

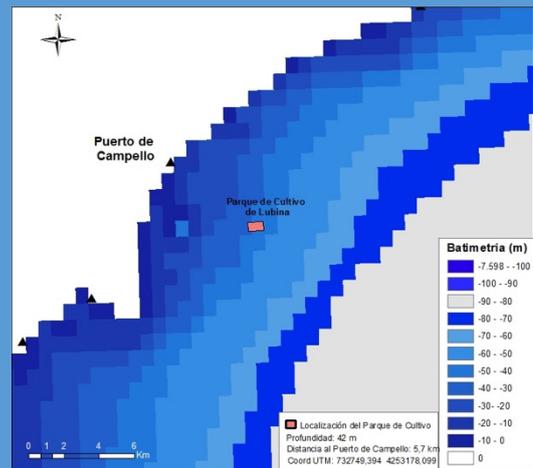
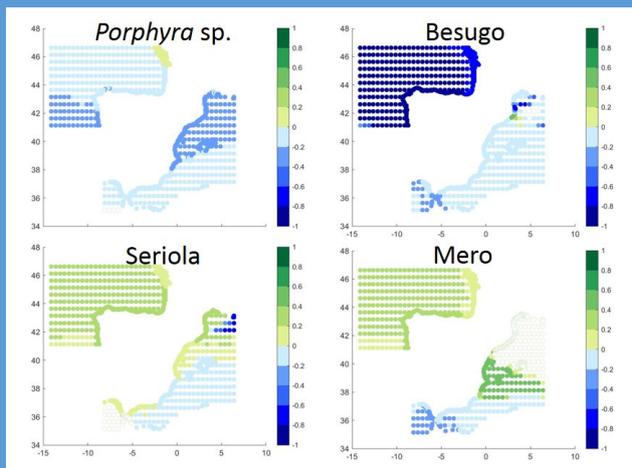
Anexo 3

ACTIVIDAD 3:

ANÁLISIS A NIVEL LOCAL DEL ATLAS DE VIABILIDAD DE LA ACUICULTURA MARINA EN LAS COSTAS ESPAÑOLAS

ACTIVIDAD 3.1:

ESTUDIO A ESCALA LOCAL



Este proyecto cuenta con el apoyo de la Vicepresidencia Cuarta y Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, a través de la Fundación Biodiversidad.

PROyección frente a escenarios de cambio climático y escalado a nivel local del ATLAS de viabilidad de la acuicultura marina en las costas españolas.

Este proyecto cuenta con el apoyo de la Vicepresidencia Cuarta y Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, a través de la Fundación Biodiversidad.

Las opiniones y documentación aportadas en esta publicación son de exclusiva responsabilidad del autor o autores de los mismos, y no reflejan necesariamente los puntos de vista de las entidades que apoyan económicamente el proyecto.

ÍNDICE



ÍNDICE

1. METODOLOGÍA.....	A3.1
1.1. Zona de estudio.....	A3.1
1.2. Especies seleccionadas y métodos de cultivo.....	A3.1
1.3. Variables, fuentes de información y análisis de datos	A3.2
1.4. Generación de mallas	A3.5
1.5. Evaluación de la oportunidad de cultivo.....	A3.5
1.6. Evaluación de la compatibilidad con el medio	A3.7
1.6.1. Restricción de las especies de interés.....	A3.8
1.6.2. Restricción por usos y actividades	A3.9
1.6.3. Restricción por hábitats y especies protegidos	A3.11
1.6.4. Cálculo de la compatibilidad con el medio	A3.14
1.7. Evaluación de la viabilidad de cultivo	A3.15
2. RESULTADOS Y PRODUCTOS OBTENIDOS	A3.17
2.1. Evaluación de la oportunidad de cultivo.....	A3.17
2.1.1. Idoneidad biológica	A3.17
2.1.2. Idoneidad estructural.....	A3.22
2.1.3. Idoneidad operativa	A3.23
2.1.4. Oportunidad de cultivo.....	A3.24
2.2. Evaluación de la compatibilidad con el medio	A3.25
2.3. Evaluación de la viabilidad de cultivo	A3.39
2.4. Diseño de un parque de cultivo en Campello	A3.41
2.4.1. Criterios Generales para parques de cultivo en aguas oceánicas.....	A3.41
2.4.2. Diseño de un parque de cultivo en Campello	A3.43
2.4.3. Marco legislativo y administrativo	A3.46
3. CONCLUSIONES DE LA ACTIVIDAD	A3.47
3.1. Oportunidad de cultivo	A3.47
3.2. Compatibilidad con el medio	A3.47
3.3. Viabilidad de cultivo	A3.48
3.4. Diseño de un parque de cultivo en Campello	A3.48
4. REFERENCIAS	A3.49
APÉNDICE A. DATOS METEO-OCEÁNICOS	A3.A.1
A1. INTRODUCCIÓN	A3.A.1
A2. DESCRIPCIÓN DE LAS BASES DE DATOS PARA CADA VARIABLE.....	A3.A.4
A2.1. Temperatura superficial del agua (SST).....	A3.A.4
A2.2. Oleaje	A3.A.5
A2.3. Salinidad y Corrientes.....	A3.A.6
A2.4. Batimetría y pendiente del fondo.....	A3.A.7
A2.5. Viento	A3.A.8
A2.6. Radiación fotosintética (PAR)	A3.A.9
A3. FORMATO DE LOS DATOS	A3.A.10
A4. REFERENCIAS	A3.A.13

APÉNDICE B. ANEJO CARTOGRÁFICO. ESPECIES DE INTEÉS CAMPELLO A3.B.1
B1. OPORTUNIDAD DE CULTIVO A3.B.2
B2. COMPATIBILIDAD CON EL MEDIO A3.B.20
B3. VIABILIDAD DE CULTIVO A3.B.38

Anexo 3

ACTIVIDAD 3.1:

ESTUDIO A ESCALA LOCAL

1. METODOLOGÍA

1.1. Zona de estudio

El estudio se circunscribe al entorno marino de Campello que cubre aproximadamente una extensión de 727.4 km² (Figura 1). Desde la costa norte de Alicante, por debajo del Cabo de Huertas, se limita la zona de estudio que entra unos 41 km mar adentro hacia el este. Desde ese punto se delimita hacia el norte unos 26 km hasta la Punta Bombarda.

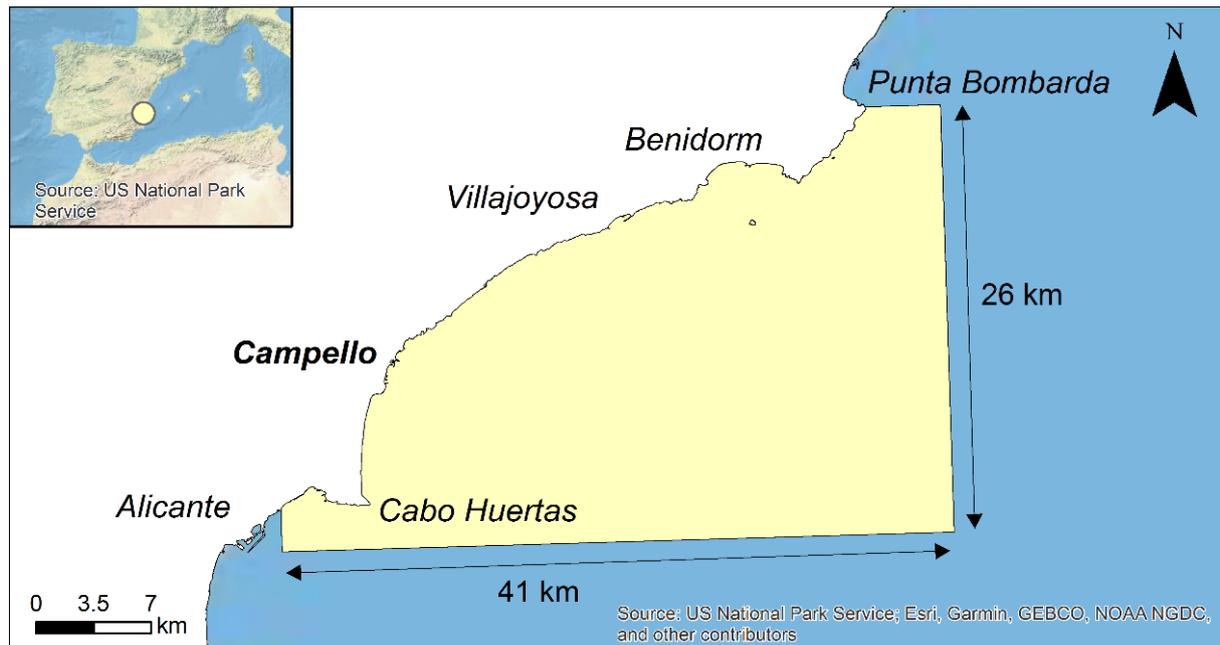


Figura 1. Representación de la zona de estudio en Campello.

1.2. Especies seleccionadas y métodos de cultivo

La selección de especies incluidas en el proyecto ATLAS-PRO ha partido de una revisión de las especies de peces (15) y macroalgas (3) que se consumen y/o cultivan en España, teniendo en cuenta la viabilidad de su cultivo, biomasa y tasa de crecimiento, demanda por los mercados europeos y valor económico.

Todas las especies seleccionadas son adecuadas para su cultivo en sistemas flotantes (p. ej. longline) y son especies autóctonas.

Nombre	Nombre científico
Peces	
Bacalao	<i>Gadus morhua</i>
Besugo	<i>Pagellus bogaraveo</i>
Corvina	<i>Argyrosomus regius</i>
Dorada	<i>Sparus aurata</i>
Lubina	<i>Dicentrarchus labrax</i>
Salmón Atlántico	<i>Salmo salar</i>
Trucha arco-iris	<i>Oncorhynchus mykiss</i>
Atún rojo	<i>Thunnus thynnus</i>
Cherna	<i>Polyprion americanus</i>
Dentón	<i>Dentex dentex</i>
Mero	<i>Epinephelus marginatus</i>
Mujil	<i>Mujil cephalus</i>
Lampuga	<i>Coryphaena hippurus</i>
Pargo	<i>Pagrus pagrus</i>
Seriola	<i>Seriola dumerilii</i>
Macroalgas	
Nori	<i>Porphyra sp</i>
	<i>Codium tomentosum</i>
	<i>Chondrus crispus</i>

Tabla 1. Relación de especies seleccionadas.

1.3. Variables, fuentes de información y análisis de datos

La oportunidad de cultivo de las especies seleccionadas está determinada por su tolerancia a las condiciones ambientales y meteo-oceánicas en las que se desarrolla la actividad. Cuanto más se adapten estas condiciones a los rangos óptimos de crecimiento de las especies y a las características del sistema de cultivo (jaula), mayor será la producción y la rentabilidad de las explotaciones. Por otro lado, la capacidad de supervivencia de las especies frente a condiciones extremas ambientales (temperatura, salinidad y PAR) modulan las restricciones que puede presentar el medio. Cuanto menor sea el tiempo en el que la especie se encuentra sometida a condiciones extremas, menor será la restricción del medio.

En la Tabla 2 se presenta la relación de las variables ambientales, físicas y meteo-oceánicas utilizadas para la evaluación de la oportunidad de cultivo y la supervivencia de las especies de interés frente a condiciones extremas, así como sus fuentes de información. En el Apéndice Meteo-oceánico (Apéndice A) se detallan las bases de datos utilizadas para cada una de las variables, así como el formato de los datos.

En relación con los datos meteo-oceánicos y fisicoquímicos, con independencia de su origen y tipo (*in situ*, imagen de satélite, reanálisis), se han descargado de su fuente original en formato NetCDF, .mat, o similar. Los análisis relativos a la dimensión temporal se han efectuado en Matlab y los análisis espaciales en ArcGIS 10.4, previa conversión a formato ráster. Todas las variables e indicadores han sido proyectadas al sistema WGS84.

El comportamiento espacial y temporal de las variables fisicoquímicas y meteo-oceánicas en la zona de estudio ha permitido identificar las variables que tienen un comportamiento más estable y las que, con base en su variabilidad, tienen más incidencia en el crecimiento de la especie, la resistencia de la jaula, o las actividades de operación y manteniendo (en adelante O&M).

VARIABLE	Fecha inicio	Fecha fin	Resolución Temporal	Resolución espacial	Método
Temperatura del agua, SST (°C)	01/01/1985	31/12/2017	Diaria	0.005°	Re-análisis
Salinidad (UPS)	01/01/1987	31/12/2017	Diaria	0.063°	Re-análisis
Batimetría (m)	-	-	-	0.002°	Satélite e <i>in situ</i>
Viento (m/s)	01/02/1985	31/12/2018	Horaria	0.15°	Re-análisis
Oleaje, Hs (m)	01/02/1948	31/08/2015	Horaria	0.0025°	Re-análisis
Corrientes (m/s)	01/01/1987	31/12/2017	Diaria	0.063°	Re-análisis
Radiación fotosintéticamente activa, PAR (Einstein/m ² /día)	01/01/2002	31/12/2018	Diaria	0.04°	Satélite

Tabla 2. Fuentes de información, resolución espacial, resolución temporal y período de tiempo disponible de las variables fisicoquímicas, meteo-oceánicas, fisiográficas.

Las zonas de exclusión para la acuicultura están ligadas al desarrollo de ciertas actividades y usos realizados en el entorno de la zona objeto de estudio. La compatibilidad de la acuicultura con las actividades realizadas en el espacio marítimo es función del tipo, intensidad y ubicación de los usos y actividades antrópicas. En la Tabla 3 se presenta una relación de usos y actividades de los que se han recabado datos, así como sus fuentes de información.

A excepción de la densidad de buques, la información cartográfica referente a las actividades y usos antrópicos ha sido descargada de su fuente original en formato vectorial (Shapefile, ArcGIS 10.4). En algunos casos, en los que la fuente original solo permitía la visualización mediante servicios WMS o no existía cartografía digital editable, se ha llevado a cabo la digitalización de la información necesaria en el mismo formato (vectorial).

La densidad de buques se ha obtenido mediante la herramienta ShipLocus de Puertos del Estado (2019). Esta herramienta permite la extracción de datos pretratados del Sistema de Identificación Automática que disponen los buques (AIS, Automatic Identification System) (Le Tixerant et al., 2018; Vespe et al., 2016). La herramienta ShipLocus de Puertos del Estado permite solicitar mapas (formato ArcGIS) de calor de las rutas más transitadas por los buques dentro de una zona especificada por el usuario. La selección puede realizarse para un periodo temporal concreto y un tipo de buque específico.

VARIABLE	FUENTE DE INFORMACIÓN
Aguas baño	Ministerio para la Transición Ecológica, 2019
Arrecifes artificiales	Instituto Español de Oceanografía, 2019
Caladeros	Instituto Español de Oceanografía, 2019
Densidad de buques	Puertos del Estado, 2019
Densidad de buques pesqueros	Puertos del Estado, 2019
Densidad embarcaciones recreo	Puertos del Estado, 2019
Extracción minera	Agencia Ambiental Europea, 2018
Instalaciones de acuicultura	Acuivisor, 2019
Instalaciones recreativas y deportivas	Agencia Ambiental Europea, 2018
Naufragios	Instituto Hidrográfico de la Marina, 2019
Patrimonio arqueológico	Generalitat Valenciana, 2019
Puertos de interés pesquero	Acuivisor, 2019
Puertos deportivos	Gómez et al., 2017
Rocas sumergidas	Instituto Hidrográfico de la Marina, 2019
Vertidos difusos-Zonas agrícolas	Agencia Ambiental Europea, 2018
Zonas de producción de moluscos	Acuivisor, 2019
Zonas protegidas de interés pesquero	Generalitat Valenciana, 2019

Tabla 3. Datos recabados y fuentes de información de los usos y actividades antrópicas para la zona costera próxima a Campello.

Los mapas de densidad de tráfico marítimo se han obtenido a partir de los informes mensuales de enero de 2018 a diciembre de 2018. Se han descargado tres tipos de informes, en función de los usos y actividades a analizar: i) rutas de transporte marítimo y tráfico marítimo (todos los datos AIS, sin filtros); ii) zonas de pesca (AIS de pesqueros); iii) actividades turísticas, recreativas, culturales y deportivos (AIS de clase B, recreo). Para obtener el mapa de densidad anual, se han realizado los siguientes pasos: i) *suma de todos los datos*: a partir de los doce informes mensuales se ha obtenido un mapa de densidad anual considerando el sumatorio de todos los meses. Se ha transformado la información a puntos; ii) *normalización de los datos*: los resultados se han dividido por el valor promedio de todos los datos, más tres veces la desviación estándar ($\bar{x}+3\cdot SD$). Posteriormente, todos los valores superiores a la unidad se han sustituido por 1. Todas las operaciones se han realizado mediante herramientas de ArcGIS 10.4.

Finalmente, en una zona como Campello es crucial evaluar la compatibilidad de las actividades acuícolas con los hábitats y especies protegidos. Tanto la Comisión Europea (2012) como la Secretaría General de Pesca (OESA-Fundación Biodiversidad, 2017) ponen de relieve la compatibilidad de dichas actividades con la preservación de los valores naturales de los espacios Natura 2000 pudiendo, incluso, contribuir en determinados casos a reforzar los objetivos ambientales propuestos y generar bienestar, desarrollo social y económico. Sin embargo, la acuicultura no está exenta de generar impactos sobre el medio, por lo que deben definirse criterios y procedimientos, con el fin de que la puesta a punto de las actividades humanas se fundamente en un desarrollo sostenible de los espacios y el aprovechamiento de los recursos marinos.

Los análisis espaciales necesarios se han llevado a cabo en ArcGIS 10.4 en formato vectorial y, posteriormente, los resultados se han convertido a formato ráster para poder homogeneizar toda la información en el mismo formato y resolución.

1.4. Generación de mallas

La Figura 2 muestra la malla generada para las aguas de la zona objeto de estudio con una resolución espacial de 0.01°. La malla cuenta con un total de 756 nodos.

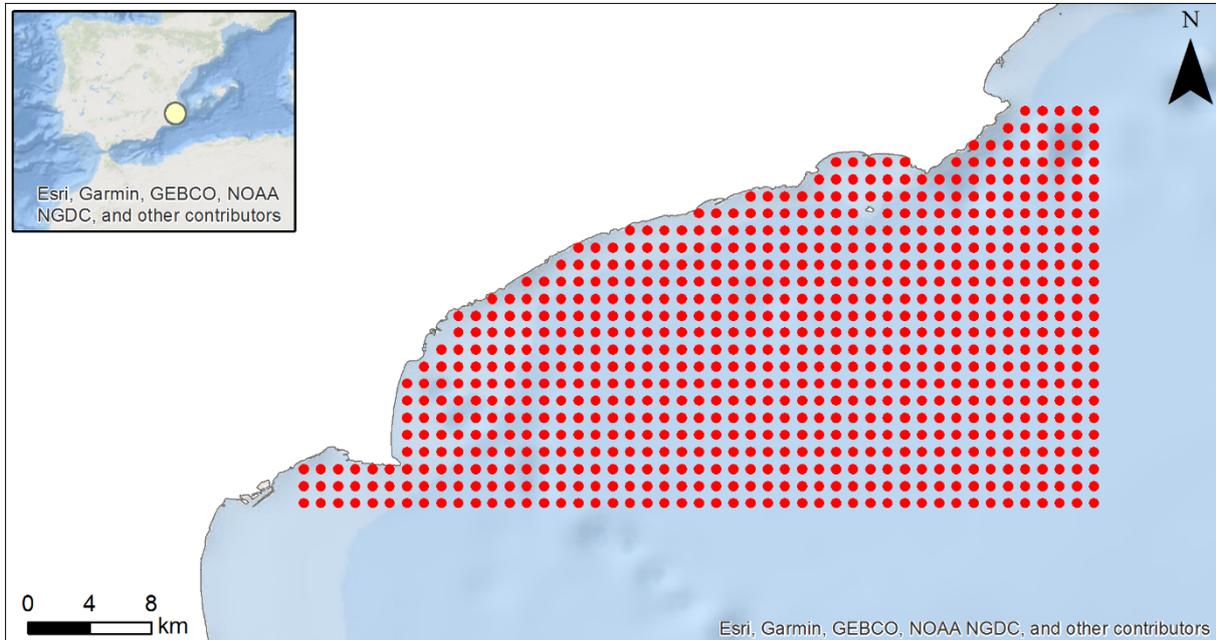


Figura 2. Malla generada para la zona de Campello

1.5. Evaluación de la oportunidad de cultivo

La evaluación de la idoneidad analiza cómo se comporta la zona de estudio y cuánto se parece a las condiciones óptimas en términos biológicos, estructurales y operativos, de acuerdo con la metodología desarrollada en la Actividad 1. La oportunidad de cultivo se determina con base en tres tipos de idoneidades independientes y complementarias:

La idoneidad biológica: evalúa la adecuación de las condiciones ambientales (factores fisicoquímicos) a los requisitos de cultivo necesarios para el crecimiento de la especie.

Nombre	Temperatura idónea (°C)	Salinidad (UPS)	PAR fotoinhib. (mol/m ² día)
Peces			
Bacalao	4-15	6.0-38.0	-
Besugo	12-21	34.5-37.8	-
Corvina	14-28	29.5-39.1	-
Dorada	14-28	30.0-40.0	-
Lubina	14-26	30.0-40.0	-
Salmón Atlántico	6-18	10.0-38.0	-
Trucha arco-iris	6-18	10.0-38.0	-
Atún rojo	15-30	30.0-38.0	-
Cherna	12-20	32.4-37.8	-
Dentón	15-28	35.4-38.8	-
Mero	14-23	33.2-37.2	-
Mujil-Lisa	15-30	30.0-38.0	-
Lampuga-Pez limón	20-30	16.0-36.4	-
Pargo	15-26	31.6-38.0	-

Nombre	Temperatura idónea (°C)	Salinidad (UPS)	PAR fotoinhib. (mol/m ² día)
Seriola	14-28	30.0-38.0	-
Macroalgas			
<i>Porphyra sp</i>	10-15	30.0-40.0	6.05-43.20
<i>Codium tomentosum</i>	10-16	30.0-40.0	6.05-17.28
<i>Chondrus crispus</i>	10-15	28.0-40.0	5.62-34.56

Tabla 4. Variables y criterios para definir la idoneidad biológica de las especies de estudio. Rangos óptimos de crecimiento.

La idoneidad estructural: evalúa el cumplimiento de los requisitos meteo-oceánicos establecidos para garantizar la integridad y durabilidad de las jaulas frente a los fenómenos oceanográficos y meteorológicos.

Variable	Umbral
Oleaje (Hs ₅₀)	<5 m
Corrientes (C ₅₀)	<1 m/s
Profundidad	<300 m
Pendiente del fondo	25%

Tabla 5. Variables y criterios para definir la idoneidad estructural.

La idoneidad operativa: evalúa la posibilidad de llevar a cabo las actividades operativas propias de la actividad (alimentación, pesca, limpieza, mantenimiento, etc.) y viene determinada tanto por las condiciones meteo-oceánicas, como por la distancia a los puertos más cercanos.

$$I_{op} = (3 \times O + 2 \times V + 1 \times D) / 6 \quad (\text{Ecuación 4.1})$$

Donde, I_{op} es el valor de Idoneidad Operativa (estimado entre 0 y 1), O es el valor de oleaje (entre 0 y 1), V es el valor de viento (entre 0 y 1) y D es el valor de distancia a puerto (entre 0 y 1). El período analizado para el cálculo de la idoneidad operativa ha sido entre el 1 de enero de 1985 y el 31 de agosto de 2014, restringido por disponibilidad datos oleaje y viento (ver Apéndice A. Meteo-oceánico).

Variable	Umbral
Distancia puerto	<40 km
Oleaje (Hs)	<1 m
Viento	<15 m/s

Tabla 6. Variables y criterios para definir la idoneidad operativa.

La oportunidad de cultivo de una especie se calcula integrando su idoneidad biológica, con la idoneidad estructural y operativa. Se expresa como la probabilidad, en tanto por uno (1, máxima probabilidad; 0, mínima probabilidad), de que una celda cumpla con los criterios (rangos óptimos) definidos para las tres idoneidades.

La valoración de la oportunidad de cultivo sigue una secuencia de trabajo que se inicia con el cálculo de la probabilidad de cumplimiento a nivel de variable, continua con el cálculo independiente de la idoneidad biológica, estructural y operativa y finaliza con la valoración de la oportunidad de cultivo, obtenida aplicando el criterio del valor crítico a los resultados de las tres idoneidades. La Figura 3 resume el procedimiento metodológico.

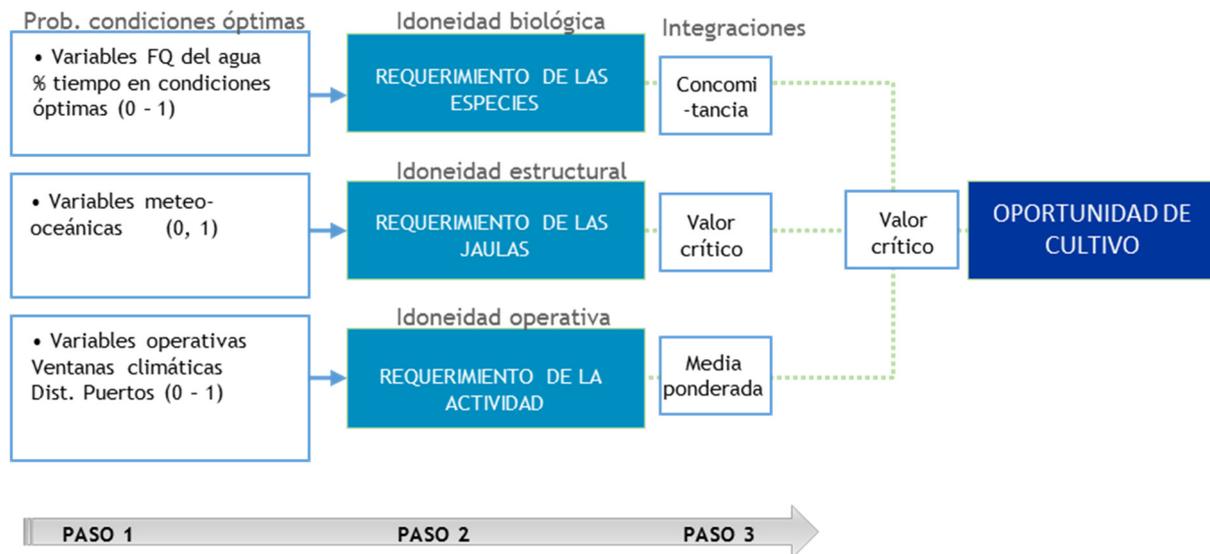


Figura 3. Esquema del procedimiento metodológico para el cálculo de la oportunidad de cultivo.

Los resultados de la oportunidad de cultivo obtenidos se agregan en cuatro categorías que permiten discretizar el espacio marítimo en: Zona muy óptima ($OC > 0.7$); Zona moderadamente óptima ($0.7 \geq OC > 0.4$); Zona poco óptima ($OC \leq 0.4$); Zona no óptima ($OC = 0$).

1.6. Evaluación de la compatibilidad con el medio

El objetivo de la evaluación de la compatibilidad con el medio es definir zonas de exclusión para la acuicultura considerando tres aspectos: la restricción de las especies de interés, la restricción por los usos y actividades antrópicas y la restricción por hábitats y especies protegidos de la zona. Los criterios para definir zonas de exclusión de cada uno de estos aspectos se definen a continuación:

- La restricción de las especies de interés para la acuicultura: evalúa la probabilidad de que las especies se vean sometidas a condiciones extremas (salinidad, temperatura y PAR) que afecten a su supervivencia. Las zonas con elevada probabilidad ($>50\%$ del tiempo) de producirse efectos adversos sobre la especie se consideran zonas de exclusión para el desarrollo de la acuicultura.
- La restricción por usos y actividades: evalúa la compatibilidad de los usos y actividades antrópicas llevados a cabo en la zona de estudio con la acuicultura. El cálculo se lleva a cabo mediante la delimitación de zonas de influencia alrededor de los usos y actividades. La evaluación se efectúa en función de su compatibilidad: nula, parcial o total. Las áreas de influencia con una compatibilidad nula se consideran zonas de exclusión para el desarrollo de la acuicultura.
- La restricción por especies y hábitats protegidos: evalúa los efectos que la acuicultura ejerce sobre los diferentes hábitats y especies protegidos. Las zonas en las que se desarrollen hábitats o especies protegidos susceptibles de sufrir un elevado impacto por la acuicultura se consideran zonas de exclusión.

1.6.1. Restricción de las especies de interés

La restricción de las especies de interés evalúa cómo las condiciones fisicoquímicas pueden afectar a su supervivencia. Para ello, se consideran dos tipos de efectos: agudos y crónicos. Los efectos agudos están, generalmente, asociados a consecuencias intolerables de magnitud elevada en un período corto de tiempo, y los efectos crónicos están vinculados a todas aquellas consecuencias que se producen a medio-largo plazo y de magnitud menos drástica, pero mantenida en el tiempo.

El algoritmo de cálculo utilizado parte de la serie completa de datos históricos de las variables fisicoquímicas y calcula la frecuencia con la que esas variables han incumplido con los requerimientos para la supervivencia de la especie. Para cada variable y especie se definen unas condiciones extremas y se calcula el porcentaje de tiempo en el que cada celda se encuentra en condiciones extremas.

Los efectos agudos se calculan como el porcentaje de tiempo en el que las condiciones fisicoquímicas se encuentran en condiciones extremas. Se definen condiciones extremas como la desviación del 15% por encima y por debajo del rango óptimo de los parámetros fisicoquímicos (Tabla 4). En la Tabla 7 se muestra, para cada una de las especies de interés, los rangos de condiciones extremas para la temperatura superficial del agua, la salinidad y el PAR. En el caso de la salinidad, exclusivamente se considera un umbral: el correspondiente a un 15% inferior a la salinidad mínima del rango óptimo, puesto que todas las especies estudiadas son muy tolerantes a salinidades elevadas.

Por otro lado, los efectos crónicos sobre las especies se calculan como el porcentaje de tiempo en el que los parámetros fisicoquímicos se encuentran fuera del rango óptimo (Tabla 7) durante más de 7 días consecutivos.

Para determinar las zonas de exclusión debidas a la restricción de las especies de interés se evalúa el porcentaje de tiempo (en tanto por uno) en el que los efectos agudos y crónicos de la temperatura, la salinidad y el PAR incumplen con los criterios de supervivencia definidos. Para su cálculo se aplica el criterio del valor crítico, es decir, aquella celda en la que más del 50% del tiempo se produzcan efectos agudos o crónicos para cualquiera de los parámetros fisicoquímicos, se considera que es una zona de exclusión para el desarrollo de la acuicultura de la especie de interés estudiada.

Especie/Condiciones extremas	Temperatura (°C)	Salinidad (UPS)	PAR fotoinhib. (mol/m² día)
Peces			
Bacalao	3.4-17.3	5.1	-
Besugo	10.2-24.2	29.3	-
Corvina	11.9-32.2	25.1	-
Dorada	11.9-32.2	25.5	-
Lubina	11.9-18.4	25.5	-
Salmón Atlántico	5.1-32.2	8.5	-
Trucha arco-iris	5.1-32.2	8.5	-
Atún rojo	12.8-34.5	25.5	-
Cherna	10.2-23.0	27.5	-
Dentón	12.8-32.2	30.1	-
Mero	12.8-34.5	25.5	-

Especie/Condiciones extremas	Temperatura (°C)	Salinidad (UPS)	PAR fotoinhib. (mol/m ² día)
Peces			
Mujil	12.8-34.5	25.5	-
Lampuga	17.0-34.5	25.5	-
Pargo	12.8-29.9	26.9	-
Seriola	11.9-32.2	25.5	-
Macroalgas			
<i>Porphyra sp</i>	8.5-17.3	25.5	5.1-49.7
<i>Codium tomentosum</i>	8.5-18.4	25.5	5.1-19.9
<i>Chondrus crispus</i>	8.5-17.3	23.8	4.8-39.7

Tabla 7. Variables y criterios para definir la restricción de las especies de interés.

En la zona de Campello, para el cálculo de la restricción de las especies de interés, se han utilizado bases de datos de temperatura, salinidad y PAR con una escala espaciotemporal del 1 de enero de 1987 al 31 de diciembre de 2017 en el caso de los peces y del 1 de enero de 2002 al 31 de diciembre de 2017 en el caso de las macroalgas.

1.6.2. Restricción por usos y actividades

La restricción por usos y actividades evalúa la compatibilidad de los usos y actividades antrópicos llevados a cabo en la zona de estudio con la acuicultura. El cálculo se lleva a cabo mediante la delimitación de áreas de influencia alrededor de los usos y actividades. La evaluación se efectúa en función de su compatibilidad con la acuicultura: nula, parcial y total. Las áreas de influencia con una compatibilidad nula se consideran zonas de exclusión para el desarrollo de la acuicultura.

