INFORME

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

INFORME PROVISIONAL ANUAL

FECHA: **ENERO - DICIEMBRE 2020**

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 2020

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:**
01/01/2020	31/12/2020

Fecha de emisión de informe:
10/05/2021

Responsable:

Carmen Laura Guirado Gutiérrez

Área de Medioambiente

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
4.1.PROGRAMA I. CALIDAD DEL AIRE Y PROPUESTA DE MEDIDAS CORRECTORAS EN EL PUERTO DE ALMERÍA 5
4.1.1. INTRODUCCIÓN 5
4.1.2. METODOLOGÍA DE TOMA DE MUESTRA Y ANÁLISIS 5
4.1.3. RESULTADOS 6
4.1.4. CONCLUSIONES 21
ANEXO I. LOCALIZACIÓN DE LAS ESTACIONES DE TOMA DE MUESTRAS PARA EL CONTROL DE LA CALIDAD DEL AIRE EN EL PUERTO DE ALMERÍA 23
4.2.PROGRAMA I. CALIDAD DEL AIRE Y PROPUESTA DE MEDIDAS CORRECTORAS EN EL PUERTO DE CARBONERAS 25
4.2.1. INTRODUCCIÓN 25
4.2.2. METODOLOGÍA DE TOMA DE MUESTRA Y ANÁLISIS 25
4.2.3. RESULTADOS 25
4.2.4. CONCLUSIONES 34
ANEXO II. LOCALIZACIÓN DE LAS ESTACIONES DE TOMA DE MUESTRAS PARA EL CONTROL DE LA CALIDAD DEL AIRE EN EL PUERTO DE CARBONERAS 36
5. PROGRAMA II. CALIDAD DEL AGUA Y VIGILANCIA AMBIENTAL 38
5.1. PROGRAMA II.1. CALIDAD DEL AGUA Y VIGILANCIA AMBIENTAL EN EL PUERTO DE ALMERIA 38
5.1.1. INTRODUCCIÓN 38
5.1.2. LOCALIZACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO 38
5.1.3. METODOLOGÍA 39
5.1.4. RESULTADOS 41
5.1.5. CONCLUSIONES 48
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 49
5.2. PROGRAMA II.2. CALIDAD DEL AGUA Y VIGILANCIA AMBIENTAL EN EL PUERTO DE CARBONERAS 51
5.2.1. INTRODUCCIÓN 51
5.2.2. LOCALIZACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO 51
5.2.3. METODOLOGÍA 52
5.2.4. RESULTADOS 54
5.2.5. CONCLUSIONES 61
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 63
6. PROGRAMA III. VIGILANCIA AMBIENTAL EN LA ZONA DE EL ALQUIÁN 65
6.1. INTRODUCCIÓN 65
6.2. LOCALIZACIÓN DE LOS PUNTOS DE TOMA DE MUESTRAS 66
6.3. METODOLOGÍA 68
6.4. RESULTADOS 71
6.5. CONCLUSIONES 79

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 y de la calidad del aire desde febrero de 2020.

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 2020 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 en Puerto de Almería y Puerto de Carboneras

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

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

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

Programa III. Vigilancia ambiental en la zona de El Alquián

El objetivo es conocer el estado y evolución de la calidad de las aguas y sedimentos en la zona próxima al gasoducto Argelia-España en su parte más próxima a la costa

española (Almería). Anualmente se realiza un estudio del estado de conservación de las comunidades de fanerógamas marinas.

2. OBJETIVO DE ESTE INFORME

En este informe se presentan los resultados y conclusiones obtenidas en el periodo anual enero-diciembre de 2020 en cada uno de los programas descritos en el apartado anterior. 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, 2019 y 2020) 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”.

4.1.PROGRAMA I. CALIDAD DEL AIRE Y PROPUESTA DE MEDIDAS CORRECTORAS EN EL PUERTO DE ALMERÍA

4.1.1. 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.

4.1.2. 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.

4.1.3. RESULTADOS

a. PARTÍCULAS EN SUSPENSIÓN
RESULTADOS OBTENIDOS EN EL PERIODO ANUAL ENERO-DICIEMBRE 2020

Se han tomado un total de 1069 muestras de partículas en suspensión en el periodo enero a diciembre de 2020. En la Tabla 1 se presenta una síntesis de los resultados obtenidos en cada estación de control.

En la estación AL-1 se han tomado un total de 361 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 5 y 6 de noviembre (Tabla 1).

En AL-2 se han tomado 349 muestras, de las cuales ninguna presentó valores de concentración superiores al límite legal.

En la estación de muestreo AL-3 se han tomado un total de 359 muestras; 2 de ellas presentaron valores superiores al límite legal establecido en el Decreto 151/2006 (los días 5 y 6 de noviembre).

Tabla 1. Resultados de partículas en suspensión en el periodo enero-diciembre de 2020.

	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)
ENERO	31	0	42,0	31	0	28,5	31	0	41,5
FEBREO	29	0	50,6	28	0	33,9	29	0	40,6
MARZO	31	0	37,3	26	0	35,0	31	0	40,9
ABRIL	30	0	29	30	0	21,5	30	0	29,2
MAYO	30	0	36,5	31	0	27,2	29	0	37,1
JUNIO	30	0	46,3	24	0	39,5	29	0	53,9
JULIO	29	0	41,6	29	0	24,4	30	0	53,6
AGOSTO	30	0	42,1	29	0	25,7	30	0	53,1
SEPTIEMBRE	30	0	40,5	30	0	25,0	30	0	42,8
OCTUBRE	30	0	39,0	30	0	31,3	30	0	52,5
NOVIEMBRE	30	2	54,4	30	0	33,9	30	2	61,1
DICIEMBRE	31	0	32,1	31	0	26,1	30	0	45,3
PERIODO ANUAL	**361**	**2**	**40,9**	**349**	**0**	**29,1**	**359**	**2**	**47,0**

En la Figura 1 se representan las concentraciones medias mensuales de partículas en suspensión obtenidas durante el periodo de enero a diciembre de 2020 en cada una de las tres estaciones de toma de muestras.

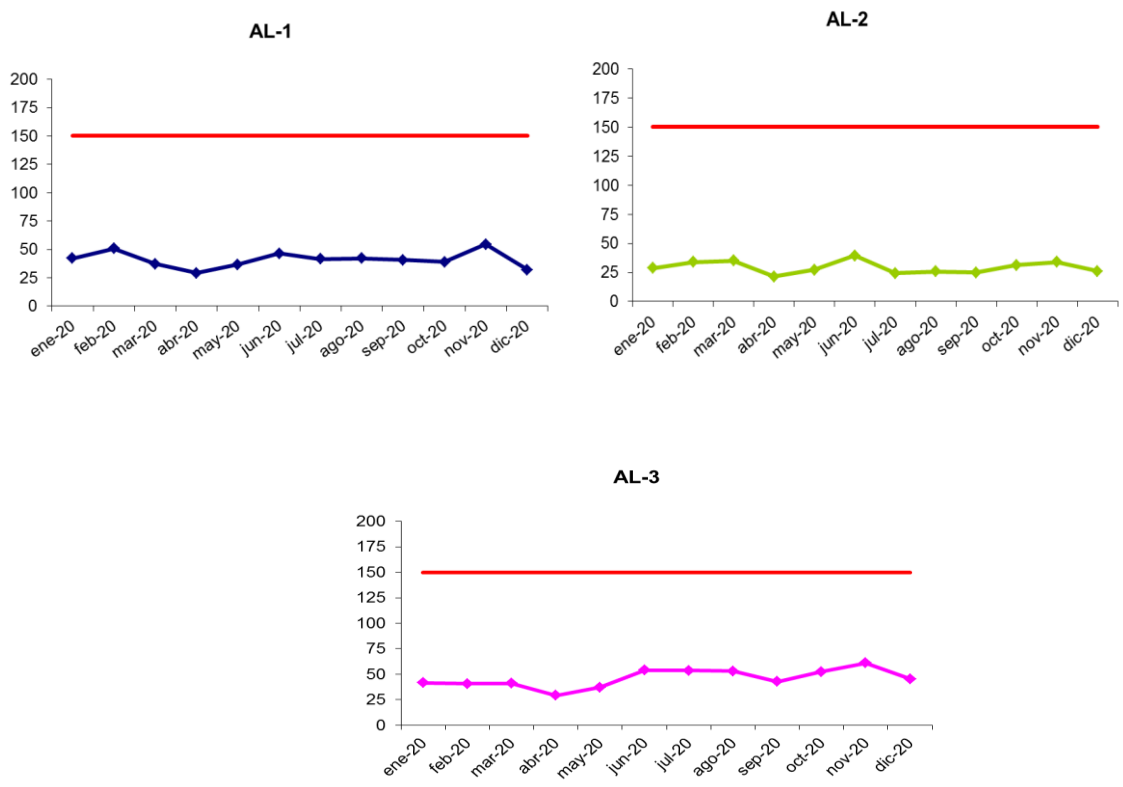


Figura 1. Evolución mensual de la concentración de partículas en suspensión en las tres estaciones de control.

ESTUDIO INTERANUAL 2008-2020

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 hasta 2020. 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 2018. En 2019 se volvió a experimentar un ligero ascenso y en 2020 la concentración se ha vuelto a reducir.

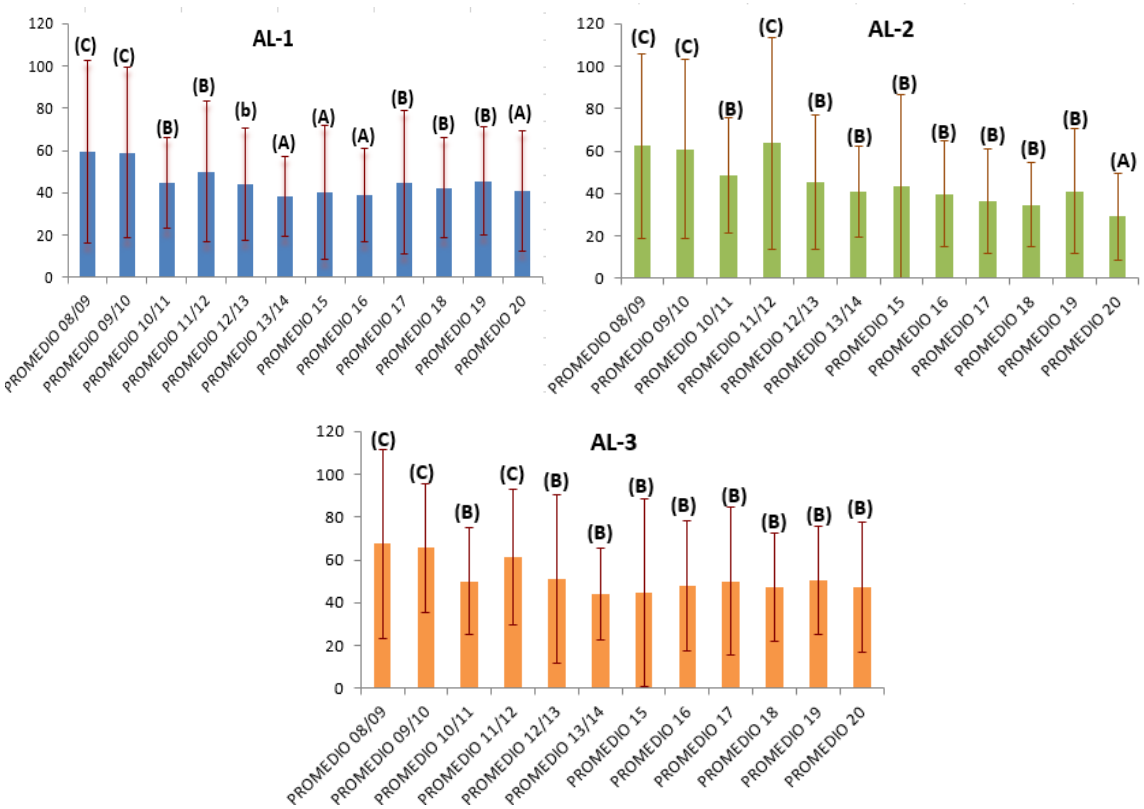


Figura 2. Promedio y desviación estándar de los datos de concentración de partículas en suspensión en las estaciones de control de la contaminación atmosférica durante el periodo 2008-2020. La letra indica diferencias estadísticamente significativas (ANOVA, p-valor <0,05).

b. PARTÍCULAS SEDIMENTABLES

RESULTADOS CORRESPONDIENTES AL PERIODO ENERO-DICIEMBRE 2020

La concentración promedio de partículas sedimentables obtenida en el periodo considerado ha presentado el valor mínimo en la estación AL-6 en el mes de diciembre (15,6 mg/m^2 x día) y el valor máximo en la estación AL-7 en el mes de mayo (1327,2 mg/m^2 x día) (Tabla 2).

Tabla 2. Resultados obtenidos en el control de partículas sedimentables en el periodo enero-diciembre 2020.

MES DEL AÑO	AL-1 (mg/m² x día)	AL-2 (mg/m² x día)	AL-3 (mg/m² x día)	AL-4 (mg/m² x día)	AL-5 (mg/m² x día)	AL-6 (mg/m² x día)	AL-7 (mg/m² x día)	AL-8 (mg/m² x día)	Límite legal (Decreto 151/2006)
ENERO	87,1	91,5	107,6	75,5	108,0	59,4	61,4	173,0	**300**
FEBRERO	40,7	50,6	59,0	37,0	57,9	61,2	59,2	63,9	**300**
MARZO	188,0	-	234,3	180,3	-	170,2	195,8	-	**300**
ABRIL	197,3	-	177,6	103,5	-	108,9	117,8	-	**300**
MAYO	59,1	-	72,3	75,3	-	171,9	1327,2	-	**300**
JUNIO	41,1	107,5	50,2	40,6	42,5	139,0	980,9	263,3	**300**
JULIO	55,6	48,6	70,9	71,3	71,7	70,2	80,6	68,7	**300**
AGOSTO	123,2	111,7	169,8	169,3	195,0	143,3	100,2	113,4	**300**
SEPTIEMBRE	157,2	138,8	126,9	113,4	183,5	35,4	35,3	173,0	**300**
OCTUBRE	61,2	253,1	57,1	182,4	278,0	31,3	216,6	528,1	**300**
NOVIEMBRE	397,3	379,3	396,4	363,1	482,8	374,5	414,8	403,1	**300**
DICIEMBRE	46,2	48,7	55,8	75,3	56,4	15,6	47,2	42,2	**300**
PROMEDIO	**121,2**	**136,6**	**131,5**	**123,9**	**164,0**	**115,1**	**303,1**	**203,2**	**300**

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

La evolución mensual en el año 2020 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.

