

INFORME DEL CONVENIO ENTRE LA  
GENERALITAT A TRAVÉS DE LA CONSELLERIA DE  
AGRICULTURA, DESARROLLO RURAL,  
EMERGENCIA CLIMÁTICA Y TRANSICIÓN  
ECOLÓGICA Y LA UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE  
VALÈNCIA PARA LA EJECUCIÓN EN EL EJERCICIO  
2020 DE UN PROYECTO DE INVESTIGACIÓN  
APLICADA A RECURSOS HÍDRICOS EN LA  
COMUNITAT VALENCIANA

“Estado ecológico de la masa de agua costera C017:  
Santa Pola-Guardamar del Segura, dinámica litoral,  
fuentes de contaminación y sus medidas de  
gestión”

Noviembre 2020

# 1.- Introducción

La Dirección General del Agua aplica la Directiva 2000/60/CE, del Parlamento Europeo, conocida como Directiva Marco del Agua a las aguas costeras y de transición de la Comunitat, al objeto, tal y como establece la propia directiva, de su protección, de prevenir todo deterioro adicional y proteger y mejorar el estado de los ecosistemas acuáticos. Con los trabajos realizados por la Dirección General del Agua en años anteriores, se ha detectado que la masa de agua costera C017: Santa Pola-Guardamar del Segura, incumple su estado ecológico, con un estado Moderado en el indicador fitoplancton.

Este indicador es de obligado control para evaluar el Estado de las masas de agua costeras, tal y como se establece en el 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. El ámbito de aplicación de este convenio es, por tanto, la masa de agua costera donde se ha detectado una valoración de su estado moderado en los últimos años para el indicador biológico fitoplancton, la masa C017: Santa Pola – Guardamar del Segura.

Para la masa C017, definida como AC-T06 Aguas costeras mediterráneas no influenciadas por aportes fluviales, someras mixtas, el Real Decreto 817/2015 marca como indicadores aplicables los mostrados en la Tabla 1, y con los criterios definidos en la Tabla 2, para campo próximo.

Elemento	Indicador	Acrónimo
Fitoplancton	P90 de concentración de clorofila-a ( $\mu\text{g/L}$ )	Chl-a
Condiciones generales: Nutrientes	Amonio ( $\mu\text{mol NH}_4/\text{L}$ )	Amonio
	Nitritos ( $\mu\text{mol NO}_2/\text{L}$ )	Nitritos
	Nitratos ( $\mu\text{mol NO}_3/\text{L}$ )	Nitratos
	Fosfatos ( $\mu\text{mol PO}_4/\text{L}$ )	Fosfatos
	Índice Fosfatos-Amonios-Nitritos	FAN

Tabla 1. Indicadores para masas costeras AC-T06.

	Referencia	Muy bueno/ Bueno	Bueno/ Moderado	Moderado/ Pobre	Pobre/ Malo
P90 Clorofila a ( $\mu\text{g/L}$ )	1.8	2.26	3.60	5.00	6.42
Promedio Amonio ( $\mu\text{mol NH}_4/\text{L}$ )			4.60		
Promedio Nitrito ( $\mu\text{mol NO}_2/\text{L}$ )			0.92		
Promedio Nitrato ( $\mu\text{mol NO}_3/\text{L}$ )			7.3		
Promedio Fosfato ( $\mu\text{mol PO}_4/\text{L}$ )			0.76		

Tabla 2. Límites para indicadores de masas costeras AC-T06.

Por todo ello los **objetivos** de este convenio son:

- el estudio de la dinámica litoral de la masa de agua costera C017
- el estudio de las fuentes de contaminación tanto terrestres como marinas de la masa de agua
- el estudio del estado ecológico de la masa de agua para los indicadores fisicoquímicos (nutrientes) y para el indicador biológico fitoplancton

con el objetivo final de relacionar los tres aspectos anteriores, definir la problemática concreta de la zona y plantear medidas de gestión para el cumplimiento de la DMA.

Para ello se tendrán en cuenta los datos fisicoquímicos y biológicos (nutrientes y fitoplancton) de la masa C017 (Santa Pola – Guardamar del Segura), y de las masas contiguas C016 (Cabo Huertas – Santa Pola), C0161 (Puerto de Alicante) y C018 (Guardamar del Segura – Cabo Cervera) y de algunos puntos de vertido directos a dicha masa.

## 2.- Campañas de muestreo

---

La masa de agua costera C017 se lleva controlando por parte del IIAMA de la Universitat Politècnica de València, a requerimiento de la Dirección General del Agua de la GVA, desde el 2005 hasta el 2018, para diferentes indicadores, por lo que se posee una gran base de datos históricos.

Durante este año 2020 se ha continuado su seguimiento para el indicador fitoplancton y los indicadores fisicoquímicos (nutrientes, temperatura, salinidad, turbidez, oxígeno disuelto). Se han incluido 12 puntos de muestreo para clorofila (fitoplancton) y fisicoquímicos, recogiendo también muestras de agua en las masas de agua costeras adyacentes que pudieran tener influencia sobre ella, y en todos aquellos puntos que se han considerado (vertidos, cauces, ...) para el buen estudio de la zona (Figura 1).

Del mismo modo se ha realizado el estudio de la dinámica litoral de la zona, para poder definir los puntos influyentes en la calidad de la zona costera y definir las posibles medidas gestión para el cumplimiento de la Directiva Marco del Agua.

Así, los muestreos se han realizado en los puntos de muestreo definidos en las Figuras 2, 3, 4 y 5 y en la Tabla 3. En el anejo fotográfico se pueden observar las fotografías obtenidas en cada punto de muestreo.

Masas de agua costeras y  
de transición  
de la Comunidad Valenciana

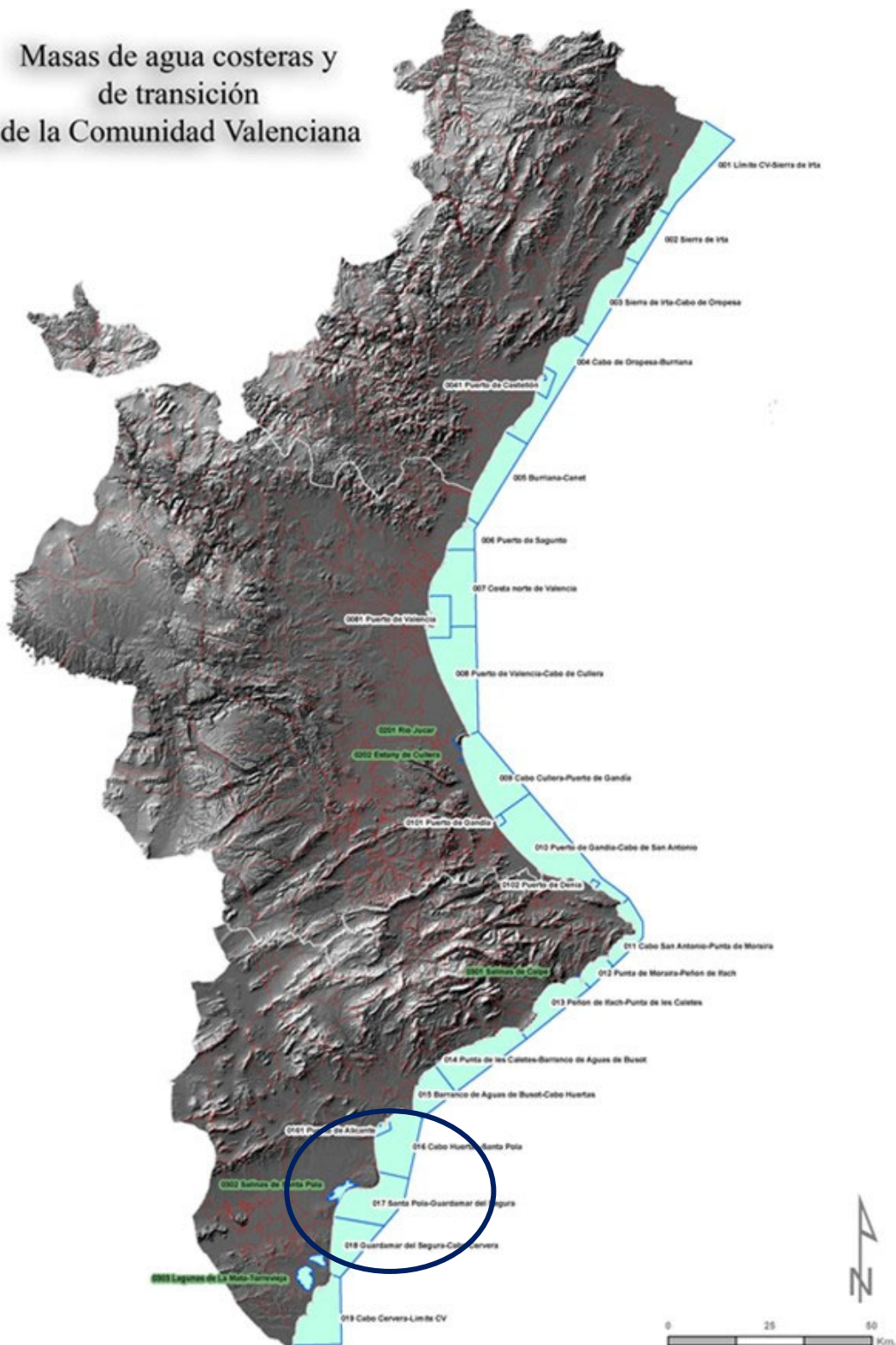


Figura 1. Distribución de las masas de agua costeras naturales y muy modificadas por la presencia de puertos de la Comunitat Valenciana.



Figura 2. Distribuci3n de puntos de muestreo de las masas C016 y C0161.



Figura 3. Distribuci3n de puntos de muestreo de la masa C017.

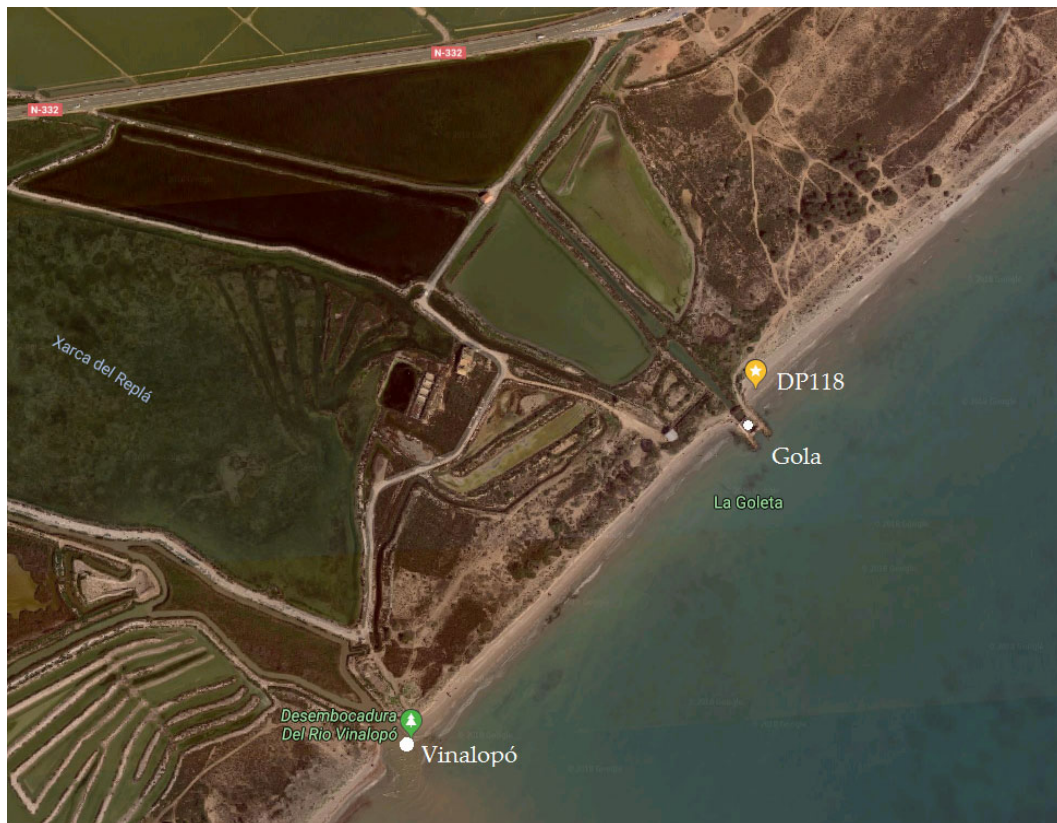


Figura 4. Detalle de los puntos de muestreo adicionales de la masa C017, Gola y Vinalopó.



