taXon

ESTUDIOS AMBIENTALES

DOCUMENTOS

MEMORIA TÉCNICA

DOCUMENTACIÓN COMPLEMENTARIA DE LA COMUNICACIÓN E INFORME AMBIENTAL SOBRE EL AUMENTO DEL TAMAÑO DE LA CONCESIÓN DE PISCIFACTORIAS ALBALADEJO S.L. EN EL POLÍGONO DE SAN PEDRO DEL PINATAR

piscialba

PISCIFACTORIAS Albaladejo

Ref: DT2020/036

PISCIFACTORIAS ALALADEJO S.L.

ESTUDIOS AMBIENTALES, S.L.

DOCUMENTOS

DOCUMENTACIÓN COMPLEMENTARIA DE LA COMUNICACIÓN E INFORME AMBIENTAL SOBRE EL AUMENTO DEL TAMAÑO DE LA CONCESIÓN DE PISCIFACTORIAS ALBALADEJO S.L. EN EL POLÍGONO DE SAN PEDRO DEL PINATAR

MEMORIA TÉCNICA
Ref: DT2020/036

PROMOTOR
PISCIFACTORIAS ALALADEJO S.L.

COORDINADOR
Alberto Javier Perán Rex (*Lcdo. Biología)*

EQUIPO DE TRABAJO
TOMÁS SENABRE GONZÁLEZ (*Lcdo. Biología)*

MURCIA, JULIO 2020

Firmado por PERAN REX ALBERTO JAVIER - 27484474A el día 30/07/2020 con un certificado emitido por AC FNMT Usuarios

ESTUDIOS AMBIENTALES, S.L.

MURCIA

Polig Ind. Oeste

C/ Uruguay, s/n - Parc 8/27 Nave 31

30820 Alcantarilla (MURCIA)

Tfno: 968 845 265 / Fax: 968 894 354

taxon@taxon.es

CANARIAS

C/ Amanecer, Nº30. Local 3 Dcha.

La Laguna. 38206 S/C Tenerife.

Tfno: 922 514 696 / Fax: 922 825 596

canarias@taxon.es

COMUNIDAD VALENCIANA

C/ Reina Victoria, Nº 114, bajo.
03201 Elche (Alicante).
Tfno: 966 618 136

comvalenciana@taxon.es

Copyright © 2020 Taxon Estudios Ambientales, S.L.

Los datos y resultados generados por este trabajo son propiedad del Promotor del mismo.

Los derechos sobre la propiedad intelectual de este documento pertenecen a los autores de los respectivos apartados.

Ninguna parte del presente documento puede ser copiada, almacenada, reproducida o transmitida por ningún medio electrónico, fotocopia, registro u otros medios sin permiso por escrito del Promotor y autores.

índice

1. INTRODUCCIÓN *pag. 1*
    1.1 UBICACIÓN DEL PROYECTO *pag. 1*
2. SOLICITUD DE COMPATIBILIDAD CON LA ESTRATEGIA MARINA *pag. 4*
3. GESTIÓN DE LOS RESIDUOS DE LA EXPLOTACION *pag. 8*
4. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO *pag. 9*
    4.1 INFRAESTRUCTURAS NECESARIAS *pag. 9*
    4.2 DEFINICIÓN GENERAL DEL NUEVO SISTEMA PRODUCTIVO *pag. 11*
5. DINÁMICA LITORAL *pag. 14*
    5.1 CLIMA ATMOSFÉRICO *pag. 14*
    5.2 RÉGIMEN DE VIENTOS *pag. 16*
    5.3 OLEAJE *pag. 18*
    5.4 REGIMEN DE CORRIENTES. ESTRUCTURA HIDROGRÁFICA. *pag. 22*
    5.5 ESTUDIO BÁSICO DE DINÁMICA SEDIMENTARIA *pag. 28*
6. SIMULACIÓN DEL VERTIDO *pag. 30*
    6.1 DESCRIPCIÓN DEL MODELO *pag. 30*
        6.1.1 EL SISTEMA DE MODELADO ACUÁTICO MOHID. DESCRIPCIÓN Y APLICACIONES. *pag. 30*
        6.1.2 FORZANTES *pag. 31*
        6.1.3 ESCENARIOS *pag. 37*
        6.1.4 VALIDACIÓN DEL MODELO *pag. 39*
    6.2 RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN DEL VERTIDOS *pag. 49*

1. INTRODUCCIÓN

El presente documento técnico se presenta para completar la información solicitada en el escrito: INFORME FAVORABLE AL PROYECTO PARA LA SOLICITUD DEL AUMENTO DE LA SUPERFICIE DE LA CONCESIÓN DE D.P.M.T. PARA UNA INSTALACIÓN ACUÍCOLA EN EL POLÍGONO PARA CULTIVOS MARINOS EN JAULAS FLOTANTES DE PISCIFACTORÍAS ALBALADEJO, S.L. EN SAN PEDRO DEL PINATAR. N/REF BioEEMM 47 / afgv, de 29 de noviembre de 2019.

PISCIFACTORIAS ALBALADEJO S.A. (en adelante **PISCIALBA**) con CIF B73111205 manifiesta la intención de realizar una **modificación no sustancial** en la concesión de acuicultura de la que es titular y que se halla situada frente a las costas de San Pedro del Pinatar, entre el Mojón y la Punta del Pudrimel. Dicha concesión dispone de Autorización de 27 de abril de 2016 de la Dirección General de Agricultura, Ganadería, Pesca y Acuicultura.

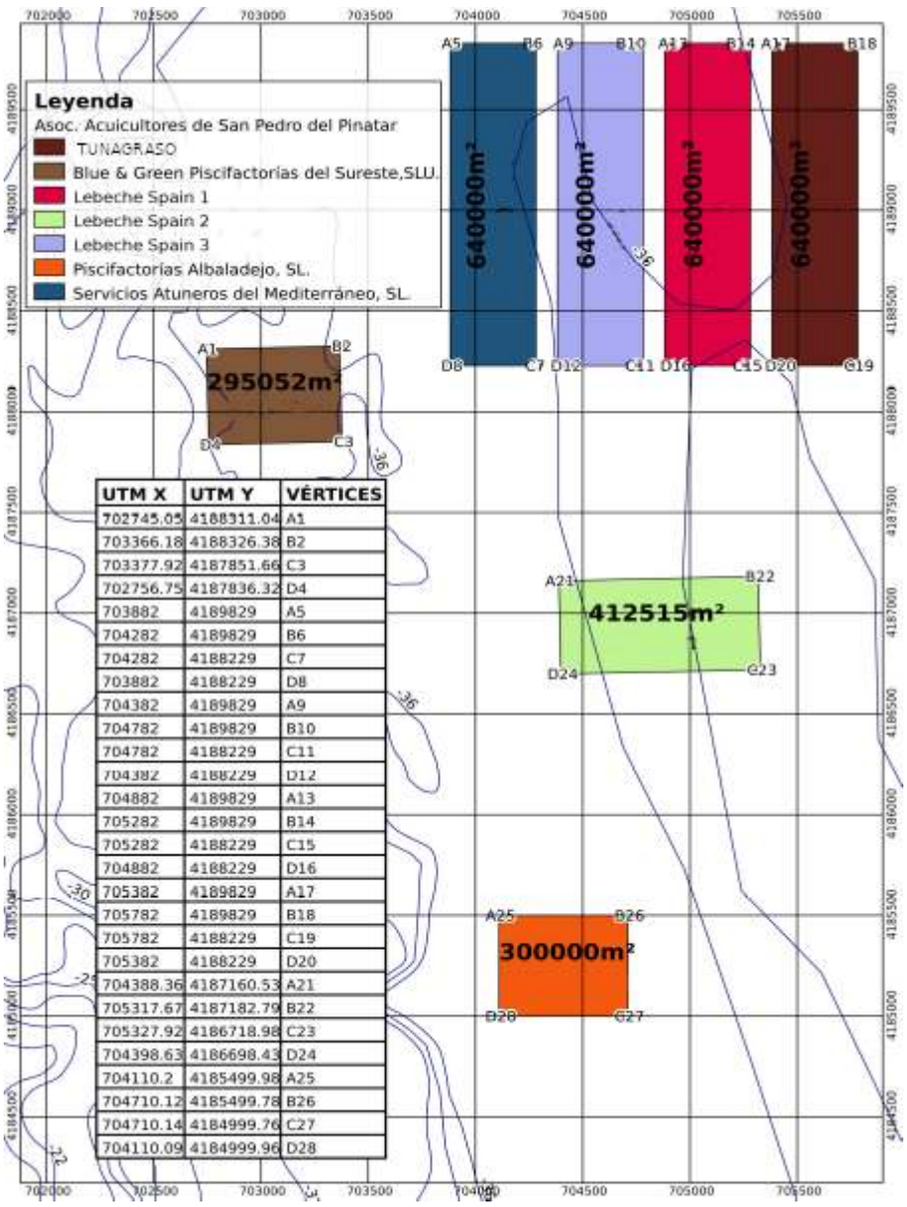
La modificación en cuestión consiste en la ampliación de los límites de su concesión de d.p.m.t. y posterior aumento del número de flotillas de jaulas instaladas en la misma, **manteniendo el actual nivel de producción**. Por tanto, a continuación se evalúan el alcance de los vertidos a partir de la nueva situación solicitada, compuesta de cuatro flotillas de doce jaulas cada una; de las cuales una de ellas siempre se encuentra en estado de barbecho (vacía).

1.1 UBICACIÓN DEL PROYECTO

La zona de estudio está localizada frente a las costas de San Pedro del Pinatar, (Murcia), (Figura 2). Las jaulas para el cultivo se encuentran emplazadas en un tramo de costa totalmente abierta y expuesta a los vientos de NE y SW, predominantes en la zona entre El Mojón y la Punta del Pudrimel.

Este tramo se caracteriza por la existencia de una plataforma costera de unos 19 km de anchura hasta la batimétrica de los 100 m, 12 km a la de 50 y 7 km a la de 40 m, aproximadamente, lo que hace de este emplazamiento uno de los más propicios para el desarrollo de la acuicultura del Mediterráneo. La concesión de PISCIALBA a 3,7 millas náuticas, rumbo 120° SE del Puerto Pesquero de San Pedro del Pinatar.

Las siete instalaciones de acuicultura se encuentran sobre fondos cuya profundidad oscila entre 39 y 43 m. definidas por las coordenadas que aparecen en la Figura 1. La instalación de **PISCIALBA** forma un polígono rectangular de una superficie de 30 Has. (500 m x 600 m), definida por los vértices que se muestran en la Figura 1.



UTM X	UTM Y	VÉRTICES
702745.05	4188311.04	A1
703366.18	4188326.38	B2
703377.92	4187851.66	C3
702756.75	4187836.32	D4
703882	4189829	A5
704282	4189829	B6
704282	4188229	C7
703882	4188229	D8
704382	4189829	A9
704782	4189829	B10
704782	4188229	C11
704382	4188229	D12
704882	4189829	A13
705282	4189829	B14
705282	4188229	C15
704882	4188229	D16
705382	4189829	A17
705782	4189829	B18
705782	4188229	C19
705382	4188229	D20
704388.36	4187160.53	A21
705317.67	4187182.79	B22
705327.92	4186718.98	C23
704398.63	4186698.43	D24
704110.2	4185499.98	A25
704710.12	4185499.78	B26
704710.14	4184999.76	C27
704110.09	4184999.96	D28

Figura 1: Mapa de las diferentes empresas concesionarias que conforman la Asociación FARM de Empresas de Acuicultura de la Región de Murcia.

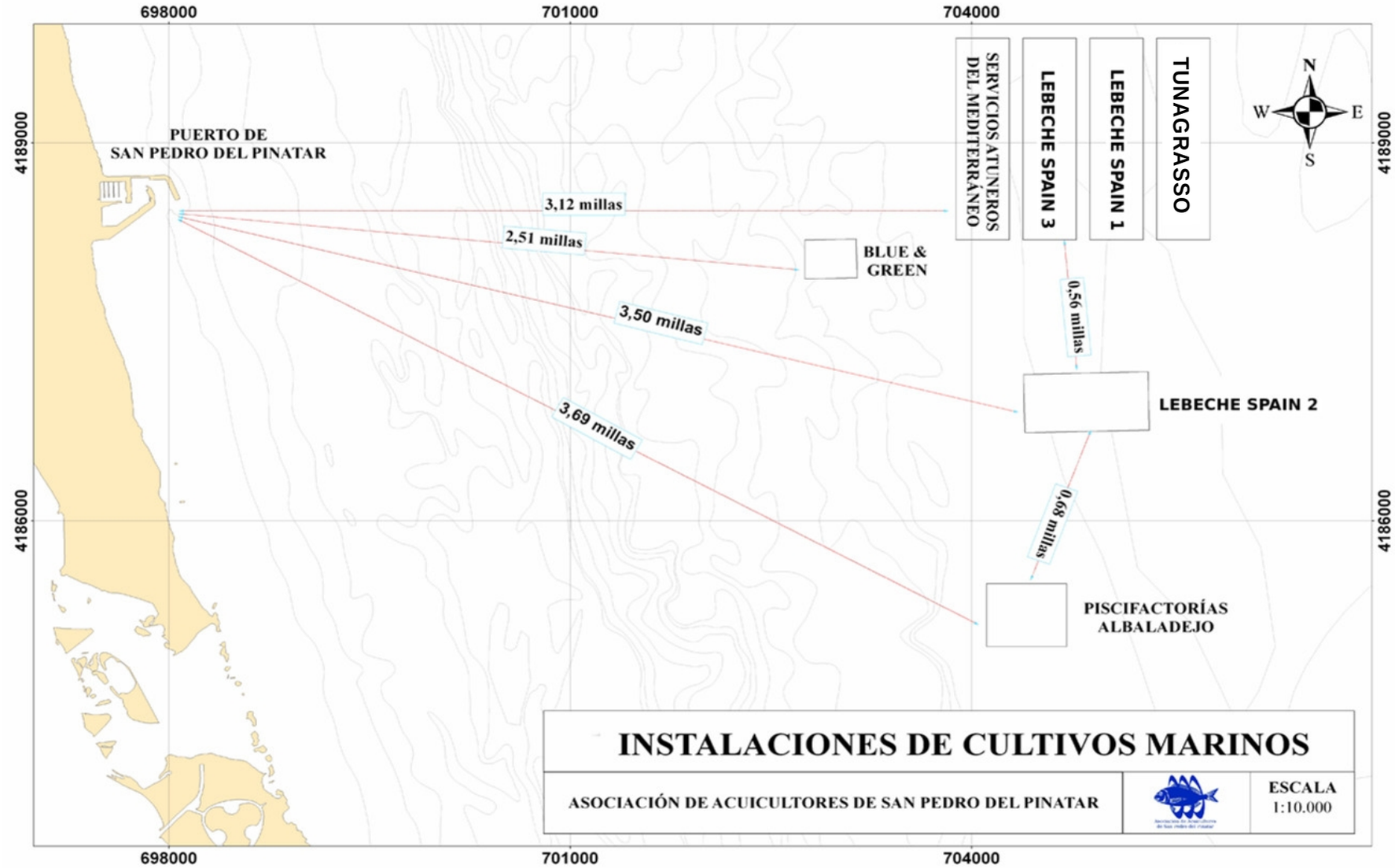


Figura 2: Localización de las instalaciones acuícolas de la Asociación FARM de Empresas de acuicultura de la Región de Murcia con distancias a puerto.

2. SOLICITUD DE COMPATIBILIDAD CON LA ESTRATEGIA MARINA

La **Ley 41/2010, de 29 de diciembre, de protección del medio marino,** configura un marco normativo completo dirigido a garantizar la articulación de las actividades humanas en el mar, de manera que no se comprometa la conservación de los ecosistemas marinos, con el principal objetivo de lograr o mantener un buen estado ambiental del medio marino. Incorpora así al Derecho español la Directiva 2008/56/CE de 17 de junio de 2008, por la que se establece un marco de acción comunitario para la política del medio marino (Directiva Marco sobre la estrategia marina).

Una de las principales medidas contenidas en la Ley 41/2010, de 29 de diciembre, es la regulación de las *estrategias marinas*, como instrumentos de planificación de cada una de las cinco demarcaciones marinas en que la Ley subdivide el medio marino español.

Las instalaciones de acuicultura marina para el cultivo o engorde de especies comerciales se hallan incluidas en el Anexo I epígrade "Q" del "*Real Decreto 79/2019, de 22 de febrero, por el que se regula el informe de compatibilidad y se establecen los criterios de compatibilidad con las estrategias marinas",* dentro de las actividades que deben contar con informe de compatibilidad con las estrategias marinas.

Dada la fecha de publicación de este decreto, ni el Proyecto Específico de Vertido presentado en 2018, ni la tramitación de la solicitud de concesión de dpmt, incluyeron la información que desde 2019 es requerida por el *RD79/2919* en relación a su compatibilidad con la estrategia marina. A pesar de ello, tal y como establece la *Disposición transitoria única* sobre *Actuaciones sin autorización o aprobación y con declaración o informe de impacto ambiental del RD79/2919 de 22 de febrero,* las previsiones "*en cuanto a la emisión del informe de compatibilidad serán de aplicación a aquellos procedimientos iniciados y aún no finalizados a su entrada en vigor*". Motivo por el que se ha procedido a la inclusión del presente capítulo en esta Memoria Complementaria.

El Art. 5 del RD79/2019 determina que las solicitudes deberán ir acompañadas de la siguiente documentación:

a) Proyecto o memoria de la actuación que se pretende realizar: que ya presentó 11/07/2018 como COMUNICACIÓN E INFORME AMBIENTAL SOBRE EL AUMENTO DEL TAMAÑO DE LA CONCESIÓN DE PISCIFACTORIAS ALBALADEJO S.L. EN EL POLÍGONO DE SAN PEDRO DEL PINATAR (Ref: DT2018/008).
b) Documentación técnica complementaria relativa a los hábitats y especies de la zona donde se quiere realizar la actuación: incluido en el capítulo 6 del mencionado documento DT2018/008

c) Informe justificativo de la adecuación de la actuación a los criterios de compatibilidad y de su contribución a la consecución de los objetivos ambientales (este capítulo)

d) En el caso de actuaciones que se desarrollen en espacios marinos protegidos, este informe deberá incluir además un análisis específico en relación a los valores protegidos presentes en estos espacios y una justificación de que la actuación es compatible con la conservación de estos valores. Este documento corresponde al informe EVALUACIÓN DE REPERCUSIONES SOBRE LA RED NATURA 2000, DT2018/049) entregado por registro el 21/11/2019

Los objetivos ambientales de la Estrategia Marina para la instalación de instalaciones de acuicultura marina dentro de la Demarcación Levantino-Balear son detallados en el Anexo II del es detallado en "*Resolución de 13 de noviembre de 2012, de la Secretaría de Estado de Medio Ambiente, por la que se publica el Acuerdo del Consejo de Ministros de 2 de noviembre de 2012, por el que se aprueban los objetivos ambientales de las estrategias marinas españolas*".

De la revisión de estos objetivos se considera que la actividad es compatible con los objetivos ambientales generales y específicos de la Estrategia Marina de la Demarcación Levantino-Balear incluidos en **Ley 41/2010 de *Protección del Medio Marino,*** puesto que cumple los siguientes objetivos:

OBJETIVO ESPECÍFICO A: Proteger y preservar el medio marino, incluyendo su biodiversidad, evitar su deterioro y recuperar los ecosistemas marinos en las zonas que se hayan visto afectados negativamente	
A.1.	**Asegurar la conservación y recuperación de la biodiversidad marina a través de instrumentos y medidas efectivos.**
A.1. 1.	*Reducir la intensidad y área de influencia de las presiones antropogénicas significativas sobre los hábitats bentónicos, con especial atención a los hábitats biogénicos y/o protegidos que representan puntos calientes de biodiversidad y son clave para asegurar los servicios y funciones del medio marino.*
	El proyecto se halla a distancia suficiente de hábitas biogénicos, en este caso praderas de *P. oceanica.* Esta suficiencia ha sido avalada por las recomendaciones de distanciamiento de la comunidad científica, por los estudios de dispersión realizados en la zona y los resultados de los planes de vigilancia que anualmente se presentan.
A.1. 2.	*Minimizar las posibilidades de introducción o expansión secundaria de especies alóctonas, atendiendo directamente a las vías y vectores antrópicos de translocación (evitar escapes en instalaciones de acuicultura o acuariofilia, evitar el transporte y liberación al medio de especies asociadas a las cultivadas en áreas fuera de su rango natural, control de aguas de lastre, control de cebos vivos, control del vertido de sedimentos, control del fondeo o limpieza de cascos).*
	Las especies cultivadas son todas autóctonas. La pérdida de ejemplares de una jaula supone grandes pérdidas económicas para el promotor de las instalaciones por lo que en interés propio adopta las medidas preventivas técnicamente viables. Tanto en materia de prevención, mitigación, información como de seguimiento se adoptan las recomendaciones de los protocolos para la gestión de escapes elaborados por el Plan Estratégico Plurianual de la Acuicultura Española (PEAE) 2014 – 2020 elaborado por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. El proyecto contempla el uso de redes construidas con los mejores materiales disponibles para que presenten un alto grado de resistencia y flotabilidad especialmente ante condiciones climáticas adversas.
A.1. 4.	*Reducir las principales causas de mortalidad y disminución de las poblaciones de grupos de especies no comerciales en la cima de la cadena trófica (mamíferos marinos, reptiles, aves marinas, elasmobranquios pelágicos y demersales), tales como capturas accidentales, colisiones con embarcaciones, ingestión de basuras marinas, depredadores terrestres introducidos, contaminación, destrucción de hábitats y sobrepesca.*
	Hasta el momento no se han reportado episodios de daño o mortandad de especies de mamíferos marinos o reptiles asociadas a la actividad acuícola. No obstante, las instalaciones contemplan medidas específicas (manual del buenas prácticas en la acuicultura) para la revisión y tratamiento en caso de que pudiera producirse algún tipo de incidencia con las jaulas. El proyecto ya cuenta con el informe favorable del MITECO, que acepto el criterio de distanciamiento de la zonas de nidificación respecto a la ZEPA ES0000508 Espacio Marino Tabarca-Cabo Palos
A.1. 5.	*Prevenir los impactos sobre las redes tróficas del cultivo de especies marinas, con especial atención al cultivo de las especies no nativas y poco comunes.*
	El proyecto no propone en ningún caso el cultivo de especies no nativas o poco comunes.