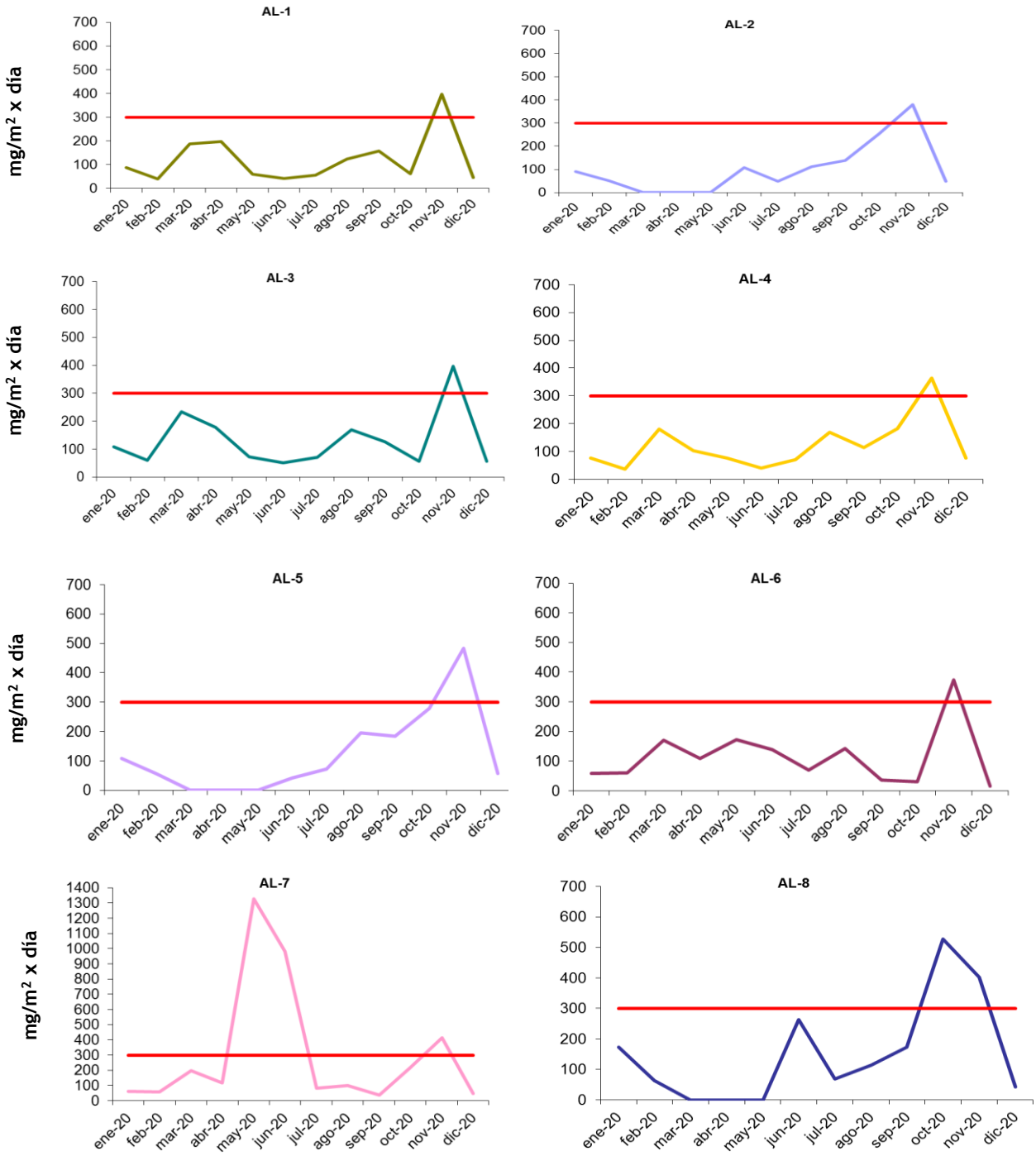


Figura 3. Evolución mensual de la concentración de partículas sedimentables en cada estación de control en el periodo enero-diciembre 2020.

En los meses de enero a abril, de julio a septiembre y en diciembre se han obtenido niveles de concentración de partículas sedimentables inferiores al límite establecido legalmente. La estación AL-7 ha sido la que más incumplimientos ha presentado (3 en

2020). En los meses de mayo y junio se ejecutaron obras en las inmediaciones de la estación AL-7.

ESTUDIO INTERANUAL 2008-2020

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.

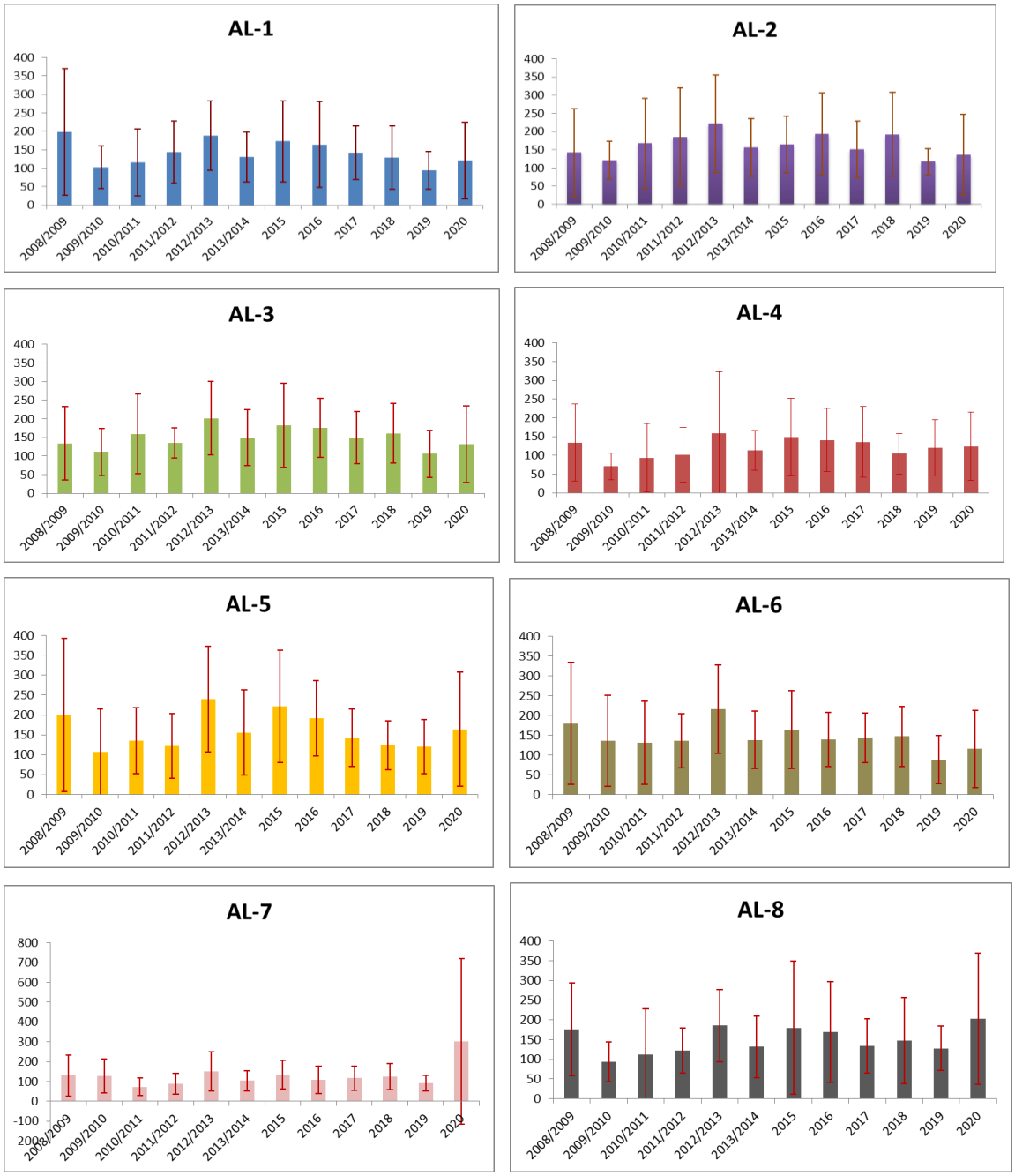


Figura 4. Promedio y desviación estándar de los datos de concentración de partículas en suspensión de las 8 estaciones de control durante el periodo 2008-2020.

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 para luego volver a disminuir en 2019. En 2020 la concentración media de partículas sedimentables ha aumentado notablemente y ello debido a las superaciones en mayo, junio, octubre y noviembre (Figura 5).

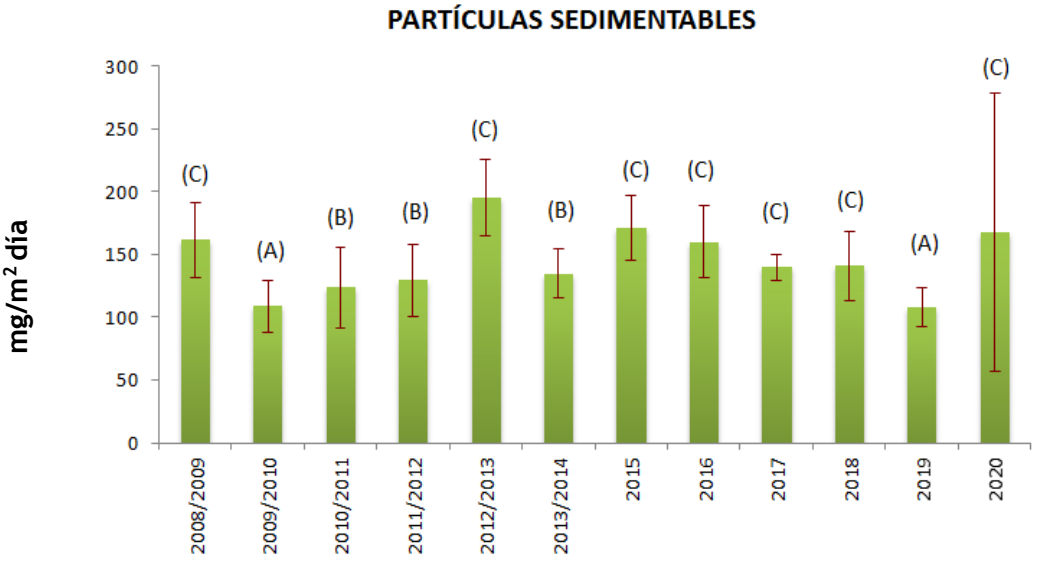


Figura 5. Promedio y desviación estándar de los datos de concentración de partículas sedimentables. La letra indica diferencias estadísticamente significativas (ANOVA, p-valor < 0,05).

c. METALES EN PARTÍCULAS EN SUSPENSIÓN

RESULTADOS CORRESPONDIENTES AL PERIODO ENERO-DICIEMBRE 2020

Las concentraciones medias anuales de metales en partículas en suspensión registradas durante el periodo de enero a diciembre de 2020 se presentan en la Tabla 3.

Tabla 3. Resultados medios de metales en partículas en suspensión en el periodo enero-diciembre 2020.

Metal	AL-1	AL-2	AL-3	Valores objetivo de referencia (1)
Pb (µg/m³)	<0,0007	0,0015	<0,0010	**0,5**
Cd (ng/m³)	<0,1551	<0,1551	<0,1551	**5,00**
Ni (ng/m³)	<1,3232	2,5318	<1,5180	**20,00**
As (ng/m³)	<0,3134	0,2803	<0,3266	**6,00**
Hg (ng/m³)	<0,0356	<0,0313	<0,0331	-
Sr (µg/m³)	<0,0184	<0,0048	<0,0228	-

(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 2008-2020

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 diciembre y enero (entre 12 y 14 ºC).

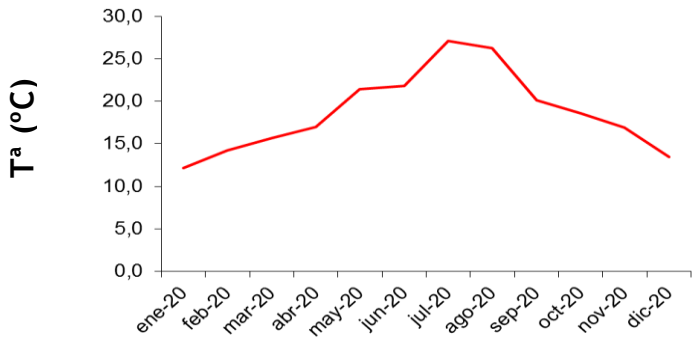


Figura 6. Temperatura media mensual durante el periodo de estudio.

Precipitación

Se han registrado un total de 103,0 mm de precipitación durante el periodo de estudio, con ausencia de lluvias en el mes de febrero y diciembre y registrándose la mayor cantidad de precipitaciones en marzo y abril con 30,0 y 30,6 mm respectivamente (Figura 7).

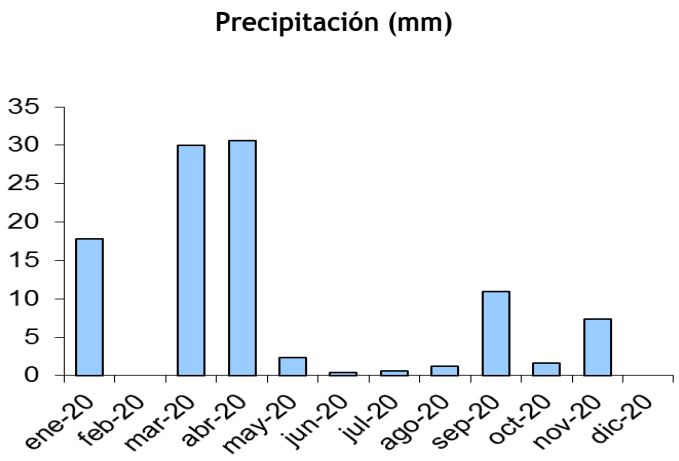


Figura 7. Precipitación mensual acumulada durante el periodo de estudio.

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, seguida de SSW y ENE. Los vientos más intensos (velocidad media superior a 8 m/s) han sido de componente WSW principalmente, SSW y E (Figura 8).

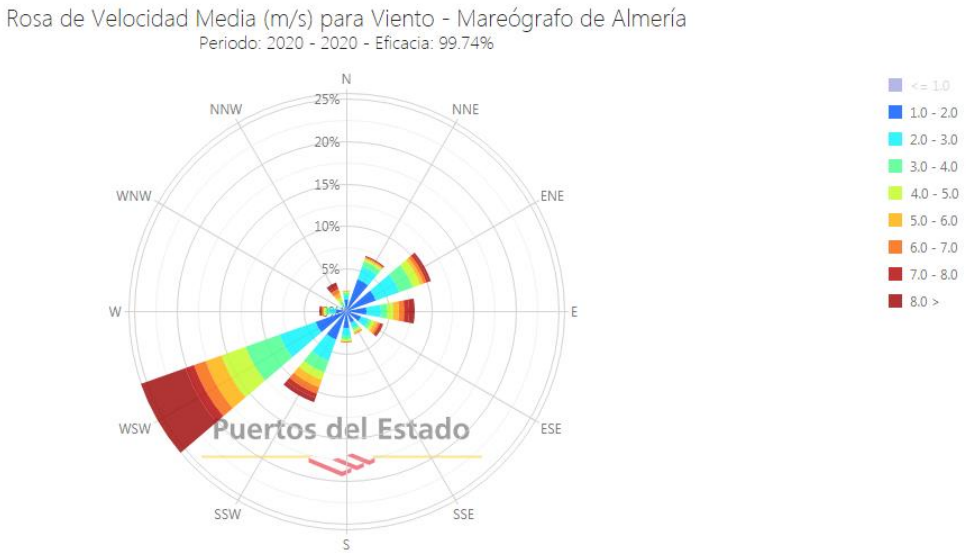


Figura 8. Rosa de viento del periodo 2020 (datos obtenidos del mareógrafo de Almería).

e. MOVIMIENTOS DE MERCANCÍAS

En el periodo de estudio considerado se han trasvasado un total de 1.729.870 toneladas de materiales gráneles sólidos. Destacan los materiales yeso (77,3 %) y cemento (14,1%), que suponen, la suma de ambos, el 91,4 % del total de material trasvasado (Figura 9).

