

INFORME DEL CONVENI ENTRE LA GENERALITAT
A TRAVES DE LA CONSELLERIA D'AGRICULTURA,
DESENVOLUPAMENT RURAL, EMERGÈNCIA
CLIMÀTICA I TRANSICIÓ ECOLÒGICA I LA
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA PER A
L'EXECUCIÓ EN L'EXERCICI 2021 D'UN PROJECTE
D'INVESTIGACIÓ APLICADA A RECURSOS HÍDRICS
EN LA COMUNITAT VALENCIANA

“Estudi de les afeccions de diverses fonts de
contaminació a l'estat ecològic de la massa d'aigua
costanera C017: Santa Pola-Guardamar del
Segura.”

Desembre 2021

1.- Introducció

La massa d'aigua costanera C017: Santa Pola-Guardamar del Segura, incompleix el seu estat ecològic, amb un estat Moderat en l'indicador fitoplàncton. En l'àmbit dels treballs realitzats per a la Directiva Marc de l'Aigua (DMA) des del 2005, es posseeix una gran quantitat de dades fisicoquímiques i biològiques (nutrients i fitoplàncton) de la massa C017, zona costanera de Santa Pola, i de les masses contigües C016 i C018, i fins i tot de la massa de transició "Salines de Santa Pola" i d'alguns punts d'abocament directes a aquesta massa.

Durant l'any 2020 es va realitzar l'estudi d'aquesta massa d'aigua, on es puc concloure que la massa d'aigua costanera C017 compleix els requeriments de la DMA respecte als indicadors fisicoquímics, com així ha sigut sempre. No obstant això, respecte a l'indicador fitoplàncton (clorofil·la), aquesta massa continua incomplint, amb un estat Moderat. Sí que és cert que s'ha anat observant una millora respecte als anys anteriors, estant ja molt pròxim al límit del compliment.

No s'aprecia un comportament estacional de l'indicador clorofil·la sobre la base del registre de les dades de qualitat d'aigua obtinguts de les campanyes de mostreig realitzades en anys anteriors. Així que queda clar que la disponibilitat de llum solar no és un factor limitant per a la producció del fitoplàncton, la qual cosa porta a posicionar com a factor limitant per al desenvolupament d'aquests organismes la disponibilitat de nutrients en la zona d'estudi.

Sobre la base dels resultats obtinguts en el 2020, s'aprecia que la massa C017 posseeix dues probables causes d'incompliment, una afectant l'estació DP115 i l'altra afectant les estacions DP118 i DP119. No obstant això, una vegada caracteritzada la zona i identificats els possibles abocaments, no va ser possible descartar a priori amb una elevada seguretat cap de les hipòtesis establides, sobre la base de dades objectives.

Respecte a l'estació DP115, la causa d'incompliment sembla doble. En primer lloc, la morfologia de la zona, perquè la DP115 està situada en una zona amb un temps de residència elevat, la qual cosa queda també demostrat per l'alta quantitat de macroalgues i vegetació que es troba en aquesta platja en molts moments de l'any. D'altra banda, sembla que les partícules contaminants procedeixen, en gran part, del Nord-est de la zona d'estudi. Com que aquesta direcció no és una de les predominants de l'onatge, pot existir una relació entre unes condicions climàtiques determinades i l'existència d'altres concentracions de fitoplàncton en aquesta estació.

Per tot això es planteja realitzar un estudi complet dels possibles abocaments (Barranco de les Ovelles, emissari submarí EDAR Rincón de Lleó i emissari submarí de la EDAR Muntanya Orgegia), perquè els resultats obtinguts mostren que les fonts potencials de contaminació que afecten la zona d'estudi se situen en la rodalia d'aquests punts. Amb dades de sèries temporals més extenses, s'estudien les fonts i abocaments localitzats en aquesta zona nord de l'àmbit d'estudi i també en l'eixida d'aigües de la Goleta i el Vinalopó.

La metodologia a seguir en l'estudi serà l'establida en el Reial decret 817/2015, de l'11 de setembre, pel qual s'estableixen els criteris de seguiment i avaluació de l'estat de les aigües superficials i les normes de qualitat ambiental.

Per a la massa C017, definida com a AC-T06 Aigües costaneres mediterrànies no influenciades per aportacions fluvials, succintes mixtes, el Reial decret 817/2015 marca com a indicadors aplicables els mostrats en la taula 1.

Element	Indicador	Acrònim
Fitoplàncton	P90 de concentració de clorofil·la-a ($\mu\text{g/L}$)	Chl-a
Condicions generals: Nutrients	Amoni ($\mu\text{mol NH}_4/\text{L}$)	Amoni
	Nitrits ($\mu\text{mol NO}_2/\text{L}$)	Nitrits
	Nitrats ($\mu\text{mol NO}_3/\text{L}$)	Nitrats
	Fosfats ($\mu\text{mol PO}_4/\text{L}$)	Fosfats
	Índex Fosfats-Amonis-Nitrits	FAN

Taula 1. Indicadors per a masses costaneres AC-T06.

Els criteris marcats per a aquest tipus són els definits en la Taula 2, per a camp pròxim.

	Referència	Molt bo/ Bé	Bé/ Moderat	Moderat/ Pobre	Pobre/ Dolent
P90 Clorofil·la a ($\mu\text{g/L}$)	1.8	2.26	3.60	5.00	6.42
Faig una mitjana d'Amoni ($\mu\text{mol NH}_4/\text{L}$)			4.60		
Faig una mitjana de Nitrit ($\mu\text{mol NO}_2/\text{L}$)			0.92		
Faig una mitjana de Nitrat ($\mu\text{mol NO}_3/\text{L}$)			7.3		
Faig una mitjana de Fosfat ($\mu\text{mol PO}_4/\text{L}$)			0.76		

Taula 2. Límits per a indicadors de masses costaneres AC-T06.

Aquesta massa d'aigües costanera s'ha controlat per part del IIAMA de la Universitat Politècnica de València, a requeriment de la Direcció General de l'Aigua de la GVA, des del 2005, per a diferents indicadors, per la qual cosa es posseeix una gran base de dades històriques de les estacions de mostreig definides

S'ha recopilat a més dades històriques que la Generalitat Valenciana posseeix de qualitat de les aigües abocades i cabals d'emissari submarí i EDAR Rincón de Lleó i d'emissari submarí i EDAR Muntanya Orgegia. Aquestes dades, junts amb les dades històriques de les masses d'aigües costaneres que el IIAMA posseeix, permeten estudiar i modelar les afeccions de les fonts potencials de contaminació. Amb els resultats que s'obtinguen es podrien indicar els punts influents en la qualitat de la zona costanera i definir possibles mesures gestió com: proposar un règim d'abocament (en

funció de les condicions marítimes) en les zones identificades com a fonts potencials d'aportació de contaminants i/o plantejar possibles mesures de millors de la qualitat de l'aigua en aquests punts d'abocament.

Per tot això els **objectius** d'aquest conveni són:

- l'estudi de la dinàmica litoral de la massa d'aigua costanera C017
- l'estudi de les fonts de contaminació tant terrestres com marines de la massa d'aigua
- l'estudi de l'estat ecològic de la massa d'aigua per als indicadors fisicoquímics (nutrients) i per a l'indicador biològic fitoplàncton

amb l'objectiu final de relacionar els tres aspectes anteriors, definir la problemàtica concreta de la zona i plantejar mesures de gestió per al compliment de la DMA.

Per a això es tindran en compte les dades fisicoquímiques i biològiques (nutrients i fitoplàncton) de la massa C017 (Santa Pola – Guardamar del Segura), i de les masses contigües C016 (Cap Hortes – Santa Pola), C0161 (Port d'Alacant) i C018 (Guardamar del Segura – Cap Cervera) i d'alguns punts d'abocament directes a aquesta massa.

2.- Zona d'estudi

La massa d'aigua costanera C017 es porta controlant per part del IIAMA de la Universitat Politècnica de València, a requeriment de la Direcció General de l'Aigua de la GVA, des del 2005, per a diferents indicadors, per la qual cosa es posseeix una gran base de dades històrics (Figura 1). Els punts de mostreig són els definits en les Figures 2, 3, 4 i 5 i en la Taula 3.

Massa		Estació	Nom
ES080MSPFC0161		DP109	Platja al sud del Port Alacant
ES080MSPFC0161		DP183	Sud cala dels Borratxos, Alacant
ES080MSPFC016	*	DP113A	1.5 km al nord del punt DP113
ES080MSPFC016		DP113	Platja del Saladar, Alacant
ES080MSPFC017		DP115	Platja del Varador, Santa Pola
ES080MSPFC017	*	DP115A	Escullera drete de la Platja del Varador, Santa Pola
ES080MSPFC017		DP118	Platja Braç del Port, Santa Pola
ES080MSPFC017	*	Gola	La Goleta
ES080MSPFC017	*	Vinalopó	Desembocadura del riu Vinalopó
ES080MSPFC017		DP119	Platja del Pinet, Elx
ES070MSPFC018		DP120	Platja els Tossals, Guardamar del Segura
ES070MSPFC018	*	Segura	Desembocadura del riu Segura

Taula 3. Estacions estudiades en les masses d'aigua costaneres per a la determinació de paràmetres biològics i fisicoquímics, de nord a sud.

Els punts marcats en la Taula 3, amb * són punts que, no estant definits en la xarxa de mostreig, han sigut també triats per a un millor estudi de la massa C017.

- La mostra DP113A es recull a 1.5 km al nord de la DP113, perquè així es recomana en funció de l'estudi de la dinàmica litoral realitzat.
- La mostra DP115A es recull des de l'escullera dreta de la platja del Varador (Santa Pola), a causa de la qual les mostres recollides en la DP115 sempre es troben amb una alta quantitat de macroalgues, i per tant no proporcionen dades fiables de clorofil·la.
- La mostra Gola es recull a l'interior de la gola situada al sud de la DP118.
- La mostra Vinalopó es recull en la desembocadura del riu Vinalopó.
- La mostra Segura es recull en la desembocadura del riu Segura.

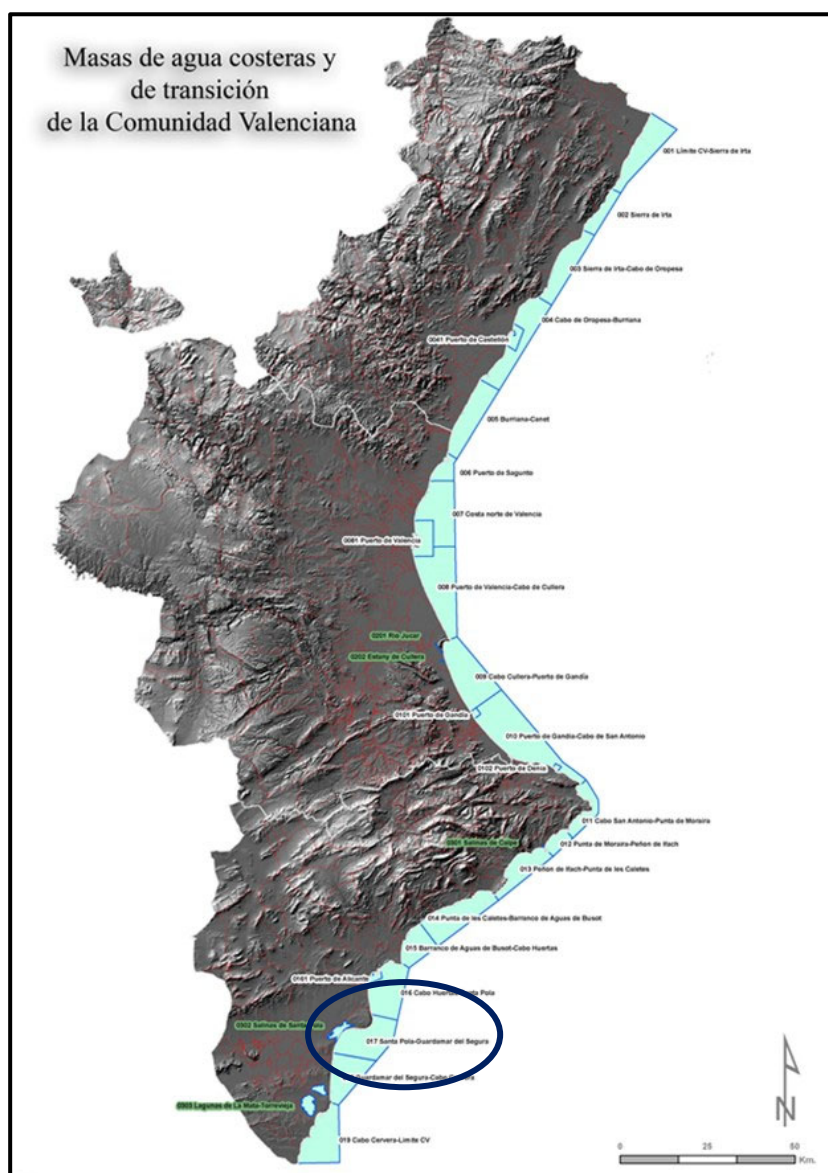


Figura 1. Distribució de les masses d'aigua costaneres naturals i molt modificades per la presència de ports de la Comunitat Valenciana.



Figura 2. Distribució de punts de mostreig de les masses C016 i C0161.



Figura 3. Distribució de punts de mostreig de la massa C017.

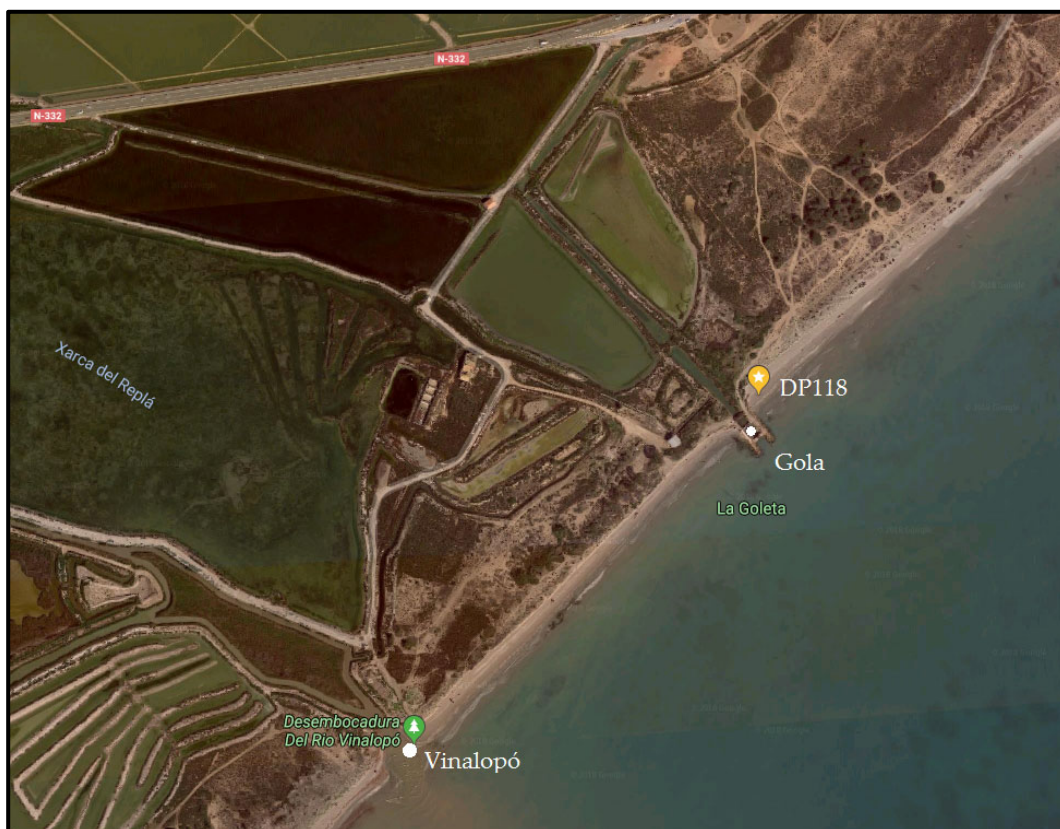


Figura 4. Detall dels punts de mostreig addicionals de la massa C017, Gola i Vinalopó.