OBJETIVO ESPECÍFICO B: Prevenir y reducir los vertidos al medio marino, con miras a eliminar progresivamente la contaminación del medio marino, para velar por que no se produzcan impactos o riesgos graves para la biodiversidad marina, los ecosistemas marinos, la salud humana o los usos permitidos del mar.	
B.1.	**Adoptar y aplicar las medidas necesarias para que la introducción de materia o energía en el medio marino no produzca efectos negativos significativos sobre los ecosistemas ni los bienes y servicios provistos por el medio marino.**
B.1. 2	*Reducir la frecuencia de vertidos sin tratamiento adecuado al mar desde embarcaciones y plataformas.*
	El proyecto inicial ya contemplaba un Plan de Contingencias frente a vertidos que afecten a la calidad de la columna de agua tal y como aconseja APROMAR en su “Guía de Buenas Prácticas” para reducir el impacto de las actividades acuícolas sobre el medio ambiente y llevar a cabo una gestión sostenible de las especies cultivadas.
B.1. 5.	*No sobrepasar los valores de base de nitrato y fosfato con más frecuencia de lo esperable estadísticamente debido a variabilidad hidrológica en toda la demarcación levantino-balear.*
	Las instalaciones suponen, por el metabolismo de los peces cultivados, una fuente de vertido de nutrientes que, de forma inevitable es liberado al medio marino (vertido disuelto) incrementando

	así los valores basales en el entorno de las instalaciones. Las únicas acciones correctivas posibles, consisten en planificar las instalaciones orientadas de tal manera que se favorezca la dilución de los vertidos a favor de la la corriente marina mayoritaria en la zona de estudio. Las modificaciones propuestas van a suponer una tasa de vertido diario menor, aunque el vertido total se mantendrá inatlerado.
B.2.	**Adoptar y aplicar las medidas necesarias para lograr que las concentraciones de contaminantes se encuentren en niveles que no produzcan efectos de contaminación.**
B.2. 1.	*No superar los niveles de contaminantes establecidos en biota por las autoridades competentes y por los organismos internacionales, y que las tendencias temporales sean decrecientes o permanezcan estables si las concentraciones están lo suficientemente cercanas al nivel basal.*
	El Plan de Vigilancia Ambiental (PVA) propuesto en el EIA, contempla el seguimiento de comunidades infaunales y el cálculo de índices indicadores del estado del medio, garantizando el *feedback* necesario para mantener los niveles contaminantes en la biota dentro de los valores límite que se establezcan en la correspondiente Autorización de Vertido.
B.2. 2.	*Mantener tendencias temporales decrecientes o estables en los niveles de contaminantes en sedimentos.*
	De acuerdo a los estudios de dispersión aportados junto con este apartado, los sedimentos van a recibir una tasas de sedimentación menores a las actuales, aunque más repartidas espacilamente. El nivel global de impacto sobre el sedimento va a disminuir en consecuencia.

OBJETIVO ESPECÍFICO C: Garantizar que las actividades y usos en el medio marino sean compatibles con la preservación de su biodiversidad.	
C.2.	**Adoptar y aplicar las medidas necesarias para minimizar el impacto de las actividades humanas en las condiciones físicas del medio marino.**
C.2. 1.	*Garantizar que la superficie afectada por alteraciones físicas permanentes causadas por actividades humanas sea una proporción reducida del área total de la demarcación levantino-balear.*
	Según las fichas de presiones e impactos incorporadas en los documentos del "Segundo ciclo de estrategias marinas (2018-2024)" elaboradas por el MITECO la superficie mínima del fondo marino de la Demarcación levantino-balear que ha sufrido algún tipo de perturbación es de 311 km² lo que representa el 0,13% de la superficie de la demarcación, de ella las jaulas flotantes suponen sólo 0,003%. El aumento de 0,6 km² provocado por la presente actuación es ínfimo en consecuencia. Los planes de vigilancia ambiental (PVA) contemplan el seguimiento de la extensión y alcance de estos vertidos.
C.2. 2.	*Garantizar que las alteraciones físicas localizadas y permanentes causadas por actividades humanas no amenacen la perdurabilidad y funcionamiento de los hábitats biogénicos y/o protegidos, ni comprometan el logro o mantenimiento del BEA para estos hábitats.*
	Los planes de vigilancia ambiental (PVA) contemplan el seguimiento de las propiedades físico-químicas de los fondos así como de comunidades infaunales y el cálculo de índices indicadores del estado del medio.
C.3.	**Promover un mejor grado de conocimiento de los ecosistemas marinos españoles y de su respuesta ante las actividades humanas, así como un mejor acceso a la información ambiental disponible.**
C.3. 5.	*Ampliar el conocimiento sobre el efecto de las actividades humanas sobre los hábitats, especialmente los biogénicos y protegidos, sus especies, poblaciones y comunidades, su sensibilidad, límites de tolerancia y capacidad adaptativa y de aclimatación, especialmente en relación a las actividades pesqueras, las construcción de infraestructuras, los dragados, la extracción de recursos marinos no renovables, la contaminación y la interacción con los efectos del cambio climático (acidificación, calentamiento, etc.)*
	Los Estudios Ambientales de acuicultura (EIA, PVA, etc) que se llevan desarrollando en la zona de estudio, desde aproximadamente dos décadas son una aportación al conocimiento de las interacciones de la acuicultura con los hábitats de gran valor, que han promovido la creación de importantes alianzas de cara a la investigación y desarrollo.

3. GESTIÓN DE LOS RESIDUOS DE LA EXPLOTACION

Ya con el Estudio de Impacto Ambiental del PROYECTO DE AMPLIACIÓN DE PRODUCCIÓN DE LAS INSTALACIONES ACUÍCOLAS DEL ÁREA DE SAN PEDRO DEL PINATAR Ref: DT2013/031 que cuenta con DIA favorable de 16 de diciembre de 2014 se adoptaron y presentaron los siguientes documentos en relación a la gestión de residuos y buenas prácticas ambientales:

- **GUÍA DE BUENAS PRÁCTICAS** para reducir el impacto de las actividades acuícolas sobre el medio ambiente y llevar a cabo una gestión sostenible de las especies cultivadas. Esta guía incluye un capítulo de Gestión de Residuos (módulo 5) según el cual los productores del Polígono de cultivos marinos de San Pedro deben:
    - Tener identificados los requisitos legales aplicables al mismo.
    - Disponer de los permisos y licencias establecidos por la legislación.
    - Atender todos los requerimientos de control e inspección que se hagan por la autoridad competente.
- **PROGRAMA SANITARIO ADS REGIÓN DE MURCIA** 2011

Ambos documentos siguen en vigor y no sufrirán modificación por el proyecto de ampliación de superficie de Piscialba.

En el caso particular de Piscialba el promotor cumple con ambos documentos y mantiene un Plan de Gestión de Residuos que incluye:

1. Contrato de gestión de residuos peligrosos con Retramur.
2. Certificado de recogida de residuos no peligrosos con Peñaplast
3. Póliza anual del seguro de recogida de bajas de la granja de San Pedro. La recogida es de 3 veces por semana, suponiendo que haya volumen de bajas a retirar.

4. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

4.1 INFRAESTRUCTURAS NECESARIAS

El objetivo del nuevo proyecto es conseguir un aumento de superficie de d.p.m.t. desde los 300.000 m² (600mx500m) actuales hasta los 900.000 m² (1200mx750m), y poder fondear así hasta un total de 4 flotillas, cada una con doce jaulas de dimensiones similares a las actuales. De esta manera sería posible introducir cambios en el sistema de explotación, como es el procesado por lotes y el barbecho sanitario, encaminados ambos garantizar la calidad que los mercados exigen a este tipo de productos. Las nuevas coordenadas de la concesión corresponderían con las presentadas en la siguiente tabla.

Vértice	longitud	Latitud
A	0° 040,9852’ W	37° 047,5368’ N
B’	0° 040,1680’ W	37° 047,5207’ N
C’	0° 040,1808’ W	37° 047,1153’ N
D’	0° 040,9978’ W	37° 047,1315’ N

Es intención de PISCIALBA realizar un cultivo itinerante entre flotillas dejando siempre una flotilla en barbecho (vacía). Con esto se consiguen dos objetivos, el separar de forma alternativa las poblaciones de peces estabulados por los motivos anteriormente expuestos y disminuir el impacto sobre el fondo marino situado bajo las jaulas, de forma que la calidad del sedimento, y por tanto la calidad del cultivo, se vería beneficiado. Por tanto **en ningún momento se está solicitando aumento de la producción.**

CONCESIÓN ACTUAL:	
Superficie de la concesión :	300.000 m^2
Superficie ocupada por las jaulas:	38.400 m^2
Profundidad media:	37 m.
Número de jaulas:	24 de ∅25m

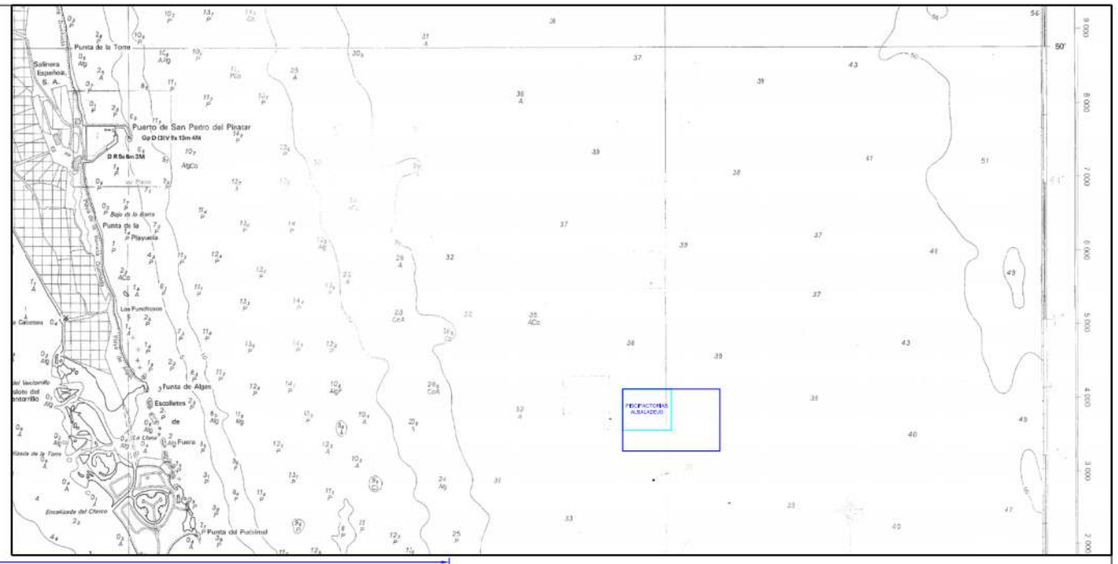
CONCESIÓN SOLICITADA:	
Superficie de la concesión :	900.000 m^2
Superficie ocupada por las jaulas:	76.800 m^2
Profundidad media:	37 m.
Número de jaulas:	48 de ∅25m

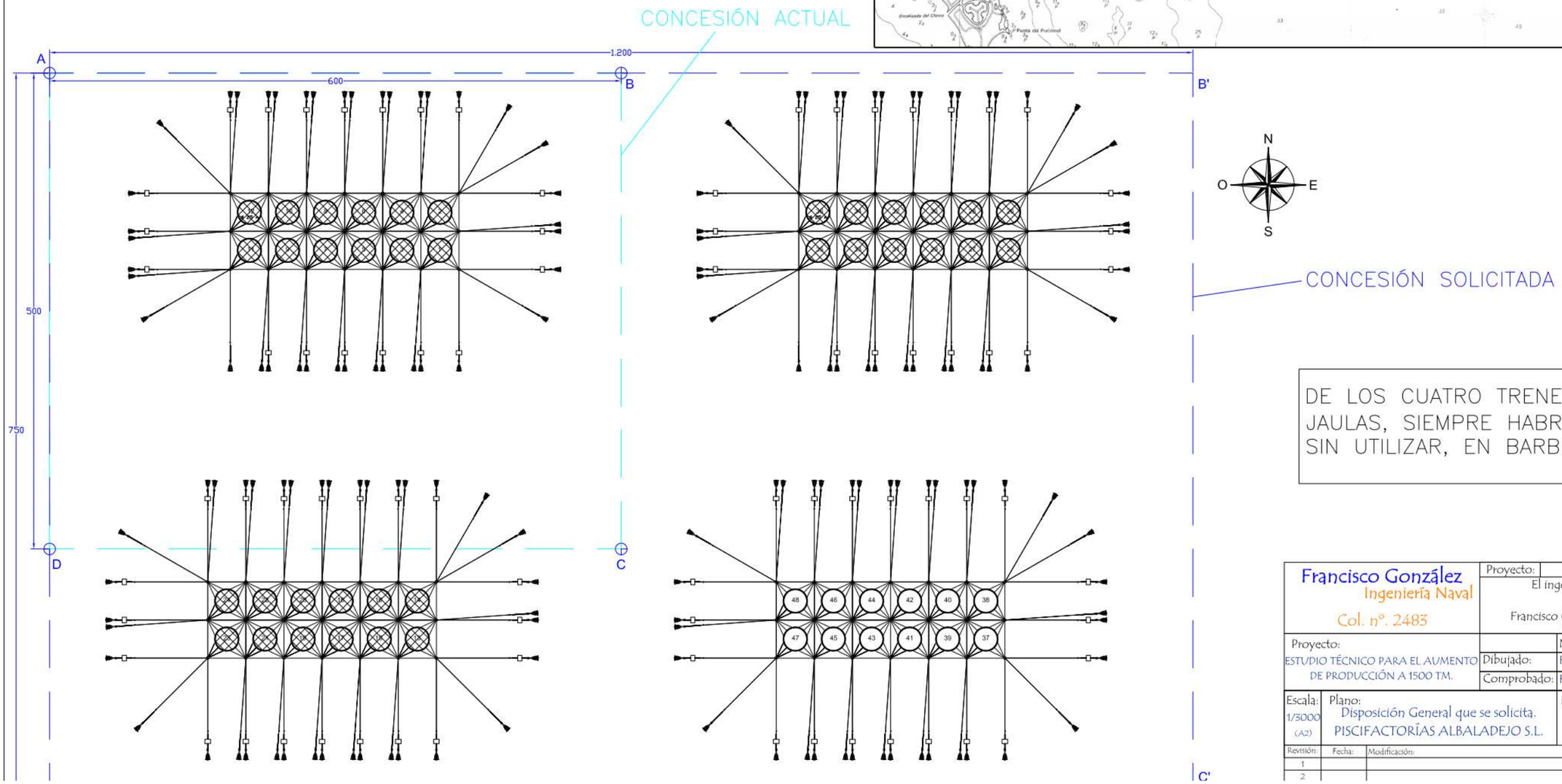
Coordenadas UTM de los vértices de la concesión actual:

Vértice	Coordenada X	Coordenada Y
A	704005	4185297
B	704605	4185297
C	704605	4184797
D	704005	4184797

Coordenadas UTM de los vértices de la concesión solicitada:

Vértice	Coordenada X	Coordenada Y
A	704005	4185297
B'	705205	4185297
C'	705205	4184547
D'	704005	4184547





DE LOS CUATRO TRENES DE JAULAS, SIEMPRE HABRÁ UNO SIN UTILIZAR, EN BARBECHO.

Francisco González Ingeniería Naval Col. nº. 2483	Proyecto:	06 / 2012	
	El ingeniero Naval: Francisco González Paredes Col. 2483		
Proyecto: ESTUDIO TÉCNICO PARA EL AUMENTO DE PRODUCCIÓN A 1500 TM.		Nombre	Fecha
	Dibujado:	F. González	05/06/13
	Comprobado:	F. González	05/06/13
Escala: 1/3000 (A2)	Plano: Disposición General que se solicita. PISCIFACTORÍAS ALBALADEJO S.L.	Nº Plano: ALB-DG-001	

Revisión:	Fecha:	Modificación:	Dibujado:	Comprobado:
1			F. González	F. González
2				

4.2 DEFINICIÓN GENERAL DEL NUEVO SISTEMA PRODUCTIVO

Tipo de especies

Se trata de un cultivo de peces osteictios, principalmente dorada (*Sparus aurata*), lubina (*Dicentrarchus labrax*) y atún rojo (*Thunnus thynnus*), aunque no se descarta el cultivo de otras especies como la corvina (*Argyrosomus regius*), lecha (*Seriola dumerilii*), besugo (*Pagullus bogaraveo*), pargo *(Pagrus pagrus*), herrera (*Lithognatus mormyrus*), sargo *(Diplodus sargus*), sargo picudo *(Diplodus puntazzo*), dentón (*Dentex dentex*), lenguado *(Solea solea*) y otras que finalmente sean domesticadas y cuyo interés económico lo justifique, siempre que no supongan cambios significativos, en cuanto a las técnicas de cultivo, infraestructuras necesarias e impacto ambiental y un posibilidad ya contemplada en la DIA inicial.

Fases de explotación

En el caso de especies como la dorada, lubina y corvina se trata de un cultivo intensivo en jaulas flotantes en mar abierto, partiendo de alevines abastecidos por empresas dedicadas a la producción de individuos. La alimentación de estas especies está basada exclusivamente en piensos comerciales. En el caso del atún se trata por ahora de un semicultivo a partir de ejemplares capturados en el medio natural durante el periodo de veda autorizado, y la carnada congelada (alacha, estornino y caballa) constituye la principal y casi única fuente de alimento. En la actualidad el cultivo de atún se limita a un proyecto de investigación en colaboración con el IEO, sobre la domesticación del atún, disponiendo en sus instalaciones de un pequeño stock de reproductores y juveniles nacidos ya en cautividad (primavera de 2017), habiéndose llevado a cabo el cultivo larvario en el IEO, donde se desarrollan hasta que los ejemplares tienen tamaño y edad suficiente para su traslado a las jaulas.

Escala e intensidad de producción

Durante los últimos años PISCIALBA se ha centrado en el cultivo de dorada y lubina, con una producción declarada de 740 Tm y 300 Tm respectivamente, no alcanzando por tanto el máximo de 1200 Tm de producción autorizada actualmente y que puede aumentar hasta las 1500 Tm (ver tabla 6.1).

La talla de comercialización se adapta continuamente a las tendencias del mercado pero lo habitual suelen ser individuos de 500 gr de dorada o lubina. La duración de cada ciclo en el PCMSP es de aproximadamente 18 meses para la dorada y 20 para la lubina. Debe recordarse que estos números son aproximados dado que la duración exacta del ciclo de producción es impredecible con exactitud ya que puede variar según la especie considerada, la talla comercial objetivo, el régimen térmico particular de cada año, de su estado sanitario o del periodo entre despesque y siembra.

De acuerdo a estos valores de producción y a la duración de estos ciclos de producción, la máxima biomasa que podría permanecer estabulada, en un momento dado y para el caso de un cultivo sincrónico, rondaría las 2400-2500 Tm, es decir unas 100 Tm por jaula, que en jaulas de 25 m de diámetro suele suponer una densidad de 12 kg/m³.

Con la incorporación de las nuevas flotillas el número total de jaulas asciende a 36, utilizándose de forma alterna en los cuatro trenes de fondeo. Esto va a permitir bajar la densidad del cultivo hasta los 10,3 kg/m³ que suponen unas 80-85 Tm de biomasa de peces de talla comercial por jaula. La biomasa global y producción anual de la concesión y, por tanto del PCMSP, se mantienen idénticas, sólo que ahora repartidas entre 36 jaulas.

El nuevo sistema de producción a implantar en estas jaulas se basa en los siguientes principios:

- **Disminuir la densidad de cultivo** para obtener un máximo de unas 85 Tm por jaula. Lo que implica incrementar el número de jaulas según lo comentado anteriormente.
- **Disminuir la máxima biomasa** presente en un momento dado en el global de la concesión.
- Realizar un **barbecho sanitario** (*fallowing*) de unos 4-5 meses entre el despesque y la posterior siembra.
- Dentro una misma flotilla implantar un **sistema de aislamiento de lotes** de producción mediante el sistema de siembra “todo dentro-todo fuera” (*in-out*) dentro de una misma flotilla, es decir; mediante la siembra y cosecha simultánea de todas sus jaulas.

Para darle continuidad a la producción de la concesión en su conjunto, las siembras seguirían un sistema rotatorio similar al presentado en la figura 3 donde se muestra la secuencia de siembras y despesques de cada flotilla a lo largo de lo que puede ser un ciclo de producción de cualquiera de ellas.

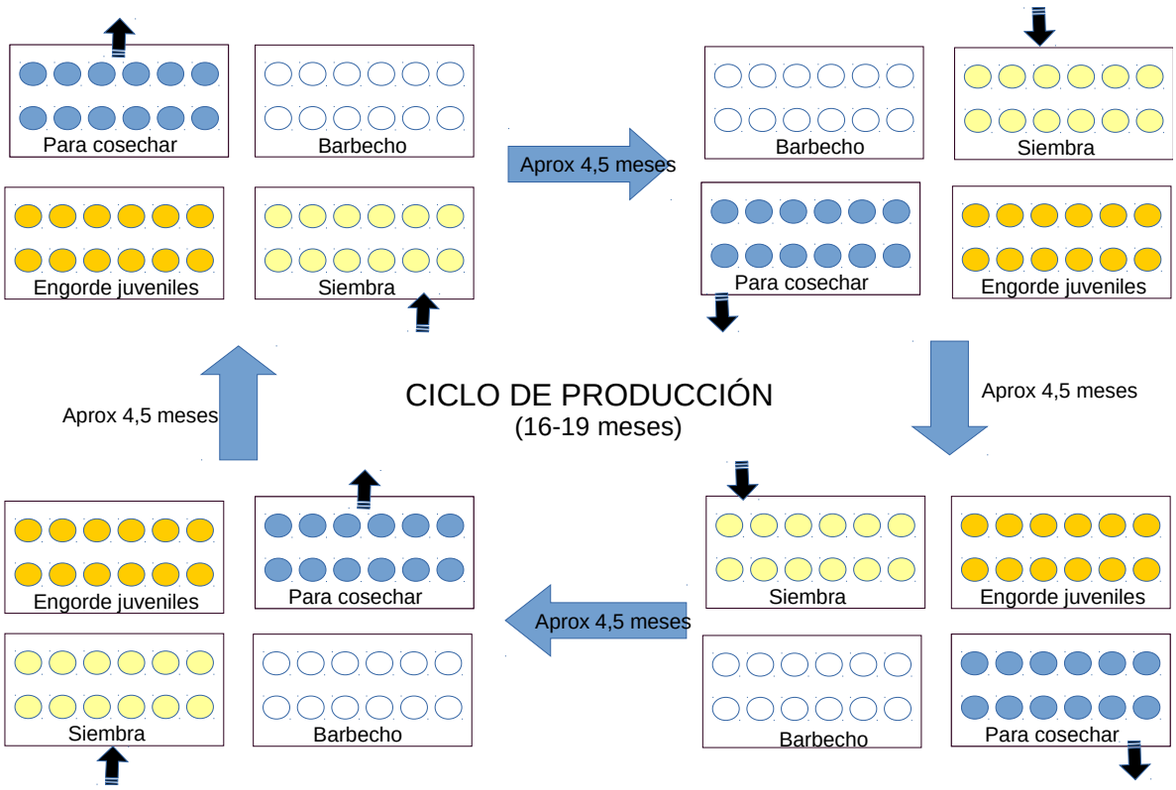


Figura 3: Secuencia de siembras y cosechado a lo largo de cuatro ciclos productivos para las cuatro flotillas.

De acuerdo al anterior sistema producción (Figura 3), una predicción realista de la evolución de la biomasa estabulada en la concesión de PISCIALBA durante diez años sería la presentada en la figura 4. Para esta predicción se ha considerado que ha sido concedida la ampliación de la producción hasta 1500 Tm/año prevista en la anterior DIA. La biomasa máxima de la concesión sería siempre inferior a 1800 Tm, cuando en el EsIA de 2013 aprobado por la DIA favorable de 16 de diciembre de 2014 se habían previsto hasta 2500 Tm como biomasa máxima para esta concesión. Anualmente se cosecharían dos flotillas para dar una producción anual de 1500 Tm. Cada flotilla albergaría hasta unas 750 Tm repartidas entre las doce jaulas de las que dispondría, y nunca superando ninguna de éstas las 85 Tm. El EIA de la Ampliación contemplaba hasta 120 Tm por jaula. Es decir, tanto en términos anuales, como en relación a la tasa de vertido instantánea, se rebajan las predicciones de vertido del anterior EsIA.