Figura 5. Distribución de los puntos de muestreo de la masa C018.

Masa		Estación	Nombre
ES080MSPFC0161		DP109	Playa al sur del Puerto Alicante
ES080MSPFC0161		DP183	Sur cala dels Borratxos, Alicante
ES080MSPFC016	*	DP113A	1.5 km al norte del punto DP113
ES080MSPFC016		DP113	Playa del Saladar, Alicante
ES080MSPFC017		DP115	Playa del Varador, Santa Pola
ES080MSPFC017	*	DP115A	Escollera derecha de la Playa del Varador, Santa Pola
ES080MSPFC017		DP118	Playa Braç del Port, Santa Pola
ES080MSPFC017	*	Gola	La Goleta
ES080MSPFC017	*	Vinalopó	Desembocadura del río Vinalopó
ES080MSPFC017		DP119	Playa del Pinet, Elche
ES070MSPFC018		DP120	Playa els Tossals, Guardamar del Segura
ES070MSPFC018	*	Segura	Desembocadura del río Segura

*Tabla 3. Estaciones muestreadas en las masas de agua costeras para la determinación de parámetros biológicos y fisicoquímicos, de norte a sur.*

Los puntos marcados en la Tabla 3, con \* son puntos que, no estando definidos en la red de muestreo, han sido recogidos para un mejor estudio de la masa C017.

- La muestra DP113A se recoge a 1.5 km al norte de la DP113, pues así se recomienda en función del estudio de la dinámica litoral realizado para este convenio, como posteriormente se detallará.
- La muestra DP115A se recoge desde la escollera derecha de la playa del Varador (Santa Pola), debido a la que las muestras recogidas en la DP115 siempre se encuentran con una alta cantidad de macroalgas, y por tanto no proporcionan datos fiables de clorofila.
- La muestra Gola se recoge en el interior de la gola situada al sur de la DP118.
- La muestra Vinalopó se recoge en la desembocadura del río Vinalopó.
- La muestra Segura se recoge en la desembocadura del río Segura.

### 3.- Metodología

Para alcanzar los objetivos previstos, se realiza en primer lugar una caracterización completa de la zona de estudio, identificando las fuentes potenciales de aporte de contaminantes que afectan a la zona y el clima marítimo propio del área, para poder estudiar correctamente la dinámica litoral.

Esta dinámica litoral, junto con los datos de calidad de agua, permite elaborar un modelo de dispersión de contaminantes que simula la trayectoria de las partículas en el medio marino para las diferentes hipótesis establecidas. La herramienta utilizada para el desarrollo del modelo de dispersión de contaminantes ha sido MOHID Water,

un modelo hidrodinámico tridimensional de aproximación numérica mixta euleriana-lagrangiana de transporte de contaminantes, y que ha sido objeto de un *Trabajo Final de Máster tutorizado por personal participante en este convenio (Cambronero, P., 2020)*.

Mediante los resultados obtenidos para las diferentes simulaciones del modelo de dispersión de contaminantes, se identifican las fuentes que con mayor probabilidad afectarán a la zona de estudio en caso de emitir altas concentraciones de partículas de contaminación.

Posteriormente se estudia la calidad de las aguas de la masa costera, en base a los datos históricos y a los de esta anualidad 2020.

Finalmente, y en base a todo el estudio desarrollado, se realiza una propuesta de medidas de gestión que pueden contribuir a la mejora del estado ecológico de la masa de agua costera C017 (Santa Pola – Guardamar del Segura) y con ello al cumplimiento de los parámetros de calidad establecidos por la Directiva Marco del Agua.

## 3.1.-Caracterización de la zona

---

Para obtener una caracterización completa de la zona de estudio, se realiza un análisis físico y ambiental, definiendo la extensión del área de estudio. Además, se describen las salidas de agua naturales que tienen su desembocadura ubicada en el ámbito de análisis, identificando los principales vertidos al mar. Este apartado puede verse con más detalle en Cambronero, P. (2020).

La masa de agua costera C017 Santa Pola - Guardamar del Segura se ubica en el litoral de la provincia de Alicante, entre la zona norte del cabo de Santa Pola y el norte del litoral del municipio de Guardamar del Segura. Se trata de una zona de 148 Km<sup>2</sup> de superficie de masa de agua costera distribuidos a lo largo de cerca de 20 km de litoral continental.

Los “vertidos” que se consideran de relevancia para el estudio de las posibles fuentes de contaminación de la masa de agua costera C017 son tanto salidas naturales de cauces, como vertidos puntuales. Se han considerado, realizando una agrupación de algunas de estas fuentes y vertidos según la proximidad de su ubicación, cinco localizaciones de vertido en la zona de estudio (Figura 6).

Estos 5 puntos de vertidos son:

1. Desembocadura del Segura: Desembocadura y Frente Litoral del Segura y Vertido “Ayuntamiento de Guardamar del Segura” (tanques de preengorde de piscifactorías)
2. Desembocadura del Vinalopó: Desembocadura del Río Vinalopó y Salinas de Santa Pola
3. Santa Pola: Vertidos difusos en Santa Pola
4. Puerto de Alicante: Barranco de las Ovejas y Emisario submarino EDAR Rincón de León
5. Emisario Alacantí: Vertido “Mancomunitat de l’Alacantí” (emisario submarino EDAR Monte Orgegja)





*Figura 6. Ubicación de los 5 puntos de vertido que agrupan las 8 salidas de agua identificadas en la zona de estudio.*

### 3.1.1.- Estudio del clima marítimo de la zona

Se establece el nivel de referencia y se analizan los niveles del mar habituales mediante la definición del régimen de mareas de la zona. También se define el régimen de oleaje a través del estudio de sus parámetros representativos: altura de ola significativa, periodo de pico y dirección predominante de oleaje.

#### Análisis de los niveles del mar en la zona y los regímenes de mareas

En cuanto al análisis del nivel del mar, se define el Nivel Medio del Mar en Alicante (NMMA) como nivel de referencia empleado para todo el estudio. No obstante, también se utiliza el esquema Datum del Mareógrafo de Gandía para la definición de algunos parámetros de entrada del modelo de dispersión de contaminantes Mohid Water.

#### Definición del oleaje característico de la zona

El análisis de oleaje realizado se centra en la definición de las condiciones de clima marítimo en régimen medio, ya que, de manera general, este estudio se enmarca en este régimen de oleaje. No obstante, también se realiza una breve descripción del régimen extremal de la boya más cercana a la zona de estudio, únicamente a modo informativo y para una mayor definición de la zona.

Se selecciona el punto SIMAR S2 (2077097) como el más representativo para la descripción del régimen medio de oleaje de la zona de estudio. El análisis realizado

determina que las direcciones Este, Este-Sureste y Este-Noreste se definen como las direcciones predominantes del oleaje. Además, se caracterizan los parámetros Altura de Ola Significante y Periodo Pico propios del oleaje en régimen medio de la zona de estudio.

### 3.1.2.- Propagación del oleaje

---

Partiendo de las condiciones de clima marítimo establecidas, se realiza la propagación del oleaje hacia aguas poco profundas, donde se consideran los efectos del fondo marino y se producen los fenómenos de refracción, difracción y asomeramiento. Con esto, se obtiene una definición completa del oleaje característico en cada punto de la zona de estudio.

#### Estudio de la propagación del oleaje mediante el modelo SWAN.

La propagación del oleaje se ha realizado con el modelo numérico SWAN. Los resultados obtenidos serán utilizados como datos de entrada para el modelo de dispersión de contaminantes MOHID Water.

Por limitaciones computacionales, ha sido necesario definir dos mallas de cálculo, una malla del modelo general y una malla reducida. En esta última se reduce el área de computación y con el fin de alargar el periodo de simulación.

Finalmente, se han realizado seis simulaciones de propagación de oleaje: 3 periodos de análisis y 2 simulaciones por periodo, con un mallado y una extensión temporal diferente. Los resultados obtenidos por el modelo SWAN para cada una de las simulaciones se calculan con un intervalo horario definido y se almacenan en archivos HDF asociando un valor por celda, por parámetros y por intervalo horario. Los parámetros que han sido propagados por toda la extensión de la zona de estudio son: Dirección media de oleaje, Periodo pico de oleaje, Altura significativa de ola, Componente X del tensor de radiación y Componente Y del tensor de radiación.

### 3.1.3.- Estudio de la dinámica litoral

---

Se define la dinámica propia de la zona debida a la actuación sobre el medio de los diversos agentes climáticos, principalmente el oleaje, las mareas, las corrientes y el viento. Los principales componentes para la definición de la dinámica litoral de la zona y su relación con el transporte de partículas contaminantes son la descripción batimétrica de la plataforma sumergida, la definición del clima marítimo propio de la zona y la propagación del oleaje hacia aguas poco profundas. Con esto, se realiza un estudio analítico de la posible procedencia de partículas de contaminantes en base a la dinámica litoral de la zona.

En primer lugar, se estudia el comportamiento estacional de los niveles de clorofila por encima del límite establecido. Se obtienen los siguientes resultados del análisis de las campañas de muestreo realizadas. De las más de 550 muestras históricas analizadas, en casi 70 de ellas se ha detectado un exceso del indicador clorofila. Los tres puntos de muestreo de la masa de agua estudiada han superado el límite establecido para la

determinación de un estado “Bueno” de la masa de agua en algún momento del periodo de estudio. Se han observado dos patrones claramente diferenciados en dos periodos en las tres masas de agua:

- 2005-2010, en general, con valores por encima del límite establecido de la concentración de clorofila.
- 2010-2018, con una tendencia a la disminución de concentración de clorofila.

Sin embargo, la masa de agua C017 ha mantenido durante el último periodo (2010-2018) concentraciones de clorofila cercanas pero superiores al límite establecido. En base al estudio realizado no se aprecia una clara variación estacional de los niveles de concentración de clorofila de la zona de estudio. Sin embargo, entre todas las estaciones de la masa C017, la estación DP115 es la que mayores concentraciones de clorofila ha registrado en el último periodo de análisis.

### 3.1.4.- Cálculo analítico del transporte de contaminantes

---

Se establecen los principios físicos para el transporte de partículas en el medio marino y se realiza el cálculo aproximado del desplazamiento de las partículas aplicando la Teoría de la Deriva de Stokes.

El cálculo realizado del transporte de contaminantes por métodos analíticos se ha basado en las teorías de la trayectoria de las partículas en el medio marino. Se define la Teoría lineal de Airy que determina trayectorias circulares y elípticas de las partículas en función de su profundidad, y la Teoría de la deriva de Stokes, que basándose en la Teoría de Airy, establece la existencia de un transporte de masa neto de las partículas.

Con el objetivo de obtener una primera aproximación de la procedencia de las partículas que alcanzan las estaciones de muestreo de la masa de agua C017, se ha calculado y representado el polígono funicular de la trayectoria de procedencia de las partículas en las 48 horas anteriores a la toma de muestras para los días que se ha identificado un exceso del indicador Clorofila.

En la Figura 7 se muestra las direcciones de procedencia de las partículas, que se encuentran, en su mayoría, en el rango de direcciones Este-Noreste y Este-Sureste.

#### Modelado del sistema de corrientes

Posteriormente, se ha modelado el sistema de corrientes de la zona con la herramienta MOHID Water. Para ello, se han empleado los resultados de la propagación del oleaje obtenidos por el modelo SWAN. Los resultados del modelado de corrientes son empleados como dato de entrada del modelo de dispersión de contaminantes, también realizado con la herramienta MOHID Water.

Los resultados obtenidos del modelado de corrientes indican la existencia de corrientes de Norte a Sur en la línea de costa de la zona de ubicación de la estación DP115 (punto con altos niveles en el indicador Fitoplancton). Además, la Isla de Tabarca parece afectar al sistema de corrientes causando un cambio de dirección:

corrientes con dirección Norte - Sur que una vez alcanzan la isla, toman una dirección Este - Noroeste.