Para la evaluación de la compatibilidad con los usos y actividades se llevan a cabo los siguientes pasos:

1. *Identificación de los usos y actividades*: se cartografían y digitalizan los usos y actividades realizados en la zona de estudio. La identificación se fundamenta en el Real Decreto 363/2017, por el que se establece un marco para la ordenación del espacio marítimo (Tabla 8).
2. *Delimitación de áreas de influencia para cada uso/actividad*: para cada uno de los usos y actividades identificados se delimita un área de influencia, o distancia de amortiguación (buffer). La distancia de amortiguación se establece en función de la intensidad de la actividad y la posible interacción con la acuicultura, con base en la literatura científica (Menegon et al., 2018), en encuestas internas realizadas en IHCantabria, así como en el conocimiento adquirido por parte de los miembros del equipo de trabajo en los sucesivos proyectos realizados en el ámbito de la acuicultura (Tabla 8). En el caso de la densidad de buques, a partir de datos procesados del AIS (ver Apartado 4.2.3), se obtienen mapas de densidad de tráfico con valores normalizados (0 a 1), considerando, posteriormente, una distancia de influencia de 250m (Tabla 8).
3. *Superposición de áreas de influencia de las actividades/usos*: las áreas de influencia de las actividades y usos se superponen considerando dos tipos de compatibilidades. Por un lado, se superponen las áreas de las actividades/usos que presentan una compatibilidad parcial (P), es decir, actividades parcialmente compatibles con la acuicultura (Tabla 8). Por otro lado, se superponen las áreas de las actividades que

presentan una compatibilidad nula (N), es decir, actividades incompatibles con la acuicultura (Tabla 8). Las zonas de producción de moluscos, los caladeros, la red de transporte marítimo, las zonas sensibles y los tendidos de cables y tuberías se consideran usos/actividades con una compatibilidad parcial (P) con la acuicultura. Mientras que el resto de las actividades y usos considerados se les establece una compatibilidad nula (N) con la acuicultura. La compatibilidad de las actividades con la acuicultura se fundamenta, al igual que el establecimiento de las distancias de amortiguación, en la literatura científica (Menegon et al., 2018) y en una encuesta Delphi realizada internamente en IHCantabria sobre la interacción entre la acuicultura y otras actividades.

4. *Evaluación de la compatibilidad con usos y actividades:* Para la evaluación espacial de la compatibilidad de la acuicultura con usos y actividades en una zona concreta, se utiliza el método del valor crítico, es decir, en el caso de que una celda presente diferentes compatibilidades se considera la peor valoración (peor compatibilidad). De esta forma, la compatibilidad podrá ser: nula, parcial o total.

Aquellas zonas con una compatibilidad nula se consideran zonas de exclusión para el desarrollo de la acuicultura.

Usos y actividades	Variables	Dist. (m)	Comp.
1. Zonas de acuicultura	Zonas producción de moluscos	0	P
	Reservas marinas	1000	N
	Instalaciones de acuicultura	500	N
	Caladeros	0	P
2. Zonas de pesca	Densidad de buques pesqueros	250	N
	Puertos de interés pesquero	500	N
	Arrecifes artificiales	1000	N
	Zonas protegidas de interés pesquero	500	N
3. Prospección, explotación y extracción	Extracción de gas y petróleo	750	N
	Explotación de energía	750	N
4. Transporte y tráfico marítimo	Red transporte marítimo	500	P
	Densidad de buques	250	N
	Puertos comerciales	750	N
	Zonas sensibles	0	P
5. Zonas de vertidos	Vertidos puntuales-Puntos de vertido	500	N
	Vertidos difusos-Zonas agrícolas	500	N
	Puertos comerciales	1000	N
	Puertos de interés pesquero	750	N
6. Zonas de Defensa Nacional	Puertos deportivos	500	N
	Zonas de interés militar	1000	N
7. Zonas de extracción de materias primas	Extracción minera	500	N
	Extracción arenas	1000	N
8. Investigación científica	Investigación científica	1000	N
	Tuberías de vertidos	500	P
9. Cables y tuberías	Cables de telefonía	500	P
	Cables eléctricos	500	P
	Gaseoductos	500	P
	Densidad embarcaciones de recreo	250	N
10. Turismo	Zonas de fondeo	500	N
	Puertos deportivos	500	N
	Instalaciones recreativas y deportivas	500	N
	Aguas baño (playas)	1000	N

Usos y actividades	Variables	Dist. (m)	Comp.
11. Patrimonio cultural	Zonas de Buceo	1000	N
	Patrimonio arqueológico	500	N
12. Usos restringidos	Fondeo restringido	500	N
	Pesca restringida	500	N
13. Obstáculos	Nafragios	500	N
	Rocas sumergidas	500	N

P: compatibilidad parcial; N: compatibilidad nula.

Tabla 8. Usos y actividades, variables, distancias de amortiguación y compatibilidad con la acuicultura para los distintos usos y actividades considerados.

1.6.3. Restricción por hábitats y especies protegidos

La restricción por especies y hábitats protegidos evalúa los efectos que la acuicultura ejerce sobre éstos. Las zonas con presencia de hábitats o especies protegidos y sensibles al impacto de la acuicultura se consideran zonas de exclusión. La compatibilidad de la acuicultura con los hábitats y especies protegidos evalúa cómo la actividad puede tener un impacto pernicioso sobre el medio. El impacto viene determinado por los diferentes efectos (sedimentación, escapes, introducción de químicos, etc.) que podría ejercer la acuicultura tanto sobre los hábitats, como sobre las especies.

Para determinar la compatibilidad de la acuicultura se evalúa el número de efectos que pueden producirse sobre un hábitat o una especie concreta. A mayor número de efectos, mayor es el impacto sobre ese hábitat o esa especie y, por tanto, menor será la compatibilidad de esa zona con la acuicultura. Para este estudio, se han considerado los efectos recogidos en el documento "Situación de partida y perspectivas de la actividad acuícola en la Red Natura 2000 de España" (OESA-Fundación Biodiversidad, 2017). En dicho documento, se consideran un total de 10 efectos: sedimentación, cambios bioquímicos del agua, introducción de químicos, impacto de la infraestructura, perturbación sobre las especies, control de depredadores, aportes de alimentación, transmisión de patógenos, escapes y especies exóticas (Tabla 9).

En relación con los hábitats protegidos, se seleccionan aquellos hábitats de interés comunitario que podrían estar afectados por la acuicultura (Tabla 9). En total se consideran 10 hábitats de interés comunitario de la Directiva Hábitats clasificados en el grupo "hábitats costeros y vegetación halófica": cuatro hábitats de aguas marinas y medios de marea (código 11); tres hábitats de marismas y pastizales salinos atlánticos y continentales (código 13); y tres hábitats de marismas y pastizales salinos mediterráneos y termoatlánticos (código 14). Además, se analizan otros 3 hábitats (fondos Maërl, fondos de cascajos y comunidades de guijarros) que, aunque no han sido incluidos en los Anexos de la Directiva Hábitats, sí se consideran de interés para este estudio (OESA-Fundación Biodiversidad, 2017).

En la Tabla 9 se relacionan los efectos producidos por la acuicultura con los diferentes hábitats protegidos que podrían verse afectados (OESA-Fundación Biodiversidad, 2017). Tal y como puede observarse, los hábitats 1110, 1120 y 1170, así como los fondos Maërl son los que presentan un mayor número de efectos por la acuicultura y, por ello, una menor compatibilidad.

En relación con las especies, ATLAS-PRO considera las recogidas en OESA-Fundación Biodiversidad (2017). Debido a que el número de especies que aparecen en los Anexos de la Directiva Hábitats y Aves es numeroso se opta por agruparlos en grupos de especies de interés comunitario para el medio marino: cetáceos, pinnípedos, nutrias, peces, aves, reptiles e invertebrados (Tabla 10).

Teniendo en cuenta los mismos efectos que para los hábitats, en la Tabla 10 se relacionan los efectos producidos por la acuicultura sobre las diferentes especies seleccionadas. Tal y como puede observarse, las aves, los reptiles y los invertebrados son las especies que presentan un mayor impacto por la acuicultura y, por ello, una menor compatibilidad.

Hábitat	Descripción	Sedimentación	Cambios bioquímicos	Introducción químicos	Impacto infraestructura	Perturbación especies	Control de predadores	Aportes alimentación	Transmisión patógenos	Escapes	Especies exóticas
1110	Bancos de arena cubiertos por agua marina, poco profunda	x	x	x		x	x	x	x	x	x
1120	Praderas de fanerógamas marinas	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1130	Estuarios								x		
1140	Llanos fangosos/arenosos no cubiertos de agua en marea baja						x				
1170	Arrecifes	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
1180	Estructuras submarinas causadas por gases										x
1310	Vegetación anual pionera con Salicornia/otras especies					x				x	
1320	Pastizales Spartina					x				x	
1330	Pastizales salinos atlánticos					x				x	
1410	Pastizales salinos mediterráneos					x				x	
1420	Matorrales halófilos mediterráneos/termoatlánticos					x				x	
1430	Matorrales halonitrófilos					x				x	
Otros	Fondos Maërl	x	x	x	x	x		x		x	x
Otros	Fondos de cascajo	x				x					x
Otros	Comunidades de Guijarros										x

Tabla 9. Relación de los efectos que produce la acuicultura sobre los diferentes hábitats considerados (basada en OESA-Fundación Biodiversidad, 2017).

Para el cálculo de la compatibilidad de la acuicultura con especies y hábitats protegidos, en el marco de este proyecto se ha desarrollado la siguiente fórmula:

$$Compatibilidad_i = 1 - \frac{n}{N} \quad (\text{Ecuación 4.2})$$

Donde:

La compatibilidad de un hábitat o una especie i toma valores entre 0 y 1, n es el número de efectos producidos sobre el hábitat o especie i , y N es el número total de efectos considerados en el estudio. En este caso, N toma un valor de 10.

En función de esta fórmula y de los efectos que la acuicultura produce sobre los diferentes hábitats y especies protegidos seleccionados (OESA-Fundación Biodiversidad, 2017), en la Tabla 11 se recoge la compatibilidad de la acuicultura para cada uno de ellos.

Para la evaluación espacial de la compatibilidad de la acuicultura con especies y hábitats protegidos de una zona concreta, se utiliza el método del valor crítico, es decir, en el caso de que una celda presente diferentes compatibilidades se considera la peor valoración (peor nivel de compatibilidad).

Las zonas con una compatibilidad nula (mayor número de efectos) se consideran zonas de exclusión para el desarrollo de la acuicultura.

Especie	Sedimentación	Cambios bioquímicos	Introducción químicos	Impacto infraestructura	Perturbación especies	Control de predadores	Aportes alimentación	Transmisión patógenos	Escapes	Especies exóticas
Cetáceos						X			X	X
Pinnípedos						X			X	
Nutrias						X	X	X	X	
Peces	X			X		X	X	X	X	X
Aves	X	X	X	X		X	X	X	X	X
Reptiles	X	X	X	X		X	X	X	X	X
Invertebrados	X	X	X	X		X	X	X	X	X

Tabla 10. Relación de los efectos que produce la acuicultura sobre las diferentes especies consideradas (basada en OESA-Fundación Biodiversidad, 2017).

	Descripción	Compatibilidad
Hábitats	1110 Bancos de arena cubiertos por agua marina, poco profunda	0.1
	1120 Praderas de fanerógamas marinas	0.0
	1130 Estuarios	0.9
	1140 Llanos fangosos/arenosos no cubiertos de agua en marea baja	0.9
	1170 Arrecifes	0.0
	1180 Estructuras submarinas causadas por gases	0.9
	1310 Vegetación anual pionera con Salicornia/otras especies	0.8
	1320 Pastizales Spartina	0.8
	1330 Pastizales salinos atlánticos	0.8
	1410 Pastizales salinos mediterráneos	0.8
	1420 Matorrales halófilos mediterráneos/termoatlánticos	0.8
	1430 Matorrales halonitrófilos	0.8
	Otros Fondos Maërl	0.2
	Otros Fondos de cascajo	0.7
	Otros Comunidades de Guijarros	0.9
Especies	Cetáceos	0.7
	Pinnípedos	0.8
	Nutrias	0.6
	Peces	0.3
	Aves	0.1
	Reptiles	0.1
	Invertebrados	0.1

Tabla 11. Compatibilidad de la acuicultura a nivel de hábitat y especie protegida (elaboración propia).

1.6.4. Cálculo de la compatibilidad con el medio

La compatibilidad con el medio se calcula integrando las restricciones de las especies de interés para la acuicultura, la restricción por usos y actividades antrópicas y la restricción por hábitats y especies protegidos. La compatibilidad del medio se expresa en valores de 0 y 1, siendo 0 las zonas de exclusión con compatibilidad nula y 1 las zonas compatibles. La Figura 4 resume el procedimiento metodológico.

Paso 1: Para el cálculo de las restricciones de las especies de interés para la acuicultura se lleva a cabo el cálculo de la probabilidad (en tanto por uno) de cada variable de presentar condiciones extremas. Para el cálculo de las restricciones por usos y actividades se lleva a cabo mediante la obtención de la información cartográfica y el cálculo de las áreas de influencia. Mientras que para el cálculo de la restricción de hábitats y especies protegidas se obtiene la información cartográfica y se define el nivel de impacto (efectos) de la acuicultura sobre éstos.

Paso 2: En este paso se lleva a cabo el cálculo de las zonas de exclusión por las restricciones de las especies de interés para la acuicultura, de los usos y actividades y de los hábitats y especies protegidos.

Paso 3: Finalmente, el cálculo de la compatibilidad del medio, mediante el criterio de valor crítico, se lleva a cabo integrando la restricción de las especies de interés, la restricción por usos y actividades y la restricción por hábitats y especies protegidos.

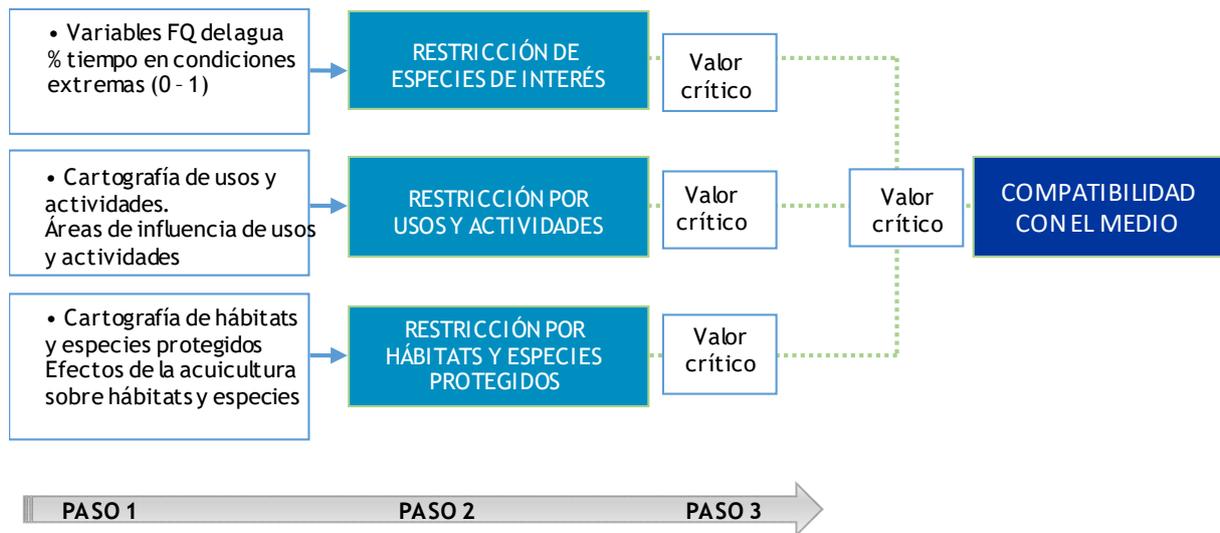


Figura 4. Esquema del procedimiento metodológico para el cálculo de la compatibilidad con el medio.

Los resultados de la compatibilidad con el medio obtenido permiten clasificar el área objeto de estudio en dos tipos:

- Zonas con compatibilidad nula: $CM = 0$.
- Zonas compatibles: $CM = 1$.

1.7. Evaluación de la viabilidad de cultivo

La viabilidad de cultivo se calcula integrando la oportunidad de cultivo y la compatibilidad con el medio. La viabilidad de cultivo se expresa como la probabilidad, en tanto por uno (1, máxima probabilidad; 0, mínima probabilidad), de que una celda cumpla con los criterios de viabilidad.

La valoración de la viabilidad de cultivo sigue una secuencia de trabajo que se inicia con el cálculo de las idoneidades biológica, estructural y operativa para calcular la oportunidad de cultivo y, las restricciones de las especies de interés, por los usos y actividades y por especies y hábitats protegidos para calcular la compatibilidad con el medio. La valoración de la viabilidad se lleva a cabo aplicando el criterio del valor crítico a los resultados de la oportunidad de cultivo y la compatibilidad con el medio. En la Figura 5 resume el procedimiento metodológico completo, siendo el último paso la evaluación de la viabilidad de cultivo.

Los resultados de la viabilidad de cultivo obtenidos se agregan en cuatro categorías para discretizar el espacio marítimo en:

- Zona muy viable: $VC > 0.7$
- Zona moderadamente viable: $0.7 \leq VC < 0.4$
- Zona poco viable: $VC \leq 0.4$
- Zona no viable: $VC = 0$

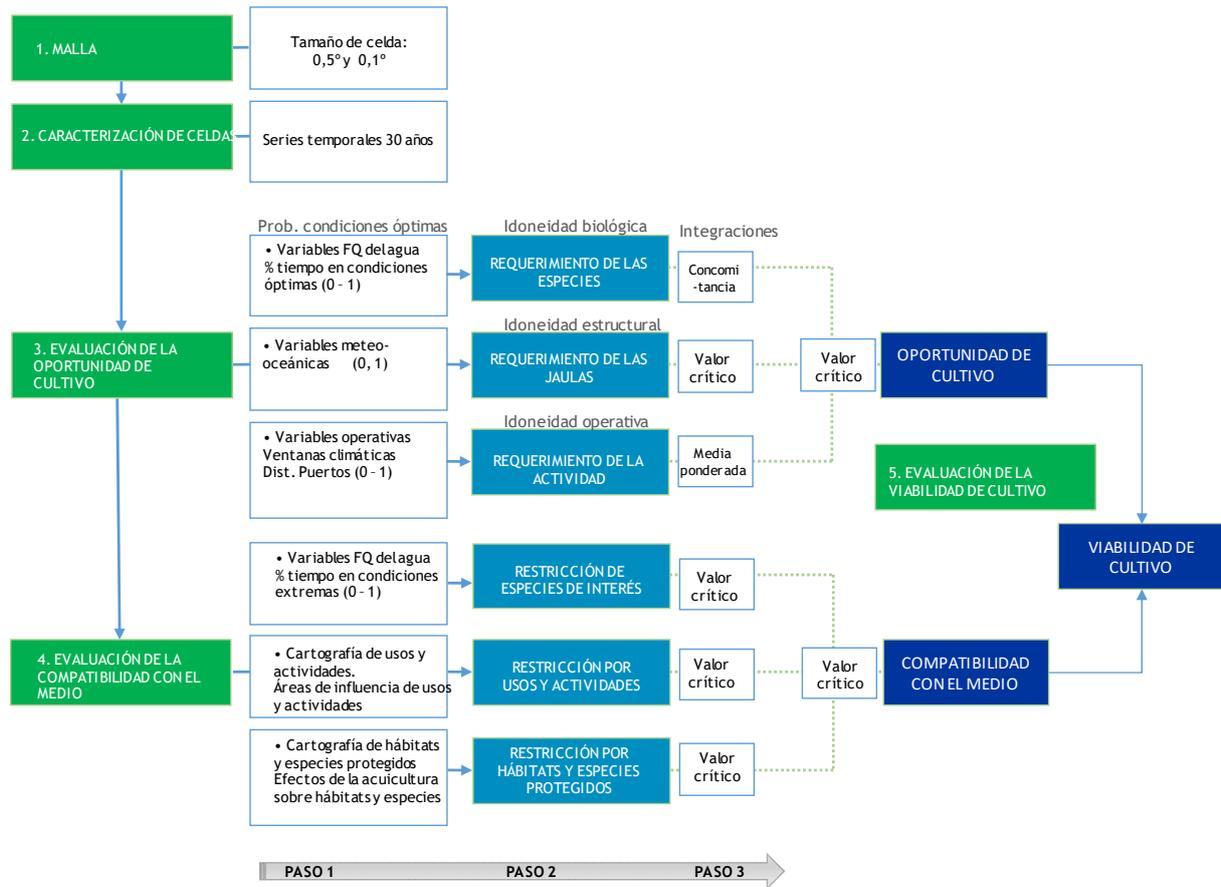


Figura 5. Esquema del procedimiento metodológico para el cálculo de la viabilidad del cultivo.

2. RESULTADOS Y PRODUCTOS OBTENIDOS

2.1. Evaluación de la oportunidad de cultivo

2.1.1. Idoneidad biológica

La idoneidad biológica de cada especie se establece con base en las variables y umbrales definidos en la Tabla 12. Según los resultados obtenidos, no se observan marcadas variaciones espaciales en la idoneidad biológica, obteniéndose rangos de valores estrechos y desviaciones estándar bajas (Tabla 12).

	Especie	Valor máximo	Valor mínimo	Valor promedio	Desviación estándar
Peces	Bacalao	0.22	0.20	0.21	0.003
	Besugo	0.58	0.56	0.56	0.005
	Corvina	0.93	0.91	0.92	0.003
	Dorada	0.93	0.91	0.92	0.003
	Lubina	0.84	0.82	0.83	0.005
	Salmón Atlántico	0.45	0.44	0.45	0.002
	Trucha Arco-Iris	0.45	0.44	0.45	0.002
	Atún	0.78	0.76	0.77	0.006
	Cherna	0.53	0.51	0.52	0.005
	Dentón	0.78	0.76	0.77	0.004
	Mero	0.45	0.30	0.35	0.036
	Mujil	0.78	0.76	0.77	0.006
	Lampuga	0.01	0.00	0.00	0.002
	Pargo	0.70	0.67	0.68	0.007
	Seriola	0.92	0.89	0.90	0.006
Macroalgas	<i>Porphyra sp</i>	0.20	0.18	0.19	0.004
	<i>Codium tomentosum</i>	0.06	0.05	0.05	0.003
	<i>Chondrus crispus</i>	0.16	0.14	0.15	0.005

Tabla 12. Estadísticos básicos de la idoneidad biológica de cada especie.

En función de los resultados obtenidos, las especies pueden clasificarse en cuatro grupos según su idoneidad biológica media: nula (0), baja (<0.33), moderada (0.33-0.66) y alta (>0.66). A continuación, se presentan los mapas de idoneidad biológica para las especies con idoneidad promedio moderada o alta.

La lampuga presenta una idoneidad biológica promedio nula. Bacalao y las 5 especies de macroalgas analizadas presentan una idoneidad biológica promedio baja.

El besugo (Figura 6), el salmón atlántico (Figura 7), la trucha arcoíris (Figura 8), la cherna (Figura 9) y el mero (Figura 10) presentan una idoneidad biológica promedio moderada en la zona de estudio. Para el besugo y la cherna se obtiene que en un 56 y 52%, respectivamente, del tiempo se darían las condiciones óptimas para el crecimiento de estas especies. El salmón atlántico y la trucha arcoíris muestran una idoneidad algo inferior, con valores promedio entre 0.43-0.45 para la idoneidad biológica, es decir, en el 43-45% del tiempo se cumplirían las condiciones óptimas. El mero muestra una idoneidad biológica inferior con valores medios de 0.35, próximos a una idoneidad biológica baja.

El resto de especies: corvina (Figura 11), dorada (Figura 12), lubina (Figura 13), atún rojo (Figura 14), dentón (Figura 15), mujil (Figura 16), pargo (Figura 17) y seriola (Figura 18), presentan una elevada idoneidad biológica en la zona objeto de estudio. Entre estas especies, la corvina, la dorada y la seriola presentan porcentajes de tiempo del 82-90% en el que se dan las condiciones óptimas para el crecimiento de estas especies. Estas especies son capaces de tolerar un amplio rango de temperatura (28°C-14°C), así como elevados valores de salinidad (superiores a 38UPS). La lubina también muestra valores promedio elevados para la idoneidad biológica: 0.83. La lubina muestra una gran tolerancia a salinidades elevadas, pero es más restrictiva que la corvina, la dorada y la seriola a temperaturas elevadas. Finalmente, el atún rojo, el mujil y el dentón muestran unas idoneidades biológicas promedio para la zona de estudio de 0.77.

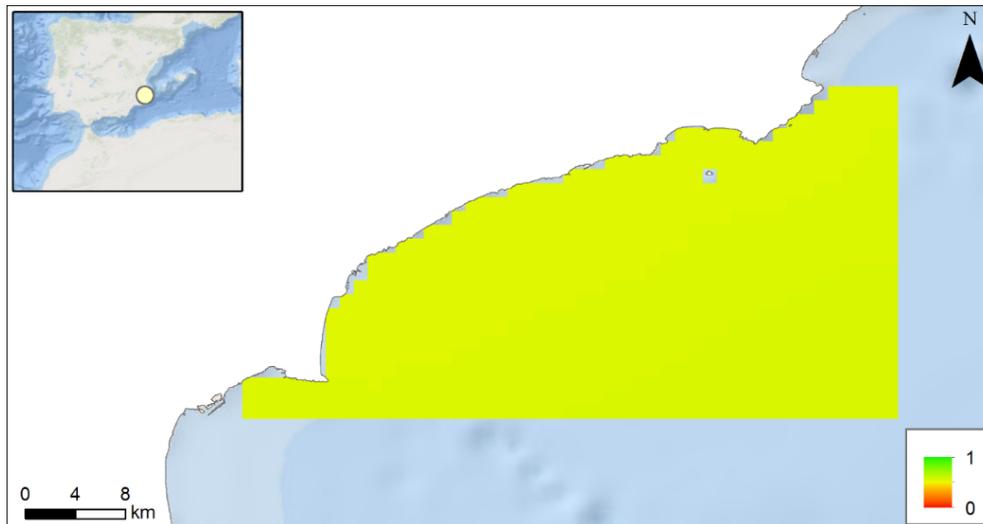


Figura 6. Variación espacial de la idoneidad biológica del besugo en la zona objeto de estudio.

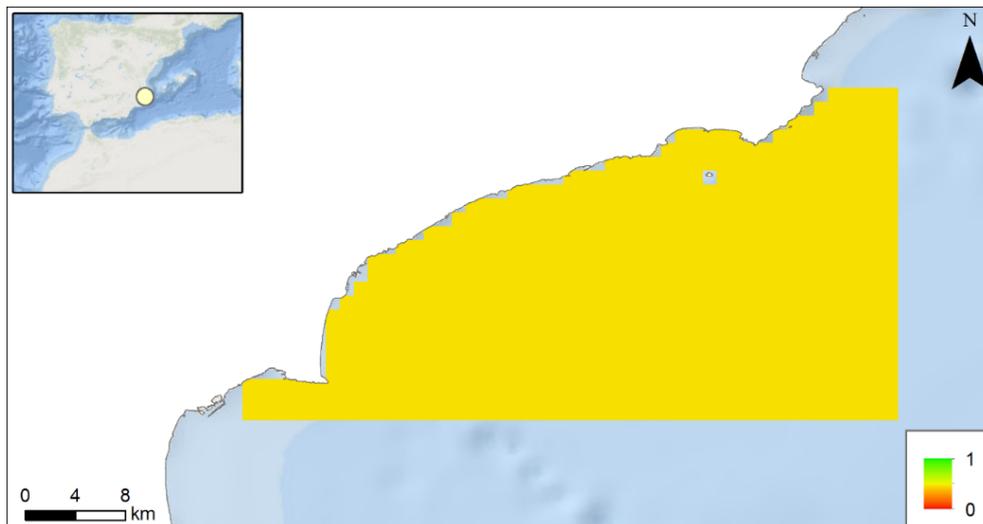


Figura 7. Variación espacial de la idoneidad biológica del salmón atlántico en la zona objeto de estudio.

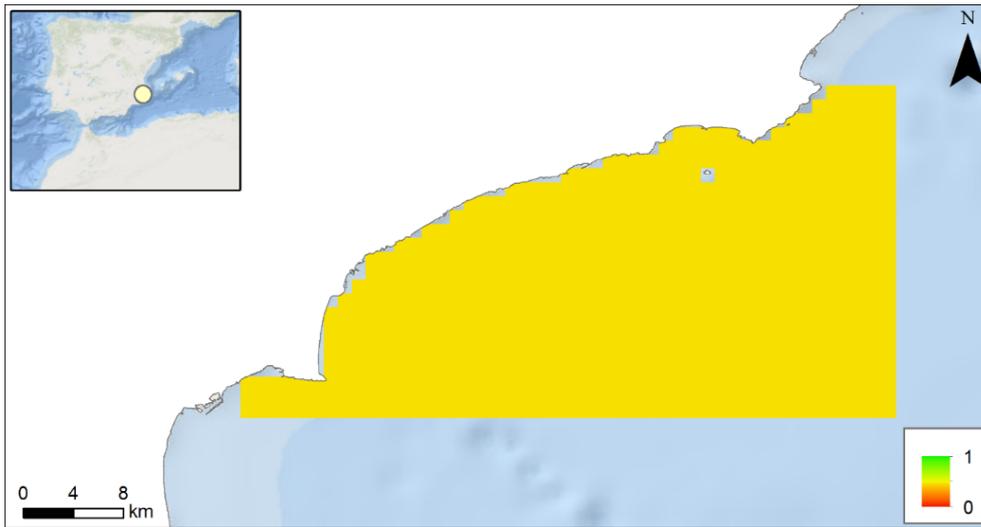


Figura 8. Variación espacial de la idoneidad biológica de la trucha arcoíris en la zona objeto de estudio.

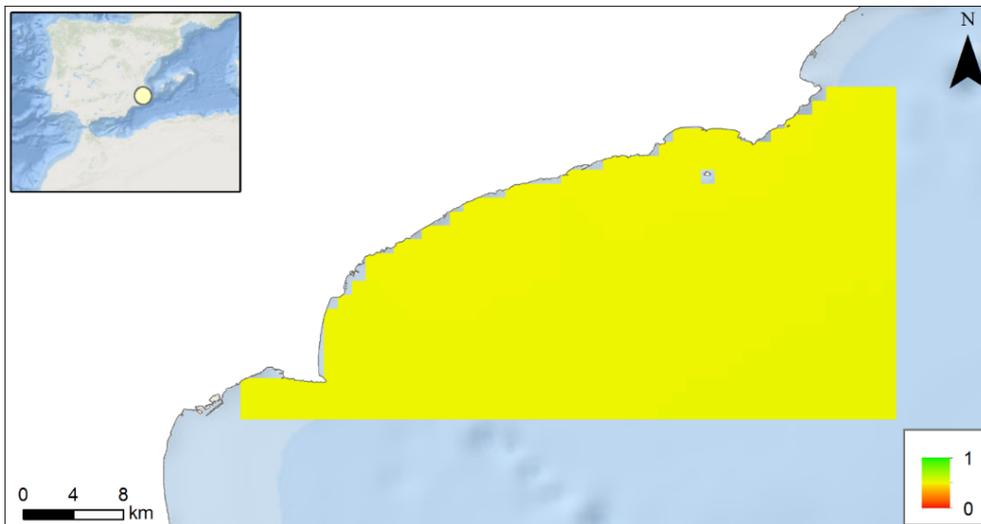


Figura 9. Variación espacial de la idoneidad biológica de la cherna en la zona objeto de estudio.

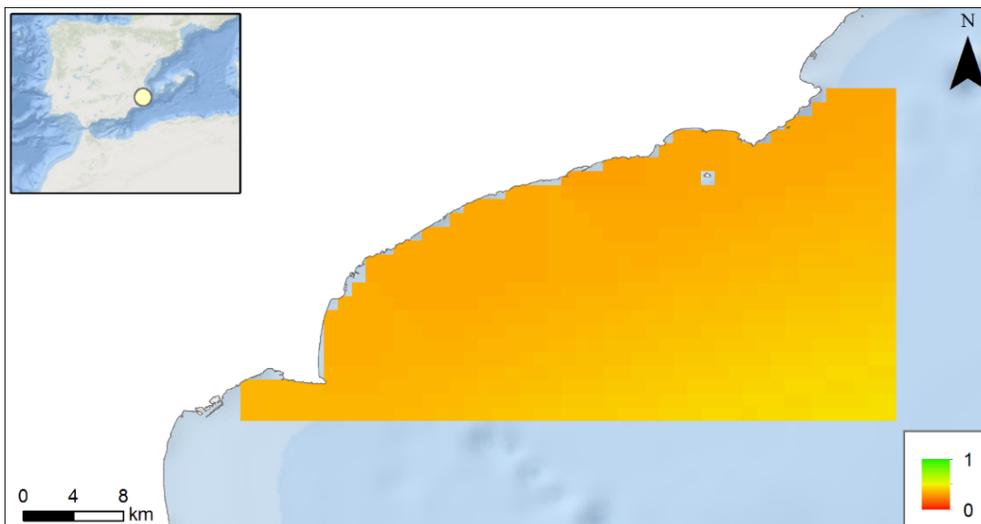


Figura 10. Variación espacial de la idoneidad biológica del mero en la zona objeto de estudio.