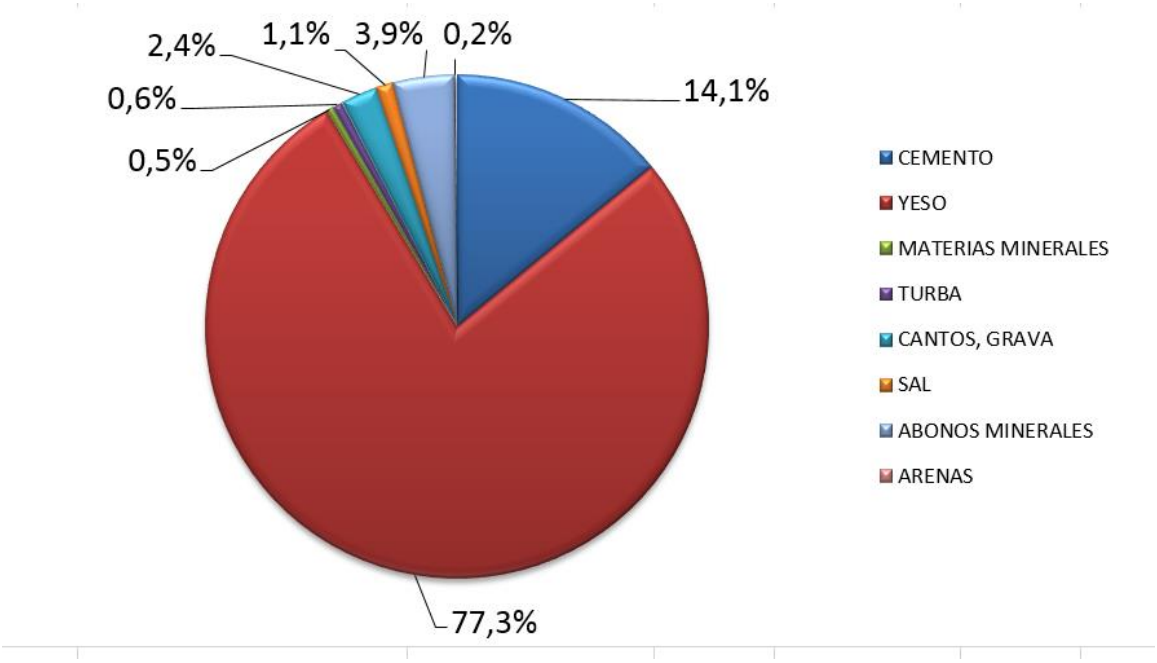


Figura 9. Representatividad de los materiales gráneles sólidos trasvasados en el Puerto de Almería en el periodo enero-diciembre 2020.

Se han registrado operaciones de movimientos de mercancías el 72,1 % de los días del periodo estudiado. Los meses en los que se ha registrado más actividad han sido marzo (todos los días) y octubre, con 80,6 % de los días del mes (Figura 10).

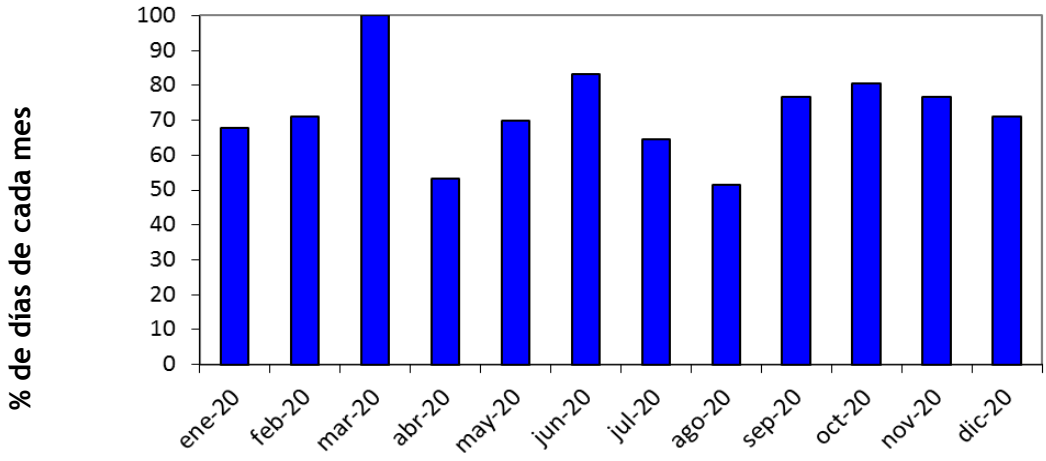


Figura 10. Porcentaje de días en los que se han producido actividades de movimiento de mercancías en el Puerto de Almería.

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 anual sobre episodios naturales de partículas incluyendo polvo mineral africano, combustión de biomasa e incendios. En este informe se incluyen únicamente los datos relativos a intrusiones de polvo sahariano (tabla 4):

Tabla 4. Días con intrusiones saharianas en 2020.

Mes de 2021	Días con episodios intrusión sahariana	Mes de 2021	Días con episodios intrusión sahariana
Enero	15-17 30-31	Julio	1 4-31
Febrero	7-11 16-18 24-25 27-29	Agosto	1-2 7 9-14 19-20 24-28
Marzo	13-15 18-20 25-27	Septiembre	13-18 24 30
Abril	5-9 15-19 24	Octubre	19-21
Mayo	4-9 26-31	Noviembre	5-6 16-17
Junio	1-3 23-26 29-30	Diciembre	1

Los meses en los que ha habido mayor número de días con presencia de contaminación de origen natural han sido en julio, agosto y febrero (Fig. 11).

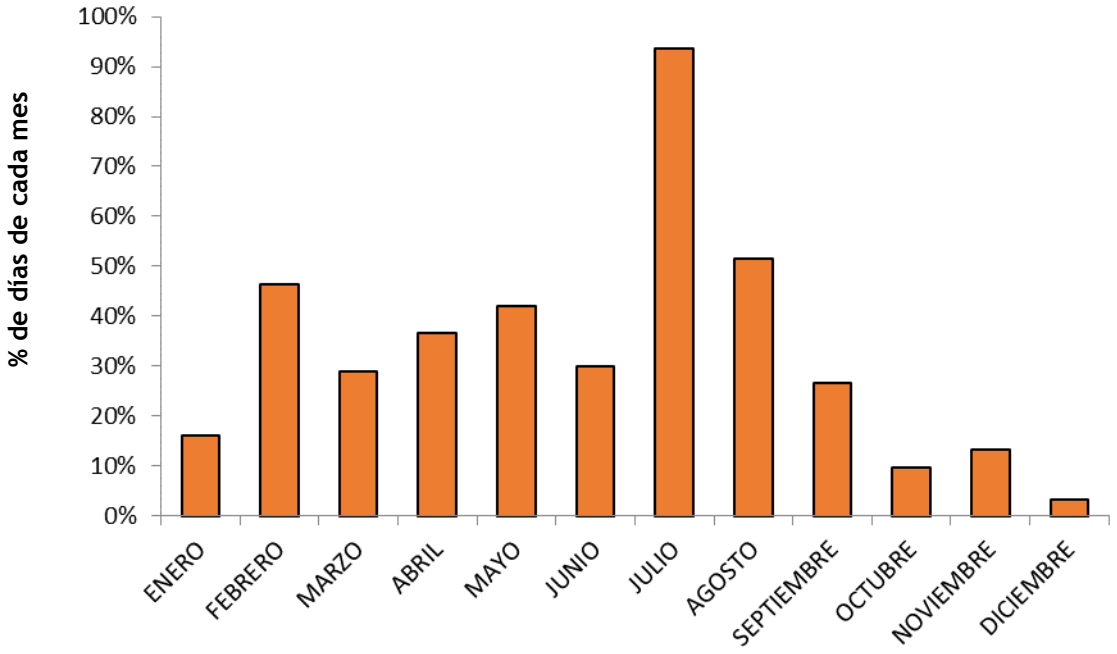


Figura 11. Presencia de contaminación natural durante el periodo enero-diciembre de 2020.

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 5 y 6 de noviembre en las estaciones de control AL-1 y AL-3.

En la Tabla 4 se relacionan los factores que pueden afectar a los incumplimientos de los días 5 y 6 de noviembre, como son los datos de movimientos de mercancías (facilitados por el Puerto de Almería), los episodios de intrusión sahariana de ese día o días anteriores y los datos sobre viento (velocidad y dirección).

Tabla 4. Relación del incumplimiento con los movimientos de mercancías, datos de viento y los episodios de intrusiones saharianas

Fecha	PAL-1 (µg/m^3)	PAL-3 (µg/m^3)	Velocidad media del viento (m/s)	Dirección del viento (grados)	Movimientos de mercancías	Episodios intrusión sahariana
05/11/2020	276,2	289,7	2,2	42,4 (NE)	Yeso (47.380.000 en M.Pechina del 4 al 5) Cemento (3.100.000 en M. Poniente del 4 al 6) Abonos y otros (4.177.000 en M. Ribera del 5 al 6)	Predicción 20-40 µg/m^3
06/11/2020	320,7	332,4	1,7	25,4 (NNE)		Predicción 10-160 µg/m^3

El 5 de noviembre se realizan movimientos de yeso, cemento y abonos. La velocidad media del viento fue baja ese día con una velocidad media de 2,2 m/s y la dirección predominante fue la NE. El 6 de noviembre se realizan movimientos de cemento y abonos. La velocidad media del viento fue inferior a la del día 5 y la dirección predominante en este caso fue NNE. Tuvo lugar una intrusión sahariana en los dos días del incumplimiento en las que los rangos de concentración de partículas predicho fueron distintos para cada día.

Además del estudio de las situaciones que pueden influir en los incumplimientos, se han analizado dos muestras (una por cada día de incumplimiento), la tomada el 05/11/2020 en PAL-1 y la del día 06/11/2020 en PAL-3, mediante Difracción de Rayos X, técnica que permite la identificación de las fases cristalinas presentes y la cuantificación de cada componente identificado en la fracción inorgánica. Ambas muestras han sido analizadas en el Servicio de Análisis y Determinación de Estructuras, Unidad de Difracción de Rayos X del Centro de Instrumentación Científica de la Universidad de Granada. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 5.

Tabla 5. Composición de la fracción inorgánica de las muestras obtenida con el análisis mediante difracción de rayos X

Muestras	Difracción de Rayos X (%)
05/11/2020 (AL-1)	Moscovita, $KAl_2(AlSi_3O_{10})(OH)_2$: 71,7 % Calcita, $CaCO_3$: 15,5% Cuarzo, SiO_2: 9,9% Caolinita, $Al_2Si_2O_5(OH)_4$: 2,9 %
06/11/2020 (AL-3)	Moscovita, $KAl_2(AlSi_3O_{10})(OH)_2$: 68,5 % Calcita, $CaCO_3$: 16,7% Cuarzo, SiO_2: 13,1% Caolinita, $Al_2Si_2O_5(OH)_4$: 1,7%

Los resultados de las muestras son muy similares, encontrándose en ambas los mismos minerales, calcita, cuarzo, moscovita y caolinita, y en porcentajes bastante parecidos. La fase cristalina mayoritaria es moscovita (70,1% de valor promedio), seguida de calcita (16,1%), cuarzo (11,5 %) y caolinita (2,3%).

Todos estos minerales son abundantes en diferentes tipos de rocas presentes en la naturaleza por lo que se trata de contaminación de tipo natural. Por lo tanto, se puede afirmar que los incumplimientos de los días 5 y 6 de noviembre de 2020 no pueden justificarse como consecuencia de la actividad portuaria. Además, como se observa ambos días hubo también influencia de intrusión sahariana.

4.1.4. CONCLUSIONES

En el periodo 2020 los niveles de contaminación por partículas en suspensión se han mantenido bajos y los valores promedio anuales han sido inferiores en las tres estaciones de control si son comparados con los registrados en el año 2019. Se registraron valores superiores al límite legal establecido en el Decreto 151/2006 para partículas en suspensión 2 días durante el periodo anual, una cantidad inferior al número de incumplimientos que se registraron en 2019 (4 días). Tras el análisis de las muestras, se ha podido determinar que ambos incumplimientos fueron debidos a contaminación de origen natural.

La concentración promedio anual de partículas sedimentables en 2020 ha sido superior que en 2019. Se han registrado valores superiores al límite legal establecido en el

Decreto 151/2006 para partículas sedimentables durante el año 2020: mayo y junio en AL-7, octubre en AL-8 y en todas las estaciones en noviembre.

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 sido de casi 1.729.870 T, cantidad superior a la registrada el año anterior y se han registrado movimientos de mercancías el 72,1 % de los días del periodo. El yeso y el cemento siguen siendo los materiales trasvasados en mayor cantidad.

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

4.2.PROGRAMA I. CALIDAD DEL AIRE Y PROPUESTA DE MEDIDAS CORRECTORAS EN EL PUERTO DE CARBONERAS

4.2.1. INTRODUCCIÓN

La Autoridad Portuaria de Almería dispone de una red manual de control de la contaminación atmosférica en el Puerto de Carboneras, formada por dos captadores de partículas PM_{10} que se encuentra operativa desde febrero de 2020. Las estaciones están situadas en los siguientes puntos:

ESTACIÓN DE MUESTREO	UBICACIÓN	TIPO
CA-1	Caseta de policía, en la entrada al puerto	Captador de partículas PM_{10}
CA-2	CARMAR	Captador de partículas PM_{10}

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

4.2.2. METODOLOGÍA DE TOMA DE MUESTRA Y ANÁLISIS

Para la toma de muestras y análisis de partículas PM_{10} se sigue lo establecido en el Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, en el Decreto 151/2006, de 25 de julio y la norma UNE-EN 12341:2015. El laboratorio en el que se realizan los análisis está acreditado para estas determinaciones según la norma UNE-EN-ISO 17025:2017 (Expediente 493/LE1255). Se trata de un método gravimétrico, cuyo periodo de muestreo es de 24 horas. El inicio del mismo se sitúa en las 00.00 horas, instante en el que se lleva a cabo la sustitución automática de los filtros en las estaciones, que previamente se colocan una vez a la semana. La toma de las muestras es llevada a cabo por personal cualificado del laboratorio que realiza los análisis.

Se incluye, además, información sobre las principales variables que afectan a la presencia de contaminación, como son las fuentes de contaminación antrópica por la actividad de movimiento de mercancías en la zona portuaria, los episodios de intrusiones saharianas y las variables meteorológicas ocurridas durante el periodo de estudio.

4.2.3. RESULTADOS

En la Tabla 6 se presenta una síntesis de los resultados obtenidos en cada estación de control. La estación CA-1 ha estado averiada de marzo a noviembre.

En la estación CA-1 se han tomado un total de 38 muestras de partículas PM_{10} de febrero a diciembre de 2020. La calidad del aire ambiente en esta estación de control no cumplió lo exigido en el Decreto 151/2006 (50 µg/m^3) en 15 ocasiones.

En la estación CA-2 se han tomado un total de 308 muestras. La calidad del aire ambiente en esta estación de control no cumplió con el límite legal en 29 ocasiones.

Tabla 6. Resultados de partículas en suspensión en el periodo enero-diciembre de 2020.

	CA-1			CA-2		
MES	Nº de muestras	Nº de muestras que superan límite legal	Concen-tración media mensual (µg/m^3)	Nº de muestras	Nº de muestras que superan límite legal	Concen-tración media mensual (µg/m^3)
FEBRERO	9	4	64,27	9	1	44,92
MARZO	8	6	76,40	30	4	37,96
ABRIL	0	-	-	29	3	34,09
MAYO	0	-	-	30	7	37,49
JUNIO	0	-	-	30	4	41,02
JULIO	0	-	-	31	4	38,22
AGOSTO	0	-	-	30	1	44,11
SEPTIEMBRE	0	-	-	30	1	28,36
OCTUBRE	0	-	-	30	1	26,18
NOVIEMBRE	0	-	-	29	3	33,61
DICIEMBRE	21	5	43,22	30	0	17,36
PERIODO ANUAL	**38**	**15**	**55,19**	**308**	**29**	**34,18**

En la Figura 12 se representan las concentraciones medias mensuales de partículas PM_{10} obtenidas durante el periodo de febrero a diciembre de 2020 en las dos estaciones de toma de muestras.