Figura 5. Distribució dels punts de mostreig de la massa C018.

3.- Metodologia

Per a aconseguir els objectius previstos, es realitza una caracterització completa de la zona d'estudi, identificant les fonts potencials d'aportació de contaminants que afecten la zona i el clima marítim propi de l'àrea, per a poder estudiar correctament la dinàmica litoral.

De la mateixa manera s'estudia la qualitat de les aigües de la massa costanera, sobre la base de les dades històriques que es posseeixen de la zona i a les dades proporcionades per la GVA de Rincón de Lleó i Muntanya Orgegia.

4.-Caracterització de la zona

La massa d'aigua costanera C017 Santa Pola - Guardamar del Segura se situa en el litoral de la província d'Alacant, entre la zona nord del cap de Santa Pola i el nord del litoral del municipi de Guardamar del Segura. Es tracta d'una zona de 148 Km² de superfície de massa d'aigua costanera distribuïts al llarg de prop de 20 km de litoral continental.

Dels resultats obtinguts en l'anualitat anterior (Cambronero, 2020; Romero et al, 2020) queda patent que els "abocaments" que es consideren de rellevància per a l'estudi de les possibles fonts de contaminació de la massa d'aigua costanera C017 són tant eixides naturals de llits, com a abocaments puntuals.

En aquest cas concret les fonts potencials de contaminació que afecten la zona d'estudi se situen en la rodalia de:

1. Barranco de les Ovelles
2. Emissari submarí EDAR Rincón de Lleó
3. Emissari submarí EDAR Muntanya Orgegia
4. Eixida d'aigües de la Goleta (al sud de les Salinas de Santa Pola)
5. Vinalopó

Les simulacions realitzades amb model de dispersió de contaminants mostren com el desplaçament de les partícules emeses segueix una trajectòria pròxima a la costa en els primers metres, fins a arribar a un punt on aquesta trajectòria s'allunya de la línia de costa situant-se uns metres mar endins.

S'identifica que l'estació de mostreig DP113 se situa en el lloc que es produeix el canvi de trajectòria de les partícules emeses des d'un dels punts d'abocament. L'estació DP114 se situa allunyada de la trajectòria d'aquestes partícules. Un exemple d'això es mostra en la Figura 6, que inclou una de les simulacions realitzades superposada sobre el pla d'ubicació de les estacions de mostreig.

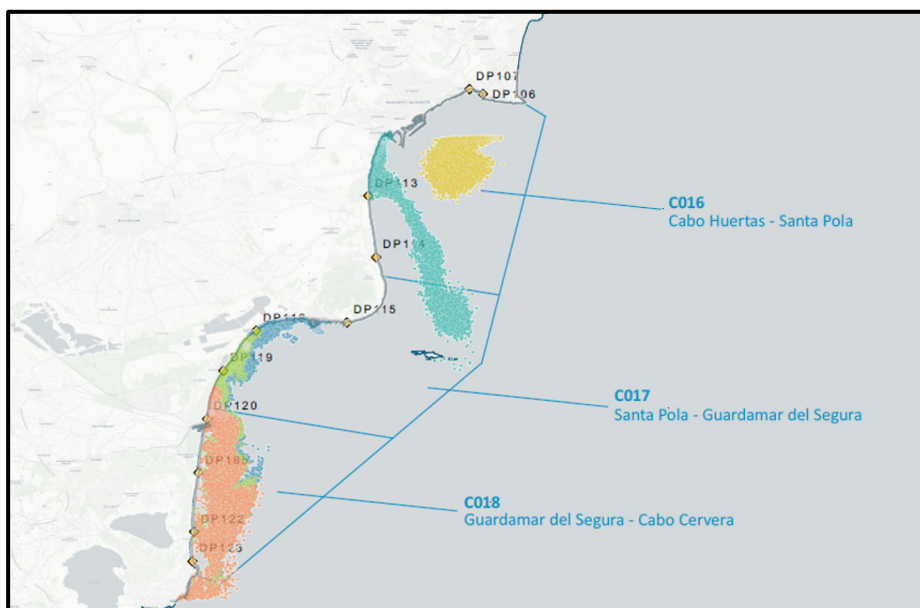


Figura 61. Composició del resultat del model de dispersió de contaminants sobre el pla d'estacions de mostreig. Simulació 3. 07/2014 – 15 dies en el seu instant final (23/07/2014 12:00h). (Romero et al, 2020)

Les simulacions numèriques de la dispersió de partícules al mig marí efectuades en l'estudi previ (Romero et al, 2020) van ser dutes a terme amb l'eina MOHID Studio (model MOHID Water amb interfície gràfica distribuït sota llicència per ActionModulers). Actualment, aquesta eina ha sigut reemplaçada per OpenFlows FLOOD, podent condicionar les noves modelitzacions. Una alternativa que es proposa considerar és l'eina Delft3D. En el present estudi s'ha contactat amb la distribuïdora de programari d'enginyeria d'infraestructures desenvolupadora de Openflows FLOOD Bentley Systems per a sol·licitar llicència GPL per a utilització d'aquest programari, sense resultat de moment. També s'ha instal·lat i iniciat les tasques de preparació de models amb el programari Delft3D versió 3.28.50.01 (Open Source) de DELTARES. No obstant això, en el moment de redacció del present informe encara no es disposa d'un model útil per a la simulació de dispersió de partícules amb cap dels dos models.

Per a la consecució dels objectius proposats, es proposa realitzar les següents accions:

1. Caracterització de la zona d'estudi: mitjançant una anàlisi física i ambiental de l'àmbit d'estudi, localitzat en la massa d'aigua costanera objecte d'anàlisi en el mitjà i definint l'extensió de l'àrea d'estudi, les fonts d'aigua naturals que tenen la seua desembocadura situada en l'àmbit d'estudi i els principals abocaments des de terra a la mar.
2. Estudi del clima marítim de la zona i propagació de l'onatge: s'analitzen els nivells de la mar mitjançant la definició del règim de mareas de la zona i el règim d'onatge a través de l'estudi dels paràmetres representatius de l'onatge: altura d'ona significant, període pique i direcció predominant d'onatge. A partir de les condicions de clima marítim establides, s'ha propagat l'onatge fins a les proximitats del Port d'Alacant, on se situen els potencials punts d'abocament a estudiar identificats en l'estudi de l'anualitat anterior.

3. Estudi de la dinàmica litoral: es defineix la dinàmica pròpia de la zona deguda a l'actuació sobre el mitjà dels diversos agents climàtics, principalment l'onatge, les mareas, els corrents i el vent.
4. Càlcul analític del transport de contaminants: una vegada establits tots els apartats anteriors, s'estableixen els principis físics per al transport de partícules en el medi marí i es realitza el càlcul aproximat del desplaçament de les partícules aplicant la Teoria de la Deriva de Stokes.
5. Model de dispersió de contaminants: es realitza el modelatge del sistema de corrents i del transport de contaminants en la zona d'estudi mitjançant l'eina de càlcul numèric OpenFlows FLOOD o Delft3D, per a avaluar la trajectòria de les partícules procedents de les diferents fonts de contaminants pròximes a la zona d'estudi.

Caracterització de la zona d'estudi

La caracterització completa de la zona d'estudi defineix l'extensió de la zona d'estudi sobre la base de l'anàlisi física i ambiental, incloent la identificació dels principals abocaments a la mar associats.

La massa d'aigua costanera C017 Santa Pola - Guardamar del Segura se situa en el litoral de la província d'Alacant, entre la zona nord del cap de Santa Pola i el nord del litoral del municipi de Guardamar del Segura. Es tracta d'una zona de 148 Km² de superfície de massa d'aigua costanera distribuïts al llarg de prop de 20 km de litoral continental.

Els "abocaments" que es consideren de rellevància per a l'estudi de les possibles fonts de contaminació de la massa d'aigua costanera C017 són tant eixides naturals de llits, com a abocaments puntuals. S'han considerat, realitzant una agrupació d'algunes d'aquestes fonts i abocaments segons la proximitat de la seua ubicació, cinc localitzacions d'abocament en la zona d'estudi.

Aquests 5 punts d'abocaments es mostren en la figura 7:

1. Desembocadura del Segura: Desembocadura i Front Litoral del Segura i Abocat "Ajuntament de Guardamar del Segura" (tancs de preengreixament de piscifactories)
2. Desembocadura del Vinalopó: Desembocadura del Riu Vinalopó i Salinas de Santa Pola
3. Santa Pola: Abocaments difusos a Santa Pola
4. Port d'Alacant: Barranco de les Ovelles i Emissari submarí EDAR Rincón de Lleó
5. Emissari Alacantí: Abocament "Mancomunitat de l'Alacantí " (emissari submarí EDAR Muntanya Orgegia)



Figura 7. Ubicació dels 5 punts d'abocament identificades en la zona d'estudi

D'aquests punts d'abocament, en l'estudi de l'anualitat anterior, es van analitzar diferents hipòtesis sobre la procedència de les partícules contaminants en els punts corresponents a les campanyes de preses de dades històriques del IIAMA, modelizándose l'evolució de la dispersió de partícules des dels punts d'abocament identificats. Les conclusions indiquen la possibilitat que els indicadors detectats en les campanyes del IIAMA tinguén explicació a partir de:

- Partícules procedents del punt d'abocament 4, **Port d'Alacant**, que agrupa la font natural del **Barranc de les Ovelles** i l'abocament **de la EDAR Rincón de Lleó**. En la figura 8 s'observa el punt d'abocament de la EDAR Rincón de Lleó. Les partícules emeses des d'aquesta localització d'abocament aconseguixen l'estació DP115 de la massa d'aigua costanera C017 en les modelitzacions efectuades. Per tant i sobre la base dels resultats de les simulacions, resulta probable que, en cas d'emetre's una gran aportació de nutrients des d'alguna de les fonts que agrupa aquest punt d'abocament, aquests siguen assimilats per la comunitat fitoplanctónica que per la dinàmica litoral pròpia de la zona tendeix a aconseguir l'estació de mesurament DP115.
- Partícules procedents del punt d'abocament 5, **Emissari Alacantí**, que fa referència a l'abocament autoritzat de la Mancomunitat de l'Alacantí procedent de l'emissari submarí de la **EDAR Muntanya Orgegia** (figura 9). Encara que en les simulacions realitzades l'emissió de partícules contaminants des del Punt d'Abocament 5 no aconseguix l'estació DP115, sobre la base dels corrents modelats es pot estimar que en un període de simulació major a l'efectuat (entorn dels 30 dies), les partícules emeses des d'aquest punt també aconseguirien l'estació DP115. Per tant, resulta probable que, en cas d'emetre's

una gran aportació de nutrients des del Punt d'Abocament 5, aquests siguen assimilats per la comunitat fitoplànctònica que per la dinàmica litoral pròpia de la zona tendeix a aconseguir l'estació de mesurament DP115.



Figura 82. Desguàs EDAR Rincón de Lleó (XUTM=718255, YUTM=4244756, zUTM=7.5)

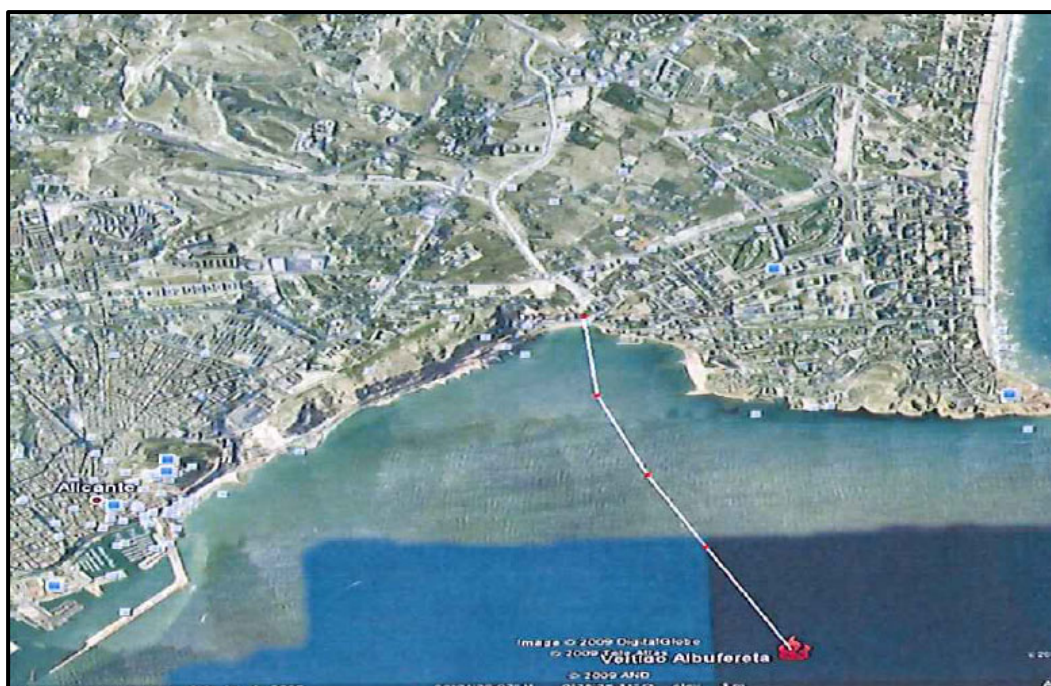
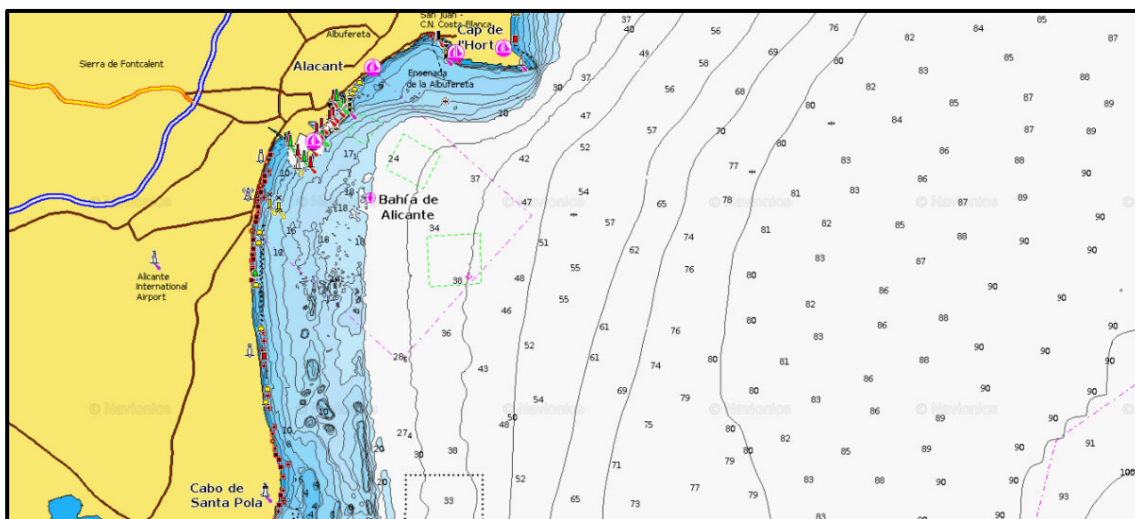


