,7447	0,4000	2,3677	**6,00**
Hg (ng/m³)	<0,0437	<0,0437	<0,0437	-
Sr (µg/m³)	<6,8037	<6,8037	7,0467	-

(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 2008-2019

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 6. Los valores medios mensuales son los habituales en la zona de estudio, con temperaturas medias máximas en los meses de agosto y septiembre (superiores a los 25 ºC) y mínimas en enero y febrero (alrededor de 12 ºC).

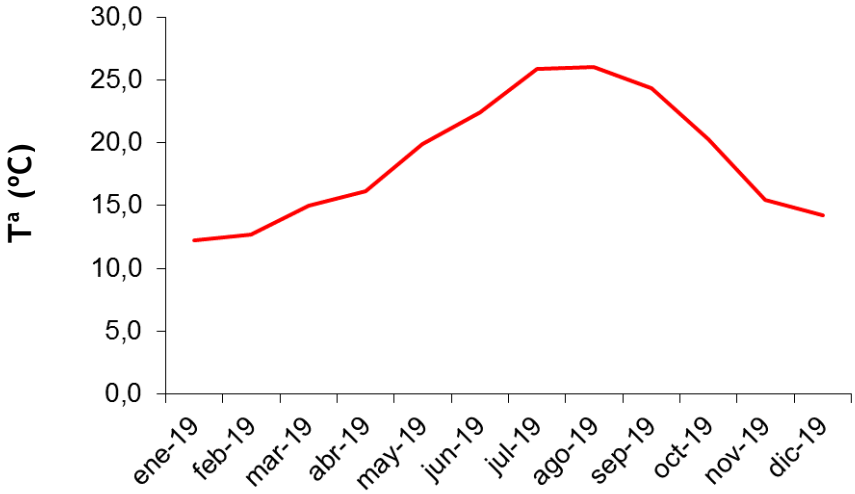


Figura 6. Temperatura media mensual durante el periodo de estudio.

Precipitación

Se han registrado un total de 184,6 mm de precipitación durante el periodo de estudio, con ausencia de lluvias en el mes de julio y registrándose la mayor cantidad de precipitaciones en septiembre (Figura 7).

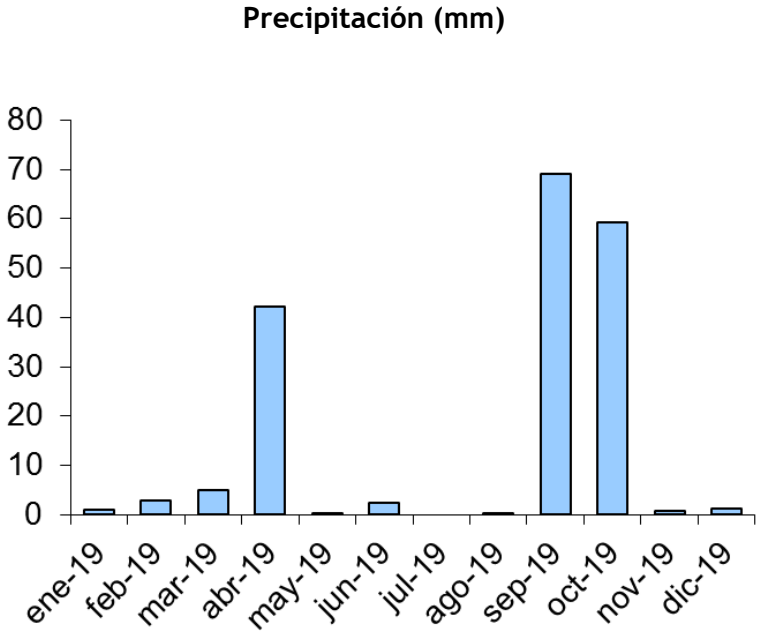


Figura 7. Precipitación mensual acumulada durante el periodo de estudio.

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 y SW (Figura 8).

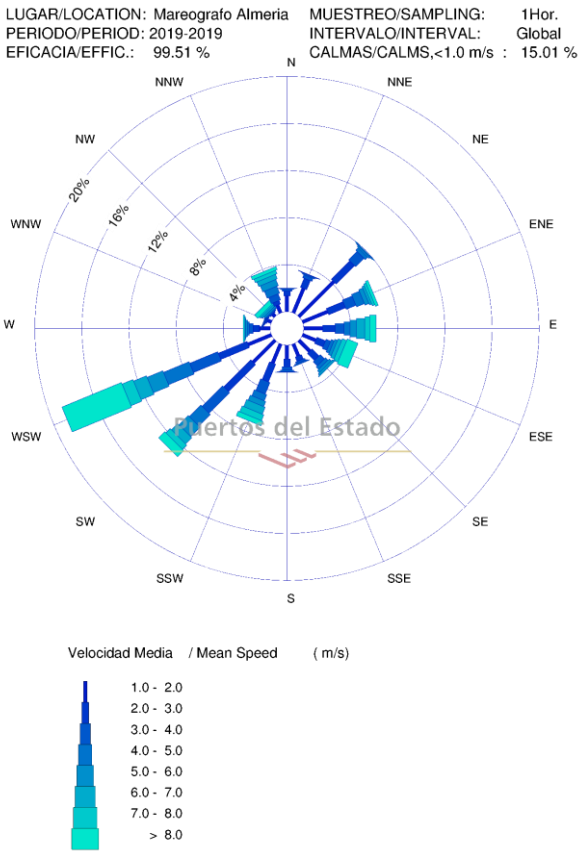


Figura 8. Rosa del viento del periodo 2019 (datos obtenidos del mareógrafo de Almería).

e. MOVIMIENTOS DE MERCANCÍAS

En el periodo de estudio considerado se han trasvasado un total de 1.685.108 toneladas de materiales gráneles sólidos. Destacan los materiales yeso (77,1%) y cemento (11,7%), que suponen, la suma de ambos, el 88,8 % del total de material trasvasado. El resto de materiales no superan ninguno de ellos por separado el 5% (Figura 9).

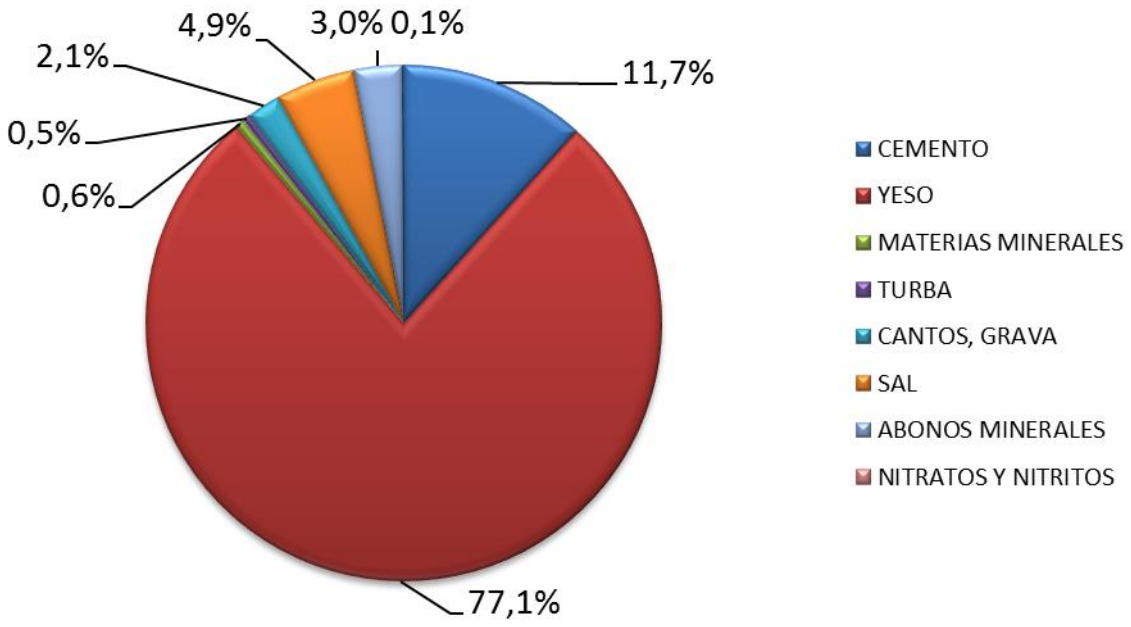


Figura 9. Representatividad de los materiales gráneles sólidos trasvasados en el Puerto de Almería en el periodo enero-diciembre 2019.

Se han registrado operaciones de movimientos de mercancías el 64% de los días del periodo estudiado. Los meses en los que se ha registrado más actividad han sido mayo, octubre y diciembre, superando el 70% de los días del mes (Figura 10).

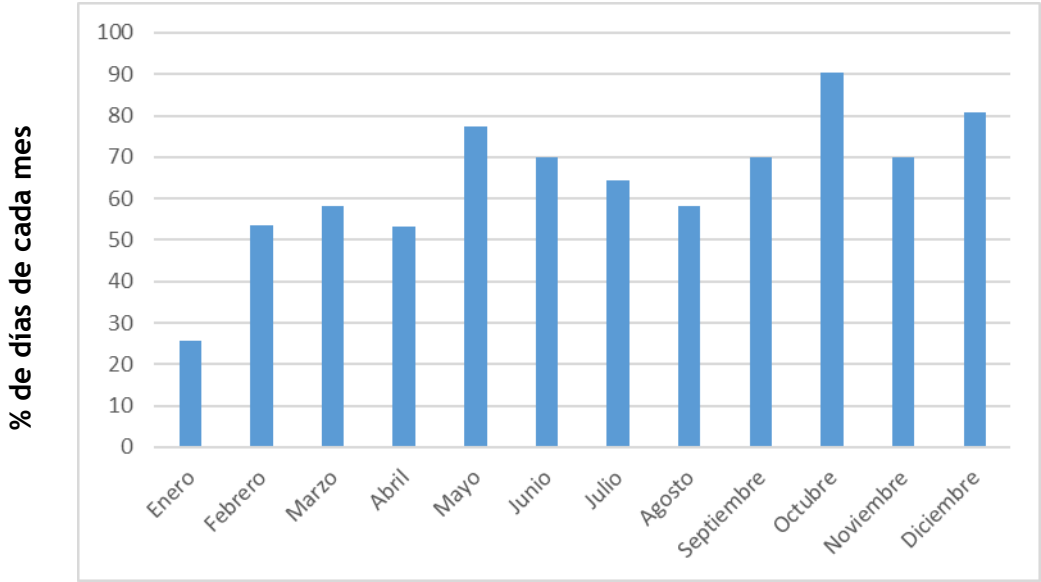


Figura 10. Porcentaje de días en los que se han producido actividades de movimiento de mercancías en el Puerto de Almería.

f. FUENTES DE CONTAMINACIÓN NATURAL

El Ministerio para la Transición Ecológica (MITECO), junto con el Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e desenvolvimento Regional de Portugal y la colaboración de las comunidades autónomas, elaboró una metodología para la identificación de los episodios de aportes naturales y el cálculo de dichas aportaciones. Dicha metodología se ha incluido en las directrices elaboradas por la Comisión Europea para la demostración y sustracción de las superaciones atribuibles a fuentes naturales, según la obligación recogida en el artículo 20 de la Directiva 2008/50/CE.

El actual MITECO, mediante un acuerdo de encomienda de gestión con la Agencia Estatal Consejo Superior de Investigaciones Científicas, elabora un informe diario cuando se predice que una masa de aire sahariana puede afectar a los niveles medidos en España. Hay que destacar que los datos publicados en la tabla de episodios ocurridos son provisionales, ya que los datos validados definitivos de cada año se suministrarán a través del MITECO una vez trascurridos tres meses desde su finalización, es decir, los datos definitivos del año serán validados en marzo del año 2020.

A continuación, se muestran los datos publicados desde febrero, mes desde el que hay datos disponible, a diciembre 2019 sobre intrusiones saharianas que afectarían al sureste de la península ibérica, así como el modelo o modelos que las predicen.