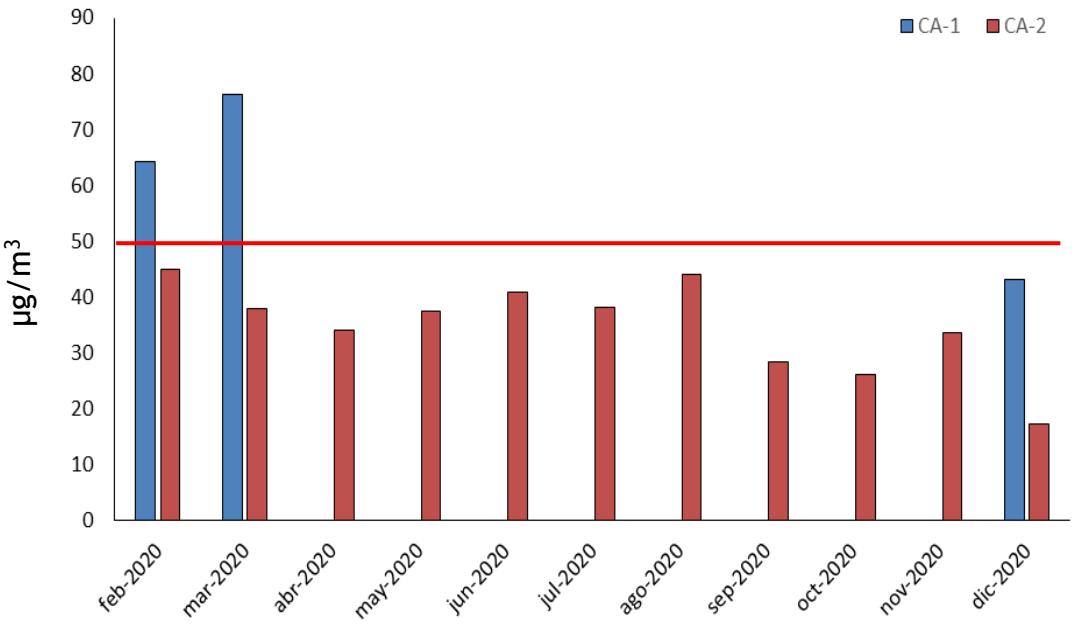


Figura 12. Evolución mensual de la concentración media de partículas PM_{10} en las estaciones de control CA-1 y CA-2. La línea roja representa el límite legal diario según el Decreto 151/2006.

En la estación CA-1 se observa un descenso en la concentración media en diciembre con respecto a la concentración media de febrero y marzo. En CA-2 la concentración media de partículas PM_{10} ha sido más o menos constante, observándose las mayores concentraciones en febrero y agosto, y un notable descenso en diciembre.

a. VIENTO DURANTE EL PERIODO DE ESTUDIO

Como se ha comentado anteriormente, el viento es la variable meteorológica más importante en este estudio por su relación con el transporte de partículas.

La mayoría de los días de estudio, la dirección predominante ha sido de componente NNE, seguida muy de cerca de la componente W. Los vientos más intensos (velocidad media superior a 8 m/s) han sido de componente NNE (Figura 13).

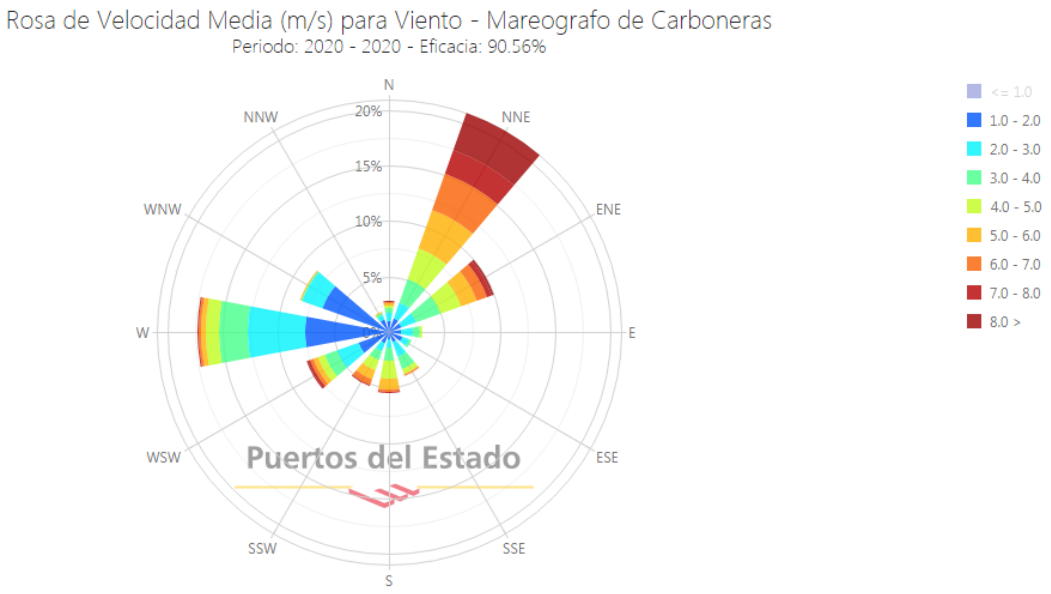


Figura 13. Rosa de viento del periodo 2020 (datos obtenidos del mareógrafo de Carboneras).

b. MOVIMIENTOS DE MERCANCÍAS

En el periodo de estudio considerado se han trasvasado un total de 1.620.242 toneladas de materiales gráneles sólidos. Destacan los materiales yeso (39,5 %) y cemento (28,3 %), que suponen, la suma de ambos, el 67,8 % del total de material trasvasado (Figura 14).

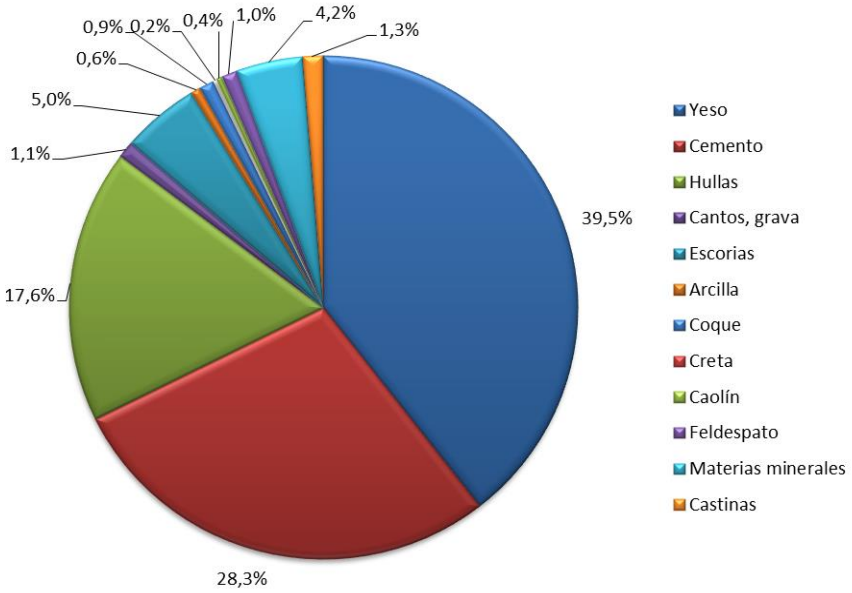


Figura 14. Representatividad de los materiales gráneles sólidos trasvasados en el Puerto de Carboneras en el periodo febrero-diciembre 2020.

Se han registrado operaciones de movimientos de mercancías el 66,6 % de los días del periodo estudiado (febrero-diciembre 2020). Los meses en los que se ha registrado más actividad han sido marzo, y de julio a noviembre, con más de un 80 % de días del mes (Figura 15).

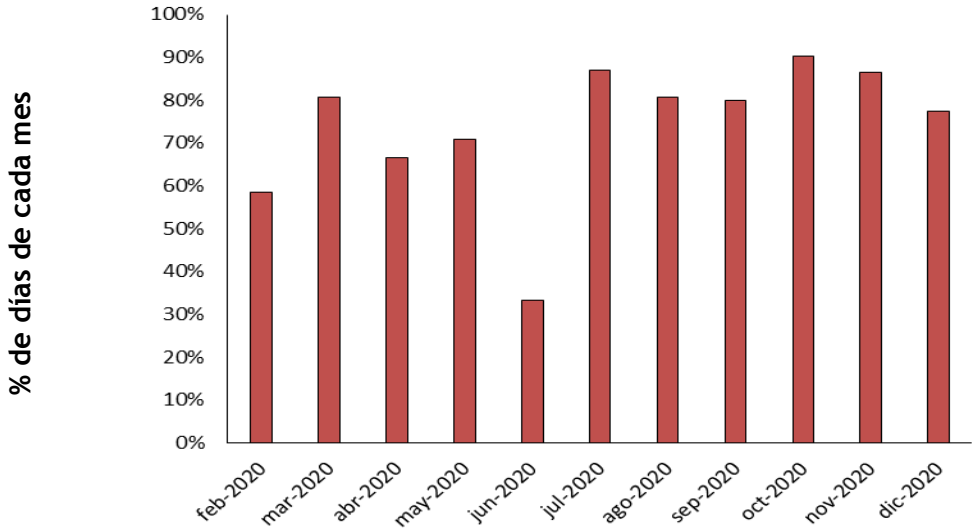


Figura 15. Porcentaje de días en los que se han producido actividades de movimiento de mercancías en el Puerto de Carboneras.

c. FUENTES DE CONTAMINACIÓN NATURAL

Los datos sobre intrusiones saharianas que afectarían al sureste de la península ibérica en el periodo de estudio coinciden con los del apartado correspondiente al Puerto de Almería. Sin embargo, en este apartado se indican también los datos de la estación de la Consejería de Agricultura, Ganadería, Pesca y Desarrollo Sostenible de la Junta de Andalucía situada en la localidad de Carboneras (estación en Plaza del Castillo) con la finalidad de comprobar si también detectó incumplimientos aquellos días en los que se superó el límite legal de partículas PM_{10}. En la Tabla 7 se indican los días en los que se detectan incumplimientos en la estación Plaza del Castillo durante el periodo febrero-diciembre 2020.

Tabla 7. Incumplimientos detectados en la Estación Plaza del Castillo (Carboneras)

Fecha
28/02/2020
29/02/2020
02/03/2020
07/05/2020
06/11/2020
07/11/2020
26/11/2020
27/11/2020

d. ESTUDIO DE LAS SITUACIONES DE INCUMPLIMIENTO

En este apartado se pretende realizar un estudio de los posibles factores que han afectado a los incumplimientos durante el periodo de estudio.

En la Tabla 8 se relacionan los factores que pueden afectar a los incumplimientos de como son los datos de movimientos de mercancías (facilitados por el Puerto de Almería), los episodios de intrusión sahariana de ese día o días anteriores (datos publicados por el MITECO), los incumplimientos detectados en la estación Plaza del Castillo de Carboneras y los datos sobre viento (velocidad y dirección) obtenidos del mareógrafo de Carboneras.

Se han detectado un total de 44 incumplimientos en el periodo de estudio. Sin embargo, salvo los días 26 febrero, del 1 al 6, 17 y 24 de marzo, 4 de abril, 24 de mayo, 4 de septiembre, 9 de octubre, 24 y 26 de noviembre, 3, 4, 7, 9 y 11 de diciembre, todos los días en los que se han detectado incumplimientos han tenido lugar episodios de intrusión sahariana. Por lo tanto, dada la potencial influencia de la intrusión africana en los resultados, se podrían descontar del total de incumplimientos aquellos que coinciden con predicciones de episodios de intrusión sahariana (23), reduciéndose estos incumplimientos a 20 (ver Tabla 8).

Tabla 8: Relación de incumplimientos detectados, los movimientos de mercancías y los episodios de intrusión sahariana

Fecha	CA-1 (µg/m³)	CA-2 (µg/m³)	Movimientos de mercancías	Episodios intrusión sahariana	Estación Pza. del Castillo
26/02/2020	66,49	30,10	Cementos en M. Holcim Norte	-	-
27/02/2020	63,72	39,64	-	Sí	-
28/02/2020	124,87	112,45	-	Sí	Detecta incumplimientos
29/02/2020	77,95	42,61	-	Sí	Detecta incumplimientos
01/03/2020	88,61	35,45	Cantos en M. Ribera I Hullas en M. Ribera II	-	-
02/03/2020	166,41	46,30	Hullas en M. Ribera II	-	Detecta incumplimientos
03/03/2020	75,26	57,42	Hullas en M. Ribera II Yesos en M. Ribera I Cementos en M. Holcim. Este	-	-
04/03/2020	62,38	31,24	Yesos en M. Ribera I Cementos en M. Holcim. Este	-	-
05/03/2020	66,77	33,82	-	-	-
06/03/2020	66,88	28,04	Escorias en M. Ribera I	-	-
17/03/2020	-	59,61	Yesos en M. Ribera I	-	-
18/03/2020	-	78,48	Yesos en M. Ribera I	Sí	-
20/03/2020	-	77,72	Yesos en M. Ribera I	Sí	-
24/03/2020	-	108,91	Cementos en M. Holcim. Norte	-	-
04/04/2020	-	59,20	Cementos en M.Holcim. Norte-cemento	-	-
17/04/2020	-	59,30	Cementos en M.holcim. Norte-cemento	Sí	-
24/04/2020	-	95,98	-	Sí	-
07/05/2020	-	85,61	Feldespato en M. Ribera I	Sí	Detecta incumplimientos
09/05/2020	-	60,62	-	Sí	-
24/05/2020	-	74,32	Creta en M. Ribera I	-	-

Fecha	CA-1 (µg/m³)	CA-2 (µg/m³)	Movimientos de mercancías	Episodios intrusión sahariana	Estación Pza. del Castillo
26/05/2020	-	60,64	Cemento en M. Holcim. Norte-cemento	Sí	-
27/05/2020	-	64,22	Cemento en M. Holcim. Norte-cemento	Sí	-
28/05/2020	-	83,44	-	Sí	-
29/05/2020	-	61,98	-	Sí	-
23/06/2020	-	63,18	Cemento en M. Holcim-Norte	Sí	-
24/06/2020	-	83,53	-	Sí	-
25/06/2020	-	66,83	-	Sí	-
30/06/2020	-	72,22	-	Sí	-
06/07/2020	-	73,09	Cantos, grava, piedra en M. Ribera I Cementos hidráulicos en M. Holcim Este Caolín en M. Ribera I	Sí	-
09/07/2020	-	62,79	Cantos, grava, piedra en M. Ribera I	Sí	-
10/07/2020	-	63,93	Cantos, grava, piedra en M. Ribera I	Sí	-
16/07/2020	-	62,38	Cementos hidráulicos en M. Holcim Este Demás escorias y cenizas en M. Holcim Este Yeso en M. Ribera I Materias minerales en M. Ribera I	Sí	-
10/08/2020	-	61,33	-	Sí	-
04/09/2020	-	59,61	Yeso en M. Ribera I	-	-
09/10/2020	-	80,10	Cementos en M. Holcim Norte	-	-
06/11/2020	-	150,94	Cementos en M. Holcim Norte	Sí	Detecta incumplimiento
24/11/2020	-	100,86	Yeso en M. Ribera I	-	-
26/11/2020	-	67,04	Cementos en M. Holcim Este	-	Detecta incumplimiento
03/12/2020	67,20	-	Las demás escorias y cenizas en M.Holcim Este Cementos en M.Holcim Este Hullas y otros en M. Ribera II	-	-
04/12/2020	100,37	-	Las demás escorias y cenizas en M.Holcim Este Cementos en M.Holcim Este	-	-
07/12/2020	93,55	-	Las demás escorias y cenizas en M.Holcim Este Cementos en M.Holcim Este	-	-

Fecha	CA-1 (µg/m³)	CA-2 (µg/m³)	Movimientos de mercancías	Episodios intrusión sahariana	Estación Pza. del Castillo
			Hullas y otros en M. Ribera II		
09/12/2021	59,90	-	Cementos en M.Holcim Este Hullas y otros en M. Ribera II	-	-
11/12/2021	78,06	-	Cementos en M.Holcim Este Hullas y otros en M. Ribera II Cantos y grava en M.Ribera I	-	-

Además del estudio de las situaciones que pueden influir en los incumplimientos, se han analizado las muestras del 4 de septiembre del captador CA-2, y las del 4 y el 7 de diciembre del captador CA-1 mediante Difracción de Rayos X, técnica que permite la identificación de las fases cristalinas presentes y la cuantificación de cada componente identificado en la fracción inorgánica. Ambas muestras han sido analizadas en el Servicio de Análisis y Determinación de Estructuras, Unidad de Difracción de Rayos X del Centro de Instrumentación Científica de la Universidad de Granada. Los resultados obtenidos se reúnen en la Tabla 9.