Figura 93. Desguàs EDAR Muntanya Orgegia (XUTM=724925, YUTM=4245291, zUTM=28)

Estudi del clima marítim de la zona

En l'informe anterior es van analitzar els nivells de la mar mitjançant la definició del règim de mareas de la zona i el règim d'onatge a través d'estudi dels paràmetres representatius de l'onatge: altura d'ona significant, període pique i direcció predominant d'onatge. Posteriorment, partint de les condicions de clima marítim establides, es realitza la propagació de l'onatge cap a aigües poc profundes, on es consideraran els efectes del fons marí i es produeixen els fenòmens de refracció, difracció i asomeramiento. La caracterització completa de l'onatge, vent i nivells de la

mar en les proximitats dels potencials punts d'abocament a estudiar (abocaments de la EDAR Muntanya Orgegia i EDAR Rincón de Lleó en les proximitats del Port d'Alacant), juntament amb la batimetria de la zona (Figura 10) constitueix la informació de partida per a la dinàmica litoral i modelització de corrents en la zona.



*Figura 104. Delimitació batimètrica de la zona d'estudi (Font Navionics
<https://webapp.navionics.com/>)*

S'han actualitzat els estudis de clima marítim i propagació d'onatge amb les dades de Ports de l'Estat (Punts SIMAR 613023024 i 2079100) i Copernicus (ERA5) actualitzats a data de 5 de setembre de 2021. Les sèries SIMAR sorgeixen de la concatenació de dos conjunts de dades: SIMAR-44 i WANA, aportant dades des de 1958 a l'actualitat. Les dades de reanàlisis ERA5 proporcionen dades des de 1950.

A efectes pràctics, la utilització dels conjunts de dades d'onatge SIMAR com ERA5, en zones en les quals l'onatge puga ser afectat pel fons, han de ser interpretats sempre com a dades en aigües obertes a profunditats indefinides i per tant requereixen propagació d'onatge independentment de la proximitat del punt a la zona d'estudi.

L'actualització duta a terme per a l'actualització del clima marítim no ha detectat diferències significatives que afecten els resultats obtinguts en l'informe anterior. A continuació, a tall d'exemple, es mostren les sèries de dades horàries de desembre de 2020 a desembre de 2021 per al punt SIMAR 613023024 seleccionat.



Figura 115. Rosa d'onatge Punt SIMAR 613023024

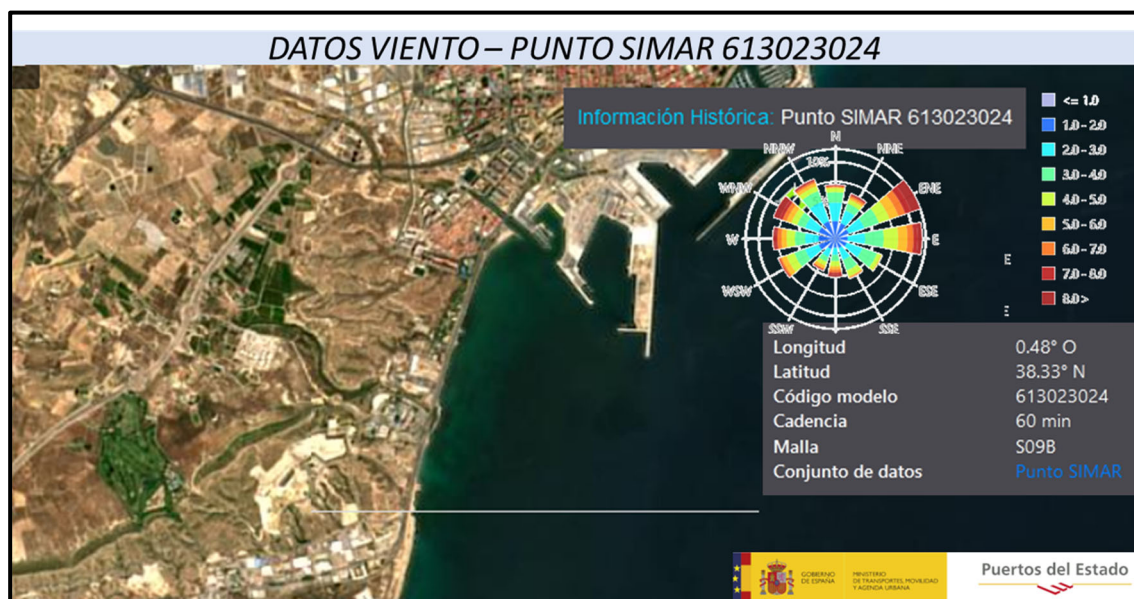


Figura 126. Rosa de vent Punt SIMAR 613023024

Els nivells de la mar com a combinació de la marea astronòmica i els residus meteorològics tampoc representen modificació de les condicions definides per als valors considerats en l'anualitat anterior. En algunes zones d'aigües amb escassa possibilitat de renovació s'han registrat sobrelevacions excepcionals per efecte del temporal Gloria (gener 2020) que, no obstant això, no són detectables ni afecten les condicions en la zona d'estudi.

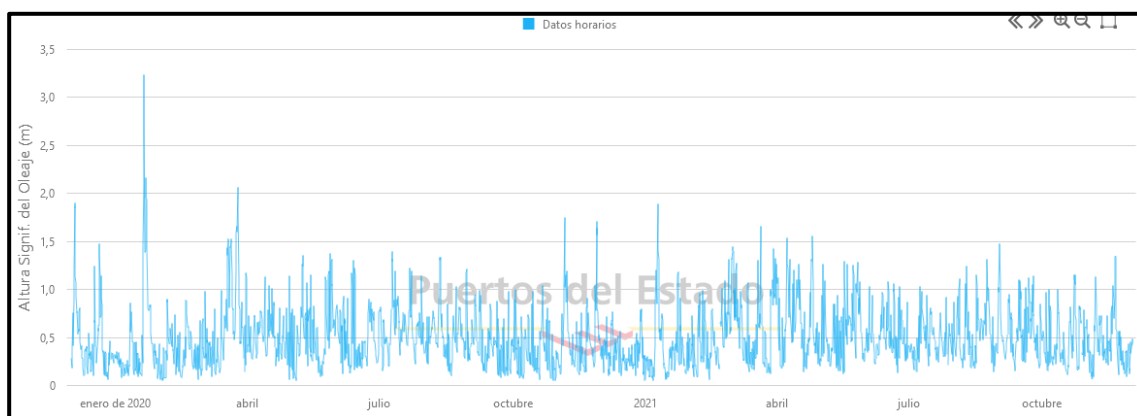


Figura 137. Dades horàries d'onatge per a l'actualització de la informació de clima marítim (Font: <https://www.puertos.es/es-es/oceanografia>)

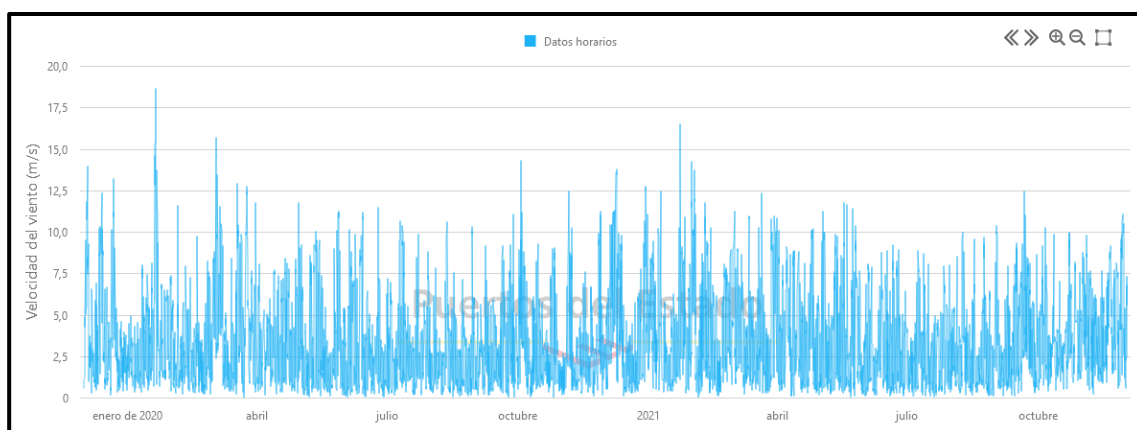


Figura 148. Dades horàries de vent per a l'actualització de la informació de clima marítim (Font: <https://www.puertos.es/es-es/oceanografia>)

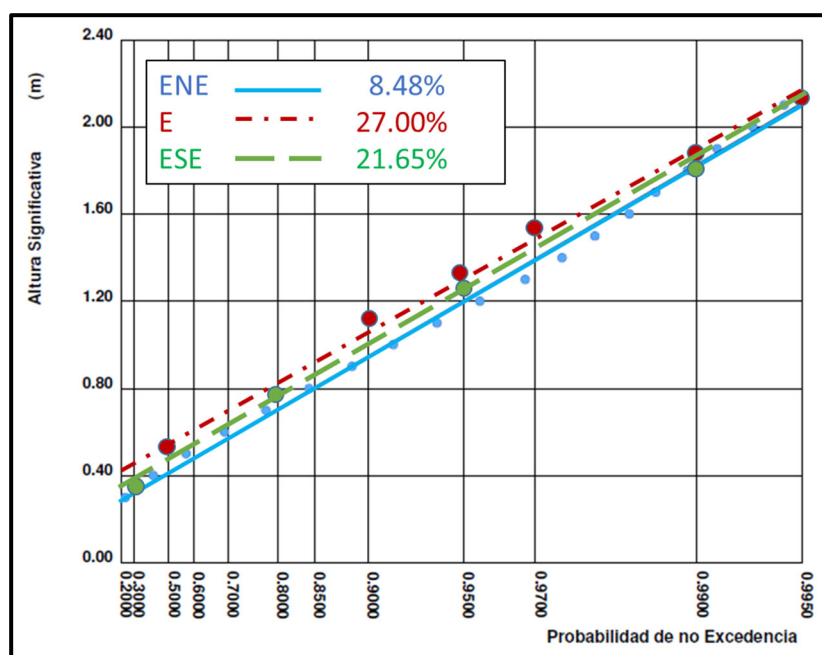
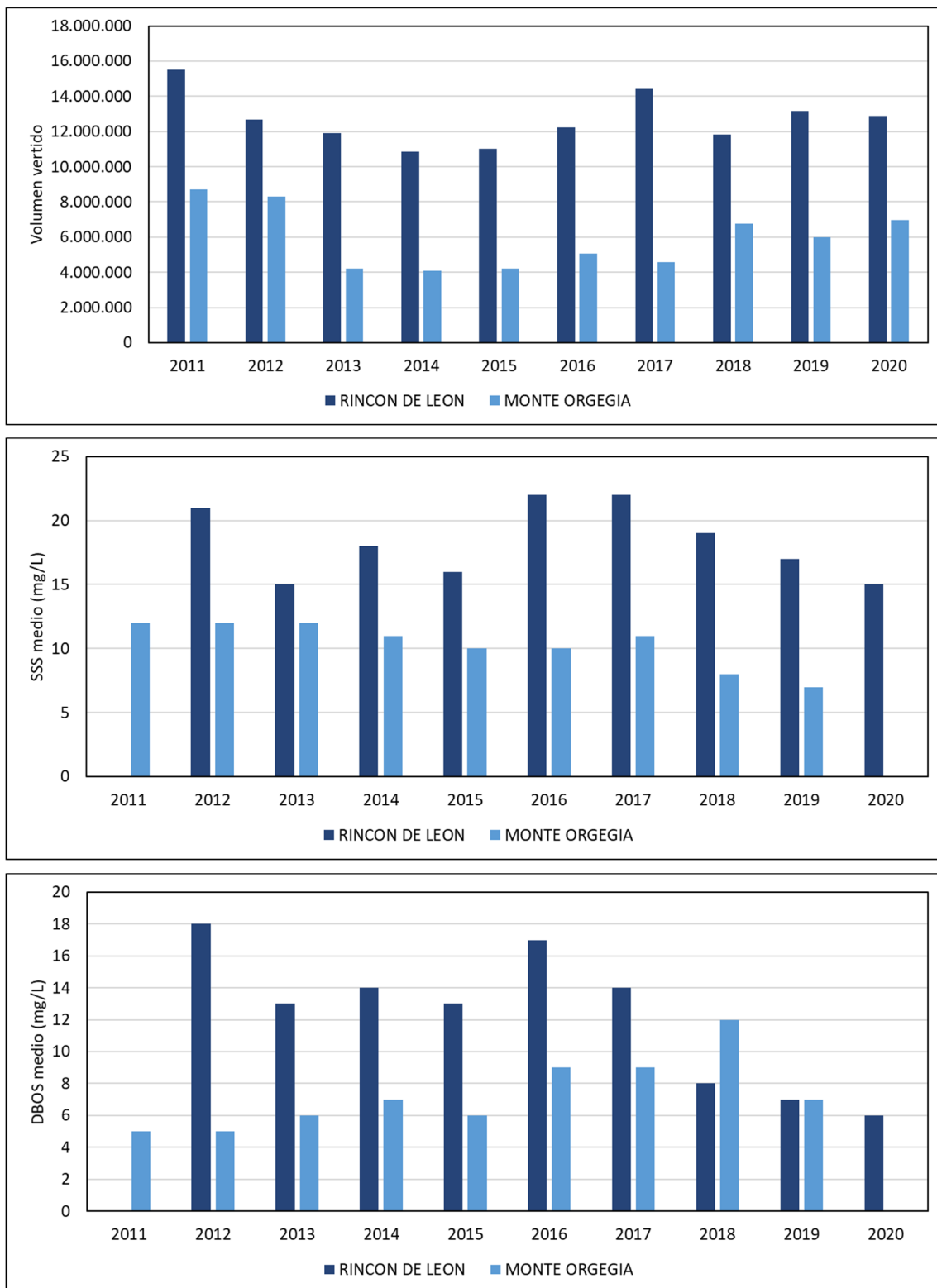


Figura 159. Règims mitjans d'onatge 1958-2021 (Font: elaboració pròpia)

Estudi d'abocaments directes

Des de la GVA es proporciona les dades analítiques històriques dels emissaris de Rincón de Lleó de 2000 a 2018 i Muntanya Orgegia de 2008 a 2019, de diferents anàlits. En la figura 16 es mostra les característiques dels abocaments que es produeixen des del 2011 fins al 2020.