Día inicio	Día fin	Concentración estimada	Modelos
10/02/2019	10/02/2019	10-25 µg/m3	NMMB/BSC-Dust, SKIRON
14/02/2019	14/02/2019	10-80 µg/m3	BSC-DREAM8b v2.0, SKIRON
15/02/2019	15/02/2019	10-100 µg/m3	BSC-DREAM8b v2.0, NMMB/BSC-Dust, SKIRON
16/02/2019	18/02/2019	10-160 µg/m3	BSC-DREAM8b v2.0, NMMB/BSC-Dust, SKIRON, NAAPs
19/02/2019	19/02/2019	10-160 µg/m3	BSC-DREAM8b v2.0, NMMB/BSC-Dust, SKIRON, NAAPs
20/02/2019	20/02/2019	10-80 µg/m3	BSC-DREAM8b v2.0, NMMB/BSC-Dust, SKIRON, NAAPs
21/02/2019	21/02/2019	10-80 µg/m3	BSC-DREAM8b v2.0, NMMB/BSC-Dust, SKIRON, NAAPs

Día inicio	Día fin	Concentración estimada	Modelos
22/02/2019	22/02/2019	10-100 µg/m3	BSC-DREAM8b v2.0, NMMB/BSC-Dust, SKIRON, NAAPs
23/02/2019	25/02/2019	10-80 µg/m3	BSC-DREAM8b v2.0, NMMB/BSC-Dust, SKIRON, NAAPs
06/03/2019	06/03/2019	25 µg/m3	BSC-DREAM8b v2.0, NMMB/BSC-Dust, SKIRON
17/03/2019	18/03/2019	10-80 µg/m3	BSC-DREAM8b v2.0, NMMB/BSC-Dust, SKIRON, NAAPs
23/03/2019	25/03/2019	10-160 µg/m3	NMMB/BSC-Dust, SKIRON
26/03/2019	26/03/2019	10-320 µg/m3	NMMB/BSC-Dust, NAAPs
27/03/2019	27/03/2019	10-25 µg/m3	NMMB/BSC-Dust
28/03/2019	28/03/2019	10-20 µg/m3	NMMB/BSC-Dust
29/03/2019	29/03/2019	10-20 µg/m3	NMMB/BSC-Dust, SKIRON
16/04/2019	16/04/2019	10- 80 µg/m^3	BSC-DREAM8b v2.0, SKIRON, NAAPs
17/04/2019	17/04/2019	10-160 µg/m^3	BSC-DREAM8b v2.0, NMMB/BSC-Dust, SKIRON, NAAPs
18/04/2019	19/04/2019	10-80 µg/m^3	NMMB/BSC-Dust, SKIRON, NAAPs
24/05/2019	24/05/2019	10-20 µg/m^3	BSC-DREAM8b v2.0, NMMB/BSC-Dust, SKIRON
31/05/2019	31/05/2019	10-40 µg/m^3	NMMB/BSC-Dust
09/06/2019	09/06/2019	10-40 µg/m^3	NAAPS, Skiron, BSC-DREAM8b v2.0, NMMB/BSC-Dust
13/06/2019	13/06/2019	10-40 µg/m^3	Skiron, NAAPS, BSC-DREAM8b v2.0, NMMB/BSC-Dust
16/06/2019	16/06/2019	10-40 µg/m^3	SKIRON, BSC-DREAM8b v2.0, NMMB/BSC-Dust, NAAPS
18/06/2018	18/06/2018	10-40 µg/m^3	BSC-DREAM8b v2.0, NMMB/BSC-Dust, SKIRON, NAAPS
19/06/2019	19/06/2019	10-40 µg/m^3	BSC-DREAM8b v2.0, SKIRON
23/06/2019	23/06/2019	10-80 µg/m^3	BSC-DREAM8b v2.0, NMMB/BSC-Dust, SKIRON
25/06/2019	25/06/2019	10-80 µg/m^3	SKIRON, BSC-DREAM8b v2.0
26/06/2019	26/06/2016	10-80 µg/m^3	BSC-DREAM8b v2.0, NMMB/BSC-Dust, SKIRON, NAAPS
27/06/2019	27/06/2019	10-160 µg/m^3	BSC-DREAM8b v2.0, NMMB/BSC-Dust, SKIRON, NAAPS
28/06/2019	28/06/2019	20-40 µg/m^3	NAAPS, Skiron, BSC-DREAM8b v2.0, NMMB/BSC-Dust
29/06/2019	30/06/2019	20-140 µg/m3	SKIRON, BSC-DREAM8b v2.0, NMMB/BSC-Dust, NAAPS
03/07/2019	03/07/2019	20-50 µg/m3	NAAPS, Skiron, BSC-DREAM8b v2.0
04/07/2019	04/07/2019	20-80 µg/m3	NAAPS, Skiron, BSC-DREAM8b v2.0, NMMB/BSC-Dust
05/07/2019	05/07/2019	10-80 µg/m3	NMMB/BSC-Dust, SKIRON, NAAPS
06/07/2019	07/07/2019	20-160 µg/m	SKIRON, BSC-DREAM8b v2.0, NMMB/BSC-Dust, NAAPS

Día inicio	Día fin	Concentración estimada	Modelos
08/07/2019	08/07/2019	20-80 µg/m	Skiron, NAAPS
11/07/2019	11/07/2019	20-100 µg/m3	NAAPS, Skiron, BSC-DREAM8b v2.0, NMMB/BSC-Dust
12/07/2019	12/07/2019	10-160 µg/m3	BSC-DREAM8b v2.0, NMMB/BSC-Dust, SKIRON, NAAPS
13/07/2019	14/07/2019	20-160 µg/m3	SKIRON, BSC-DREAM8b v2.0, NMMB/BSC-Dust, NAAPS
16/07/2019	16/07/2019	20-50 µg/m3	NAAPS, BSC-DREAM8b v2.0, NMMB/BSC-Dust
20/07/2019	21/07/2019	20-160 µg/m3	SKIRON, BSC-DREAM8b v2.0, NMMB/BSC-Dust, NAAPS
22/07/2019	22/07/2019	20-80 µg/m	Skiron, NAAPS
23/07/2019	23/07/2019	20-50 µg/m3	Skiron, NAAPS, BSC-DREAM8b v2.0, NMMB/BSC-Dust
24/07/2019	24/07/2019	40-100 µg/m3	Skiron, NAAPS, BSC-DREAM8b v2.0, NMMB/BSC-Dust
25/07/2019	25/07/2019	20-100 µg/m3	Skiron, NAAPS, BSC-DREAM8b v2.0, NMMB/BSC-Dust
26/07/2019	26/07/2019	10-80 µg/m3	Skiron, NAAPS, BSC-DREAM8b v2.0, NMMB/BSC-Dust
31/07/2019	31/07/2019	10-80 µg/m3	BSC-DREAM8b v2.0, NMMB/BSC-Dust
01/08/2019	01/08/2019	10-80 µg/m3	BSC-DREAM8b v2.0, NMMB/BSC-Dust, SKIRON, NAAPS
02/08/2019	02/08/2019	10-40 µg/m3	NMMB/BSC-Dust, SKIRON
03/08/2019	04/08/2019	10- 40 µg/m3	BSC-DREAM8b v2.0, NMMB/BSC-Dust, SKIRON, NAAPS
05/08/2019	05/08/2019	1-50 µg/m3	SKIRON
06/08/2019	06/08/2019	40-80 µg/m3	NMMB/BSC-Dust, BSC-DREAM8b v2.0, SKIRON
07/08/2019	07/08/2019	10-25 µg/m3	NMMB/BSC-Dust, SKIRON, NAAPS
08/08/2019	08/08/2019	10-25 µg/m3	NMMB/BSC-Dust, SKIRON, NAAPS
09/08/2019	09/08/2019	10-25 µg/m3	NMMB/BSC-Dust, SKIRON, NAAPS
10/08/2019	12/08/2019	1-50 µg/m3	NMMB/BSC-Dust, SKIRON, NAAPS
13/08/2019	13/08/2019	<10 µg/m3	NMMB/BSC-Dust, SKIRON
14/08/2019	14/08/2019	<10 µg/m3	NMMB/BSC-Dust, SKIRON
15/08/2019	16/08/2019	<10 µg/m3	NMMB/BSC-Dust, SKIRON
17/08/2019	19/08/2019	1-25 µg/m3	NMMB/BSC-Dust, SKIRON
20/08/2019	20/08/2019	1-25 µg/m3	NMMB/BSC-Dust, BSC-DREAM8b v2.0 p, SKIRON, OMM
21/08/2019	21/08/2019	20-40 µg/m3	NMMB/BSC-Dust, BSC-DREAM8b v2.0, OMM
22/08/2019	22/08/2019	10-40 µg/m3	BSC-DREAM8b v2.0, NMMB/BSC-Dust, SKIRON
23/08/2019	23/08/2019	20-50 µg/m 3	BSC-DREAM8b v2.0, NMMB/BSC-Dust, SKIRON
24/08/2019	25/08/2019	10-40 µg/m 3	BSC-DREAM8b v2.0, NMMB/BSC-Dust, SKIRON

Día inicio	Día fin	Concentración estimada	Modelos
26/08/2019	26/08/2019	1-25 µg/m 3	SKIRON
27/08/2019	27/08/2019	20-40 µg/m 3	BSC-DREAM8b v2.0, NMMB/BSC-Dust, SKIRON, OMM
29/08/2019	29/08/2019	40-160 µg/m3	BSC-DREAM8b v2.0, NMMB/BSC-Dust
30/08/2019	30/08/2019	10-40 µg/m3	BSC-DREAM8b v2.0, NMMB/BSC-Dust, SKIRON
12/09/2019	12/09/2019	10-160 µg/m3	NMMB/BSC-Dust,
13/09/2019	13/09/2019	10-25 µg/m3	BSC-DREAM8b v2.0, NMMB/BSC-Dust, SKIRON,
14/09/2019	15/09/2019	40-320 µg/m3	SKIRON ,BSC-DREAM8b v2.0, NMMB/BSC-Dust,
16/09/2019	16/09/2019	40-80 µg/m3	NAAPS, SKIRON
17/09/2019	17/09/2019	20-50 µg/m3	NMMB/BSC-Dust, SKIRON, NAAPS
18/09/2019	18/09/2019	25-100 µg/m	SKIRON, BSC-DREAM8b v2.0 p, NAAPS,
19/09/2019	19/09/2019	20-200 µg/m3	SKIRON, BSC-DREAM8b v2.0 p, NAAPS,
20/09/2019	20/09/2019	20-50 µg/m3	SKIRON, BSC-DREAM8b v2.0 p, NAAPS,
21/09/2019	22/09/2019	40-80 µg/m3	SKIRON, BSC-DREAM8b v2.0 p, NAAPS,
01/10/2019	01/10/2019	20-200 µg/m^3	SKIRON,NAAPS,BSC-DREAM8b v2.0
02/10/2019	02/10/2019	10-50 µg/m^3	SKIRON
13/10/2019	13/10/2019	20-100 µg/m^3	SKIRON, BSC-DREAM8b v2.0
14/10/2019	14/10/2019	20-80 µg/m^3	SKIRON, NAAPS.
29/10/2019	29/10/2019	20-50 µg/m^3	SKIRON
31/10/2019	31/10/2019	20-200 µg/m^3	SKIRON
01/11/2019	02/11/2019	10-80 µg/m^3	SKIRON,NAAPS,BSC-DREAM8b v2.0
08/11/2019	08/11/2019	10-160 µg/m^3	NMMB/BSC-Dust
06/12/2019	07/12/2019	50-100 µg/m^3	SKIRON,NAAPS,BSC-DREAM8b v2.0
17/12/2019	17/12/2019	20-200 µg/m^3	SKIRON,BSC-DREAM8B v2.0,NAAPS,NMMB/BSC-Dust,
18/12/2019	18/12/2019	20-200 µg/m^3 (mañana) 20-50 µg/m^3 (tarde)	SKIRON,NAAPS
25/12/2019	25/12/2019	No indicada	SKIRON
26/12/2019	26/12/2019	10-40 µg/m^3	SKIRON,NMMB/BSC-Dus
27/12/2019	27/12/2019	10 µg/m^3	SKIRON, NMMB/BSC-Dust, BSC-DREAM8b v2.0
28/12/2019	28/12/2019	10-50 µg/m^3	SKIRON

g. ESTUDIO DE LAS SITUACIONES DE INCUMPLIMIENTO

La calidad del aire ambiente en el Puerto de Almería no cumplió con lo establecido en el Decreto 151/2006 en relación a la contaminación por partículas en suspensión los días 23 de febrero en las estaciones de control AL-1 y AL-2, 1 y 6 de marzo en la estación AL-2 y el 8 de agosto en las 3 estaciones de control.