Tabla 9. Composición de la fracción inorgánica de las muestras obtenida con el análisis mediante difracción de rayos X

Muestras	Difracción de Rayos X (%)
04/09/2020 (CA-2)	Halita, NaCl de forma mayoritaria Único compuesto con estructura cristalina en la muestra
04/12/2020 (CA-1)	Calcita, $CaCO_3$: 74,7 % Yeso, $CaSO_4 \cdot 2H_2O$: 12,1 % Cloruro sódico: 6,9 % Cuarzo, SiO_2: 6,3 %
07/12/2020 (CA-1)	Calcita, $CaCO_3$: 67,6 % Yeso, $CaSO_4 \cdot 2H_2O$: 13,2 % Cloruro sódico: 12,7 % Cuarzo, SiO_2: 6,5 %

En la muestra del día 4 de septiembre, solamente se detectó halita, también conocida como sal o sal de roca. Este mineral se puede formar por la evaporación de agua salada, por lo que se trataría de contaminación de tipo natural.

En las muestras del día 4 y 12 de diciembre, los resultados son muy similares, encontrándose en ambas muestras los mismos minerales (calcita, yeso, cloruro sódico y cuarzo) y en porcentajes similares. Los compuestos que presentan algo más de diferencia son calcita, mayor en la muestra del 4 de diciembre y cloruro sódico mayor en la muestra del 7 de diciembre. La fase cristalina mayoritaria es calcita (71,2% de valor promedio), seguida de yeso (12,6%), cloruro sódico (9,8 %) y cuarzo (6,4%). Todos estos minerales son abundantes en diferentes tipos de rocas presentes en la naturaleza por lo que se trata de contaminación de tipo natural; excepto el yeso que es de origen antrópico. Si tenemos en cuenta los movimientos de graneles, se puede observar que no se realizaron trasvases de yeso por lo que se puede concluir que los incumplimientos de los días 4 y 7 de diciembre de 2020 no fueron consecuencia de movimientos de dicho mineral en el puerto.

Por lo tanto, de los 20 incumplimientos, se pueden descontar los anteriormente mencionados reduciéndose a 17 los incumplimientos detectados en el Puerto de Carboneras (10 en la estación CA-1 y 7 en la estación CA-2) en el periodo del 21 de febrero al 31 de diciembre de 2020. Se permiten un total anual de 35 incumplimientos en cada estación de muestreo.

4.2.4. CONCLUSIONES

En el periodo febrero-diciembre de 2020 los niveles de contaminación por partículas PM_{10} han sido bajos, en general. Se registraron valores superiores al límite legal establecido en el Decreto 102/2011 para partículas PM_{10} en 17 ocasiones (10 en CA-1 y 7 en CA-2) de las 35 que se permiten en un año por estación.

La concentración promedio anual de partículas PM_{10} en 2020 ha sido de 55,19 µg/m^3 en CA-1 y de 34,18 µg/m^3 en CA-2. El Decreto 102/2011 establece una concentración media máxima anual de 40 µg/m^3 por lo que se habría superado el límite legal en la estación de control CA-1. Sin embargo, hay que tener en cuenta que la concentración

media anual en CA-1 no es representativa ya que solo se ha podido contar con muestras de 38 días, es decir, el 12,1 % de los días del año.

La variable meteorológica relacionada con la presencia de contaminación ha sido el viento, principalmente de componente NNE, seguida de la componente W. Las mayores velocidades de viento registradas han sido de componente NNE.

La cantidad de materiales graneles sólidos trasvasados ha sido de casi 1.620.242 T, y se han registrado movimientos de mercancías el 66,6 % de los días del periodo de estudio. El yeso, con un 39,5 %, y el cemento, con un 28,3 %, han sido los materiales trasvasados en mayor cantidad.

ANEXO II. LOCALIZACIÓN DE LAS ESTACIONES DE TOMA DE MUESTRAS PARA EL CONTROL DE LA CALIDAD DEL AIRE EN EL PUERTO DE CARBONERAS

CA-2
AL-5106
Central térmica
Litoral de Almería
Puerto de
Carboneras
(Purcasa)
DB2
AL-5106
Acuamed - Planta
Desaladora de Carboneras
CA-1
AL-5106
Playa de la
Torre Vieja
AL-5106

5. PROGRAMA II. CALIDAD DEL AGUA Y VIGILANCIA AMBIENTAL

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

5.1.1. INTRODUCCIÓN

El principal objetivo es establecer un programa de control de la calidad de sedimentos y de aguas marítimas del Puerto de Almería, focalizado sobre la determinación de aquellos indicadores químicos y fisicoquímicos que sean más indicativos del estado de las aguas marítimas. Con este trabajo se pretende aportar información sobre la calidad de las aguas y sedimentos del Puerto de Almería, analizar su evolución a lo largo del tiempo así como sentar las bases para la gestión ambiental del sistema y la posible aplicación de la ROM 5.1-13 de forma integral.

A continuación se presentan los resultados obtenidos en el periodo de enero a diciembre de 2020.

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:

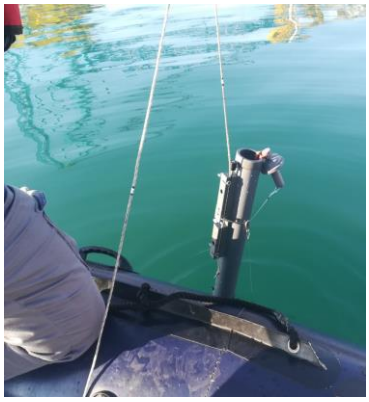
PUNTO	PROFUNDIDAD ALÍCUOTA 1	PROFUNDIDAD ALÍCUOTA 2
PAL-1	Superficie	3,5 m
PAL-2	Superficie	10,0 m
PAL-4	Superficie	4,0 m
PAL-6	Superficie	10,0 m

Para el resto de análisis, las muestras se han tomado puntuales en superficie. Se han medido *in situ* las variables pH, conductividad eléctrica, 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 III. 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:

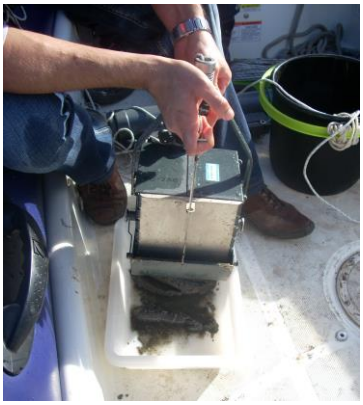
- UNE-EN ISO 5667-15:2010. Calidad del agua. Muestreo. Parte 15: Guía para la conservación y manipulación de muestras de lodo y sedimentos. (ISO 5667-15:2009)
- UNE-EN ISO 5667-19:2004. Calidad del agua. Muestreo. Parte 19: Guía para el muestreo de sedimentos marinos (ISO 5667-19:2004).

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*, Conductividad eléctrica *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 2020

Los resultados de concentración promedio anual de todos los contaminantes analizados en las muestras tomadas durante el periodo de enero a diciembre de 2020 se presentan en la Tabla 10.

Tabla 10. Resultados obtenidos en las muestras de agua del Puerto de Almería. Valores promedio periodo enero-diciembre 2020.

Muestra	PAL-1 PESQUERO	PAL-2 COMERC. INT.	PAL-4 DEPORTIVO	PAL-6 COMERC. EXT
PARÁMETROS BÁSICOS				
pH (ud pH)	8,1	8,2	8,1	8,2
Temperatura (°C)	19,2	18,9	19,5	19,1
Oxígeno Disuelto (mg/L)	7,2	7,9	7,0	7,6
% Oxígeno Disuelto	>92,9	>97,8	90,6	>97,6
Conductividad a 20 °C (µS/cm)	49600	49700	49600	49700
CONTAMINANTES GENERALES				
Hidrocarburos disueltos (µg/L)	<16,7	<18,4	<5,0	<16,8
Turbidez (UNF)	1,0	<0,6	<0,6	<1,0
Clorofila *a* (µg/L)	1,80	1,87	0,66	0,90
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)	<10	<10	<10	<10
4-nonilfenol (µg/L)	<10	<10	<10	<10
Pentaclorofenol (µg/L)	<10	<10	<10	<10
Di(2-etilhexil)ftalato (DEHP) (µg/L)	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Tributilestaño (TBT) (ng/L)	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
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 90%, los cuales indican buena oxigenación de las aguas en todos los puntos de control (Tabla 10).

CONTAMINANTES GENERALES: Las concentraciones de hidrocarburos fueron bajas. En PAL-4 se obtuvieron valores inferiores al límite de cuantificación del método analítico empleado en todos los trimestres. El parámetro turbidez presentó valores promedio bajos en todos los puntos no superando 1,0 UNF. Las concentraciones más bajas de turbidez se obtuvieron en el primer trimestre. En cuanto a clorofila *a,* se registraron valores de concentración promedio anuales entre 0,66 µg/L (PAL-4) y 1,87 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 analizados, fueron inferiores a los límites de cuantificación de los métodos analíticos empleados en cada caso.

b. RESULTADOS OBTENIDOS EN SEDIMENTOS

A continuación, se presentan los valores promedio obtenidos en los análisis realizados en los sedimentos (Tabla 11).

Tabla 11. Resultados obtenidos en las muestras de sedimentos. Valores promedio periodo enero-diciembre 2020.

Muestra	PAL-7	PAL-8	PAL-9
CONTAMINANTES GENERALES			
Nitrógeno total (mg/kg)	728	754	1137
Fósforo total (mg/kg)	591	519	646
Materia orgánica (%)	13,02	11,04	7,55
HIDROCARBUROS AROMÁTICOS POLICÍCLICOS			
Antraceno (µg/kg)	0,017	< 0,057	< 0,062
Fluoranteno (µg/kg)	< 0,008	0,159	0,330
Naftaleno (µg/kg)	< 0,002	< 0,002	< 0,002
Benzo(a)pireno (µg/kg)	0,139	0,228	0,344
Benzo(b)fluoranteno (µg/kg)	0,130	0,231	0,376
Benzo(k)fluoranteno (µg/kg)	< 0,053	< 0,077	< 0,089
Benzo (g,h,i)perileno (µg/kg)	0,097	0,159	0,236
Indeno(1,2,3-cd)pireno (µg/kg)	< 0,002	< 0,024	< 0,091
PAH total (µg/kg)	0,440	0,931	1,524
METALES			
Mercurio (mg/kg)	0,20	0,26	0,29
Cadmio (mg/kg)	0,32	0,27	0,22
Plomo (mg/kg)	94,5	70,4	78,5
Cobre (mg/kg)	41,1	19,5	17,1
Zinc (mg/kg)	124,5	108,6	89,7
Níquel (mg/kg)	13,2	11,0	16,1
Arsénico (mg/kg)	20,4	17,5	15,3
Cromo (mg/kg)	18,2	15,7	13,6

CONTAMINANTES GENERALES: La concentración de nitrógeno total promedio ha oscilado entre 728 mg/kg en PAL-7 y 1137 mg/kg en PAL-9 (Tabla 11). En el caso de fósforo total, las concentraciones han oscilado entre 519 mg/kg en el punto PAL-8 y 646 mg/kg en PAL-9, mientras que la concentración de materia orgánica ha oscilado entre 7,55 % en el punto PAL-9 y 13,02 % en PAL-7.

HIDROCARBUROS AROMÁTICOS POLICÍCLICOS: Se han detectado todos los PAHS analizados en alguna de las muestras excepto naftaleno Los valores medios de PAHs han oscilado entre los 0,440 µg/kg en PAL-7 y los 1,524 µg/kg en PAL-9 (Tabla 11). Los hidrocarburos aromáticos policíclicos son compuestos presentes en derivados de residuos del petróleo, carbón, alquitrán o en combustibles, aceites y grasas lubricantes.

METALES: Las concentraciones promedio más bajas se han obtenido para mercurio y cadmio (concentración de mercurio de 0,20 mg/kg en PAL-7 y 0,22 mg/kg de cadmio

en PAL-9), mientras que las concentraciones más elevadas se han obtenido para plomo (94,5 mg/kg en PAL-7) y zinc (124,5 mg/Kg en PAL-7).

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

Para la valoración del estado se han considerado los criterios establecidos en el documento ROM y lo establecido en el RD 817/2015. Para ello es necesario establecer el TIPO de las masas de agua, mediante la estimación de la CATEGORÍA y la CLASE.

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

- CATEGORÍA: Aguas costeras
- CLASE: Aguas muy modificadas
- TIPO CM4: AGUAS COSTERAS MEDITERRÁNEAS DE RENOVACIÓN ALTA

Esta clasificación 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 2020.

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 2020 se indican a continuación:

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

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 2020:

	PAL-7	PAL-8	PAL-9
Índice de Calidad Orgánico (ICO)	4	4	4
Nivel de Calidad	CALIDAD MODERADA	CALIDAD MODERADA	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 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 2020 se muestran a continuación:

INDICADOR (Agua)	PAL-1	PAL-2	PAL-4	PAL-6
Tipo asignado a Clorofila *a*	Moderada	Moderada	Máximo potencial	Moderada
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 2020 no se han registrado incidencias que hayan podido tener algún efecto en la calidad de las aguas.