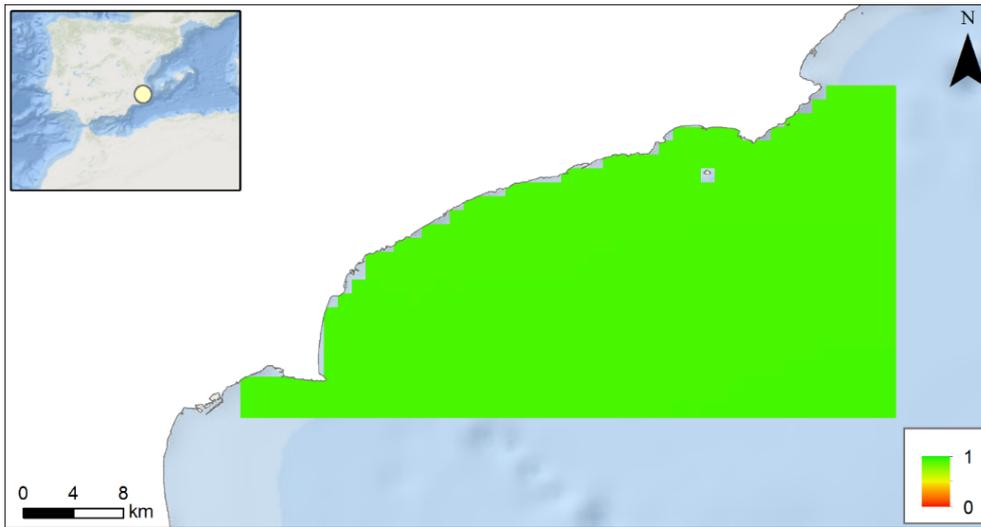


Figura 11. Variación espacial de la idoneidad biológica de la corvina en la zona objeto de estudio.

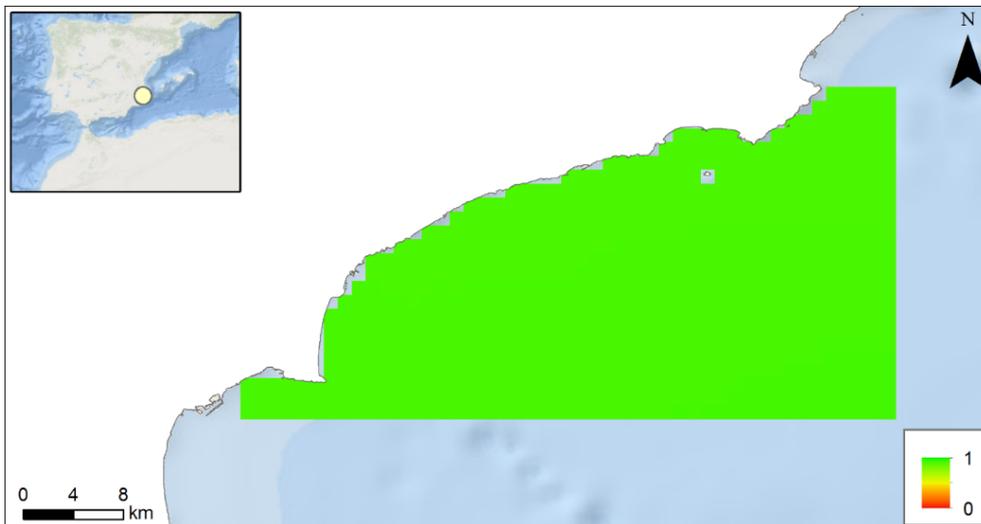


Figura 12. Variación espacial de la idoneidad biológica de la dorada en la zona objeto de estudio.

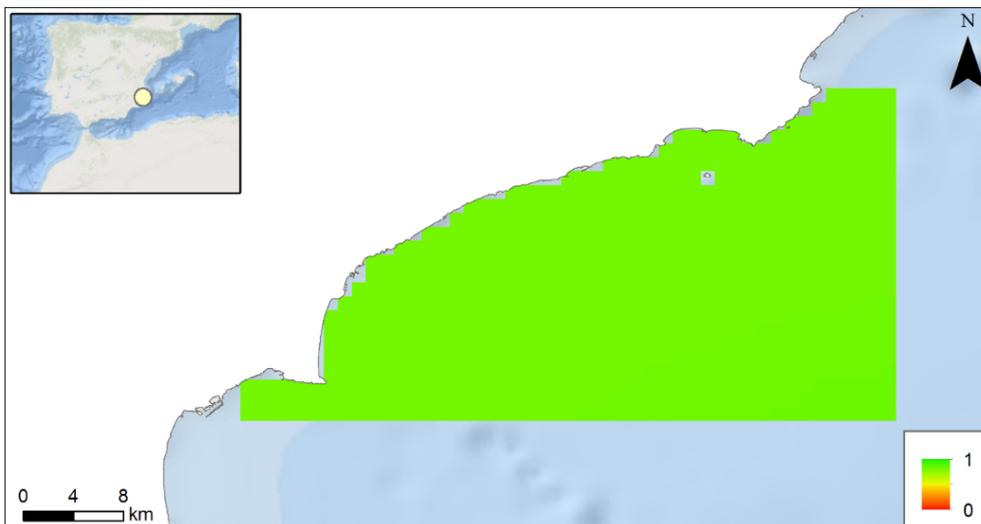


Figura 13. Variación espacial de la idoneidad biológica de la lubina en la zona objeto de estudio.

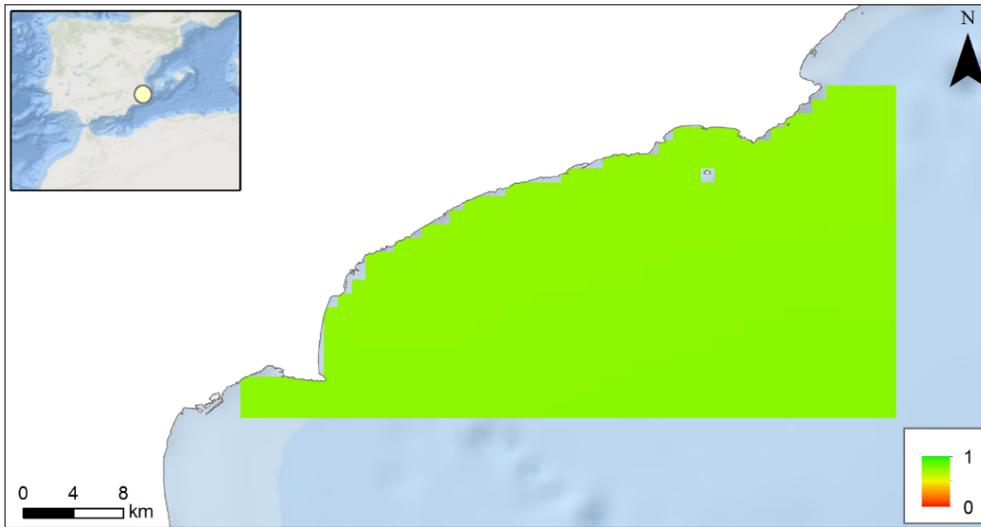


Figura 14. Variación espacial de la idoneidad biológica del atún rojo en la zona objeto de estudio.

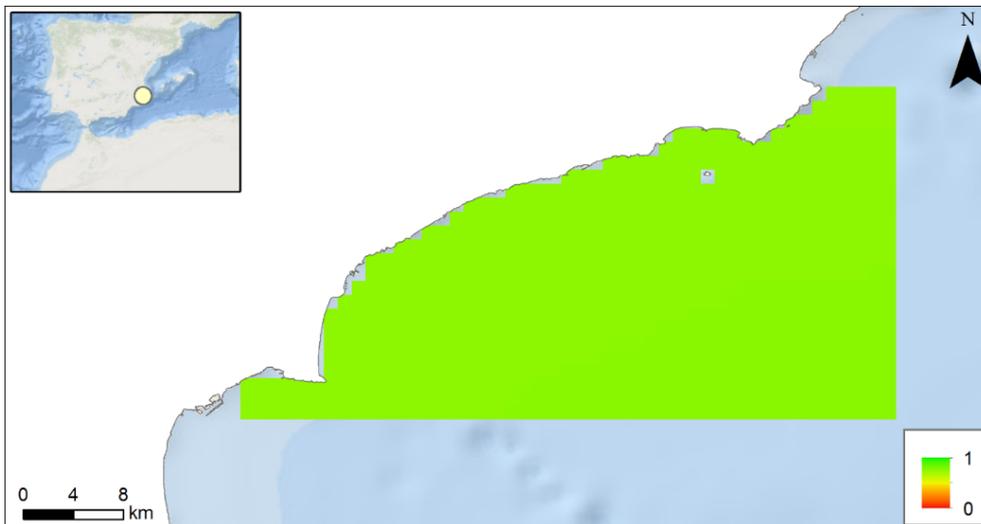


Figura 15. Variación espacial de la idoneidad biológica del dentón en la zona objeto de estudio.

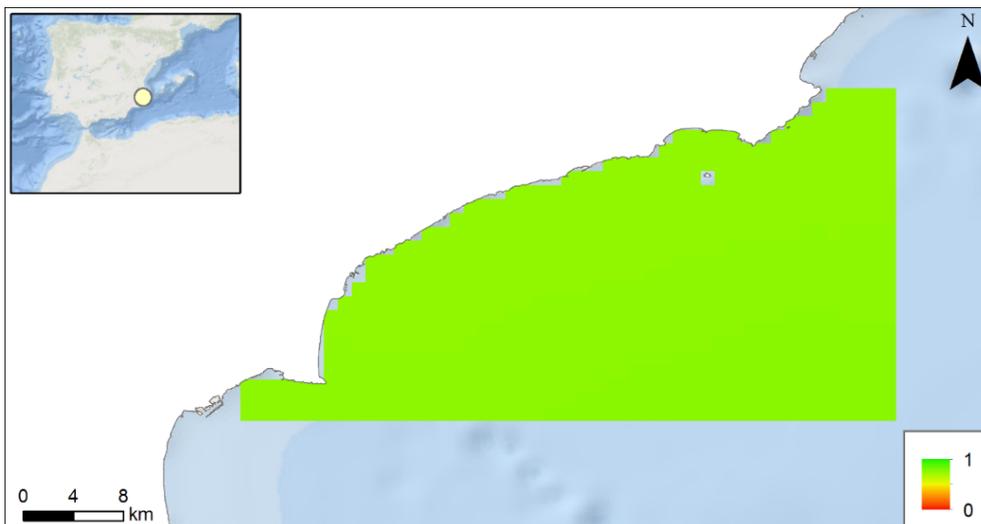


Figura 16. Variación espacial de la idoneidad biológica del mujil en la zona objeto de estudio.

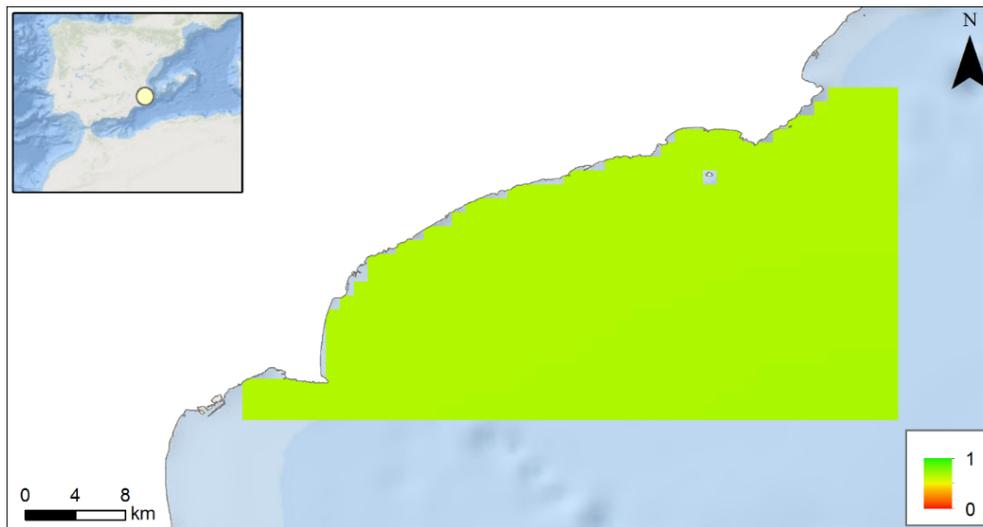


Figura 17. Variación espacial de la idoneidad biológica del pargo en la zona objeto de estudio.

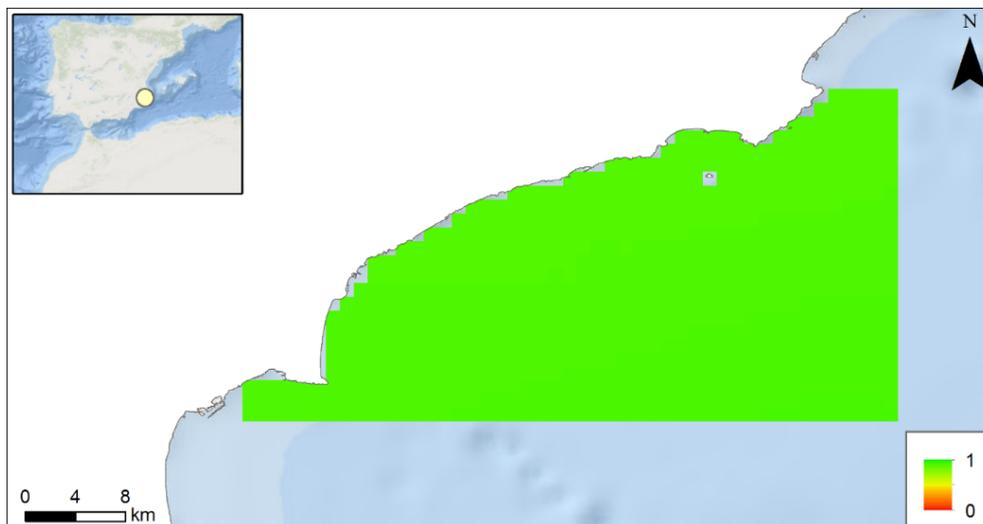


Figura 18. Variación espacial de la idoneidad biológica de la seriola en la zona objeto de estudio.

2.1.2. Idoneidad estructural

La Figura 19 muestra la variación espacial de la *idoneidad estructural* del dispositivo de cultivo (jaula/longline) utilizado como estándar para llevar a cabo el estudio. La idoneidad estructural se define con base en la probabilidad de que las condiciones de oleaje ($H_{s50} < 5$ m) y corrientes ($C_{50} < 1$ m/s) cumplan los umbrales que determinan la resistencia del sistema de cultivo utilizado (criterio de idoneidad) y de las restricciones definidas por la batimetría (< 300 m) y la pendiente ($< 25\%$). Tal y como puede observarse, toda la zona de estudio es idónea en términos estructurales.

En la zona objeto de estudio la batimetría no supera los 100 m de profundidad y la pendiente es inferior al 16%. Por otro lado, las corrientes que se observan en la zona de estudio son muy bajas, con valores promedios máximos de 0.15 m/s y las condiciones de oleaje muestran valores inferiores al metro para la altura de ola significativa media.

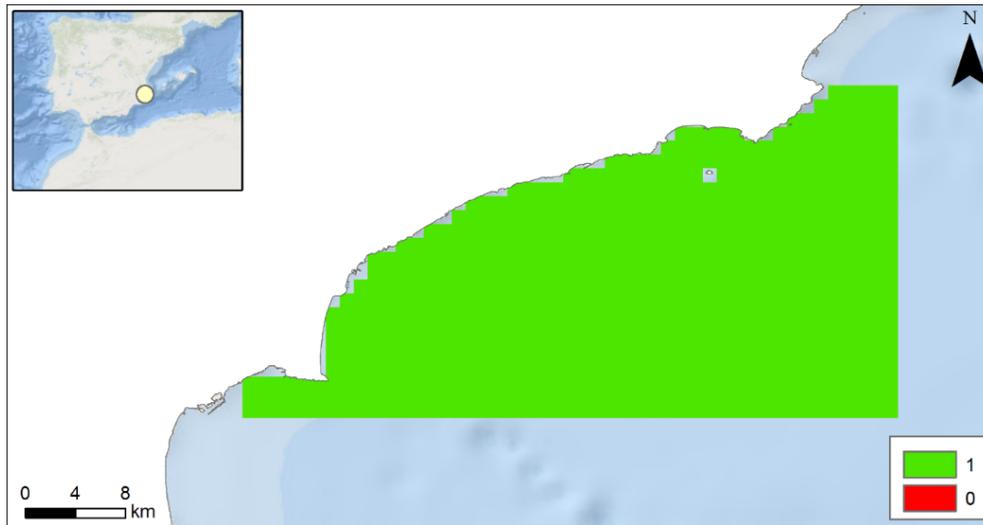


Figura 19. Variación espacial de la idoneidad estructural en la zona objeto de estudio.

2.1.3. Idoneidad operativa

En la Figura 20 se muestra el mapa probabilístico de idoneidad operativa. La idoneidad operativa se determina con base en las condiciones de oleaje (n° ventanas de $8h H_s < 1 m$) y viento (n° ventanas de $8h v < 15 m/s$) que permiten llevar a cabo la actividad operativa habitual sobre las jaulas (alimentación, pesca, limpieza, mantenimiento, etc.), así como por la distancia entre la zona de cultivo y el puerto más próximo ($< 40 km$). La idoneidad operativa para la zona objeto de estudio muestra valores medios de 0.71, con valores máximos de 0.96 en las zonas más resguardadas y próximas a la costa. Los valores mínimos se detectan en aquellas áreas más alejadas de la costa, con valores de 0.60.

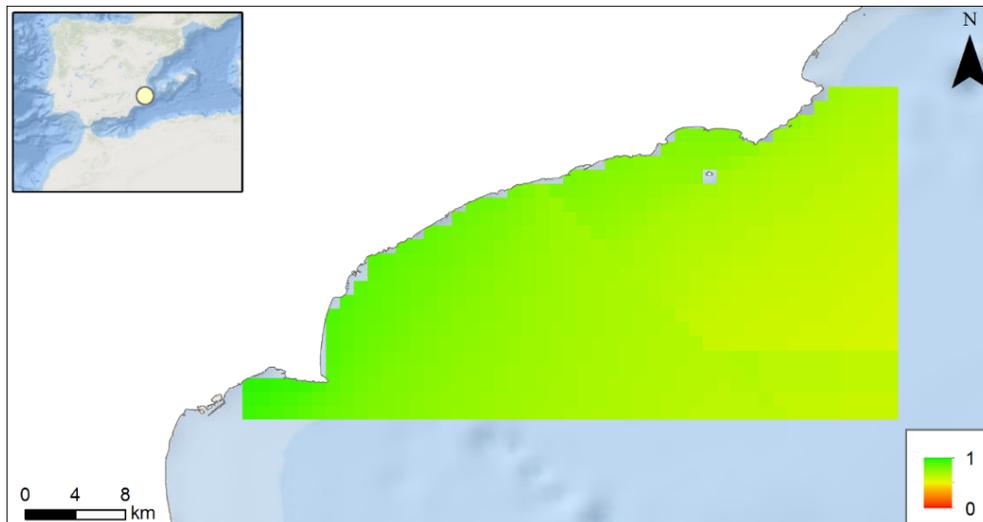


Figura 20. Variación espacial de la idoneidad operativa en la zona objeto de estudio.

2.1.4. Oportunidad de cultivo

La oportunidad de cultivo de cada una de las especies estudiadas se valora a partir de la integración de su idoneidad biológica (para cada especie), la idoneidad estructural (para la jaula) y la idoneidad operativa (para la actividad). Las dos últimas idoneidades son propias de la zona de estudio, e independientes de la especie y, por tanto, son únicas y comunes para todas las especies.

La oportunidad de cultivo es valorada en cuatro categorías: nula (0), poco óptima ($0 < OC < 0.4$), moderadamente óptima ($0.4 < OC < 0.7$) y muy óptima ($OC > 0.7$). En la Tabla 13 se muestra el porcentaje de superficie de cada una de las categorías de oportunidad de cultivo en la zona objeto de estudio.

En el caso de la zona objeto de estudio, las especies pueden agruparse según su oportunidad de cultivo. Las tres especies de macroalgas objeto de estudio, el bacalao, el salmón atlántico y la trucha arcoíris muestran una oportunidad de cultivo poco óptima para la totalidad del área objeto de estudio. Por otro lado, la lampuga y el mero muestran una oportunidad de cultivo poco óptima para la mayor parte de la superficie. El resto de las especies analizadas presentan oportunidades de cultivo moderadamente óptimas, o muy óptimas. Por ejemplo, el besugo, la cherna y el pargo arrojan una oportunidad de cultivo moderadamente óptima para toda la superficie objeto de estudio. Mientras que, la corvina, la dorada, la lubina, el atún rojo, el dentón, el mujil y la seriola son las únicas especies que muestran una oportunidad de cultivo muy óptima (50% de la superficie), siendo la superficie restante moderadamente óptima.

Especie/Oportunidad de Cultivo		Nula (%)	Poco óptima (%)	Moderad. Óptima (%)	Muy óptima (%)
Peces	Bacalao	0	100	0	0
	Besugo	0	0	100	0
	Corvina	0	0	50	50
	Dorada	0	0	50	50
	Lubina	0	0	50	50
	Salmón Atlántico	0	100	0	0
	Trucha Arco-Iris	0	100	0	0
	Atún	0	0	50	50
	Cherna	0	0	100	0
	Dentón	0	0	50	50
	Mero	0	87	13	0
	Mujil-lisa	0	0	50	50
	Lampuga	12	88	0	0
	Pargo	0	0	100	0
	Seriola	0	0	50	50
Macroalgas	<i>Porphyra sp</i>	0	100	0	0
	<i>Codium tomentosum</i>	0	100	0	0
	<i>Chondrus crispus</i>	0	100	0	0

Tabla 13. Porcentaje de superficie para las diferentes categorías de oportunidad de cultivo en la zona objeto de estudio.

En el apéndice cartográfico (Apéndice B). Oportunidad de Cultivo, se presenta una ficha con información espacial sobre la *oportunidad de cultivo* para cada una de las especies analizadas, así como la idoneidad biológica, estructural y operativa:

- Peces
 - Ficha 1. Bacalao (*Gadus morhua*).
 - Ficha 2. Besugo (*Pagellus bogaraveo*).
 - Ficha 3. Corvina (*Argyrosomus regius*)
 - Ficha 4. Dorada (*Sparus aurata*)
 - Ficha 5. Lubina (*Dicentrarchus labrax*)
 - Ficha 6. Salmón Atlántico (*Salmo salar*)
 - Ficha 7. Trucha arco-iris (*Oncorhynchus mykiss*)
 - Ficha 8. Atún rojo (*Thunnus thynnus*)
 - Ficha 9. Cherna (*Polyprion americanus*)
 - Ficha 10. Dentón (*Dentex dentex*)
 - Ficha 11. Mero (*Epinephelus marginatus*)
 - Ficha 12. Mujil (*cephalus*)
 - Ficha 13. Lampuga (*Coryphaena hippurus*)
 - Ficha 14. Pargo (*Pagrus pagrus*)
 - Ficha 15. Seriola (*Seriola dumerilii*)
- Macroalgas
 - Ficha 16. *Porphyra sp*
 - Ficha 17. *Codium tomentosum*
 - Ficha 18. *Chondrus crispus*

2.2. Evaluación de la compatibilidad con el medio

2.2.1.1. Restricción de las especies de interés para la acuicultura

La restricción de cada especie cultivada se establece con base en las variables fisicoquímicas (salinidad, temperatura y PAR) y la definición de unos criterios de supervivencia de éstas (Tabla 7). En la Tabla 14 se presentan los rangos de probabilidad (en tanto por uno) para los efectos agudos y crónicos de la temperatura, salinidad y PAR, a nivel de especie. Según los resultados obtenidos para los efectos agudos y crónicos de la temperatura, la salinidad y el PAR, se observa que ciertas especies presentan una restricción debido a su supervivencia. El bacalao (ver Figura 21 a modo de ejemplo), el salmón atlántico, la trucha arcoíris, la lampuga y las 5 especies de macroalgas muestran efectos agudos o crónicos para la temperatura, o la salinidad por encima de un 50% del tiempo. Para todas estas especies, toda la superficie del área de estudio se considera zona de exclusión. En el caso del PAR, la especie *Codium tomentosum* muestra efectos agudos y crónicos en más de un 50% del tiempo en toda la zona de estudio.

Tras los resultados obtenidos, se descarta la viabilidad del cultivo de 9 especies por definirse la zona de estudio como zona de exclusión en su totalidad. Un total de 4 especies piscícolas y las 3 especies de macroalgas consideradas presentan efectos que podrían afectar a su supervivencia en toda la zona objeto de estudio:

- Bacalao: efectos agudos y crónicos por temperatura.
- Salmón: efectos crónicos por temperatura.
- Trucha arcoíris: efectos crónicos por temperatura.
- Lampuga: efectos crónicos por temperatura y salinidad.
- *Porphyra sp*: efectos agudos y crónicos por temperatura.
- *Codium tomentosum*: efectos agudos y crónicos por temperatura y PAR.
- *Chondrus crispus*: efectos agudos y crónicos por temperatura.

Especie	Temperatura (°C)		Salinidad (UPS)		PAR fotoinhib. (Mol/m ² dia)	
	Agudo (Mn-Mx)	Crónico (Mn-Mx)	Agudo (Mn-Mx)	Crónico (Mn-Mx)	Agudo (Mn-Mx)	Crónico (Mn-Mx)
Peces						
Bacalao	0.57-0.58	0.75-0.77	0.00-0.00	0.01-0.03	-	-
Besugo	0.22-0.23	0.38-0.38	0.00-0.00	0.04-0.07	-	-
Corvina	0.00-0.00	0.06-0.08	0.00-0.00	0.00-0.00	-	-
Dorada	0.00-0.00	0.06-0.08	0.00-0.00	0.00-0.00	-	-
Lubina	0.00-0.00	0.13-0.16	0.00-0.00	0.00-0.00	-	-
Salm. Atlán.	0.39-0.33	0.53-0.53	0.00-0.00	0.01-0.03	-	-
Trucha Arco.	0.39-0.33	0.53-0.53	0.00-0.00	0.01-0.03	-	-
Atún	0.00-0.03	0.20-0.22	0.00-0.00	0.01-0.03	-	-
Cherna	0.28-0.23	0.43-0.43	0.00-0.00	0.04-0.07	-	-
Dentón	0.00-0.03	0.20-0.22	0.00-0.00	0.00-0.00	-	-
Mero	0.04-0.03	0.34-0.36	0.00-0.00	0.25-0.45	-	-
Mujil	0.04-0.03	0.34-0.36	0.00-0.00	0.01-0.03	-	-
Lampuga	0.40-0.43	0.56-0.56	0.00-0.00	0.99-1.00	-	-
Pargo	0.00-0.03	0.27-0.30	0.00-0.00	0.01-0.03	-	-
Seriola	0.00-0.00	0.06-0.08	0.00-0.00	0.01-0.03	-	-
Macroalgas						
<i>Porphyra sp</i>	0.57-0.53	0.75-0.77	0.00-0.00	0.00-0.00	0.30-0.34	0.24-0.32
<i>C. tomentosum</i>	0.50-0.53	0.65-0.66	0.00-0.00	0.00-0.00	0.80-0.85	0.68-0.73
<i>C. crispus</i>	0.57-0.53	0.75-0.77	0.00-0.00	0.00-0.00	0.44-0.48	0.35-0.41

Tabla 14. Rangos de probabilidad (en tanto por uno) para los efectos agudos y crónicos de la temperatura, la salinidad y el PAR de cada especie en la zona objeto de estudio.

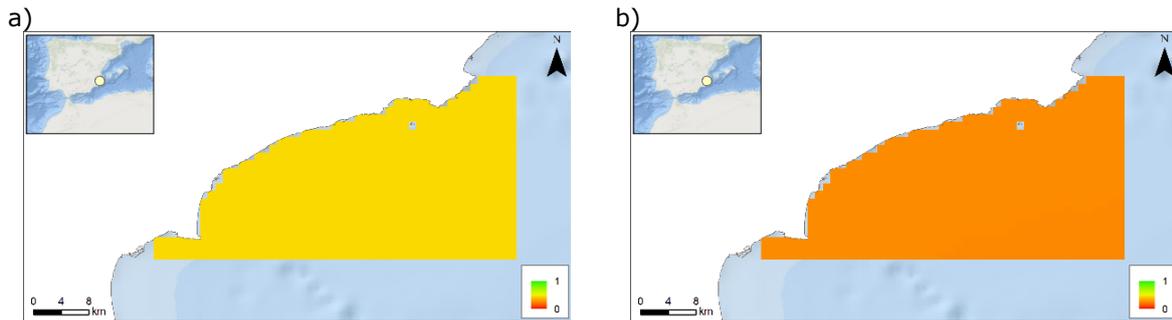


Figura 21. Variación espacial del porcentaje de tiempo (en tanto por uno) en el que se producen: a) efectos agudos por temperatura; b) efectos crónicos por temperatura para el bacalao en la zona objeto de estudio.

2.2.1.2. Restricción por usos y actividades

En primer lugar, se lleva a cabo la identificación de actividades y usos relacionados con: i) zonas de acuicultura; ii) zonas de pesca; iii) rutas de transporte marítimo y tráfico marítimo; iv) zonas de vertido en el mar; v) zonas de extracción de materias primas; vi) actividades turísticas, recreativas, culturales y deportivas; vii) patrimonio cultural submarino; y, viii) obstáculos.

Algunos usos o actividades no se llevan a cabo en la zona objeto de estudio y, por ello, no interaccionarían con la acuicultura. Estos usos o actividades son los relacionados con: i) instalaciones de prospección, explotación y extracción de petróleo, gas y otros recursos energéticos, minerales y áridos minerales, y la producción de energía procedente de fuentes renovables; ii) zonas e instalaciones de interés para la Defensa Nacional, así como las zonas marinas utilizadas para el desarrollo de ejercicios de las Fuerzas Armadas; iii) investigación científica; y, iv) tendidos de cables y de tuberías submarinos.

Zonas de acuicultura:

En relación con las zonas de acuicultura (Figura 22), se identifican dos instalaciones de acuicultura ubicadas en la zona de estudio: Cudomar y Granja marina del Mediterráneo (ACUIVISOR, 2019). Ambas son granjas marinas de jaulas flotantes. Cudomar está a aproximadamente 4.2km de la costa de Campello, mientras que la Granja marina del Mediterráneo se encuentra a 2.3km de la costa de Villajoyosa.

Por otro lado, en la zona de estudio se delimitan dos zonas de producción de moluscos: CVA-13 y CVA-14. La zona CVA-13, ubicada en Denia y Alicante, se cultivan equinodermos, mientras que en la zona CVA-14, ubicada entre Alicante y el límite de la Comunidad Valenciana con Murcia, se cultivan chirlas, coquinas y equinodermos.

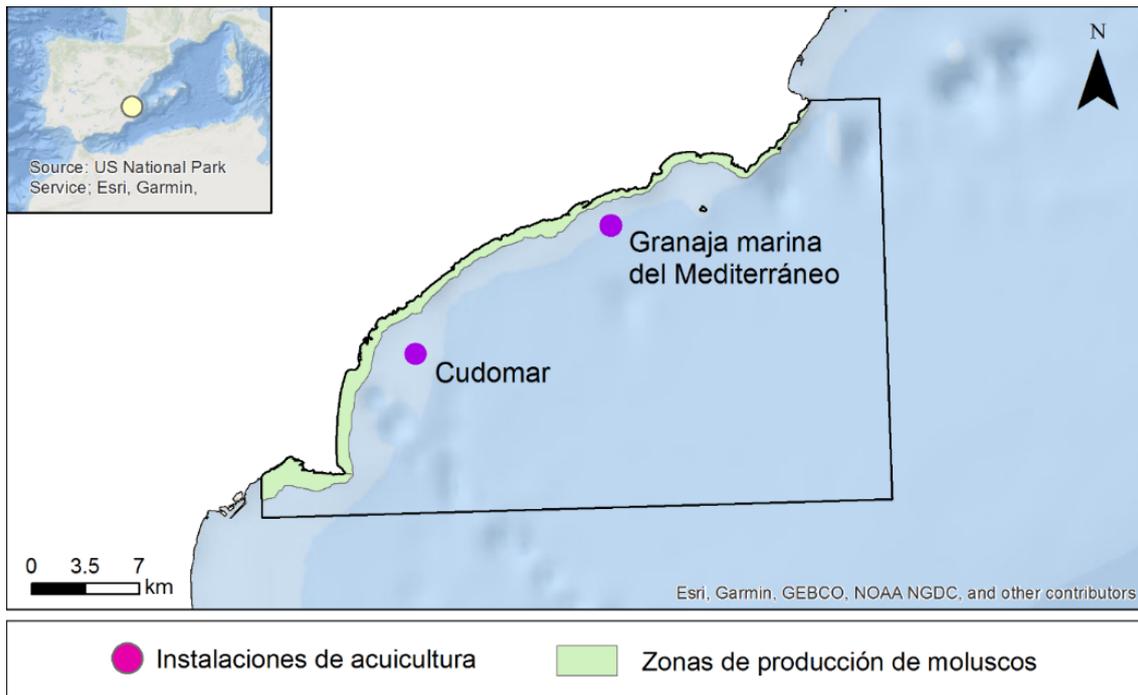


Figura 22. Zonas de acuicultura en la zona de estudio: instalaciones de acuicultura y zonas de producción de moluscos.