Los incumplimientos de febrero analizan a continuación:

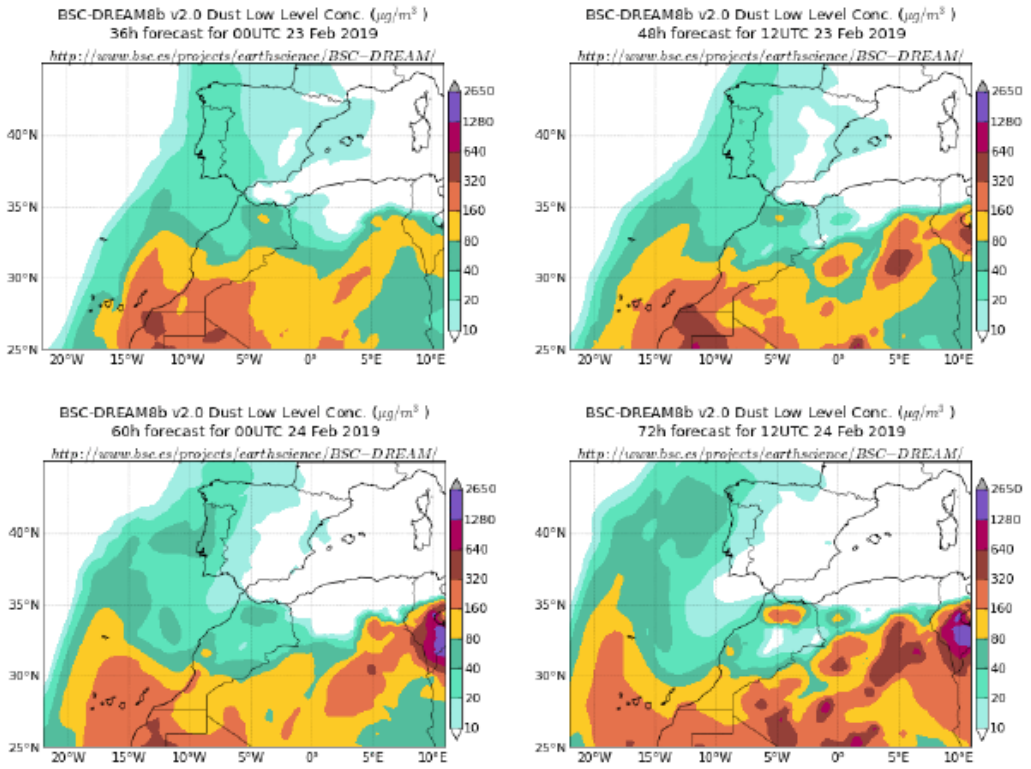
FECHA	MOVIMIENTOS MERCANCÍAS	VIENTO
23/02/2019	Día 22, cemento (3.120 toneladas) Dias 23 al 25, abonos (1.305 toneladas) Dias 23 al 26, materiales minerales (2.390 toneladas)	Velocidad media: 0,5 m/s Velocidad máxima: 7 m/s a las 15:00h) Dirección: Suroeste

Se debe indicar también que desde unos meses antes de febrero de 2019 se estaban llevando a cabo obras en la Cafetería Marítima, situada muy próxima a la estación de muestreo AL-2, pudiendo haber aportado contaminación a las muestras.

Asimismo, se ha procedido a la caracterización de los minerales presentes en la muestra tomada en la estación AL-1 el día 23 de febrero, (187 µg/m^3 de partículas en suspensión), mediante análisis mediante Difracción por Rayos X; la muestra tomada en la estación AL-2 el día 23 de febrero no fue analizada, debido al menor valor (172 µg/m^3 de partículas en suspensión).

Los resultados de la muestra tomada en la estación AL-1 el día 23 de febrero se obtuvieron junto con restos del propio filtro de fibra de vidrio ya que resultó imposible su separación. Tras analizarla mediante Difracción de rayos X, no se ha encontrado ninguna estructura cristalina en la misma, es decir el material encontrado ha sido amorfo. Por lo tanto, no se puede relacionar el incumplimiento con la composición mineralógica del material trasvasado durante ese día o días de influencia (abono o materias minerales).

En cuanto al fenómeno de intrusión sahariana, según información publicada por el Ministerio para la transición ecológica, el día 23 de febrero hubo influencia, como se muestra en las siguientes imágenes:



Concentración de polvo (µg/m3) predicha por el modelo BSC-DREAM8b v2.0 para los días 23 (arriba) y 24 (debajo) de febrero de 2019 a las 00 UTC (izquierda) y a las 12 UTC (derecha). © Barcelona Supercomputing Center.

Los incumplimientos del mes de marzo se analizan a continuación:

FECHA	MOVIMIENTOS MERCANCÍAS	VIENTO
01/03/2019	Días 1 al 2, cemento (3.110 toneladas)	Velocidad media: 0,6 m/s Velocidad máxima: 7,9 m/s a las 15:39 y 15:45h) Dirección: Suroeste
06/03/2019	Días 4 al 6, turba (2.575 toneladas) Días 4 al 5, cantos, gravas (14.000 toneladas) Días 5 al 6, cemento (5.040 toneladas)	Velocidad media: 2,3 m/s Velocidad máxima: 21,1 m/s a las 15:43h) Dirección: Suroeste

Se debe indicar también que desde unos meses antes de marzo de 2019 se estaban llevando a cabo obras en la Cafetería Marítima, situada muy próxima a la estación de muestreo AL-2, pudiendo haber aportado contaminación a las muestras.

Ambas muestras se han caracterizado mediante análisis de Difracción de Rayos X, técnica que proporciona resultados semicuantitativos y que permite la identificación de las fases cristalinas presentes. Asimismo, las muestras se han analizado mediante la técnica de Microfluorescencia de Rayos-X, que proporciona datos semicuantitativos y

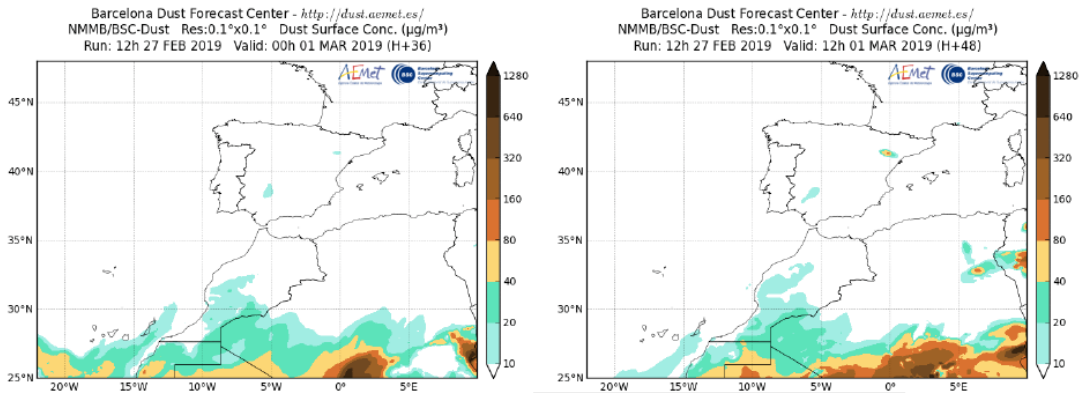
permite la identificación de los elementos mayoritarios en dichas muestras. Los resultados se reúnen en el presente cuadro:

Muestra	Difracción de Rayos X (%)	Microfluorescencia de Rayos X (%)
#2 (día 1 de marzo)	Yeso: 14,4	Si; 73,8; Ca; 15,4; Mg: 0,9; Al: 4,3; S:3,8; K: 2,0; Fe: 0,2
	Fluoruro magnésico potásico (K Mg F3): 47,4	
	Dióxido de silicio (SiO2): 8,4	
	Fluorosilicato de Aluminio, Mg y K (KMg3 (Si3Al) O10 F2):14,2	
	Calcita (CaC03): 13,6	

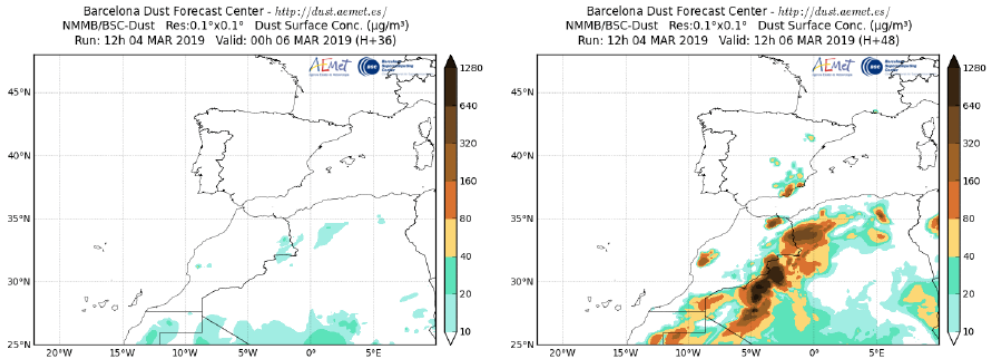
Muestra	Difracción de Rayos X (%)	Microfluorescencia de Rayos X (%)
#3 (día 6 de marzo)	Yeso: 14,2	Si; 66,7; Ca; 15,7; Mg: 3,0; Al: 7,9; S: 3,6; K: 1,7; Fe: 0,5
	Dolomita (Mg C 03):14,6	
	Fluoruro magnésico potásico (K Mg F3): 6,5	
	Dióxido de silicio (SiO2): 15,4	
	Illita (KAl2 Si3AlO10 (OH)2: 34,0%	
	Calcita (Ca C 03): 13,6	
	Clorita (Mg, Fe, Al)6 (Si, Al)4 O10 (OH)8: 7,3	

En relación a los resultados encontrados en las muestras #2 y #3, en el análisis mediante Difracción de Rayos X se observa semejanza en la composición de las fases cristalinas, destacando la presencia de Calcita, Dolomita, Sílice y diferentes feldespatos que explican la presencia de elementos tales como silicio, alcalinotérreos (calcio, magnesio), alcalinos (potasio) y algún metal de transición (hierro, aluminio). En ambas muestras se detecta mediante Difracción de Rayos X la presencia de yeso que se corresponde en microfluorescencia con la identificación de S, derivada del ión sulfato, en un 3,8% en la primera de las citadas muestras y a un 3,6% en la segunda de ellas. Consultados los movimientos de mercancías en el Puerto de Almería se pone de manifiesto que en el periodo desde el 19 de febrero hasta el 12 de marzo no se han realizado movimientos de yeso. Como se puede observar en ambas muestras predomina el porcentaje encontrado de Si, del 73,8 y del 66,7 respectivamente.

En cuanto al fenómeno de intrusión sahariana, según información publicada por el Ministerio para la transición ecológica, los días 1 y 6 marzo hubo influencia, si bien como se muestra en las siguientes imágenes solamente el día 6 afectó al sureste peninsular.



Concentración de polvo (µg/m3) predicha por el modelo NMMB/BSC-Dust para el día 1 de marzo de 2019 a las 00 UTC (izquierda) y a las 12 UTC (derecha). © Barcelona Dust Forecast Center.



Concentración de polvo (µg/m3) predicha por el modelo NMMB/BSC-Dust para el día 6 de marzo de 2019 a las 00 UTC (izquierda) y a las 12 UTC (derecha). © Barcelona Dust Forecast Center.