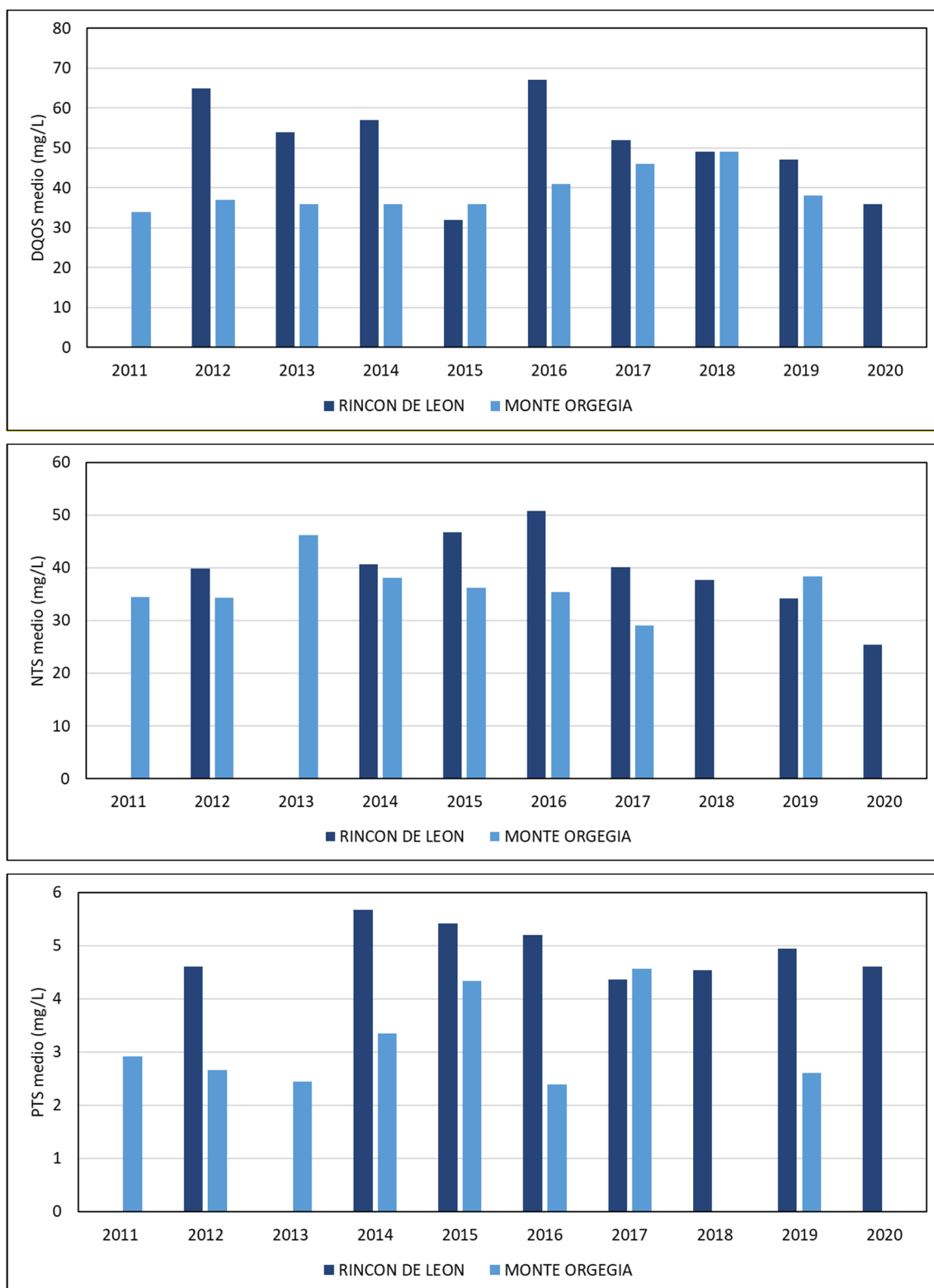


Figura 1610. Abocament de tots dos emissaris

Aquests volums i concentracions abocades tenen la seua repercussió en la qualitat de l'aigua de la zona, repercussió que serà analitzada amb més detall.

Propagació d'onatge i corrents. Estudi de la dinàmica litoral

Mancant la previsible falta de disponibilitat dels models hidrodinàmics de corrents i dispersió de partícules requerits per al seguiment i evolució de les trajectòries de les partícules des dels punts d'abocament, l'estudi de la dinàmica litoral s'ha dut a terme mitjançant l'ús de models "estàtics" de corrents com el mòdul MOPLA del SMC (Sistema de Modelatge Costaner del IH Cantàbria). No és possible la simulació de la variació d'estats de mar, vent i nivells en períodes de temps, sinó que s'obtenen respostes estàtiques a condicions fixes mantingudes en el temps (condicions estàtiques d'onatge, nivell i vent).

Els models numèrics emprats per a la propagació, càlcul de corrents i transport de sediments són els models OLUCA-RD i COBLA-2-DH del Sistema de Modelatge Costaner (SMC) desenvolupat pel Grup d'Enginyeria Oceanogràfica i de Costas (G.I.O.C.) de la Universitat de Cantàbria, per a la Direcció General de Costas del Ministeri de Medi Ambient. El model parabòlic de propagació d'onatge Oluca permet propagar onatges monocromàtics o espectrals des de profunditats indefinides fins a zones pròximes a la costa considerant refracció, asomeramiento, difracció, dissipació per trencament i post-trencament. Al seu torn, el model numèric de càlcul de corrents de platja, COBLA-2DH resol les equacions de flux dins de la zona de romponents prenent com a dades d'entrada els resultats del model OLUCA-RD.

Com que el sistema circulatori en la zona de romponents és dominat per les forces induïdes per l'onatge i associades al trencament d'aquest, en el present estudi només es considerarà l'efecte de l'onatge en l'obtenció dels corrents per a l'anàlisi de la dinàmica litoral a l'entorn dels punts d'abocament. A més, per tractar-se d'un model numèric 2-DH, una malla es computa a partir de l'expressió de la fricció en el fons obtenint-se com a resultats del model, els nivells i les dues components horitzontals de la velocitat del flux (corrent).

Per tant, els valors d'intensitat i direcció dels corrents provocats per l'onatge, com a principal acció en la zona pròxima a la costa, permet establir patrons de comportament i avaluar les tendències respecte de la probable evolució de les partícules vètiques en el medi marí en la zona d'estudi. Donat el caràcter qualitatiu de la metodologia de determinació de la dinàmica litoral s'han modelitzat únicament les direccions més representatives associades a la major probabilitat de presentació (adreces ENA, E i AQUEIX amb probabilitats de presentació aproximades del 9, 27 i 24%, respectivament).

L'anàlisi simplificada de les masses d'aigua exposades als corrents d'onatges procedents d'ENA, E i AQUEIX mostren tendències de concentració de partícules abocades en el desguàs de la EDAR Rincón de Lleó per a les direccions E i especialment AQUEIX en la zona sud al resguard del port d'Alacant. En menys mesura (encara que també apreciable) per a la direcció ENA per efecte de la difracció en les obres d'abric portuàries.

L'abocament en l'emissari de la EDAR Muntanya Orgegia, per la seua major profunditat i major exposició a l'onatge presenta una major dispersió de partícules per a la direcció ENA, podent ser transportades a major distància, encara que amb menor probabilitat d'aconseguir la costa. No obstant això, per a les direccions E i sobretot per a AQUEIX, existeix probabilitat que la trajectòria de les partícules (si es manté la

direcció de l'onatge) arribe a aconseguir les zones més abrigades al S del port provocant acumulació agregada a la de l'abocament de la EDAR Rincón de Lleó.

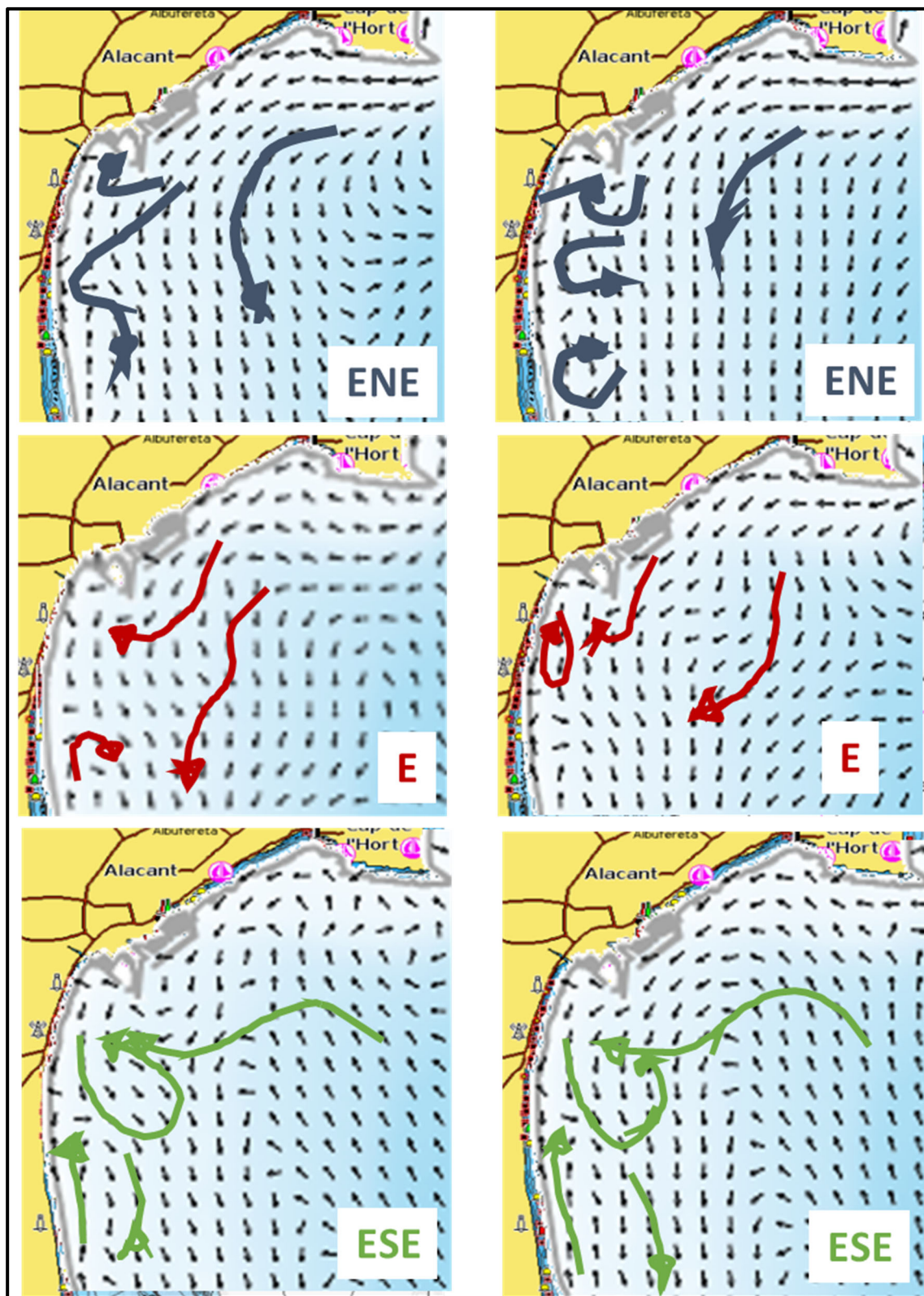


Figura 1711. Règims mitjans d'onatge 1958-2021

Estimació analítica del transport de partícules.

En l'estudi de l'anualitat anterior es representen les estimacions de les trajectòries analítiques per a un període de 48 component un polígon funicular de vectors. El polígon representa la composició vectorial de les estimacions de desplaçament per a les condicions d'onatge existents en els períodes de 48 hores seleccionats, per la qual cosa permet una aproximació a la posició final de les partícules abocades després de transcorregudes les 48 h.

El càlcul del transport de contaminants per mètodes analítics es basa en les teories de la trajectòria de les partícules en el medi marí. Per tant, la formulació emprada per al càlcul analític del transport de partícules es basarà en la Teoria de la deriva de Stokes (Teoria no lineal de Stokes de 2n ordre) en la qual es considera que existeix transport horitzontal net de molècules d'aigua, en el sentit d'avanç de l'ona (direcció de l'onatge), mitjançant la següent expressió de velocitat:

$$O = a^2 \times \left(\frac{2 \times \pi}{\lambda} \right)^{\frac{3}{2}} \times g^{\frac{1}{2}} \times e^{\left(\frac{-4 \times \pi \times z}{\lambda} \right)} \text{ (Stokes, 1847)}$$

Sent:

O = component horitzontal de la velocitat de deriva de Stokes

$$a = \text{amplitud} = \frac{H_s}{2}$$

$$\lambda = \text{Longitud d'ona} = \sqrt{g \times d} \times T_p$$

g = gravetat

z = profunditat de la partícula

d = profunditat del fons

Mitjançant aquesta formulació es representarà el transport advectivo de les partícules (component horitzontal de la velocitat associada a la dinàmica del propi mig receptor). Com s'ha expressat anteriorment, la teoria del transport de contaminants comprén de més principis físics, encara que és la component advectiva del transport la predominant en l'anàlisi de la influència de la dinàmica marina en la dispersió de contaminants.

Es comprova la coherència entre els resultats exposats per a la dinàmica litoral i de l'estimació de les trajectòries per a cada direcció d'onatge segons la metodologia exposada.

En la figura 19 es mostra la trajectòria per direccions, així com la distància recorreguda en metres.



Figura 1812. Configuració geogràfica i orientació respecte a les direccions (Font: GoogleEarth)

Modelització de la trajectòria de partícules des dels punts d'abocament seleccionats

L'objectiu de la modelització d'estats de mar canviants per a períodes de temps superiors als efectuats en l'estudi anterior no ha sigut possible fins al moment de la redacció del present informe pels motius exposats anteriorment i que es resumeixen en la falta d'actualització de llicència per a l'ús de la nova versió del MOHID Water (empleada l'any anterior) denominada per OpenFlows FLOOD i que, d'altra banda, encara que s'ha instal·lat una versió d'avaluació amb llicència GLP del programari Delft3D, encara no s'ha confeccionat un model satisfactori de la zona d'estudi.