Zonas de pesca:

Con respecto a las zonas de pesca (Figura 23), se identifican un total de 3 puertos de interés pesquero: Campello, Villajoyosa y Benidorm (Acuivisor, 2019).

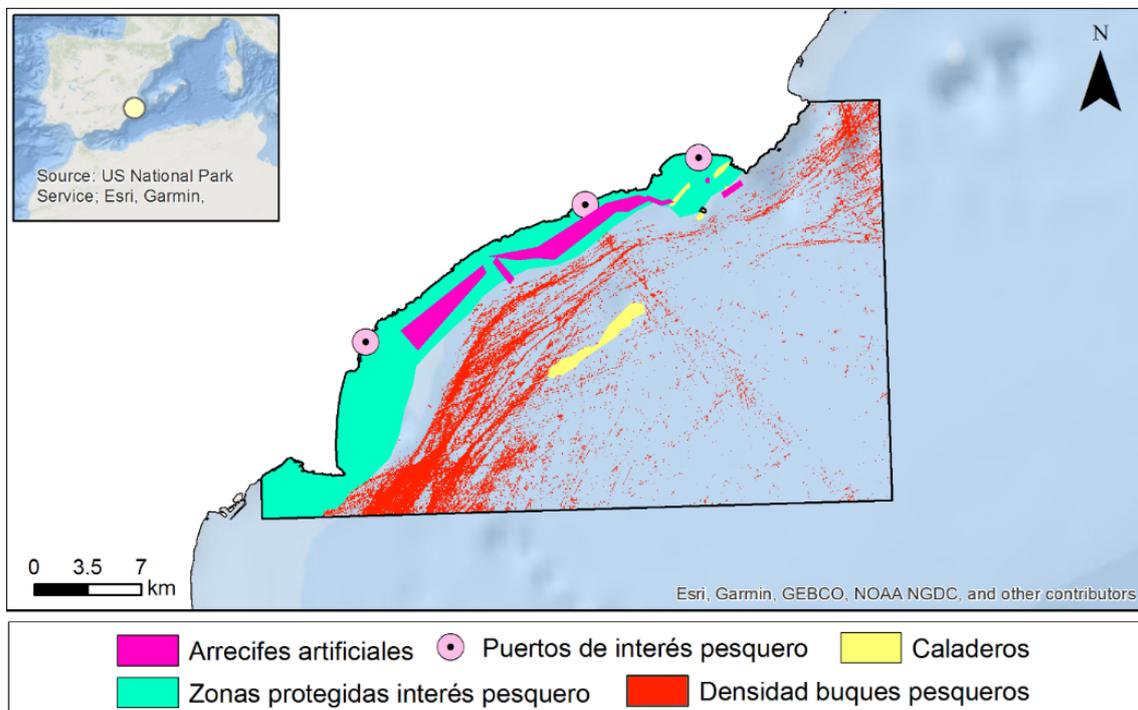


Figura 23. Zonas de pesca en la zona de estudio: arrecifes artificiales, puertos de interés pesquero, caladeros tradicionales de pesca y zonas protegidas de interés pesquero y densidad de tráfico marítimo por buques pesqueros.

Además, se delimitan 5 caladeros tradicionales de pesca: El Galliner, Roca la Pilota, Brut, Roca Ponent y Roca del Murtal (Instituto Español de Oceanografía, 2019). El Galliner se encuentra en frente de la costa entre Campello y Villajoyosa, a unos 9km mar adentro, con una extensión de unos 5.4km². Los otros cuatro caladeros ocupan una superficie menor (1.4km²) y se localizan próximos a la línea de costa de Benidorm.

En la zona objeto de estudio se delimitan un total de 6 arrecifes artificiales. Los arrecifes artificiales son estructuras formadas por módulos de hormigón dispuestos con un doble objetivo: atraer a los peces facilitando su captura y disuadir la pesca de arrastre. Además, se delimitan dos zonas protegidas de interés pesquero (zonas 6 y 7) por su especial interés para la preservación y regeneración de los recursos pesqueros. En estas áreas se limitan las actividades extractivas de la fauna y flora marinas y en general las perturbadoras del medio.

Finalmente, en la Figura 23 se representa la densidad de buques pesqueros obtenida a partir de los datos tratados de la herramienta ShipLocus de Puertos del Estado (ver Apartado 4.2.3) (Puertos del Estado, 2019).

Rutas de transporte marítimo y tráfico marítimo:

Para el análisis de los usos relacionados con las rutas de transporte y tráfico marítimos se recaba información de: puertos comerciales y densidad de tráfico por buques (Figura 24). En la zona objeto de estudio no se identifican puertos comerciales de interés general. El Puerto de Alicante, al sur de Cabo de Huertas, es el puerto comercial que se encuentra más próximo a la zona de estudio (Agencia Nacional Inteligencia-Geoespacial, 2017).

La densidad de tráfico marítimo por buques presenta una elevada actividad al sur de la zona de estudio por la proximidad del puerto de Alicante. Además, se observa un elevado tráfico marítimo entre los puertos de Campello, Villajoyosa y Benidorm, a la vez que se observa un elevado trasiego entre la Isla de Benidorm y su costa formando un triángulo (Puertos del Estado, 2019).

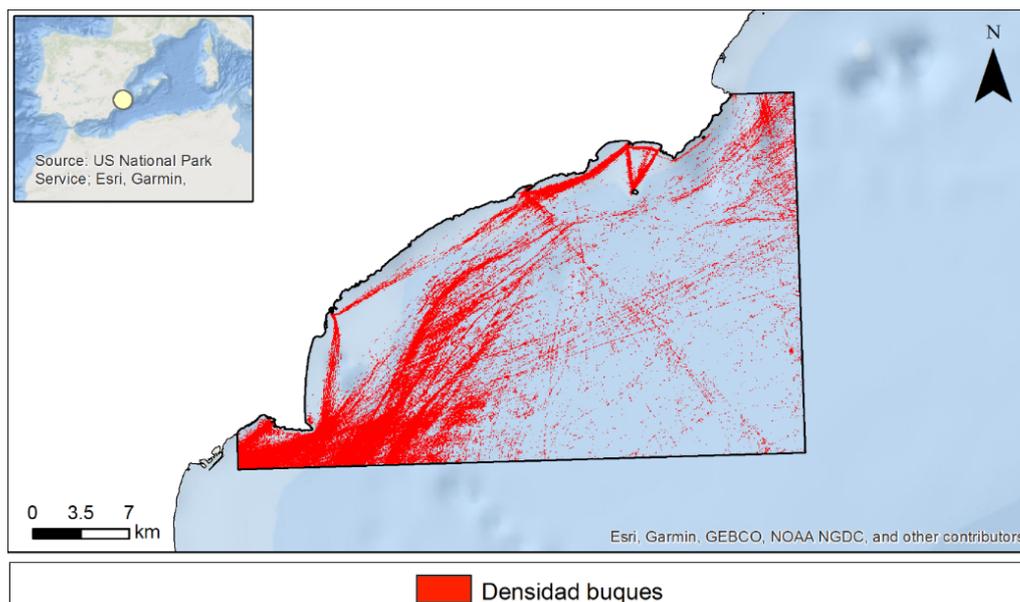


Figura 24. Rutas de transporte y tráfico marítimo en la zona de estudio: densidad de tráfico marítimo por buques.

Zonas de vertido en el mar:

Las zonas de vertido en el mar se fundamentan en información relacionada con: zonas sensibles, vertidos puntuales, vertidos difusos debidos a zonas agrícolas y los puertos comerciales, pesqueros y deportivos como fuente de contaminación (Figura 25). En la zona objeto de estudio se localizan un total de 4 puertos: 3 puertos de interés pesquero y recreativo y un puerto recreativo (Acuivisor, 2019; Agencia Nacional Inteligencia-Geoespacial, 2017; Gómez et al., 2017). Los puertos de Benidorm, Villajoyosa y Campello son puertos de interés pesquero y puertos recreativos. Mientras que el Club Náutico Alicante Costa Blanca es exclusivamente un puerto recreativo.

Por otro lado, en las zonas próximas a costa se observan grandes áreas de zonas agrícolas, sin embargo, solo aquellas que están próximas a la costa presentan un posible efecto como zona de vertido en el mar (Agencia Ambiental Europea, 2018).

Cabe destacar que, en la zona objeto de estudio no se identifican zonas sensibles (Ministerio de Transición Ecológica, 2019) y no se ha obtenido información sobre vertidos puntuales.

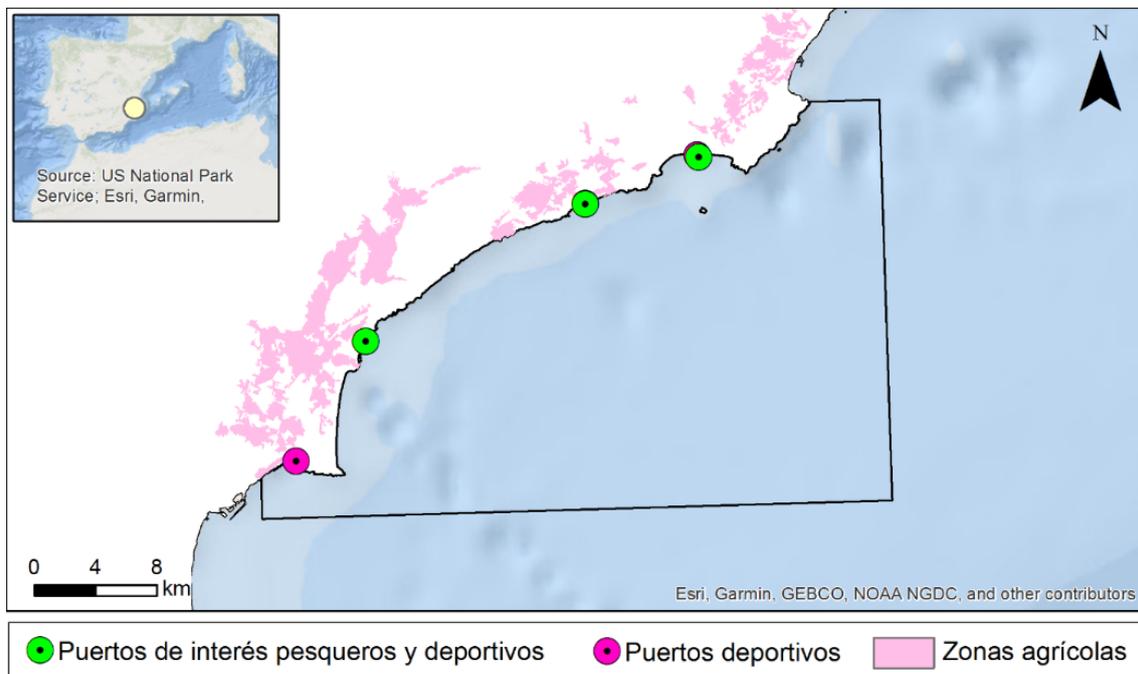


Figura 25. Zonas de vertido en la zona de estudio: puertos de interés pesqueros, puertos deportivos y zonas agrícolas.

Zonas de extracción de materias primas:

En la Figura 26 se identifican las zonas de extracción minera. Tal y como puede observarse, se delimitan un total de 3 zonas (Agencia Ambiental Europea, 2018). Ninguna de las tres zonas presenta interacción con la acuicultura puesto que se encuentran muy alejadas de la costa.

En la zona objeto de estudio no se obtuvo información sobre la extracción de arenas.

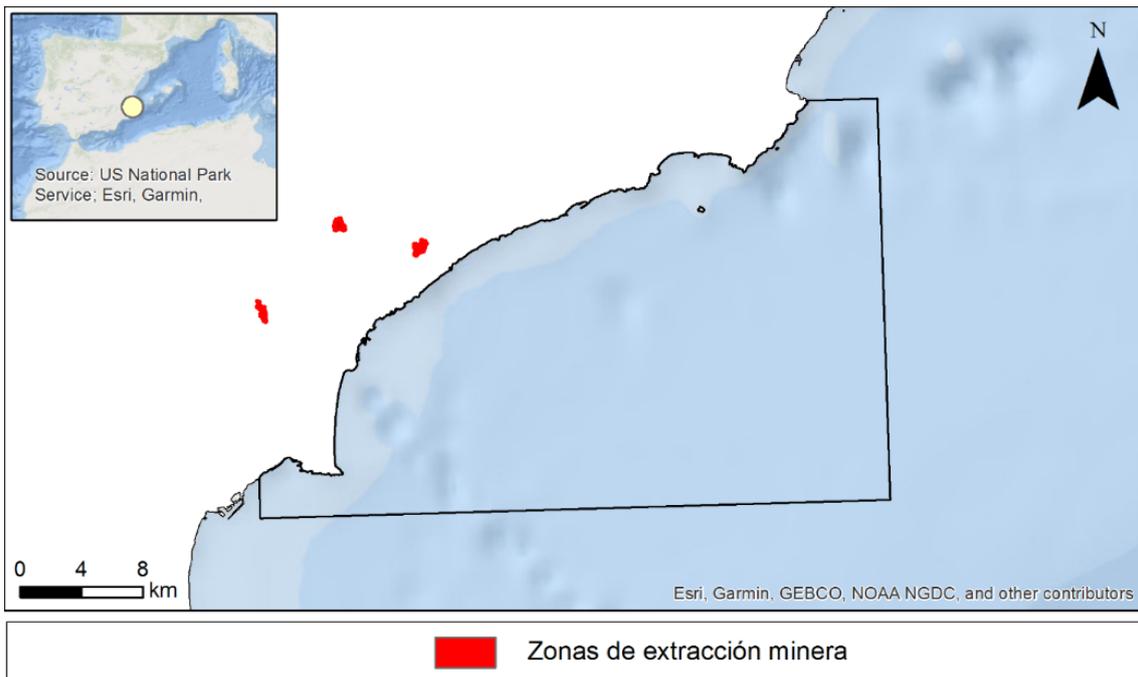


Figura 26. Zonas de extracción de materias primas en la zona de estudio.

Actividades turísticas, recreativas, culturales y deportivas:

Para identificar los usos y actividades relacionados con las actividades turísticas, recreativas, culturales y deportivas se ha procesado información relacionada con: zonas de baño (playas), puertos deportivos, instalaciones recreativas y deportivas, aguas de fondeo, zonas de buceo y densidad de las embarcaciones de recreo (Figura 27).

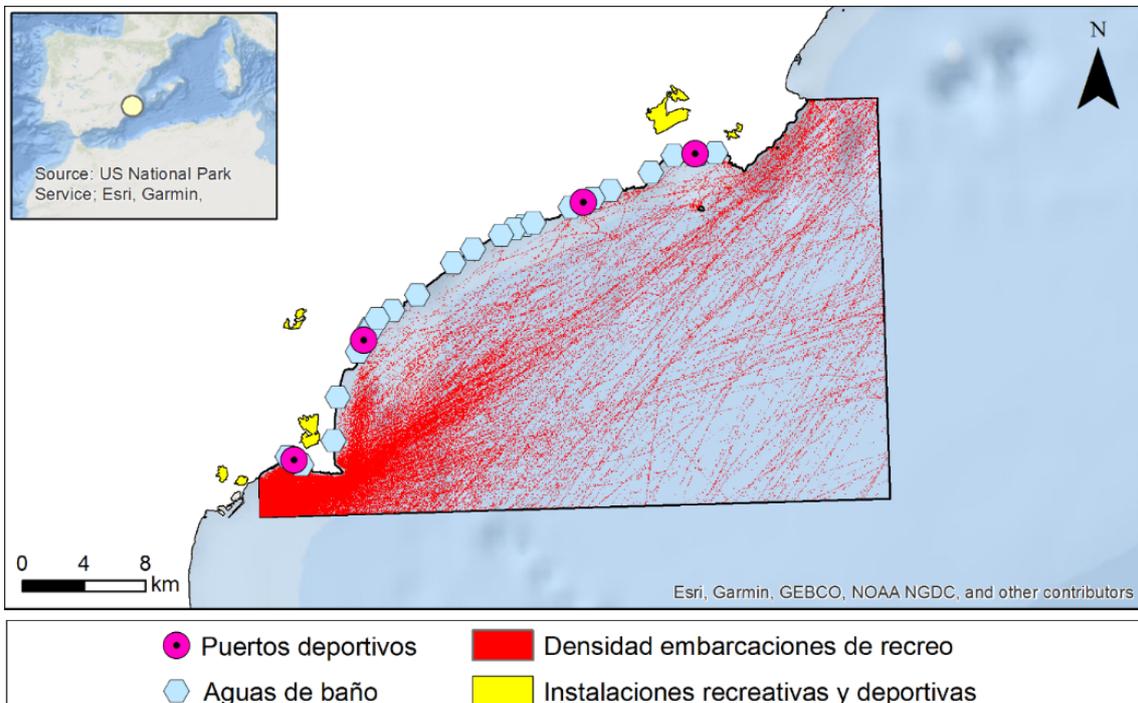


Figura 27. Actividades turísticas, recreativas, culturales y deportivas en la zona objeto de estudio: puertos deportivos, aguas de baño, densidad de embarcaciones de recreo e instalaciones recreativas y deportivas.

Obstáculos:

En la zona objeto de estudio se identifican ciertos elementos que podrían interactuar con la acuicultura e impedir su desarrollo. A través de la información recopilada en las cartas náuticas (Instituto Hidrográfico de la Marina, 2019), se identifican un total de 4 naufragios y una zona de rocas sumergidas (Figura 29).

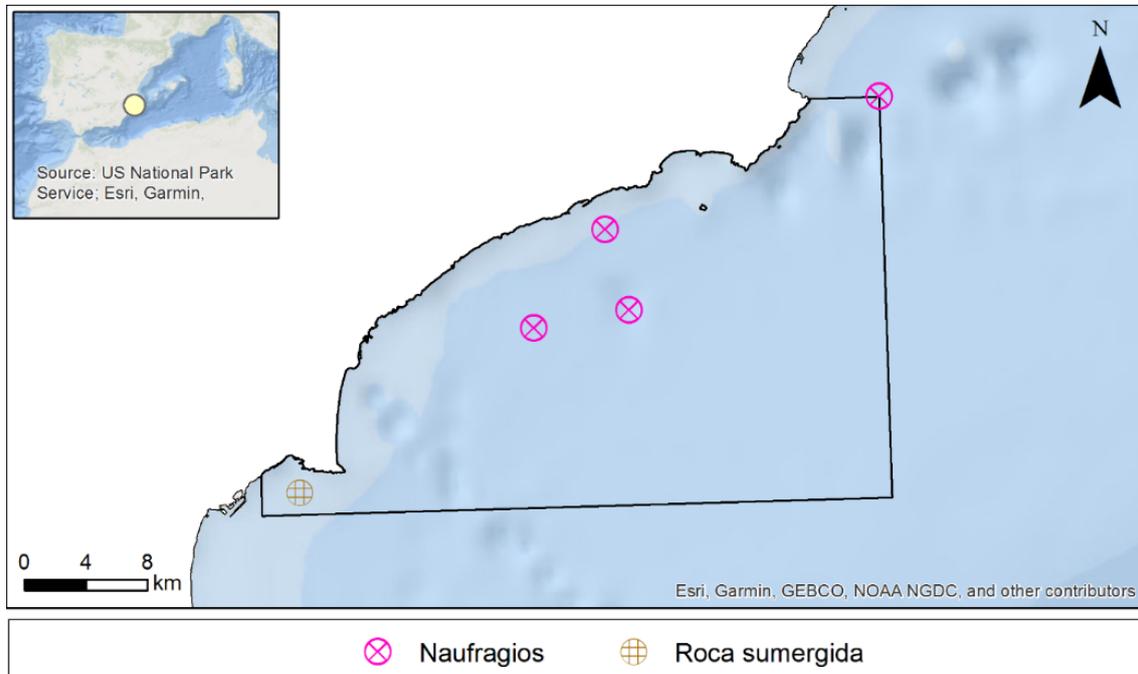


Figura 29. Obstáculos en la zona objeto de estudio.

Identificados los usos y actividades, para la evaluación de su compatibilidad con la acuicultura se lleva a cabo la delimitación de las áreas de influencia de cada uso y actividad. En la Figura 30 se representan en rojo las áreas de influencia con una compatibilidad nula con la acuicultura, mientras que aquellas áreas dibujadas en amarillo se corresponden con áreas de influencia de usos y actividades que son compatibles parcialmente con la acuicultura.

Tal y como puede observarse, los usos que presentan una menor extensión de interferencia con la acuicultura son las zonas de extracción de materias primas (Figura 30e) y el patrimonio cultural (Figura 30g). Por el contrario, las zonas de acuicultura (Figura 30a), las rutas de transporte y tráfico marítimo (Figura 30c) y las actividades turísticas, recreativas, culturales y deportivas (Figura 30f) presentan zonas con extensiones relevantes valoradas como de compatibilidad nula con la acuicultura. Por otro lado, los usos que presentan mayores extensiones con compatibilidades parciales son las zonas de acuicultura y de pesca (Figura 30a y b).

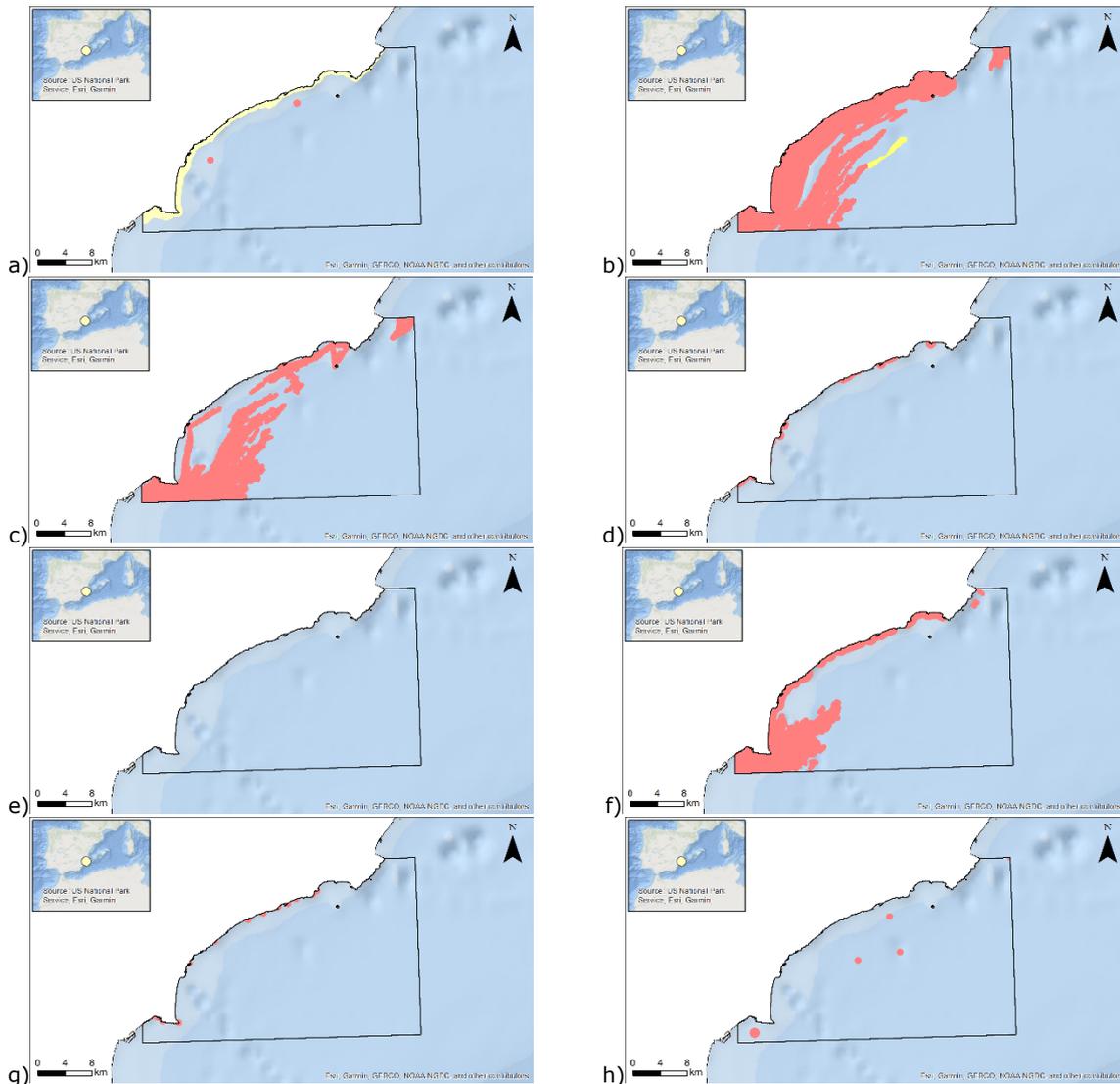


Figura 30. Áreas de influencia de las actividades y usos en la zona objeto de estudio: a) zonas de acuicultura; b) zonas de pesca; c) rutas de transporte y tráfico marítimo; d) zonas de vertido en el mar; e) zonas de extracción de materias primas; f) actividades turísticas, recreativas, culturales y deportivas; g) patrimonio cultural; h) obstáculos. En amarillo áreas de compatibilidad parcial, en rojo zonas de compatibilidad nula.

Una vez calculadas y delimitadas las áreas de influencia de cada uso y actividad, éstas se superponen con el fin de evaluar la compatibilidad de estos usos y actividades con la acuicultura. El resultado final de compatibilidad muestra como las zonas próximas a la costa son las que presentan una compatibilidad nula, siendo más marcado en la zona sur, debido principalmente al tráfico marítimo (Figura 31). La superficie con compatibilidad nula ocupa una extensión de 268 km². La superficie con compatibilidad parcial es anecdótica, exclusivamente 6km² muestran una compatibilidad parcial: un caladero tradicional y zonas de producción de moluscos próximas a la línea de costa en la zona norte de la zona de estudio.

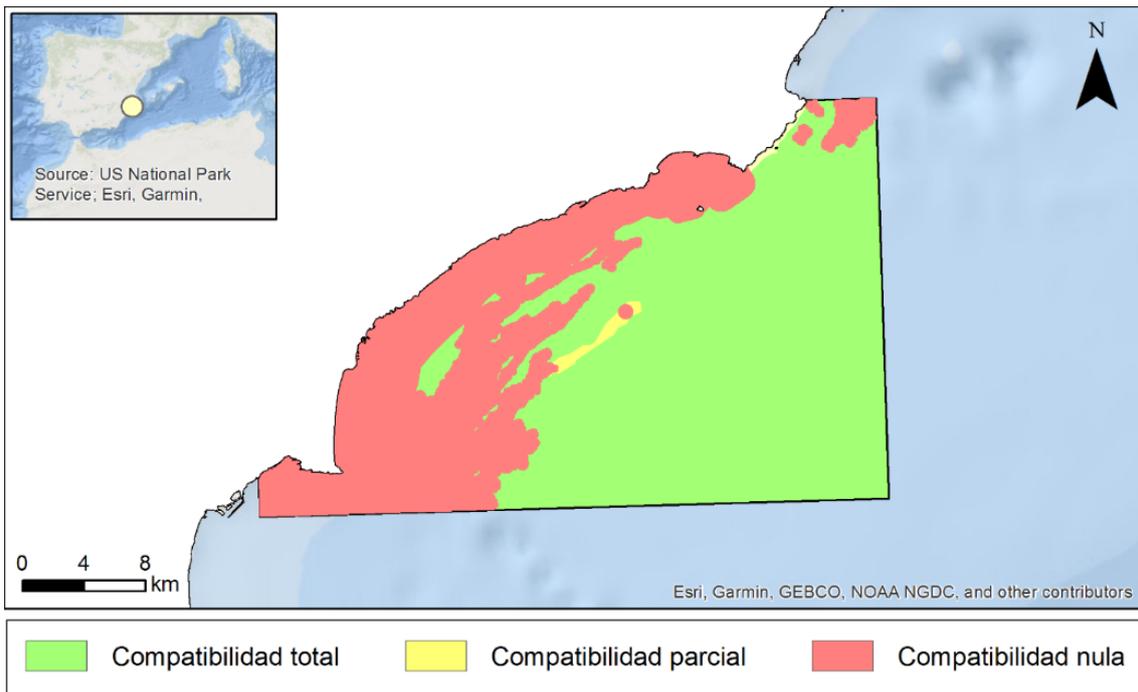


Figura 31. Variación espacial de la compatibilidad de la acuicultura con usos y actividades en la zona objeto de estudio.

Finalmente, en la Figura 32 se muestran las áreas de exclusión debidas a la restricción por usos y actividades. Estas zonas se corresponden con las áreas de influencia de usos y actividades de compatibilidad nula. No obstante, para la futura implantación de parques acuícolas deberían tenerse en cuenta aquellas zonas que, aunque no se consideran zonas de exclusión, presentan una compatibilidad parcial con los usos y actividades.

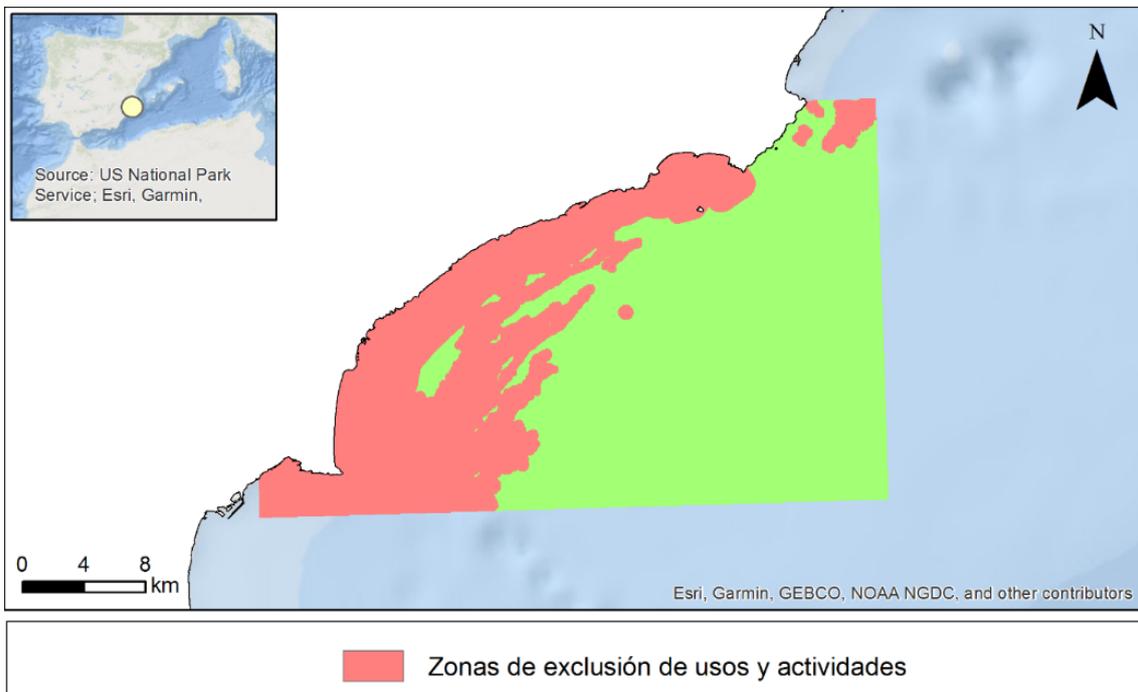


Figura 32. Zonas de exclusión por la restricción de usos y actividades en la zona objeto de estudio.

2.2.1.3. Restricción por hábitats y especies protegidos

La restricción por hábitats y especies protegidos se fundamenta en el impacto que la acuicultura puede ejercer sobre éstos. Con base en la información recopilada, en la zona objeto de estudio se ha obtenido una cartografía de detalle en la franja costera próxima al litoral (Ministerio de Transición Ecológica, 2019) (Figura 33).