Los incumplimientos del mes de agosto se analizan a continuación:

FECHA	MOVIMIENTOS MERCANCÍAS	VIENTO
08/08/2019	Día 7, cantos, gravas (2.200 toneladas) Día 7, cantos, gravas (300 toneladas)	Velocidad media: 0,6 m/s Velocidad máxima: 4,3 m/s (a las 13:26h) Dirección: Suroeste

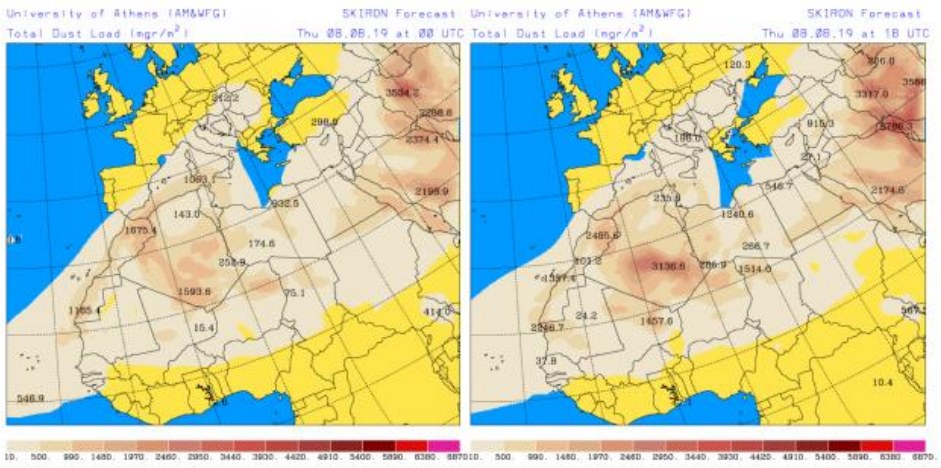
Debido a que la muestra de la estación AL-3 ha sido la que ha presentado mayor concentración de partículas totales en suspensión presentaba (270,7 µg/m^3), respecto a la de la estación Al-1 (254,6 µg/m^3) y AL-2 (218,8 µg/m^3), la primera de ellas se seleccionó para su caracterización mediante análisis de Difracción de Rayos X, técnica que proporciona resultados semicuantitativos y que permite la identificación de las fases cristalinas presentes. Asimismo, se ha realizado el análisis químico de

componentes mayoritarios por Microfluorescencia de Rayos X. Los resultados se reúnen en el presente cuadro:

Muestra	Difracción de Rayos X (%)	Microfluorescencia de Rayos (%)
#1: Tomada el día 08/08/2019 en la estación AL-3	Yeso: 44,1	Si: 63,3 Ba; 12,4 Al: 7,3 K: 6,4 Ca: 4,9 Zn: 3,9 S: 1,1 Fe: 0,2
	Dióxido de silicio (SiO_2): 55,9	

En relación a los resultados encontrados en la muestra analizada (#1), en el estudio efectuado mediante Difracción de Rayos X, se observa la presencia de fases cristalinas en las que se encuentran mayoritariamente cuarzo (SiO_2) y un porcentaje algo menor de yeso ($Ca\ SO_4.\ 2\ H_2O$). Los elementos cuantificados mediante Microfluorescencia presentan concentraciones porcentuales mayoritarias correspondientes a silicio, alcalinos y alcalinotérreos (como Ca, Ba y K) y algún metal de transición (Fe, Al).

En cuanto a los fenómenos de intrusión africana, que pueden influir en estas situaciones de incumplimientos, se dispone de datos publicados en el mes de agosto que afectarían al sureste de la península ibérica el día 8 de agosto, con una previsión de 10-25 µg/m^3.



Carga total de polvo (mg/m^2) predicha por el modelo SKIRON para el día 08 de agosto de 2019 a las 00 UTC (izquierda) y 18 UTC (derecha). Universidad de Atenas

4.4. CONCLUSIONES

En el periodo 2019 los niveles de contaminación por partículas en suspensión se han mantenido bajos, en general, aunque los valores promedio anuales han sido superiores en las tres estaciones de control si son comparados con los registrados en el año 2018. Se registraron valores superiores al límite legal establecido en el Decreto 151/2006 para partículas en suspensión en 4 días durante el periodo anual, frente a un único día en que se registró incumplimiento en 2018.
El estudio de las situaciones de incumplimiento, en general, no muestra una relación directa con el material trasvasado en el Puerto; siendo en todos los casos el elemento mayoritario el Si (presente en la arena).

La concentración promedio anual de partículas sedimentables en 2019 ha sido inferior que en 2018. No se han registrado valores superiores al límite legal establecido en el Decreto 151/2006 para partículas sedimentables durante el año 2019.

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 1.685 Tm, cantidad superior a la del año anterior y registrándose movimientos de mercancías el 64 % de los días del periodo.

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 aplicar 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 2019.

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 PAL-1: Puerto pesquero

PUNTO PAL-4: 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:

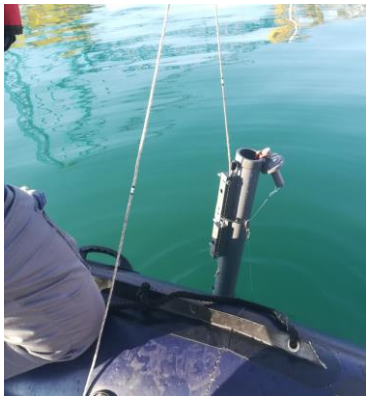
PUNTO	PROFUNDIDAD ALÍCUOTA 1	PROFUNDIDAD ALÍCUOTA 2
PAL-1	Superficie	3,5 m
PAL-2	Superficie	10,0 m
PAL-4	Superficie	4,0 m
PAL-6	Superficie	10,0 m

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:

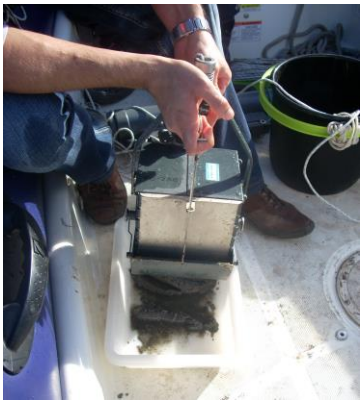
- UNE-EN ISO 5667-15:2010. Calidad del agua. Muestreo. Parte 15: Guía para la conservación y manipulación de muestras de lodo y sedimentos. (ISO 5667-15:2009)
- UNE-EN ISO 5667-19:2004. Calidad del agua. Muestreo. Parte 19: Guía para el muestreo de sedimentos marinos (ISO 5667-19:2004).

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 2019

Los resultados de concentración promedio anual de todos los contaminantes analizados en las muestras tomadas durante el periodo de enero a diciembre de 2019 se presentan en la Tabla 4.

Tabla 4. Resultados obtenidos en las muestras de agua del Puerto de Almería. Valores promedio periodo enero-diciembre 2019.

Muestra	PAL-1 PESQUERO	PAL-2 COMERC. INT.	PAL-4 DEPORTIVO	PAL-6 COMERC. EXT
PARÁMETROS BÁSICOS				
pH (ud pH)	8,05	8,16	8,04	8,15
Temperatura (ºC)	19,20	19,08	19,33	19,10
Oxígeno Disuelto (mg/L)	7,18	7,55	7,15	7,60
% Oxígeno Disuelto	94,08	97,15	94,48	97,68
Conductividad a 20 ºC (µS/cm)	51550	51800	51300	51275
CONTAMINANTES GENERALES				
Hidrocarburos disueltos (µg/L)	20,9	8,1	51,8	29,4
Turbidez (UNF)	0,9	0,8	0,6	0,6
Clorofila *a* (µg/L)	1,01	1,14	0,51	0,63
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	3
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)	<1,3	1,6	<1,3	<1,3
Tributilestaño (TBT) (µg/L)	0,00138	<0,001	<0,001	<0,001
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 94%, 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 puntos en los tres primeros trimestres. Sin embargo, el valor del promedio se ha visto ligeramente aumentado debido a los valores obtenidos de este parámetro en el cuarto trimestre en todos los puntos de muestreo. El parámetro turbidez presentó valores promedio bajos en todos los puntos (inferiores a 1,4 mg/L), mientras que para clorofila *a* se registraron valores de concentración promedio anuales entre 0,51 µg/L (PAL-4) y 1,14 µg/L (PAL-2).

METALES: Las concentraciones de cadmio, mercurio, 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 fueron inferiores a los límites de cuantificación de los métodos analíticos empleados en cada caso; excepto en el caso del DEHP en el punto PAL-2, para el que se obtuvo un valor de 1,6 ± 0,6 µg/L y TBT en el punto PAL-1, para el que se obtuvo una concentración de 0,00138 ± 0,00043 µg/L (Tabla 4). El DEHP es una sustancia química que se encuentra en plásticos y productos a base de dicho material que se le añade a fin de hacerlos más flexibles. El DEHP está prohibido en los juguetes y los artículos para el cuidado de los niños (Directiva europea 2005/84/EC). También se ha prohibido su uso en cosméticos debido a sus efectos sobre el sistema endocrino de mamíferos. El TBT es una sustancia química que ha sido usada como agente antiincrustante en pinturas aplicadas en muelles, en el casco de los barcos o en las redes de pesca a fin de prevenir la acumulación de organismos marinos. Aunque por su toxicidad desde el año 2008 está prohibido su uso para estos fines.

b. RESULTADOS OBTENIDOS EN SEDIMENTOS

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

CONTAMINANTES GENERALES: La concentración de nitrógeno total promedio ha oscilado entre 0,06% en PAL-8 y 0,14 % en PAL-9 (Tabla 5). En el caso de fósforo total, las concentraciones han oscilado entre 430 mg/kg en el punto PAL-8 y 584 mg/kg en

PAL-9, mientras que la concentración de materia orgánica ha oscilado entre 8,25 % en el punto PAL-8 y 12,66 % en PAL-9.

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, excepto para benzo(b)fluoranteno en PAL-7 en el cuarto trimestre. Se obtuvo un resultado de 2,3 n/kg, cuya media anual ha quedado en 2,2 µg/kg (Tabla 5). Se trata de un hidrocarburo aromático policíclico presente en derivados de residuos del petróleo o aceites y grasas lubricantes.

METALES: Las concentraciones promedio más bajas se han obtenido para mercurio y cadmio (resultados de 0,22 mg/kg en PAL-8 en ambos parámetros), mientras que las concentraciones más elevadas se han obtenido para plomo en PAL-7 y zinc en PAL-9 (valores obtenidos de 85 y 71,38 mg/kg respectivamente).

Tabla 5. Resultados obtenidos en las muestras de sedimentos. Valores promedio periodo enero-diciembre 2019.

Muestra	PAL-7	PAL-8	PAL-9
CONTAMINANTES GENERALES			
Nitrógeno total (%)	0,08	0,06	0,14
Fósforo total (mg/kg)	540	430	584
Materia orgánica (%)	11,30	8,25	12,66
HIDROCARBUROS AROMÁTICOS POLICÍCLICOS			
Antraceno (µg/kg)	<2	<2	<2
Fluoranteno (µg/kg)	<2	<2	<2
Naftaleno (µg/kg)	<2	<2	<2
Benzo(a)pireno (µg/kg)	<2	<2	<2
Benzo(b)fluoranteno (µg/kg)	2,2	<2	<2
Benzo(k)fluoranteno (µg/kg)	<2	<2	<2
Benzo (g,h,i)perileno (µg/kg)	<2	<2	<2
Indeno(1,2,3-cd)pireno (µg/kg)	<2	<2	<2
PAH total (µg/kg)	<2	<2	<2
METALES			
Mercurio (mg/kg)	0,27	0,22	0,36
Cadmio (mg/kg)	0,32	0,22	0,24
Plomo (mg/kg)	85,00	55,50	68,50
Cobre (mg/kg)	39,85	15,10	15,40
Zinc (mg/kg)	68,12	67,75	71,38
Níquel (mg/kg)	7,62	8,75	16,15
Arsénico (mg/kg)	10,65	11,55	15,30
Cromo (mg/kg)	17,00	10,00	21,10

c. VALORACIÓN DEL ESTADO DE LA MASA DE AGUA DEL PUERTO DE ALMERÍA

Para la valoración del estado de la masa de agua 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 2019.

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 2019 se indican a continuación:

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

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 2019:

	PAL-7	PAL-8	PAL-9
Índice de Calidad Orgánico (ICO)	4	5	4
Nivel de Calidad	CALIDAD MODERADA	CALIDAD BUENA	CALIDAD MODERADA

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

Los niveles de contaminación por 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 promedio anuales 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 e 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 2019 se muestran a continuación:

INDICADOR (Agua)	PAL-1	PAL-2	PAL-4	PAL-6
Tipo asignado a Clorofila *a*	Buena o superior	Moderada	Máximo potencial	Máximo potencial
Tipo asignado a Turbidez	Máximo potencial	Máximo potencial	Máximo potencial	Máximo potencial
Tipo asignado a % Saturación Oxígeno	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 o Superior	Calidad Buena o Superior		Calidad Buena o Superior
Fósforo total (PT)	Calidad Buena o Superior	Calidad Buena o Superior		Calidad Buena o Superior
Índice de Calidad Orgánica (ICO)	Calidad Moderada	Calidad Moderada		Calidad Moderada
VALORACIÓN GLOBAL	CALIDAD DEFICIENTE	CALIDAD DEFICIENTE	MÁXIMO POTENCIAL	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 2019 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 bajas. 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 Máximo Potencial en PAL-4 y PAL-6, siendo de Calidad Máxima en PAL-1 y Calidad Buena en PAL-2.