És previsible l'obtenció de resultats amb el programari Delft3D de manera que també es podran contrastar els resultats obtinguts amb aquest programari la qual cosa redundarà en una major fiabilitat dels nous resultats que s'obtinguen amb aquest.

TRANSPORTE DE PARTÍCULAS 48 h ESTACIÓN DP118 (MASA DE AGUA C017)

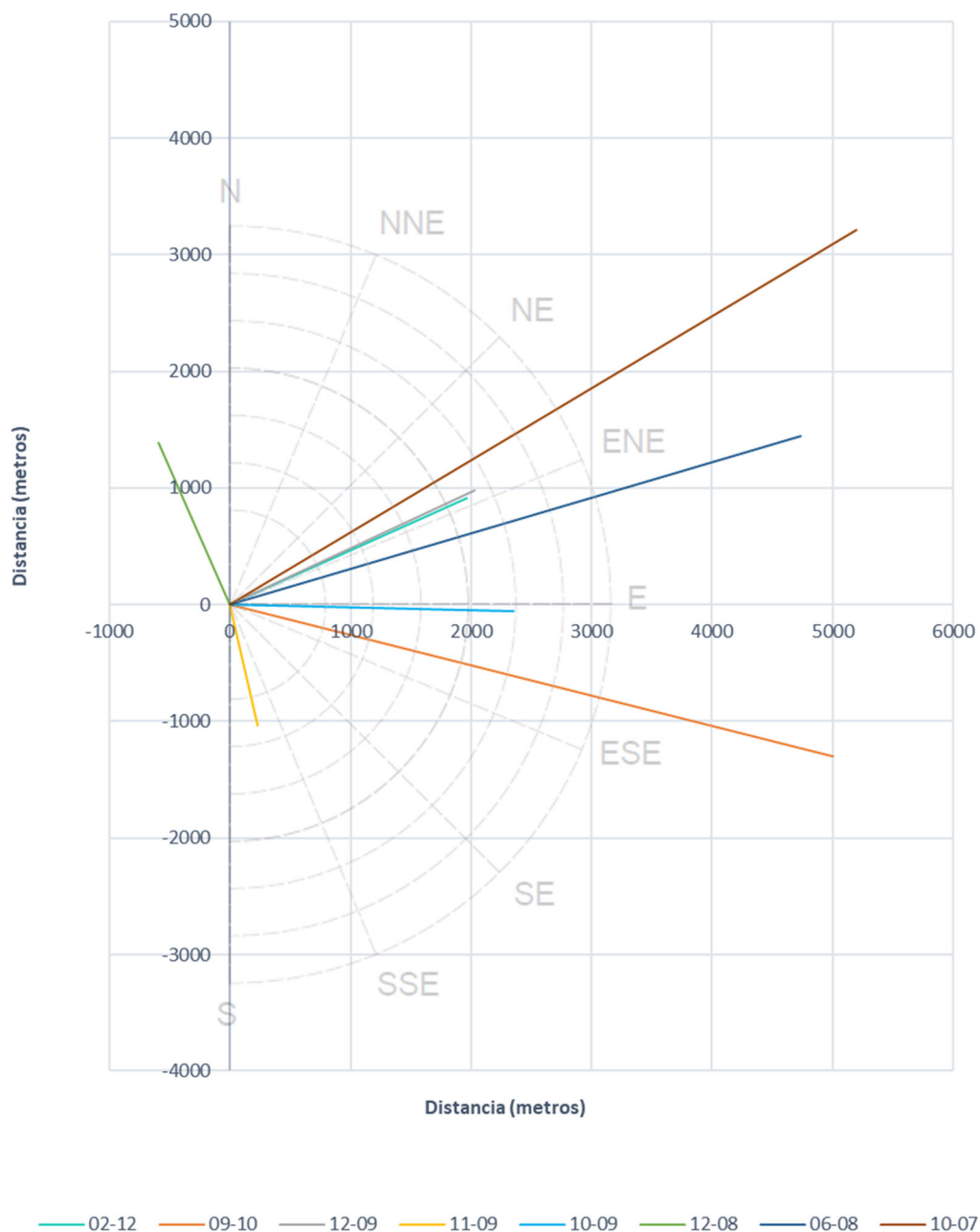


Figura 19. Estimació de la procedència de les partícules en un període de 48 hores anterior a la recollida de mostres de les campanyes amb excedència de l'indicador clorofil·la, en l'estació DP118 (massa d'aigua C017). [Elaboració pròpia]

5. Estudi ecològic de la massa C017

Des de l'any 2005 es posseeixen dades històriques de la qualitat de l'aigua d'aquesta massa d'aigua costanera, C017. Respecte a la salinitat, pH i terbolesa per a la massa d'aigua no hi ha aspectes importants que destacar, mantenint-se totes les mostres i en totes les campanyes en els valors habituals en aquesta mena de masses d'aigua.

Per als indicadors fisicoquímics (nutrients) aquesta massa d'aigua costanera compleix l'estat sobre la base dels criteris marcats en el Reial decret 817/2015 (Taula 4).

Massa	Mitjanes $\mu\text{mol x/L}$				Estat massa d'aigua segons nutrients
	Amoni	Nitrit	Nitrat	PSR	
C017	0.50 Bueno	0.08 Bé	2.75 Bé	0.04 Bé	Bé
DMA	4.60	0.92	7.3	0.76	Bo/Moderat

Taula 4. Resultat dels indicadors fisicoquímics per a C017. [Mitjanes 2005-2020]

En les figures 20-23 s'observa la variació en cadascun dels anys estudiats per a cada anàlit, per a la massa i per a cada estació de mostreig.

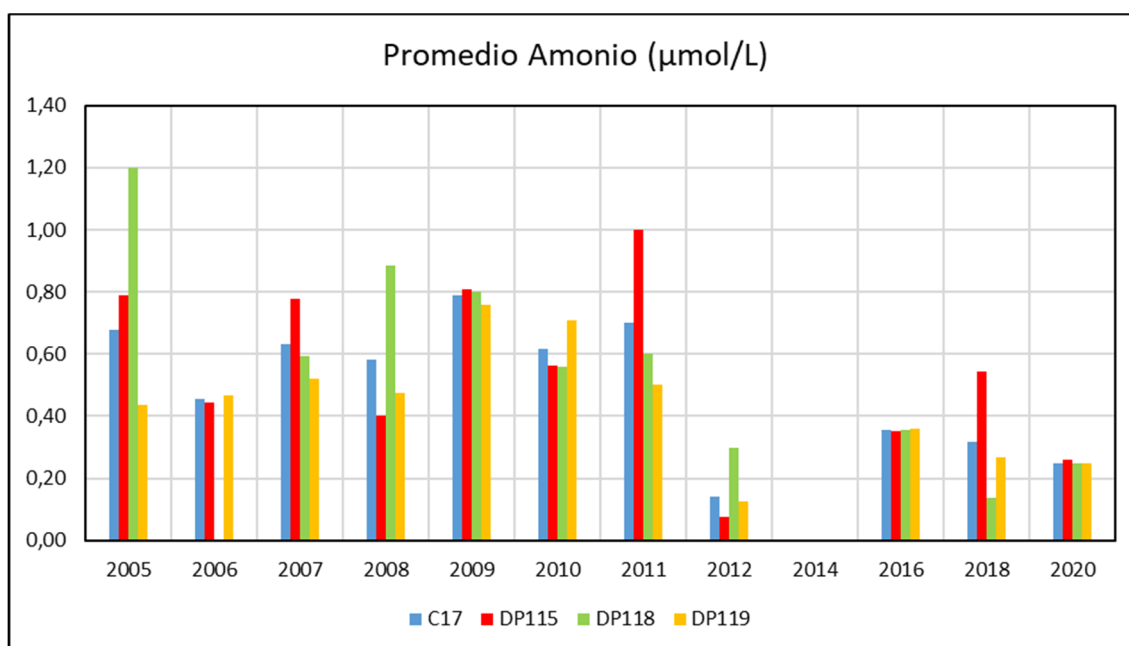


Figura 20. Mitjana d'amoni per a C017 i les seues estacions.

Com s'observa, l'amoni, el nitrit i el PSR compleixen la DMA en totes les campanyes i en totes les estacions. El nitrat també compleix la DMA com a mitjana, però en dues ocasions s'ha superat el líndar de $7.3 \mu\text{mol/L}$, a pesar que això no ha generat un incompliment. És el cas de l'estació DP115 l'any 2005, la mitjana anual de la qual és de $11.35 \mu\text{mol/L}$, però que es deu exclusivament a una campanya de mostreig que va llançar un valor de $35.5 \mu\text{mol/L}$ en la campanya d'octubre.

Una cosa similar ocorre amb l'estació DP118 l'any 2012, la mitjana anual de la qual és de $22.4 \mu\text{mol/L}$, que es deu a la campanya de mostreig realitzada al febrer.

Però com s'ha apuntat, això no genera cap incompliment en els nutrients, estant la massa C017 sempre per davall del llindar marcat per la DMA.

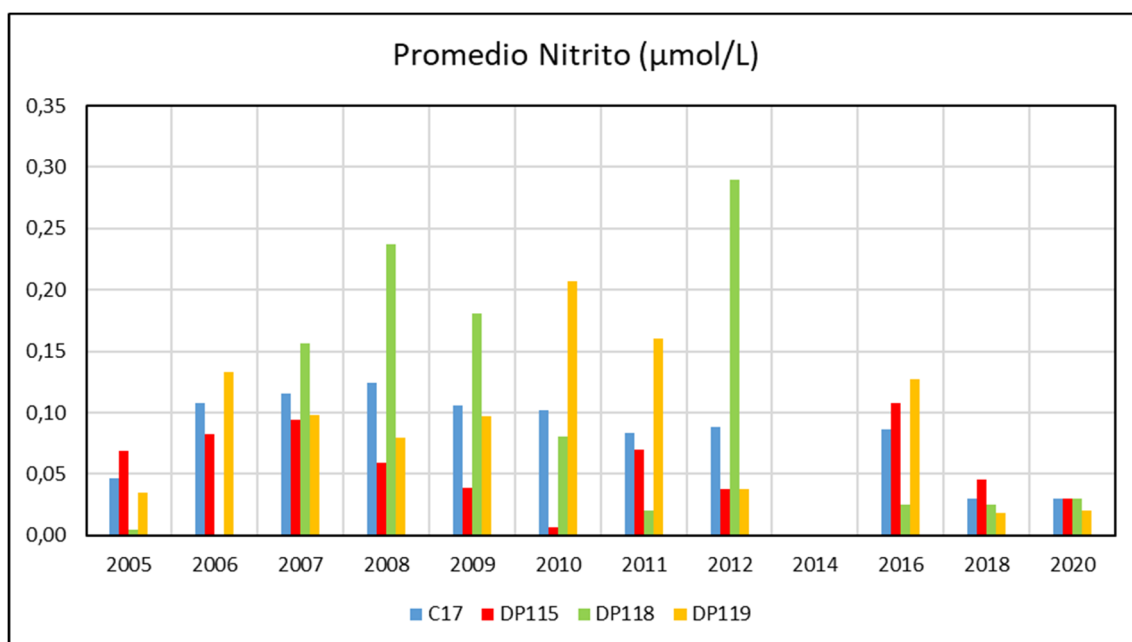


Figura 21. Mitjana de nitrit per a C017 i les seues estacions.

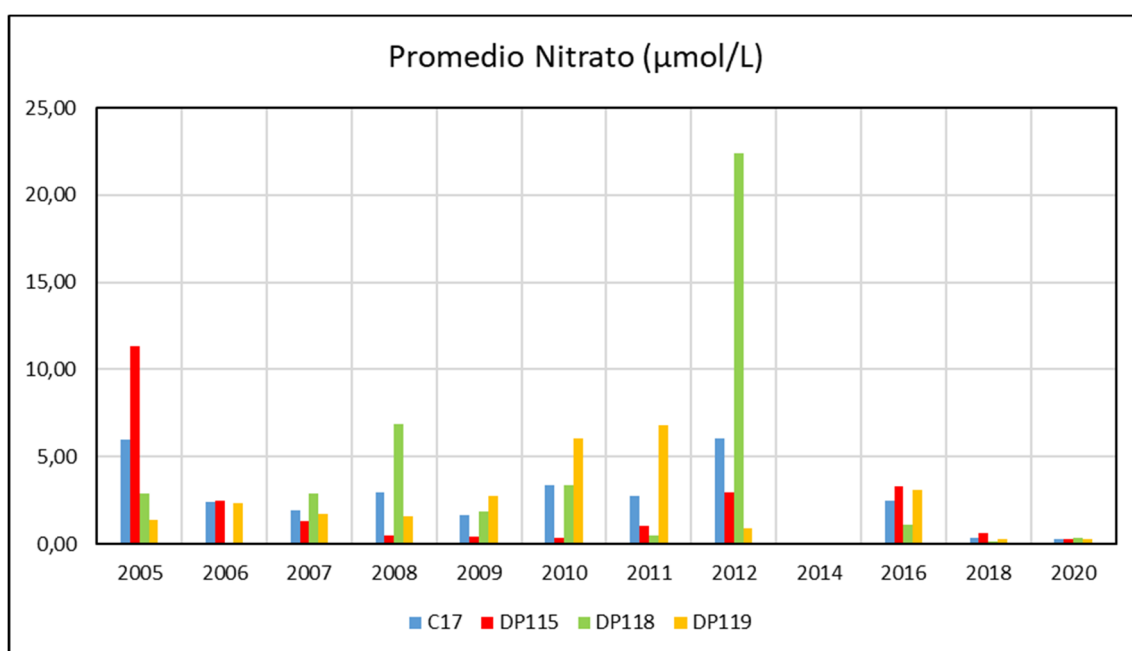


Figura 22. Mitjana de nitrat per a C017 i les seues estacions.