Teniendo en consideración los valores generales de las velocidades de corriente de las simulaciones realizadas, con velocidades bajas en zonas de mar adentro (1-5 cm/s), alcanzando los mayores valores en la línea de costa (5-30 cm/s), se observa una gran similitud con los resultados obtenidos para la trayectoria de las partículas en 48h por cálculo analítico, tanto en la dirección de procedencia como en la distancia recorrida por las partículas.

El conjunto de resultados gráficos del modelado del sistema de corrientes para las 6 simulaciones realizadas se detalla en el TFM antes descrito (Cambronero, P., 2020).

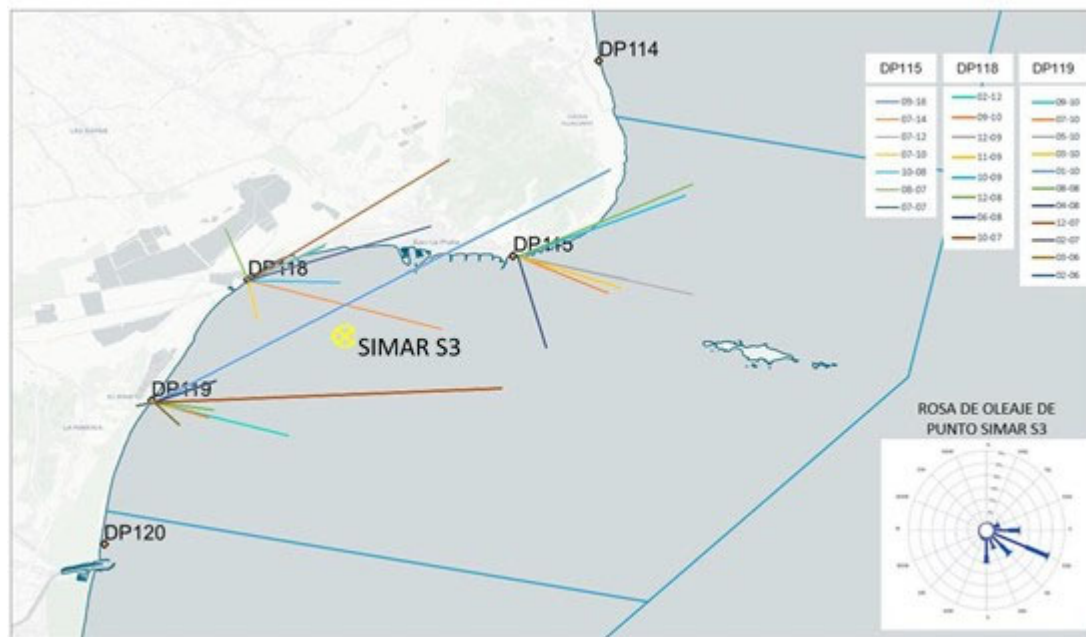


Figura 7. Composición de las estimaciones de procedencia de partículas en las estaciones de la masa de agua C017.

### 3.1.5.- Establecimiento de hipótesis

Una vez se ha definido todo el ámbito de estudio y se ha calculado una primera aproximación de la trayectoria que las partículas de contaminante han seguido hasta alcanzar las estaciones de muestreo, es posible establecer una serie de hipótesis sobre las posibles fuentes de aporte de nutrientes que afectan a la proliferación de organismos fitoplanctónicos en la zona de estudio.

A) **HIPÓTESIS 1.** Las partículas contaminantes proceden del punto de vertido 1. **Desembocadura del Segura, que agrupa la fuente natural del Río Segura y el vertido autorizado del Ayuntamiento de Guardamar del Segura.**

El Río Segura es el río principal de Demarcación Hidrográfica del Segura, la cual se ubica en la parte sureste del territorio español con una superficie aproximada de 19.000 km<sup>2</sup>. A lo largo de sus 320 km de longitud, el Río Segura recorre numerosos

municipios, desembocando en el municipio de Guardamar del Segura (Alicante), concretamente en la masa de agua costera C018.

El régimen hidrológico del Río Segura se define por su alta variabilidad, alternando periodos de grandes sequías (primavera y verano) con periodos de fuertes inundaciones (otoño e invierno). Esto implica que, aunque la media del caudal en desembocadura del Río Segura sea de  $1 \text{ m}^3/\text{s}$ , hay fuertes variaciones de caudal a lo largo de su régimen anual, y por tanto, del aporte de agua al mar en el punto de desembocadura. Entre los años 2005-2018, los datos de la estación de aforo EA-029 Rojas, muestran que el régimen de caudales medios se incrementa de forma apreciable a partir del año 2009. Cabe destacar que es en 2009 cuando se empieza a aplicar el régimen de caudales ambientales establecidos por el Plan Hidrológico de la Demarcación del Segura (Confederación Hidrográfica del Segura).

Durante los años 1990-2010, el Río Segura ha destacado por su alta contaminación a causa de vertidos incontrolados en su cauce sin tratamiento previo. Esto conllevó elevados niveles de contaminación de las aguas del río, y por tanto, de las aguas vertidas al mar. Cabe destacar que durante la última década (2010- 2020), se han realizado numerosas intervenciones para restaurar la calidad ambiental del río. No obstante, las presiones que recibe el Río Segura en la actualidad, en forma de numerosos vertidos y fuertes regulaciones de su régimen hidrológico, junto a los largos periodos de sequías, siguen haciendo que esta masa de agua tenga una alta disposición a presentar niveles altos de contaminación en sus aguas (iAgua, 2014).

**B) HIPÓTESIS 2.** Las partículas contaminantes proceden del punto de vertido 2. **Desembocadura del Vinalopó, que agrupa la fuente natural del Río Vinalopó y el drenaje de las Salinas de Santa Pola.**

El Río Vinalopó cuenta con 81 km de cauce ubicados íntegramente en la provincia de Alicante. Pertenece a la Demarcación Hidrográfica del Júcar, ubicándose su nacimiento en el Parque Natural de la Sierra de Mariola. El Río Vinalopó ha sido fuertemente alterado por la acción humana y tras el encauzamiento que atraviesa la ciudad de Elche, este río desagua artificialmente en el Azarbe de Cebadas, acequia de propiedad privada que recoge los excedentes de regadío. En periodos de fuertes lluvias que incrementan el caudal del Río Vinalopó, el Azarbe de Cebadas no tiene suficiente capacidad de desagüe y es por ello que se producen inundaciones de periodicidad baja en la zona sur del término municipal de Elche. Cabe destacar que esta zona es considerada "de alto riesgo" por el Plan de Acción Territorial contra el Riesgo de Inundación (Patricova) de la Comunidad Valenciana. Además, la Confederación Hidrográfica del Júcar tiene incluido en su planeamiento la regeneración del cauce natural y desembocadura del Río Vinalopó (Confederación Hidrográfica del Júcar, 2015), cuyos terrenos han sido fuertemente alterados por la acción humana y empleados en actividades de cultivo.

Según el Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Júcar 2015-2021, el Río Vinalopó presenta una calidad del recurso "no adecuada". Esto se debe a los numerosos vertidos procedentes de las depuradoras que vierten a lo largo de su cauce, además de la incidencia de vertidos urbanos e industriales y de los retornos de riego de la zona próxima a la desembocadura. El Plan Hidrológico 2015-2021 establece lo siguiente: *"La escasa capacidad de dilución, asociada a un problema de cantidad de recursos, supone una dificultad adicional para alcanzar el buen estado del Río Vinalopó. Por lo que el*

*cumplimiento de los objetivos de calidad pasa tanto por atender la calidad como la cantidad del recurso. Las distintas administraciones públicas han previsto inversiones en la cuenca del Río Vinalopó con el objetivo de mejorar la calidad de los vertidos lo que permitirá una mejora sustantiva en la calidad de las aguas circulantes por el río.” (Confederación Hidrográfica del Júcar, 2015)*

La elevada contaminación del Río Vinalopó se relaciona con los resultados obtenidos en el Informe 2018 IIAMA-UPV, donde ya se estableció que *“la muestra recogida en la desembocadura del río Vinalopó muestra también diferencias claras con las estaciones de playas, posee una salinidad en torno a 13 g/Kg, indicativo de una alta influencia fluvial, un pH de 8.06 y muy elevadas concentraciones de nutrientes y de clorofila.”* (Instituto de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente (IIAMA - UPV), 2018)

**C) HIPÓTESIS 3.** Las partículas contaminantes proceden del punto de vertido 3. **Santa Pola**, que hace referencia a la posible existencia de **vertidos difusos a lo largo de la franja litoral**.

El Parque Natural de las Salinas de Santa Pola presenta una extensión de 2500 hectáreas, y está situado entre los términos municipales de Santa Pola y Elche, correspondiente a la franja litoral de la masa de agua costera C017. Las Salinas de Santa Pola están incorporadas al listado de Zonas Húmedas de Importancia Internacional del Convenio de Ramsar. Además de estar incluido en el listado RAMSAR, las Salinas de Santa Pola cuentan con las figuras de protección legal de Parque Natural, LIC y ZEPa.

El humedal Salinas de Santa Pola era una extensa laguna litoral que en el siglo XIX fue transformada en salinas para su aprovechamiento económico. Actualmente funciona como un sistema de explotación salinera convencional, donde el agua marina circula por un circuito de balsas con el objetivo de obtener una alta concentración de sales mediante la evaporación progresiva del agua.

El humedal de las Salinas de Santa Pola presenta un elevado nivel de gestión antrópica de los flujos de agua en función de los intereses de las respectivas explotaciones salineras. Las condiciones se alejan de las “naturales” y no cabe esperar conseguir un buen estado ecológico (Martí Insa, 2010). Los resultados de las muestras recogidas en las Salinas de Santa Pola durante años anteriores, muestran una composición variable de nutrientes que ha sido relacionada con la salinidad de las mediciones: a mayor salinidad mayor concentración de nutrientes. Las Salinas de Santa Pola tienen un contenido medio-bajo en nutrientes: el contenido en nitritos es bajo por lo general mientras que el contenido en amonio, nitratos y fosfatos ofrece valores medios e incluso elevados en algunos casos (Martí Insa, 2010).

De hecho, se verá que la muestra recogida en “Gola” posee una menor temperatura que el resto de las estaciones de la misma campaña, y una salinidad elevada, lo cual puede dar indicación del origen de dicha agua (conexión entre las Salinas de Santa Pola y el mar). Es de resaltar el altísimo valor de amonio, nitrito y nitrato que posee en alguna de las campañas y los elevados valores de clorofila. El alto nivel de clorofila puede deberse al estancamiento de las aguas en la zona de recogida de la muestra (Gola) y se dan condiciones aptas para la aparición de fitoplancton.

En base a lo anterior se establece que el vertido de agua desde del humedal de las Salinas de Santa Pola hacia la masa de agua costera C017 está muy influenciado por la

explotación antrópica, con una composición con un alto contenido en nutrientes. La mayoría del agua de la explotación salinera se elimina por evapotranspiración, aunque en función de las necesidades de producción de sal. Únicamente de manera puntual parece que tiene lugar un drenaje de agua de forma directa al mar.

La estación de aguas residuales de Santa Pola se ubica al norte de Santa Pola. Según los datos de funcionamiento de 2018 ofrecidos por la Entidad Pública de Saneamiento de Aguas Residuales de la Comunidad Valenciana (EPSAR), la EDAR de Santa Pola tuvo un caudal medio de entrada de 8.140 m<sup>3</sup>/d, sirviendo a toda la población del municipio de Santa Pola, con una población servida en 2018 de 40092 h.e.

La EDAR de Santa Pola incluye un tratamiento terciario que hace posible la reutilización de las aguas depuradas. Según datos de la EPSAR, el efluente de la EDAR de Santa Pola es reutilizado en riego agrícola por la SAT de la Virgen del Loreto.

La localidad de Santa Pola registra anualmente un aumento poblacional en la época estival, llegando a cuadruplicar su población habitual. Según la EPSAR, el caudal de diseño de la depuradora de Santa Pola prevé la estacionalidad de la población, siendo su caudal de diseño 24000 m<sup>3</sup>/d en comparación al caudal medio diario de 2018, 8140 m<sup>3</sup>/d.