5.1.5. CONCLUSIONES

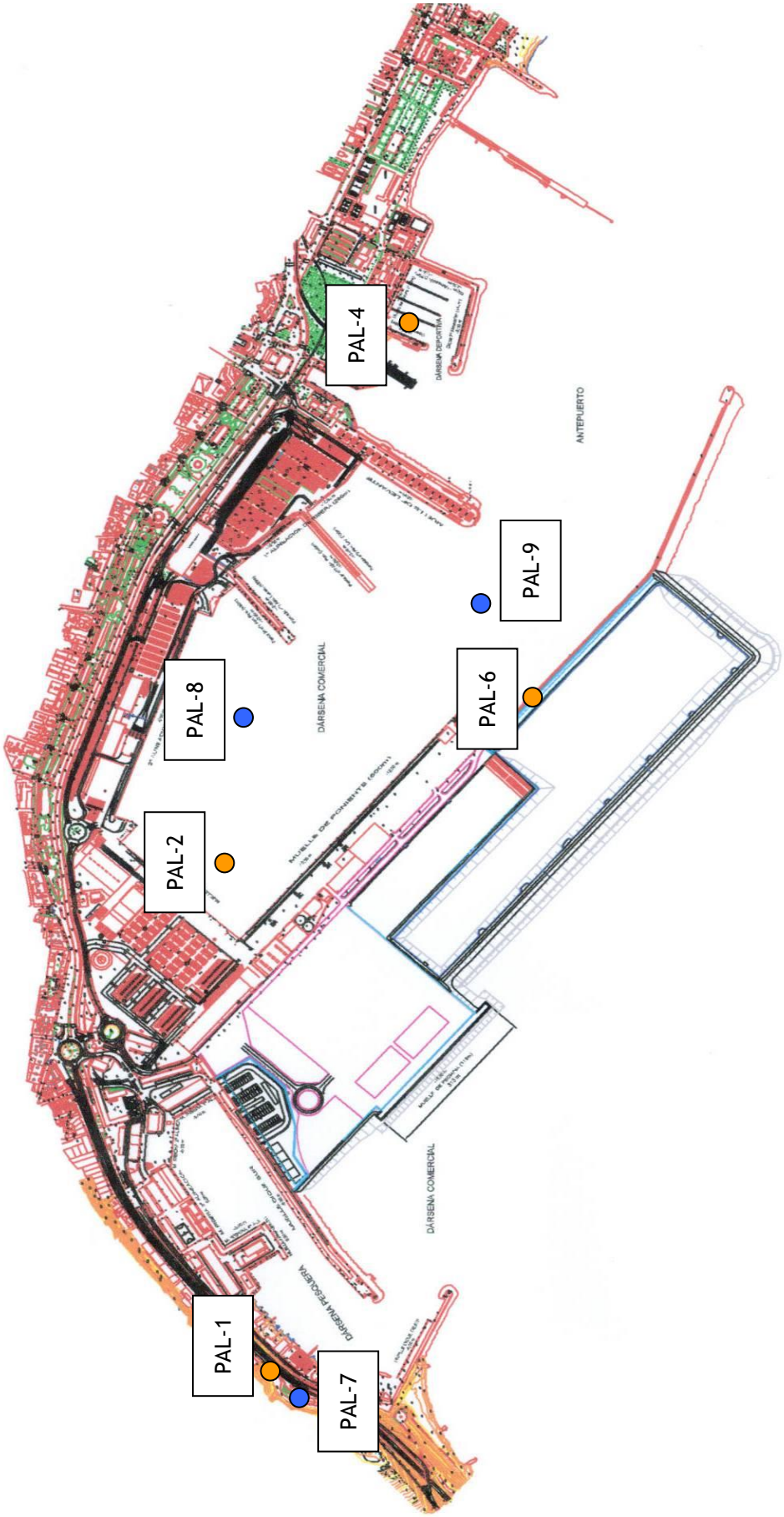
Las aguas del Puerto de Almería presentan buena calidad en general. Las concentraciones de contaminantes orgánicos, hidrocarburos y turbidez han sido bajas. Además, se han obtenido elevados porcentajes de oxígeno disuelto y, por todo esto, los indicadores de calidad fisicoquímica calculados según ROM 5.1. mostraron Máximo potencial en todos los puntos. El indicador de calidad biológica presentó valores de Máximo Potencial en PAL-4 pero Calidad Moderada en PAL-1, PAL-2 y PAL-6.

En relación a los sedimentos, el indicador de contaminación orgánica según ROM 5.1. mostró Calidad Moderada en PAL-7, PAL-8 y PAL-9, como consecuencia principalmente de las elevadas concentraciones de materia orgánica obtenidas.

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 III: 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
DÁRSENA COMERCIAL
DÁRSENA PESQUERA
ANTEPUERTO

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

5.2.1. INTRODUCCIÓN

El principal objetivo es establecer un programa de control de la calidad de fangos y de aguas marítimas del Puerto de Carboneras, focalizado sobre la determinación de aquellos indicadores químicos y fisicoquímicos que sean más indicativos del estado de las aguas marítimas. Con este trabajo se pretende aportar información sobre la calidad de las aguas y sedimentos del Puerto de Carboneras, analizar su evolución a lo largo del tiempo así como sentar las bases para la gestión ambiental del sistema y la posible aplicación de la ROM 5.1-13 de forma integral. A continuación se presentan los resultados obtenidos durante el año 2020.

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 IVI. 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 eléctrica, 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*, Conductividad eléctrica *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, Mercurio, Cadmio, Plomo, Cobre, Zinc, Níquel, Arsénico, Cromo, 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 12.

Tabla 12. Resultados obtenidos en las muestras de agua. Datos promedio año 2020.

Muestra	PCA-1 Terminal ENDESA	PCA-2 Terminal Holcim
PARÁMETROS BÁSICOS		
pH (ud pH)	8,2	8,3
Temperatura (ºC)	20,5	20,4
Oxígeno Disuelto (mg/L)	7,2	7,1
% Oxígeno Disuelto	>99,2	>99,0
Conductividad a 20 ºC (µS/cm)	50200	50100
CONTAMINANTES GENERALES		
Hidrocarburos disueltos (µg/L)	<20,0	48,9
Turbidez (UNF)	<1,1	<0,5
Clorofila *a* (µg/L)	<0,10	<0,40
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)	<10	<10
4-nonilfenol (µg/L)	<10	<10
Pentaclorofenol (µg/L)	<10	<10
PLAGUICIDAS		
Atrazina (µg/L)	<0,05	<0,05
Diurón (µg/L)	<0,05	<0,05
Isoproturón (µg/L)	<0,05	<0,05
Simazina (µg/L)	<0,05	<0,05
Alacloro (µg/L)	<0,05	<0,05
Clorfenvinfos (µg/L)	<0,05	<0,05
Clorpirifos (µg/L)	<0,05	<0,05

Muestra	PCA-1 Terminal ENDESA	PCA-2 Terminal Holcim
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)	<0,4	<0,4
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)	<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 promedio superiores al 99 %, los cuales indican muy buena oxigenación de las aguas en ambos puntos de control (Tabla 12).

CONTAMINANTES GENERALES: Se han detectado hidrocarburos en todas las muestras analizadas excepto en la muestra de agua de PCA-1 del último trimestre de 2020 pero los valores promedio de concentración de hidrocarburos han sido bajos. La turbidez presentó valores muy bajos en PCA-1 y en PCA-2 fue inferior al límite de cuantificación del método en todas las muestras analizadas. Las concentraciones promedio de clorofila *a* han sido muy bajas (inferior al límite de cuantificación del método en PCA-1 y <0,40 µg/L en PCA-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.

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 12).

b. RESULTADOS OBTENIDOS EN SEDIMENTOS

Los resultados obtenidos de todos los contaminantes analizados en cada una de las muestras se exponen en la Tabla 13.

Tabla 13. Resultados obtenidos en las muestras de sedimentos. Datos promedio año 2020.

Muestra	PCA-1	PCA-2
CONTAMINANTES GENERALES		
Nitrógeno total (%)	<316	<350
Fósforo total (mg/kg)	409	336
Materia orgánica (%)	3,32	5,36
HIDROCARBUROS AROMÁTICOS POLICÍCLICOS		
Antraceno (µg/kg)	<0,010	<0,002
Fluoranteno (µg/kg)	0,020	<0,044
Naftaleno (µg/kg)	<0,002	<0,002
Benzo(a)pireno (µg/kg)	<0,009	<0,005
Benzo(b)fluoranteno (µg/kg)	0,015	<0,005
Benzo(k)fluoranteno (µg/kg)	<0,004	<0,005
Benzo (g,h,i)perileno (µg/kg)	0,020	<0,002
Indeno(1,2,3-cd)pireno (µg/kg)	<0,002	<0,002
Suma PAH (µg/kg)	0,062	<0,016
METALES		
Mercurio (mg/kg)	0,02	<0,15
Cadmio (mg/kg)	0,09	0,13
Plomo (mg/kg)	10,4	15,2
Cobre (mg/kg)	5,7	5,7
Zinc (mg/kg)	37,4	39,2
Níquel (mg/kg)	9,6	8,4
Arsénico (mg/kg)	7,7	10,4
Cromo (mg/kg)	7,1	6,3

CONTAMINANTES GENERALES: La concentración de nitrógeno total promedio anual fue inferior a 350 mg/kg. En el caso de fósforo total, las concentraciones promedio registradas han sido superiores en PCA-1 (409 mg/kg), respecto a PCA-2 (336 mg/kg), mientras que la concentración de materia orgánica ha presentado valores promedio entre 3,32 % en PCA-1 y 5,36 % en PCA-2.

HIDROCARBUROS AROMÁTICOS POLICÍCLICOS: Se han detectado todos los PAHS analizados en alguna de las muestras excepto naftaleno e indeno(1,2,3-cd)pireno por lo que los valores promedio han oscilado entre <0,002 µg/kg de los PAHs anteriomente mencionados en PCA-1 y PCA-2 y 0,020 de fluoranteno y benzo (g,h,i)perileno en PCA-1. La suma promedio obtenido ha sido 0,062 µg/kg en PCA-1 y <0,016 µg/kg en PCA-2, siendo ambas concentraciones muy bajas. Los hidrocarburos aromáticos policíclicos son compuestos presentes en derivados de residuos del petróleo, carbón, alquitrán o en combustibles, 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-1), mientras que las concentraciones más elevadas se han obtenido para zinc (37,4 mg/kg en PCA-1 y 39,2 mg/kg en PCA-2).

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 2020.

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 2020 se indican a continuación:

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

UGAP: Unidades de Gestión Acuática Portuarias

Evaluación de la calidad fisicoquímica del sedimento

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

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

donde:

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 2020:

	PCA-1	PCA-2
Índice de Calidad Orgánico (ICO)	8	7
Nivel de Calidad*	CALIDAD MUY 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 2020 se muestran a continuación:

INDICADOR (Agua)	PCA-1	PCA-2
Tipo asignado a Clorofila *a*	Máximo potencial	Máximo potencial
Tipo asignado a Turbidez	Máximo potencial	Máximo potencial
Tipo asignado a % Saturación Oxígeno	Máximo potencial	Máximo potencial
Tipo asignado a Hidrocarburos totales	Máximo potencial	Máximo potencial
INDICADOR (Sedimento)	**PCA-1**	**PCA 2**
Carbono Orgánico Total (COT)	Calidad Buena o Superior	Calidad Moderada
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 MODERADA

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

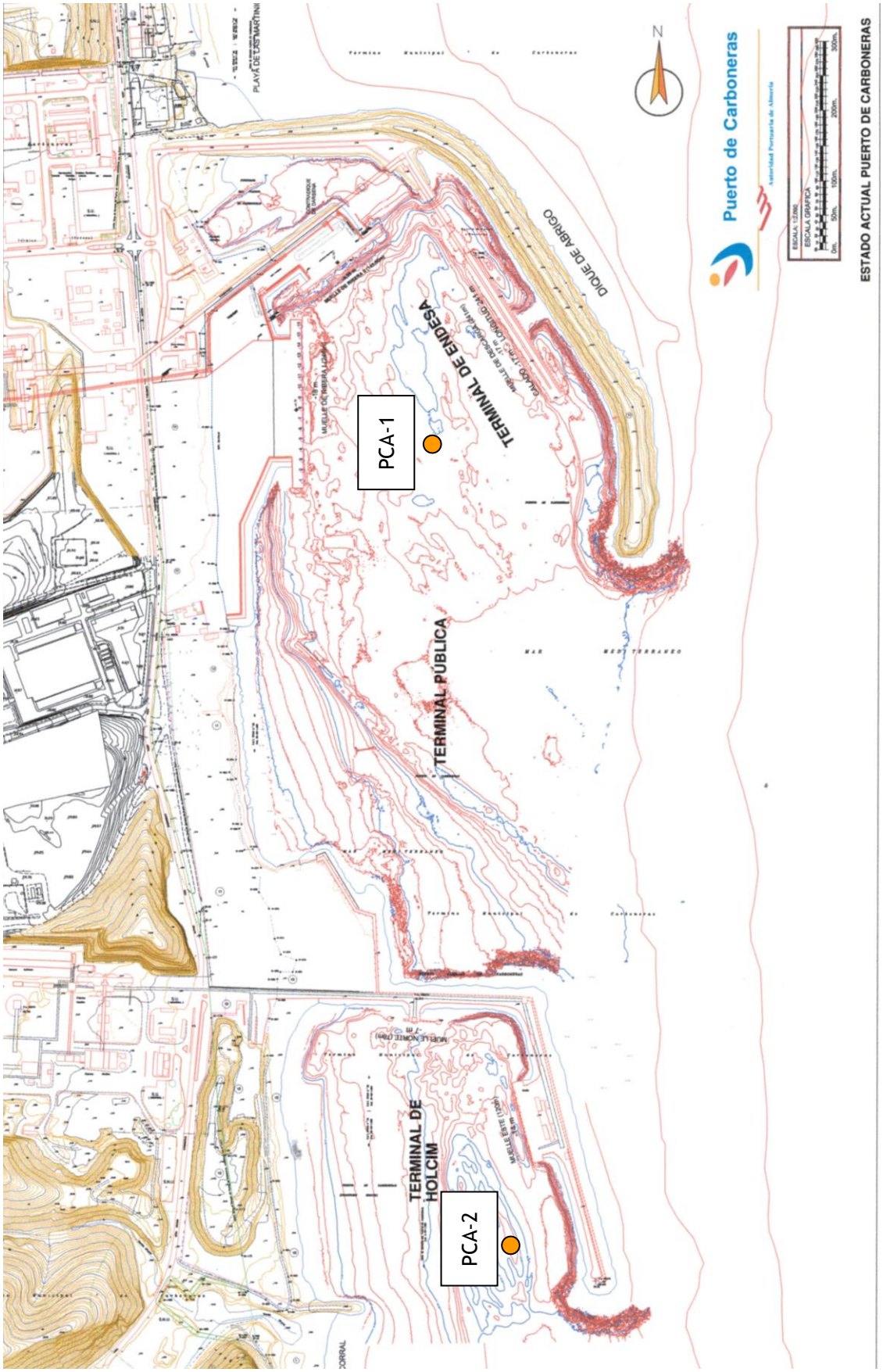
Las aguas del Puerto de Carboneras presentan muy buena calidad en general. Los valores de concentración de hidrocarburos, turbidez y clorofila *a* obtenidos durante el periodo de enero a diciembre de 2020 han sido bajos en los dos puntos. Los indicadores de calidad fisicoquímica establecidos por ROM 5.1-13 han presentado Máximo potencial en PCA-1 y en PCA-2. Los indicadores de calidad biológica han sido de Máximo potencial en los dos puntos de control.

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 muy buena en PCA-1 y Calidad buena en PCA-2. Se han detectado algunos PAHs en los sedimentos en concentraciones muy bajas. 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 PCA-1 y Calidad moderada en PCA-2 debido a la concentración de materia orgánica detectada en el sedimento.

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 IV: 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
PLAYA DE SAN MARTIN
Puerto de Carboneras
Autoridad Portuaria de Almería
N
ESCALA: 1:2000
ESCALA GRAFICA
0m. 50m. 100m. 200m. 300m.
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 2020. 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.

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 16. 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 julio y noviembre de 2020. Las coordenadas UTM y profundidad de los mismos se presentan en la Tabla 14.