Tabla 4.1: Predicción producciones anuales durante diez años

Año	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Producción	1470	1458	1500	1458	1500	1500	1417	1500	1417	1500

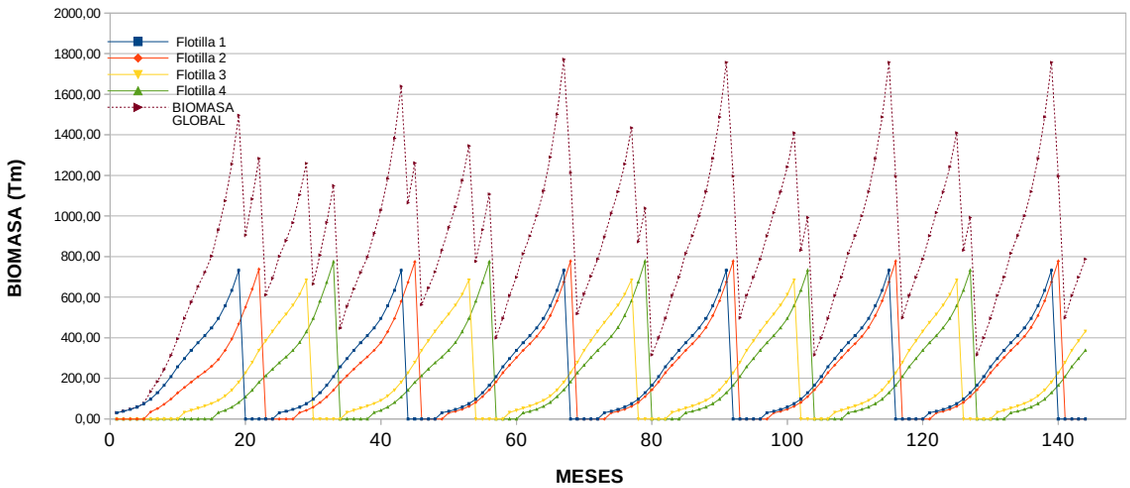


Figura 4: Evolución de la biomasa estabulada en PISCIALBA durante diez años en los que se ha establecido una siembra secuencial de las flotillas y un sistema de barbecho de 4-5 meses entre despesque y siembra.

5. DINÁMICA LITORAL

5.1 CLIMA ATMOSFÉRICO

Las características térmicas y pluviométricas de la franja litoral de la Región de Murcia coinciden con las del resto de la Región en su aislamiento de las perturbaciones originadas por la influencia atlántica, que en la costa se ve acentuada por su alejamiento del origen de dichas perturbaciones, y por el efecto protector de sucesivas barreras montañosas (GIL, 1987). Dentro del domino Mediterráneo que caracteriza a la Región, la franja costera cae plenamente dentro de la denominada “Murcia árida”, con una precipitación anual inferior a 500 mm. Además dentro de la margen costera regional, existe un gradiente decreciente de precipitación desde la parte oriental (con valores máximos en Cabo de Palos, atribuibles a la penetración de este accidente en el Mediterráneo) hasta la occidental, donde se alcanzan valores inferiores a 200 mm (Águilas). Así, el sector costero motivo del estudio, situado al norte de Cabo de Palos, se incluiría en el clima *semiárido* (precipitación anual entre 300 y 500 mm).

Otra característica común a toda la franja costera es la irregularidad interanual del ritmo pluviométrico. Dentro del año, este ritmo viene caracterizado por un máximo en el mes de abril (primavera), presentando un máximo secundario en octubre (otoño). Los mínimos se producen durante los meses de verano. Las temperaturas son máximas durante los meses de verano y mínimas en invierno, presentando una media de 17,4ºC. La oscilación térmica anual es de 15,6 ºC. Presenta un periodo de aridez comprendido entre los meses de mayo y agosto, siendo más acusado durante los dos últimos meses de verano. Finalmente, se aprecia un periodo de posibles heladas comprendido entre los meses de diciembre y marzo (Figura 6).

Mes	T	TM	Tm	R	H	DR	DN	DT	DF	DH	DD	I
Enero	10.8	16.0	5.5	42	72	3.7	0.0	0.7	0.6	1.6	8.1	173
Febrero	11.6	16.7	6.5	27	71	3.2	0.0	0.7	1.3	0.7	6.5	171
Marzo	13.4	18.5	8.4	24	70	3.2	0.0	0.3	0.8	0.2	7.3	206
Abril	15.3	20.4	10.2	23	68	2.9	0.0	0.7	0.6	0.0	6.3	224
Mayo	18.4	22.9	13.8	25	69	3.0	0.0	1.4	0.3	0.0	6.8	266
Junio	22.2	26.4	17.9	7	69	1.1	0.0	0.9	0.2	0.0	11.0	288
Julio	24.8	28.9	20.7	2	70	0.4	0.0	0.7	0.1	0.0	15.0	307
Agosto	25.5	29.5	21.5	7	72	0.8	0.0	1.0	0.1	0.0	12.5	283
Septiembre	23.2	27.5	18.9	39	71	2.6	0.0	2.2	0.2	0.0	7.6	224
Octubre	19.4	24.0	14.7	39	73	3.6	0.0	1.7	0.5	0.0	5.9	200
Noviembre	14.9	19.8	10.0	47	72	4.4	0.0	0.9	0.5	0.1	6.4	162
Diciembre	11.9	16.9	6.8	30	73	4.1	0.0	0.6	0.6	0.7	7.2	156
Año	17.6	22.3	12.9	313	71	32.9	0.0	11.7	5.8	3.1	99.8	2621

- T Temperatura media mensual/anual (°C)
- TM Media mensual/anual de las temperaturas máximas diarias (°C)
- Tm Media mensual/anual de las temperaturas mínimas diarias (°C)
- R Precipitación mensual/anual media (mm)
- H Humedad relativa media (%)
- DR Número medio mensual/anual de días de precipitación superior o igual a 1 mm
- DN Número medio mensual/anual de días de nieve
- DT Número medio mensual/anual de días de tormenta
- DF Número medio mensual/anual de días de niebla
- DH Número medio mensual/anual de días de helada
- DD Número medio mensual/anual de días despejados
- I Número medio mensual/anual de horas de sol

Figura 5: Valores normales de la estación de San Javier obtenido del periodo: 1981-2010 - Altitud (m): 4 Latitud: 37° 47' 20'' N - Longitud: 0° 48' 12'' O.

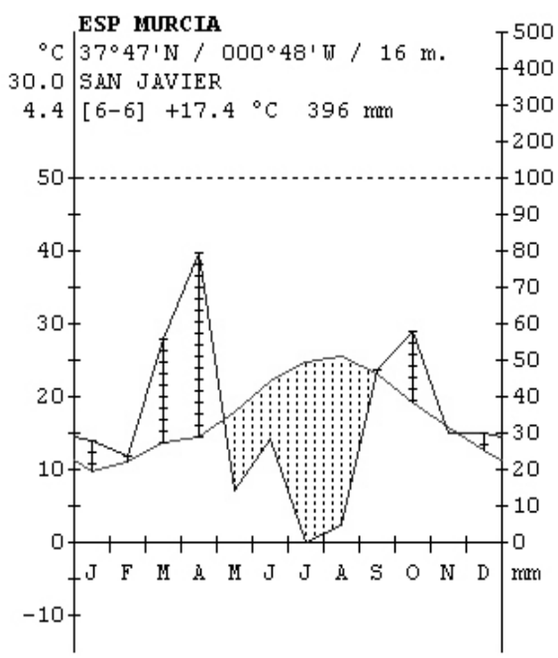


Figura 6: Climograma de la estación de San Javier obtenido a partir de los datos tomados durante los años 1989-1994.

La humedad relativa es en general muy elevada, con medias anuales superiores al 71% y valores superiores en verano, atribuibles a los vientos de levante. De esta forma, se evita un excesivo estrés hídrico de 900 $lm^{-2}a^{-1}$ rebajándolo hasta los 600 $lm^{-2}a^{-1}$.

5.2 RÉGIMEN DE VIENTOS

El viento es un fenómeno atmosférico casi constante en el litoral, con gran influencia sobre las corrientes marinas de superficie, pudiéndose transmitir al resto de la columna de agua.

Como medidas de viento se ha utilizado el análisis estadístico de los puntos de medida de la red WANA procedentes de los resultados de modelos numéricos de Puertos del Estado. La rosa de direcciones marca un claro eje NE-SW , siendo las componentes NE y ENE son las más intensas y frecuentes. La velocidades medias máximas mensuales se sitúan entre 10-15 m/s (Tabla 5.1)

Durante el primer trimestre del año la dirección del viento más frecuente es del cuadrante comprendido entre la dirección SW y NW, con un total del 51% de las medias registradas. Durante el segundo y tercer trimestre las direcciones más frecuentes son del cuadrante NE-SE con un 53% y un 61% respectivamente, de las observaciones.

Para el cuarto trimestre del año puede diferenciarse entre los meses de octubre cuando el 43% de las observaciones continúan siendo del NE-SE, y los de noviembre diciembre cuando el 75% de las observaciones cambian hacia NW-SW.

Tabla 5.1: Intensidad máxima (m/s) y dirección de procedencia del viento (grados) para el año 2017 en el punto WANA 2076094 de las estaciones de medida de Puertos del Estado (datos procedentes de modelo numérico).

Vm:	**Intensidad del Viento Medio/*Mean Wind Speed***	**m/s**
Dir:	**Direccion media de procedencia/*Mean Direction, "coming from"***	**0= Norte/*North*; 90= Este/*East***

Punto WANA 2076094 Año 2017 / *2076094 WANA Point, Year 2017*				
Mes/*Month*	**Vm Max./*Max. Vm***	**Dir**	**Dia/*Day***	**Hora/*Hour***
Enero/*January*	15.86	35	19	03
Febrero/*February*	14.05	297	05	14
Marzo/*March*	19.45	58	13	10
Abril/*April*	12.94	41	27	13
Mayo/*May*	11.16	47	28	14
Junio/*June*	10.06	322	30	01
Julio/*July*	10.96	57	06	10
Agosto/*August*	16.14	38	10	02
Septiembre/*September*	13.11	34	16	01
Octubre/*October*	11.86	51	22	07
Noviembre/*November*	11.30	40	30	05
Diciembre/*Dececember*	17.94	223	11	09

Generado por/*Generated by* Puertos del Estado **Fecha/*Date* 18 May 2018**

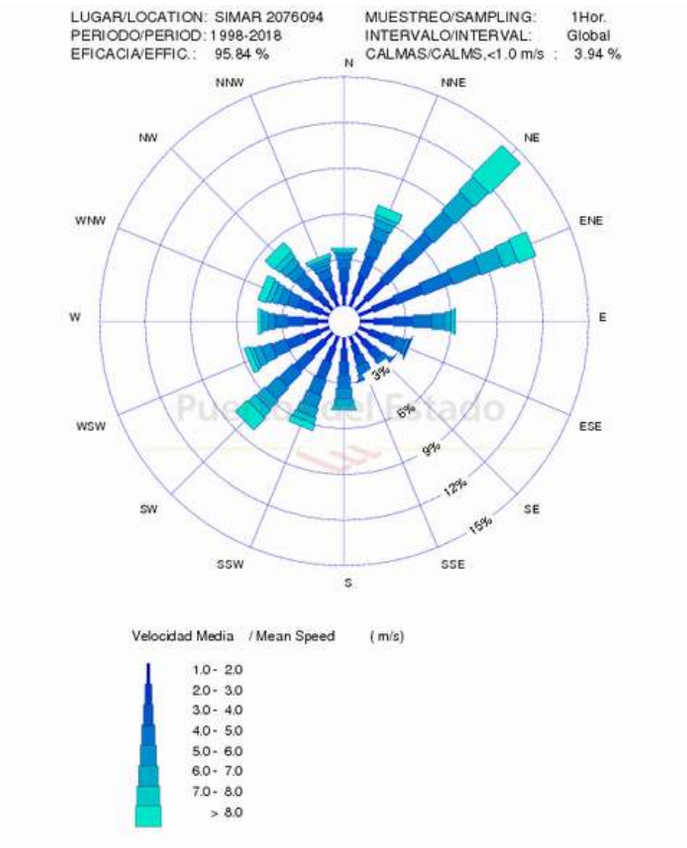


Figura 7: rosa de vientos obtenida a partir del punto WANA2076094 de Puertos del Estado para el periodo 1998-2018.

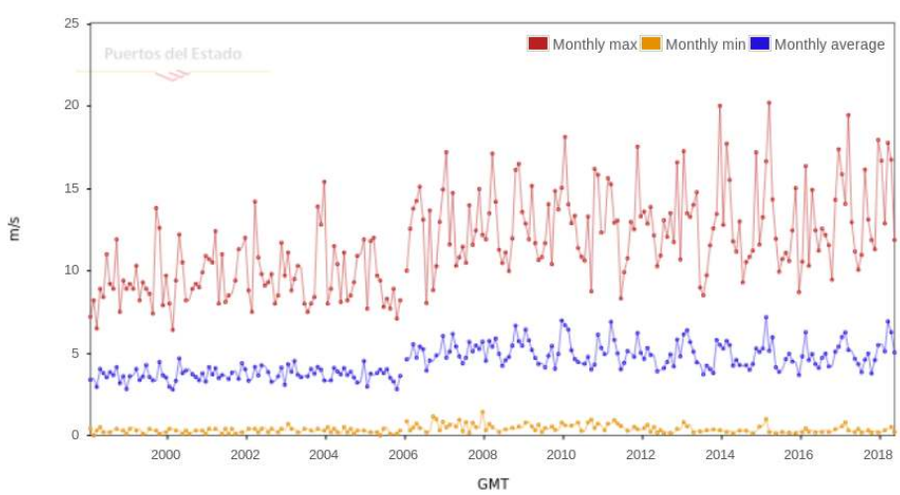


Figura 8: Serie temporal de valores mensuales (máximo, mínimo y media) a partir del punto WANA2076094 de Puertos del Estado para el periodo 1998-2018.

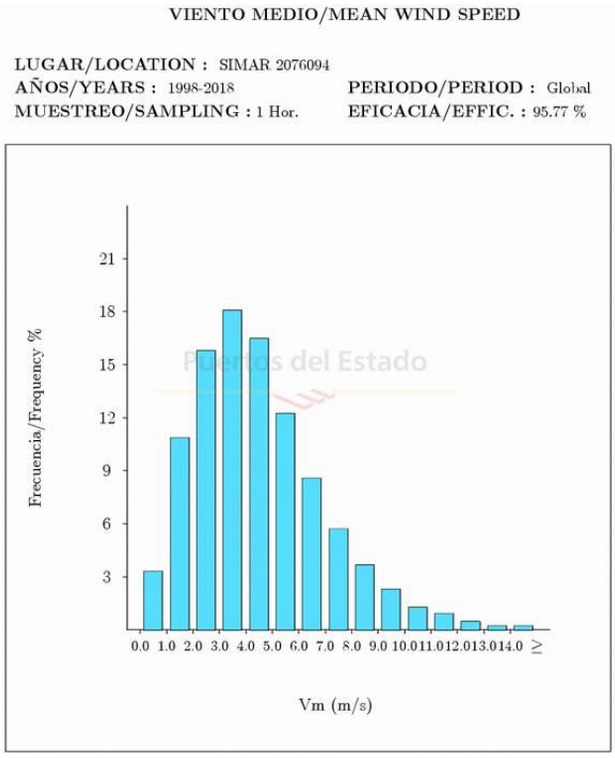


Figura 9: Histograma de frecuencias de la intensidad media del viento del punto SIMAR2076094 de Puertos del Estado para el periodo 1998-2018.

5.3 OLEAJE

Los registros de oleaje utilizado en este apartado proviene del conjunto de datos SIMAR, concretamente del punto SIMAR2076094 (Lat: 37,833°N; long: -0,667°E; Prof: INDEFINIDA) del modelo numérico de Puertos del Estado. Estos datos no provienen de medidas directas y de forma general, tienden a subestimar los picos en las velocidades de viento y las alturas de ola en situaciones de temporal muy extremo, por ello se comparan con registros de observación directa provenientes de la Boya de Cabo de Palos, que aunque actualmente se encuentra desmantelada, posee un histórico entre 1985 y 2012.

Dicha boya registró durante 2012 alturas significantes (Hs) de hasta 4,8 metros (Tabla 5.2) y estimas del régimen medio escalar de 0,6 m para la Hs media. Estos datos no resultan completamente extrapolables a costa, debido a la modificación que sufren al acercarse a la misma, aunque las series estadísticas, procedentes de modelos numéricos de oleaje referentes a puntos más someros (SIMAR2075094, Lat: 37,83° N; long:0,75°W) señalan alturas significativas muy similares (4,7 m en idéntico periodo) (Figura 10). Como complemento el modelo espectral PROPS desarrollado por el Laboratorio de Ingeniería Marítima de la Universidad Politécnica de Cataluña dentro de un convenio de colaboración con Clima Marítimo (Puertos del Estado), fue utilizado en esta zona y sus resultados (Figura 12) indican que en las proximidades de la costa pueden darse olas de altura significativa (Hs) de 2,5 metros y en localizaciones

concretas de hasta 4 metros

Estas alturas junto con la escasa pendiente de la plataforma costera son suficientes para la aparición de “cuerpos de agua rompiente” con elevadas velocidades de movimiento y vectores de dirección un tanto caóticos y gran potencia en su componente vertical. A profundidades muy someras disipan parte de su energía movilizando el sedimento a modo de un “molinillo de olas” donde materia orgánica e inorgánica son cribados y eliminados el componente más fino.

Como se aprecia en la Figura 13 las direcciones significativas de oleaje en la zona, abarcan desde el NE hasta el SSW, no existiendo un oleaje de dirección significativa del primer cuadrante. De las observaciones visuales de oleaje, se deduce que apenas existen diferencias en cuanto a la frecuencia de las direcciones del oleaje tipo *sea* y del oleaje tipo *swell*, predominando en ambos casos el oleaje proveniente, bien del ENE-E, o bien del S. En cuanto a las magnitudes, las diferencias entre ambos tipos también son pequeñas, si bien son algo mayores para el oleaje tipo *swell*. Según los regímenes extremales escalares, con un período de retorno de 2 años aparecerán olas de altura próxima a los 4,5 m, de 5,5 m cada 10 años y de casi 7 m cada 100 años. El oleaje umbral establecido para la consideración de condiciones de temporal es de Hs=1,5 m, con una media de 30,4 días/año en las que se alcanza o sobrepasa dicho valor.

Tabla 5.2: Tabla resumen anual de Hs/Tp frente a la dirección, recogidas en el punto SIMAR 2076094 (Puertos del Estado) para el año 2017. Los datos no proceden de medidas directas, sino que se han obtenido mediante modelos numéricos

Tabla Hs vs Direccion / Hs vs Direction Table
SIMAR 2076094

EFICACIA 100.0% AÑO/*YEAR* 2017			Hs (m)											
			<= 0.5	**1.0**	**1.5**	**2.0**	**2.5**	**3.0**	**3.5**	**4.0**	**4.5**	**5.0**	**> 5.0**	**TOTAL**
calmas/*calms*			0.947											0.947
Dir	N	00	0.240	0.388	0.411	---	---	---	---	---	---	---	---	1.039
	NNE	22	0.308	0.742	0.228	---	---	---	---	---	---	---	---	1.279
	NE	45	1.210	3.916	1.724	0.993	0.468	0.103	0.194	0.046	---	---	---	8.653
	ENE	67	5.148	13.539	4.555	1.724	0.639	0.377	0.183	0.046	0.023	---	---	26.233
	E	90	11.290	15.537	3.288	0.879	0.502	---	---	---	---	---	---	31.495
	ESE	112	4.806	1.998	0.377	0.011	---	---	---	---	---	---	---	7.192
	SE	135	1.644	0.822	0.091	0.148	0.034	---	---	---	---	---	---	2.740
	SSE	157	1.301	0.925	0.057	---	---	---	---	---	---	---	---	2.283
	S	180	2.203	1.495	0.194	0.046	---	---	---	---	---	---	---	3.938
	SSW	202	2.237	4.795	1.062	0.240	0.068	0.046	0.034	---	---	---	---	8.482
	SW	225	0.982	0.868	0.068	0.034	---	---	---	---	---	---	---	1.952
	WSW	247	0.457	0.411	0.023	0.011	---	---	---	---	---	---	---	0.902
	W	270	0.297	0.297	0.057	0.023	---	---	---	---	---	---	---	0.674
	WNW	292	0.171	0.502	0.046	---	---	---	---	---	---	---	---	0.719
	NW	315	0.183	0.639	0.023	---	---	---	---	---	---	---	---	0.845
	NNW	337	0.148	0.263	0.217	---	---	---	---	---	---	---	---	0.628
TOTAL			32.626+ 0.947	47.135	12.420	4.110	1.712	0.525	0.411	0.091	0.023	---	---	**100%**

Generado por / *Generated by* Puertos del Estado **Fecha de Hoy/*Today is:* 30-May-18**

Tabla 5.3: Tabla de alturas máximas de ola significante (Hs) recogidas en el punto SIMAR 2076094 (Puertos del Estado) para todo el periodo (1958-2018), expresadas según dirección y altura de ola. Los datos no proceden de medidas directas, sino que se han obtenido mediante modelos numéricos. Los ángulos representan direcciones de procedencia del oleaje: N = 0, E = 90, S = 180, W = 270.

Hs:	**Altura Significante** */Significant Height*	**metros**/*meters*
Tp:	**Periodo de Pico**/*Peak Period*	**segundos**/*seconds*;
Dir:	**Direccion media de procedencia**/*Mean Direction, "coming from"*	**0= Norte**/*North*; **90= Este**/*East*

Punto SIMAR 2076094 1958 - 2018 / *SIMAR Point 2076094 1958 - 2018*						
Mes/*Month*	**Hs Max.**/*Max. Hs*	**Tp**	**Dir**	**Año**/*Year*	**Dia**/*Day*	**Hora**/*Hour*
Enero/*January*	4.22	8.65	64	2010	26	09
Febrero/*February*	4.59	9.80	81	1985	21	03
Marzo/*March*	4.34	9.09	78	1990	04	22
Abril/*April*	4.71	10.42	80	1997	09	00
Mayo/*May*	3.76	9.17	74	1990	01	11
Junio/*June*	3.54	9.26	85	1967	05	21
Julio/*July*	2.43	8.35	80	2016	04	03
Agosto/*August*	3.02	7.63	73	1987	29	12
Septiembre/*September*	3.52	9.35	101	1989	06	06
Octubre/*October*	5.26	10.10	85	1973	19	08
Noviembre/*November*	4.46	10.00	81	1972	28	06
Diciembre/*Dececember*	5.03	10.21	49	2013	01	09

Generado por/***Generated by*** **Puertos del Estado** **Fecha**/***Date*** **30 May 2018**

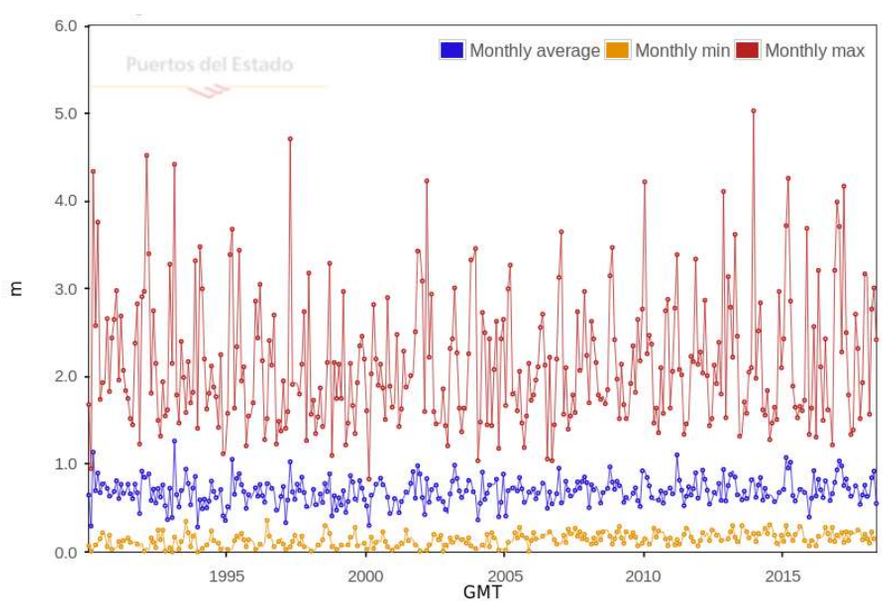


Figura 10: Serie temporal para la altura de ola significante de 1990 a 2017 para el punto SIMAR 2076094 (Puertos del Estado). Los datos no proceden de medidas directas, sino que se han obtenido mediante modelos numéricos.