Puesto que Santa Pola es el municipio principal que se ubica en la zona de estudio (masa de agua C017), se analizará la posible existencia de vertidos difusos a lo largo de la franja litoral, pudiendo deberse a diversas causas tales como un posible colapso de la EDAR de Santa Pola en días de punta de población u otras causas no identificadas.

**D) HIPÓTESIS 4.** Las partículas contaminantes proceden del punto de vertido 4. **Puerto de Alicante, que agrupa la fuente natural del Barranco de las Ovejas y vertido de la EDAR Rincón de León.**

El barranco de las Ovejas se localiza al sur de la ciudad de Alicante ubicándose su desembocadura anexa al puerto de Alicante, en la playa de San Gabriel. El Barranco de las Ovejas nace de la Sierra del Maimó (Alicante) y es alimentado por una serie de barrancos tributarios que forman una cuenca de 226 km<sup>2</sup>. La zona geográfica donde se ubica el barranco se caracteriza por fuertes inundaciones, siendo el Barranco de las Ovejas objeto de grandes crecidas por inundación capaces de generar caudales importantes y desbordamientos que causan números daños (Oliva Cañizares, 2019).

El Barranco de las Ovejas se encuentra desde hace algunas décadas con altos niveles de contaminación por la existencia de numerosos vertidos directos no controlados a su cauce. No obstante, el principal foco de contaminación se ubica en el vertido procedente de la depuradora Rincón de León cuando ésta sobrepasa su máxima capacidad. En periodos de fuertes lluvias o en periodos de aumento de población debido a la época estival, la depuradora no tiene suficiente capacidad para tratar el volumen de agua recibido y vierte directamente en el último tramo del cauce del Barranco de las Ovejas, a escasos metros del mar (AHSA, 2020).

La estación de aguas residuales Rincón de León se ubica al Sur del municipio de Alicante. Según los datos de funcionamiento de 2018 ofrecidos por la Entidad Pública de Saneamiento de Aguas Residuales de la Comunidad Valenciana (EPSAR), la EDAR Rincón de León tuvo un caudal medio de entrada de 48749 m<sup>3</sup>/d, depurando las aguas residuales de gran parte del municipio de Alicante, con una población servida de

306592 h.e. La EDAR Rincón de León ubica su principal punto de vertido en un emisario submarino situado a 500 m de la playa de San Gabriel, junto a la desembocadura del Barranco de las Ovejas, próximo al puerto de Alicante. Este vertido se encuentra en una situación irregular desde su puesta en funcionamiento en 1999 por no contar con autorización de vertido (Síndic de Greuges, 2019). Es por ello que no consta en el Censo Nacional de Vertidos. Numerosas organizaciones y organismos públicos han identificado un exceso de contaminación en la zona (AHSA, 2020), debido a la confluencia de numerosos focos de vertidos contaminantes (Barranco de las Ovejas, emisario submarino de la EDAR Rincón de León y vertidos del Puerto de Alicante). Además, se trata de una zona de baja renovación de agua a causa de la influencia del puerto, por lo que la concentración de contaminantes se intensifica.

E) **HIPÓTESIS 5.** Las partículas contaminantes proceden del punto de vertido 5. **Emisario Alacantí, que hace referencia al vertido autorizado de la Mancomunitat de l'Alacantí procedente del emisario submarino de la EDAR Monte Orgegia.**

Este emisario submarino EDAR Monte Orgegia está diseñado para 50000 h.e. y con un volumen anual autorizado de 4206863 m<sup>3</sup>. Cabe destacar que dicho vertido autorizado está controlado por las autoridades reguladoras y que, por tanto, tiene establecido el tratamiento de depuración necesario para evitar la contaminación del medio receptor. No obstante, no se dispone de datos de calidad de estos vertidos.

### 3.1.6.- Modelo de dispersión de contaminantes

---

Se realiza la modelación del sistema de corrientes y del transporte de contaminantes en la zona de estudio mediante la herramienta de cálculo numérico MOHID Water, la cual permite simular la dispersión y trayectoria de las partículas a través de trazadores lagrangianos.

En primer lugar, se realiza una comparativa de los modelos existentes con el fin de realizar la elección de la herramienta más adecuada para este estudio. Se ha seleccionado la herramienta de cálculo MOHID Water por cumplir con las dos características principales requeridas: modelo hidrodinámico tridimensional, y modelo mixto euleriano-lagrangiano de transporte de contaminantes. Además, la herramienta MOHID Water trata de un modelo de código abierto accesible sin necesidad de adquisición de licencia de uso.

### 3.1.7.- Evaluación de las fuentes potenciales de aporte de nutrientes

---

Se realizan distintas simulaciones analizando diferentes escenarios con el modelo hidrodinámico MOHID Water para evaluar la trayectoria de las partículas procedentes de las distintas fuentes de contaminantes próximas a la zona de estudio. De este proceso se obtiene una aproximación de las fuentes potenciales de contaminantes que afectan a la zona de análisis y a la problemática estudiada.

#### Descripción de las simulaciones



Una vez descrita la herramienta y sus principales funcionalidades, se han definido las simulaciones a realizar. Se establecen tres periodos de simulación en los días anteriores a la recogida de muestras para los tres días en los que se ha registrado un exceso de clorofila en la estación DP115. Nos centramos en la estación DP115, ya que es ésta la más problemática de la masa.

Por limitaciones computacionales, se han realizado dos simulaciones por periodo (un total de 6 simulaciones): 3 simulaciones de 15 días, en las cuales se utiliza la malla general del modelo y se modelan las cinco fuentes potenciales identificadas; y 3 simulaciones de 22 días en las que se utiliza una malla reducida del modelo y únicamente se modelan las fuentes que, en base a las simulaciones de 15 días, tienen más posibilidades causar un exceso de contaminación en la estación DP115.

Simulación				Fecha inicio	Fecha fin
Periodo 1	Simulación 1	09/2016	15 días	11-09-2016	26-09-2016
	Simulación 2	09/2016	22 días	04-09-2016	26-09-2016
Periodo 2	Simulación 3	07/2014	15 días	08-07-2014	23-07-2014
	Simulación 4	07/2014	22 días	01-07-2014	23-07-2014
Periodo 3	Simulación 5	07/2012	15 días	02-07-2012	17-07-2012
	Simulación 6	07/2012	22 días	26-06-2012	17-07-2012

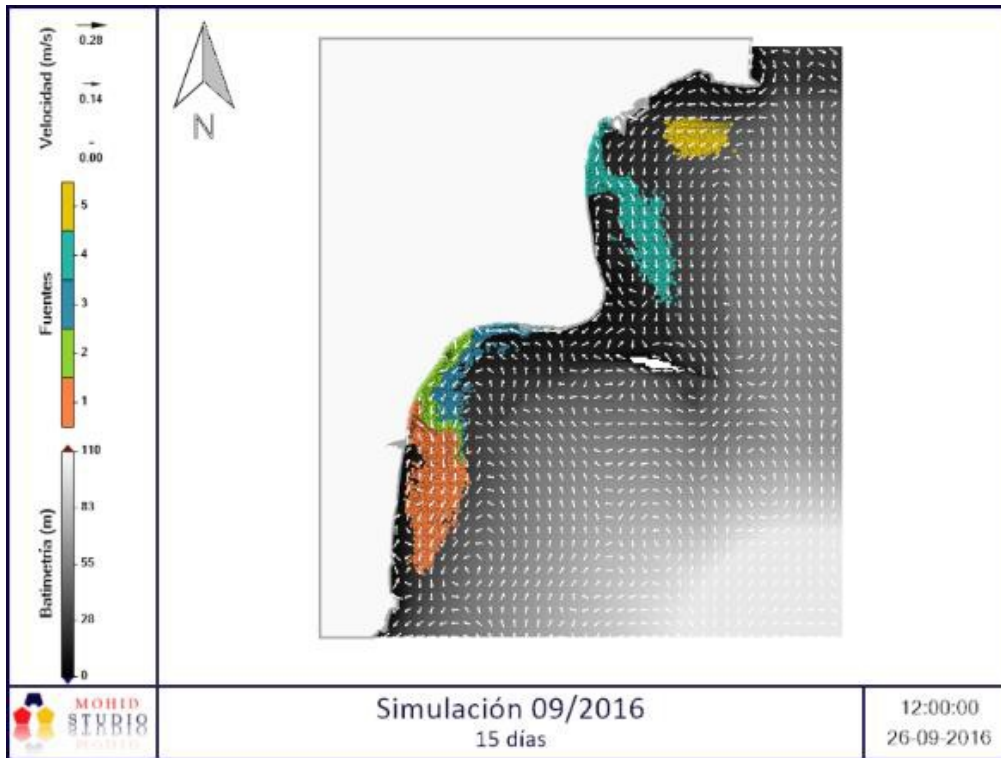
*Tabla 4. Simulaciones realizadas en el modelo Mohid Water.*

#### Modelado de la dispersión de contaminantes en la zona de estudio

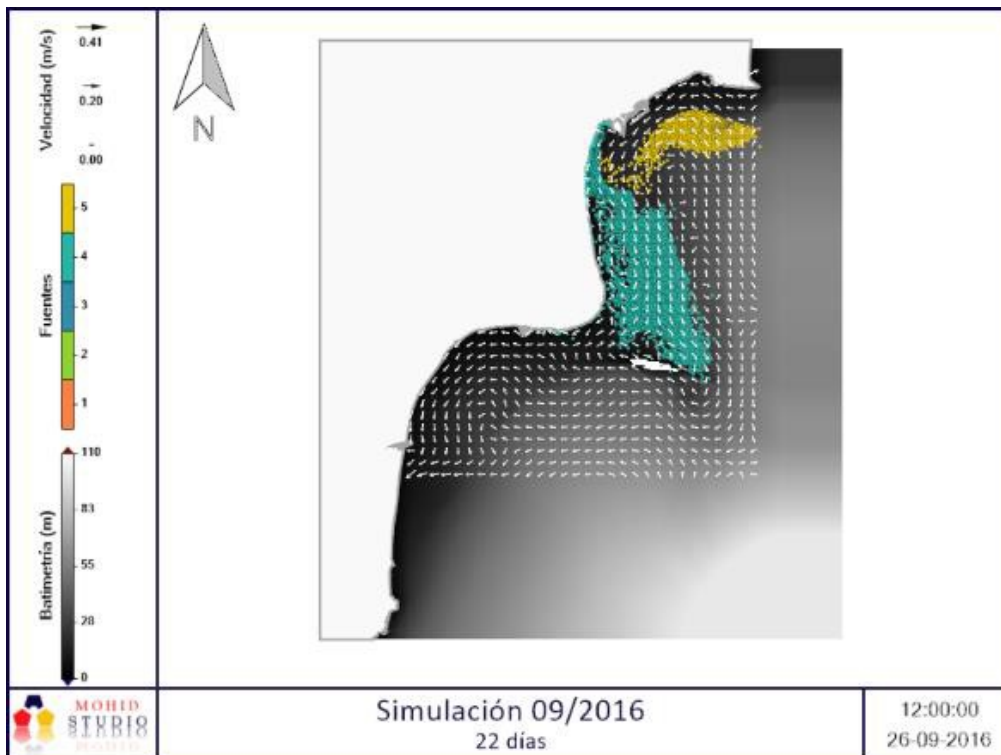
Seguidamente se expone una muestra de los resultados obtenidos por el modelo de dispersión de contaminantes, en el que se incluye también el modelado del sistema de corrientes.

Las figuras siguientes corresponden al instante final de las simulaciones realizadas. El conjunto de resultados gráficos del modelado del modelo de dispersión de contaminantes para las 6 simulaciones realizadas se detalla en el TFM antes descrito (Cambroner, P., 2020).