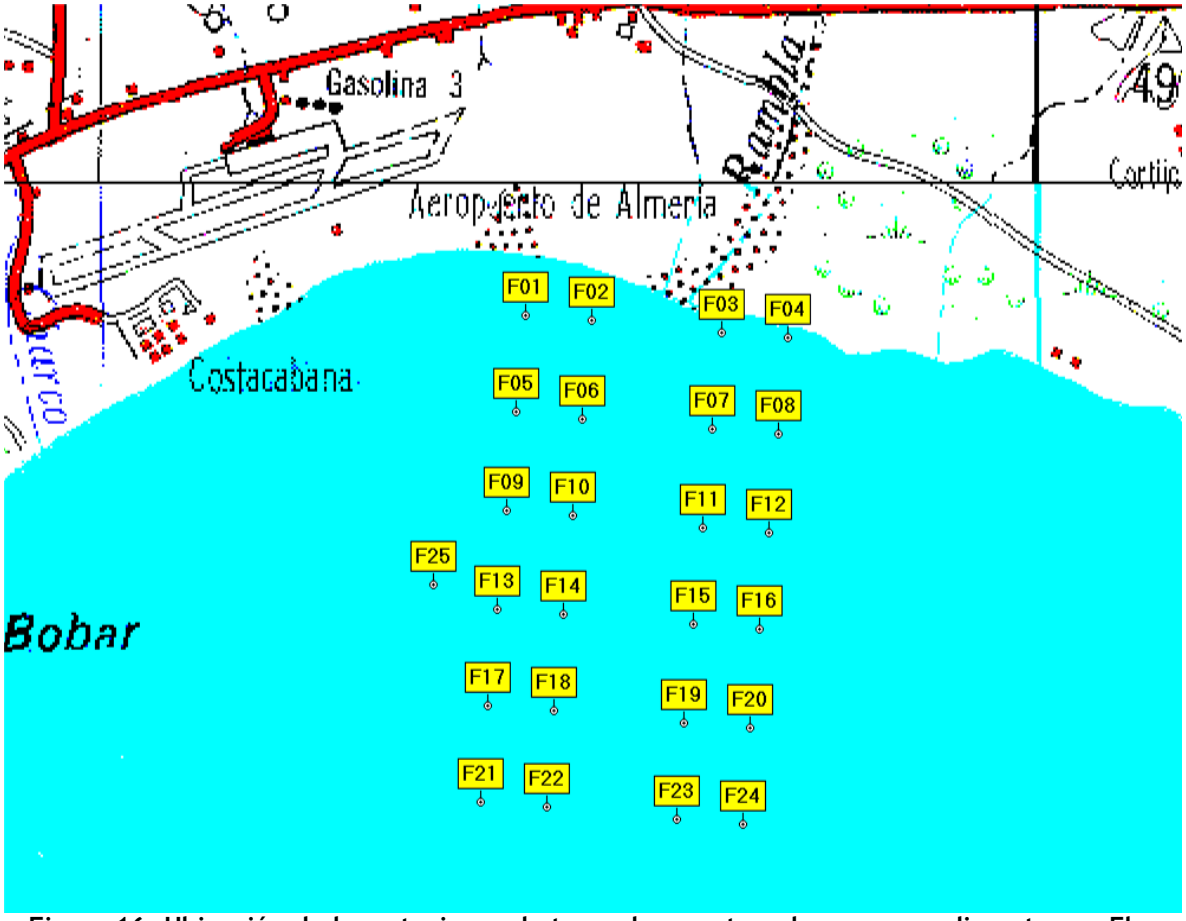


Figura 16. Ubicación de las estaciones de toma de muestras de aguas y sedimentos en El Alquián.

Tabla 14. 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 15 y la Figura 17. En el informe trimestral abril-junio de 2020 se presentaron los trabajos realizados y resultados obtenidos en la campaña de muestreo llevada a cabo en 2020, en el presente informe se muestra el estudio comparativo entre las diferentes campañas de muestreo.

Tabla 15. Ubicación de los puntos de control de las praderas de *Posidonia oceánica* 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

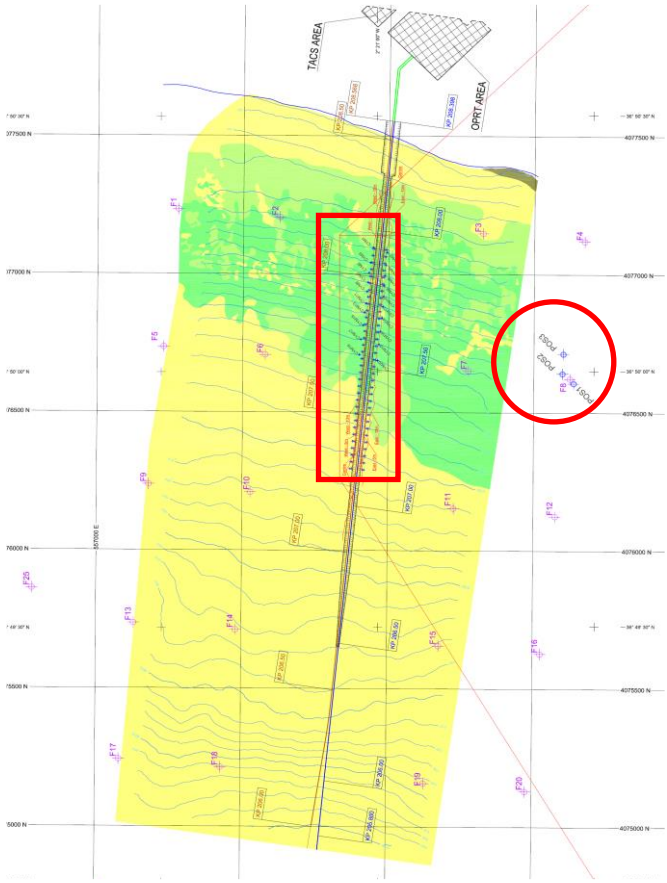


Figura 17. Ubicación de los puntos de control de las praderas de *Posidonia oceánica* y *Cymodocea nodosa*.

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 posteriormente se han tomado las muestras de agua y 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 mediante inmersión.

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 oceánica* 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.

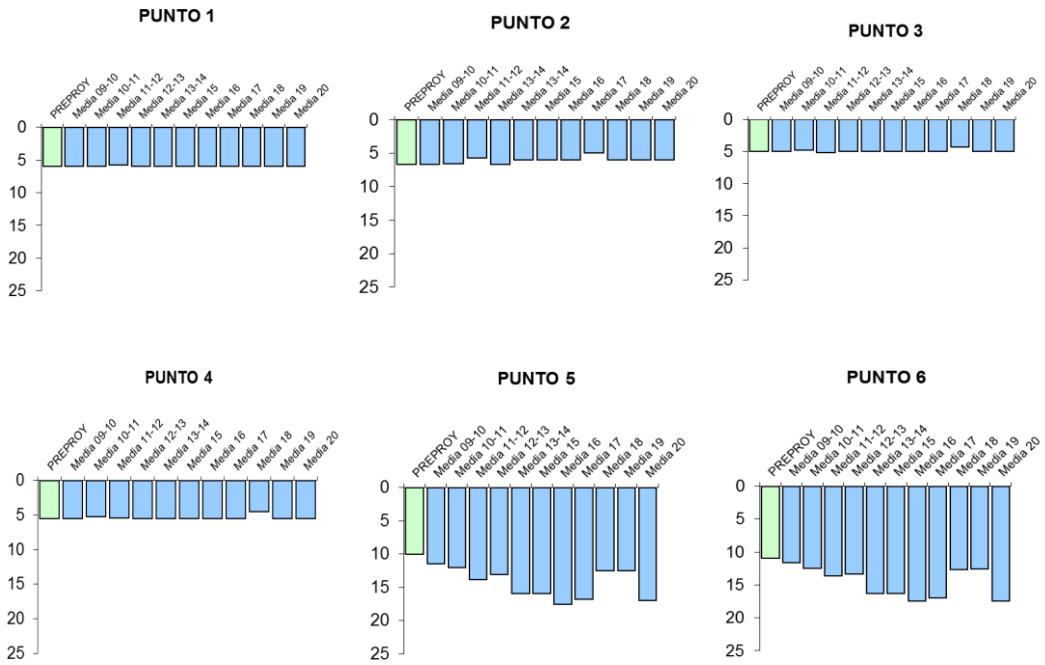
A continuación se muestran algunas fotografías tomadas durante la toma de datos.

6.4. RESULTADOS

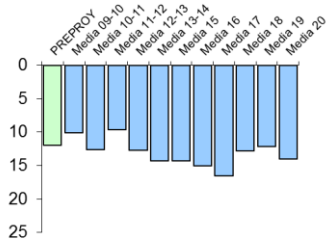
a. CALIDAD DE LAS AGUAS Y SEDIMENTOS EN EL PERIODO ENERO-DICIEMBRE 2020. ANÁLISIS COMPARATIVO CON LA SITUACIÓN ANTES DEL PROYECTO

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 2020 (barras color azul) se muestran en la Figura 18.

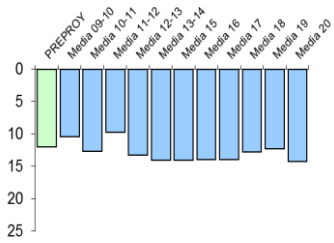
Para realizar el estudio comparativo entre las anualidades de estudio se realiza el análisis estadístico Kruskall wallis. Este análisis ha mostrado que los valores medios de profundidad de visión del disco de Secchi no difieren de forma significativa entre la situación antes del proyecto y los años posteriores de estudio. Sin embargo, en los periodos de 2013 a 2017 (grupo C) se ha observado un incremento de la transparencia respecto a periodos de estudio anteriores, que volvió a disminuir en 2018 y 2019. En el periodo 2020 se ha visto aumentada la transparencia en todos los puntos de estudio, respecto a 2019, salvo los puntos del 1 al 4, que en 2019 también se veía el fondo (Figura 19).



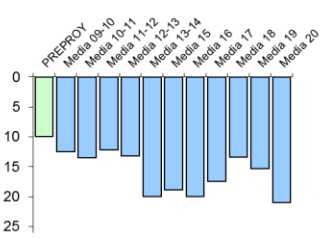
PUNTO 7



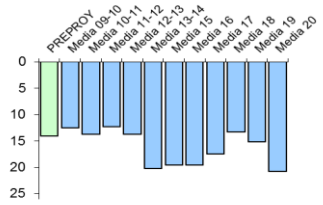
PUNTO 8



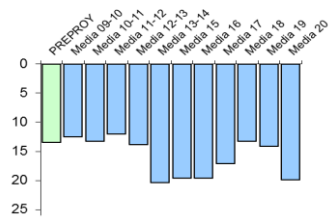
PUNTO 9



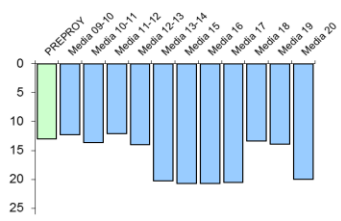
PUNTO 10



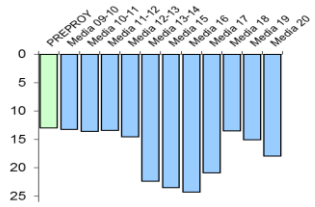
PUNTO 11



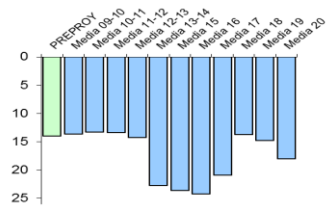
PUNTO 12



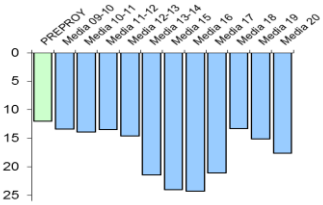
PUNTO 13



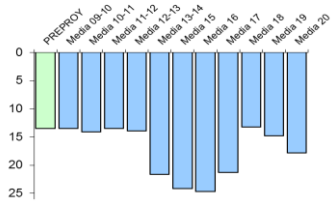
PUNTO 14



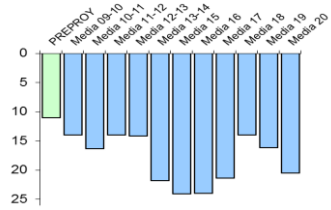
PUNTO 15



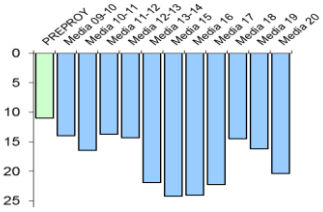
PUNTO 16



PUNTO 17



PUNTO 18



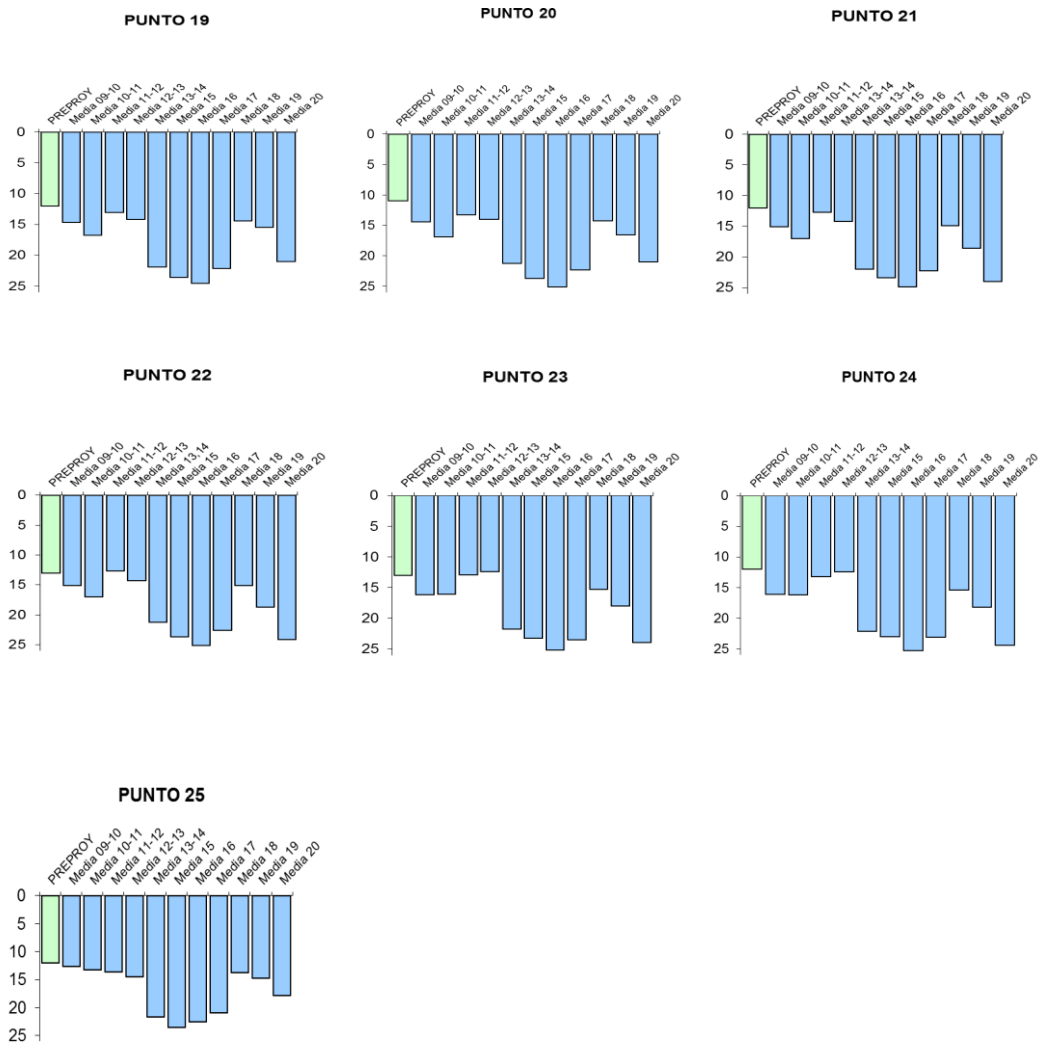


Figura 18. Evolución de la transparencia del agua. Datos obtenidos antes de la ejecución del proyecto y situación durante el periodo 2009-2020.

PREPROY: Valores obtenidos antes de la ejecución del proyecto para transparencia.
Media 09-10: Valores medios obtenidos para el periodo de julio de 2009 a junio de 2010 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.
Media 20: Valores obtenidos durante el periodo 2020 para transparencia.