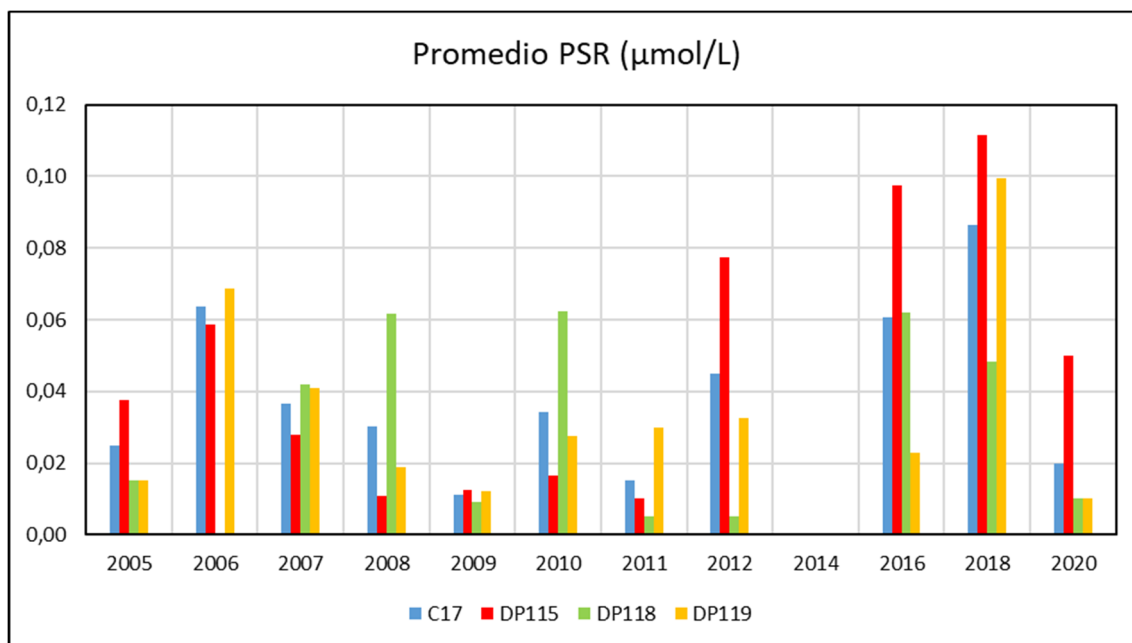


Figura 23. Mitjana de PSR per a C017 i les seues estacions.

Per a l'indicador biològic fitoplàncton (Taula 5), la massa C017 ha incomplert en totes les anualitats històriques, i malgrat haver millorat bastant el Percentil 90 (P90), continua incomplert per als últims 5 anys en què es posseeixen dades (2012, 2014, 2016, 2018 i 2020). El P90 de clorofil·la, calculat per a aquestes 5 anualitats, llança un valor de 3.92 μg/L, situant-se lleugerament per damunt del límit Bo/Moderat (3.6 μg/L). En funció d'aquests resultats, podem dir que l'única problemàtica trobada en aquesta massa d'aigua costanera és la clorofil·la, l'estat de la qual és Moderat.

Massa	Fitoplàncton
C017	Moderat

Taula 5. Resultat de l'indicador fitoplàncton per a C017

En la figura 24 s'observa el percentil 90 global de totes les anualitats de les quals es tenen dades, des del 2005 fins al 2020. S'observa que, tant per a la massa com per a les tres estacions, s'incompleix la DMA, obtenint una valoració de Moderat. Però resulta interessant estudiar la tendència dels últims anys. En la figura 25 s'observa la mitjana anual de clorofil·la per a la massa i per a cada estació i en la figura 26 el percentil 90 i també els límits marcats per la DMA. Va ser l'any 2011 quan menors valors de clorofil·la es van detectar en les tres estacions, tant en mitjanes com en percentils. En els últims anys amb mesuraments, es troba una tendència clara a anar disminuint els valors de clorofil·la, trobant ja en 2020 valors de percentils 90 per davall del límit bo/moderat en les tres estacions i en la massa. S'observa en la gràfica 26, que el P90 de clorofil·la anual va descendant any rere any, la qual cosa sembla mostrar que s'està actuant correctament en la massa, i que gradualment en anys esdevenidors la qualitat d'aigua pot arribar a complir.

No obstant això, la DMA marca que la valoració ha de realitzar-se amb el percentil 90 dels últims 5 anys. D'aqueixa manera, com s'observa en la figura 27, amb els resultats de les tres estacions de mostreig per als últims 5 anys en què es posseeixen dades

(2012, 2014, 2016, 2018 i 2020), es pot comprovar que la massa continua incomplint la DMA, però amb valors molt pròxims al límit.

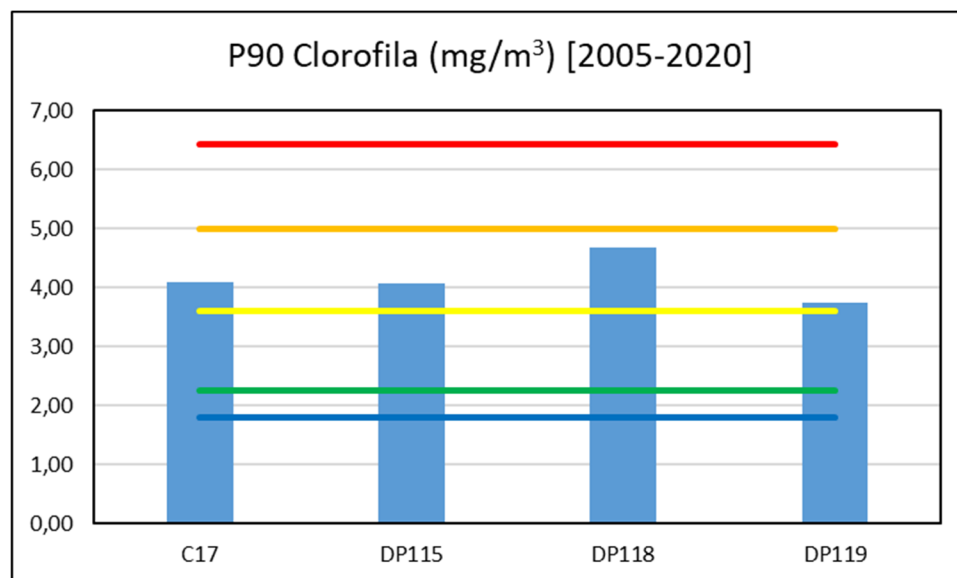


Figura 24. Percentil 90 de clorofil·la per a la massa i les seues estacions dels anys 2005-2020.

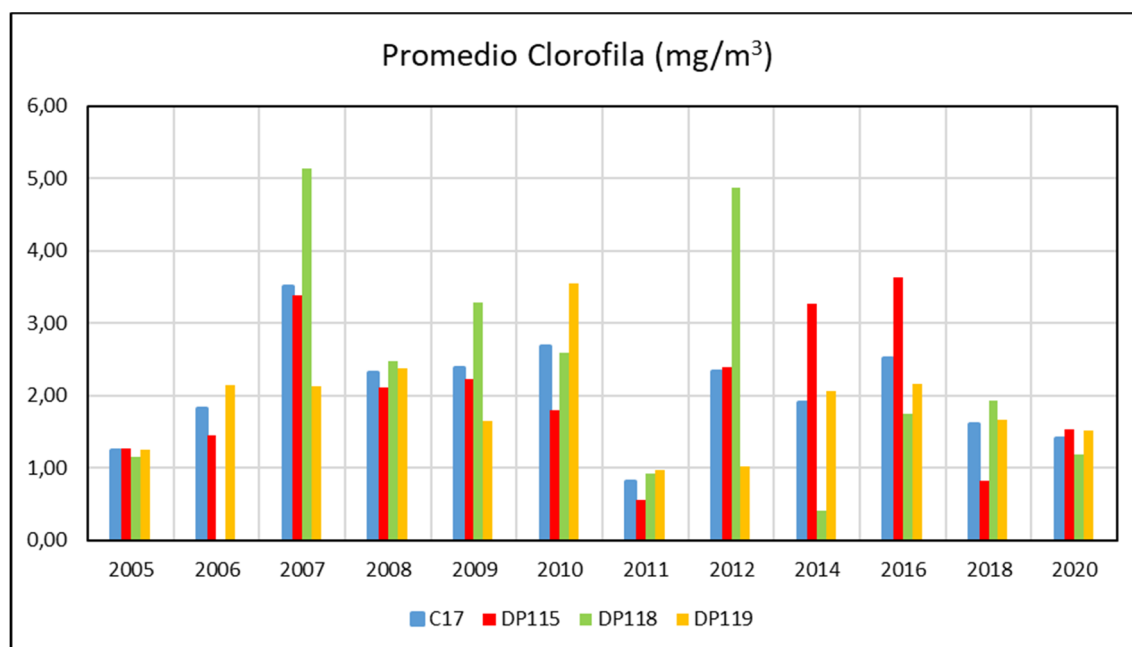


Figura 25. Mitjana de clorofil·la per a C017 i les seues estacions.

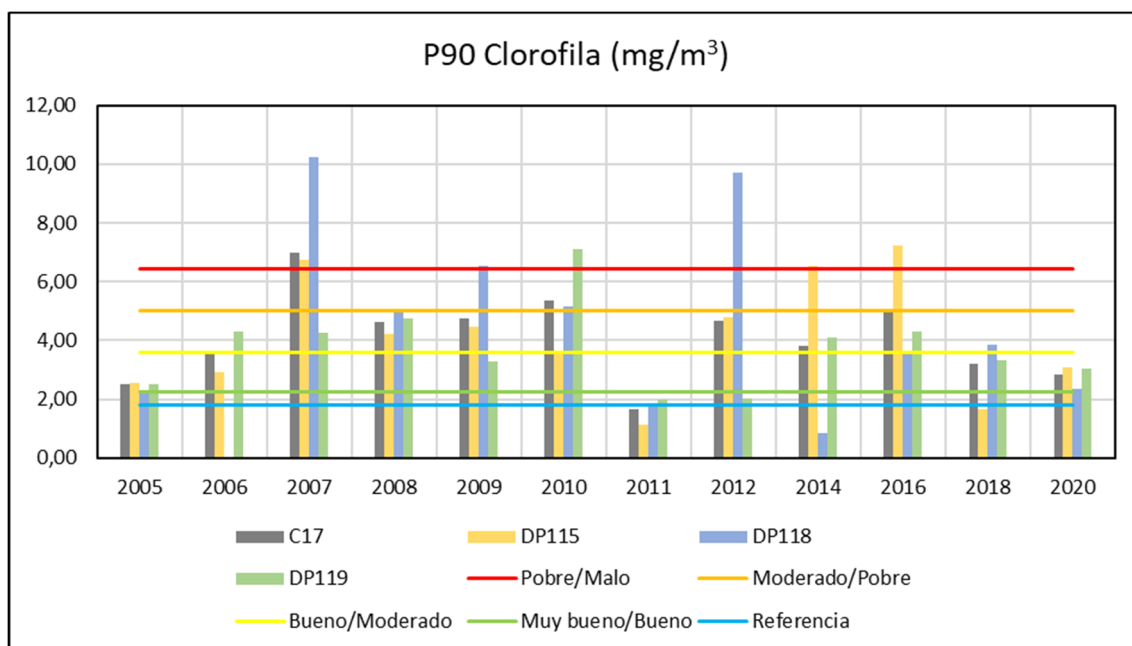


Figura 26. Percentil 90 de clorofil·la per a C017 i les seues estacions.

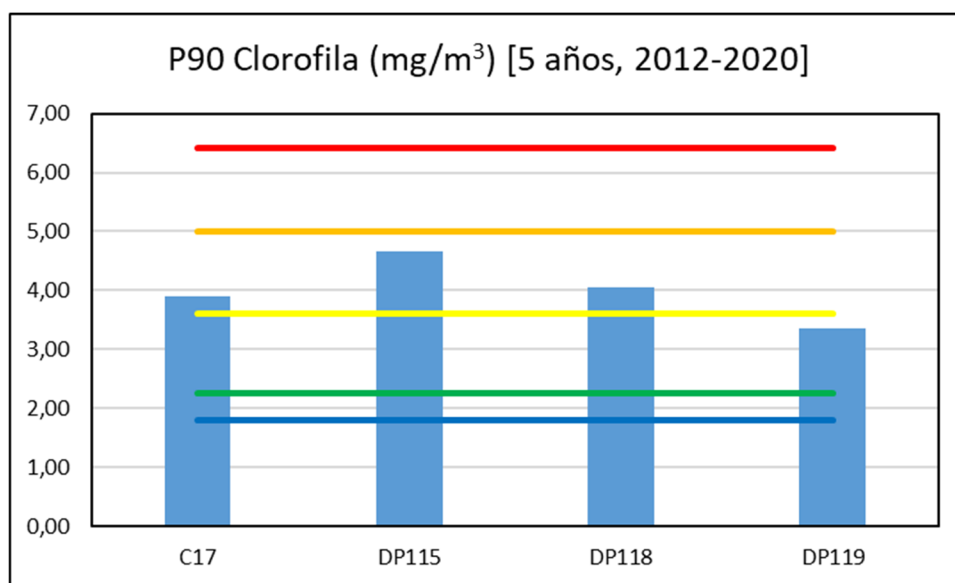


Figura 27. Percentil 90 de clorofil·la en les estacions de la massa C017, 2012-2020.

De les tres estacions, és la DP115, la que té un pitjor estat. De fet, l'estació DP115 està situada en una de les cales de Santa Pola Aquest (Figura 28), la morfologia de la qual pot ser raó suficient per al seu incompliment, a causa de l'acumulació de macroalgues que poden distorsionar els resultats. De fet, en l'última campanya de mostreig realitzada es va prendre mostra en el punt DP115 i en un punt addicional DP115A situat en l'escullera dreta. La clorofil·la en DP115 va aportar un valor de 80.13 mg/m³ i només d'1.53 mg/m³ en DP115A, quedant per tant clara la raó del seu incompliment. En la figura 29 es mostra totes les dades que es posseeixen de l'estació DP115. S'observa que l'estació ha tingut variacions importants al llarg dels anys. Encara que

entre 2012 i 2016 els nivells han sigut bastant alts, ha disminuït bastant en els últims anys.



Figura 28. Ubicació de l'estació DP115 i DP115A.

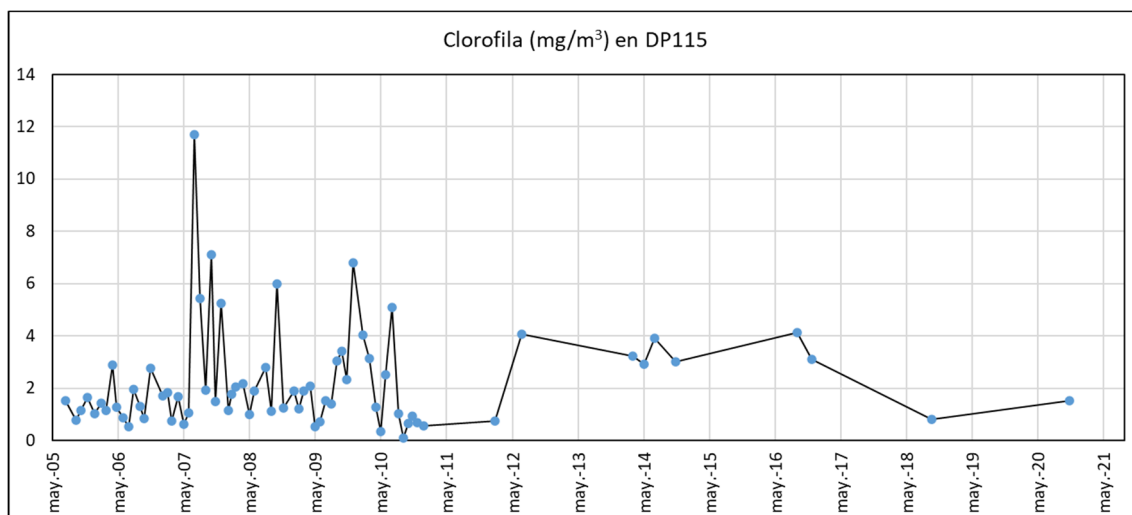


Figura 29. Clorofil·la en l'estació DP115.