Se ha detectado la presencia puntual de dos contaminantes orgánicos durante el trimestre 2 en aguas, en concreto tributilestaño (TBT, (0,00138 ± 0,00043 µg/L) en PAL-1 y di(2-etilhexil)ftalato (DEHP, 1,6 ± 0,6 µg/L) en PAL-2, a bajo niveles de concentración. Las Normas de Calidad Ambiental (NCA), recogidas en el RD 817/2015 establecen unos valores medios anuales, de 0,0002 µg/L para TBT y 1,3 µg/L para DEHP. Debido a que las aguas del Puerto de Almería solamente se analizan en el segundo trimestre para estos parámetros, no es posible hacer una valoración media anual. Asimismo se ha detectado en sedimentos benzo(b)fluoranteno en PAL-7 en la muestra tomada en el cuarto trimestre. EL RD 817/2015 no establece valores para contaminantes en sedimentos.

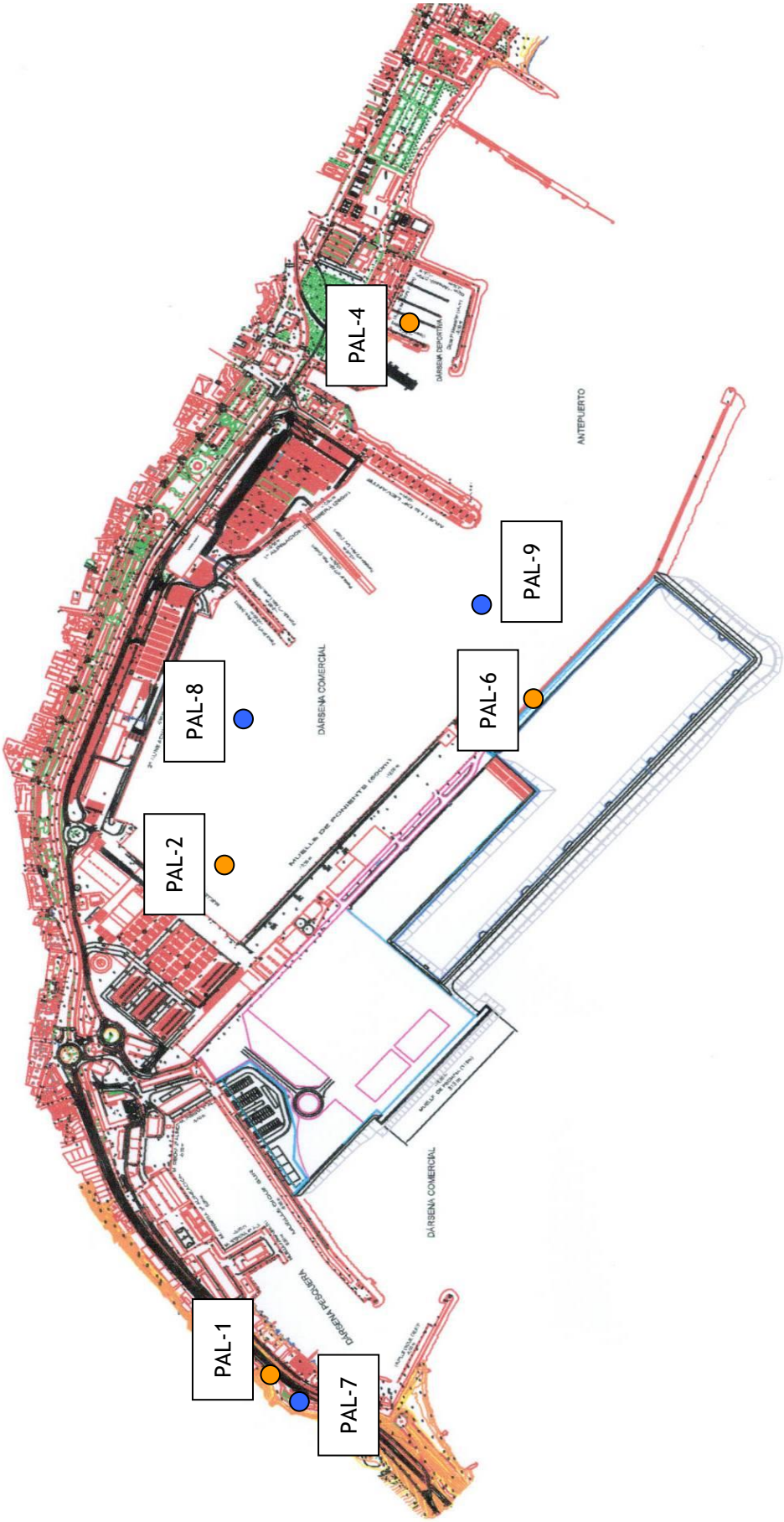
Los contaminantes analizados en las aguas en el mes de mayo de 2019 en el Puerto de Almería han presentado concentraciones inferiores a los límites, excepto para DEHP en el punto de muestreo PAL-2, cuya concentración ha sido de, y TBT en PAL-1 (0,00138 ± 0,00043 µg/L).

En relación a los sedimentos, el indicador de contaminación orgánica según ROM 5.1. mostró Calidad Buena en PAL-8 y Calidad Moderada en PAL-7 y PAL-9, como consecuencia principalmente de las elevadas concentraciones de materia orgánica obtenidas. Se ha detectado la presencia puntual de benzo(b)fluoranteno en la muestra tomada en PAL-7 en el trimestre 2, a bajos niveles de concentración cuyo origen puede justificarse por residuos del petróleo o aceites y grasas lubricantes.

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 máximo potencial, 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
DÁRSENA COMERCIAL
ANTEPUERTO
DÁRSENA COMERCIAL
DÁRSENA PESQUERA

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

5.2.1. INTRODUCCIÓN

El principal objetivo es aplicar un programa de control de la calidad de sedimentos 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 2019.

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 datos in situ

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)

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)

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 2019.

Muestra	PCA-1 Terminal ENDESA	PCA-2 Terminal Holcim
PARÁMETROS BÁSICOS		
pH (ud pH)	8,13	8,19
Temperatura (ºC)	20,75	20,875
Oxígeno Disuelto (mg/L)	>7,5	>7,5
% Oxígeno Disuelto	>100,0	>99,5
Conductividad a 20 ºC (µS/cm)	50750	50600
CONTAMINANTES GENERALES		
Hidrocarburos disueltos (µg/L)	3,2	3,8
Turbidez (UNF)	0,5	0,6
Clorofila *a* (µg/L)	0,38	0,71
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
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

Muestra	PCA-1 Terminal ENDESA	PCA-2 Terminal Holcim
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	<5
Fluoranteno (ng/L)	<5	<5
Naftaleno (ng/L)	<5	<5
Benzo(a)pireno (ng/L)	<5	<5
Benzo(b)fluoranteno (ng/L)	<5	<5
Benzo(k)fluoranteno (ng/L)	<5	<5
Benzo(g,h,i)perileno (ng/L)	<1,4	<1,4
Indeno(1,2,3-cd)pireno (ng/L)	<1,4	<1,4
COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES		
Benceno (µg/L)	<0,5	<0,5
Tetracloruro de carbono (µg/L)	<1,0	<1,0
1,2-dicloroetano (µg/L)	<1,0	<1,0
Diclorometano (µg/L)	<1,0	<1,0
Tetracloroetileno (µg/L)	<1,0	<1,0
Tricloroetileno (µg/L)	<1,0	<1,0
Triclorobencenos (µg/L)	<0,1	<0,1
Triclorometano (µg/L)	<1,0	<1,0
Hexaclorobutadieno (µg/L)	<0,05	<0,05
OTROS COMPUESTOS ORGÁNICOS		
Cloroalcanos (µg/L)	<0,1	<0,1
BDE 47 (µg/L)	<0,0005	<0,0005
BDE 99 (µg/L)	<0,0005	<0,0005
Hexabromobifenilo (µg/L)	<0,0005	<0,0005
Tributilestaño (µg/L)	<0,2	<0,2
Di(2-etilhexil)ftalato (µg/L)	<1	<1

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 99%, 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 de los métodos analíticos empleados en la mayoría de las muestras analizadas en los dos puntos de control. La turbidez presentó resultados similares en ambos puntos (0,5 UNF en PCA-1 y 0,6 UNF en PCA-2). Las concentraciones promedio de clorofila *a* han oscilado entre 0,38 µg/L en PCA-1 y 0,71 µg/L en PCA-2 (Tabla 6).

METALES: Las concentraciones de cadmio, mercurio, 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 cada 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.

CONTAMINANTES GENERALES: La concentración de nitrógeno total promedio anual fue de 0,04 % en PCA-1 y de 0,03 % en PCA-2 (Tabla 7). En el caso de fósforo total, las concentraciones promedio registradas han sido superiores en PCA-1 (276 mg/kg), respecto a PCA-2 (242 mg/kg), mientras que la concentración de materia orgánica ha presentado valores promedio entre 1,62 % en PCA-2 y 2,39 % en PCA-1.

HIDROCARBUROS AROMÁTICOS POLICÍCLICOS: Se han obtenido valores de concentración de PAH inferiores al límite de cuantificación del método analítico empleado en todas las muestras analizadas durante el periodo anual en los dos puntos de control, excepto para fluoranteno, benzo(b)fluoranteno y benzo (g,h,i)perileno en PCA-1 en la muestra tomada en julio de 2019 (Tabla 7). Todos ellos son hidrocarburos aromáticos policíclicos presentes en derivados de residuos del petróleo o aceites y grasas lubricantes.

METALES: Las concentraciones promedio de metales han sido similares en los dos puntos de control, registrándose las más bajas para mercurio (0,02 mg/kg en PCA-2), mientras que las concentraciones más elevadas se han obtenido para zinc (41 mg/kg en PCA-1 y 28 mg/kg en PCA-2).

Tabla 7. Resultados obtenidos en las muestras de sedimentos. Datos promedio año 2019.

Muestra	PCA-1	PCA-2
CONTAMINANTES GENERALES		
Nitrógeno total (%)	0,05	0,04
Fósforo total (mg/kg)	276	242
Materia orgánica (%)	2,39	1,62
HIDROCARBUROS AROMÁTICOS POLICÍCLICOS		
Antraceno (µg/kg)	<2	<2
Fluoranteno (µg/kg)	8,7	<2
Naftaleno (µg/kg)	<2	<2
Benzo(a)pireno (µg/kg)	<2	<2
Benzo(b)fluoranteno (µg/kg)	8,3	<2
Benzo(k)fluoranteno (µg/kg)	<2	<2
Benzo (g,h,i)perileno (µg/kg)	10,4	<2
Indeno(1,2,3-cd)pireno (µg/kg)	<2	<2
Suma PAH (µg/kg)	25,5	<2
METALES		
Mercurio (mg/kg)	0,10	0,03
Cadmio (mg/kg)	0,10	0,07
Plomo (mg/kg)	13,0	11,0
Cobre (mg/kg)	7,7	3,7
Zinc (mg/kg)	41	28
Níquel (mg/kg)	10,0	6,7
Arsénico (mg/kg)	6,7	10,0
Cromo (mg/kg)	8	7

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 2019.