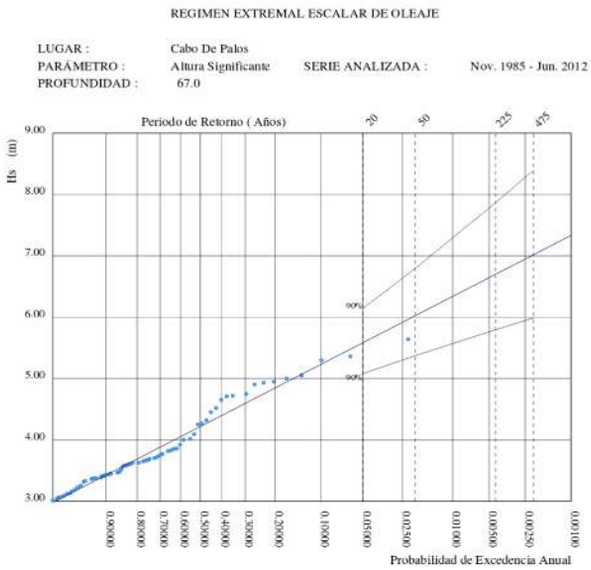


Figura 11: Régimen extremal de oleaje de la Boya de Cabo de Palos. Fuente: Puertos del Estado.

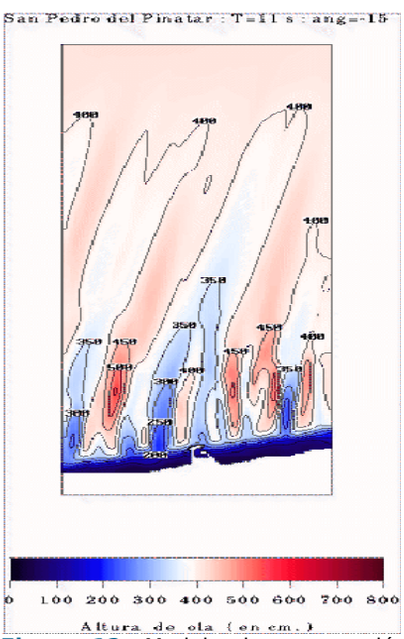


Figura 12: Modelo de propagación de oleaje PROPS (LIM-UPC) aplicado al puerto de San Pedro del Pinatar. Los números indican la Hmax centímetros (imagen obtenida de internet).

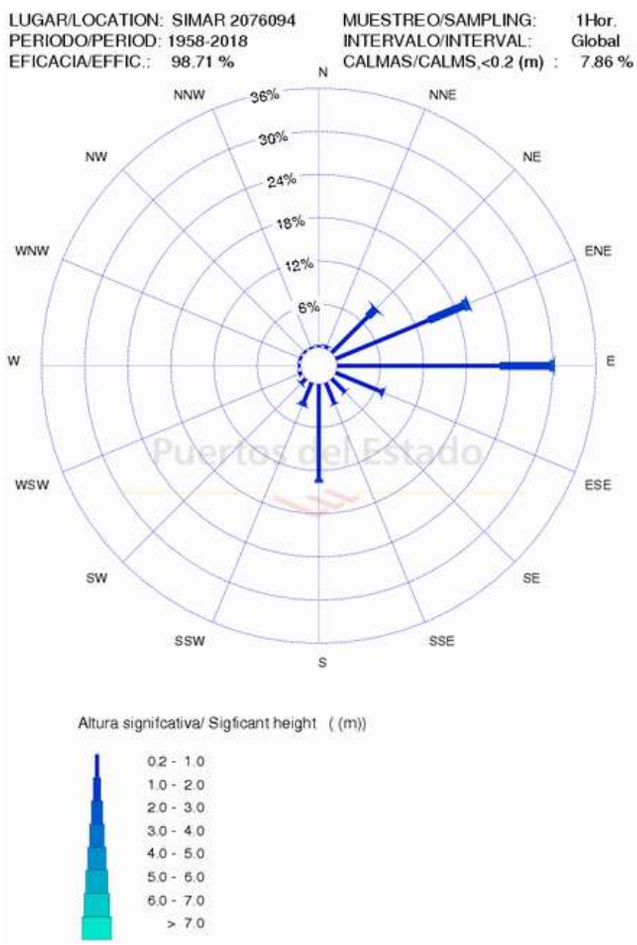


Figura 13: Rosa de oleaje correspondiente al punto SIMAR 2076094 (los datos no proceden de medidas, sino que se han obtenido mediante modelos numéricos de Puertos del Estado)

5.4 REGIMEN DE CORRIENTES. ESTRUCTURA HIDROGRÁFICA.

Para el presente informe se fondeo un instrumento correntímetro próximo a la zona de estudio, en las coordenadas geográficas Latitud 37° 49,59' N; longitud 0° 39,72' W, desde 5/06/18 a 6/07/18. Además, se poseen datos de diversos registros de corrientes de los estudios realizados en las instalaciones de cultivos marinos próximos a la zona de estudio (Figura 14), algunos de ellos con una **duración de casi 2 años,** lo que otorga gran fiabilidad a los análisis. La información de varios de estos fondeos disponible de forma gratuita gracias al Sistema de Información Oceanográfica de Murcia que la ofrece gratuitamente a través de internet. Se relacionan algunos de ellos:

- San Pedro I (37,8162° N; 0.6927° W) perfilador fondeado a 35 metros y datos de dos años de fondeo (01/10/03 al 01/10/05)
- San Pedro II (37,8252° N; 0,6662° W) perfilador fondeado a 38 metros con datos desde el 08/08/03 al 02/09/03
- Mojón (37,8398° N; 0,7302° W) perfilador a 20 metros con datos de 15 días de corrientes.
- Cabo de Palos (37,6316° N; 0,6757° W) perfilador fondeado a 36 metros y datos del 14/03/07 al 29/04/07
- Emisario de San Pedro (37,8415° N; 0,7262° W) perfilador fondeado a 27 metros y datos del 01/04/2013 al 30/05/2013

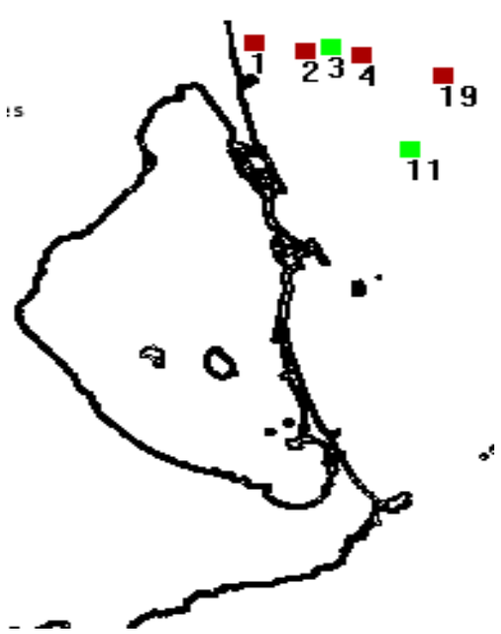


Figura 14: Localización de los correntímetros fondeados en el área de San Pedro.

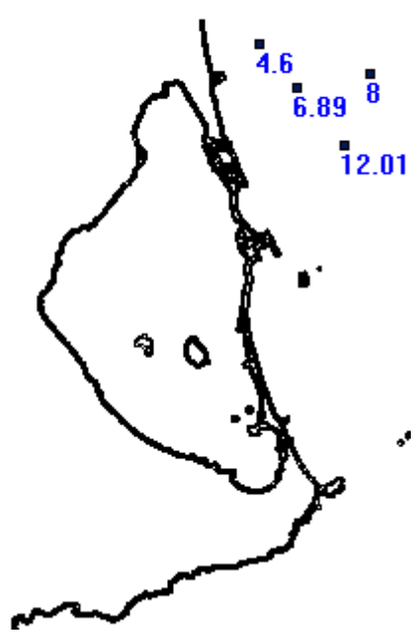


Figura 15: Velocidades medias (cm/s) registradas en profundidad por los diferentes correntímetros

A efectos de caracterización de la hidrodinámica en el ámbito de estudio, es mucho más representativa la serie de dos años de datos registrados por el fondeo de San Pedro I localizado en el PCM (núm. 19 en Figura 14), aunque la información del resto será citada para la descripción de los patrones espaciales. Las tablas 5.4 y 5.5 presentan un resumen estadístico por sectores y capas de profundidad de los resultados de dicho fondeo. En la capa de superficie, más expuesta a la influencia del viento, la intensidad fue mayor 0,55 m/s, pero sin una dirección dominante. Por el contrario en las capas inferiores existió una marcada componente SE, con velocidades entre los 0,08 y 0,11 m/s. Estos registros permiten diferenciar el comportamiento hidrodinámico según dos capas, una más superficial influida por el viento de gran variabilidad pero con una componente principal SW y una secundaria NE, e intensidades medias de 0,54 m/s. La otra capa estaría en profundidad menos influida por los cambios de dirección e intensidad del viento de periodo corto, presentando un comportamiento más constante, con una dirección dominante SE e intensidades en torno a los 0,09 m/s. Este patrón es perfectamente visible a través de la hodógrafa de corrientes (Figura 27) donde se evidencia el desplazamiento neto hacia la componente SE desde las capas más superficiales. La influencia mareal sobre la corriente es casi nula. Siendo el viento y la corriente general Mediterránea que discurre de N-S paralela a la costa, los fenómenos causantes de las variaciones de corriente registradas.

Tabla 5.4: Estadísticos de los datos registrados en San Pedro 1.

Número de registros	25654
***Temperatura** Media*	15,21° C
***Temperatura** Máxima/Mínima*	25,59° C / 12,32° C
***Temperatura** Desviación estándar*	2,12° C

	Profundidad (metros)		
	0m	**15m**	**35m**
***Dirección** Media*	175,89	185,56	174,28
***Intensidad** Media (m/s)*	0,54	0,11	0,08
***Intensidad** Media (nudos)*	1,05	0,21	0,16
***Intensidad** Máxima/Mínima (m/s)*	1,23 / 0,007	0.80 / 0,0	0,63 / 0,0
***Intensidad** Máxima/Mínima (nudos)*	2,40 / 0,01	1,56 / 0,0	1,23 / 0,0
***Dirección** Desviación estándar*	100,43	97,53	99,19
***Intensidad** Desviación estándar*	0,25	0,06	0,04
Proporción debida a la marea	1,19 %	0,18%	1,5 %

Tabla 5.5: Clasificación de los datos de corrientes registrados según su intensidad y dirección, a las profundidades de 0m, 15m, 35m.

CAPA SUPERFICIAL (0m)		Vel.Máxima		Vel.Media	
Dirección	Proporción	m/s	Nudos	m/s	nudos
N	13,53	1,12	2,17	0,57	1,11
NE	11,20	1,23	2,40	0,55	1,07
E	10,59	1,16	2,26	0,55	1,07
SE	13,41	1,21	2,35	0,53	1,04
S	17,83	1,11	2,15	0,54	1,06
SW	13,58	1,06	2,07	0,54	1,05
W	8,90	1,11	2,16	0,48	0,94
NW	10,96	1,15	2,24	0,54	1,06
CAPA COLUMNA (15m)		Vel.Máxima		Vel.Media	
Dirección	Proporción	m/s	Nudos	m/s	nudos
N	9,52	0,43	0,84	0,10	0,19
NE	7,39	0,45	0,88	0,08	0,16
E	14,12	0,52	1,01	0,12	0,22
SE	22,55	0,54	1,05	0,13	0,26
S	12,89	0,45	0,88	0,11	0,21
SW	8,21	0,38	0,74	0,09	0,17
W	11,42	0,81	1,57	0,10	0,20
NW	13,92	0,51	0,99	0,11	0,22
CAPA FONDO (35m)		Vel.Máxima		Vel.Media	
Dirección	Proporción	m/s	Nudos	m/s	nudos
N	10,03	0,41	0,80	0,08	0,15
NE	12,50	0,32	0,63	0,08	0,16
E	18,59	0,34	0,67	0,10	0,19
SE	15,78	0,63	1,23	0,09	0,17
S	10,27	0,51	0,99	0,08	0,15
SW	9,34	0,47	0,92	0,08	0,15
W	12,19	0,34	0,67	0,09	0,17
NW	11,31	0,50	0,97	0,08	0,16

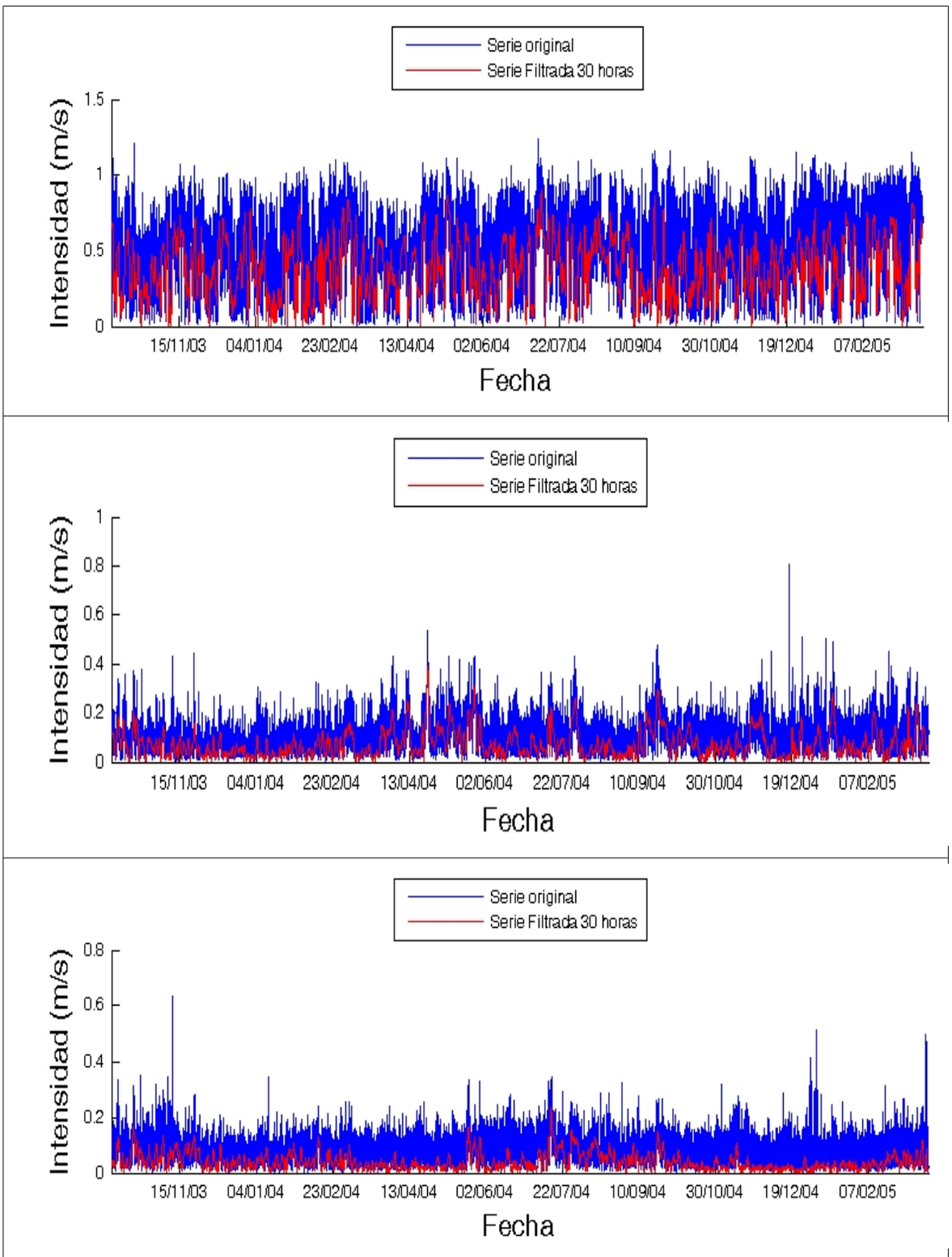


Figura 16: Registro de intensidad de corriente durante los dos años que estuvo fondeado el correntímetro, arriba superficie, en medio a la profundidad de 15 metros y abajo a 36 metros. Queda patente la considerable reducción de la intensidad con la profundidad.

		CORR San Pedro I (2 años)	CORR. SP1 2004	CORR. SP1 2005	CORR. EDAR (dos meses)

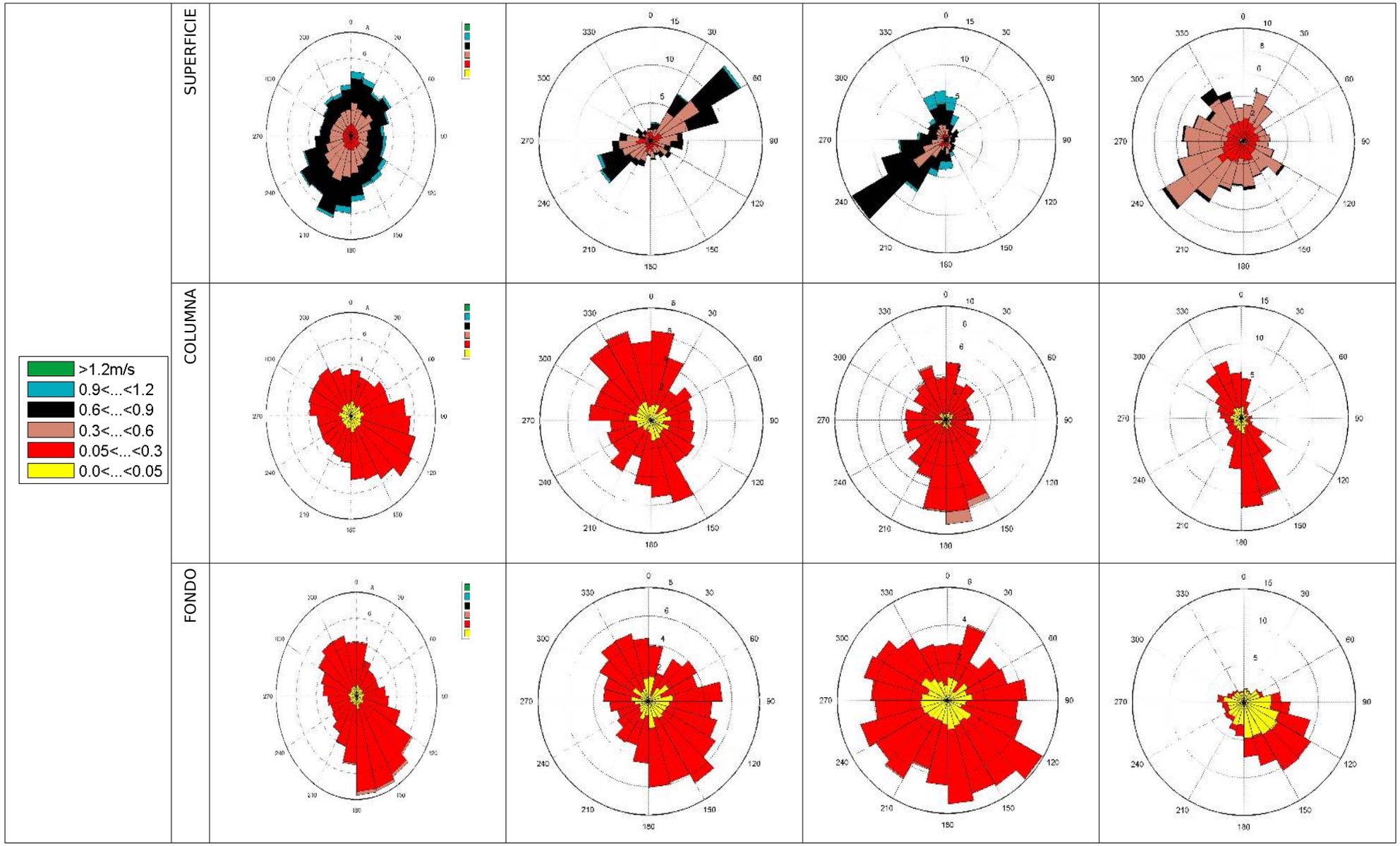


Figura 17: Rosa de corriente resultante de los datos registrados a las profundidades de 0, 15 y 35 metros.

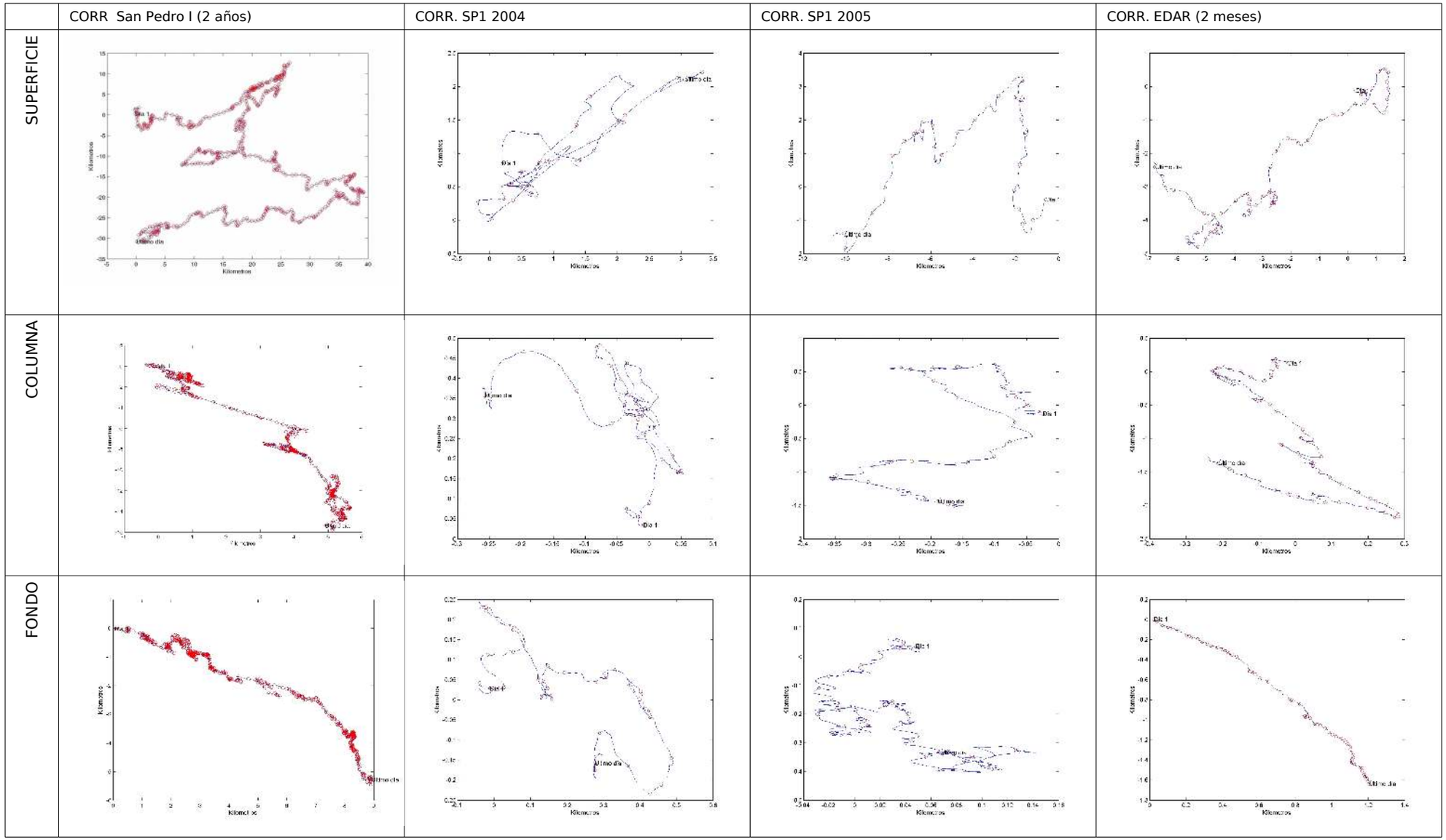


Figura 18: Vector progresivo u hodógrafa de la corriente para los datos registrados a las profundidades de 0, 15 y 35m.