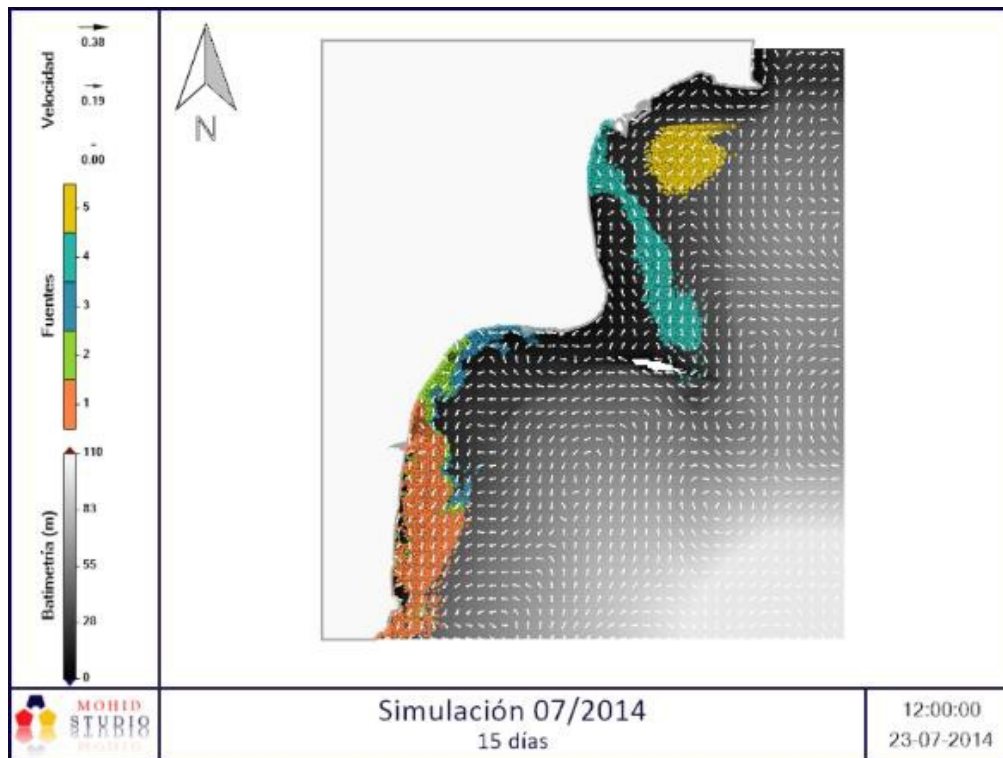
SIMULACIÓN 1. 09/2016 - 15 días



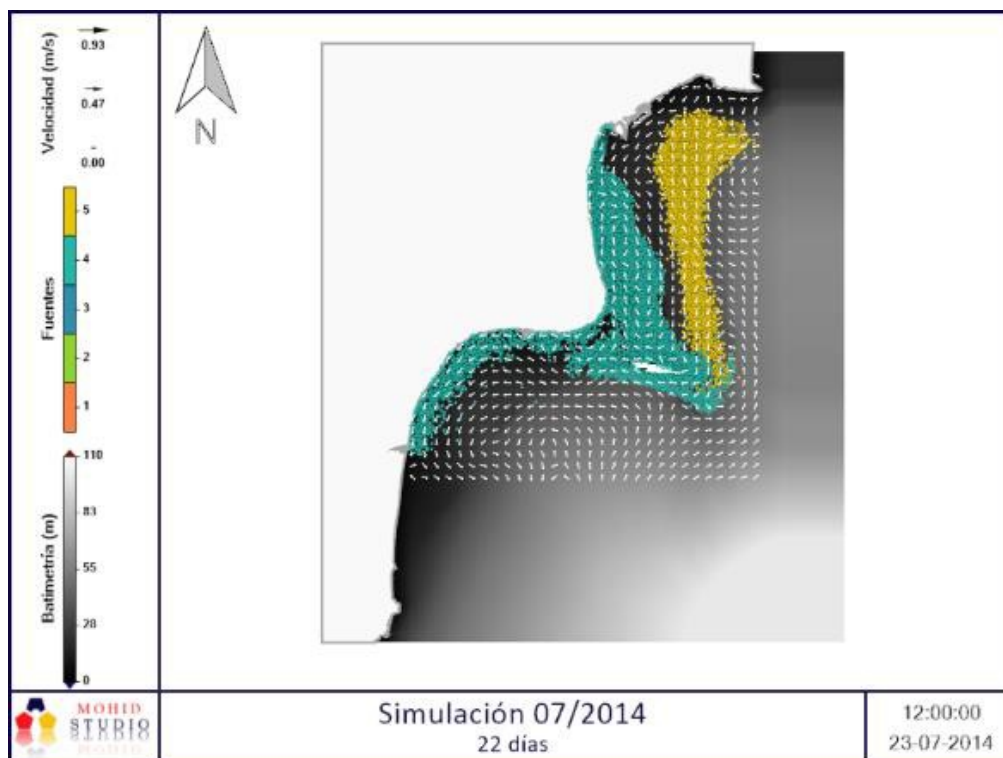
SIMULACIÓN 2. 09/2016 - 22 días



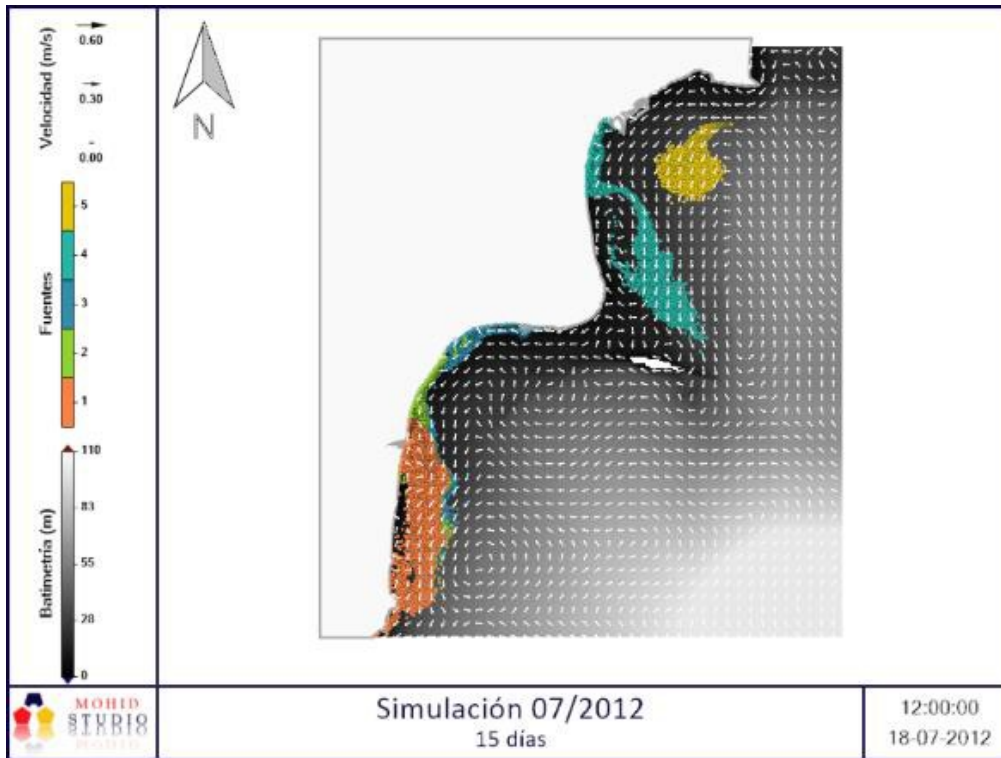
SIMULACIÓN 3. 07/2014 - 15 días



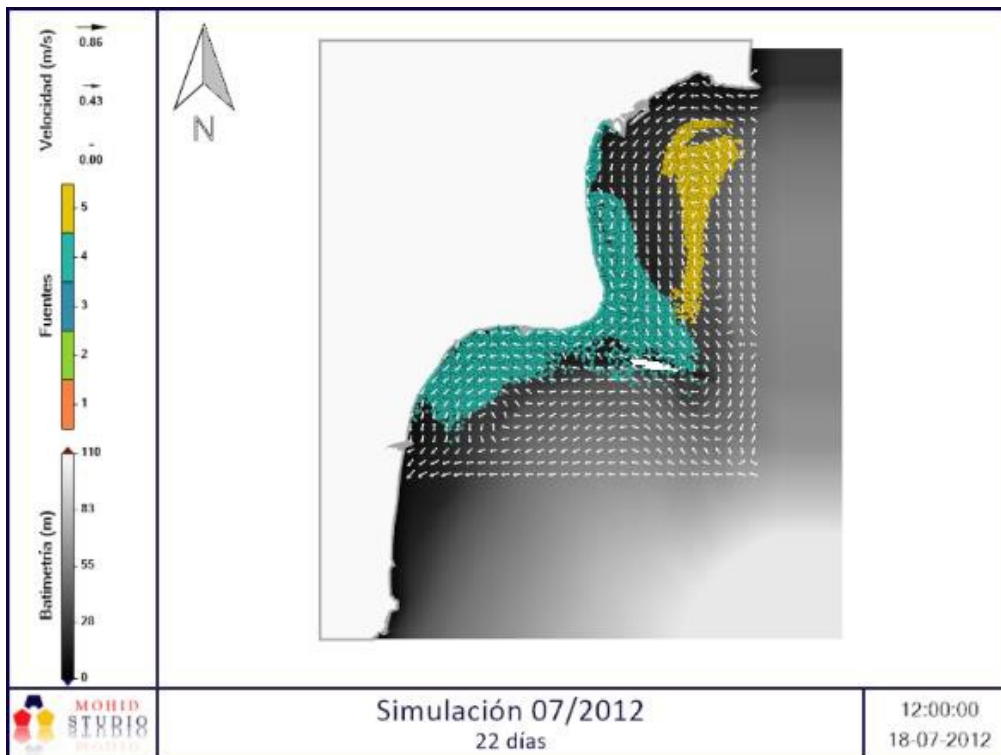
SIMULACIÓN 4. 07/2014 - 22 días



SIMULACIÓN 5. 07/2012 – 15 días



SIMULACIÓN 6. 07/2012 – 22 días



Se concluye lo siguiente:

- En las Simulaciones 1, 3 y 5 se observa que, en base al sistema de corrientes y a la trayectoria de las partículas durante los 15 días de simulación, las fuentes que con mayor probabilidad de emitir partículas de contaminación que alcancen la estación DP115 se ubican en los puntos de vertido 4 y 5, ubicados en la zona norte del ámbito de estudio.
- En base a las Simulaciones 2, 4 y 6, se observa que las partículas de contaminación emitidas desde el punto de vertido 4 alcanzan la ubicación de la estación de muestreo DP115 en el periodo de 22 días. La emisión de partículas contaminantes desde el punto de vertido 5 no alcanza la estación en el periodo simulado, aunque en base a las corrientes modeladas, se puede estimar que en un periodo de simulación mayor (en torno a los 30 días), las partículas emitidas desde este punto también alcanzarían la estación DP115.

## 3.2. Calidad del agua en la Masa C017

Como se ha comentado anteriormente, para el mejor estudio de esta masa se han recogido muestras de agua en dos puntos adicionales de la masa, en la Gola y en la desembocadura del Vinalopó. Respecto al cumplimiento o no de la masa C017, sólo se tendrán en cuenta las 3 estaciones de la red de muestreo, DP115, DP118 y DP119. Sin embargo, se utilizarán los datos obtenidos en la Gola y Vinalopó para el estudio completo de la masa.

Respecto a la salinidad, pH y turbidez para la masa de agua no hay aspectos importantes que destacar, manteniéndose todas las muestras y en todas las campañas en los valores habituales en este tipo de masas de agua.

Para los indicadores fisicoquímicos (nutrientes) esta masa de agua costera cumple el estado en base a los criterios marcados en el Real Decreto 817/2015 (Tabla 5).

Masa	Promedios $\mu\text{mol x/L}$				Estado masa de agua según nutrientes
	Amonio	Nitrito	Nitrato	PSR	
C017	0.42 Bueno	0.08 Bueno	2.99 Bueno	0.05 Bueno	Bueno
DMA	4.60	0.92	7.3	0.76	Bueno/Moderado

Tabla 5. Resultado de los indicadores fisicoquímicos para C017.

Para el indicador biológico fitoplancton (Tabla 6), la masa C017 ha incumplido en todas las anualidades históricas, y a pesar de haber mejorado bastante el Percentil 90 (P90), sigue incumpliendo para los últimos 5 años en los que se poseen datos (2012, 2014, 2016, 2018 y 2020). El P90 de clorofila, calculado para estas 5 anualidades, arroja un valor de 3.92  $\mu\text{g/L}$ , situándose ligeramente por encima del límite Bueno/Moderado (3.6  $\mu\text{g/L}$ ). En función de estos resultados, podemos decir que la única problemática encontrada en esta masa de agua costera es la clorofila, cuyo estado es Moderado.