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	MÁXIMO POTENCIAL	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 Carboneras en el año 2018 se indican a continuación:

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

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:

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 Carboneras para el indicador ICO para el año 2019:

	PCA-1	PCA-2
Índice de Calidad Orgánico (ICO)	6	9
Nivel de Calidad*	CALIDAD BUENA	CALIDAD 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 2019 se muestran a continuación:

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

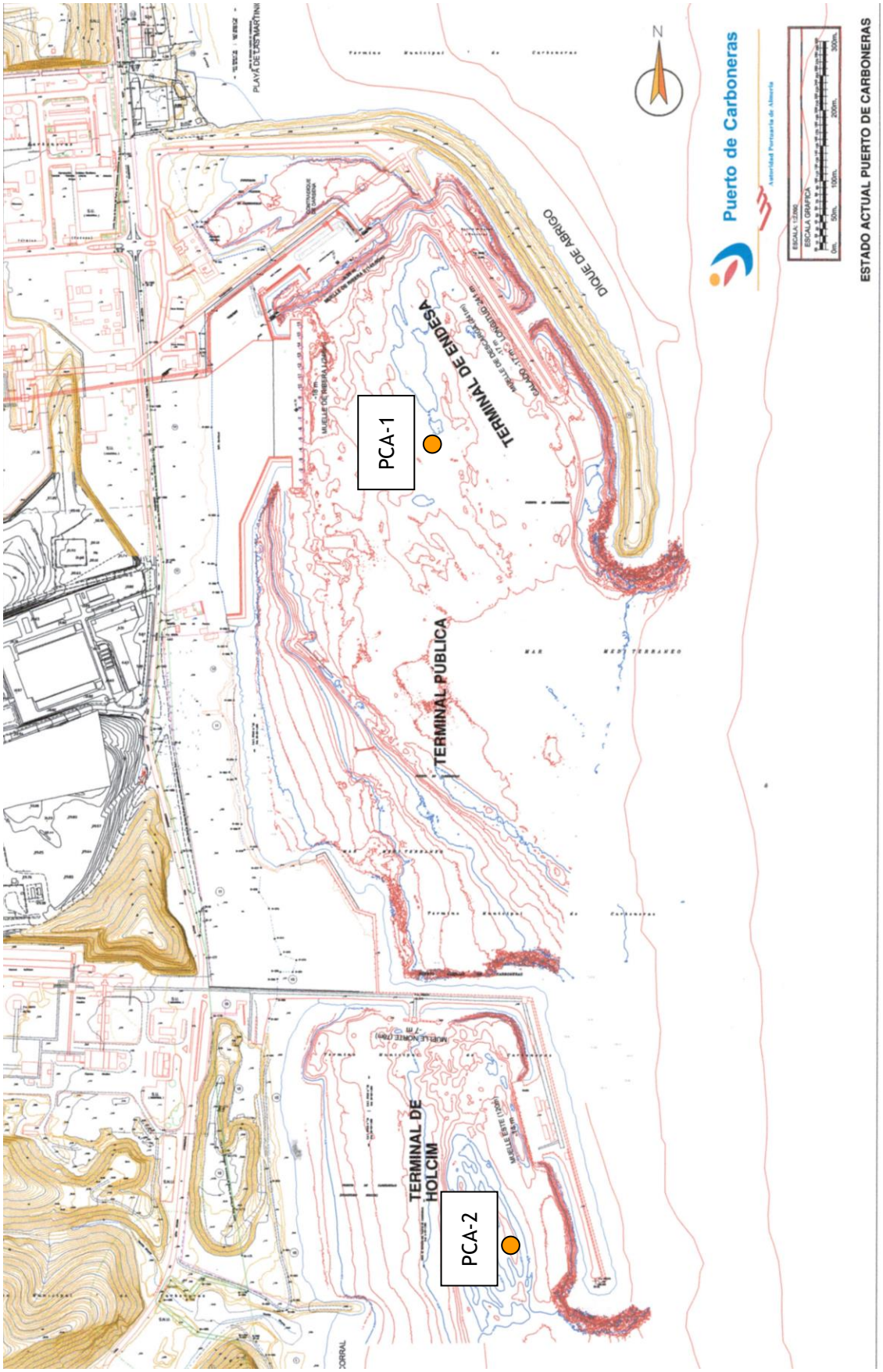
Las aguas del Puerto de Carboneras presentan muy buena calidad en general. Los valores de concentración de hidrocarburos, turbidez y clorofila *a* obtenidos durante el periodo de enero a diciembre de 2019 han sido bajos en los dos puntos. Los indicadores de calidad fisicoquímica establecidos por ROM 5.1-13 han presentado MÁXIMO POTENCIAL en PCA-1 y PCA-2. Los indicadores de calidad biológica han sido de MÁXIMO POTENCIAL en PCA-1 y CALIDAD MÁXIMA en PCA-2.

En el caso de los sedimentos se han obtenido valores de contaminación orgánica (materia orgánica, fósforo total y nitrógeno total) bajos, en general, por lo que se obtuvo un valor elevado para el indicador ICO, siendo la categoría asignada de calidad BUENA en ambos puntos de control. No se han detectado PAH en los sedimentos (valores de concentración inferiores al límite de cuantificación del método analítico), excepto para fluoranteno, benzo(b)fluoranteno y benzo (g,h,i)perileno en la muestra tomada en el punto PCA-1 en Carboneras el segundo trimestre del año; aunque estos contaminantes no están incluidos en el RD 817/2015 en muestras de sedimentos. Las concentraciones de metales obtenidas han sido, en general, bajas.

La valoración del potencial ecológico según RD 817/2015, considerando los análisis realizados en aguas y en sedimentos, ha sido CALIDAD BUENA O SUPERIOR en ambos puntos.

La valoración del estado químico según RD 817/2015 en aguas ha sido satisfactorio, con concentraciones de contaminantes 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.

5.2.6. 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 2019. 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 2019. Las coordenadas UTM y profundidad de los mismos se presentan en la Tabla 8.

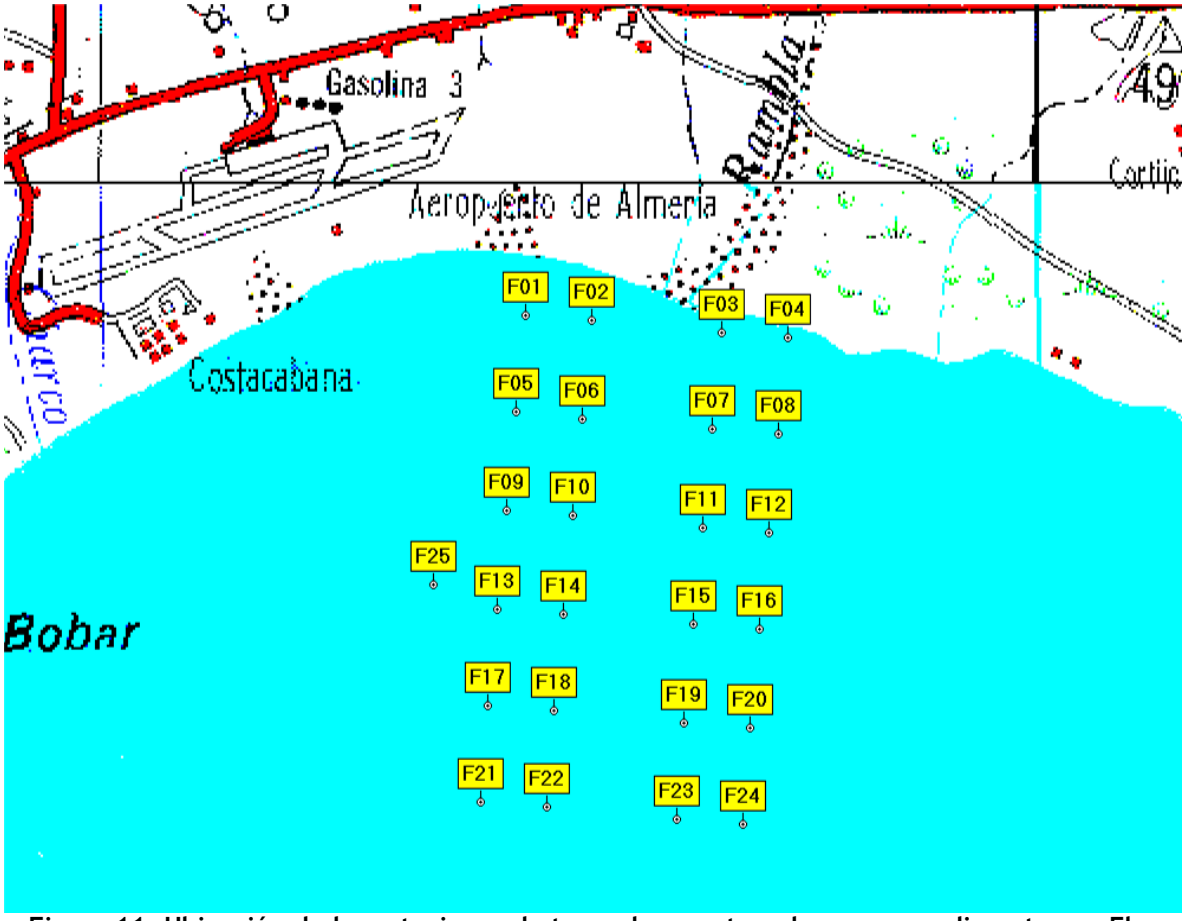


Figura 11. Ubicación de las estaciones de toma de muestras de aguas y sedimentos en El Alquián.

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 2019 se presentaron los trabajos realizados y resultados obtenidos en la campaña de muestreo llevada a cabo en 2019, 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

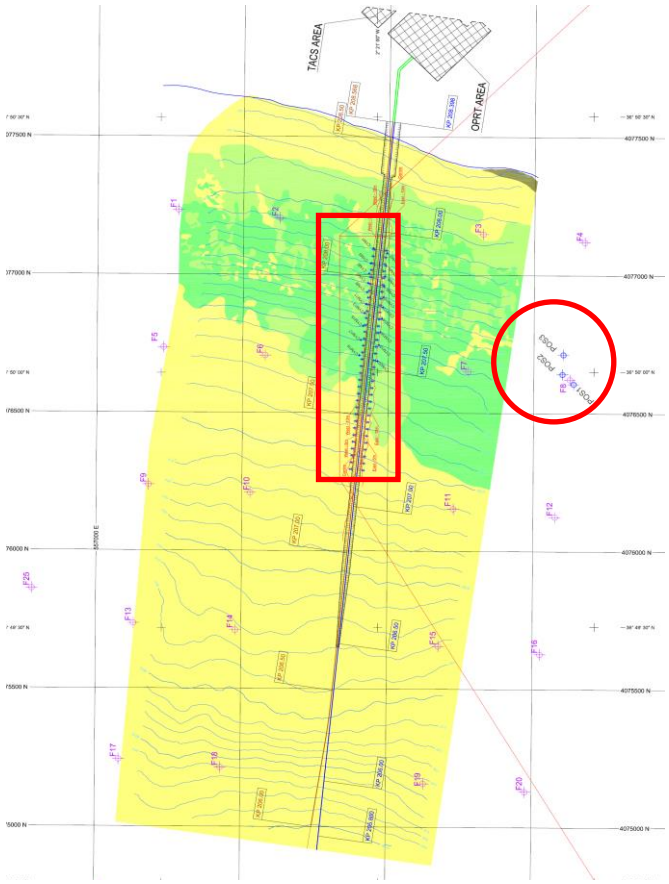


Figura 12. Ubicación de los puntos de control de las praderas de *Posidonia oceánica* y *Cymodocea nodosa*.

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.