L'estació DP118 està situada prop de les Salinas de Santa Pola i al sud d'aquesta estació existeix una Gola i la desembocadura del riu Vinalopó que podrien arribar a influir en la seua qualitat. L'aigua de la "Gola" sol posseir menor temperatura que la resta de les estacions i una salinitat entre 50 i 70 g/kg, la qual cosa pot donar indicació de l'origen d'aquesta aigua. És de ressaltar els elevats valors de clorofil·la que s'han trobat en aquesta mostra, oscil·lant entre 4 mg/m³ i 14 mg/m³.

Les mostres recollides en la desembocadura del va riure Vinalopó mostren també diferències clares amb les estacions de platges. Posseeixen una salinitat entre 7 i 13 g/Kg, indicatiu d'una alta influència fluvial, un pH de 8.06-8.08 i molt elevades concentracions de clorofil·la, oscil·lant entre 58 i 72 mg/m³.

Així, si aquestes aigües (de la Gola i/o del Vinalopó) aconseguixen les zones de platges, estarien aportant gran quantitat de nutrients que ràpidament serien aprofitats per la comunitat fitoplànctònica. Aquest ràpid consum de nutrients provoca que es detecten alts valors de clorofil·la, però no de nutrients. En la figura 30 es mostra totes les dades que es posseeixen de l'estació DP118. S'observa que l'estació ha tingut variacions importants al llarg dels anys. Encara que fins al 2012 els nivells han sigut a vegades bastant alts, ha disminuït bastant en els últims anys, estant sempre per davall de 4 mg/m³.

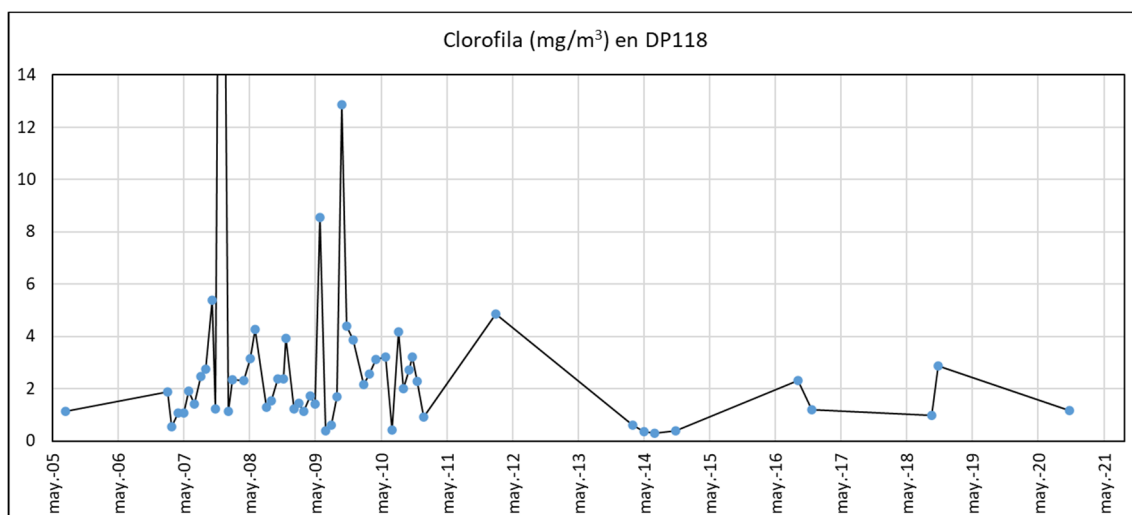


Figura 30. Clorofil·la en l'estació DP118.

En el cas de l'estació DP119, s'aprecia en la figura 31 totes les dades que es posseeixen de l'estació. També s'observa que en els últims anys els nivells de clorofil·la han disminuït bastant i amb una tendència clara.

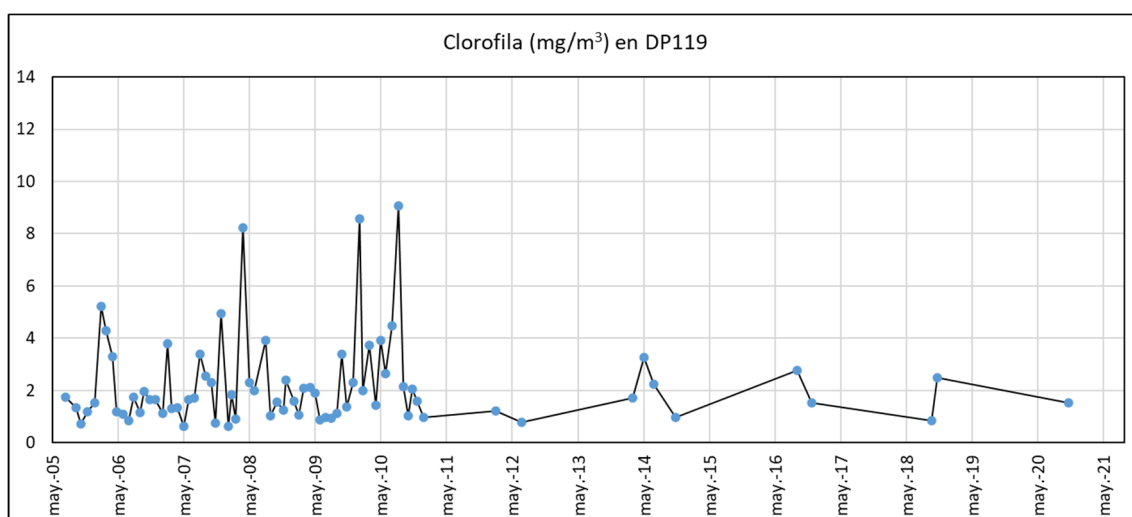


Figura 31. Clorofil·la en l'estació DP119.

Respecte a la comunitat fitoplànctònica, en les figures 32-34 s'observa la predominança dels grans grups al llarg dels anys. En les figures 35-37 es mostra la mitjana global de tots els anys en què es tenen dades.

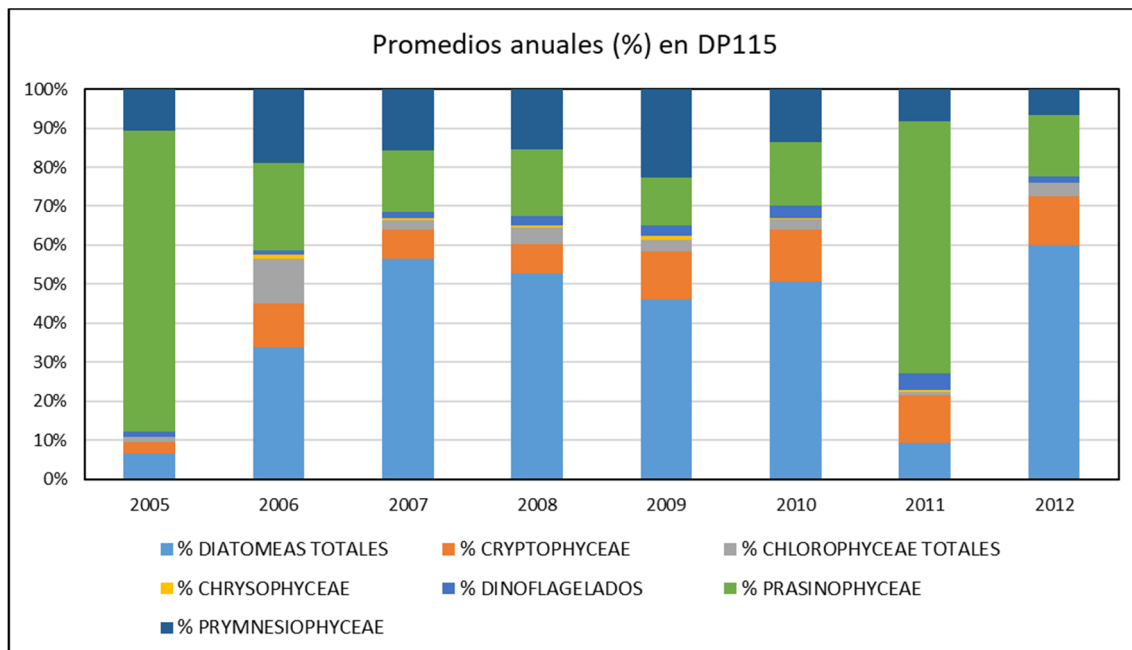


Figura 32. Fitoplàncton en l'estació DP115 [2005-2012]

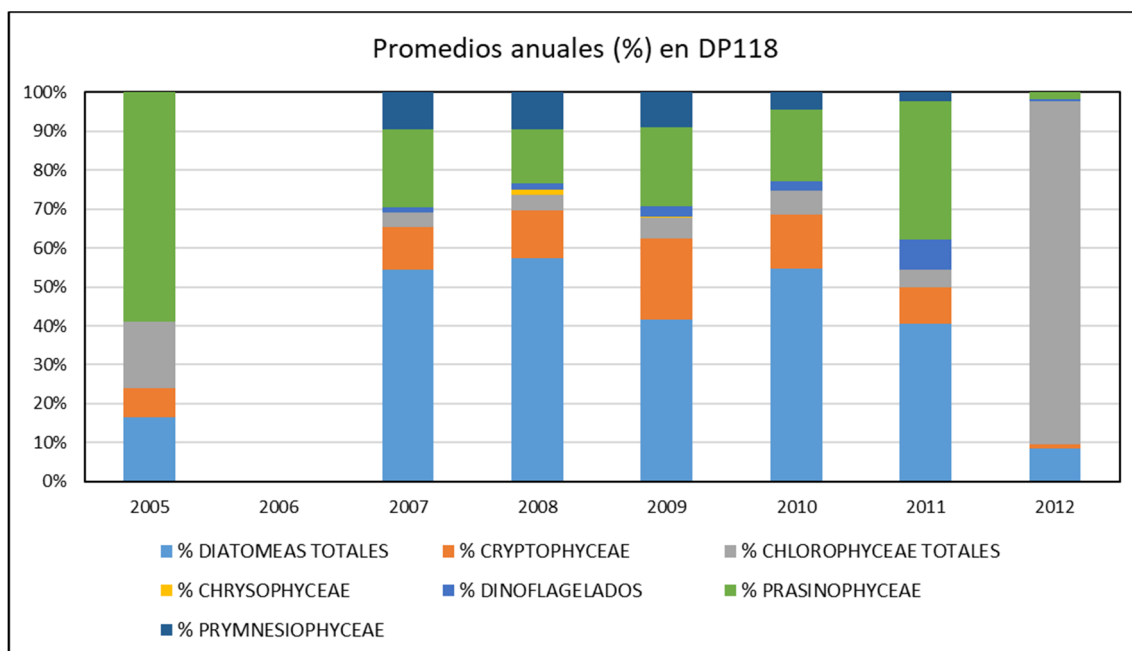


Figura 33. Fitoplàncton en l'estació DP118 [2005-2012]

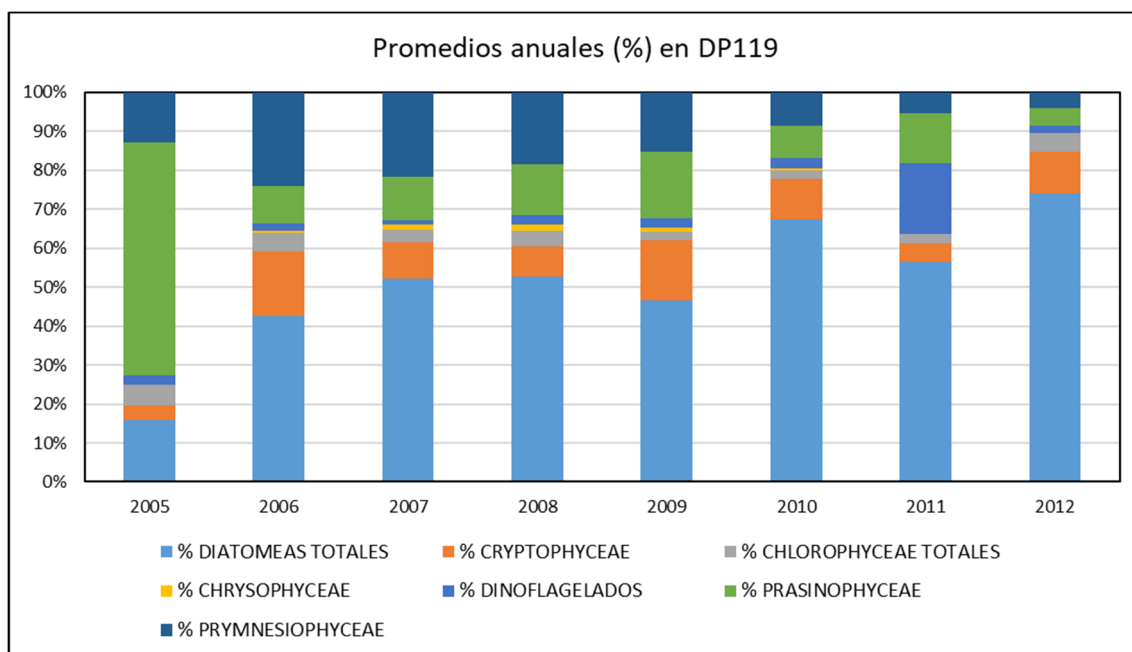


Figura 34. Fitoplàncton en estació DP119 [2005-2012]