Masa	Fitoplancton
C017	Moderado

Tabla 6. Resultado del indicador fitoplancton para C017

Si observamos los resultados de las tres estaciones de muestreo para los últimos 5 años en los que se poseen datos (2012, 2014, 2016, 2018 y 2020), se puede comprobar que la problemática ya es casi exclusiva de una única estación de muestreo, la DP115, que es la que tiene un estado Moderado (Figura 8). De hecho, la estación DP115 está ubicada en una de las calas de Santa Pola Este (Figura 9), cuya morfología puede ser razón suficiente para su incumplimiento.

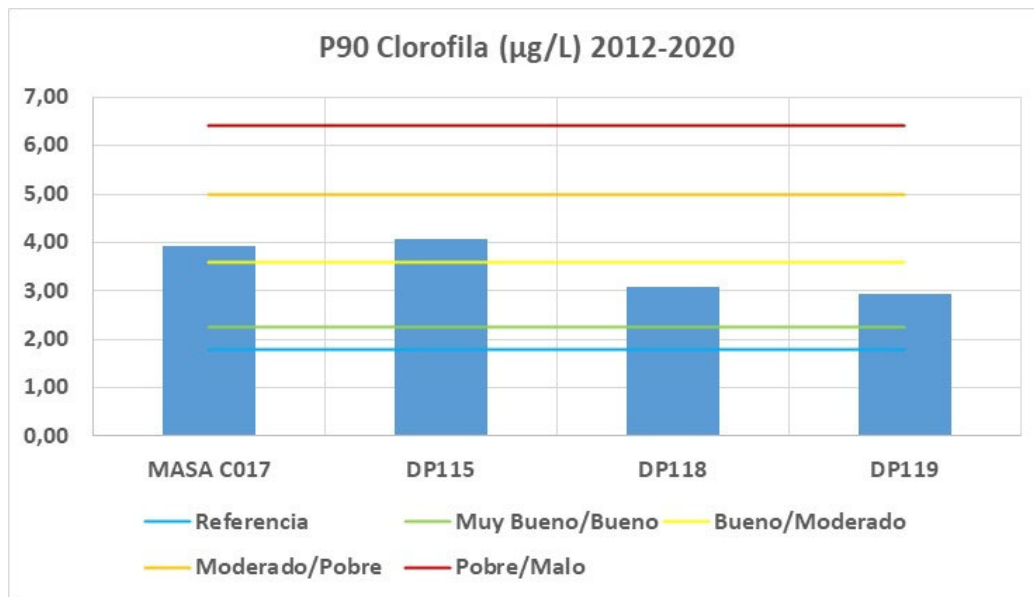


Figura 8. Percentil 90 de clorofila en las estaciones de la masa C017, 2012-2020.



Figura 9. Ubicación de la estación DP115.

La estación DP118 está ubicada cerca de las Salinas de Santa Pola y al sur de esta estación existe una Gola y la desembocadura del río Vinalopó que podrían llegar a influir en su calidad.

La muestra “Gola” suele poseer menor temperatura que el resto de las estaciones y una salinidad entre 50 y 70 g/kg, lo cual puede dar indicación del origen de dicha agua. Es de resaltar los elevados valores de clorofila que se han encontrado en esta muestra, oscilando entre 4  $\mu\text{g/L}$  y 14  $\mu\text{g/L}$ . En el Anexo fotográfico puede observarse la “calidad” de estas aguas (Fotos 9-13).

Las muestras recogidas en la desembocadura del río Vinalopó muestran también diferencias claras con las estaciones de playas, como además se puede observar en las imágenes 14-16 del anexo fotográfico. Poseen una salinidad entre 7 y 13 g/Kg, indicativo de una alta influencia fluvial, un pH de 8.06-8.08 y muy elevadas concentraciones de clorofila, oscilando entre 58 y 72  $\mu\text{g/L}$ .

Así, si estas aguas (de la Gola y/o del Vinalopó) alcanzan las zonas de playas, estarían aportando gran cantidad de nutrientes que rápidamente serían aprovechados por la comunidad fitoplanctónica. Este rápido consumo de nutrientes provoca que se detecten altos valores de clorofila, pero no de nutrientes.

En la Figura 10 se muestra el percentil 90 de clorofila anual, el acumulado en todas las anualidades y el de los últimos 5 años. Se observa que la masa está en el límite del estado Bueno/Moderado teniendo en cuenta el P90 de las últimas 5 anualidades de datos ( $p90=3.92$ ) (punto rojo en la Figura 10).

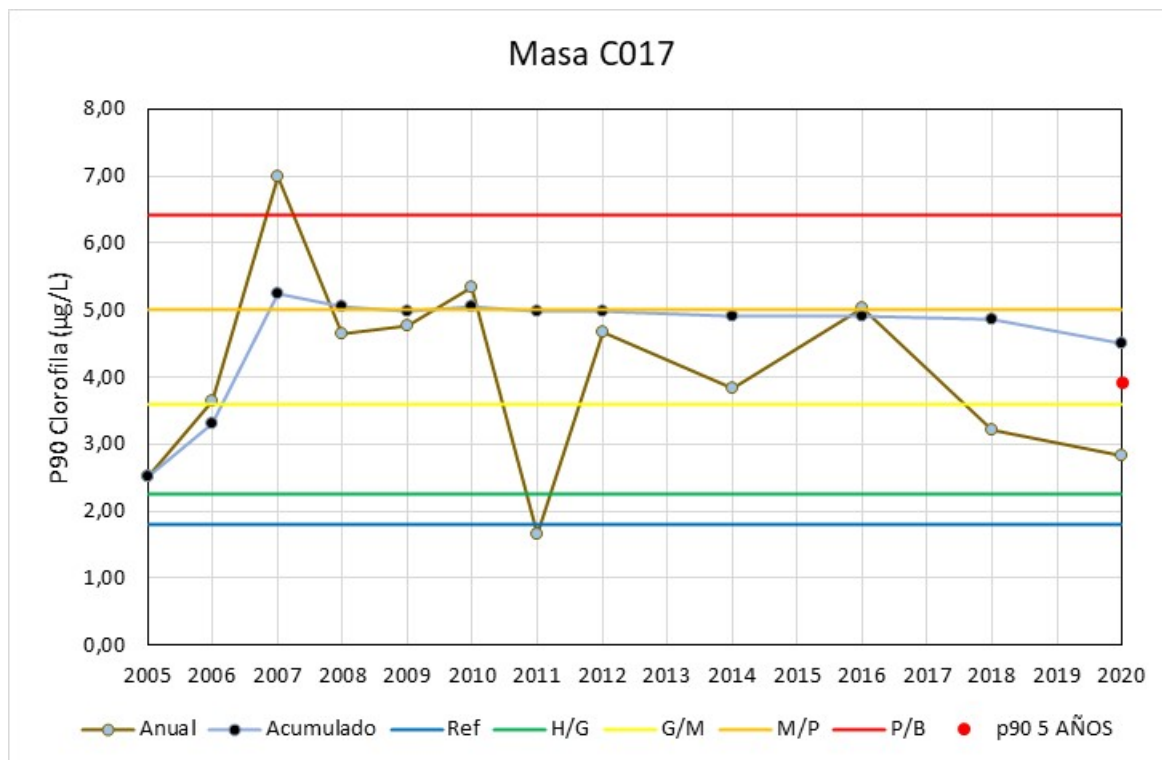


Figura 10. Percentil 90 de clorofila en la masa C017, 2005-2020.

Se observa en la gráfica anterior, que el P90 de clorofila anual (línea marrón) va descendiendo año tras año, lo que parece mostrar que se está actuando correctamente

en la masa, y que paulatinamente en años venideros la calidad de agua puede llegar a cumplir.

### 3.3.- Validación de hipótesis

Como se ha comentado anteriormente, además de las muestras de la masa C017, también se recogieron muestras de agua en estaciones de las masas colindantes, C018, C016 y C0161. Se muestra en la Tabla 7 los promedios de clorofila en esas estaciones:

Masa	Adicionales	Estación	Nombre	Clorofila 2020
C0161		DP109	Playa al sur del Puerto Alicante	5.23
C0161		DP183	Sur cala dels Borratxos, Alicante	0.50
C016	*	DP113A	1.5 km al norte del punto DP113	3.32
C016		DP113	Playa del Saladar, Alicante	2.62
C017		DP115	Playa del Varador, Santa Pola	80.13**
C017	*	DP115A	Escollera derecha Playa del Varador, Santa Pola	1.53
C017		DP118	Playa Braç del Port, Santa Pola	1.18
C017	*	Gola	La Goleta	10.16
C017	*	Vinalopó	Desembocadura del río Vinalopó	72.22
C017		DP119	Playa del Pinet, Elche	1.52
C018		DP120	Playa els Tossals, Guardamar del Segura	2.82
C018	*	Segura	Desembocadura del río Segura	6.50

Tabla 7. Promedios de clorofila ( $\mu\text{g/L}$ ) en 2020.

La estación DP115 posee un elevado valor de clorofila, debido a la existencia habitual de abundantes restos vegetales, lo que provoca esos altísimos valores ( $80 \mu\text{g/L}$ ), que no se han tenido en cuenta en los cálculos anteriores. Estos restos se pueden observar en la Foto 6. Por ello se recoge muestra de agua en la escollera de la misma zona cercana a DP115, denominada DP115A.

Haciendo uso de los resultados obtenidos en las seis simulaciones del modelo de dispersión de contaminantes MOHID Water, se realiza una estimación de los puntos de vertido que con mayor probabilidad afectarán al estado ecológico de la estación DP115 en la masa de agua C017 en el supuesto de emitir un exceso de partículas contaminantes en el medio marino, realizando por tanto un proceso de validación y descarte de las hipótesis formuladas anteriormente:

- **HIPÓTESIS 1.** Las partículas contaminantes proceden del punto de vertido 1. Desembocadura del **Segura**, que agrupa la fuente natural del **Río Segura y el vertido autorizado del Ayuntamiento de Guardamar del Segura**. Se descarta la Hipótesis 1 ya que, en base a las simulaciones realizadas, las partículas emitidas desde el Punto de Vertido 1 se desplazan en dirección Sur, por lo que no llegan a alcanzar las estaciones de medición de la masa de agua



C017. Por tanto, resulta poco probable que la fuente de contaminación que afecta a las estaciones de la masa de agua C017 proceda del Punto de Vertido 1. Sin embargo, este aporte debería tenerse presente para la masa C018.