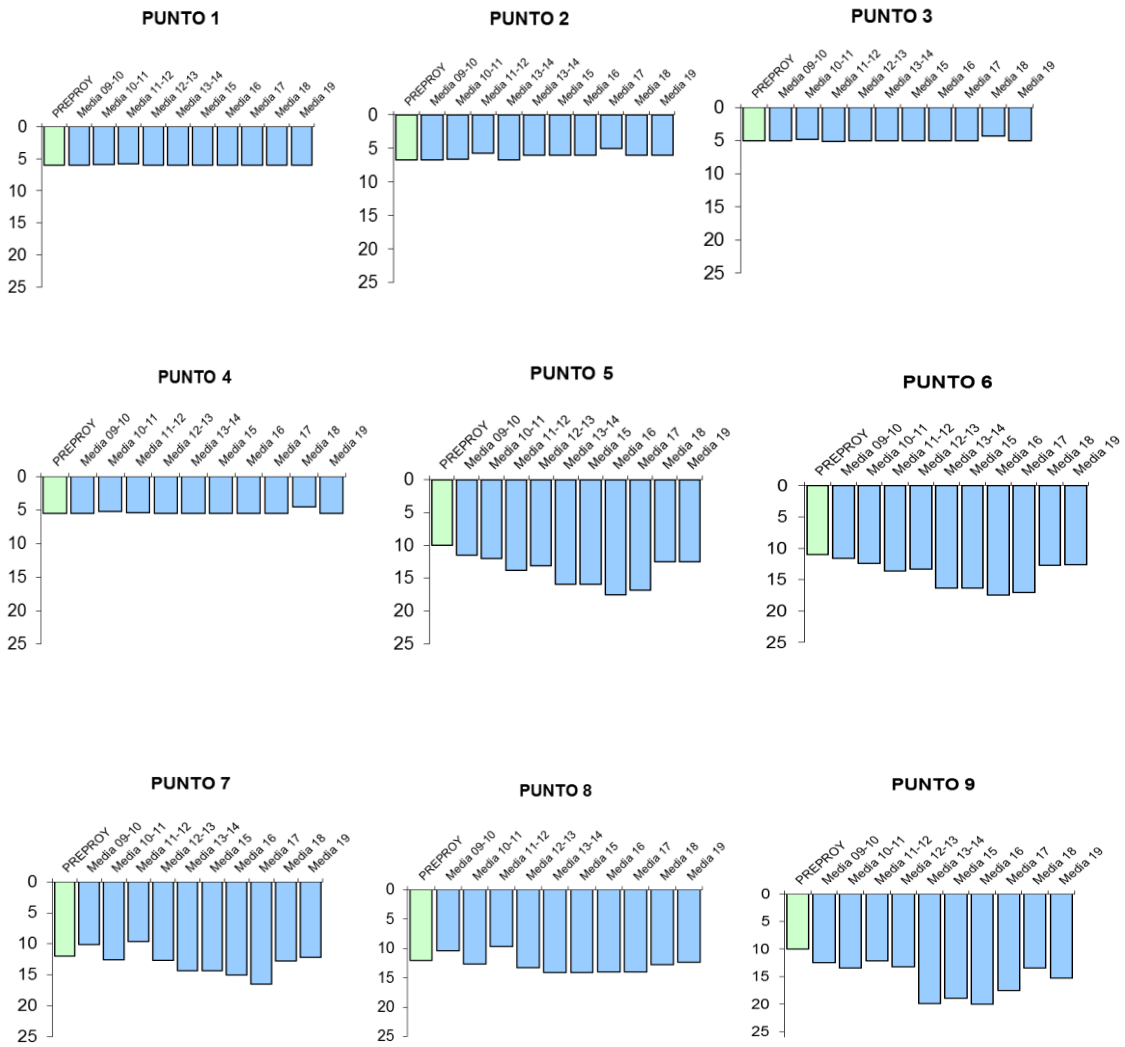
A continuación se muestran algunas fotografías tomadas durante la toma de datos.

6.4. RESULTADOS

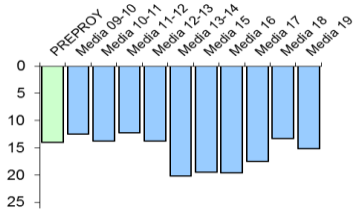
a. CALIDAD DE LAS AGUAS Y SEDIMENTOS EN EL PERIODO ENERO-DICIEMBRE 2019. ANÁLISIS COMPARATIVO CON LA SITUACIÓN ANTES DEL PROYECTO

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 2019 (barras color azul) se muestran en la Figura 13.

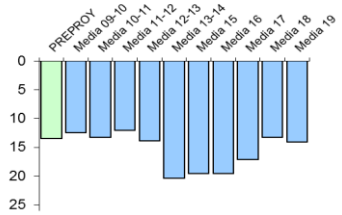
En los periodos de 2013 a 2017 se ha observado un incremento de la transparencia respecto a periodos de estudio anteriores (Figura 14). En el periodo 2019 ha aumentado la transparencia, en general, en la mayoría los puntos de estudio, respecto a 2018.



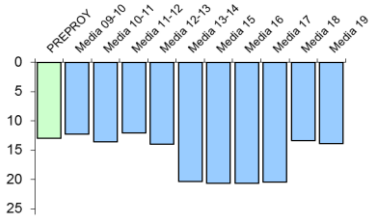
PUNTO 10



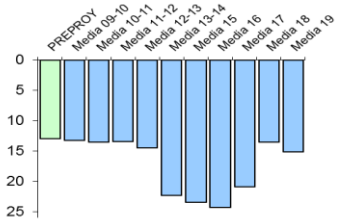
PUNTO 11



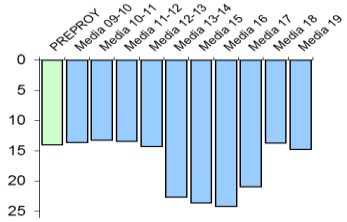
PUNTO 12



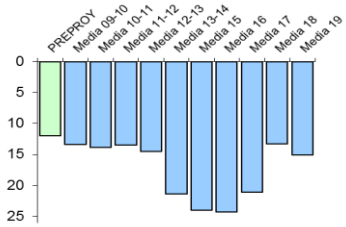
PUNTO 13



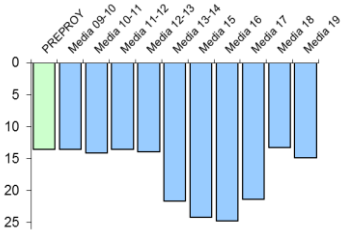
PUNTO 14



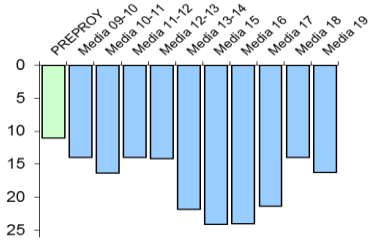
PUNTO 15



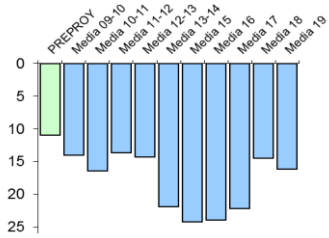
PUNTO 16



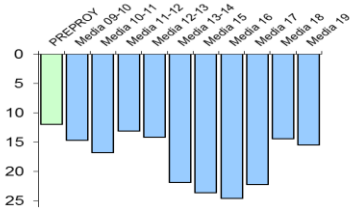
PUNTO 17



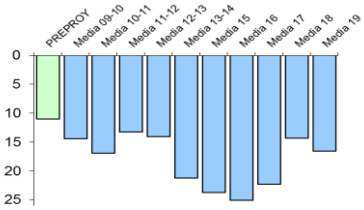
PUNTO 18



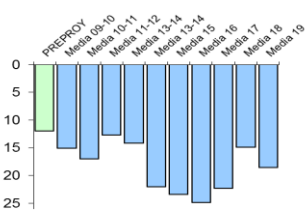
PUNTO 19



PUNTO 20



PUNTO 21



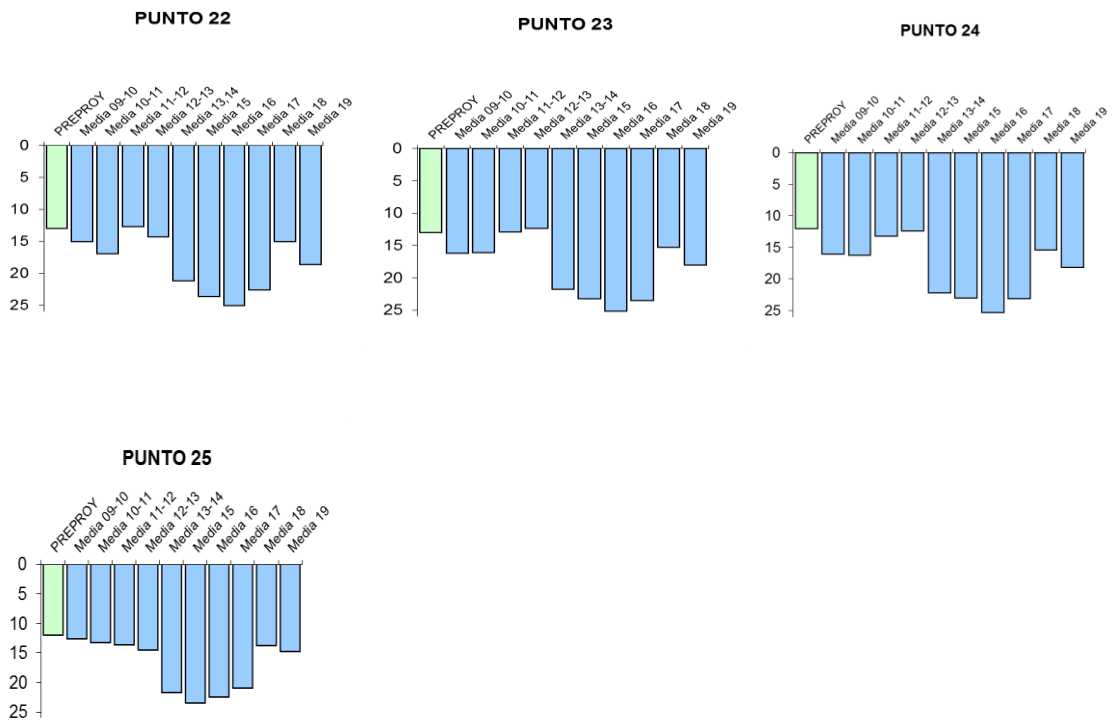


Figura 13. Evolución de la transparencia del agua. Datos obtenidos antes de la ejecución del proyecto y situación durante el periodo 2009-2019.

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.
Media 18: Valores obtenidos durante el periodo 2018 para transparencia.
Media 19: Valores obtenidos durante el periodo 2019 para transparencia.

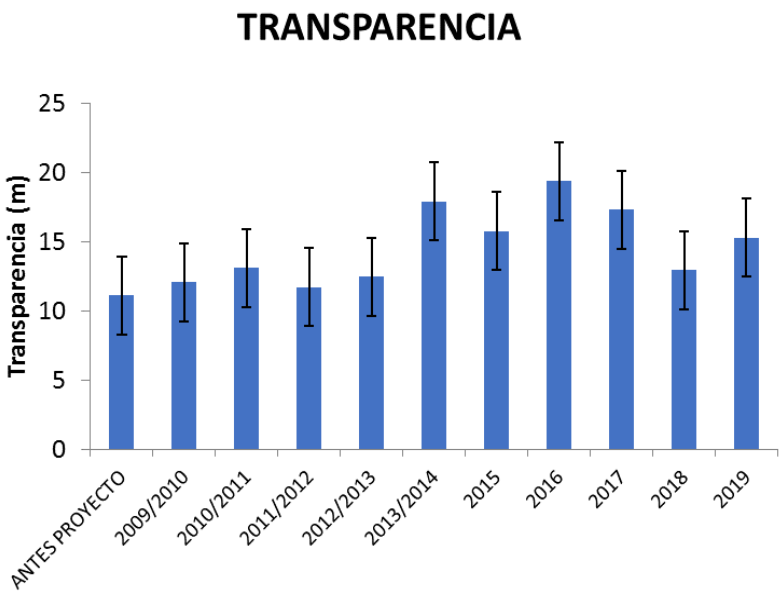


Figura 14. Valores medios de transparencia del agua y desviación estándar (barra vertical)

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, en los años 2012 a 2014 se observó un incremento de las concentraciones de sólidos en las tres profundidades, mientras que en los años de 2015 a 2019, se han obtenido concentraciones más bajas, superiores a la situación antes de proyecto en el caso de los sólidos a 3 m del fondo (Figura 15).