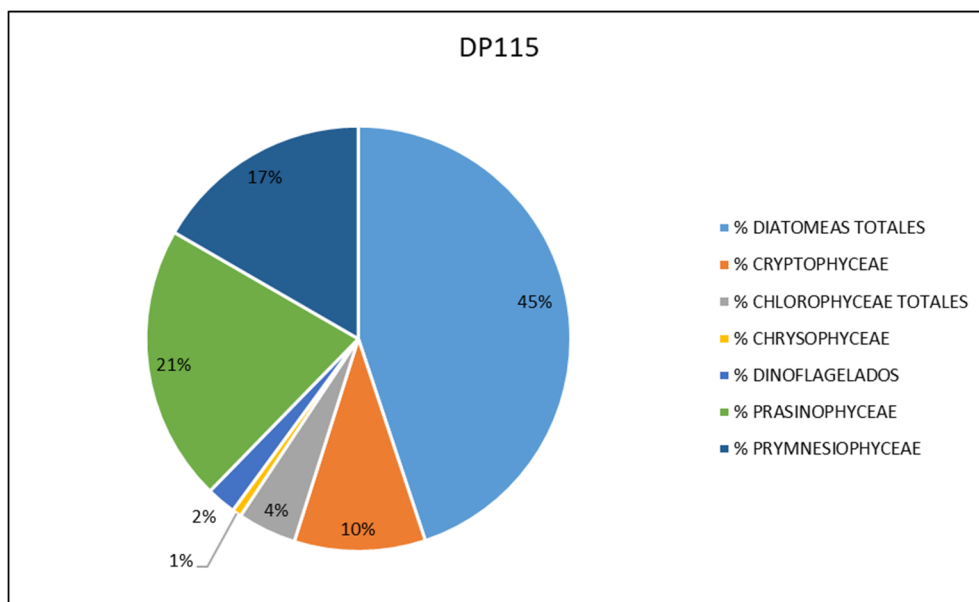


Figura 35. Fitoplàncton en estació DP115

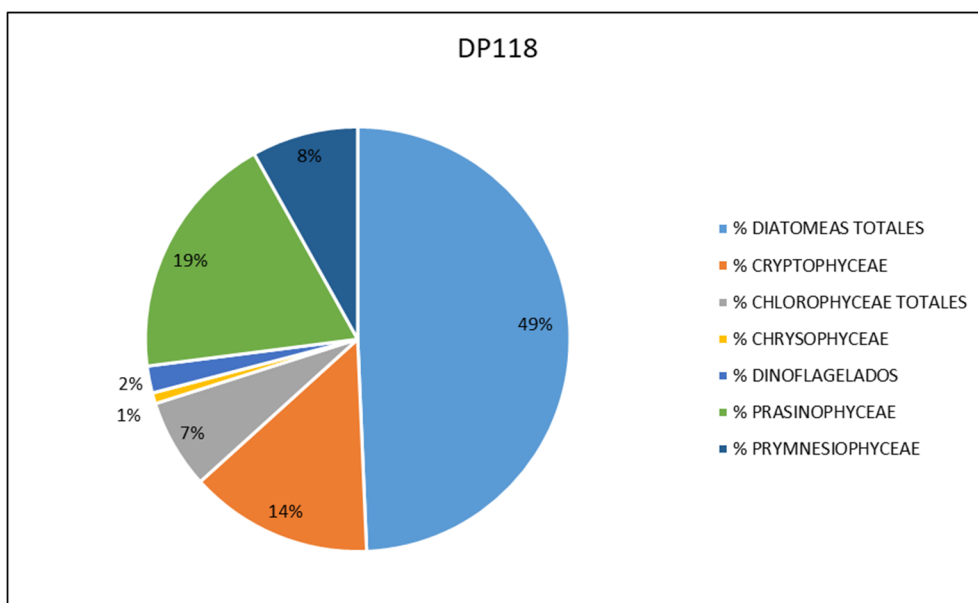


Figura 36. Fitoplàncton en estació DP118

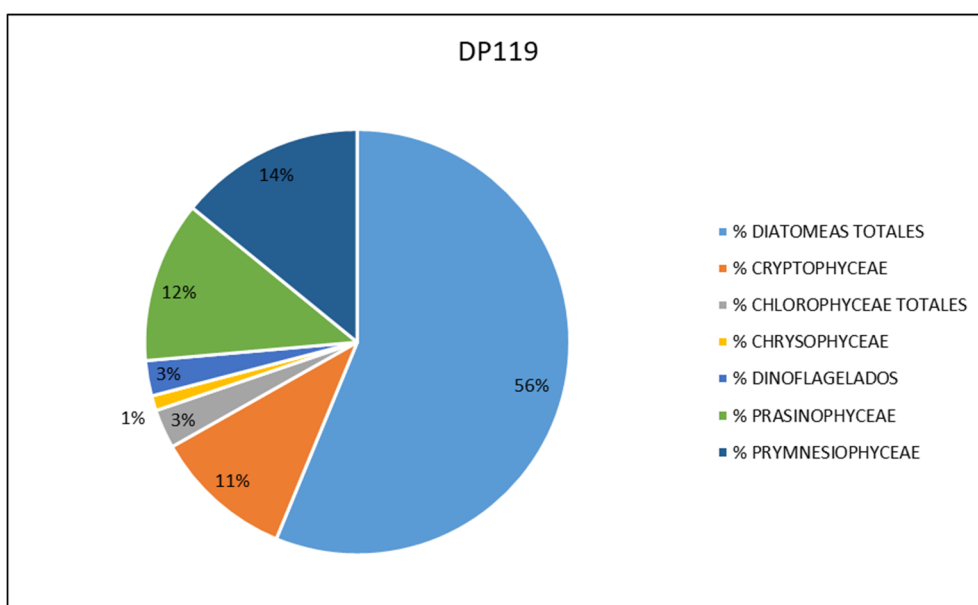


Figura 37. Fitoplàncton en estació DP119

La comunitat fitoplantònica per a la massa C017 està formada principalment per Diatomees i Cryptophyceae, grups típics per a zones costaneres. La resta de grups principals de fitoplàncton també contribueixen a la comunitat donant mostra d'una diversitat pròpia de les aigües costaneres.

6.- Conclusions

Les dades històriques i actuals que es posseeixen de la zona d'estudi llancen com a principal resultat que no existeix cap incompliment en els nutrients, estant la massa C017 sempre per davall del llindar marcat per la DMA.

L'única problemàtica trobada en aquesta massa d'aigua costanera és la clorofil·la, l'estat de la qual és Moderat. En el cas de l'indicador biològic fitoplàncton, la massa C017 ha incomplert en totes les anualitats històriques, estant el percentil 90 anual de clorofil·la per damunt del llindar bo/moderat, excepte l'any 2011 en el qual sí que es complia. En els últims anys s'observa una gran millora del Percentil 90 (P90), encara que continua incomplint per als últims 5 anys en què es posseeixen dades (2012, 2014, 2016, 2018 i 2020). El P90 de clorofil·la, calculat per a aquestes 5 anualitats (3.92 µg/L), se situa lleugerament per damunt del límit Bo/Moderat (3.6 µg/L). S'ha pogut comprovar que en els últims anys els nivells de clorofil·la han disminuït bastant i amb una tendència clara. En funció dels resultats estudiats, és d'esperar que, si se segueix la mateixa tendència, l'any 2022 els nivells de clorofil·la siguin encara menors. Això farà que el P90 dels 5 anys (2014, 2016, 2018, 2020 i 2022) puga arribar a complir la DMA.

De les tres estacions, és la DP115, la que té un pitjor estat. De fet, l'estació DP115 està situada en una de les cales de Santa Pola Aquest, la morfologia de les quals pot ser raó suficient per al seu incompliment, a causa de l'acumulació de macroalgues que poden distorsionar els resultats. De fet, així es va poder comprovar en l'última campanya de mostreig, on es va observar que en el punt DP115 existia gran quantitat de macroalgues acumulades, i en canvi en el punt addicional situat en l'escullera dreta el nivell de clorofil·la era 50 vegades menor.

En el present treball s'ha efectuat una actualització del clima marítim incloent la caracterització de l'onatge, vents i nivells de la mar respecte a l'efectuada en l'anualitat anterior per a incorporar les noves dades registrades l'any en curs. L'anàlisi dels resultats d'aquesta actualització respecte dels règims mitjans, direccions i freqüències no és significatiu per a la zona d'estudi, no provocant canvis respecte dels resultats obtinguts en l'informe anterior. Per a la nova actualització s'han emprat les mateixes fonts de dades anteriors (punts SIMAR), complementant-se amb les dades ERA5 de Copernicus.

La propagació de l'onatge i posterior obtenció dels patrons de corrents per a l'estudi de la dinàmica litoral de la zona ha sigut modelitzada mitjançant el programari MOPLA inclòs en el Sistema de Modelatge Costaner del IH Cantàbria. Els resultats principals obtinguts són les direccions i intensitats de corrents produïts per les condicions d'onatge modelats corresponents a les direccions ENA, E i AQUEIX (direccions amb major probabilitat de presentació). L'anàlisi de la dinàmica litoral mostra els casos més problemàtics en relació amb el procés acumulatiu en la zona S a l'abric del port d'Alacant per a les direccions E i AQUEIX, podent ser un efecte agregat per concentració en aquesta zona de les partícules abocades tant en la EDAR Rincón de Lleó com de la EDAR Muntanya Orgegia.

És esperable, en un futur pròxim, poder efectuar modelització de situacions dinàmiques corresponents a variacions d'estats de mar, vent i nivells d'aigua per a períodes de temps superiors als efectuats en l'estudi anterior (1 mes aproximadament) mitjançant l'actualització del programari Delft3D de Deltares. L'ús d'un programari diferent del MOHID Water emprat en l'estudi anterior permetrà la verificació de les eines utilitzades incrementant la fiabilitat en els resultats que s'obtinguen.

7.-Bibliografia

- Action Modulers. Keyword List - MOHID. http://wiki.mohid.com/index.php?title=Keyword_list.
- MOHID Studio - Quick-Start Guide for MOHID Water Implementation - v.2.0. [En línia] http://wiki.actionmodulers.com/wiki/index.php?title=mohid_studio_-_quick-Start_Guide_for_MOHID_Water_Implementation_-_v.2.0.
- AHSA. 2020. La Comissió Europea inicia una investigació sobre la situació de contaminació crònica per abocaments urbans residuals i industrials en l'espai marí protegit de la xarxa natura 2000 "LIC i ZEPA de Tabarca". Alacant: Asha.org,
- Barreto, I., Ezzatti, P. i Fossati, M. 2009. Estudi inicial del model MOHID. Montevideo (l'Uruguai): PEDECIBA - Institut de Computació, Facultat d'Enginyeria de la Universitat de la República. Reporte Tècnic RT 09-10.
- Booij, N., Holthuijsen, L.H. i Ris, R.C. 1996. The "SWAN" Wave Model for Shallow Water. Orlando: Florida (USA).
- Cambroner Arribas, P. 2020. Estudi de dinàmica litoral per a la caracterització de la massa d'aigua costanera C017 (Santa Pola – Guardamar del Segura): anàlisi de les possibles fonts de contaminació per nutrients i proposta de mesures de gestió. Treball Final de Màster. Màster Universitari en Enginyeria de Camins, Canals i Ports. Universitat Politècnica de València .
- Comerma, E. 2004. Modelatge numèric de la deriva i envelliment dels hidrocarburs abocats a la mar: aplicació operacional en la lluita contra les marees negres. PhD thesis, UPC.
- Confederació Hidrogràfica del Xúquer. 2015. Pla Hidrològic de la Demarcació Hidrogràfica del Xúquer.
- Confederació Hidrogràfica del Segura. Cabals ecològics. <https://www.chsegura.es/chs/cuenca/resumendedatosbasicos/caudalesecologicos/>
- Conselleria d'Agricultura, Desenvolupament Rural, Emergència Climàtica i Transició Ecològica. 2016. El Consell ajuda a investigar a tres universitats sobre l'aplicació de la Directiva Marc de l'Aigua a les masses d'aigües costaneres i de transició de la Comunitat. València: Generalitat Valenciana.
- Delft University of Technology. SWAN Implementation Manual. [En línia] http://swanmodel.sourceforge.net/online_doc/swanimp/swanimp.html.
- Direcció General de Sostenibilitat de la Costa i la Mar del Ministeri per a la Transició Ecològica i el Repte Demogràfic. Pla de Ecocartografías del litoral espanyol. <https://www.miteco.gob.es/es/costas/temas/proteccion-costa/ecocartografias/ecocartografia-alicante.aspx>.

- iAigua. 2014. Comença la recuperació ambiental del riu Segura a la ciutat de Múrcia. 31 de 03 de 2014. <https://www.iagua.es/noticias/restauracion/14/03/31/comença-la-recuperacion-ambiental-del-va-riure-segura-a-la-ciutat-de-murcia-47650>.
- Institut Geològic i Miner d'Espanya - Direcció General de l'Aigua. 2009. Identificació i caracterització de la interrelació que es presenta entre aigües subterrànies, cursos fluvials, descàrregues per brolladors, zones humides i altres ecosistemes naturals d'especial interès hídric. Madrid: Institut Geològic i Miner d'Espanya - Direcció General de l'Aigua.
- Institut d'Enginyeria de l'Aigua i Medi Ambient (IIAMA - UPV). 2018. Informe del contracte menor CNME 18/0303/30 - Campanya de control de paràmetres físic-químics i clorofil·la en tres masses d'aigua costaneres de la Comunitat Valenciana. València: Universitat Politècnica de València.
- López Jiménez, A. 2016. El procés de dispersió de contaminants en mitjans receptors - UPV. <https://www.youtube.com/watch?v=d0h2ehyphbw>
- Martí Insa, C.M. 2010. Tesi Doctoral: Caracterització ecològica i establiment dels criteris per a determinar el potencial ecològic en les salines de les Comunitat Valenciana. València: Universitat Politècnica de València.
- Martínez Guijarro, R. 2009. Tesi doctoral: Determinació de comunitats fitoplànctòniques mitjançant espectroscòpia visible i la seua relació amb els recomptes per microscòpia de epifluorescència . València: Universitat Politècnica de València.
- Ministeri d'Agricultura, Pesca i Alimentació. 2015. Reial decret 817/2015, d'11 de setembre, pel qual s'estableixen els criteris de seguiment i avaluació de l'estat de les aigües superficials i les normes de qualitat ambiental. Madrid: Boletín Oficial del Estado.
- Ministeri de Transports, Mobilitat i Agenda Urbana. Ports de l'Estat. [En línia] www.puertos.es. MOHID Fòrum. <http://forum.mohid.com/>
- Oliva Cañizares, A. 2019. Risc d'Inundació i gestió de l'aigua pluvial en el Barranc de les Ovelles. Alacant: Universitat d'Alacant.
- Parlamente Europeu i Consell de la Unió europea. 2000. Directiva 2000/60/CE del Parlament Europeu i del Consell de 23 d'octubre de 2000 per la qual s'estableix un marc comunitari d'actuació en l'àmbit de la política d'aigües. Brussel·les: Diari Oficial de les Comunitats Europees.
- Romero, I., Cambroner, P., González-Escrivá JA., Molines, J., Pachés, M., Martínez-Guijarro, R., Serra-Peris, J., Poliment-Velázquez, M., Barat, R., 2020. Estat ecològic de la massa d'aigua costanera C017: Santa Pola-Guardamar del Segura, dinàmica litoral, fonts de contaminació i les seues mesures de gestió.
- Síndic de Greuges. 2019. Contaminació ambiental. Conducció d'abocaments de terra a mar procedent de la depuradora Rincón de Lleó. València: Registre general de la Comunitat Valenciana. 01950.



8.-Equip de treball

Coordinadora: Inmaculada Romero Gil

Equip de treball:

Jose Alberto González Escrivá

Jorge Molines Llodra

Maria Aguas Vivas Pachés Giner

Remedios Martínez Guijarro

José Serra Peris

Manuel Pulido Velázquez

Ramón Barat Baviera

Félix Francés

Javier Rodrigo Ilarri