Los resultados del modelo confirman la existencia de un patrón de corrientes dominantes N-S hasta la zona de cabo de Palos que viran a E a partir de este zócalo rocoso y el estrechamiento de la plataforma continental. A nivel local no se aprecian tan claramente los efectos de la circulación de mesoscala, que se mantiene distante de costa debido a la extensión de la plataforma continental y su baja corriente, aún así para las capas superficiales las direcciones e intensidades están más marcadas por los vientos locales. A media columna de agua y en fondo, las corrientes son mucho más débiles y constantes. Bajo situaciones de corrientes en columna y fondo con dominante SE es patente una mayor heterogeneidad espacial en las direcciones de corriente asociadas a pequeños resaltes topográficos, probándose pequeños giros de muy baja intensidad de corriente, que desaparecen cuando la componente NW es dominante, siendo entonces el patrón espacial muy homogéneo.

5.5 ESTUDIO BÁSICO DE DINÁMICA SEDIMENTARIA

Las actuaciones previstas en el presente proyecto sobre el Dominio Público Marítimo Terrestre (en adelante DPMT) es conseguir un aumento de superficie de d.p.m.t. desde los 300.000 m² (600mx500m) actuales hasta los 900.000 m² (1200mx750m), y poder fondear así hasta un total de 4 flotillas, cada una con doce jaulas de dimensiones similares a las actuales y a una distancia mínima de costa de 5,5 km en la zona exterior u offshore del litoral, donde cambios inducidos al perfil de costa son despreciables.

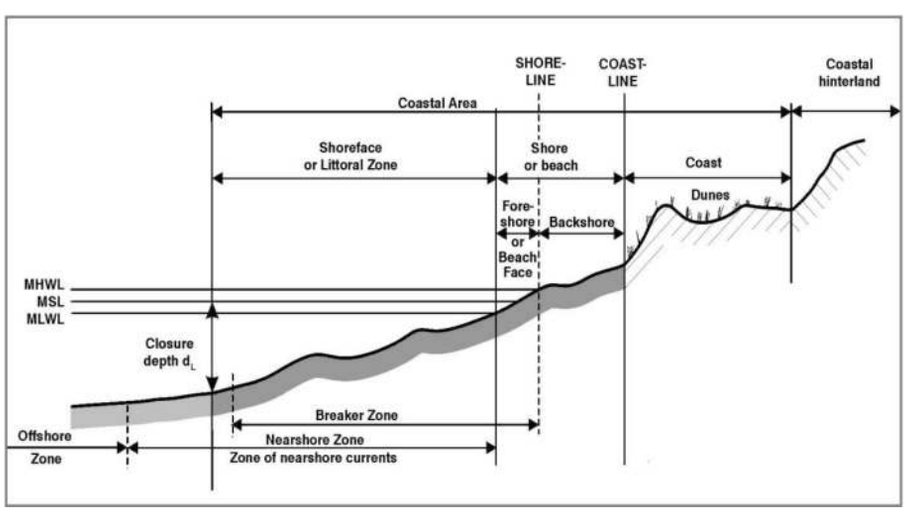


Figura 19: Zonificación del litoral. Fte: Coastal Engineering Research Center (1994).

La movilización sedimentaria se centra en la zona "*onshore*", donde se produce la mayor parte del transporte sedimentario en régimen medio, partiendo de las diferentes formulaciones existentes, como es el modelo de Kamphuis (1991) y la formulación del CERC (1984). En la zona "offshore", donde se ubican las jaulas de acuicultura, no se dispone de una formulación para determinar este transporte, debido a que la escasa afección del oleaje sobre el fondo (40m) no permite la sustentación del sedimento con el tiempo suficiente para su transporte por las corrientes.

El efecto de frenado de las jaulas sobre las corrientes ambientales. La pérdida de velocidad al pasar por sucesivos paños de red es acumulativa. Se ha estimado que la reducción de velocidad puede ser del 14% al pasar por la primera jaula, del 43% en la segunda y del del 57% en la tercera. A consecuencia de esa reducción el flujo el agua se descarga de las fracciones más pesadas de materiales en suspensión, que hasta entonces transportaba y que granulométricamente corresponden con la fracción de materiales finos. Gran parte de este material es reincorporado a la columna debido al aumento de velocidad que, como contrapartida al efecto frenado, experimenta el flujo de agua desviado por los lados y fondo del bolsillo de red (Figura 20). El resto acaba sedimentando sobre el fondo.

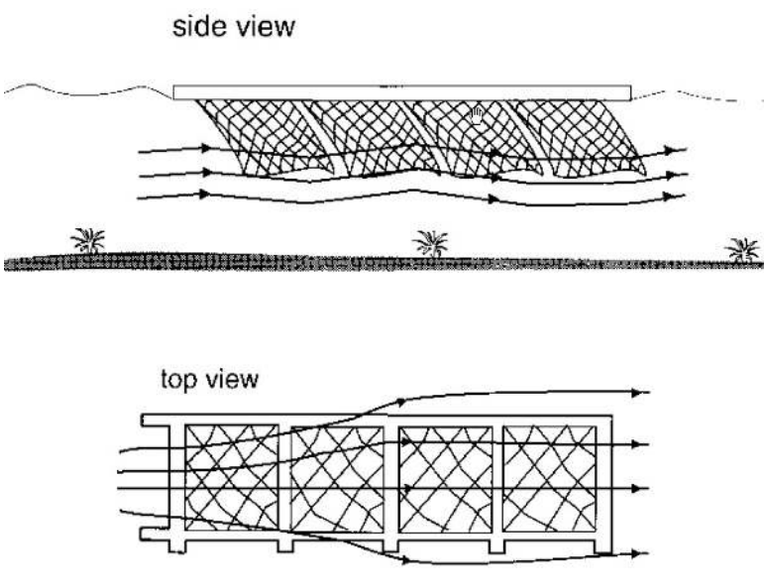


Figura 20: Deflección de la corriente provocado por un tren de jaulas, la corriente es menor en el interior de las jaulas pero mayor en su perímetro (Beveridge, 2004).

No obstante, este efecto se produce solo las capas superficiales (15-20m) de una columna de 40m de profundidad, y a una distancia superior a 5 km de cualquier aporte terrígeno (zona *offshore*), por tanto, la carga sedimentaria es muy baja y en la práctica no se ha podido identificar ningún cambio en la granulometría del sedimento ubicado bajo las jaulas achacable a este efecto, y es mucho menos probable que estos cambios modifiquen en modo alguno la dinámica litoral costera de la zona.

6. SIMULACIÓN DEL VERTIDO

De acuerdo a estos valores de producción expuestos en el apartado anterior (figura 22), para la simulación de la dispersión de los vertidos se ha considerado el peor caso posible, en aplicación del principio de precaución. Por tanto, se ha trabajado sobre el supuesto de un cultivo sincrónico (todo dentro, todo fuera) de manera que se obtuviera toda la producción en un único despesque, cuyos máximos de biomasa estabulada rondaría las 2400-2500 Tm, tal y como se hizo en la simulación del vertido sobre la que se basa la DIA de 2014, pero en esta ocasión con la biomasa repartida en 36 de las 48 jaulas existentes. No obstante, es importante tener en cuenta que con el nuevo plan de producción presentado en el proyecto técnico, la biomasa máxima esperada no superaría las 1800 Tm (ver Figura 22), es decir casi un 30% menor, y en consecuencia, la tasa máxima de vertido instantáneo obtenida en la presente simulación se encuentra sobredimensionada en igual proporción, además de no considerar el efecto de la resuspensión de partículas sedimentadas, lo que supone una sobre-estima significativa de la cuantificación de los efectos del vertido en las comunidades bentónicas.

6.1 DESCRIPCIÓN DEL MODELO

6.1.1 EL SISTEMA DE MODELADO ACUÁTICO MOHID. DESCRIPCIÓN Y APLICACIONES.

Mohid es el nombre abreviado de Modelo Hidrodinámico que era el objetivo inicial del modelo cuando éste fue creado en 1985. Desde entonces el modelo ha sido desarrollado continuamente por MARETEC (Marine and Environmental Technology Research Center) en el Instituto Superior Técnico (IST) que forma parte de la Universidad Técnica de Lisboa (Portugal) en colaboración con la consultora Hidromod Lda.

Mohid Water es con diferencia la herramienta de modelado más desarrollada del sistema Mohid y su campo principal de aplicación son los cuerpos de agua superficiales. El núcleo del programa consiste en un modelo hidrodinámico totalmente 3D acoplado a diferentes módulos, que simulan entre otros los procesos inherentes a la calidad de agua, procesos atmosféricos, descargas, dispersión de vertidos, modelos del área de mezcla para vertidos puntuales, etc. En la 6.1 se incluye una breve descripción de los principales módulos que componen el modelo Mohid Water.

Tabla 6.1: Descripción de los principales módulos del modelo MOHID Water.

Modulo	Descripción
Model	Gestiona el flujo de información entre el modelo hidrodinámico y los dos modelos de transporte (euleriano y lagrangiano).
Atmosphere	Es el responsable de simular las influencias atmosféricas en el medio acuático calculando variables como cobertura de nubes, radiación solar, humedad relativa, temperatura del aire y vientos.
InterfaceWaterAir	Responsable de las condiciones de frontera en el límite superior de la columna de agua, regula la interacción de los componentes del modulo Atmosphere con la masa de agua.
Hydrodynamic	Modelo de superficie libre hidrodinámico totalmente 3D. Calcula niveles, velocidades y flujos de agua.
Turbulence	Biblioteca de modelos de turbulencia horizontal y vertical (incluye el modelo GOTM).
Water Properties	Gestiona la evolución de las propiedades del agua desde una aproximación euleriana.
Lagrangian	Gestiona la evolución de las propiedades del agua desde una aproximación lagrangiana. Además es utilizado para simular dispersión de petróleos y plumas de emisarios.
Jet	Simula la dilución inicial y la trayectoria de los fluidos asociados a plumas de emisarios (campo próximo).
Oil	Responsable del calculo de las trayectorias y los procesos de degradación asociados a los derrames de petróleo, asumiendo que el petróleo puede ser idealizado como un número de partículas que se mueven independientemente en el agua.
Water Quality	Modulo de calidad de agua cero-dimensional. Simula los ciclos de oxigeno, nitrógeno, fósforo y silicio. Inicialmente desarrollado por la EPA (Bowie *et al.*, 1985) está implementado en los módulos de transporte euleriano y lagrangiano.
Life	Modelo biogeoquímico multi-elementos para la columna de agua con estequiometría variable.
Benthos	Calcula procesos biogeoquímicos bentónicos.
InterfaceSedimentWater	Controla la influencia hidrodinámica en la base de la columna de agua definiendo su rugosidad e incluyendo los procesos de erosión y acumulación.
Consolidation	Calcula la consolidación sedimentaria y los flujos de agua intersticial.
SedimentProperties	Calcula el transporte de propiedades disueltas (agua intersticial) y particuladas (adsorbidas).
Sand	Calcula el transporte de sedimentos no cohesivos (arenas).
Waves	Calcula la refracción y difracción de las olas y su influencia en el transporte sedimentario.
Discharges	Introduce descargas fluviales o antropogénicas.

6.1.2 FORZANTES

A continuación se resumen los datos utilizados a lo largo de este trabajo para construir y validar el modelo.

6.1.2.1 BALANCE GLOBAL DEL CULTIVO

La simulación se define con 36 jaulas de 25m de diámetro con un volumen aproximado de 8000 m³, y una densidad de cultivo aproximada de 9 kg/m³ que suponen unas 72 Tm de biomasa de peces (50% dorada y 50% lubina) de talla comercial, alimentados con 975 kg/día de pienso, del cual el 3 % aproximadamente es considerado alimento no consumido, y de esta fracción, un 20% es consumido por la fauna silvestre.

Los vertidos diarios generados por este tipo de cultivo serían de 115 kg/día de materia orgánica por jaula, incluidos los vertidos de las heces de la fauna silvestre que se alimenta del pienso no consumido.

6.1.2.2 BATIMETRÍA

Para la realización de los diferentes dominios usados en las simulaciones fueron utilizadas diversas fuentes de batimetría. Para las zonas más próximas a la costa se usaron los datos del proyecto ESPACE realizado por el Instituto Español de Oceanografía (IEO) que ofrece una batimetría detallada hasta los 120 ó 180 metros de profundidad según las zonas. Para completar esta información fue utilizada la base de datos GEBCO (General Bathymetric Chart of the Oceans; IOC, IHO y BODC, 2003), esta base de datos consiste en una colección de datos batimétricos que cubre todo el planeta con una resolución de un minuto.

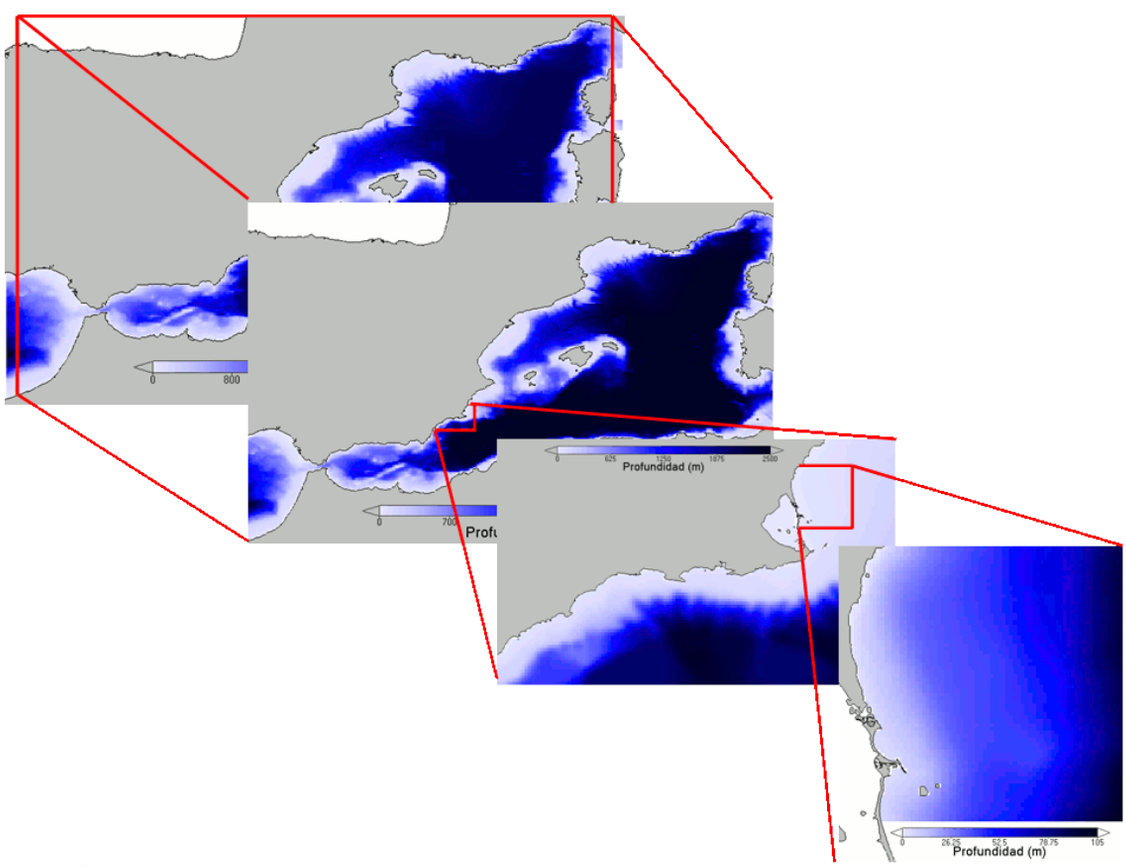


Figura 21: Modelos encajados implementados para las simulaciones de la calidad de agua en la costa de la Región de Murcia y los polígonos de cultivo acuícola en la zona de San Pedro del Pinatar.

6.1.2.3 NIVEL DEL MAR

Los datos de las elevaciones del mar para la validación del modelo hidrodinámico provienen de los datos observados y puestos a disposición del público por Puertos del Estado (http://www.puertos.es). Para validar las mareas simuladas en el nivel 1 se

usaron los mareógrafos de Málaga, Almería, Gandía, Barcelona e Ibiza. Las series de datos recogidas son horarias y se encuentran representadas gráficamente en las 22. En Málaga la amplitud de la marea varia entre los 10 cm durante las mareas muertas y los 35 cm durante las mareas vivas. Para las zonas de Ibiza y Gandía las amplitudes son mas bajas, variando entre 5 cm y 15 cm.

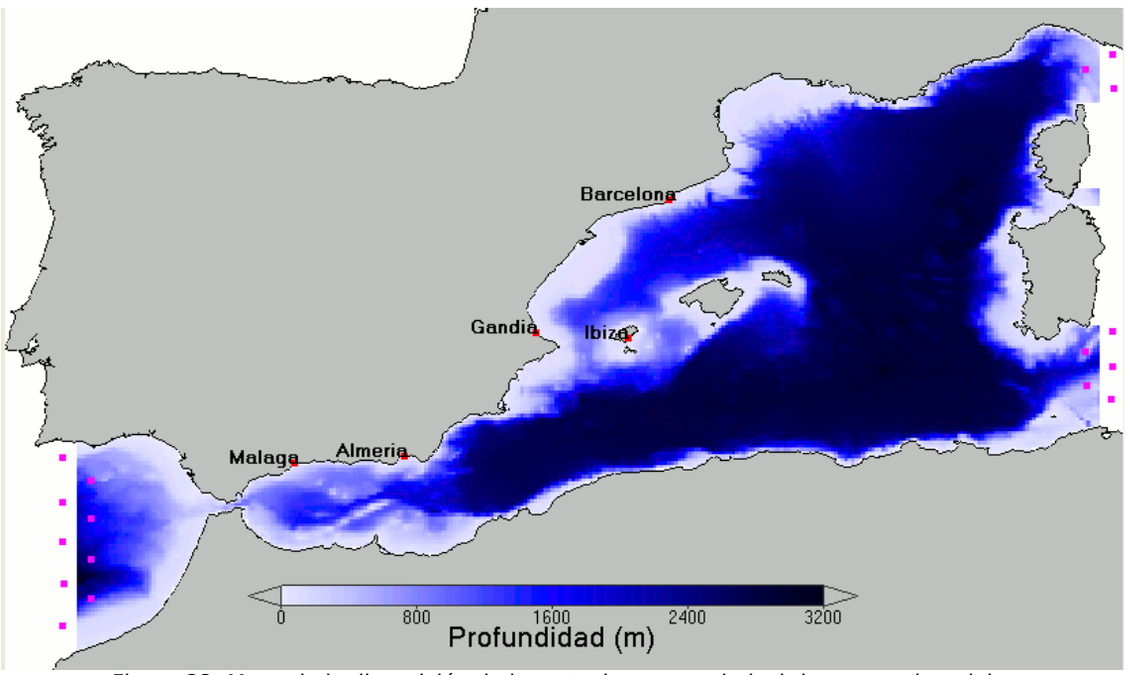


Figura 22: Mapa de la disposición de las estaciones para inducir la marea al modelo.

Para estudiar aisladamente el efecto de las mareas, se obtuvieron las componentes armónicas de las mareas a partir de los datos horarios observados en cada estación mareográfica durante el año 2008. En la tabla 6.2 se muestran los valores de amplitud y fase para las principales componentes, donde puede observarse que las componentes semidiurnas de la marea (M2, S2, N2 y K2) decrecen desde el estrecho y las componentes diurnas crecen en importancia (O1 y P1) hacia el interior del Mediterráneo. Se destaca además de los datos de Puertos del Estado que las diferentes estaciones reflejan un valor de referencia diferente (Z0).

La cuantificación de la importancia relativa de las diferentes componentes se valoró mediante el coeficiente de Formzahl (tabla 6.2), que consiste en la división de la suma de las amplitudes de las dos componentes diurnas principales (K1 y O1) entre las dos componentes semidiurnas principales (M2 y S2). Si el resultado es inferior a 0,25 nos encontramos frente a un área marcadamente semidiurna (dos pleamares y bajamares por día), si es superior a un valor de 3 se corresponde a un área diurna (una pleamar y bajamar por día) y si se encuentra entre estos valores da como resultado una marea mixta. En la costa Mediterránea española podemos encontrar desde áreas semidiurnas como Málaga a áreas diurnas como Gandía.

Los niveles del mar de las estaciones más próximas al océano Atlántico están más influenciados por la marea, siendo en la estación de Málaga responsable de un 80 % de la variación de los niveles del mar. En Almería este valor se encuentra en torno del 52 %, para Ibiza y Barcelona entono al 20 % y en Gandía se encuentra el mínimo valor de los estudiados con un 15 %.

Si se comparan los niveles debidos a la variación de la marea con los obtenidos por el modelo siendo forzado únicamente con marea se obtienen unos resultados muy satisfactorios, con valores superiores al 70 % de concordancia en todos los casos analizados.

A partir de los datos de la tabla 6.2 se establece cual es la importancia de las mareas en las diferencias de elevación del mar en la zona mediterránea. Comparando los valores observados frente a los que cabría esperar por las componentes armónicas se obtiene cual es el porcentaje de la variación del nivel del mar explicada por las mareas y la capacidad del modelo de predecirlas.

La costa murciana, localizada entre las estaciones de Gandía y Almería, con una marea diurna y otra mixta próxima a semidiurna respectivamente, por tanto, presenta un comportamiento mixto de la marea. Para averiguarlo, ante la falta de observaciones, hemos aplicado el mismo proceso a los resultados de una simulación sin viento en la zona de Cabo de Palos. Se obtuvieron unos valores para las componentes semidiurnas M2 y S2 de 2,36 y 4,80 cm respectivamente y para las componentes diurnas O1 y K1 de 2,56 y 5,05 cm respectivamente. A partir de estos datos se obtiene un coeficiente de Formzahl de 1,06 que corresponde a una marea mixta.