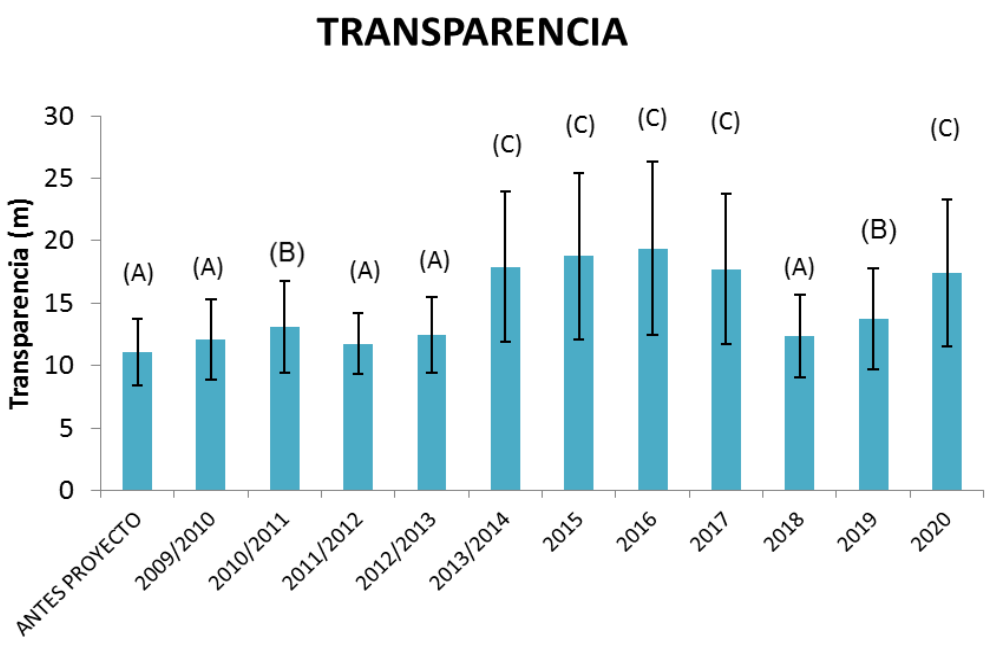


Figura 19. . Valores medios de transparencia del agua y desviación estándar (barra vertical). Resultados del Test estadístico Kruskall wallis: letra diferente indica que existen diferencias significativas (p-valor < 0,05).

Se puede realizar un análisis similar con los resultados obtenidos de concentración de sólidos en suspensión en superficie, a 3 m del fondo y a 1 m del fondo. En este caso sí se han observado diferencias después del proyecto. 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 2020, se han obtenido concentraciones más bajas, inferiores a la situación antes de proyecto en superficie, a 3 m del fondo y a 1 m del fondo en 2020 (Figura 20).

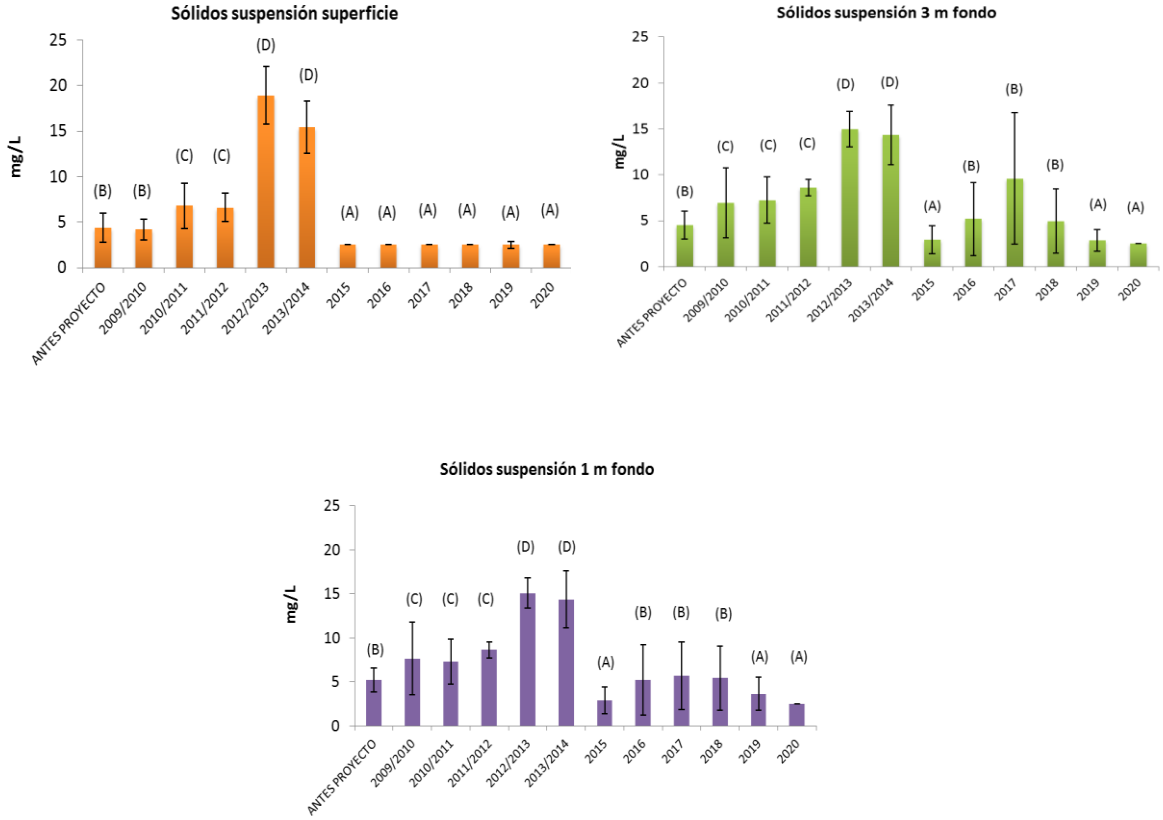


Figura 20. Valores medios de concentración de sólidos en suspensión en agua y desviación estándar (barra vertical). Resultados del Test estadístico Test estadístico Kruskall wallis: letra diferente indica que existen diferencias significativas (p-valor < 0,05).

No se dispone de datos del parámetro hidrocarburos antes del proyecto. En el periodo 2020 las concentraciones de hidrocarburos en superficie han sido superiores a años anteriores. Han sido muy bajas pero se han detectado en todos los puntos de muestreo, oscilando entre los 61,0 µg/L obtenidos en el punto 18 y los 2362,6 µg/L del punto 21.

En el caso de los sedimentos, el contenido en materia orgánica ha variado durante todo el periodo de estudio. Durante el año 2020 los valores obtenidos han sido similares a los registrados años anteriores y a antes del proyecto (Figura 21).

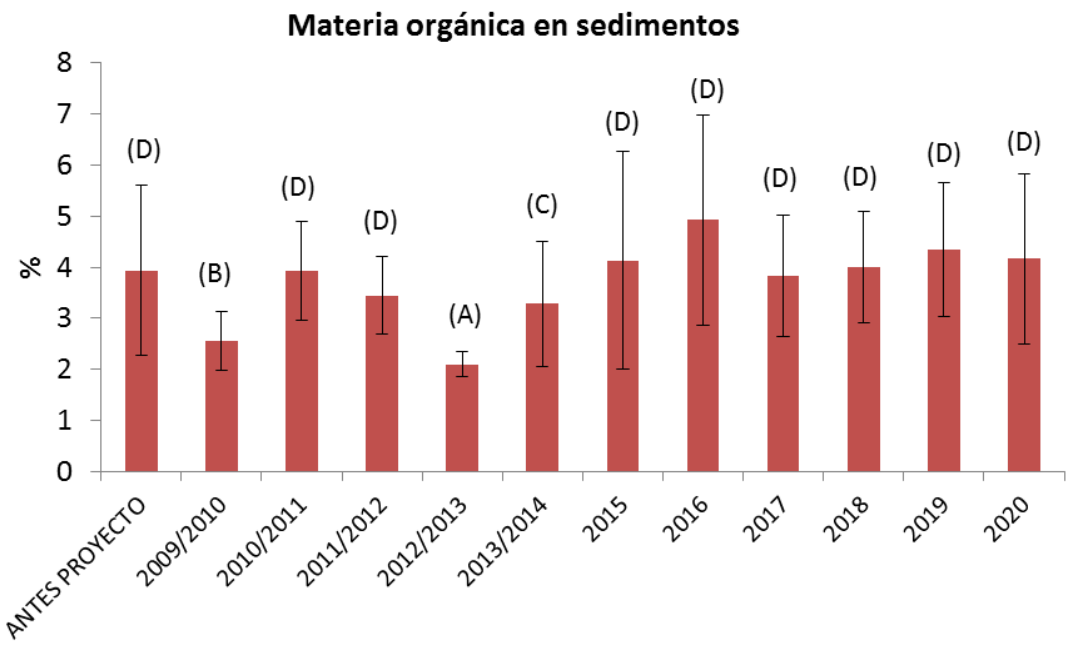


Figura 21. Valores medios de concentración de materia orgánica en sedimentos y desviación estándar (barra vertical). Resultados del Test estadístico ANOVA: letra diferente indica que existen diferencias significativas (p-valor < 0,05).

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

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

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

La evolución temporal de la cobertura y densidad de haces de las dos especies de fanerógamas marinas estudiadas se presenta en las Figuras 22, 23 y 24, 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 2020 (Figura 22).

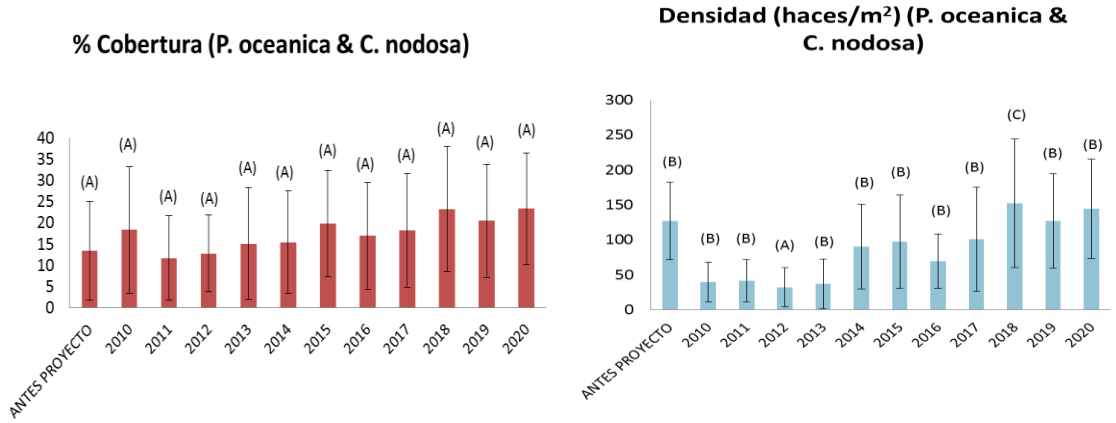


Figura 22. Valores medios de cobertura y densidad de fanerógamas y desviación estándar (barra vertical) en los siete periodos de estudio. Resultados del Test ANOVA: letra diferente indica que existen diferencias significativas (p-valor < 0,05).

También se ha realizado el estudio de la evolución temporal de cada especie por separado. En el caso de *Posidonia oceánica*, existen diferencias significativas entre los datos registrados. 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. En 2020 se observa una densidad similar a la de antes del proyecto (Figura 23).

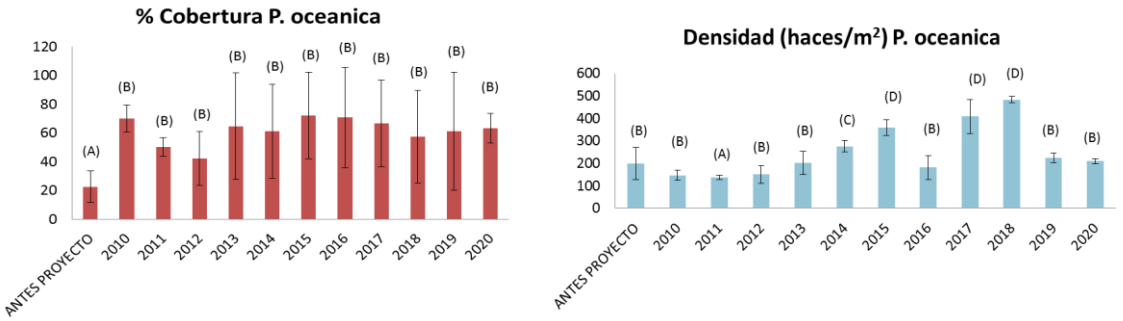


Figura 23. Valores medios de cobertura y densidad de la fanerógama *Posidonia oceánica* y desviación estándar (barra vertical) en los siete periodos de estudio. Resultados del Test estadístico ANOVA: letra diferente indica que existen diferencias significativas (p-valor < 0,05).

Las praderas de *P. oceánica* se pueden clasificar según la densidad de haces y, 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. Desde 2019 y en 2020, la densidad ha vuelto a normal (en los cuatro últimos años la pradera está en equilibrio) (Tabla 16).

Tabla 16. Valores de densidad de *Posidonia oceanica* durante los años de estudio y clasificación según Pergent-Martini (1996).

DENSIDAD HACES (haces/m²)	Punto de control P1	Punto de control P2	Punto de control P3	Clasificación densidad
Antes proyecto	275	100	219	BAJA-NORMAL
2010	170	125	144	BAJA-NORMAL
2011	127	144	140	BAJA-NORMAL
2012	194	125	131	BAJA-NORMAL
2013	169	263	175	NORMAL
2014	300	275	250	NORMAL
2015	350	350	375	NORMAL
2016	237	175	131	BAJA-NORMAL
2017	425	475	325	NORMAL-EXCEPCIONAL
2018	475	500	475	EXCEPCIONAL
2019	250	213	210	NORMAL
2020	220	200	207	NORMAL

En el caso de *Cymodocea nodosa* se ha observado que la cobertura se ha incrementado tras la ejecución de proyecto, obteniéndose resultados similares durante los años de 2010 a 2020. En 2016 se observó una disminución de la cobertura, volviendo a incrementarse en 2017 y 2018 y volviendo a bajar en 2019 y 2020 pero las diferencias no son 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 desde el año 2014 a 2020, detectándose diferencias significativas entre los valores registrados (Figura 25).

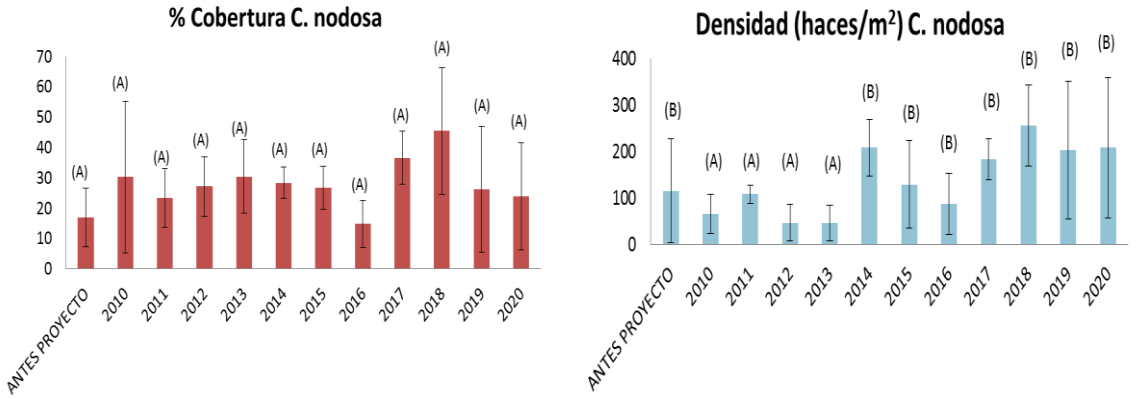


Figura 25. Valores medios de cobertura y densidad de la fanerógama *Cymodocea nodosa* y desviación estándar (barra vertical). Resultados del Test estadístico Kruskal-Wallis: letra diferente indica que existen diferencias significativas (p-valor < 0,05).

6.5. CONCLUSIONES

En el año 2020 se ha obtenido buena calidad del agua en la Zona de El Alquián. Los valores de transparencia del agua han sido elevados, superiores a los registrados en 2019. Las concentraciones de sólidos en suspensión han sido inferiores a los límites de cuantificación del método analítico empleado y las concentraciones de hidrocarburos han sido bajas.

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, siendo 2018 el año con mayor densidad tras finalizar el proyecto. En 2020 la densidad ha descendido levemente con respecto a 2019. La clasificación de la comunidad según Pergent-Martini (1996) en 2020 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 levemente en 2020 comparado con 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.