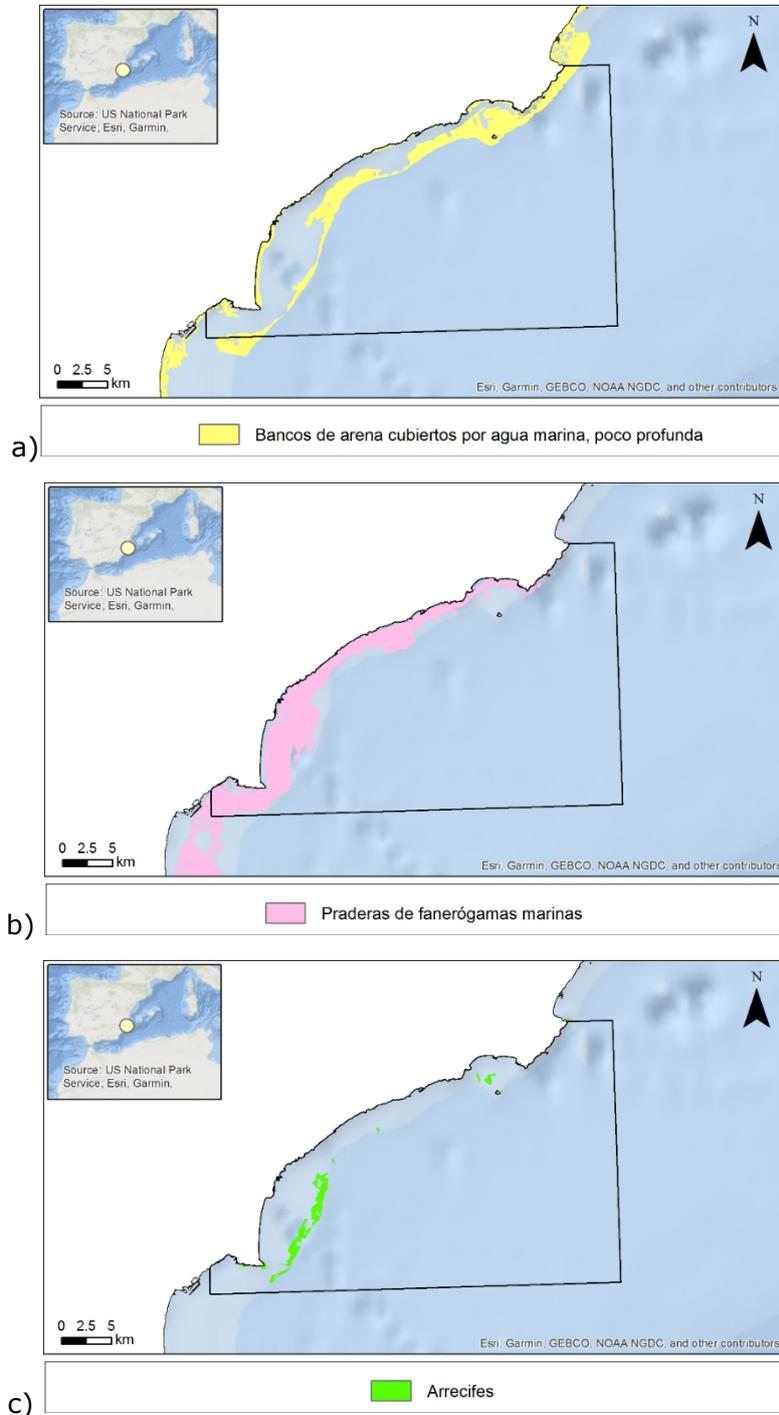


Figura 33. Cartografía de detalle en la zona objeto de estudio de los hábitats: a) bancos de arena cubiertos por agua marina; b) praderas de fanerógamas marinas; c) arrecifes.

En esta cartografía se han identificado un total de 3 hábitats que podrían verse afectados por el desarrollo de la acuicultura (Tabla 9). Los hábitats identificados: bancos de arena cubiertos por agua marina, poco profunda (1110), praderas de fanerógamas marinas (1120) y arrecifes (1170). Los bancos de arena, con una superficie de aproximadamente 57 km², se localizan a lo largo de toda la costa (Figura 33.a). Las praderas de fanerógamas marinas ocupan zonas próximas a la línea de costa con una extensión de 80 km² (Figura 33.b). Finalmente, los arrecifes se localizan en pequeños parches que ocupan alrededor de 9.5 km² (Figura 33.c).

Por otro lado, se ha recabado la información de la cartografía de distribución de hábitats de interés comunitario en cumplimiento del Informe sexenal con cuadrículas de 10km x 10km (Ministerio de Transición Ecológica, 2019). Tal y como puede observarse en la Figura 34 se identifican 4 hábitats: bancos de arena cubiertos de agua marina, poco profunda, praderas de fanerógamas marinas, arrecifes y matorrales halonitrófilos. No se encontró información sobre especies.

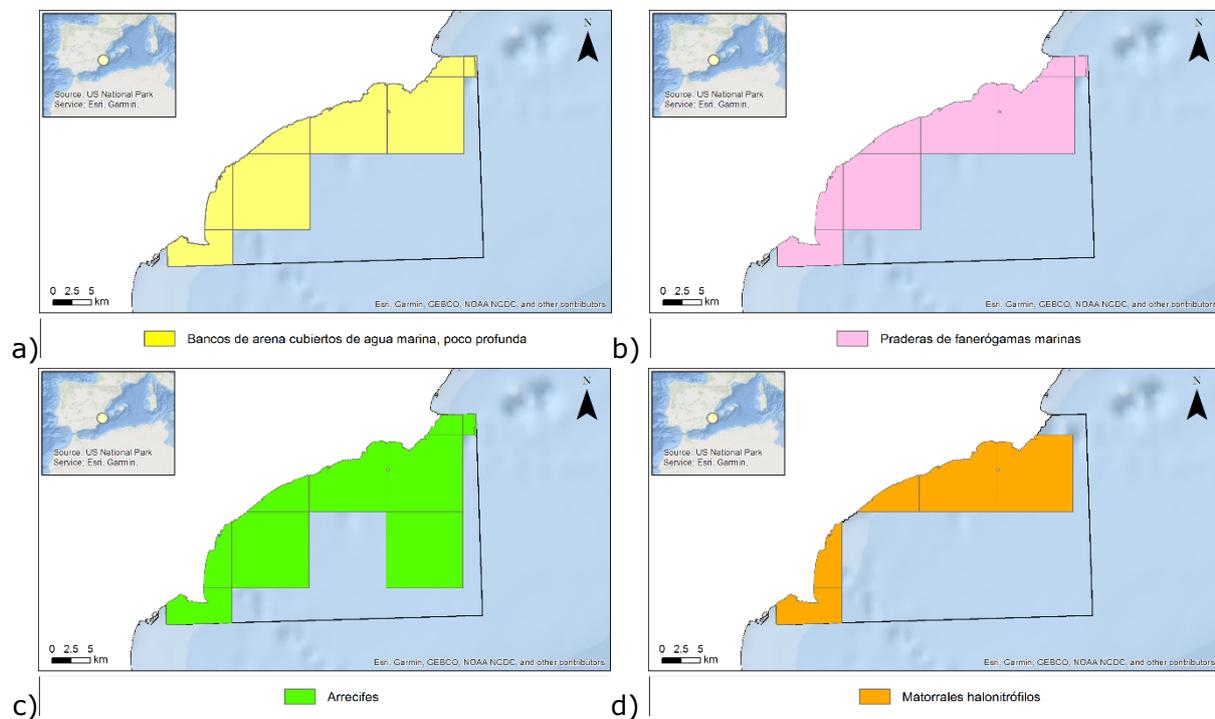


Figura 34. Cartografía de los hábitats en cuadrícula de 10km: a) bancos de arena cubiertos por agua marina; b) praderas de fanerógamas marinas; c) arrecifes; d) matorrales halonitrófilos.

Una vez procesada la cartografía, se evalúa la compatibilidad de estos hábitats con la acuicultura. Debido a que se dispone de dos fuentes para la cartografía de hábitats, para la evaluación de la compatibilidad prevalecerá la información contenida en la cartografía de detalle. La compatibilidad de los hábitats mediante la cartografía a escala nacional no podrá ser inferior a 0.5 debido a que la restricción que supone el uso de una malla con cuadrículas de 10km. Cabe resaltar que, para la cartografía de detalle, la compatibilidad de las praderas de fanerógamas marinas y los arrecifes es nula, debido al elevado número de efectos que tiene la acuicultura sobre estos hábitats. La compatibilidad con los bancos de arena cubiertos de agua marina es muy baja (0.1). El resultado final pone en evidencia que las zonas próximas a costa son las que presentan compatibilidades inferiores (Figura 35).

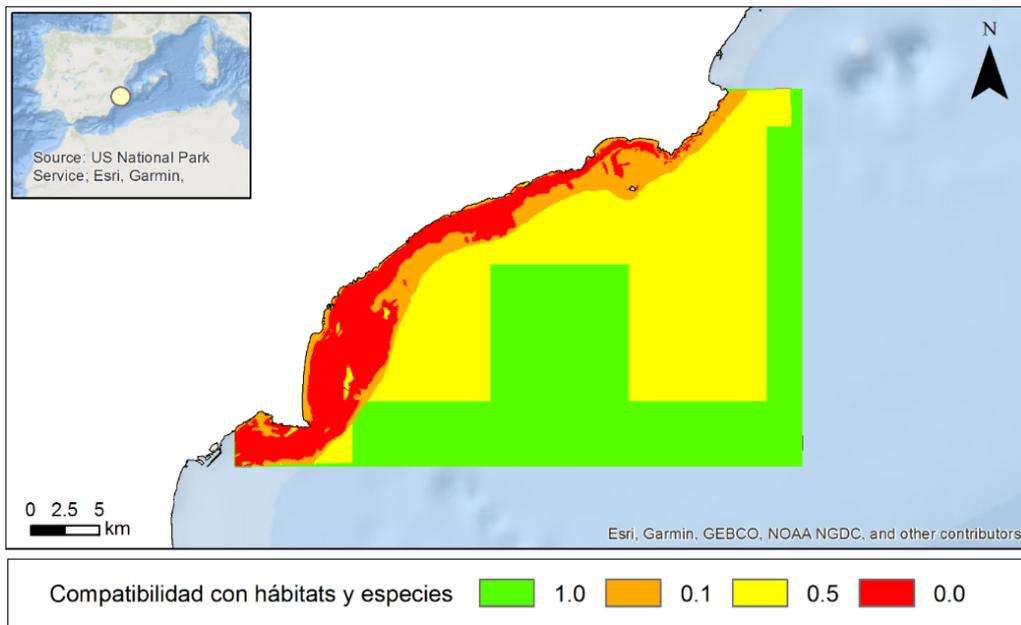


Figura 35. Variación espacial de la compatibilidad de la acuicultura con hábitats y especies protegidos en la zona objeto de estudio.

Finalmente, la Figura 36 muestra las áreas de exclusión debidas a la compatibilidad de la acuicultura con hábitats y especies protegidos. Estas zonas se corresponden con aquellas áreas clasificadas con una compatibilidad nula y ocupan una superficie de 89km². No obstante, para la futura implantación de parques acuícolas deberían tenerse en cuenta las zonas que, aunque no se consideran zonas de exclusión, presentan una compatibilidad baja con los hábitats y especies.

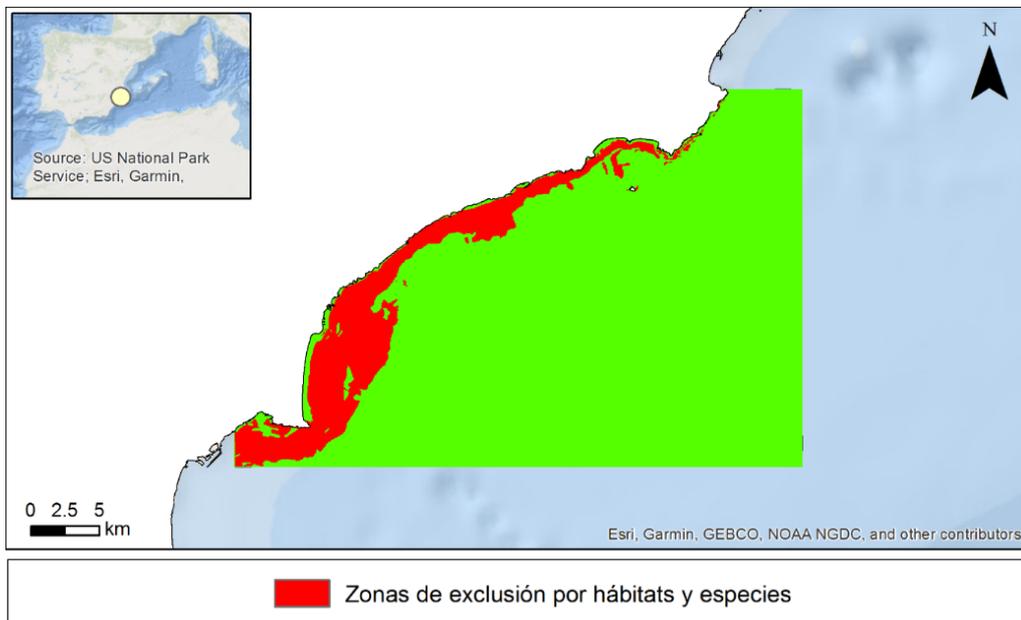


Figura 36. Zonas de exclusión por la compatibilidad de la acuicultura con hábitats y especies en la zona de objeto de estudio.

2.2.1.4. Compatibilidad con el medio

La compatibilidad con el medio se valora a partir de la integración de la restricción de las especies de interés, la restricción por usos y actividades y la restricción por hábitats y especies protegidas. Las dos últimas restricciones son propias de la zona de estudio, e independientes de la especie y, por tanto, son únicas y comunes para todas las especies de interés para la acuicultura. Las especies objeto de estudio pueden clasificarse en 2 grupos: aquellas que presentan una restricción total (9 especies de las estudiadas) y aquellas con restricción parcial (11 especies).

La compatibilidad de la acuicultura con el medio es valorada en dos categorías: compatible y no compatible. En la Figura 37 se muestra la variación espacial de la compatibilidad de la acuicultura con el medio para: besugo, corvina, dorada, lubina, atún rojo, cherna, dentón, mero, mujil, pargo y seriola. El 73% de la superficie muestra compatibilidad con el medio.

En el Apéndice Cartográfico (Apéndice B) se presentan los mapas de *compatibilidad con el medio* para cada una de las especies analizadas, así como las restricciones por las especies de interés, por usos y actividades y por hábitats y especies protegidos.

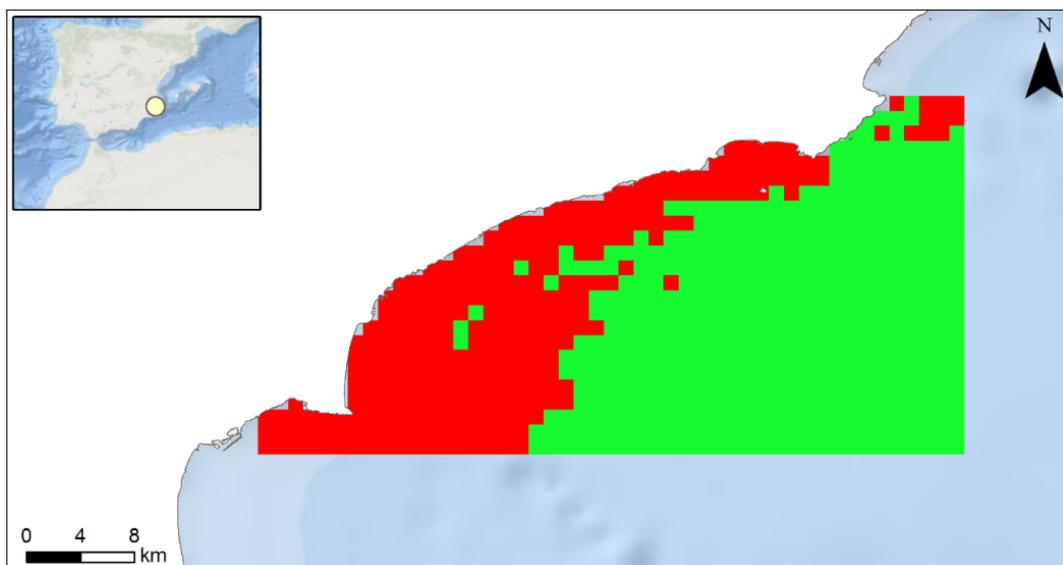


Figura 37. Compatibilidad de la acuicultura con el medio para besugo, corvina, dorada, lubina, atún rojo, cherna, dentón, mero, mujil, pargo y seriola.

2.3. Evaluación de la viabilidad de cultivo

La viabilidad de cultivo de cada una de las especies estudiadas se valora a partir de la integración de su oportunidad de cultivo y su compatibilidad con el medio.

La viabilidad de cultivo es valorada en cuatro categorías: nula (0), poco viable ($VC < 0.4$), moderadamente viable ($0.4 < VC < 0.7$) y muy viable ($VC > 0.7$). En la Tabla 15 se muestra la superficie de cada una de las categorías de viabilidad de cultivo en la zona objeto de estudio.

En la zona objeto de estudio, el 37% (269.1 km²) de la superficie presenta una viabilidad de cultivo nula para las 11 especies de peces finalmente consideradas (Tabla 15). El besugo, la cherna y el pargo presentan una viabilidad de cultivo "moderadamente viable"

en una superficie de aproximadamente 450km² (63%). Mientras que el resto de especies presentan una superficie en torno a 350 km² (49%) como "moderadamente viable" y una superficie de aproximadamente 100 km² (14%) como "muy viable".

Especie/Viabilidad de Cultivo	No viable (%)	Poco viable (%)	Moderad. Viable (%)	Muy viable (%)
Besugo	37	0	63	0
Corvina	37	0	49	14
Dorada	37	0	49	14
Lubina	37	0	49	14
Atún	37	0	49	14
Cherna	37	0	63	0
Dentón	37	0	49	14
Mero	37	0	49	14
Mujil	37	0	49	14
Pargo	37	0	63	0
Seriola	37	0	49	14

Tabla 15. Superficie para las diferentes categorías de viabilidad de cultivo en la zona objeto de estudio.

En el Apéndice B (Apéndice cartográfico) también muestra, para cada especie, una ficha con información espacial sobre la *viabilidad de cultivo*, así como la oportunidad de cultivo y la compatibilidad con el medio:

- Peces
 - Ficha 1. Bacalao (*Gadus morhua*).
 - Ficha 2. Besugo (*Pagellus bogaraveo*).
 - Ficha 3. Corvina (*Argyrosomus regius*)
 - Ficha 4. Dorada (*Sparus aurata*)
 - Ficha 5. Lubina (*Dicentrarchus labrax*)
 - Ficha 6. Salmón Atlántico (*Salmo salar*)
 - Ficha 7. Trucha arco-iris (*Oncorhynchus mykiss*)
 - Ficha 8. Atún rojo (*Thunnus thynnus*)
 - Ficha 9. Cherna (*Polyprion americanus*)
 - Ficha 10. Dentón (*Dentex dentex*)
 - Ficha 11. Mero (*Epinephelus marginatus*)
 - Ficha 12. Mujil (*cephalus*)
 - Ficha 13. Lampuga (*Coryphaena hippurus*)
 - Ficha 14. Pargo (*Pagrus pagrus*)
 - Ficha 15. Seriola (*Seriola dumerilii*)
- Macroalgas
 - Ficha 16. *Porphyra sp*
 - Ficha 17. *Codium tomentosum*
 - Ficha 18. *Chondrus crispus*

2.4. Diseño de un parque de cultivo en Campello

Tras el análisis de viabilidad de cultivo efectuado en Campello, se procede a llevar a cabo el escalado a nivel de diseño de un potencial parque de cultivo en esa zona, analizando criterios generales, criterios de diseño y marco legislativo y administrativo.

2.4.1. Criterios Generales para parques de cultivo en aguas oceánicas

Los criterios generales para parques de cultivo en aguas oceánicas incorporan criterios relativos a los costes operativos y criterios de viabilidad.

a) Criterios relativos a los costes operativos

Los costes operativos de una granja de jaulas flotantes incluyen los relacionados directamente con los procedimientos productivos que se llevan a cabo en cada granja, desde la introducción, o siembra de alevines, hasta su pesca. No se incluyen los costes derivados del empaquetado y comercialización de los peces. Todos estos costes son considerados como costes variables.

Bajo este criterio se pueden establecer los principales costes operativos de una explotación de jaulas. Estos costes varían en función del tipo y especie cultivada, aunque se pueden establecer los siguientes rangos orientativos:

- Alimento para los peces: 40-50%
- Alevines: 10-20%
- Personal: 12-20%
- Mantenimiento: 2-5%
- Control veterinario: 1-2%
- Transporte/energía: 1-3%
- Seguro/otros: 5-10%

Los tres principales costes operativos de una explotación son el alimento, los alevines y el personal (del 60 al 70%). El resto de costes, especialmente los referentes a mantenimiento y transporte, constituyen los elementos donde se puede hallar una mayor diferenciación entre el uso de un modelo u otro.

Sobre estos tres costes principales, la incidencia de un modelo de jaula, u otro, es menor, siendo más favorables los modelos que permiten un mayor control y gestión de la biomasa de peces, dado que permiten un mayor rendimiento productivo y, en consecuencia, menores costes. Los modelos de jaulas oceánicas llevan implícito un sistema de granja totalmente automatizado y el desarrollo de procedimientos de trabajo y tecnologías acordes con las características del medio. Los nuevos modelos de cultivo tendrán que apostar por ventajas competitivas que busquen un menor coste, mayor durabilidad y resistencia de las jaulas frente a los temporales y menor complejidad de construcción.

Dentro de los modelos actuales de jaulas flotantes hay sectores que, por las características de su cultivo, apenas sufren pérdidas por temporales, como es el caso del cultivo del salmón en Noruega. Por otra parte, otros sectores como son el cultivo de la dorada y lubina en gran parte del Mediterráneo (Italia, España, Norte de África) registran, cada vez con mayor frecuencia, accidentes periódicos en las granjas, como consecuencia de temporales.

Este hecho causa cuantiosas pérdidas en las granjas, además del consiguiente impacto ambiental, por los escapes de peces.

La tecnología y los costes que requerirá la implantación de granjas de acuicultura en entornos oceánicos hará necesario seleccionar especies de alto valor en el mercado que justifiquen y garanticen la rentabilidad de las mismas.

b) Criterios de viabilidad

Los criterios de viabilidad para asegurar la correcta implantación de un parque de cultivo, se basan en aspectos biológicos, medioambientales, técnicos y sociales.

Biológicos/cultivo:

- Especies con ciclo biológico y productivo cerrado.
- Especies con altos índices de crecimiento.
- Especies que admitan altas densidades de cultivo.
- Especies con altas tasas de supervivencia.
- Especies poco selectivas en sus requerimientos nutricionales.

Tipología de jaulas:

- Resistencia de los materiales empleados.
- Instalación sencilla en el mar.
- Bajo mantenimiento.
- Alta capacidad/volumen de cultivo.
- Diseño que facilite las operaciones productivas (alimentación, selección, pesca de peces).

Emplazamiento:

- Condiciones oceanográficas adecuadas:
 - Baja exposición a temporales y condiciones climatológicas extremas.
 - Adecuada circulación del agua de la zona (niveles de oxígeno correctos, difusión de nutrientes, sin fuertes corrientes).
 - Batimetría adecuada.
- Calidad del agua:
 - Rango de temperaturas y salinidad óptimas para la especie cultivada.
 - Condiciones de calidad del agua.
- Operativos:
 - Distancia a punto de apoyo operativo/logístico (p.ej. Puerto).
 - Sin restricciones por otros usos (p.ej. zonas protegidas, turismo, pesca).
 - Posibilidad de puntos de vigilancia y rápido acceso.

Productivos:

- Mercado de la especie cultivada (volumen, precios, grado de elaboración del producto, competencia).
- Costes de producción.
- Nivel tecnológico productivo existente.
- Existencia de vías de innovación.
- Existencia de protocolos de buenas prácticas.

2.4.2. Diseño de un parque de cultivo en Campello

En el diseño del parque de cultivo se ha tenido en cuenta la especie, el sistema de cultivo, los criterios de viabilidad y el modelo productivo. A continuación, se detallan cada uno de estos aspectos.

a) Especie, sistema de cultivo y localización

El diseño propuesto consta de una granja de 6 jaulas modelo Ten-Shores (jaulas bajo patente de IHCantabria), para la producción de Lubina de talla comercial media de 1 kg de peso, a una distancia de 5.7 km del puerto de Campello.

Los resultados del análisis a escala local (apartado 4.4.2.1), muestran que esta especie presenta una idoneidad biológica media muy elevada (0.93) y tiene la ventaja de que el mercado de lubina está en expansión tanto en el mercado español, como en el internacional.

La localización del parque (Figura 38) se ha elegido con base en los criterios de la normativa reguladora en la Comunidad Valenciana (Ley 5/2017) y en la viabilidad de cultivo de Lubina en esta zona (resultados del apartado 4.4.3). La zona elegida es compatible con el resto de usos desarrollados, con los espacios y especies protegidos de la zona y tiene una oportunidad de cultivo de 0.8 (sobre un máximo de 1). Asimismo, la zona de estudio cumple requisitos importantes de cara a determinar la viabilidad de instalar un parque de cultivo:

- Existencia de granjas/empresas acuícolas con un grado medio-alto de automatización.
- Existencia de empresas y grupos de empresas en crecimiento, que requieren mayores áreas de cultivo.
- Batimetría en torno a 50 metros con distancias a puertos base no superiores 10 km.
- Desarrollo actual de sistemas que cultivan peces con talla comercial de venta igual o superior a 1 kg.

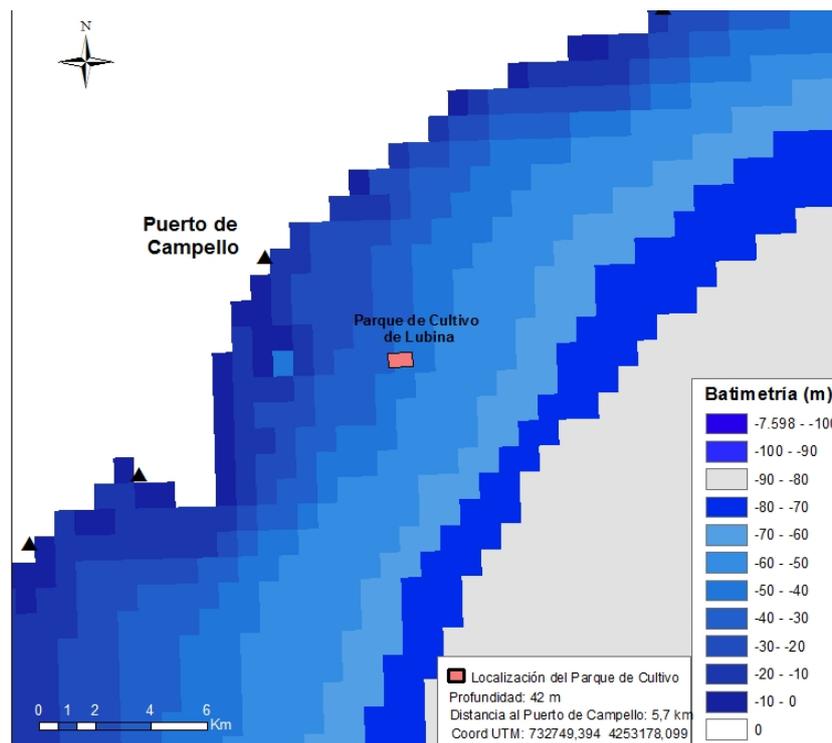


Figura 38. Localización del Parque de Cultivo de Lubina.

Respecto al sistema de cultivo, las jaulas flotantes actualmente en uso en la zona de Campello son circulares, de polietileno y con un diámetro que varía entre 25 m (6.000 - 7.000 m³) y 30 m (10.000 m³). Para este estudio se propone la utilización de la jaula Ten-Shores (bajo patente de IHCantabria; Figura 39), circular, de hormigón y poliestireno, de 30 m de diámetro y un volumen de 11.000 m³. El hormigón abarata los costes y aporta rapidez al proceso de fabricación y el poliestireno proporciona flotabilidad y estanqueidad en el caso de fisuras.

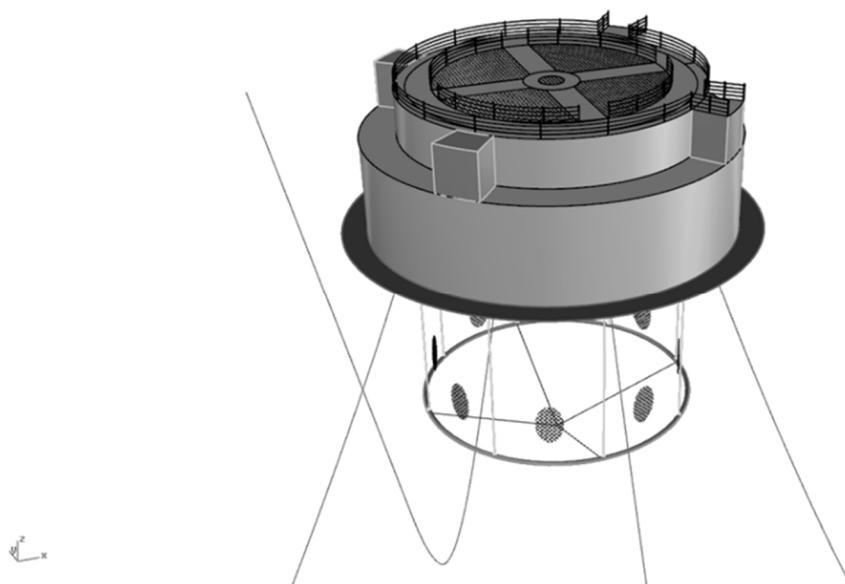


Figura 39. Vista del diseño de la jaula Ten-Shores (patente de IHCantabria).

c) Modelo productivo

La

Tabla 16 resume el modelo productivo del parque de cultivo de Lubina grande propuesto en Campello.

<u>Datos generales:</u>	
Área aproximada de la concesión marina	20 ha
Modelo de jaula	Ten-Shores
Distancia máxima al Puerto del Campello	5,7 km
Batimetría	42 m
<u>Coste aproximado/ Inversión:</u>	
Jaulas + Instalación (240.000€/unidad x 6 unidades)	1.440.000 €
Balizamiento	20.000 €
Redes (15.000€/unidad x 6 unidades)	90.000 €
Barco Catamarán de trabajo	300.000 €
Barco auxiliar	20.000 €
Equipo complementario de jaulas (Cañones de pienso, depósitos transporte de peces, equipos de buceo, etc.)	100.000 €
Total Inversión	1.970.000 €
<u>Datos productivos:</u>	
Volumen productivo total en m ³ (11.000 m ³ /unidad x 6 unidades)	66.000 m ³
Talla media final de pesca	1.000 g
Ciclo productivo de alevín de 10 g a talla de pesca	30 meses
Índice de conversión del alimento	2,5
Tasa de supervivencia por lote de peces	80%
Densidad final	15 kg/m ³
<u>Cálculo de la Capacidad Productiva para lubina grande:</u>	
Capacidad de producción por Jaula y año = Tasa de utilización* (0,4) x capacidad de la jaula en m ³ (11.000) x Densidad final (15 kg/m ³)	66 t/año
Capacidad Total granja (Capacidad jaula año (66 toneladas) x 6 Unidades)	396 t/año
<u>Cálculo de los principales costes:</u>	
Alevines (500.000 alevines/año x 0,25 €/ alevín)	125.000 €
Compra de Pienso (1.000 Toneladas de pienso x 1,20 €/kg de pienso)	1.200.000 €
Coste de personal (ratio de un tamaño medio)	360.000 €
Coste mantenimiento	72.000 €
Coste comercial/empaquetado	216.000 €
Amortización	72.000 €
Otros costes	355.000 €
Total coste aproximado (6€/kg)	2.400.000 €
<u>Comercialización:</u>	
Precio (datos FEAP 2017)	7,5 €/kg
Total ingresos (396 toneladas/año)	2.970.000 €
<u>Margen operativo del modelo productivo propuesto:</u>	
Precio venta (2.970.000€) – Costes (2.400.000€)	570.000 €

* Cálculo de la tasa de utilización por jaula = 12 meses/nº de meses del ciclo productivo de la especie, en este caso 30 meses (12/30 = 0,4).

Tabla 16. Resumen del modelo productivo de un parque de cultivo de Lubina grande en Campello.

2.4.3. Marco legislativo y administrativo

El marco legal general para la regulación y la promoción de la acuicultura en España está establecido por la Constitución de 1978, la Ley 20/1942 de Fomento y Conservación de la Pesca Fluvial, la Ley 23/1984 de Cultivos Marinos y la Ley 22/1988 de Costas. No existe ninguna Ley marco general específica para la acuicultura.

La Comunidad Valenciana ha asumido las competencias en la jurisdicción de la acuicultura en tierra y en aguas continentales, en la zona marítimo-terrestre, las aguas marítimas interiores y el mar territorial. En consecuencia, la Comunidad Valenciana aplica su propia normativa a la acuicultura (Ley 5/2017, de 10 de febrero, de pesca marítima y acuicultura de la Comunitat Valenciana), y la legislación nacional sólo es de aplicación efectiva con carácter general (es decir, dentro de las Comunidades Autónomas se aplican algunas reglas generales) y suplementario (es decir, se aplica de modo residual en caso de no existir normativa regional). La legislación comunitaria, por su parte, es de aplicación por igual en el caso del Gobierno estatal y de los Gobiernos de las Comunidades Autónomas.

La zona seleccionada está en aguas territoriales, y por tanto está al amparo de la Ley 5/2017 que en su artículo 25 establece que las actividades de acuicultura marina sólo se autorizarán cuando las aguas tengan la calidad adecuada para la cría de las especies marinas y no se autorizarán establecimientos de acuicultura marina en zonas con fondos bionómicos del tipo de praderas de fanerógamas marinas. Ambas premisas se cumplen en la zona seleccionada dado que presenta una elevada idoneidad biológica para la lubina (Figura 40) y en esa zona no hay presencia de fanerógamas marinas (Figura 33).

No obstante, la realización de actividades de acuicultura requerirá la autorización previa de la consejería competente en materia de pesca marítima y acuicultura, sin perjuicio de los informes, evaluaciones de impacto ambiental, autorizaciones o concesiones de otros órganos o administraciones públicas legalmente preceptivos, y se dará audiencia, en todo caso, a las cofradías de pescadores y a otras organizaciones del sector pesquero, asociaciones en defensa del medio ambiente y otras organizaciones representantes de los sectores afectados.