Componente armónica	Velocidad (grado/h)	Málaga		Almería		Gandia		Barcelona		Ibiza	
		A (m)	Φ (º)	A (m)	Φ (º)	A (m)	Φ (º)	A (m)	Φ (º)	A (m)	Φ (º)
ZO	0.00	0.626	0.00	0.251	0.00	0.243	0.00	0.409	0.00	0.371	0.00
M2	28.98	0.192	49.45	0.097	50.73	0.015	201.32	0.045	212.24	0.017	215.08
S2	30.00	0.073	74.34	0.040	74.88	0.005	203.31	0.017	228.79	0.005	235.18
N2	28.44	0.038	34.97	0.018	34.12	0.004	186.16	0.010	200.82	0.004	198.77
K2	30.08	0.020	70.76	0.010	71.48	0.002	209.07	0.005	222.00	0.002	225.30
O1	13.94	0.018	126.39	0.022	117.96	0.024	106.51	0.023	103.97	0.023	106.74
P1	14.96	0.011	148.93	0.011	139.79	0.015	154.56	0.013	161.40	0.012	159.42
M4	57.97	0.019	162.24	0.012	161.72	0.002	10.67	0.005	344.82	0.001	24.91
MS4	58.98	0.013	228.55	0.008	226.27	0.001	69.69	0.003	52.58	0.001	98.35
Coeficiente Formzahl		0.190		0.420		3.044		0.956		2.708	

Tabla 6.2: Principales componentes armónicas de la marea para cada estación mareográfica (A= amplitud en metros, Φ= fase en grados).

6.1.2.4 VIENTO

En el presente estudio de dispersión de partículas lagrangianas se ha utilizado valores atmosféricos que provienen de los datos observados en la boya de aguas profundas de Cabo de Palos y puestos a disposición del público por Puertos del Estado (http://www.puertos.es). Además, también se ha utilizado las series de vientos del Puerto de San Pedro del Pinatar y las del Aeropuerto de San Javier.

6.1.2.5 GRADIENTE DE DENSIDAD (TEMPERATURA/SALINIDAD)

Para definir las condiciones iniciales y de frontera abierta para las propiedades termosalinas del agua se ha utilizado una climatología consistente en perfiles mensuales obtenidas a partir del WOA05 (World Ocean Atlas 2005; García *et al*, 2006a y 2006b). En las figuras 23 y 24 se muestran los perfiles típicos medios anuales de temperatura y salinidad, para los primeros 1500 m en la costa de Murcia.

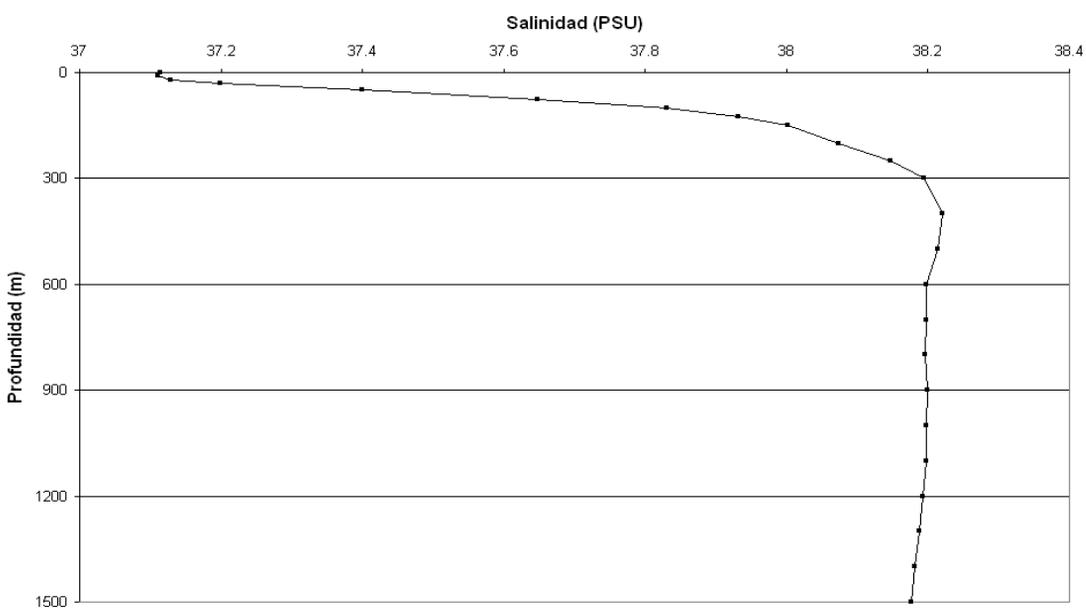


Figura 23: Perfil anual medio de **Salinidad** en los primeros 1500m de la costa murciana. (Fte. WOA05).

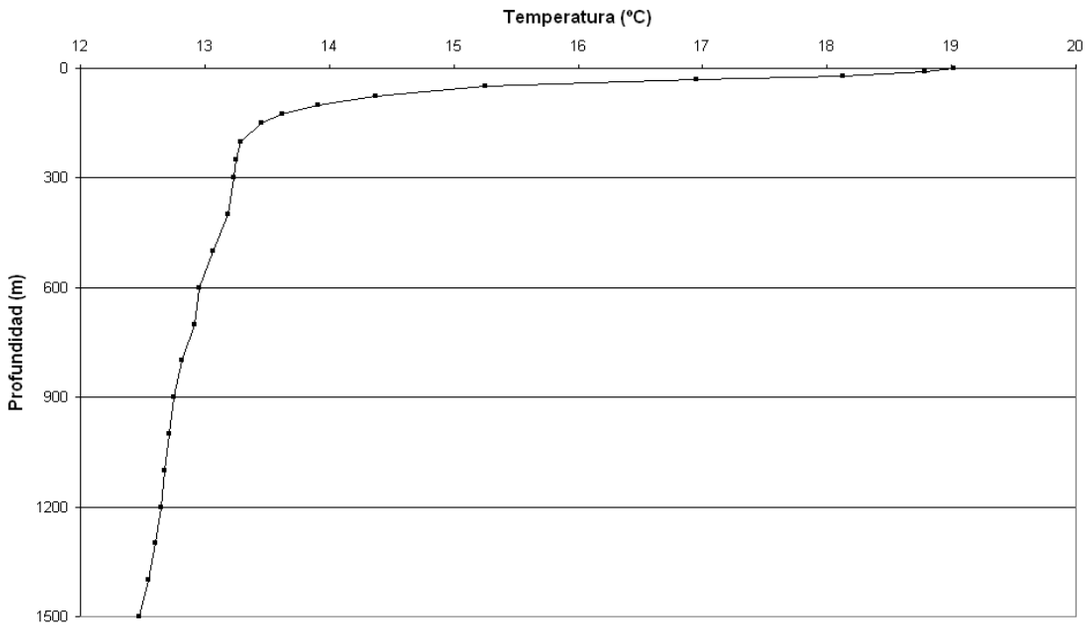


Figura 24: Perfil anual medio de **Temperatura** en los primeros 1500m de la costa murciana. (Fte. WOA05).

6.1.3 ESCENARIOS

Con el objetivo de simular las condiciones oceanográficas que tienen lugar en este espacio costero de San Pedro del Pinatar, se desarrollaron una serie de mallas de modelos anidados. Esta metodología consiste en encajar sucesivamente modelos para llevar a escalas más detalladas procesos de meso- y macroescala y así estudiar su efecto en procesos de escala más reducida.

El sistema de modelos implementados para estudiar la dispersión de residuos de instalaciones de acuicultura en la costa de San Pedro del Pinatar (Murcia) consiste en cuatro niveles de modelos encajados (figura 25).

Para simular las elevaciones del mar debidas a la marea, se ha establecido un primer nivel que emula las condiciones de marea desde el Océano Atlántico en las proximidades del Estrecho de Gibraltar hasta las islas de Córcega y Cerdeña, que delimitan la cuenca occidental del Mediterráneo (Nivel 1)(figura 25). En las fronteras abiertas a ambos lados del modelo fueron impuestas soluciones de marea calculada por el modelo global de marea FES2004 (Lyard *et al*, 2006).

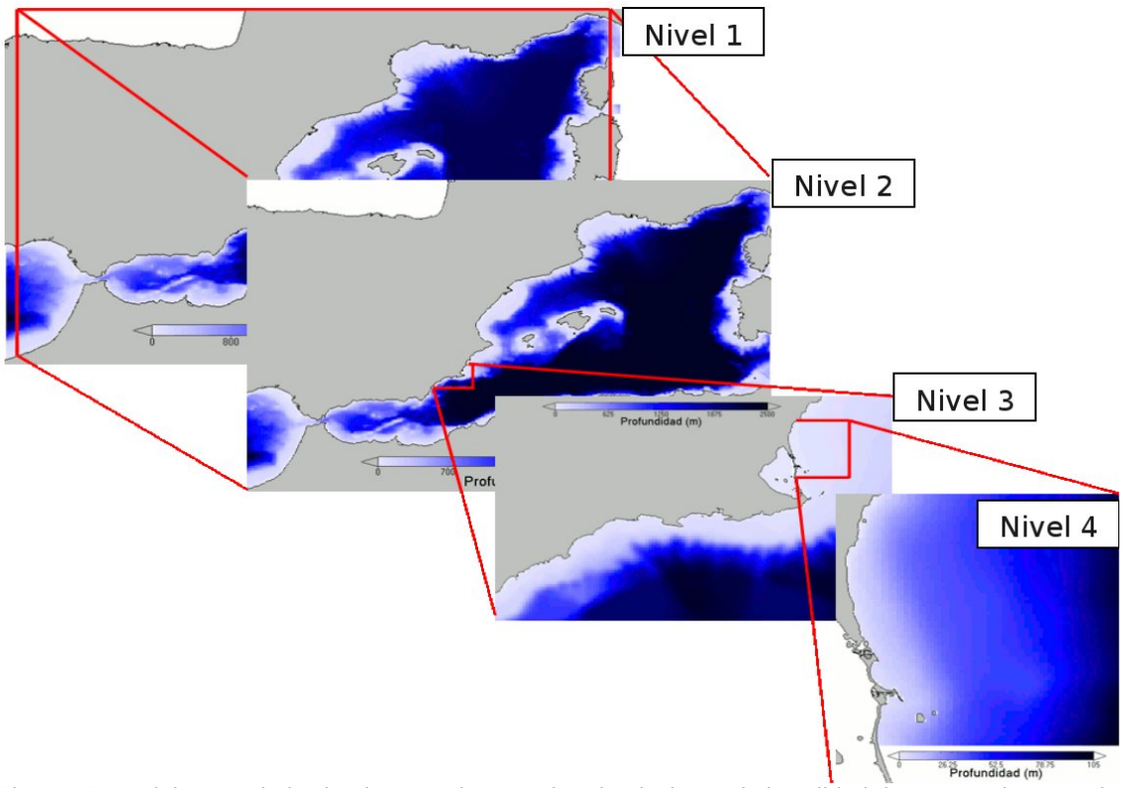


Figura 25: Modelos encajados implementados para las simulaciones de la calidad de agua en la costa de la Región de Murcia y los polígonos de cultivo acuícola en la zona de San Pedro del Pinatar.

En síntesis, este primer nivel consiste en un modelo bidimensional barotrópico, sin gradientes de densidad, cuya función consiste en proporcionar a los modelos sucesivos de condiciones realistas de marea. El Nivel 2 consiste en un dominio ligeramente inferior al dominio del Nivel 1. Este nivel, también 2D barotrópico, recibe las condiciones de marea del nivel superior y se comienza a adicionar el forzamiento atmosférico. El nivel 3 consiste en un modelo tridimensional que recibe el forzamiento hidrodinámico del dominio anterior e incluye un forzamiento integro de las componentes atmosféricas del modelo además de las propiedades térmicas y salinas de la masa de agua, así como los procesos de transporte e intercambio con la atmósfera. El ultimo nivel, consiste en un dominio 3D que incluye la costa de San Javier y San Pedro, con una resolución de unos 264 m donde se realizan las simulaciones de las descargas de las jaulas de acuicultura.

6.1.4 VALIDACIÓN DEL MODELO

En las siguientes figuras se muestra una comparación de los niveles observados por los mareógrafos y los resultados obtenidos para los niveles 1 y 2 (figura 22). Los niveles mostrados se corresponden a las mediciones del mes de Junio de 2009. Los valores han sido normalizados tanto para el modelo como para las observaciones a un valor de referencia de 0m. La diferencia entre los niveles 1 y 2 es la ausencia del forzamiento del viento en el nivel 1.

La inclusión del viento en las simulaciones mejora ligeramente las predicciones de los niveles del mar en todas las estaciones, especialmente en las que la marea no es tan dominante como en Gandía. Para mejorar estas predicciones habría que incluir otras componentes atmosféricas, como la presión atmosférica, que tiene una relación inversa a la elevación del nivel del mar, fenómeno conocido como barómetro invertido.

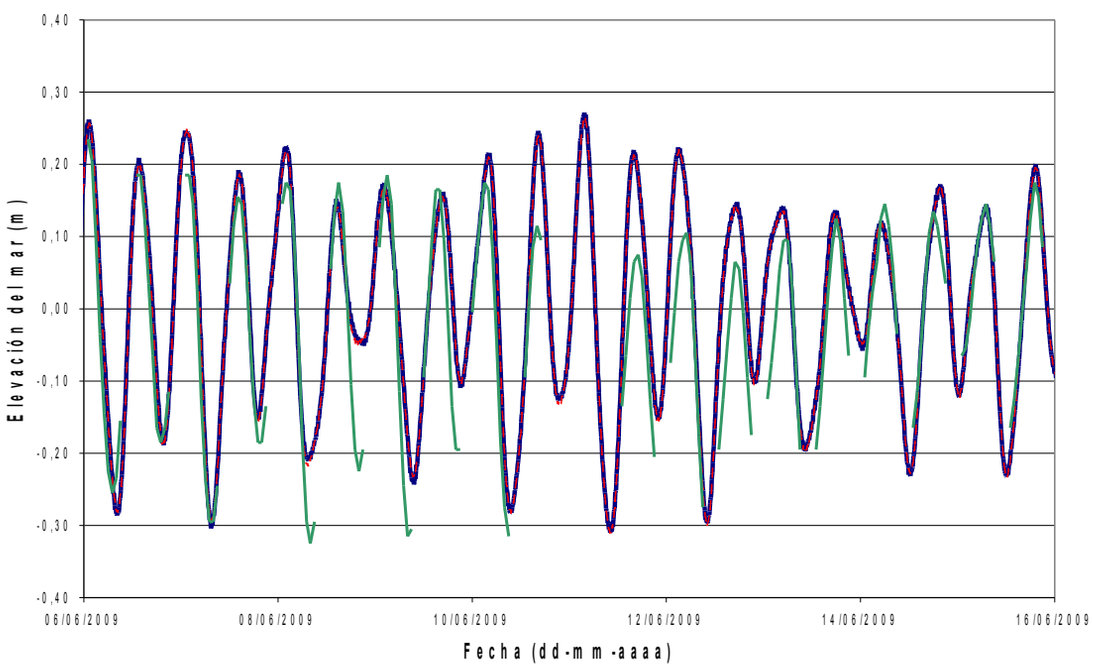


Figura 26: Valores relativos al nivel del mar en Junio de 2009 del mareógrafo de Málaga (verde) y del modelo 2D en la misma zona, sin viento (azul) y con viento (rojo).

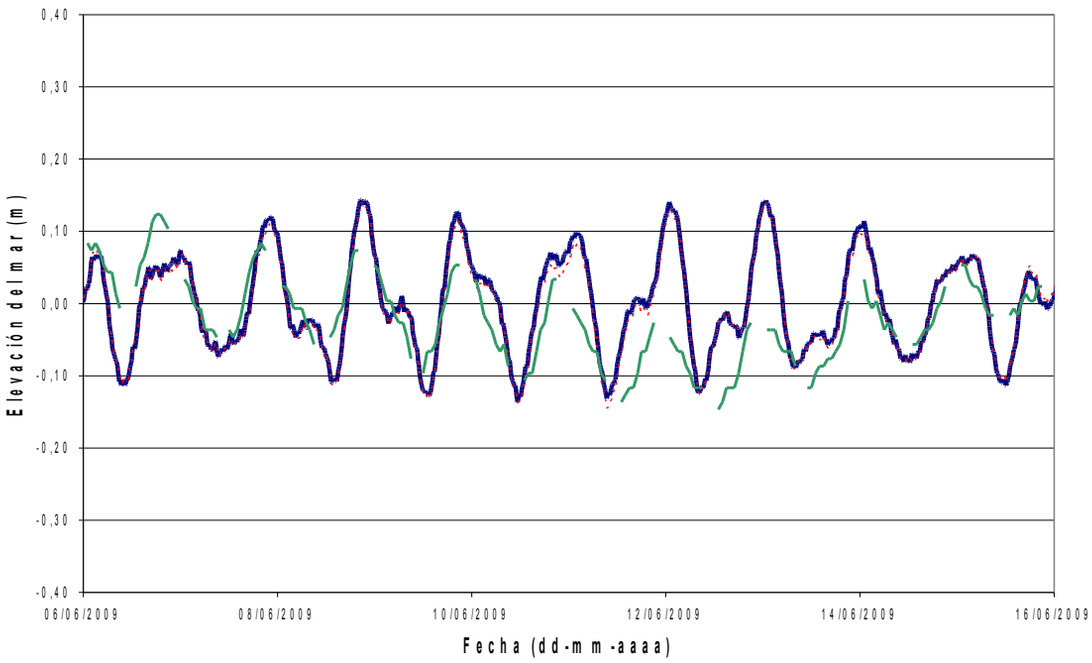


Figura 27: Valores relativos al nivel del mar en junio de 2009 del mareógrafo de Gandía (verde) y del modelo 2D, en la misma zona, sin viento (azul) y con viento (rojo).

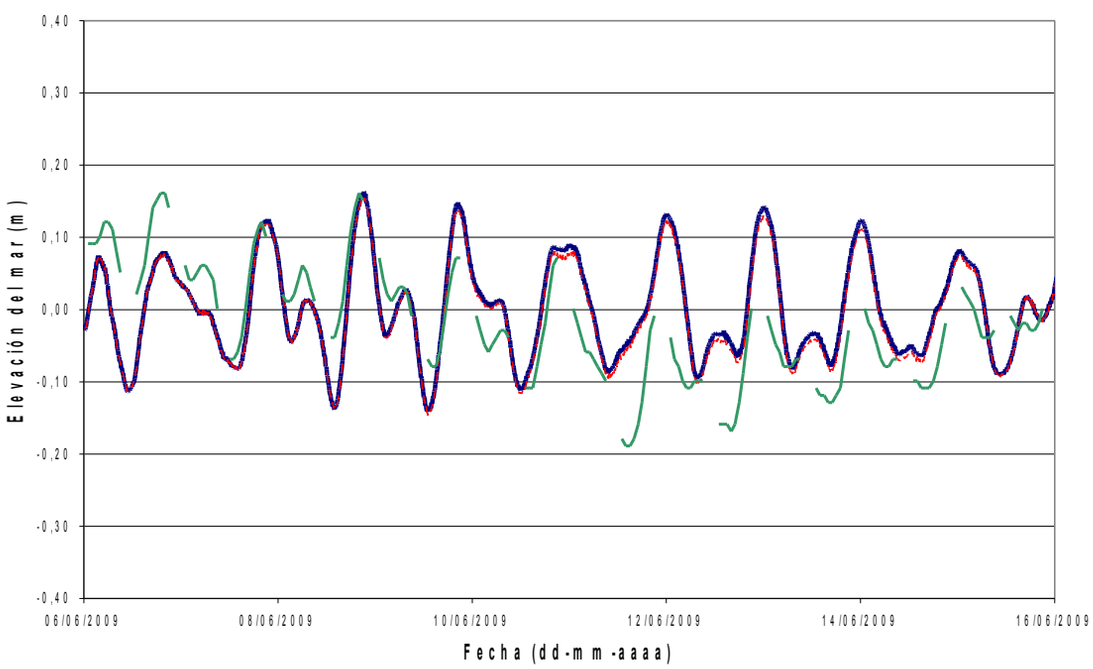


Figura 28: Valores relativos al nivel del mar en junio de 2009 del mareógrafo de Barcelona (verde) y del modelo 2D, en la misma zona, sin viento (azul) y con viento (rojo).

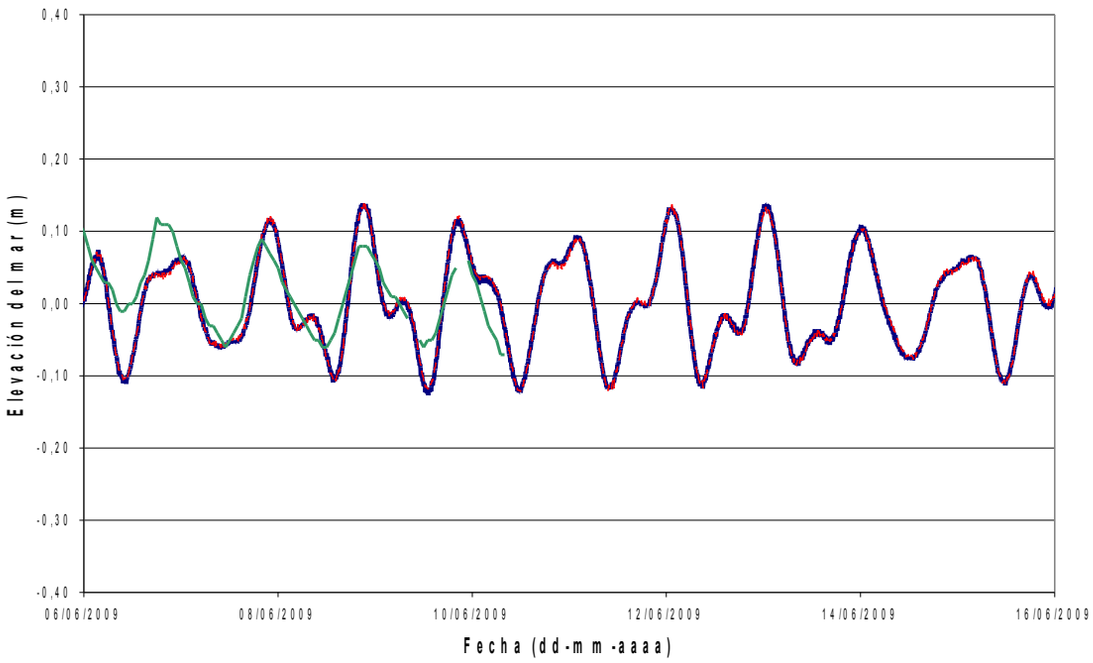


Figura 29: Valores relativos al nivel del mar en junio de 2009 del mareógrafo de Ibiza (verde) y del modelo 2D, en la misma zona, sin viento (azul) y con viento (rojo).

El efecto del viento no solo ayuda a predecir mejor los resultados de nivel del mar sino que sirve para determinar la dirección e intensidad de las corrientes costeras en áreas con pequeñas variaciones del nivel del mar, como es el Mar Mediterráneo.

Para describir la circulación en la costa de la Región de Murcia se distinguirá entre circulación instantánea y circulación residual. La circulación instantánea hace referencia a la intensidad y dirección de las corrientes en un momento determinado de tiempo, se podría considerar como la velocidad bruta. Por otro lado, como circulación residual nos referimos a la velocidad resultante de sumar las intensidades y direcciones de las corrientes a lo largo de un periodo de tiempo, obteniendo la circulación general para la zona en ese lapso de tiempo, se podría considerar como la velocidad neta. A continuación se muestran las velocidades instantáneas y residuales para los diferentes dominios simulados.