- HIPÓTESIS 2. Las partículas contaminantes proceden del punto de vertido 2. Desembocadura del **Vinalopó**, que agrupa la **fuente natural del Río Vinalopó y el drenaje de las Salinas de Santa Pola**. Se podría, en principio, descartar la Hipótesis 2 ya que, en base a las simulaciones realizadas, las partículas emitidas desde el Punto de Vertido 2 se desplazan en dirección Sur. El Punto de Vertido 2 se ubica muy cercano a la estación DP118 y la trayectoria de las partículas emitidas desde este punto alcanza la estación DP119. No obstante, la problemática principal de la masa C017 se centra en la estación DP115, en la que se registran mayores niveles de contaminación en comparación con las estaciones DP118 y DP119. Por tanto, en base a las simulaciones realizadas resulta poco probable que la fuente de contaminación que afecta a la estación DP115 proceda del Punto de Vertido 2. Sin embargo, habría que vigilar estos aportes, pues sí pueden estar afectando a las otras dos estaciones DP118 y DP119.
- HIPÓTESIS 3. Las partículas contaminantes proceden del punto de vertido 3. **Santa Pola**, que hace referencia a la posible existencia de **vertidos difusos** a lo largo de la franja litoral. Se podría descartar la Hipótesis 3 ya que, en base a las simulaciones realizadas, las partículas emitidas desde el Punto de Vertido 3 se desplazan en dirección Suroeste. Este punto de vertido se ubica muy cercano a la estación DP115, pero la trayectoria que siguen las partículas emitidas desde esta localización de vertido se alejan de la ubicación de la estación DP115, por lo que resulta poco probable que la fuente de contaminación que afecta a la estación DP115 proceda del Punto de Vertido 3.
- HIPÓTESIS 4. Las partículas contaminantes proceden del punto de vertido 4. **Puerto de Alicante**, que agrupa la fuente natural del **Barranco de las Ovejas** y el vertido de la **EDAR Rincón de León**. Se valida la Hipótesis 4 ya que, en base a las simulaciones realizadas, las partículas emitidas desde esta localización de vertido alcanzan la estación DP115 de la masa de agua costera C017. Por tanto y en base a los resultados de las simulaciones, resulta probable que, en caso de emitirse un gran aporte de nutrientes desde alguna de las fuentes que agrupa este punto de vertido, éstos sean asimilados por la comunidad fitoplanctónica que por la dinámica litoral propia de la zona tiende a alcanzar la estación de medición DP115.
- HIPÓTESIS 5. Las partículas contaminantes proceden del punto de vertido 5. **Emisario Alacantí**, que hace referencia al vertido autorizado de la Mancomunitat de l'Alacantí procedente del emisario submarino de la **EDAR Monte Orgegia**. Se valida la Hipótesis 5, ya que, aunque en las simulaciones realizadas la emisión de partículas contaminantes desde el Punto de Vertido 5

no alcanza la estación DP115, en base a las corrientes modeladas se puede estimar que en un periodo de simulación mayor (en torno a los 30 días), las partículas emitidas desde este punto también alcanzarían la estación DP115. Por tanto, resulta probable que, en caso de emitirse un gran aporte de nutrientes desde el Punto de Vertido 5, éstos sean asimilados por la comunidad fitoplanctónica que por la dinámica litoral propia de la zona tiende a alcanzar la estación de medición DP115.

## 3.4.- Propuesta de medidas de gestión

---

Finalmente, en base a todo el estudio realizado y una vez determinadas las fuentes potenciales de contaminación, se propone una serie de medidas de gestión para tratar de mejorar la problemática existente.

MEDIDA DE GESTIÓN 1. Se propone estudiar con más detalle y con datos históricos (si se poseen) las salidas de agua en la Gola y en el Vinalopó, pues pueden estar afectando en algunos momentos del año a las estaciones DP118 y DP119.

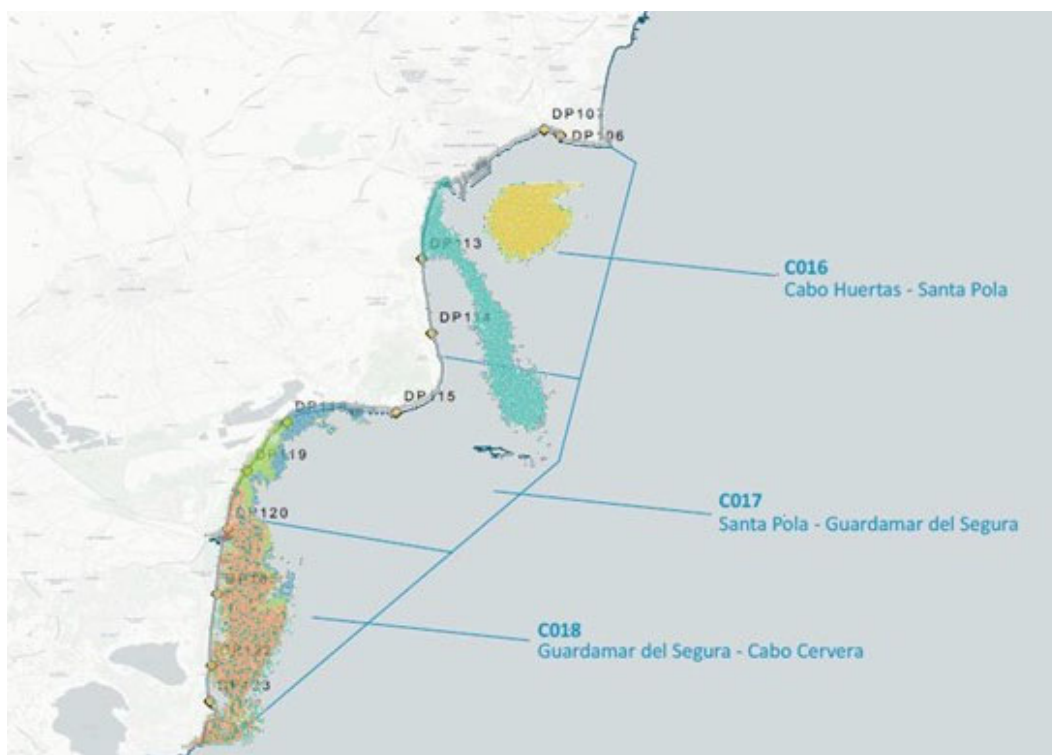
MEDIDA DE GESTIÓN 2. Se propone realizar un estudio completo de los vertidos del Barranco de las Ovejas, del emisario submarino EDAR Rincón de León y del emisario submarino de la EDAR Monte Orgegia. Los resultados obtenidos por este estudio muestran que las fuentes potenciales de contaminación que afectan a la zona de estudio se ubican en los Puntos de Vertido 4 y 5.

Se propone, por tanto, un estudio detallado de las características de vertido para las tres fuentes mencionadas con el fin de identificar posibles concentraciones de contaminantes que influyan en la problemática estudiada.

También se propone un estudio del régimen de vertido para los emisarios de las dos depuradoras y un estudio del caudal en la desembocadura del Barranco de las Ovejas con el fin de obtener mayor información de estos vertidos y avanzar en el estudio y modelado de dinámica litoral de la zona en caso de ser necesario.

MEDIDA DE GESTIÓN 3. Se propone incluir nuevas estaciones de muestreo, no para la determinación del estado de la masa, sino con el objetivo de una mejor comprobación de las hipótesis planteadas. Las simulaciones realizadas con el modelo de dispersión de contaminantes muestran que el desplazamiento de las partículas emitidas desde el Punto de Vertido 4 sigue una trayectoria cercana a la costa en los primeros metros, hasta llegar a un punto donde esta trayectoria se aleja de la línea de costa ubicándose unos metros mar adentro.

Se identifica que la estación de muestreo DP113 se ubica en el lugar en el que se produce el cambio de trayectoria de las partículas emitidas desde el Punto de Vertido 4, mientras que la estación DP114 se ubica alejada de la trayectoria de estas partículas. Un ejemplo de ello se muestra en la Figura 11, donde una de las simulaciones realizadas se ha superpuesto sobre el plano de ubicación de las estaciones de muestreo.



*Figura 11. Composición del resultado del modelo de dispersión de contaminantes sobre el plano de estaciones de muestreo. Simulación 3. 07/2014 – 15 días en su instante final (23/07/2014 12:00h).*

Puesto que todas las situaciones modeladas muestran este fenómeno de cambio de trayectoria de las partículas en el mismo punto, en el supuesto de que la contaminación fuese emitida desde la localización del Punto de Vertido 4, las estaciones DP113 y DP114 podrían no estar detectando esta problemática existente, la cual también afectaría a la masa de agua C016.

Esto se ha podido corroborar al recoger muestra de agua a 1.5 km hacia el Norte de DP113, manteniendo la posición sobre la línea de costa (también podría haberse comprobado recogiendo otra muestra de agua a 4 km en dirección Este mar adentro a la altura de la DP114). En este caso, la muestra denominada DP113A, situada a 1.5 km al norte del punto DP113 posee un promedio de clorofila de 3.32  $\mu\text{g/L}$ , mientras que la DP113 sólo posee 2.62  $\mu\text{g/L}$ , lo que corrobora esta hipótesis.

**MEDIDA DE GESTIÓN 4.** Se propone la realización de campañas de muestreo adicionales con el fin de obtener una serie temporal más extensa y poder obtener conclusiones fundamentadas mediante el análisis de datos. También se propone realizar un número de campañas de muestreo en días previos y posteriores a temporales significativos, con el fin de identificar la posible influencia de fenómenos extremos en la concentración de contaminantes en la zona estudiada.

Cabe destacar que la propuesta de medidas de gestión realizada podría ser complementada con un mayor número de simulaciones en el modelo de dispersión de contaminantes realizado para este estudio. En líneas generales, se propone realizar simulaciones de un periodo de simulación mayor (en torno a 30 días) y en condiciones de clima marítimo diferentes a las simuladas. De esta manera se obtendría una mejor

compresión de la trayectoria de las partículas emitidas por las fuentes potenciales de contaminación.

## 4.- Conclusiones

---

La masa de agua costera C017 cumple los requerimientos de la DMA respecto a los indicadores fisicoquímicos, como así ha sido siempre. Sin embargo, respecto al indicador fitoplancton (clorofila), esta masa sigue incumpliendo, con un estado Moderado. Sí que es cierto que se ha ido observando una mejoría respecto a los años anteriores, estando ya muy cercano al límite del cumplimiento.

No se aprecia un comportamiento estacional del indicador clorofila en base al registro de los datos de calidad de agua obtenidos de las campañas de muestreo. Así que queda claro que la disponibilidad de luz solar no es un factor limitante para la producción de fitoplancton, lo que lleva a posicionar como factor limitante para el desarrollo de estos organismos la disponibilidad de nutrientes en la zona de estudio.

Sin embargo, una vez caracterizada la zona e identificados los posibles vertidos, no es posible descartar a priori con una elevada seguridad ninguna de las hipótesis establecidas, en base a datos objetivos. Por ello se ha elaborado un modelo de dispersión de contaminantes de gran extensión.

En base a los resultados del cálculo analítico del transporte de partículas, se aprecia que la masa C017 posee dos probables causas de incumplimiento, una afectando a la estación DP115 y la otra afectando a las estaciones DP118 y DP119.

Las estaciones DP118 y DP119 pueden estar viéndose afectadas por las salidas de agua en la Goleta y en el Vinalopó. Por ello se propone estudiar con más detalle y con datos históricos (si se poseen) ambas salidas de agua y su influencia en ambas estaciones.

Respecto a la estación DP115, la causa de incumplimiento parece doble. En primer lugar la morfología de la zona, pues DP115 está ubicada en una zona con un tiempo de residencia elevado, lo que queda también demostrado por la alta cantidad de macroalgas y vegetación que se encuentra en esta playa en muchos momentos del año. Por otra parte, parece que las partículas contaminantes proceden, en gran parte, del Noreste de la zona de estudio. Puesto que esta dirección no es una de las predominantes del oleaje, se establece una primera aproximación de la relación entre unas condiciones climáticas determinadas y la existencia de altas concentraciones de fitoplancton en esta estación.

La elaboración del modelo de dispersión de contaminantes se ha realizado mediante la herramienta MOHID Water. Las simulaciones realizadas por el modelo han estado condicionadas por las limitaciones de computación de los equipos físicos empleados. Mediante los resultados de estas simulaciones, se concluye que las fuentes potenciales de aporte de contaminantes se ubican en la zona norte del área de estudio, aunque se identifica que las partículas emitidas desde el punto de vertido 5 necesitarán un periodo mayor que las partículas emitidas desde el punto de vertido 4 para alcanzar las estaciones de muestreo situadas en la masa de agua C017. Por ello se propone realizar un estudio completo de los vertidos del Barranco de las Ovejas, del emisario submarino EDAR Rincón de León y del emisario submarino de la EDAR Monte Orgegia,

pues los resultados obtenidos muestran que las fuentes potenciales de contaminación que afectan a la zona de estudio se ubican en los Puntos de Vertido 4 y 5.

Por tanto, a modo de conclusión general se obtiene que el estudio realizado en relación al análisis de dinámica litoral para la caracterización de la masa de agua costera C017 ha identificado como fuentes potenciales de contaminación las fuentes y vertidos localizados en la zona norte del ámbito de estudio (Barranco de las Ovejas, emisario submarino EDAR Rincón de León y emisario submarino de la EDAR Monte Orgegia) y muy probablemente también la salida de aguas de la Goleta y el Vinalopó. Sin embargo, sería deseable un análisis de datos de series temporales más extensas con el objetivo de confirmar estas hipótesis, y tras ello poder proponer un régimen de vertido, en función de las condiciones marítimas, en las zonas identificadas como fuentes potenciales de aporte de contaminantes. Y no hay que olvidar el análisis del efecto del cambio climático en la casuística estudiada, incluyendo los efectos de las variaciones de los niveles del mar y el incremento de la frecuencia y energía de temporal.