Además de la legislación autonómica, será de aplicación, la siguiente legislación nacional:

- Ley 41/2010, de Protección del Medio Marino.
- Ley 22/1988 de Costas, y RD 876/2014 "Reglamento General de Costas".
- Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de "Evaluación Ambiental".
- RD 363/2017, marco para la "Ordenación del Espacio Marítimo".
- RD 79/2019, Informe de Compatibilidad con las Estrategias Marinas.

3. CONCLUSIONES DE LA ACTIVIDAD

3.1. Oportunidad de cultivo

Idoneidad biológica:

Corvina, dorada, lubina, atún rojo, dentón, mujil, pargo y seriola alcanzan las mejores idoneidades biológicas en la zona objeto de estudio. Entre estas especies, la corvina, la dorada y la seriola presentan porcentajes de tiempo superiores al 90% en el que se dan las condiciones óptimas para el crecimiento de estas especies.

La lampuga presenta una idoneidad biológica promedio nula. Bacalao y las 3 especies de macroalgas analizadas presenta una idoneidad biológica promedio baja (<33% del tiempo en condiciones óptimas).

Idoneidad estructural:

Un 100% de la superficie de la zona de estudio es idónea en términos estructurales.

Idoneidad operativa:

La idoneidad operativa para la zona objeto de estudio muestra valores medios de 0.71, con valores máximos de 0.96 en las zonas más resguardadas y próximas a la costa. Los valores mínimos se detectan en aquellas áreas más alejadas de la costa, con valores mínimos de 0.60.

Oportunidad de cultivo:

Las 3 macroalgas objeto de estudio, el bacalao, el salmón atlántico, la trucha arcoíris, el mero y la lampuga muestran una oportunidad de cultivo poco óptima. El resto de las especies analizadas presentan oportunidades de cultivo moderadamente óptimas o muy óptimas.

3.2. Compatibilidad con el medio

Restricción de las especies de interés:

En Campello, el bacalao, el salmón atlántico, la trucha arcoíris, la lampuga y las 3 especies de macroalgas muestran efectos agudos o crónicos para la temperatura, la salinidad o el PAR por encima de un 50% del tiempo. Para todas estas especies, toda la superficie del área de estudio se considera zona de exclusión para estas especies.

Restricción por usos y actividades antrópicas:

El área de exclusión por usos y actividades ocupa una superficie de 268 km². Esta superficie se corresponde con las áreas de influencia de los usos y actividades que presentan una compatibilidad nula con la acuicultura. Estas áreas se circunscriben a la zona próxima a la costa, siendo más marcado en la zona sur, debido principalmente al tráfico marítimo.

Restricción por hábitats y especies protegidos:

El área de exclusión por hábitats y especies protegidos ocupa una superficie de 8 km². Esta área presenta una compatibilidad nula con la acuicultura por desarrollarse en ellas hábitats de praderas de fanerógamas y arrecifes.

Compatibilidad con el medio:

En Campello, el bacalao, el salmón atlántico, la trucha arcoíris, la lampuga y las 3 especies de macroalgas muestran una compatibilidad nula con el medio para la totalidad de la superficie objeto de estudio.

Besugo, corvina, dorada, lubina, atún rojo, cherna, dentón, mero, mujil, pargo y seriola muestran compatibilidad con el medio en el 73% de la superficie.

3.3. Viabilidad de cultivo

En el caso de Campello, el bacalao, el salmón atlántico, la trucha arcoíris, la lampuga y las 3 especies de macroalgas presentan una viabilidad nula en toda la zona objeto de estudio.

Besugo, corvina, dorada, lubina, atún rojo, cherna, dentón, mero, mujil, pargo y seriola presentan una viabilidad nula en el 37% de la superficie objeto de estudio. El besugo, la cherna y el pargo presentan una viabilidad de cultivo "moderadamente viable" en una superficie de aproximadamente 450km² (63%). Mientras que la seriola, el mujil, el mero, el dentón, el atún, la lubina, la dorada y la corvina presentan una superficie de aproximadamente 350 km² (49%) como "moderadamente viable" y una superficie de aproximadamente 100 km² (14%) como "muy viable". Ninguna de las tres especies de macroalgas estudiadas en Campello es viable para su cultivo.

Por lo tanto, en la zona objeto de estudio, las especies piscícolas más viables y compatibles con los usos y actividades humanas, así como con los espacios naturales protegidos serían la seriola, el mujil, el mero, el dentón, la lubina y la corvina. Las zonas más viables, para llevar a cabo la acuicultura se localizarían en áreas a 5-10km de la línea de costa.

3.4. Diseño de un parque de cultivo en Campello

Se ha diseñado un parque de cultivo con 6 jaulas del modelo Ten-Shores (bajo patente de IHCantabria) para producir 400 toneladas/año de lubina grande a 5.7 km del puerto de Campello. La zona seleccionada y la especie tienen un gran potencial de desarrollo. El coste de la inversión sería de 1.970.000€. El coste del mantenimiento ascendería a 2.400.000€ y las ganancias por comercialización 2.970.000€, con un margen de ganancias de 570.000€.

4. REFERENCIAS

- ACUIVISOR. 2019. Visor de acuicultura. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Web. 30 de julio de 2019: <https://servicio.pesca.mapama.es/acuivisor/>
- Agencia Ambiental Europea. 2018. Información ráster de los usos del suelo, Corine Land Cover 2018 (CNL2018). Comisión Europea.
- Comisión Europea. 2012. Directrices para la Acuicultura y la Red Natura 2000.
- Froese, R., & Pauly, D. Editors. 2018. FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, versión (10/2018).
- Generalitat Valenciana. 2019. Infraestructura valenciana de datos espaciales. Web. 30 de julio de 2019: <http://www.idev.gva.es/es/inicio>
- Gómez, A.G., Ondiviela, B., Fernández, M., Juanes, J.A. 2017. Atlas of susceptibility to pollution in marinas. Application to the Spanish coast. Marine Pollution Bulletin, 114: 239-346.
- Instituto Español de Oceanografía. 2019. Geoportal de la Infraestructura de Datos Espaciales del Instituto Español de Oceanografía, Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades. Web. 30 de julio de 2019: <http://www.ideo-base.ieo.es/>
- Instituto Hidrográfico de la Marina. 2019. Geoportal de la Infraestructura de datos espaciales del Instituto Hidrográfico de la Marina, Armada Española, Ministerio de Defensa. Web. 30 de julio de 2019. <http://ideihm.covam.es/servicios.html>
- Le Tixerant, M., Le Guyader, D., Gourmelon, F., Queffelec, B. 2018. How can Automatic Identification System (AIS) data be used for maritime spatial planning? Ocean & Coastal Management, 166: 18-30.
- Menegon, S., Depellegrin, D., Farella, G., Sarretta, A., Venier, C., Barbanti, A. 2018. Addressing cumulative effects, maritime conflicts and ecosystem services threats through MSP-oriented geospatial webtools. Ocean & Coastal Management, 163: 417-436.
- Ministerio para la Transición Ecológica. 2019. Infraestructura de datos Espaciales del Ministerio para la Transición Ecológica. Web. 30 de julio de 2019. www.miteco.gob.es/es/cartografia-y-sig/ide/
- Ministerio para la Transición Ecológica. 2019. Plan de Ecocartografías del litoral español. Ecocartografía de Alicante. Web. 30 de julio de 2019. <https://www.miteco.gob.es/es/costas/temas/proteccion-costa/ecocartografias/ecocartografia-alicante.aspx>
- OESA-Fundación Biodiversidad. 2017. Situación de partida y perspectivas de la actividad acuícola en la Red Natura 2000 en España. Fundación Biodiversidad, Madrid, España. 182pp.
- Puertos del Estado. 2019. Shiplocus, Sistemas seguimiento y monitorización marítimos. Puertos del Estado, Ministerio de Fomento. Web. 30 de julio de 2019: <https://shiplocus.puertos.es/>

Real Decreto 363/2017, de 8 de abril, por el que se establece un marco para la ordenación del espacio marítimo.

Standard Norge. 2009. Norwegian Standard NS 9415.E:2009. Marine fish farms: Requirements for site survey, risk analyses, design, dimensioning, production, installation and operation.

Vespe, M., Gibin, M., Alessandrini, A., Natale, F., Mazzarella, F., Osio, G.C. 2016. Mapping EU fishing activities using ship tracking data. Journal of Maps, 12(1): 520-525.

APÉNDICE A



APÉNDICE A. DATOS METEO-OCEÁNICOS

A1. INTRODUCCIÓN

En este Apéndice se describen los datos meteo-oceánicos utilizados obtenidos para la zona comprendida entre la costa sur de la Comunidad Valenciana y la isla de Ibiza, teniendo como epicentro Campello.

Para esta zona, se ha generado una malla regular con una resolución espacial de aproximadamente 1km que cubre la zona comprendida entre las latitudes 38.33°N y 38.55°N y longitudes 0.46°O y 0°E, el número de puntos de la malla que caen en el mar es de 751 puntos. La Figura A.1 muestra todos los puntos considerados, en los cuales han sido extraídos los datos meteoocéánicos.

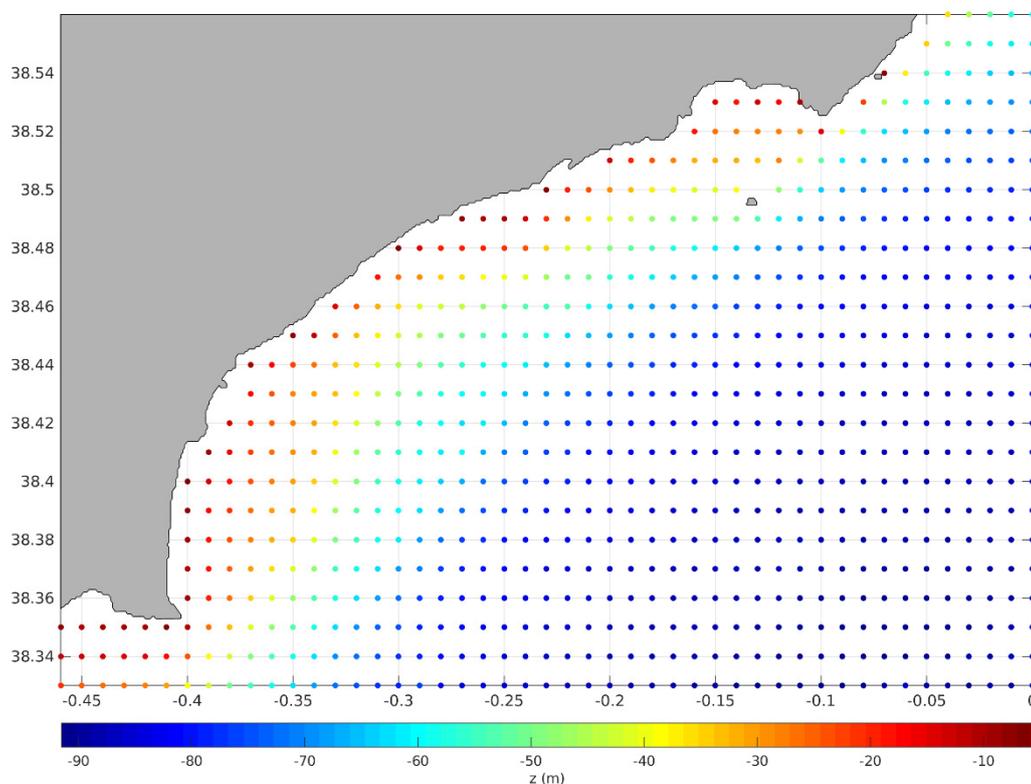


Figura A.1. Malla con los puntos considerados y su profundidad (fuente: EMODnet Bathymetry Consortium, 2018).

Para cada uno de los puntos se han obtenido las series temporales de las siguientes variables:

- Temperatura superficial del mar.
- Oleaje.
- Salinidad.
- Corrientes.
- Transparencia.
- Nitratos.

- Oxígeno disuelto.
- Clorofila a.
- Batimetría.
- Pendiente del fondo.
- Viento.
- Radiación activa fotosintética.

En la Tabla A.1 se muestra un resumen de las diferentes bases de datos que han sido utilizadas para extraer los datos. En los siguientes apartados se describe cada una de las bases de datos utilizadas a nivel de variable.

VARIABLE	FUENTE	BBDD	RESOLUCION ESPACIAL	RESOLUCION TEMPORAL	PERIODO DE TIEMPO	ORIGEN	NOMBRE LARGO	UNIDADES
SST	<u>GRHSST</u>	OSTIA	0.005°	Diaria	1/1/1985 - 31/12/2017	SIMULACION NUMÉRICA	Temperatura superficial del mar	°C
OLEAJE	IHData	DOW SW NCEP Iberia	250m	Horaria	1//2/1948 - 31/8/2015	SIMULACION NUMÉRICA	Altura de ola significativa	m
	IHData	GOW SW NCEP Iberia	0.0625°	Horaria	1/1/1979 - 31/07/2017	SIMULACION NUMÉRICA	Altura de ola significativa	m
SALINIDAD	Copernicus	Mediterranean Sea Physical Reanalysis Product	0.063°	Diaria	1/1/1987 - 31/12/2017	SIMULACION NUMÉRICA	Salinidad a 1.47m	psu
CORRIENTES	Copernicus	Mediterranean Sea Physical Reanalysis Product	0.063°	Diaria	1/1/1987 - 31/12/2017	SIMULACION NUMÉRICA	Componentes U y V de la corriente a 1.47m	m/s
BATIMETRÍA	EMODnet	EMODnet Digital Bathymetry (DTM 2018)	100 m	-	-	-	Profundidad Referida a la maxima bajamar.	m
PENDIENTE DEL FONDO	EMODnet	EMODnet Digital Bathymetry (DTM 2018)	100 m	-	-	-	Pendiente del fondo	Grados sexagesimales
VIENTO	IHData	SeaWind II Europa	0.15°	Horaria	1985-2018	SIMULACION NUMÉRICA	U and V component of wind speed at 10 m	m/s
PAR	MODIS	MODIS Daily Mean Photosynthetically Available Radiation	0.04°	Diaria	2002-2019	SATÉLITE	Photosynthetically Available Radiation, R. Frouin	Einstein m ⁻² dia ⁻¹

Tabla A.1. Bases de datos utilizadas para la extracción de los datos meteo-oceánicos para la zona de Campello.

A2. DESCRIPCIÓN DE LAS BASES DE DATOS PARA CADA VARIABLE

A2.1. Temperatura superficial del agua (SST)

Los datos de temperatura superficial del mar (°C) son extraídos de la base de datos Operational Sea Surface Temperature and Sea Ice Analysis (OSTIA, Donlon *et al.*, 2012), la cual ha sido generada por el grupo internacional 'High Resolution Sea Surface Temperature' (GHRSSST). Esta base de datos recoge las variaciones de SST con gran calidad, teniendo cuenta incluso las variaciones debidas por aportaciones fluviales de los ríos, esto es debido a que es una base de derivada de medidas *in situ* y datos de satélite (Tabla A.2).

<i>Origen de los datos</i>	Datos generados a partir de datos instrumentales post-procesados procedentes de medidas in-situ y de satélite. Los datos satelitales son de nivel 4 y son generados mediante una variante de la técnica de interpolación óptima.
<i>Resolución espacial</i>	~5.5 km (malla de 0.05°).
<i>Resolución temporal</i>	medias diarias
<i>Período de tiempo</i>	01/01/1985 – 31/12/2017
<i>Método de interpolación</i>	Lineal entre los nodos de agua de la base de datos y vecino más próximo en la interfaz tierra mar.

Tabla A.2. Información de la base de datos de la temperatura superficial del mar.

A2.2. Oleaje

Los datos de oleaje (m) han sido extraídos de diferentes bases de datos al haber puntos situados en la costa y otros más alejados de la misma (Tabla A.3). Para aguas profundas se han considerado datos de oleaje de la base de datos Global Ocean Waves (GOW) en su primera versión (Reguero *et al.*, 2012). Para los puntos localizados en costa se ha utilizado la base de datos de datos Downscaled Ocean Waves (DOW) que alcanza una resolución del orden de metros cerca de costa y deriva de la base de datos GOW (Camus *et al.*, 2013).

<i>Origen de los datos</i>	Combina la base de datos GOW y DOW, ambas desarrolladas por el IHCantabria. La base de datos GOW consiste en una reconstrucción histórica de oleaje generada con el modelo numérico WaveWatch III. Los vientos utilizados como forzamiento proceden de Seawind I, que son los mismos que han sido utilizados para generar la base de datos DOW. La base de datos DOW es también una reconstrucción histórica, pero de alta resolución espacial del oleaje en la costa. Se ha generado a partir de los datos GOW y de SeaWind I mediante una metodología híbrida que combina el downscaling dinámico y estadístico.
<i>Resolución espacial</i>	~6.8 km (GOW) y ~0.275 km (DOW)
<i>Resolución temporal</i>	Horaria
<i>Período de tiempo</i>	01/02/1948 – 31/08/2015
<i>Método de interpolación</i>	lineal

Tabla A.3. Información de las bases de datos del oleaje.

A2.3. Salinidad y Corrientes

Los datos de salinidad (psu) y corrientes (m/s) en los diferentes puntos son extraídos de la base de datos Mediterranean Sea Physical Reanalysis Product (Tabla A.4). Estos datos se encuentran disponibles en el portal de datos marinos de Copernicus Marine Environment Monitoring Service (CMEMS) bajo la etiqueta MEDSEA_REANALYSIS_PHYS_006_004. Para la generación de este reanálisis el modelo utilizado es el Nucleous for European Modelling of the Ocean (NEMO) con un esquema de asimilación de datos de temperatura, perfil vertical de salinidad y anomalía del nivel del mar procedente de datos de satélite.

<i>Origen de los datos</i>	Base de datos de reanálisis MEDSEA_REANALYSIS_PHYS_006_004, que se obtiene a partir del modelo hidrodinámico de NEMO, con un esquema de asimilación de datos variable (OceanVAR). Datos extraídos de Copernicus (Lecci <i>et al.</i> , 2019).
<i>Resolución espacial</i>	~7 km (malla de 0.063°).
<i>Resolución temporal</i>	medias diarias
<i>Período de tiempo</i>	01/01/1987 – 31/12/2016
<i>Método de interpolación</i>	Lineal entre los nodos de agua de la base de datos y vecino más próximo en la interfaz tierra mar.

Tabla A.4. Información de la base de datos de salinidad y corrientes.

A2.4. Batimetría y pendiente del fondo

La batimetría es extraída de una base de datos EMODnet (EMODnet, 2018), que cubre toda la costa europea generada a partir de diferentes fuentes que han sido homogenizadas considerando el nivel más bajo de la marea astronómica como referencia (Tabla A.7).

<i>Origen de los datos</i>	Datos de EMODnet (The European Marine Observation and Data Network), que engloba datos batimétricos aportados por distintas organizaciones. Las unidades son metros. A partir de estos datos se ha calculado la pendiente del fondo. Las unidades de esta última variable son grados (desde el norte y hacia abajo de la horizontal). Este cálculo se hace en base a diferencias finitas.
<i>Resolución espacial</i>	~0.23 km (malla de 0.002°)
<i>Método de interpolación</i>	Lineal

Tabla A.5. Información de la base de datos de batimetría y pendiente del fondo.

A2.5. Viento

Los datos utilizados de vientos son extraídos de un *hindcast* atmosférico enfocado en Europa, los datos aportados de vientos son el módulo y dirección del viento a 10m de altura (Tabla A.8).

<i>Origen de los datos</i>	Base de datos SeaWind II, desarrollado por el IHCantabria (Menendez <i>et al.</i> , 2014). El modelo utilizado para generar estos vientos es el WRF (Weather Research&Forecasting model) junto con el módulo ARW (Advanced Research Dynamical Solver). Seawind II es un <i>downscaling</i> dinámico atmosférico. Las condiciones iniciales y de contorno utilizadas proceden del reanálisis global Era-Interim. Las unidades de velocidad del viento son en m/s y de dirección en grados con respecto al norte.
<i>Resolución espacial</i>	~ 15 km
<i>Resolución temporal</i>	Horaria
<i>Período de tiempo</i>	01/01/1985 – 31/12/2016
<i>Método de interpolación</i>	lineal

Tabla A.6. Información de la base de datos de vientos utilizada.

A2.6. Radiación fotosintética (PAR)

Estos datos se corresponden con la radiación fotosintética ($\text{einstein m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$) disponible o la radiación que es asimilable a través de un proceso de fotosíntesis. Para obtener esta información se han utilizado bases de datos derivadas de datos de satélite y que pertenecen a la NASA (Tabla A.9).

<i>Origen de los datos</i>	Los datos provienen de MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer; NASA, 2014). Para la generación de los datos de radiación fotosintética o PAR se ha utilizado un algoritmo que da la media de radiación fotosintética disponible. El PAR es definido como la cantidad de flujo de energía disponible del sol o radiación que está en un rango entre los 400-700nm.
<i>Resolución espacial</i>	~4 km (malla de 0.04°).
<i>Resolución temporal</i>	Diaria
<i>Período de tiempo</i>	2002 – 2019
<i>Método de interpolación</i>	Lineal entre los nodos de agua de la base de datos y vecino más próximo en la interfaz tierra mar.

Tabla A.7. Información de la base de datos de PAR utilizada.

A3. FORMATO DE LOS DATOS

Para cada base de datos, se ha extraído la información correspondiente en los diferentes puntos objetivo en formato “.mat”. A la información de la variable se ha incorporado la información de tiempo, latitud, longitud y profundidad. Todos los ficheros generados han sido guardados en diferentes directorios que se corresponden con las diferentes bases de datos y se ha cotejado, con la ayuda de gráficos, que dicha información ha sido extraída correctamente. Las figuras A.2, A.3 y A.4 muestran algunos de los gráficos que se han obtenido para algunas variables para el punto 501.

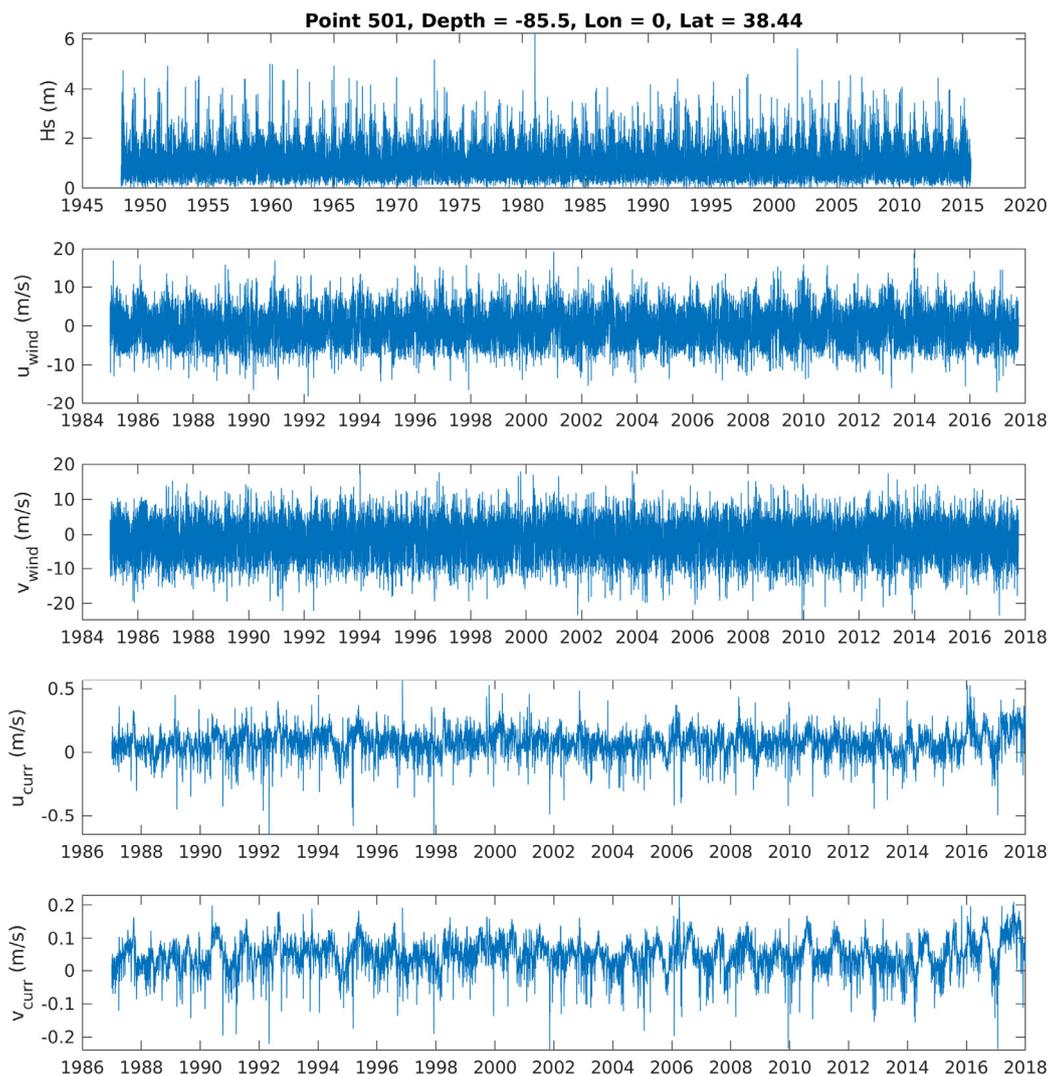


Figura A.2. Gráficos de los parámetros relacionados con las dinámicas marinas.

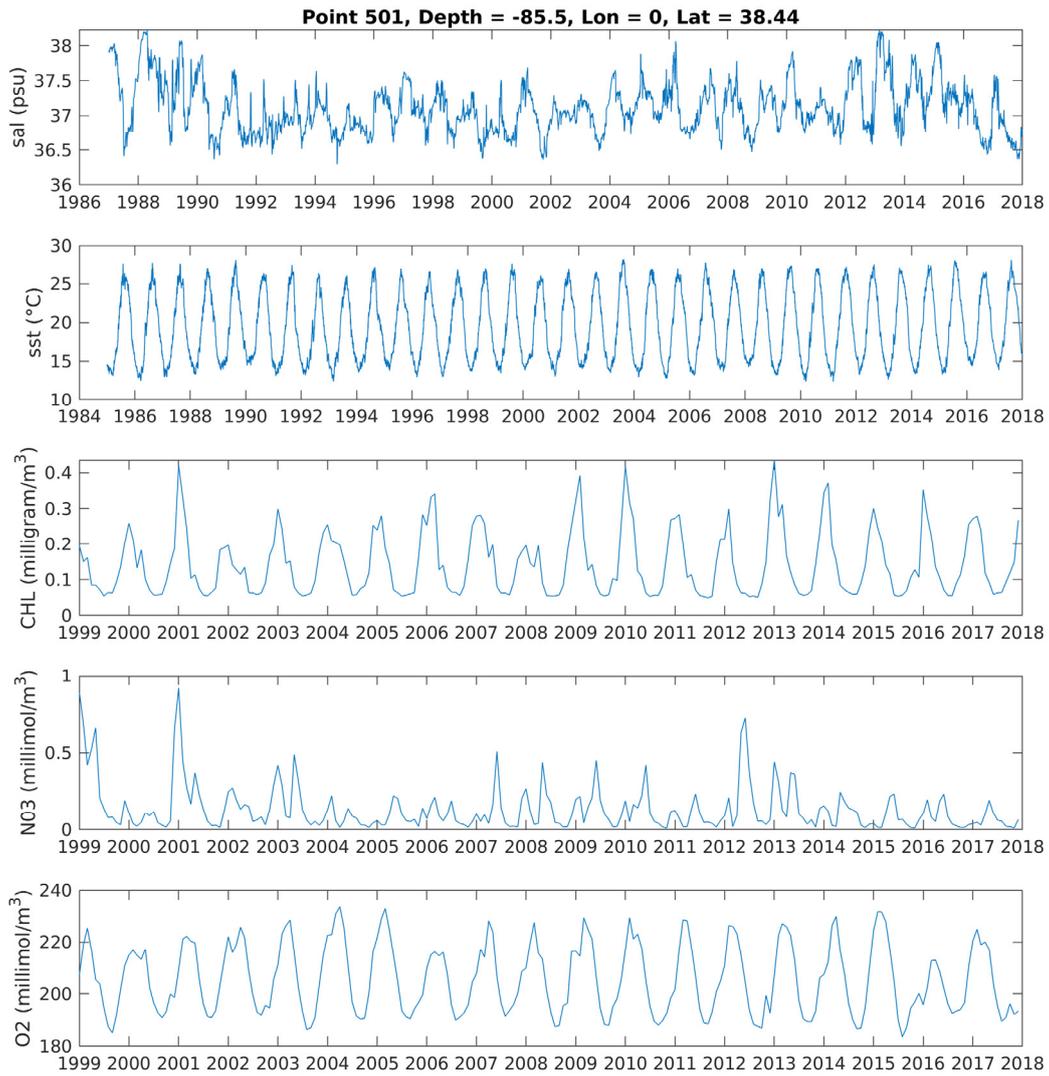


Figura A.3. Gráficos de los parámetros relacionados con las condiciones biogeoquímicas.

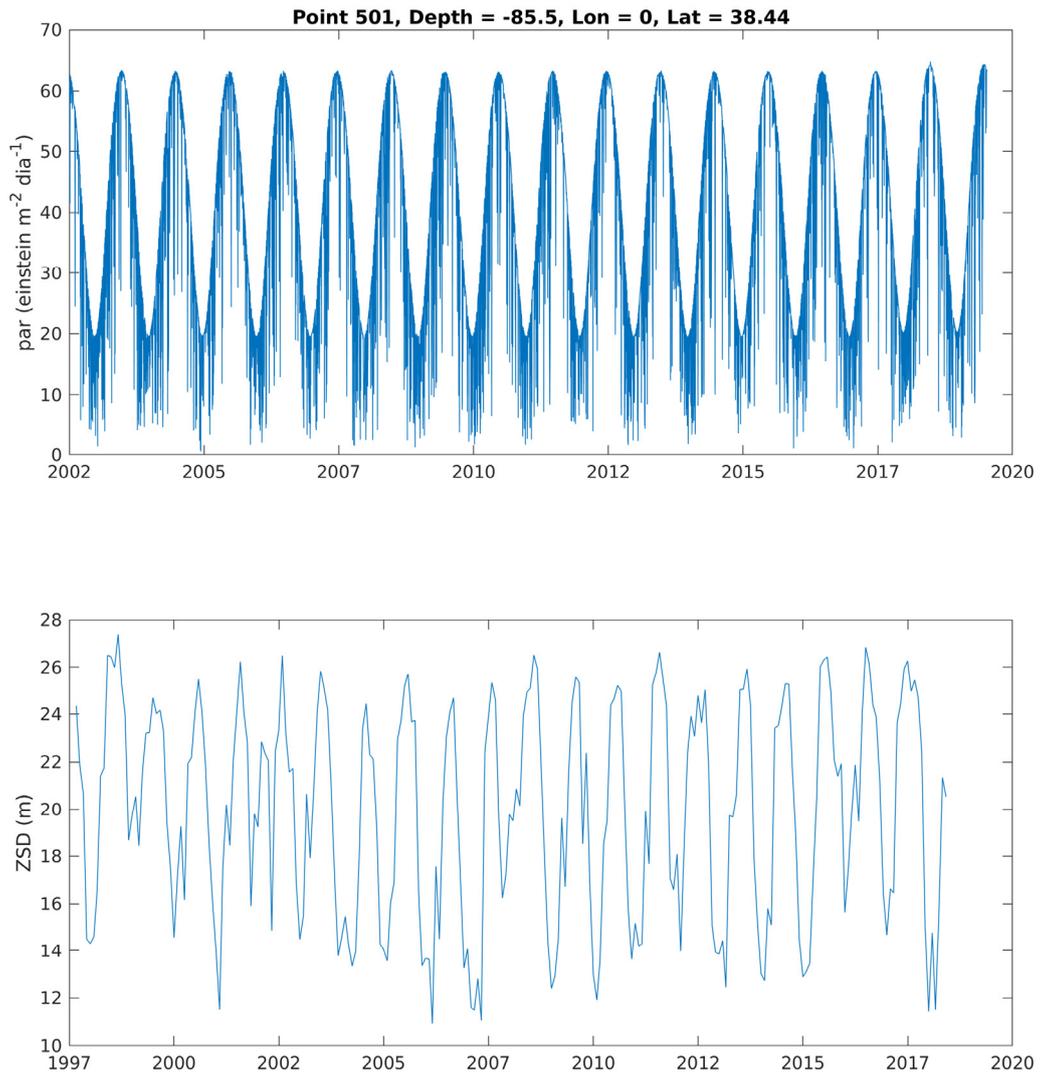


Figura A.4. Gráficos obtenidos a partir de datos de satélite relacionados con la radiación y la transparencia.