6.1.4.1 CIRCULACIÓN INSTANTÁNEA

Las máximas velocidades instantáneas en los dominios estudiados se localizan en el Estrecho de Gibraltar, debido a su gran amplitud de marea y al poco espacio por el que se comunican las aguas del Mediterráneo con las del Océano Atlántico. En la figura 30 se presentan dos instantes de circulación para la simulación del mes de enero, separadas por seis horas, donde se puede observar el cambio de condiciones de marea en el estrecho. En condiciones de bajamar en el estrecho el agua circula desde el Mediterráneo hacia el Atlántico a lo largo de la costa española, a pesar de esta circulación puede apreciarse como en la costa africana existe una corriente hacia el

interior del Mediterráneo. En condiciones de pleamar, el nivel del mar es superior en la zona del estrecho en comparación con el resto del Mediterráneo y el agua entra a lo largo de toda la costa sur española y la norte africana, hasta el levante español donde el efecto de la marea, tal y como se comentó en apartados anteriores, no es tan importante. Se observa, además una circulación preferente del Norte al Sur en la costa española, pero puede variar según la dirección del viento dominante en el periodo.

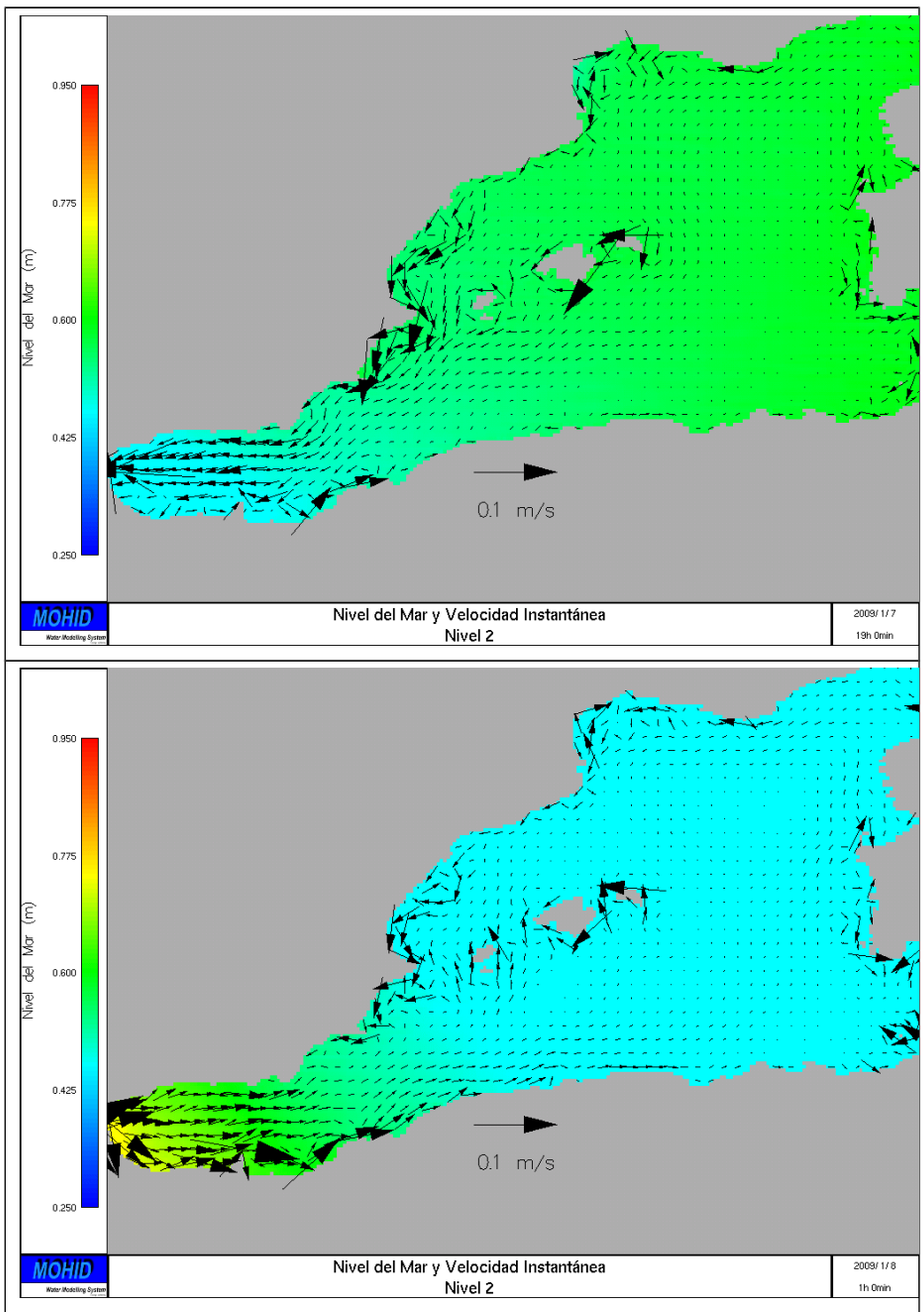


Figura 30: Nivel del mar e intensidad de las corrientes para el nivel 2 para dos instantes del mes de enero separadas por seis horas con condiciones de bajamar (arriba) y pleamar (abajo) en la área del Estrecho de Gibraltar.

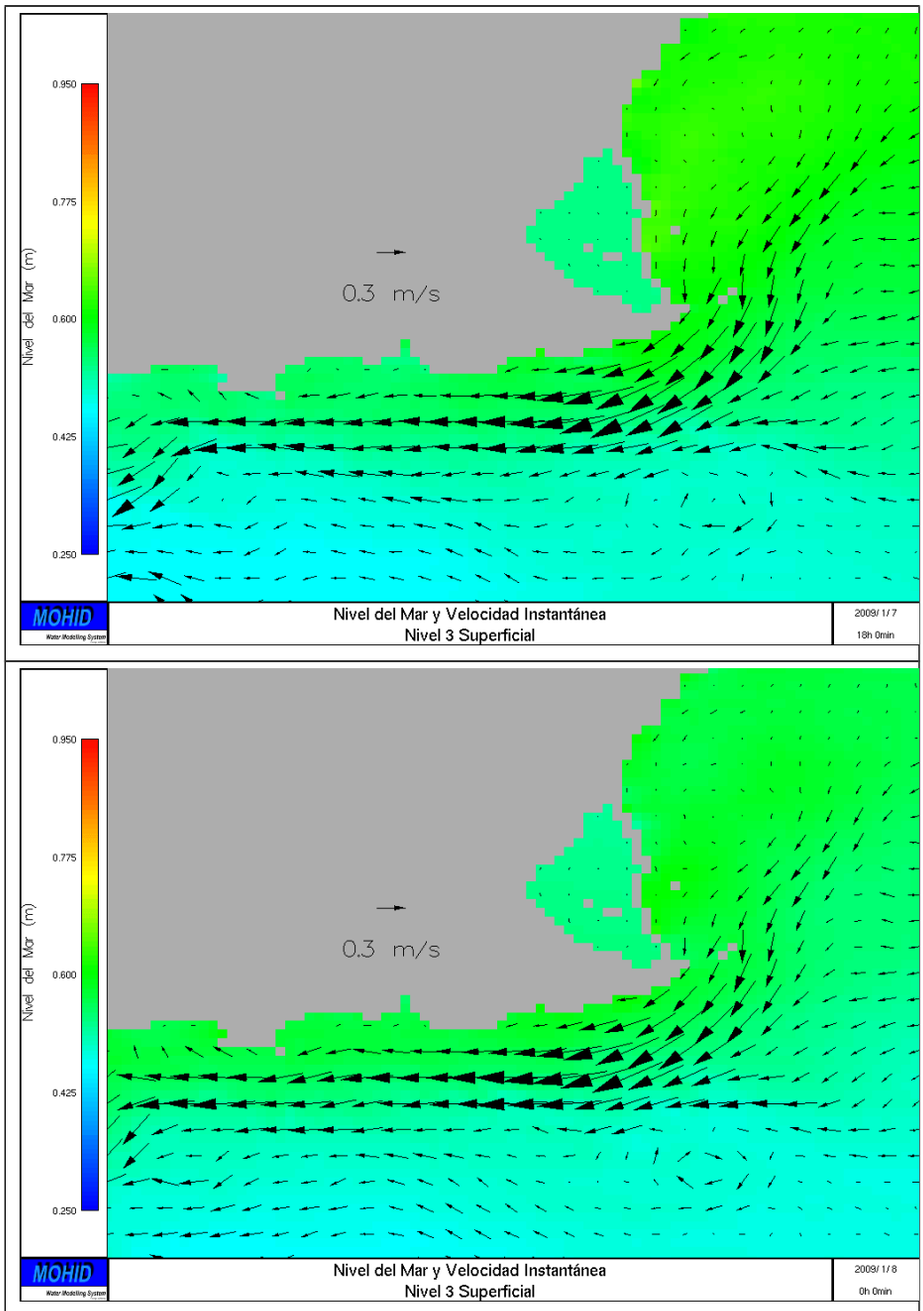


Figura 31: Nivel del mar e intensidad de las corrientes para el nivel 3 en su capa mas superficial para dos instantes del mes de enero separadas por seis horas con condiciones de bajamar (arriba) y pleamar (abajo) en la costa de la Región de Murcia.

La localización de la región de Murcia en el Mediterráneo Occidental es clave para entender la circulación de sus aguas. Se trata de una zona de transición entre la influencia del Océano Atlántico, cuya influencia se puede sentir en las salinidades del agua, y la zona de recirculación de aguas provenientes del Golfo de León en Cataluña, que desciende a lo largo de la costa este peninsular. En el ámbito de la oceanografía, se podría considerar una zona muy interesante de estudio en mayor profundidad, tanto a través de observaciones de campo como de modelado de diferentes procesos. A partir de los resultados del modelo hidrodinámico, no se aprecia en superficie un cambio substancial de intensidad ni dirección debido a la variación de la marea en el

Estrecho de Gibraltar (figura 31). La situación de las corrientes que se observa en la figura 31, donde una corriente que proviene del Este y que luego circula a lo largo de la costa Sur de la Región no es una situación permanente y está condicionada por los vientos reinantes. Un aspecto relevante en el mismo gráfico es la heterogeneidad del clima costero en la costa sur y este de la región para los mismos instantes.

Las velocidades obtenidas para la zona de San Pedro en el nivel 4 son como media de 0,1 m/s, con máximas alrededor de 0,35 m/s, que no son superadas en esta zona excepto en condiciones atmosféricas intensas y en zonas localizadas como las proximidades de la Isla Grosa con El Estacio, donde debido al efecto de canal entre la costa y la isla aumentan las velocidades. La intensidad de las corrientes y su orientación está influenciada principalmente por la respectiva de los vientos. Para los dos periodos simulados las velocidades de viento máximas encontradas en Cabo de Palos han sido de 1,3 m/s.

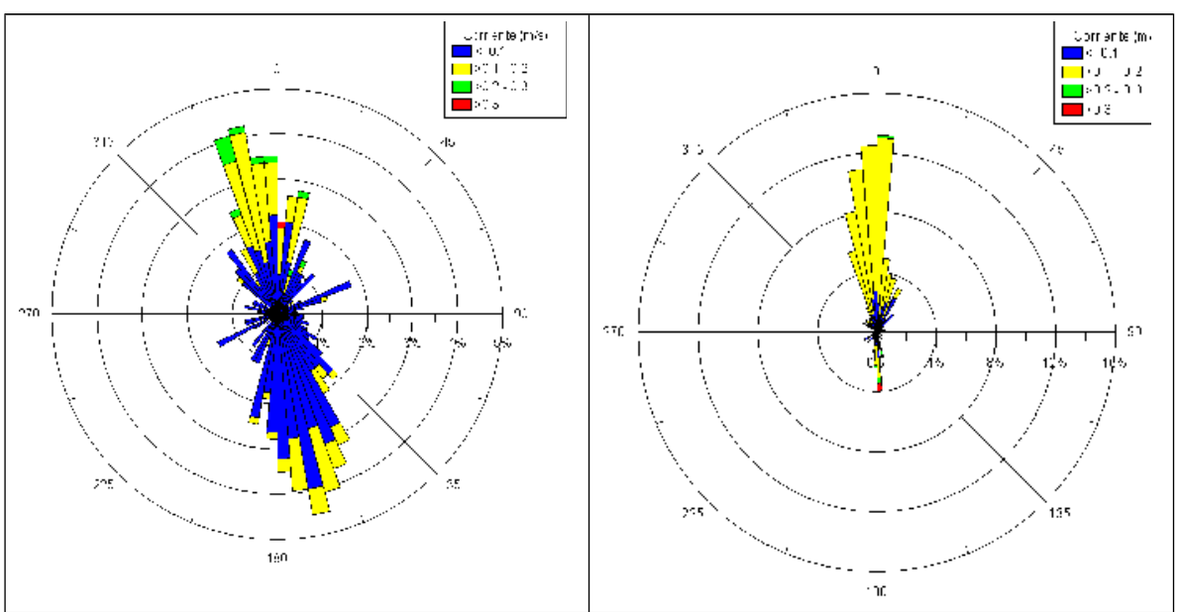


Figura 32: Rosa de Vientos para las corrientes en la zona de San Pedro para los períodos de Enero (izquierda) y Junio (Derecha) de 2009.

6.1.4.2 CIRCULACIÓN RESIDUAL

Las velocidades instantáneas están condicionadas por diversos factores, que como en el caso del viento, a pesar de presentar una amplia variabilidad también muestra un comportamiento regular. A partir de las velocidades residuales se puede describir el comportamiento de forma general de una zona de estudio para un determinado período y sirve para determinar el origen y transporte tanto de substancias disueltas, como los nutrientes, a substancias particuladas como los detritos. En este epígrafe, se ha aplicado esta teoría para describir la circulación residual en estos dos periodos de tiempo enero y junio para los diferentes modelos en estudio.

En el nivel del Mediterráneo (figura 33 y 34) puede apreciarse que existe una circulación permanente hacia el interior en la costa africana a la que están asociados una serie de vórtices, que en algunos casos llegan hasta la península ibérica. Esta circulación es más intensa en enero que en junio, debido probablemente a la presencia de vientos mas intensos en esta época del año en la zona. En la costa peninsular se aprecian dos escenarios diferentes dependiendo de los vientos reinantes. Existe una circulación hacia el sur durante el mes de enero paralela a la costa que además presenta una conexión con las aguas de las Islas Baleares. Durante Junio, debido a los vientos de dirección norte, estas corrientes aparecen en sentido opuesto.

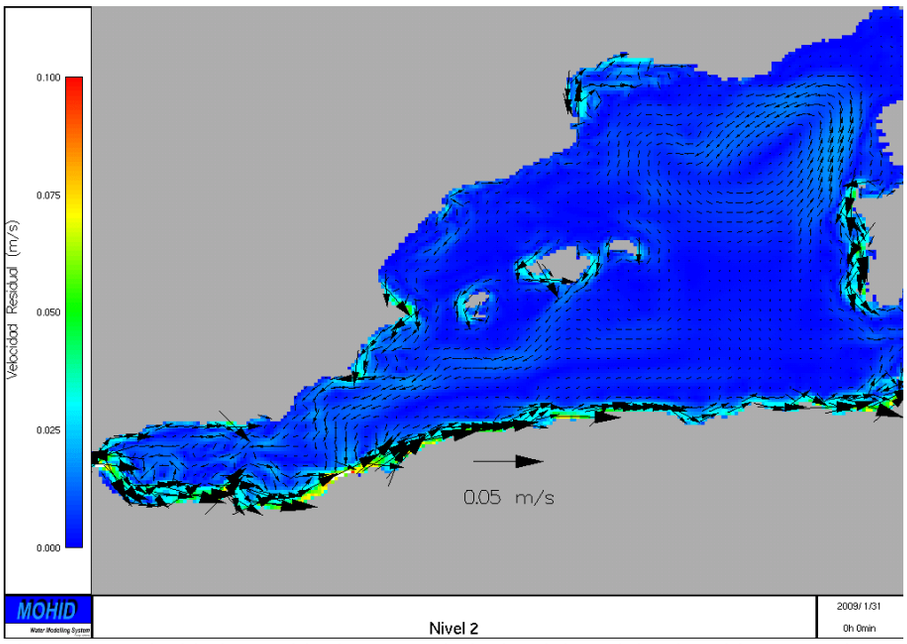


Figura 33: Velocidades residuales para el nivel 2 del modelo obtenidas para el mes de enero de 2009.

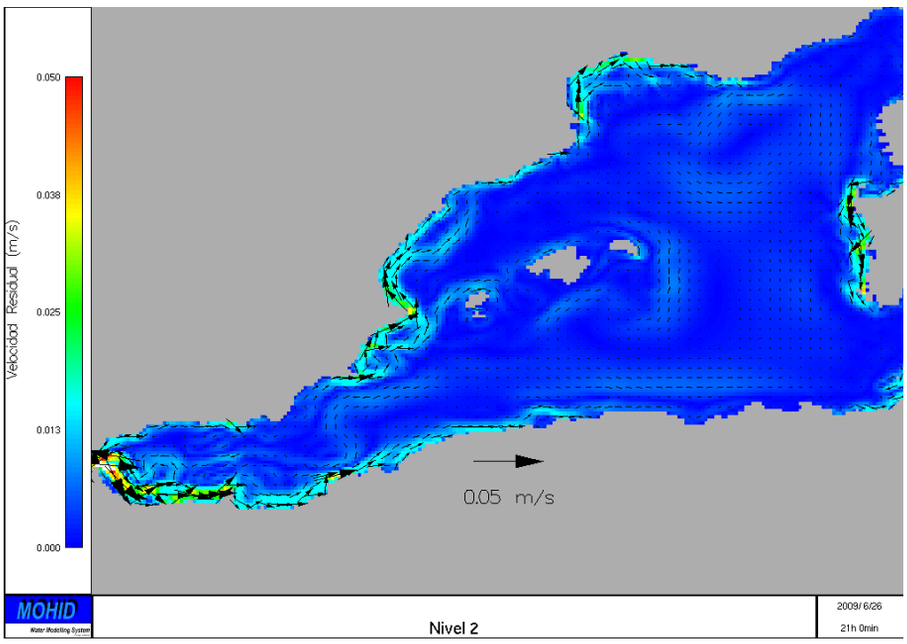


Figura 34: Velocidades residuales para el nivel 2 del modelo obtenidas para el mes de junio de 2009.

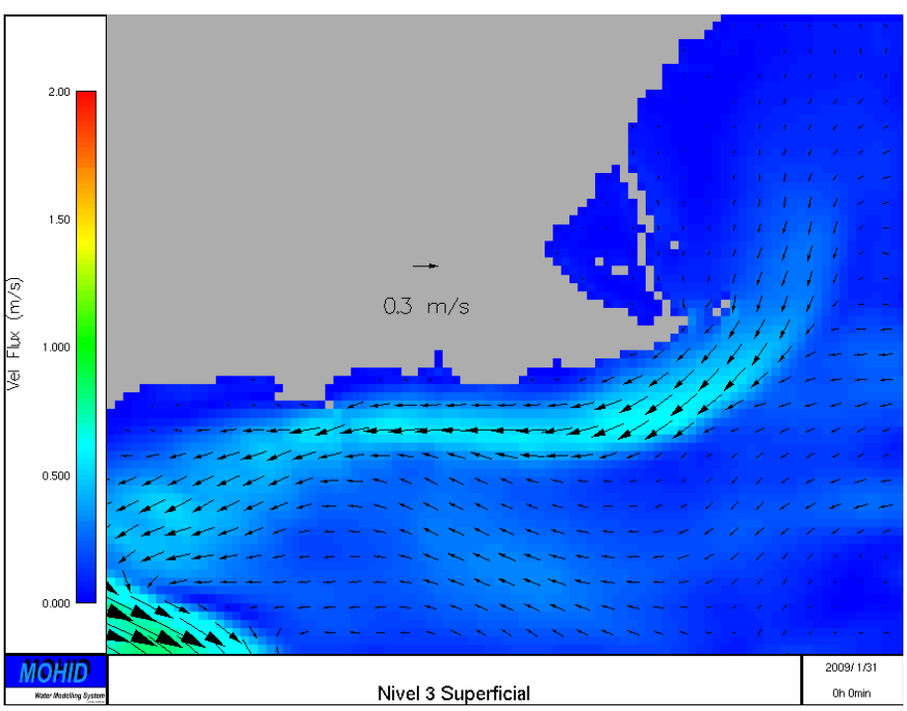


Figura 35: Velocidades residuales para el nivel 3 en superficie, del modelo obtenidas para el mes de enero de 2009.

Sin embargo, cuando se cambia el escenario y se simulan con mayor grado de precisión, en las costa de Murcia (figuras 35 y 36) se observa una situación bastante similar en la parte sur de la costa para ambos meses, con una corriente que viaja con sentido este-oeste y que confluye con otra que viaja hacia el sur.

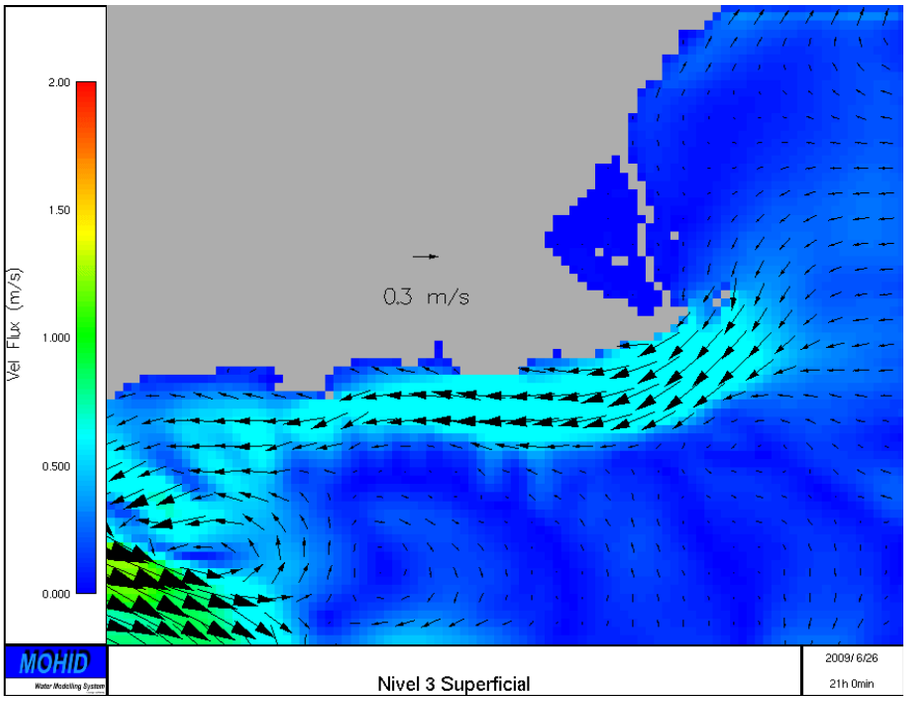


Figura 36: Velocidades residuales para el nivel 3 en superficie, del modelo obtenidas para el mes de junio de 2009.

Mientras que en la costa este de la región no se aprecia una circulación residual tan marcada y en enero casi es compensada, dando una velocidad residual de casi cero, mientras que en junio la resultante es hacia el norte. En la zona de San Pedro del Pinatar (figuras 37 y 38) se constata lo descrito para el Nivel 3, donde se aprecia una corriente con dirección hacia Cabo de Palos, que circula distante de la costa, y una circulación en la costa de La Manga del Mar Menor muy condicionada por la dirección de los vientos.