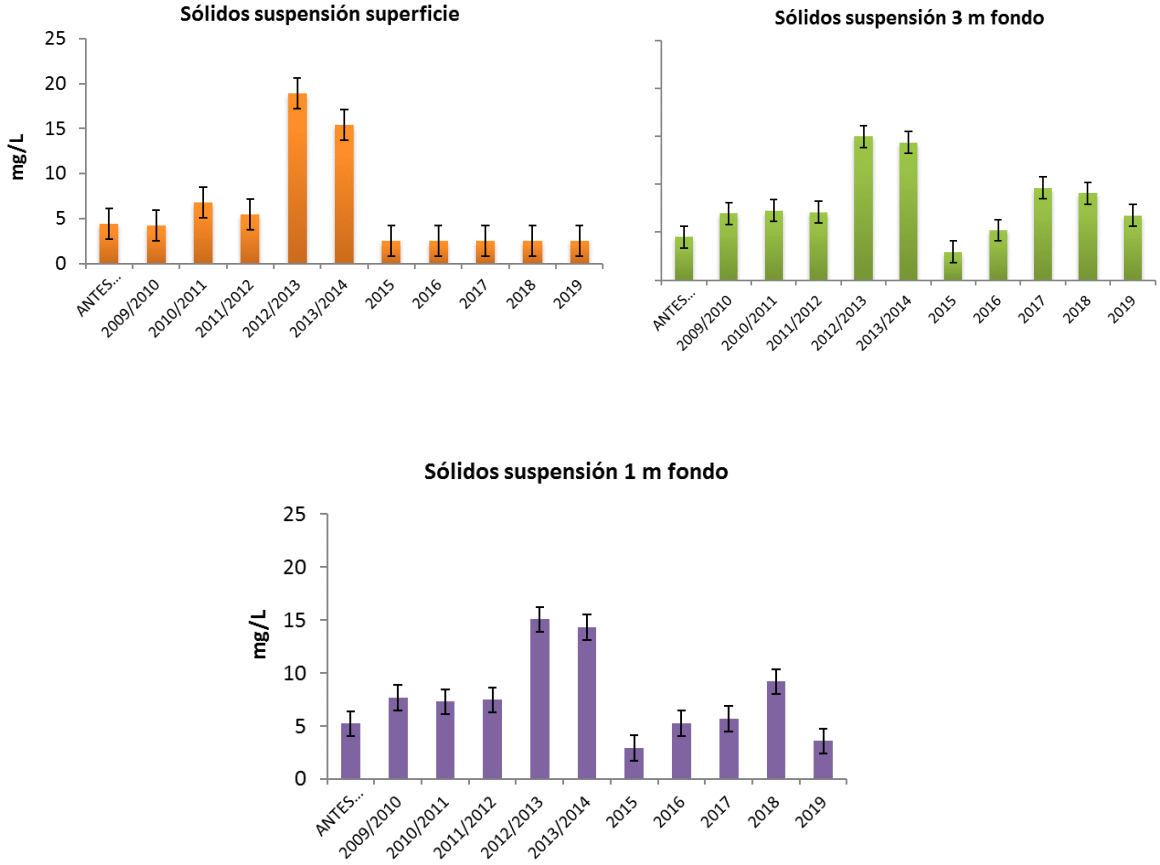


Figura 15. Valores medios de concentración de sólidos en suspensión en agua y desviación estándar (barra vertical)

No se dispone de datos del parámetro hidrocarburos antes del proyecto. En el periodo 2019 las concentraciones de hidrocarburos en superficie han sido superiores a años anteriores. Han sido muy bajas (inferiores al límite de cuantificación del método analítico empleado) en 6 puntos, mientras que en el resto ha oscilado entre los 39,9 µg/L obtenidos en el punto 9 y los 207,3 µg/L del punto 22.

En el caso de los sedimentos, el contenido en materia orgánica ha variado durante todo el periodo de estudio. Durante el año 2019 los valores obtenidos han sido similares a los registrados en años anteriores (Figura 16).

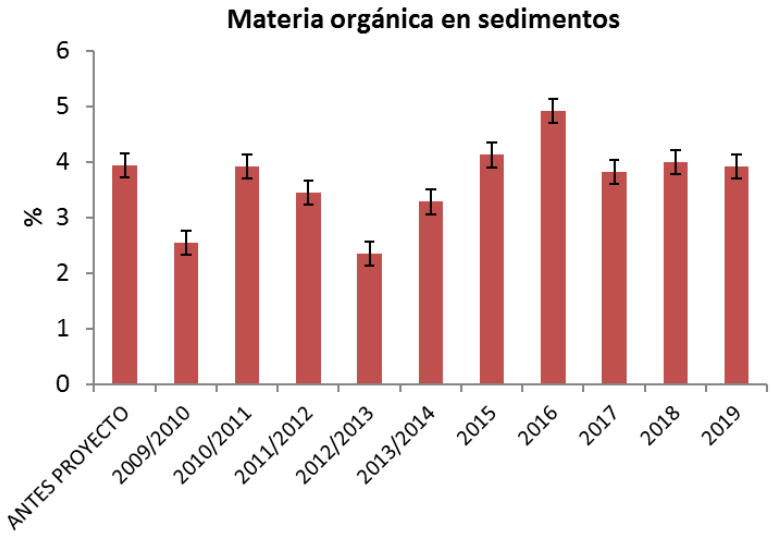


Figura 16. Valores medios de concentración de materia orgánica en sedimentos y desviación estándar (barra vertical)

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 a la densidad, se

detectaron diferencias significativas, observándose una disminución después de la ejecución del proyecto y un posterior incremento en los años de 2014 a 2019 (Figura 17).

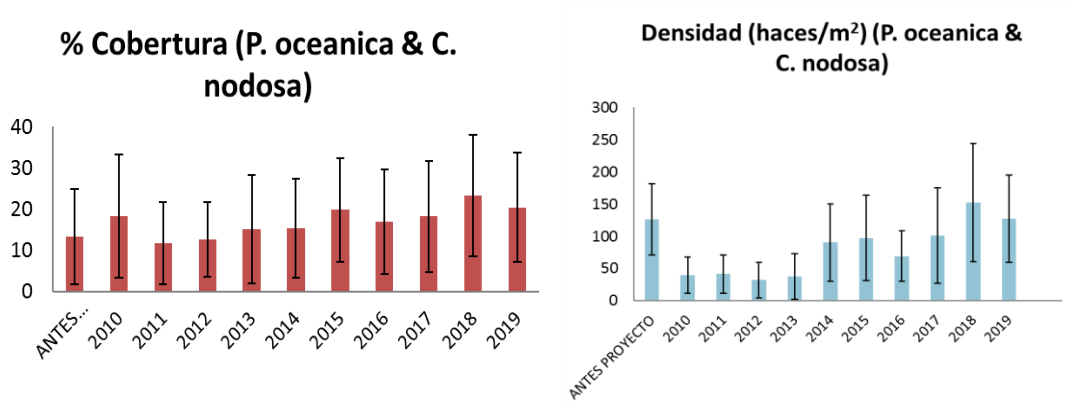


Figura 17. Valores medios de cobertura y densidad de fanerógamas y desviación estándar (barra vertical)

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 se ha incrementado después de la ejecución del proyecto, con respecto a la existente antes del proyecto, no existiendo diferencias significativas entre los valores obtenidos a lo largo de todos los años de estudio. La densidad se ha incrementado de forma paulatina desde 2010 hasta 2015, en 2016 se observó una disminución de la densidad, volviendo a incrementar en 2017 y 2018, si bien en 2019 ha vuelto a disminuir (Figura 18).

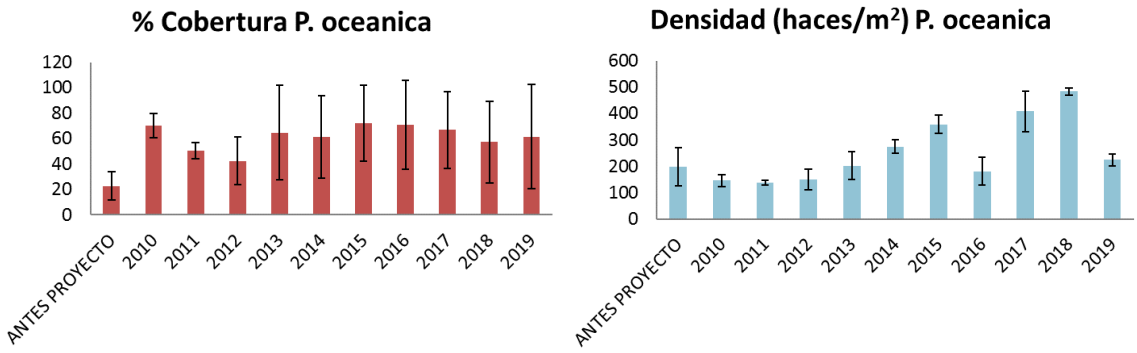


Figura 18. Valores medios de cobertura y densidad de la fanerógama *Posidonia oceanica* y desviación estándar (barra vertical) en los ocho periodos de estudio

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) desde la situación antes del proyecto y hasta el año 2012, a densidad normal (indica que la pradera está en equilibrio) en los años de 2013 a 2015. En 2016 se volvió a registrar una densidad baja-normal, en 2017 la densidad ha sido normal-excepcional y en 2018, la densidad ha sido excepcional. En 2019 la densidad ha vuelto a normal (en los tres últimos años la pradera está en equilibrio) (Tabla 10).

Tabla 10. Valores de densidad de *Posidonia oceánica* 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
P1	275	170	127	194	169
P2	100	125	144	125	263
P3	219	144	140	131	175
Clasif. Densidad	BAJA-NORMAL	BAJA-NORMAL	BAJA-NORMAL	BAJA-NORMAL	NORMAL

	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	DENSIDAD HACES (haces/m^2) jun-18	DENSIDAD HACES (haces/m^2) jun-19
P1	300	350	237	425	475	250
P2	275	350	175	475	500	213
P3	250	375	131	325	475	20
Clasif. Densidad	NORMAL	NORMAL	BAJA-NORMAL	NORMAL-EXCEPCIONAL	EXCEPCIONAL	NORMAL

En el caso de *Cymodocea nodosa* se ha observado que la cobertura se ha incrementado en la situación antes de proyecto y tras la ejecución de proyecto, obteniéndose resultados similares durante los años de 2010 a 2015. En 2016 se observó una

disminución de la cobertura, volviendo a incrementarse en 2017 y 2018 y volviendo a bajar en 2019. No se han detectado diferencias significativas entre los datos registrados durante los años de estudio. La densidad, sin embargo, disminuyó durante los años de 2010 a 2013, con respecto a la situación antes del proyecto, y volvió a aumentar en el año 2014. En el año 2018, la densidad ha aumentado con respecto a los periodos anuales anteriores, disminuyendo levemente en 2019, detectándose diferencias significativas entre los valores mínimos registrados en 2013 y los de la presente anualidad (Figura 19).

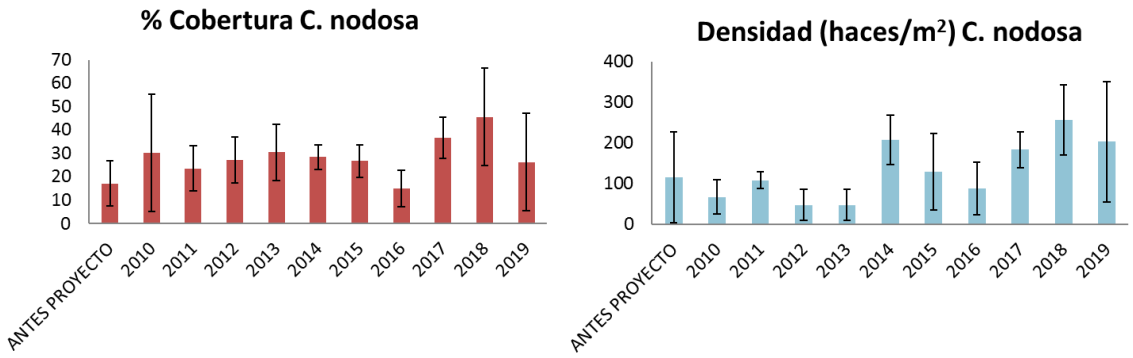


Figura 19. Valores medios de cobertura y densidad de la fanerógama *Cymodocea nodosa* y desviación estándar (barra vertical)

6.5. CONCLUSIONES

En el año 2019 se ha obtenido buena calidad del agua en la Zona de El Alquián, en general. Los valores de transparencia del agua han sido elevados, superiores a los registrados en 2018. La concentración de sólidos en suspensión e hidrocarburos en agua ha sido baja, en algunos 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 2018 el año con mayor densidad tras finalizar el proyecto y volviendo a descender en 2019. La clasificación de la comunidad según Pergent-Martini (1996) en 2019 mostró densidad normal (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, disminuyendo de nuevo en las años 2015 y 2016, volviendo a incrementar en 2017 y 2018 y reduciéndose en 2019.

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.