A4. REFERENCIAS

- Camus, P., Mendez, F. J., Medina, R., Tomas, A., Izaguirre, C. 2013. High Resolution Downscaled Ocean Waves (DOW) Reanalysis in Coastal Areas. *Coastal Engineering*, 72:56–68.
- Donlon, C.J., Martin, M., Stark, J., Roberts-Jones, J., Fiedler, E., Wimmer, W. 2012. The Operational Sea Surface Temperature and Sea Ice Analysis (OSTIA) System. *Remote Sensing of Environment*, 116:140–58.
- EMODnet. 2018. EMODnet Digital Bathymetry (DTM 2018).
- Lecci, R., Fratianni, C., Drudi, M., Grandi, A., Clementi, E. 2019. *PRODUCT USER MANUAL For Mediterranean Sea Physical Reanalysis Product*.
- Menendez, M., García-Díez, M., Fita, L., Fernández, J., Méndez, F.J., Gutiérrez, J.M. 2014. High-Resolution Sea Wind Hindcasts over the Mediterranean Area. *Climate Dynamics*, 42(7–8):1857–72.
- Morel, A., Huot, Y., Gentili, B., Werdell, P.J., Hooker, S.B., Franz, B.A.. 2007. Examining the Consistency of Products Derived from Various Ocean Color Sensors in Open Ocean (Case 1) Waters in the Perspective of a Multi-Sensor Approach." *Remote Sensing of Environment* 111(1):69–88.
- Reguero, B.G., Menéndez, M., Méndez, F.J., Mínguez, R., Losada, I.J. 2012. A Global Ocean Wave (GOW) Calibrated Reanalysis from 1948 Onwards. *Coastal Engineering*, 65:38–55.
- Volpe, G., Santoleri, R., Colella, S., Forneris, V., Brando, V.E., Garnesson, P., Taylor, B., Grant, M. 2019. *PRODUCT USER MANUAL For All Ocean Colour Products*.

APÉNDICE B



APÉNDICE B. ANEJO CARTOGRÁFICO. ESPECIES DE INTEÉS CAMPELLO

La selección de especies de interés cuyo estudio se ha abordado en el proyecto ATLAS-PRO para Campello comprende 15 especies piscícolas y 3 especies de macroalgas (Tabla B.1).

Nombre	Nombre científico
Peces	
Bacalao	<i>Gadus morhua</i>
Besugo	<i>Pagellus bogaraveo</i>
Corvina	<i>Argyrosomus regius</i>
Dorada	<i>Sparus aurata</i>
Lubina	<i>Dicentrarchus labrax</i>
Salmón Atlántico	<i>Salmo salar</i>
Trucha arco-iris	<i>Oncorhynchus mykiss</i>
Atún rojo	<i>Thunnus thynnus</i>
Cherna	<i>Polyprion americanus</i>
Dentón	<i>Dentex dentex</i>
Mero	<i>Epinephelus marginatus</i>
Mujil	<i>Mujil cephalus</i>
Lampuga	<i>Coryphaena hippurus</i>
Pargo	<i>Pagrus pagrus</i>
Seriola	<i>Seriola dumerilii</i>
Macroalgas	
Nori	<i>Porphyra sp</i>
	<i>Codium tomentosum</i>
	<i>Chondrus crispus</i>

Tabla B.1. Especies piscícolas y de macroalgas con las que se ha llevado a cabo el estudio en Campello

Las siguientes páginas presentan el Apéndice Cartográfico para Campello que se estructura en los siguientes apartados:

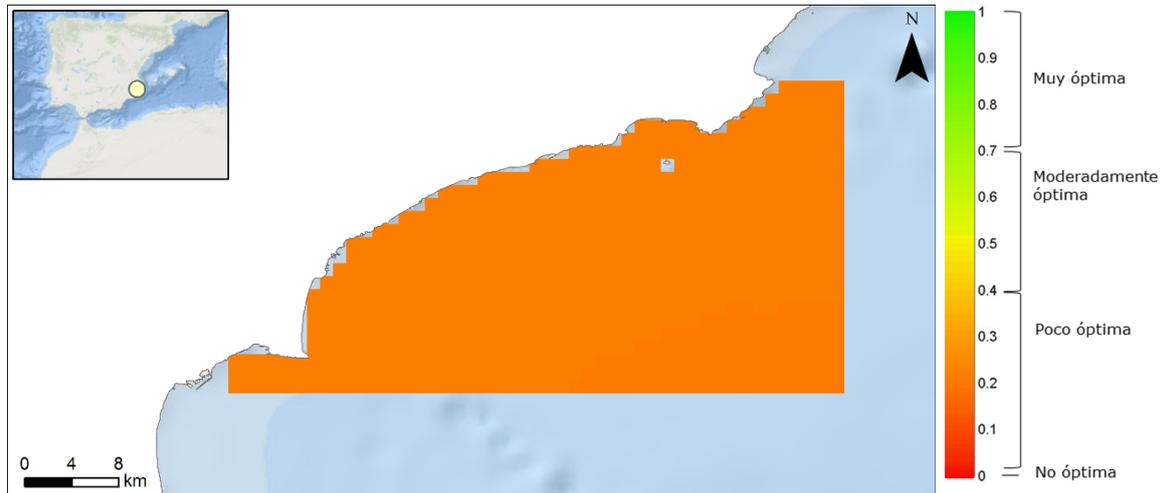
- **Oportunidad de cultivo:** se presentan los resultados a nivel de especie de la oportunidad de cultivo. La ficha de cada especie incluye los mapas de Oportunidad de Cultivo, Idoneidad Biológica, Idoneidad Estructural, e Idoneidad Operativa para Campello.
- **Compatibilidad con el medio:** se presentan los resultados a nivel de especie de la compatibilidad con el medio. La ficha de cada especie incluye los mapas de Compatibilidad con el medio, Restricción de las especies de interés, Restricción con usos y actividades antrópicas y Restricción con hábitats y especies protegidos para Campello.
- **Viabilidad de cultivo:** se presentan los resultados a nivel de especie de la viabilidad de cultivo. La ficha de cada especie incluye los mapas de Viabilidad de Cultivo, Oportunidad de Cultivo y Compatibilidad con el medio para Campello.

B1. OPORTUNIDAD DE CULTIVO

Especies piscícolas

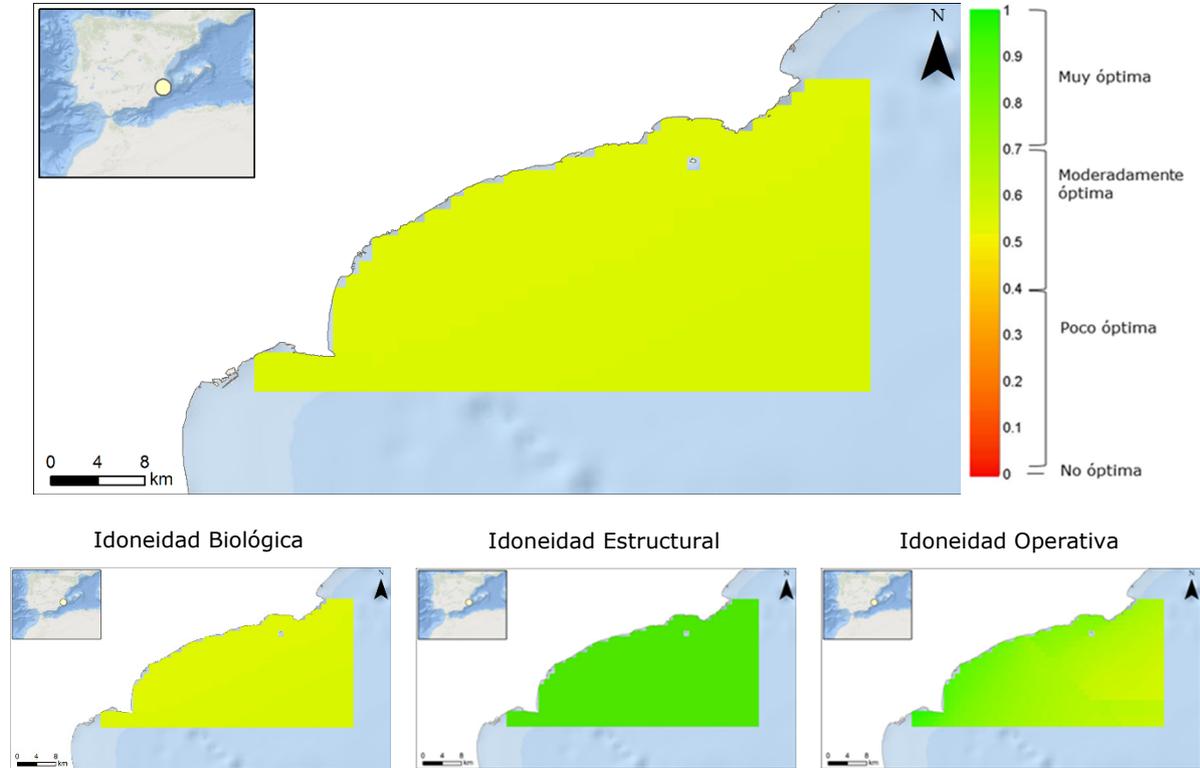
1. Bacalao (*Gadus morhua*)

Oportunidad de Cultivo de Bacalao



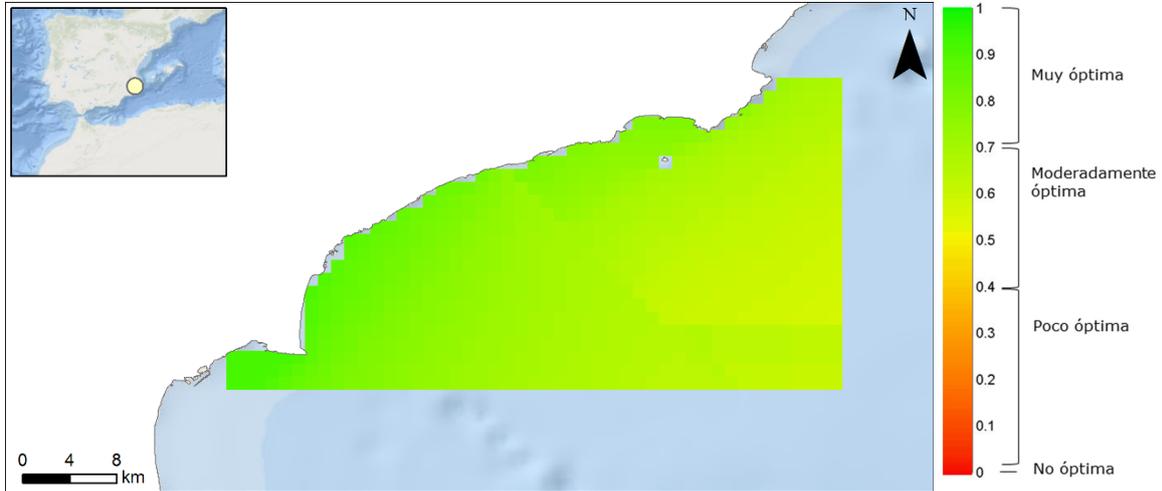
2. Besugo (*Pagellus bogaraveo*)

Oportunidad de Cultivo de Besugo

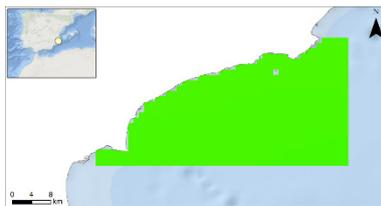


3. Corvina (*Argyrosomus regius*)

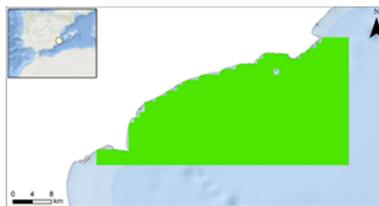
Oportunidad de Cultivo de Corvina



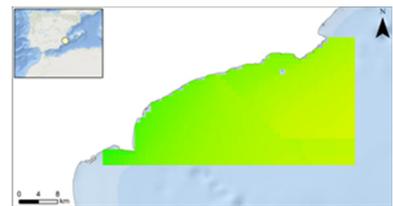
Idoneidad Biológica



Idoneidad Estructural

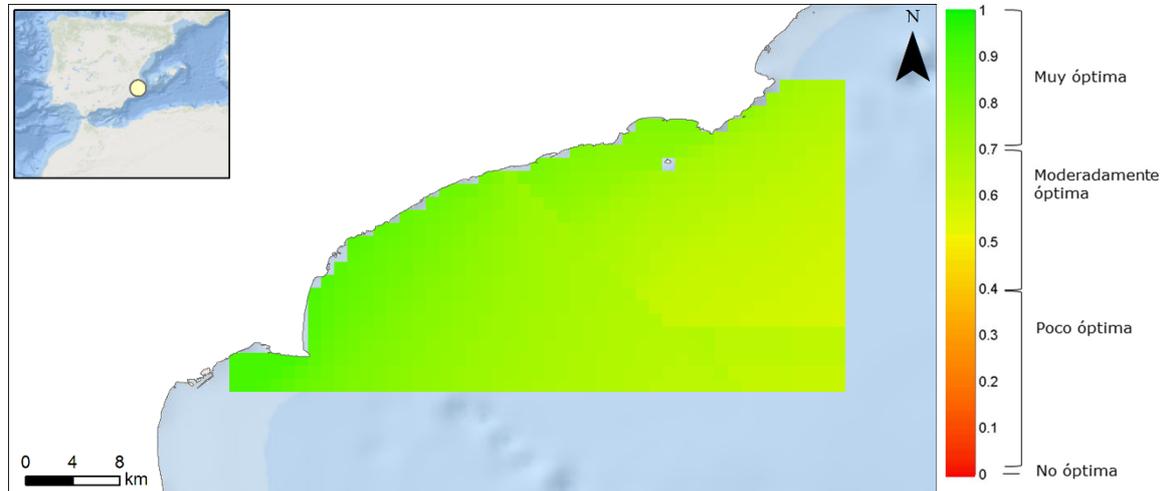


Idoneidad Operativa

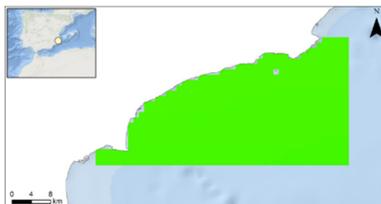


4. Dorada (*Sparus aurata*)

Oportunidad de Cultivo de Dorada



Idoneidad Biológica



Idoneidad Estructural

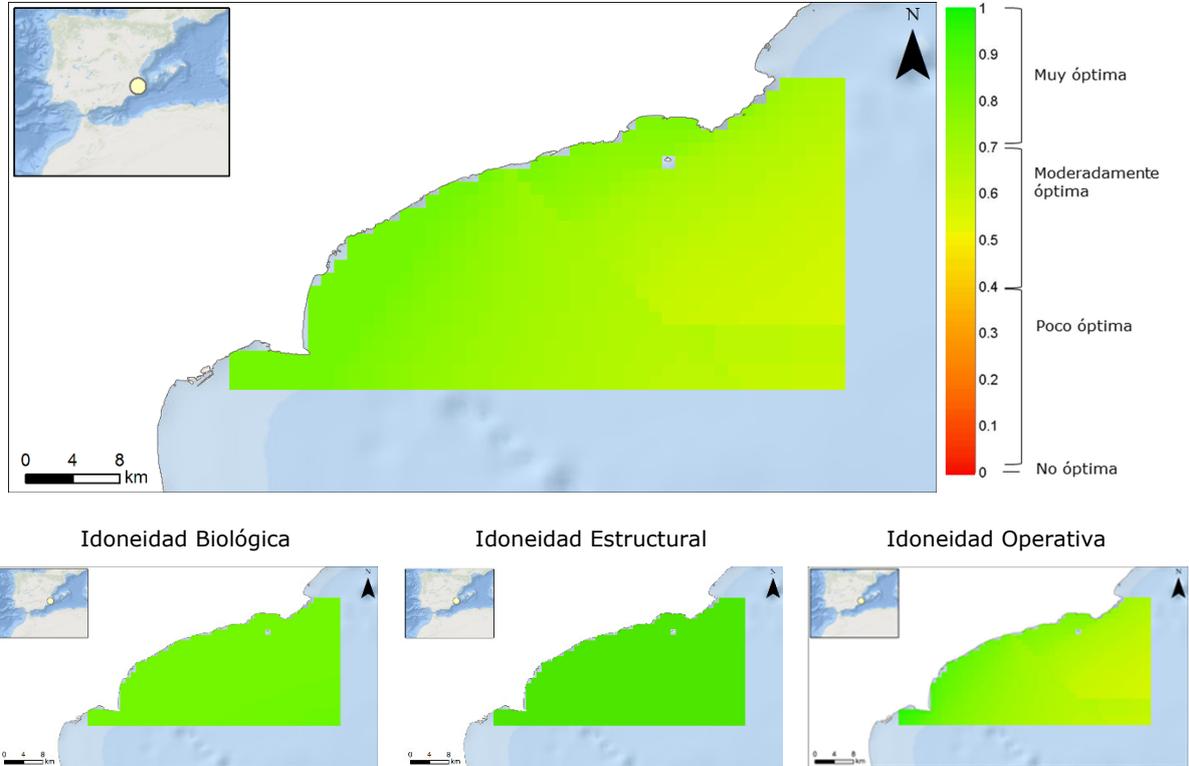


Idoneidad Operativa



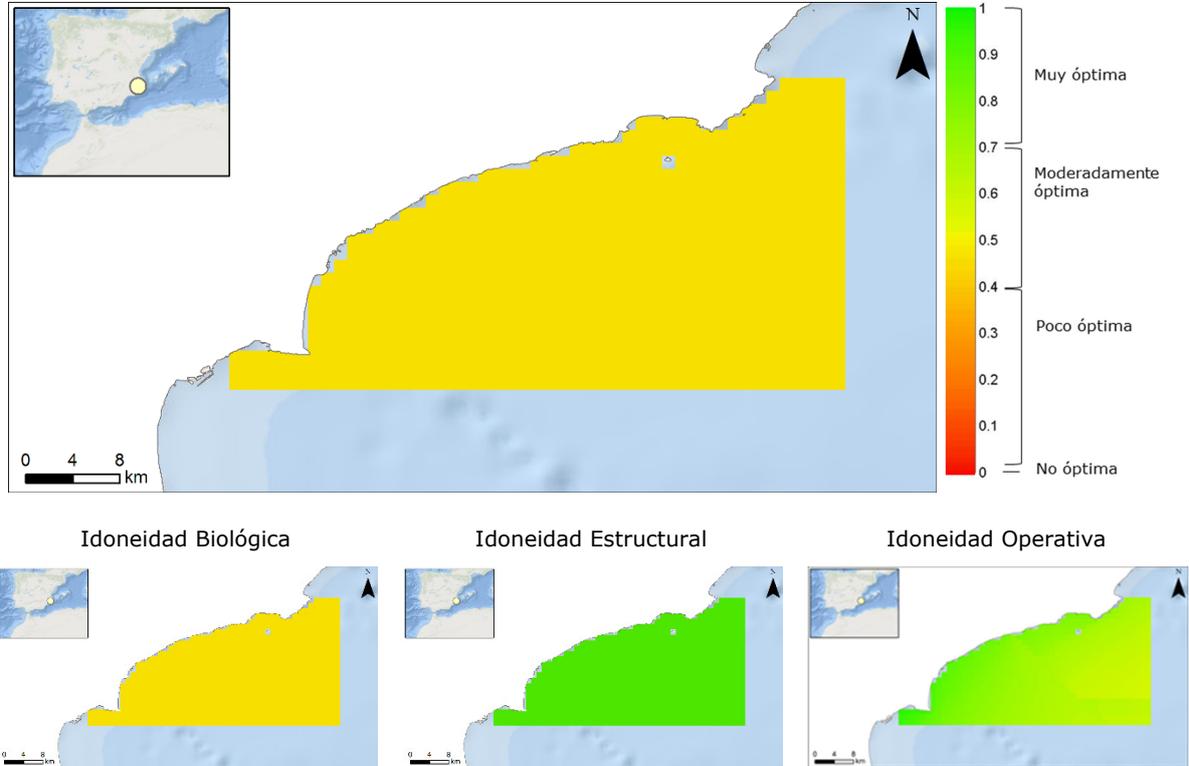
5. Lubina (*Dicentrarchus labrax*)

Oportunidad de Cultivo de Lubina



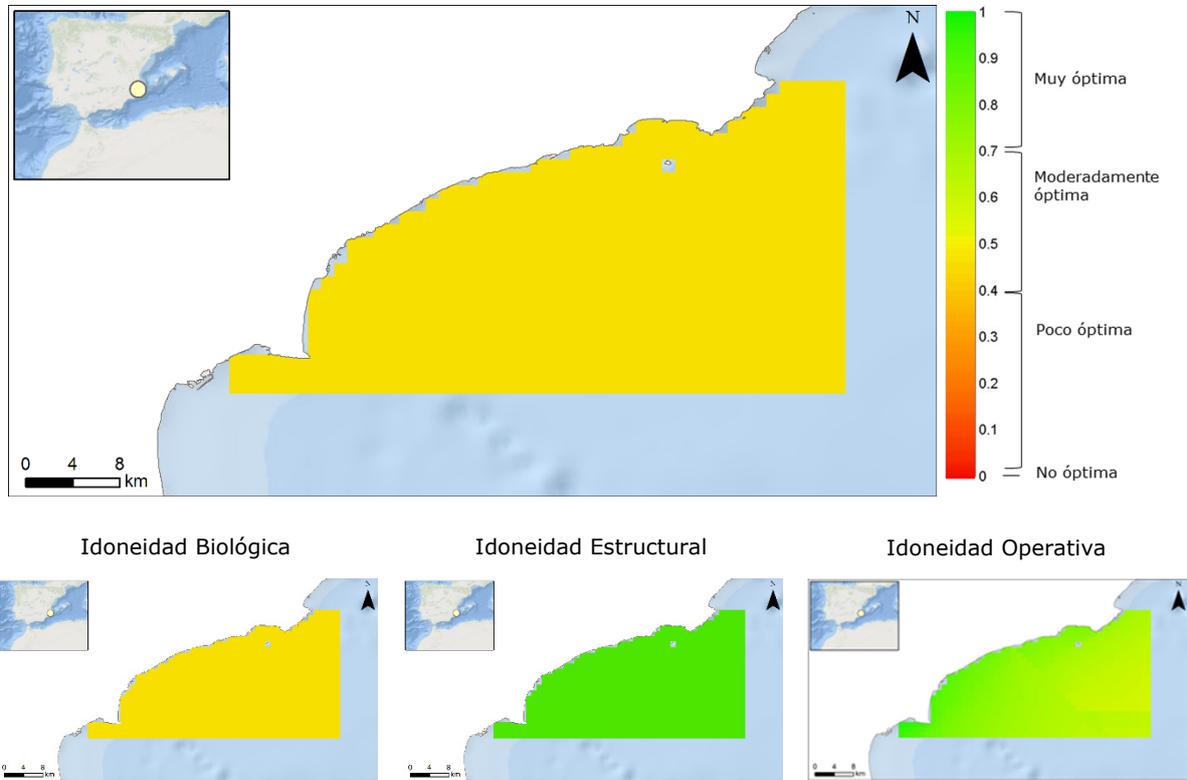
6. Salmón Atlántico (*Salmo salar*)

Oportunidad de Cultivo de Salmón Atlántico



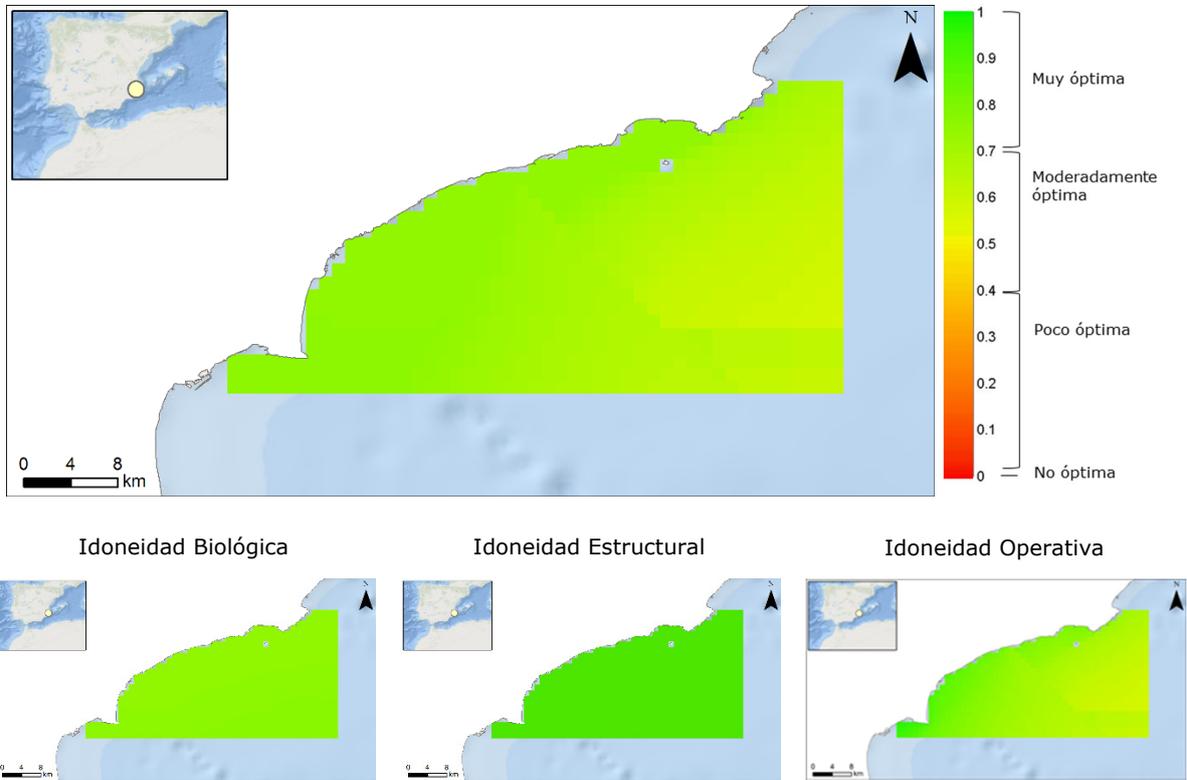
7. Trucha arco-iris (*Oncorhynchus mykiss*)

Oportunidad de Cultivo de Trucha arco-iris



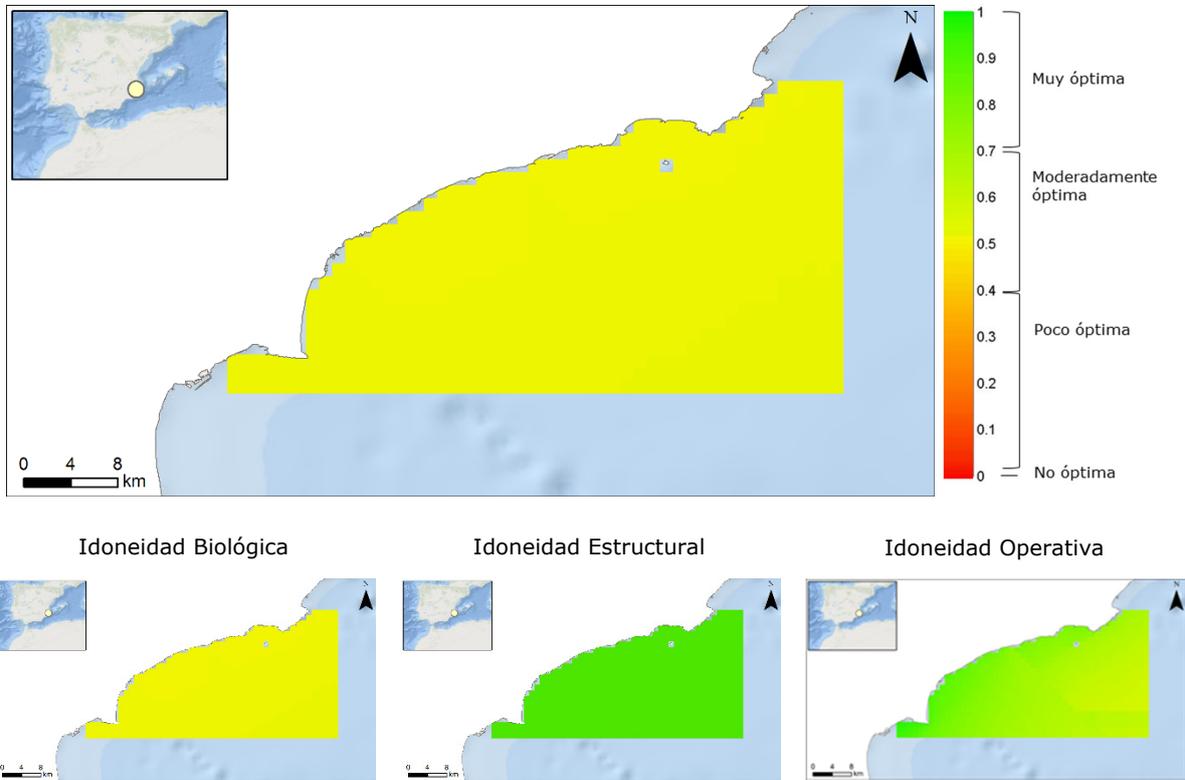
8. Atún rojo (*Thunnus thynnus*)

Oportunidad de Cultivo de Atún Rojo



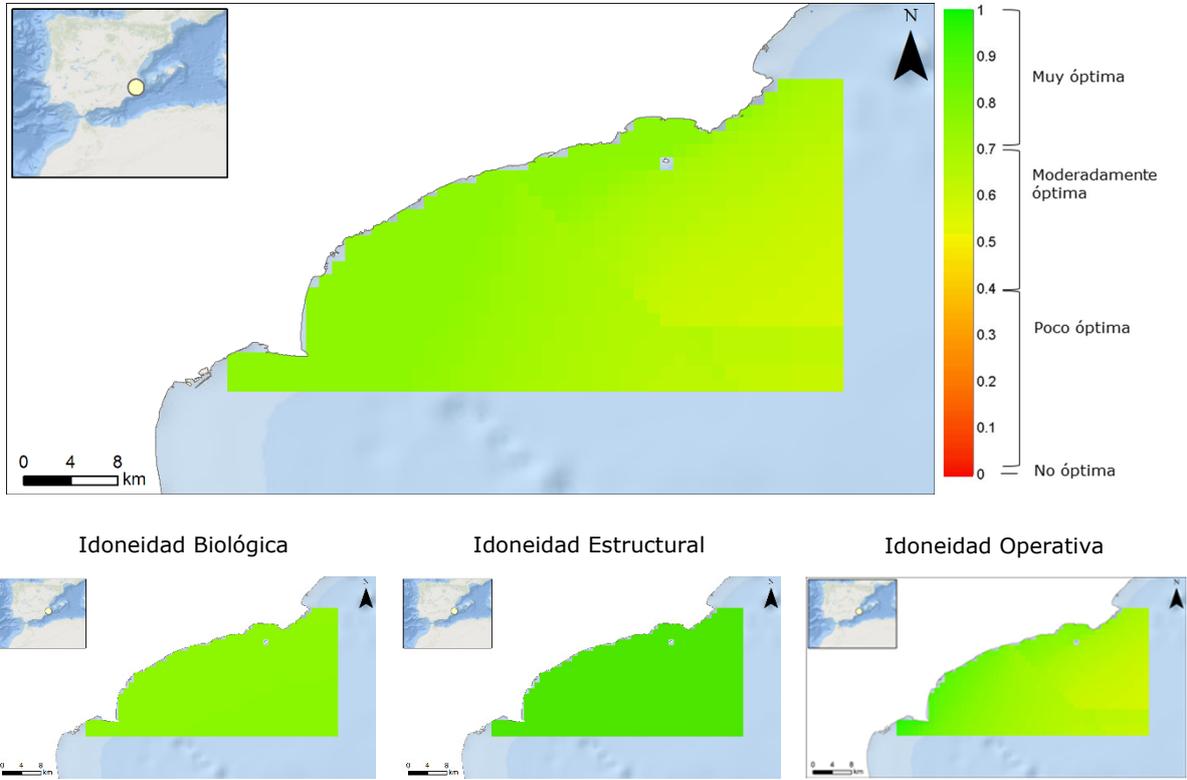
9. Cherna (*Polyprion americanus*)