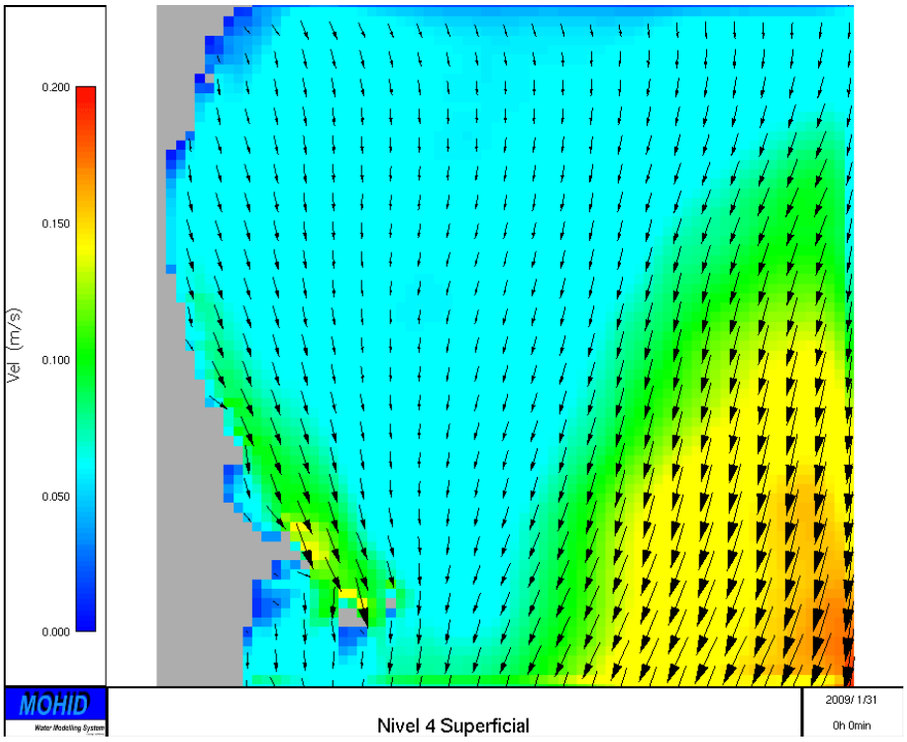


Figura 37: Velocidades residuales para el nivel 4 en superficie, del modelo obtenidas para el mes de enero de 2009.

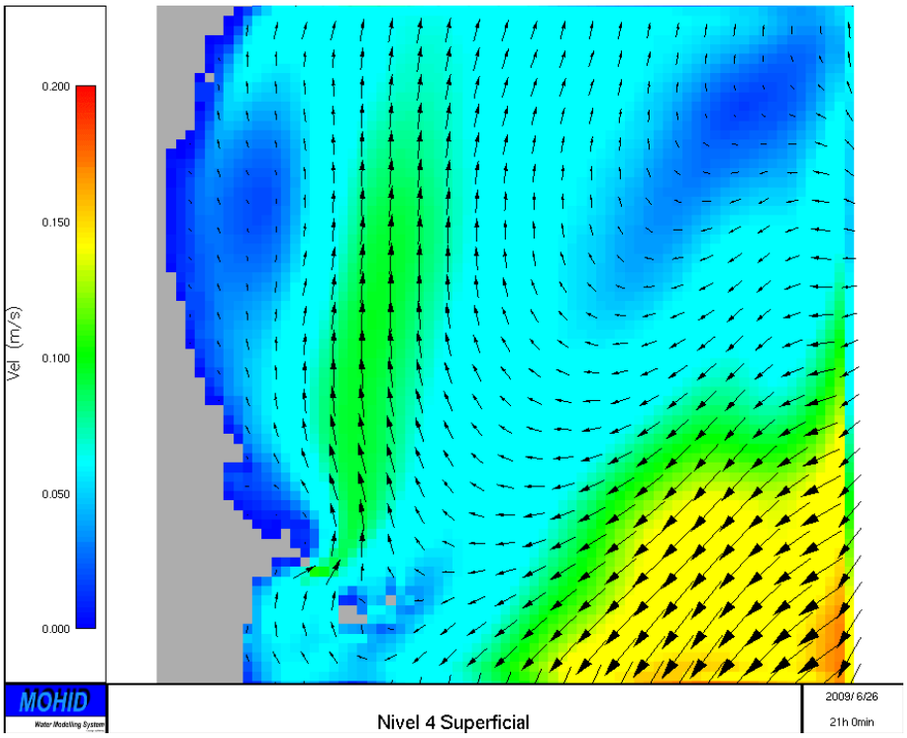


Figura 38: Velocidades residuales para el nivel 4 en superficie, del modelo obtenidas para el mes de junio de 2009.

6.2 RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN DEL VERTIDOS

Los efectos de mayor importancia de la acuicultura sobre la calidad del sedimento y valor ecológico de las comunidades bentónicas, son los derivados de la sedimentación y acumulación de los restos orgánicos macroscópicos procedentes de las deyecciones y alimento de los peces. Éstos provocan el aumento de materia orgánica, y la descomposición microbiana de estos restos orgánicos implicará un elevado consumo de oxígeno que en casos extremos puede derivar en fenómenos de anoxia y predominio del metabolismo anaerobio. Los subproductos de este metabolismo son moléculas químicamente reducidas en forma de gases de sulfhídrico (SH2) y metano (CH4), dióxido de carbono (CO2), que llegan a burbujear, y que a su vez inducen cambios en el pH. La evaluación del efecto conjunto de todos estos cambios precisa del conocimiento de la distribución espacial de la tasa de vertido a lo largo de la zona de influencia de cada jaula, y de la capacidad de asimilación del sedimento local.

Para predecir adecuadamente la intensidad y distribución de estos efectos se ha recurrido a un estudio de dispersión lagrangiano de los vertidos orgánicos generados que recordemos son para la misma producción anual (1500 Tm), ya permitida en la DIA de 2014, pero distribuidos en un mayor número de jaulas. La simulación realizada ha consistido en liberación de 200000 partículas lagrangianas en las coordenadas de las jaulas proyectadas y durante un periodo de 52 días, sobre la matriz hidrodinámica descrita en el apartado anterior. Algunas de las características del modelo son:

- Distinción de hasta cinco tipos de partículas según tamaño y tasas de sedimentación, para representar los pellets fecales y restos de alimento no consumido de acuerdo a la bibliografía consultada de cada especie (Magill et al., 2006; Piedecausa, 2010).
- Su número de partículas liberado es proporcional al vertido de cada jaula y fisiología de la especie.
- Se ha programado el modelo para que no considere resuspensión de las partículas en el fondo, lo que supone una sobre-estima significativa de la cuantificación de los efectos del vertido, y por tanto, acogimiento al principio de precaución.
- La tasa de vertido no es constante sino que corresponde a los eventos discretos de alimentación y fisiología de la especie.
- La matriz hidrodinámica reprodujo las corrientes marinas ocasionadas por el registro real de vientos obtenidos de la Estación metereológica del Aeropuerto de San Javier (Murcia) y por el efecto de los patrones globales de corrientes obtenidos por niveles superiores de simulación con viento y marea.

Para obtener una mayor fidelidad en los resultados el modelo se ha desarrollado en 3D, con diferentes velocidades de corriente según estratos de la columna de agua, de esta manera se reproduce además el efecto de la batimetría y corrientes de retorno costeras.

El registro de la posición final de cada partícula en el sedimento al termino del periodo de simulación, permitió realizar una estima de la tasa diaria de sedimentación de materia orgánica en gramos de carbono. El resultado final de todo este proceso se presenta como un mapa de la tasa de sedimentación de materia orgánica que identifica la huella ("*footprint*") sobre el lecho marino, considerando interacciones entre jaulas y el efecto de una corriente variable en dirección e intensidad.

Además, se sabe que las granjas acuícolas aumentan la densidad de ciertas especies ícticas salvajes, en su entorno, las cuales son capaces de consumir entre el 40-80% de los excedentes de alimentación (Vita et al., 2004; Felsing et al, 2005). Estudios locales en el propio polígono elevan la acción de la ictiofauna hasta el 86,7% (Piedecausa, 2010) y revelaron la existencia de una completa comunidad compuesta tanto por especies pelágicas como bentónicas y demersales (Mullus surmuleus, Litognathus mormyrus, etc.). Estudios experimentales con mújoles (Mugil cephalus) demostraron que no sólo reducen la carga orgánica en sedimentos sino al remover el sustrato mejoraban la oxigenación y resuspensión. En la presente simulación se ha considerado que la fauna local retira un 20% de los excedentes de alimentación y se han incluido las heces generadas en el vertido derivado de la actividad.

A falta de una calibración "in situ" del modelo, las tasas de sedimentación de carbono resultante del modelo lagrangiano se clasificaron según los límites de la escala de impactos sobre el sedimento de Hargrave (2010) según la cual tasas de sedimentación por encima de 10 gr C MO/m²·día suponen fenómenos de anoxia constante, redox <-250 mV y pH por debajo de 6, mientras que tasas entre 5-10 gr C MO/m²·día corresponderían a fondos caracterizados por una hipoxia severa y entre 2-5 gr C MO/m²·día moderada (Hargrave, 2010).

De forma general los resultados de la simulación, muestran una situación de fuerte mejoría respecto a la situación actual, tal y como cabría esperar al pasar de una configuración de menos jaulas con mayor carga de biomasa y menor separación entre jaulas (situación actual, figura 40). A la configuración solicitada, donde la biomasa se reparte en más jaulas y se aumenta la separación entre ellas (figura 42).

El alcance de las partículas no supera los 200 metros (figura 42), mientras que en la situación actual se registran alcances del doble de distancia (400 m) de las instalaciones en el eje NO -SE que es el eje de mayor amplitud generado por la huella de dispersión, como puede verse en las figuras 40 y 42.

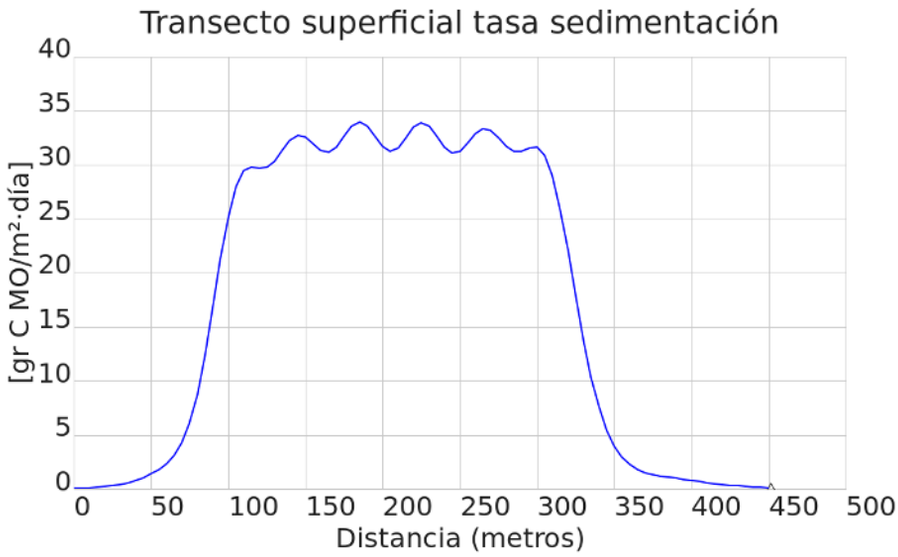


Figura 39: Perfil superficial de tasa diaria de sedimentación de materia orgánica en la situación actual de producción. Ver figura 40 para ver transecto.

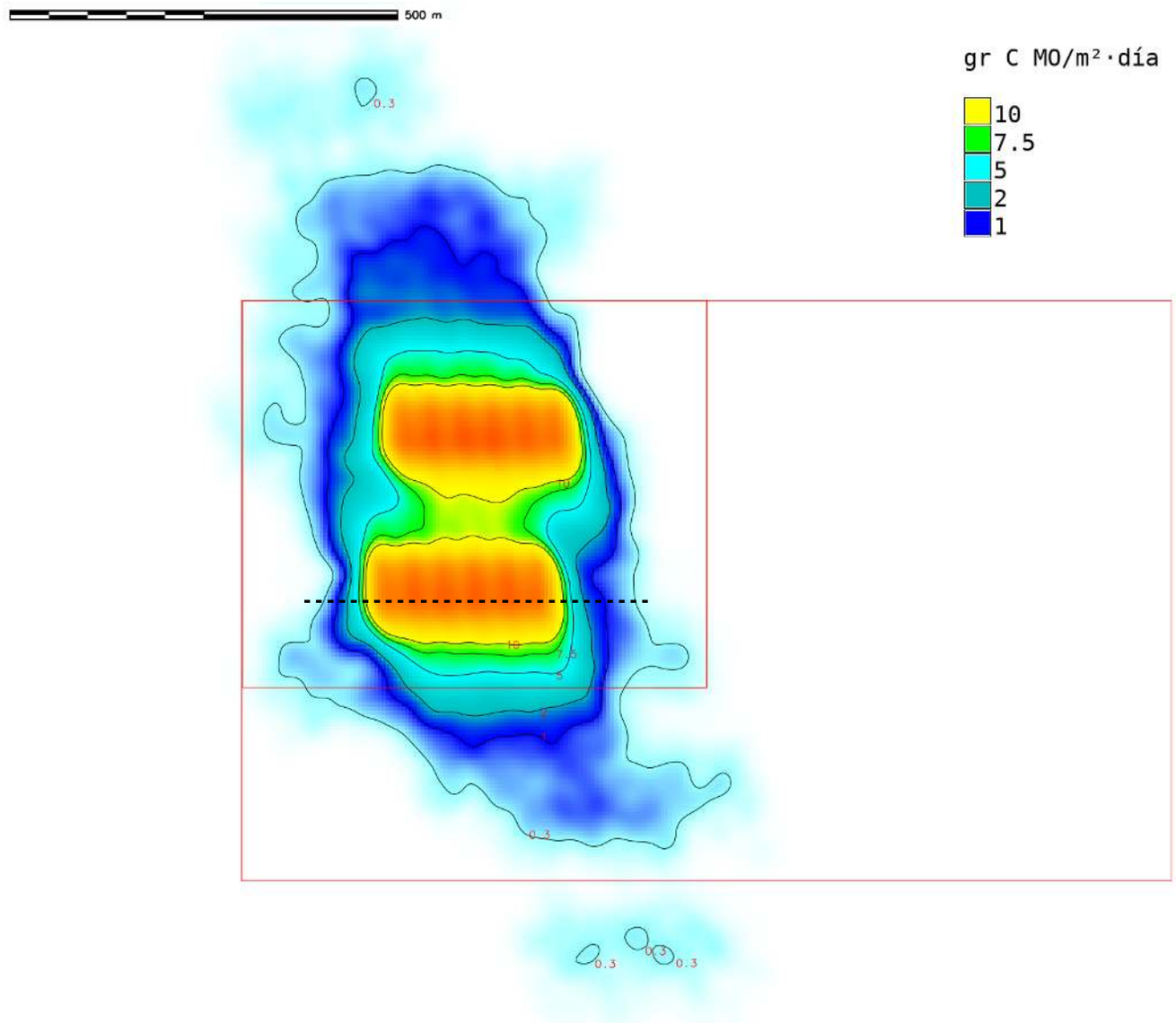


Figura 40: Tasa diaria de sedimentación de materia orgánica de la situación actual de distribución de jaulas y 1500 Tm de producción anuales. Línea de puntos: Transecto superficial O→E de la figura 39 de la página anterior.

Las mayores concentraciones de materia orgánica vertida y acumulada se predicen justo debajo de las jaulas con una tasa máxima de 18 gr C MO/m²·día, en el caso de la nueva distribución solicitada (figura 41) pudiéndose diferenciar las huellas individuales de cada una de ellas, frente a los 34 gr C MO/m²·día que se llegan a registrar en la situación actual (figura 39), donde las manchas individuales de las jaulas se llegan a unir formando una única zona bajo las jaulas con riesgo de anoxia. Estas concentraciones decrecen rápidamente y en pocos metros se alcanzan tasas de sedimentación de materia orgánica despreciables en comparación con las mismas tasas debidas a factores naturales (por ejemplo, a 50 m de una jaula la tasa de vertido diario se reduce aproximadamente 40 veces).

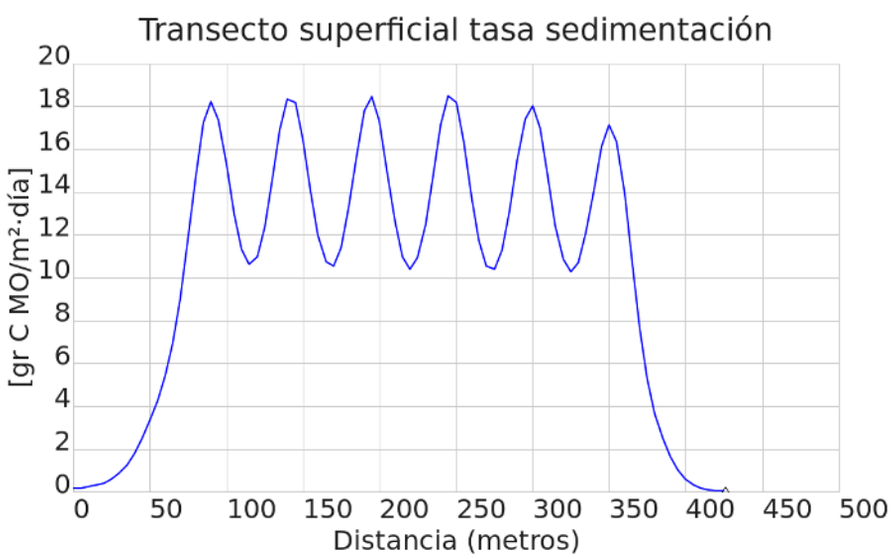


Figura 41: Perfil superficial de tasa diaria de sedimentación de materia orgánica en la nueva distribución de producción solicitada. Ver figura 42 para ver transecto.

La nueva distribución solicitada reparte la misma biomasa en una área mayor y con mejor dispersión de los vertidos, provocando que no se alcancen concentraciones de materia orgánica en el sedimento tan altas como la situación actual. El área total de la *footprint* es un 20% mayor en la situación actual pese a ocupar menor superficie administrativa, debido a esta peor eficiencia en la dispersión. No obstante, el área donde empezarían a identificarse los efectos de la sedimentación de materia orgánica, aquellas a partir de la isolínea de 1 gr C MO/m²·día (figura 42) es mayor en la nueva concesión solicitada, aunque los máximos son casi de la mitad, y existe menor efecto de acumulación entre jaulas, como puede apreciarse en el efecto de “diente de sierra” entre las dos figuras 39 y 41, cada pico del transecto (O->E) es una jaula, y en el caso de la situación actual se identifica una menor recuperación del sedimento entre jaulas, por lo que existe mayor posibilidad de llegar a situaciones de anoxia.

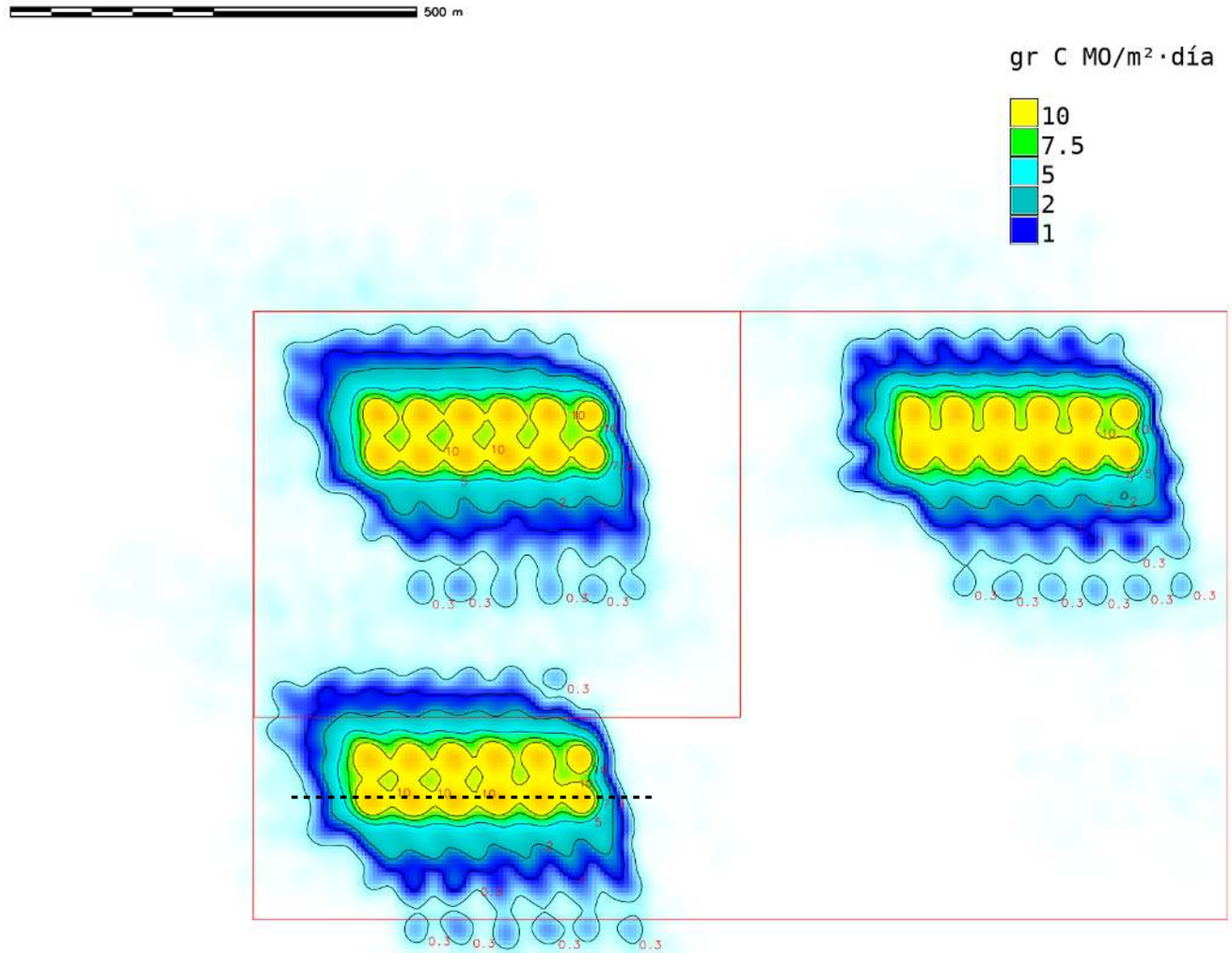


Figura 42: Tasa diaria de sedimentación de materia orgánica, en la nueva distribución solicitada, con ampliación de DPMT. Línea de puntos: Transecto superficial O→E de la figura 41 de la página anterior.

No se puede olvidar que estos cálculos se han hecho en base al peor caso posible que es un cultivo “todo dentro, todo fuera” que considera una biomasa máxima de 2500 Tm, un 30% mayor que la esperada con el nuevo sistema de cultivo que no supera las 1800 Tm (ver Figura 22), tampoco se considera el efecto de la resuspensión y se minusvalora la actividad de la fauna silvestre, todo ello en acogimiento al principio de precaución. Estamos por tanto, ante la peor situación posible en ambas simulaciones, pero también la menos probable, todo ello necesario para identificar que los efectos acumulados de la sedimentación de la materia orgánica en el lecho marino, están muy concentrados bajo las jaulas y no se espera poder identificar sus efectos más allá de 200m a partir de la ultima jaula en sobre el eje de mayor dispersión, además de una notable recuperación del sedimento entre jaulas, y entre trenes de jaulas, lo que conllevaría la existencia de una comunidad con mayor posibilidad de asimilación de los excesos de materia orgánica, que la presente en situaciones de anoxia.

En Murcia, a 28 de julio de 2020

REDACTADO POR:

Tomás Senabre González
Lcdo. en C.C. Biológicas

REDACTADO Y REVISADO POR:

Alberto Perán Rex
Lcdo. en C.C. Biológicas
Colegiado Nº 15784-MU