## 5.-Bibliografía

---

- Action Modulers. Keyword List - MOHID. [http://wiki.mohid.com/index.php?title=Keyword\\_list](http://wiki.mohid.com/index.php?title=Keyword_list).
- MOHID Studio - Quick-Start Guide for MOHID Water Implementation - v.2.0. [En línea] [http://wiki.actionmodulers.com/wiki/index.php?title=MOHID\\_Studio\\_-\\_Quick-Start\\_Guide\\_for\\_MOHID\\_Water\\_Implementation\\_-\\_v.2.0](http://wiki.actionmodulers.com/wiki/index.php?title=MOHID_Studio_-_Quick-Start_Guide_for_MOHID_Water_Implementation_-_v.2.0).
- AHSA. 2020. La Comisión Europea inicia una investigación sobre la situación de contaminación crónica por vertidos urbanos residuales e industriales en el espacio marino protegido de la red natura 2000 "LIC y ZEPA de Tabarca". Alicante: Asha.org,
- Barreto, I., Ezzatti, P. y Fossati, M. 2009. Estudio inicial del modelo MOHID. Montevideo (Uruguay): PEDECIBA - Instituto de Computación, Facultad de Ingeniería de la Universidad de la Republica. Reporte Técnico RT 09-10.
- Booij, N., Holthuijsen, L.H. y Ris, R.C. 1996. The "SWAN" Wave Model for Shallow Water. Orlando: Florida (USA).
- Cambroner Arribas, P. 2020. Estudio de dinámica litoral para la caracterización de la masa de agua costera C017 (Santa Pola – Guardamar del Segura): análisis de las posibles fuentes de contaminación por nutrientes y propuesta de medidas de gestión. Trabajo Final de Máster. Máster Universitario en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos. Universitat Politècnica de València.
- Comerma, E. 2004. Modelado numérico de la deriva y envejecimiento de los hidrocarburos vertidos al mar: aplicación operacional en la lucha contra las mareas negras. PhD thesis, UPC.

- Confederación Hidrográfica del Júcar. 2015. Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Júcar.
- Confederación Hidrográfica del Segura. Caudales ecológicos. <https://www.chsegura.es/chs/cuenca/resumenedatosbasicos/caudalesecologicos/>
- Conselleria d'Agricultura, Desenvolupament Rural, Emergència Climàtica i Transició Ecològica. 2016. El Consell ajuda a investigar a tres universitats sobre la aplicació de la Directiva Marco del Agua a las masas de aguas costeras y de transición de la Comunitat. Valencia: Generalitat Valenciana.
- Delft University of Technology. SWAN Implementation Manual. [En línea] [http://swanmodel.sourceforge.net/online\\_doc/swanimp/swanimp.html](http://swanmodel.sourceforge.net/online_doc/swanimp/swanimp.html).
- Dirección General de Sostenibilidad de la Costa y el Mar del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Plan de Ecocartografías del litoral español. <https://www.miteco.gob.es/es/costas/temas/proteccion-costa/ecocartografias/ecocartografia-alicante.aspx>.
- iAgua. 2014. Comienza la recuperación ambiental del río Segura en la ciudad de Murcia. 31 de 03 de 2014. <https://www.iagua.es/noticias/restauracion/14/03/31/comienza-la-recuperacion-ambiental-del-rio-segura-en-la-ciudad-de-murcia-47650>.
- Instituto Geológico y Minero de España - Dirección General del Agua. 2009. Identificación y caracterización de la interrelación que se presenta entre aguas subterráneas, cursos fluviales, descargas por manantiales, zonas húmedas y otros ecosistemas naturales de especial interés hídrico. Madrid: Instituto Geológico y Minero de España - Dirección General del Agua.
- Instituto de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente (IIAMA - UPV). 2018. Informe del contrato menor CNME 18/0303/30 - Campaña de control de parámetros físico-químicos y clorofila en tres masas de agua costeras de la Comunidad Valenciana. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- López Jiménez, A. 2016. El proceso de dispersión de contaminantes en medios receptores - UPV. <https://www.youtube.com/watch?v=d0h2EHyPHBw>
- Martí Insa, C.M. 2010. Tesis Doctoral: Caracterización ecológica y establecimiento de los criterios para determinar el potencial ecológico en las salinas de las Comunidad Valenciana. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- Martínez Guijarro, R. 2009. Tesis doctoral: Determinación de comunidades fitoplanctónicas mediante espectroscopía visible y su relación con los recuentos por microscopía de epifluorescencia. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. 2015. 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. Madrid: Boletín Oficial del Estado.

- Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana. Puertos del Estado. [En línea] [www.puertos.es](http://www.puertos.es). MOHID Forum. <http://forum.mohid.com/>
- Oliva Cañizares, A. 2019. Riesgo de Inundación y gestión del agua pluvial en el Barranco de las Ovejas. Alicante: Universidad de Alicante.
- Parlamento Europeo y Consejo de la Unión europea. 2000. Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de octubre de 2000 por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas. Bruselas: Diario Oficial de las Comunidades Europeas.
- Síndic de Greuges. 2019. Contaminación ambiental. Conducción de vertidos de tierra a mar procedente de la depuradora Rincón de León. Valencia: Registre general de la Comunitat Valenciana. 01950.

## 6.-Equipo de trabajo

---

Coordinadora: Inmaculada Romero Gil

Equipo de trabajo:

Patricia Cambroner Arribas

Jose Alberto González Escrivá

Jorge Molines Llodra

Maria Aguas Vivas Pachés Giner

Remedios Martínez Guijarro

José Serra Peris

Manuel Pulido Velázquez

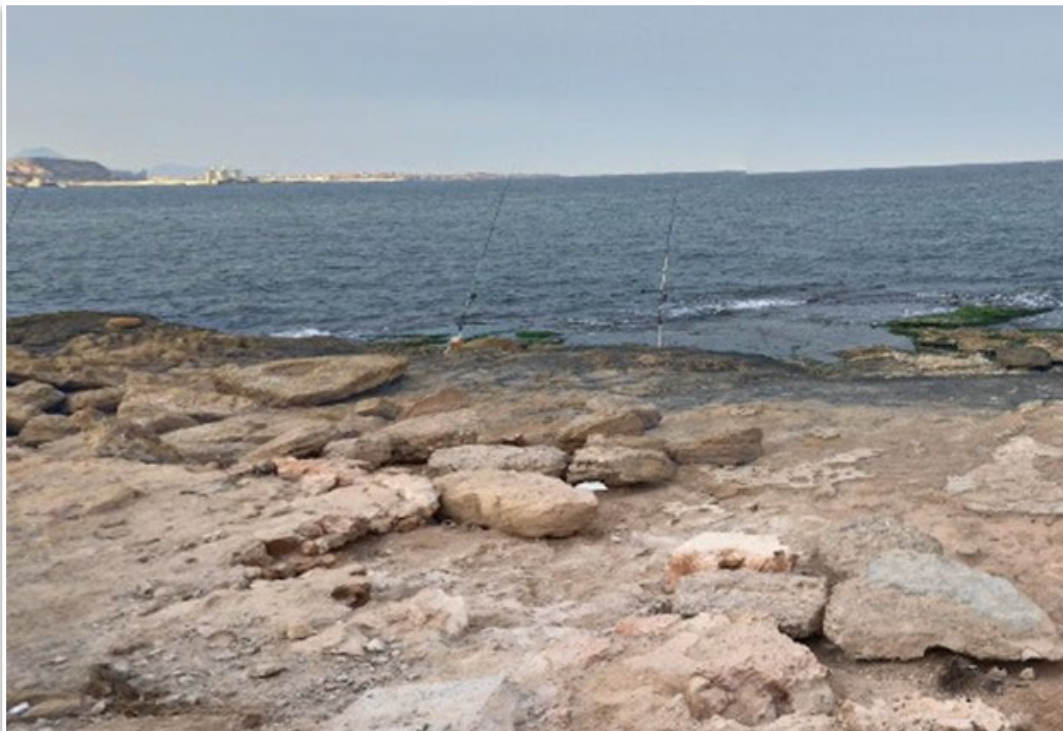
Ramón Barat Baviera

## 7.-Anexo fotogràfic

---



*Foto 1. Punto de muestreo DP109, Playa al sur del Puerto Alicante (Masa C0161)*

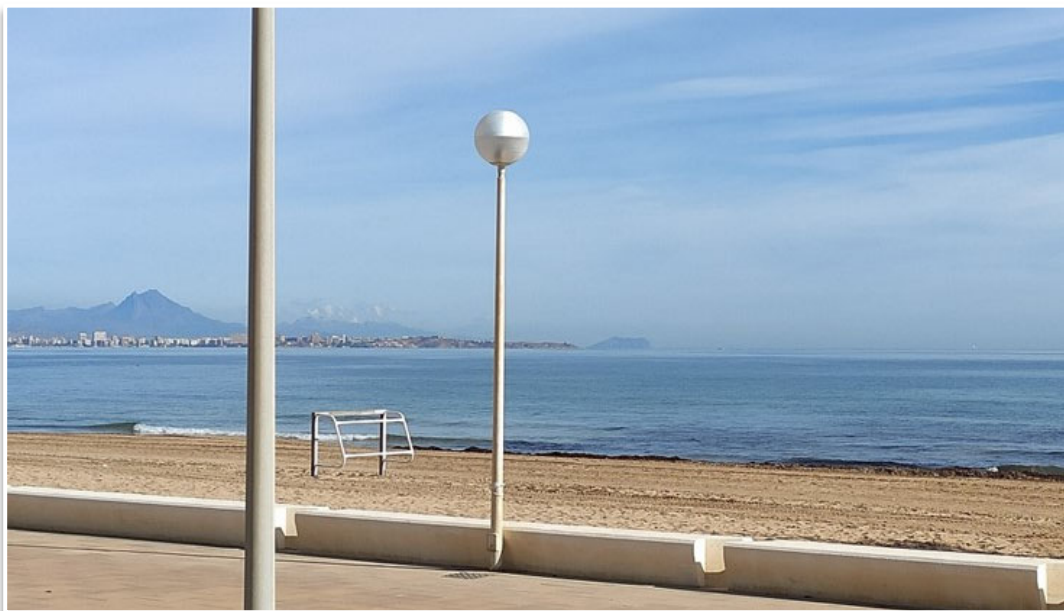


*Foto 2. Punto de muestreo DP183, Sur cala dels Borratxos, Alicante (Masa C0161)*





*Foto 3. Punto de muestreo DP113A, 1.5 km al norte del punto DP113 (Masa C016)*



*Foto 4. Punto de muestreo DP113, Playa del Saladar, Alicante (Masa C016)*



*Foto 5. Punto de muestreo DP115, Playa del Varador, Santa Pola (Masa C017)*



*Foto 6. Punto de muestreo DP115, Playa del Varador, Santa Pola (Masa C017)*



*Foto 7. Punto de muestreo en DP115A, Escollera derecha de la Playa del Varador, Santa Pola (Masa C017)*



*Foto 8. Punto de muestreo DP118, Playa Braç del Port, Santa Pola (Masa C017)*



*Foto 9. Gola, La Goleta (Masa C017)*



*Foto 10. Gola, La Goleta (Masa C017)*



*Foto 11. Gola, La Goleta (Masa C017)*



*Foto 12. Gola, La Goleta (Masa C017)*



*Foto 13. Gola, La Goleta (Masa C017)*



*Foto 14. Desembocadura del Vinalopó (Masa C017)*



*Foto 15. Desembocadura del Vinalopó (Masa C017)*



*Foto 16. Desembocadura del Vinalopó (Masa C017)*



*Foto 17. Vista de la playa desde la Desembocadura del Vinalopó (Masa C017)*



*Foto 18. Punto de muestreo DP119, Playa del Pinet, Elche (Masa C017)*





*Foto 19. Punto de muestreo DP120, Playa els Tossals, Guardamar del Segura (Masa C018)*



*Foto 20. Punto de muestreo en la Desembocadura del Segura (Masa C018)*