Oportunidad de Cultivo de Cherna



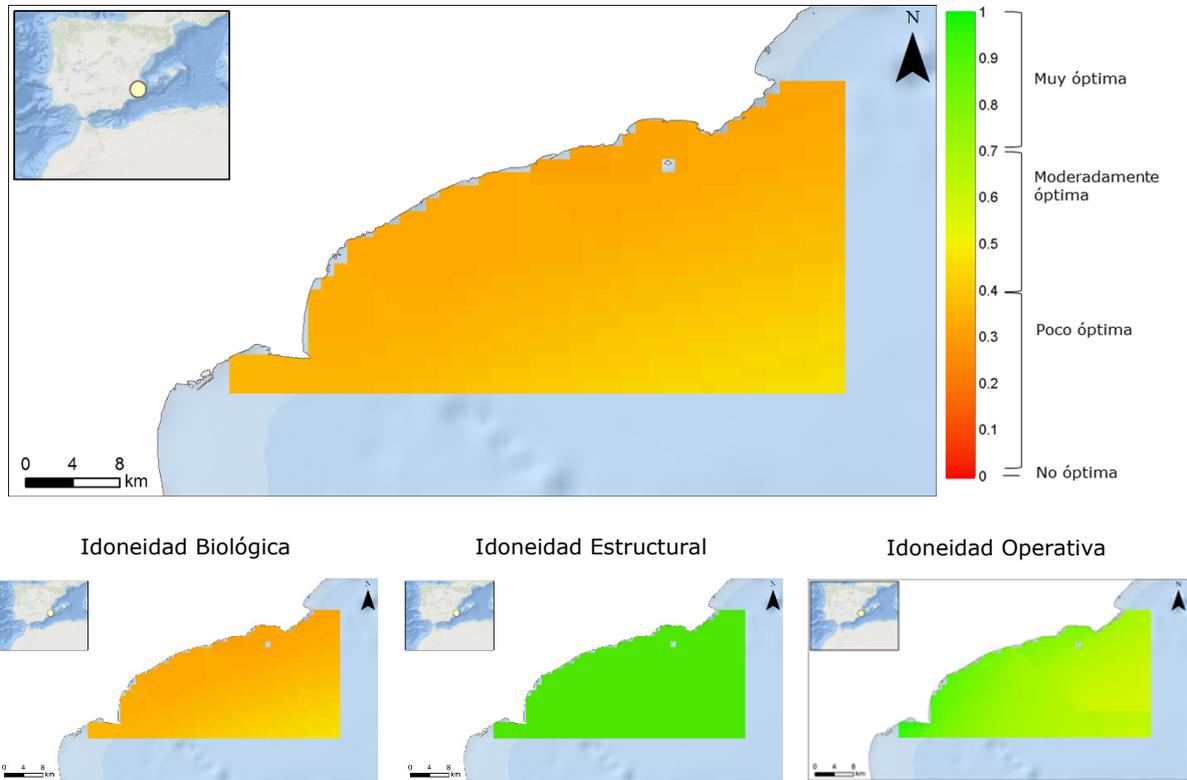
10. Dentón (*Dentex dentex*)

Oportunidad de Cultivo de Dentón



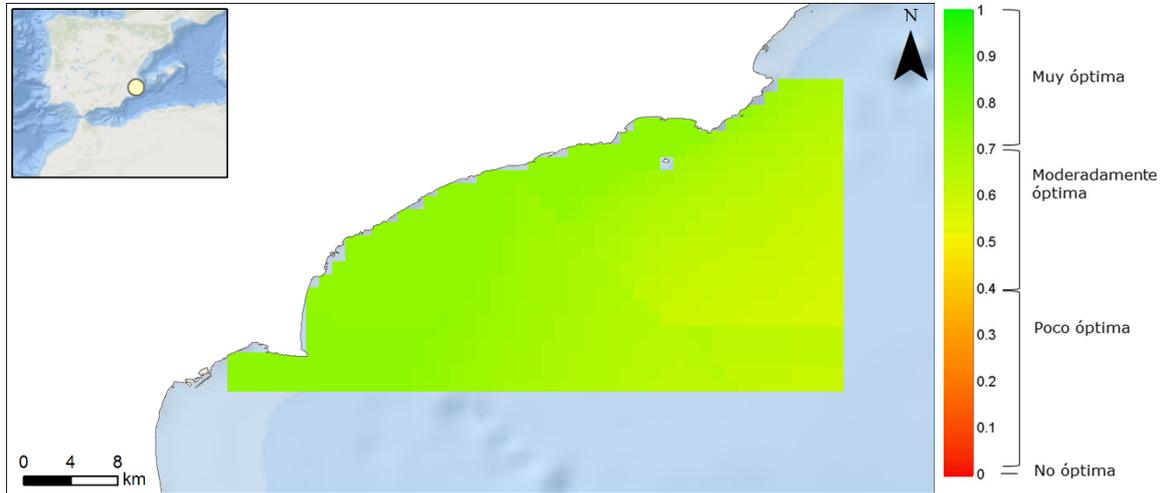
11. Mero (*Epinephelus marginatus*)

Oportunidad de Cultivo de Mero



12. Mujil (*Mujil cephalus*)

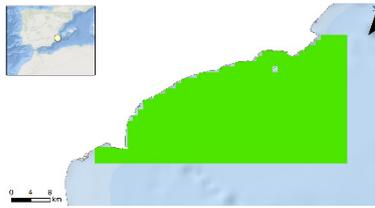
Oportunidad de Cultivo de Mujil



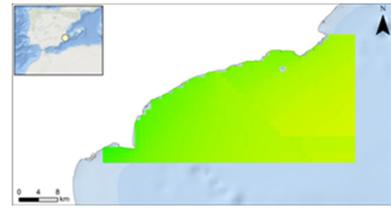
Idoneidad Biológica



Idoneidad Estructural

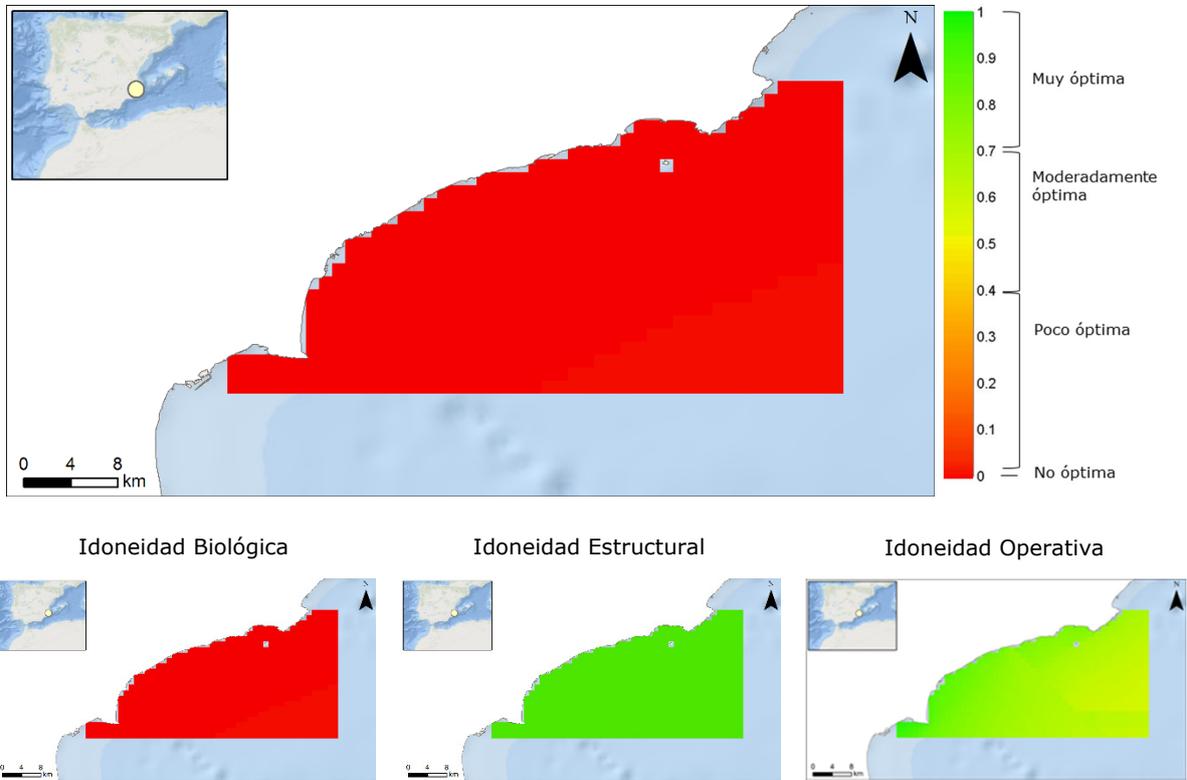


Idoneidad Operativa



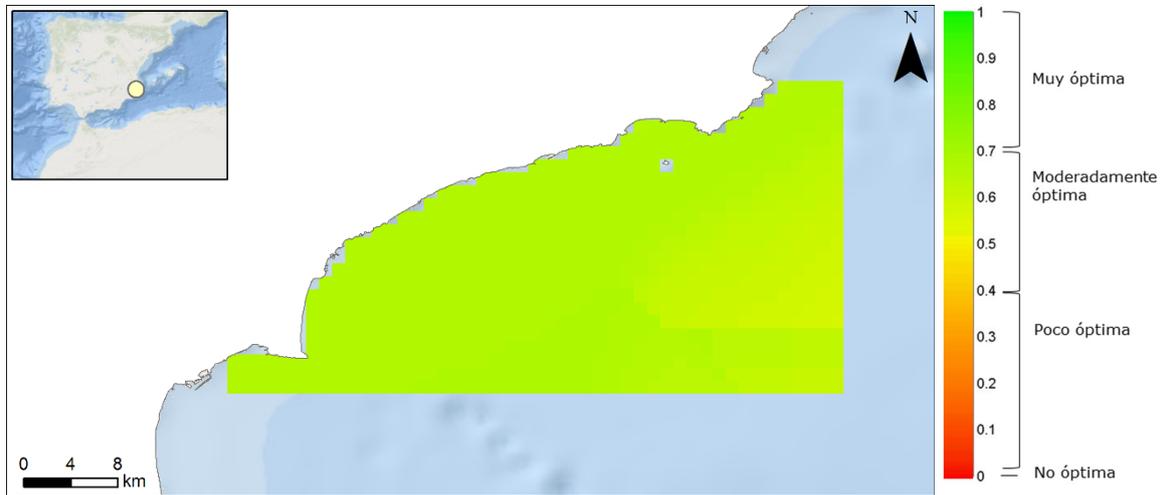
13. Lampuga (*Coryphaena hippurus*)

Oportunidad de Cultivo de Lampuga

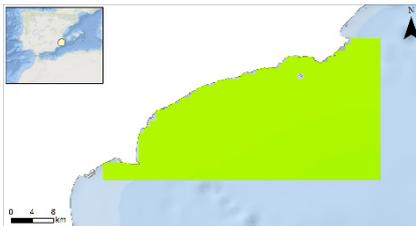


14. Pargo (*Pagrus pagrus*)

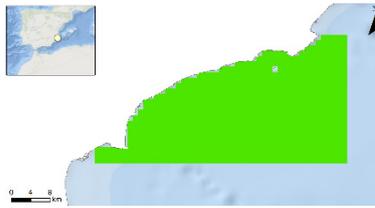
Oportunidad de Cultivo de Pargo



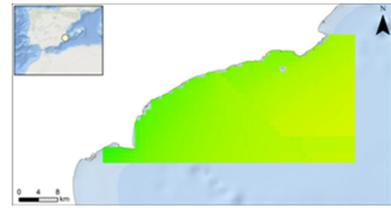
Idoneidad Biológica



Idoneidad Estructural

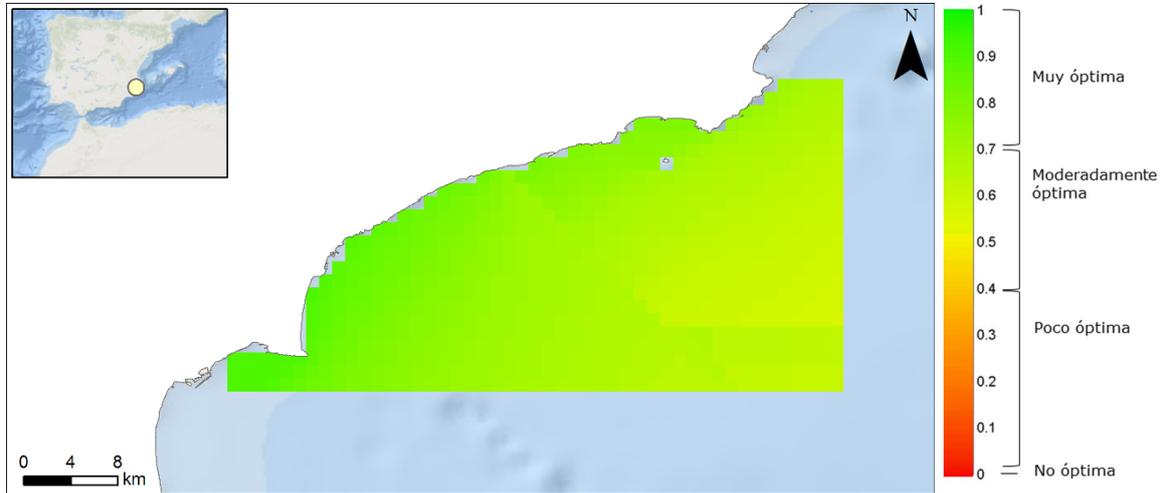


Idoneidad Operativa



15. *Seriola* (*Seriola dumerilii*)

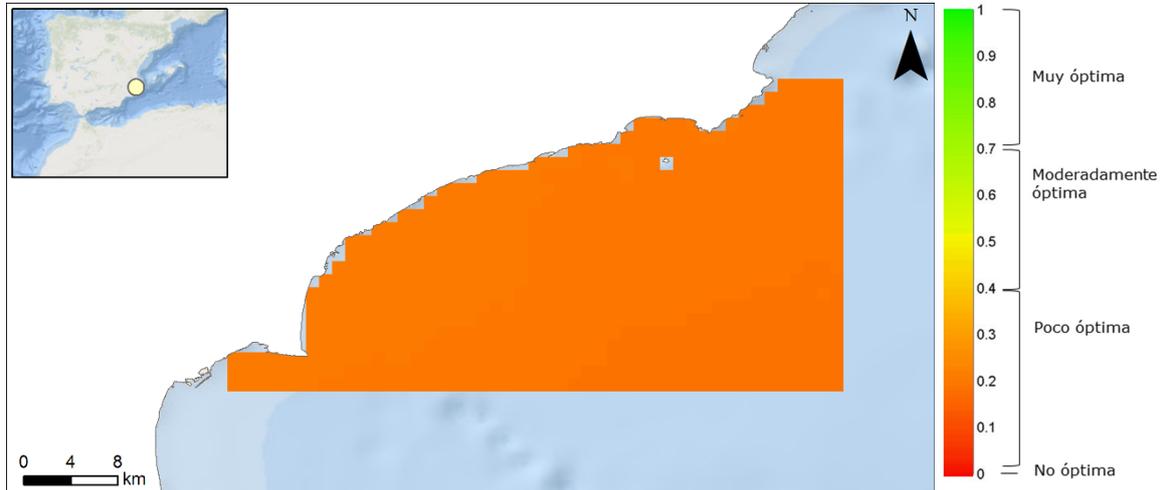
Oportunidad de Cultivo de *Seriola*



Macroalgas

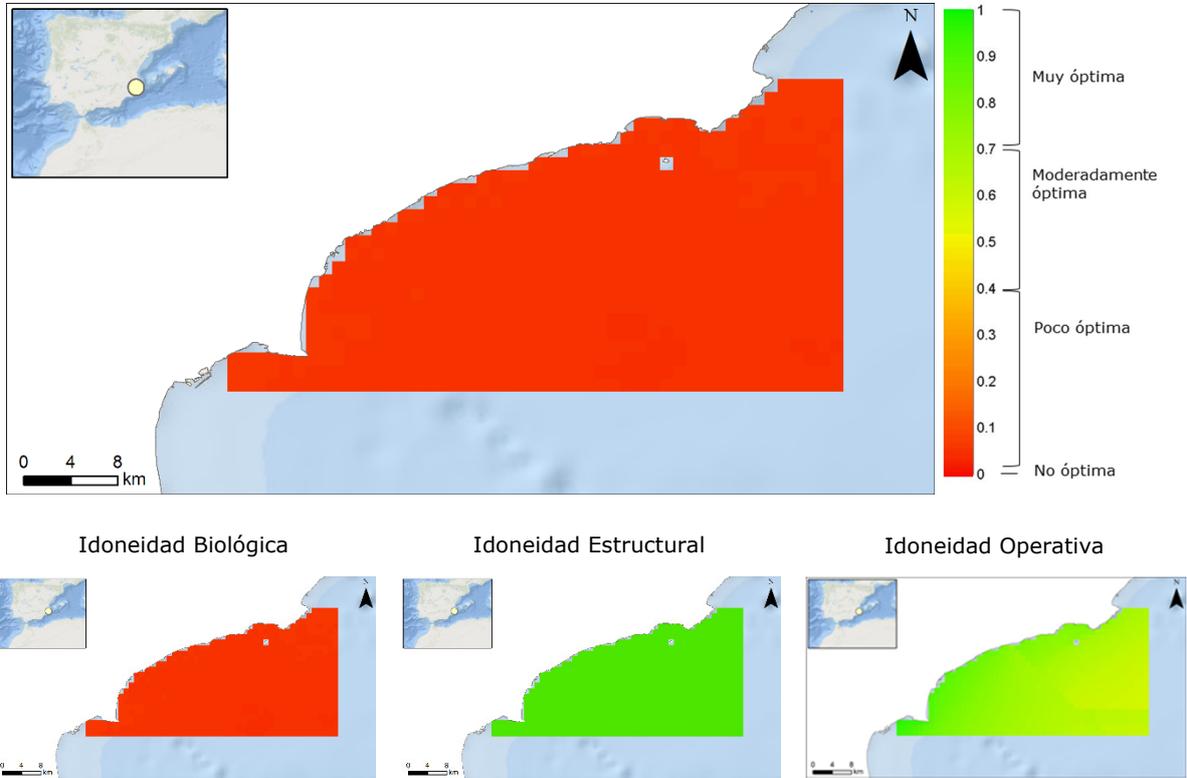
16. Nori (*Porphyra sp*)

Oportunidad de Cultivo de Nori



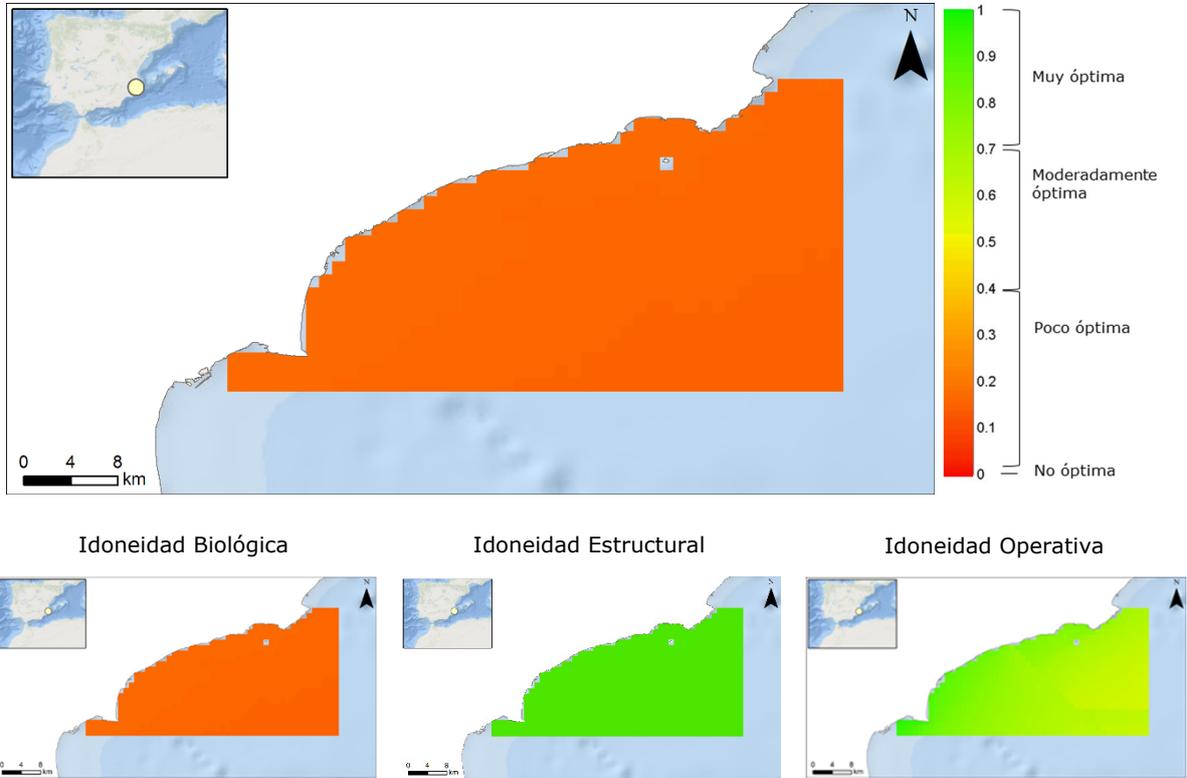
17. *Codium tomentosum*

Oportunidad de Cultivo de *Codium tomentosum*



18. *Chondrus crispus*

Oportunidad de Cultivo de *Chondrus crispus*

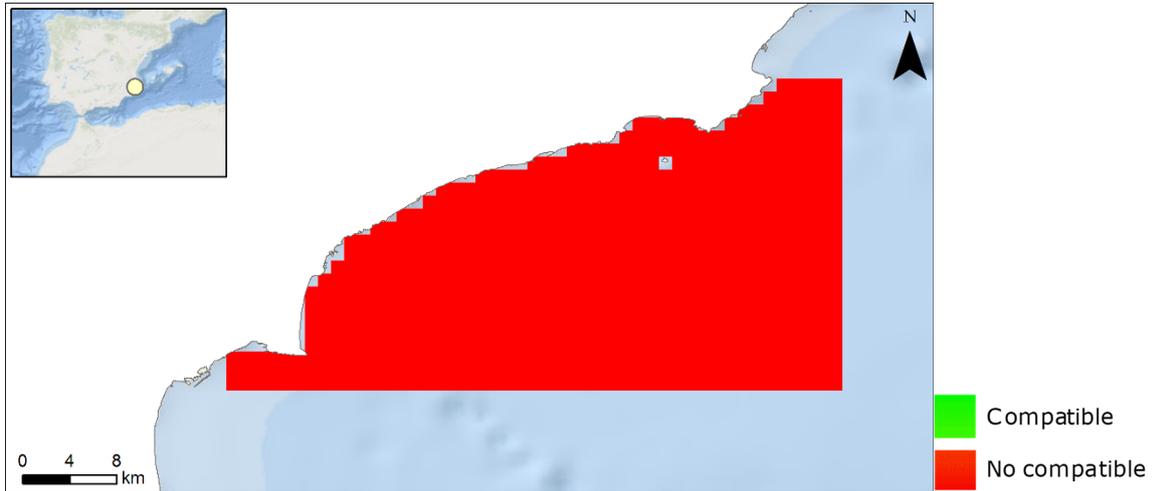


B2. COMPATIBILIDAD CON EL MEDIO

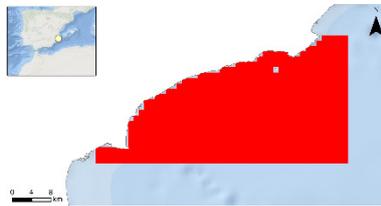
Especies piscícolas

1. Bacalao (*Gadus morhua*)

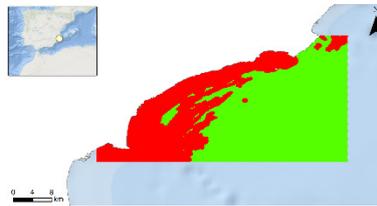
Compatibilidad de Bacalao con el medio



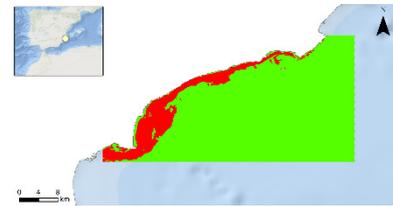
Restricción especies cultivadas



Restricción usos y actividades

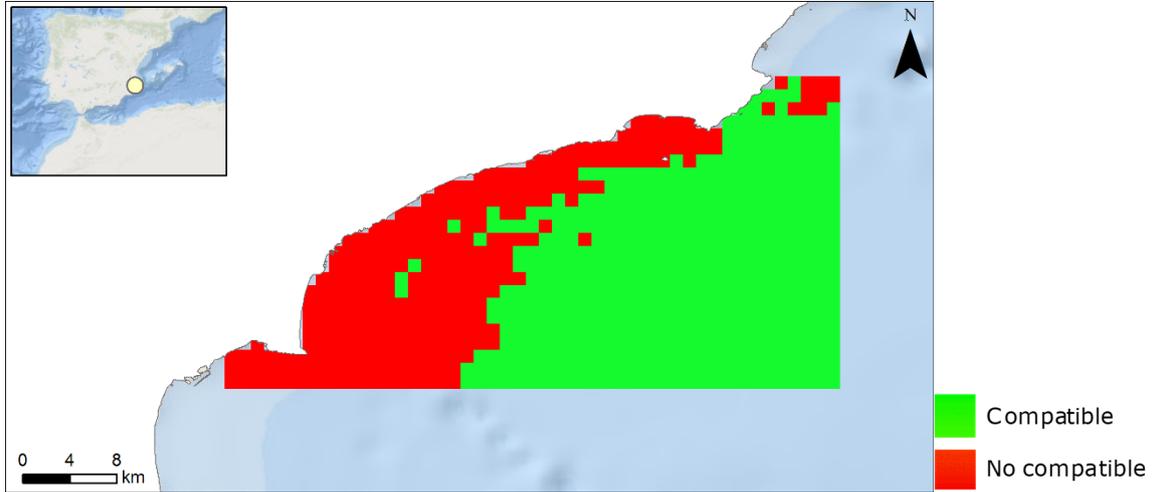


Restricción hábitats y especies



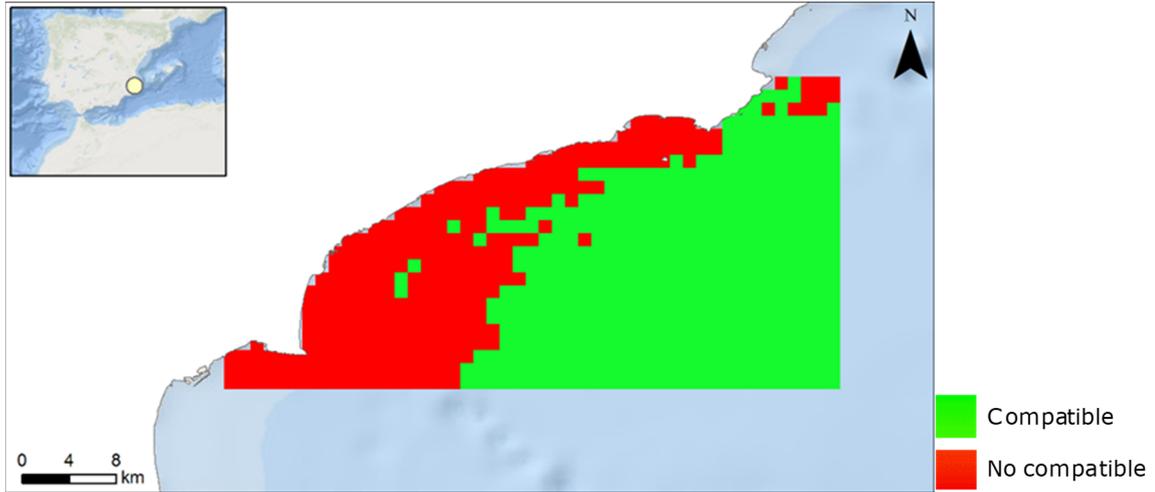
2. Besugo (*Pagellus bogaraveo*)

Compatibilidad de Besugo con el medio



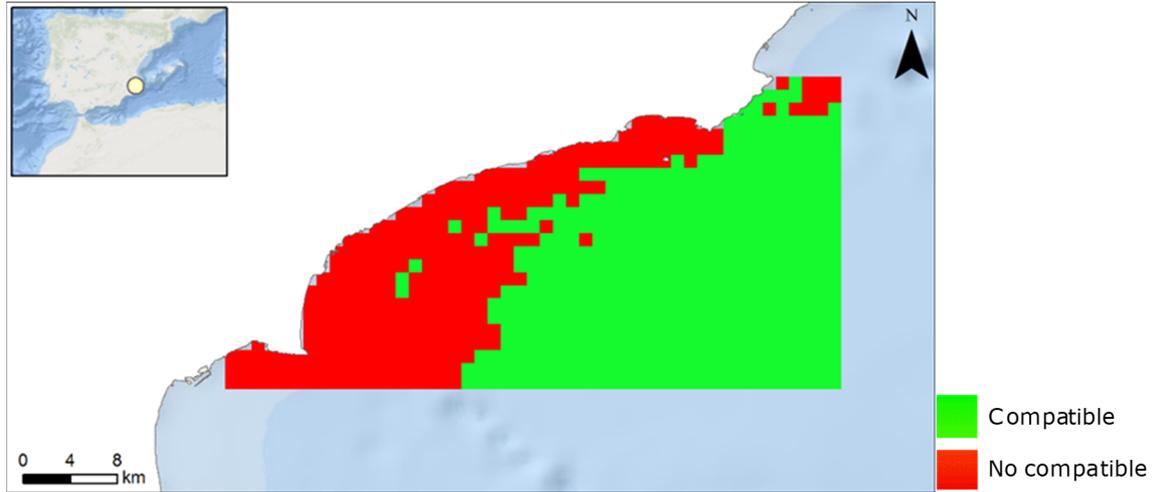
3. Corvina (*Argyrosomus regius*)

Compatibilidad de Corvina con el medio



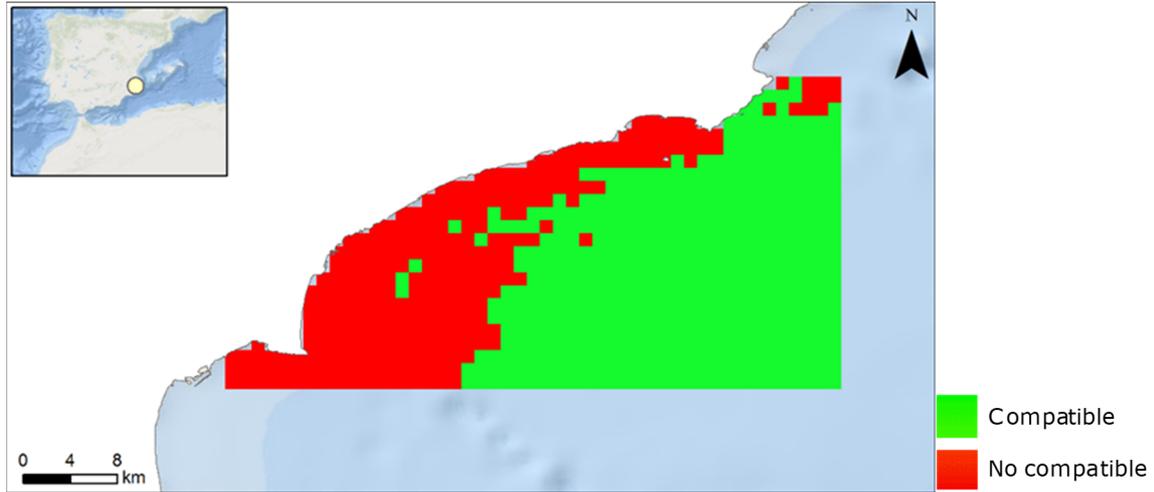
4. Dorada (*Sparus aurata*)

Compatibilidad de Dorada con el medio



5. Lubina (*Dicentrarchus labrax*)

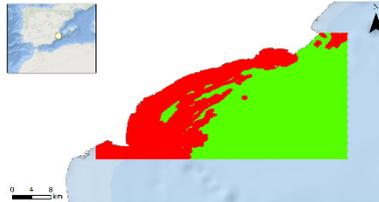
Compatibilidad de Lubina con el medio



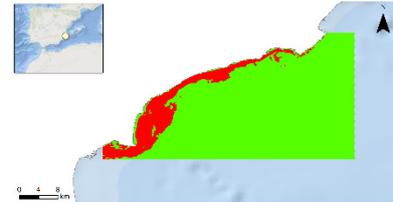
Restricción especies cultivadas



Restricción usos y actividades

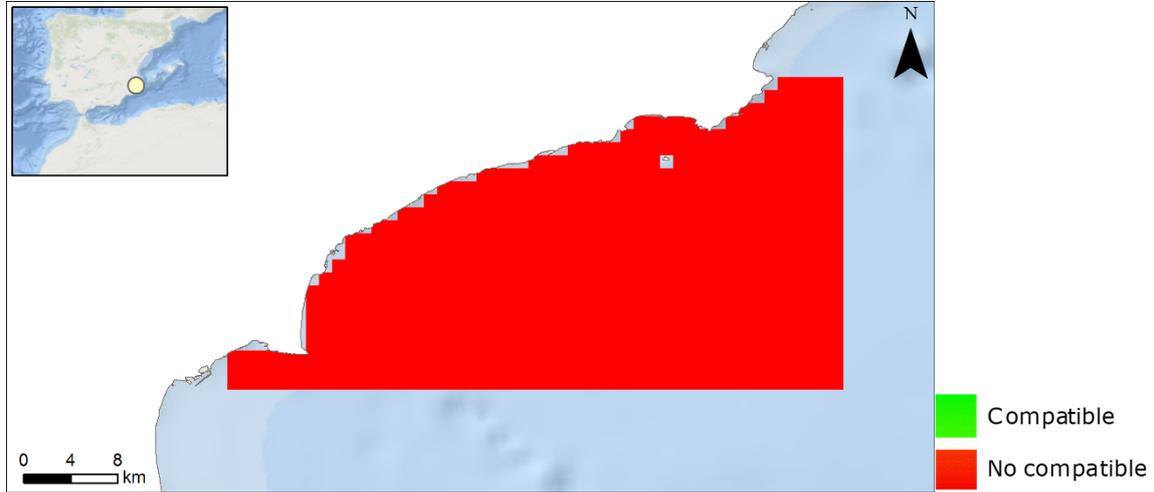


Restricción hábitats y especies

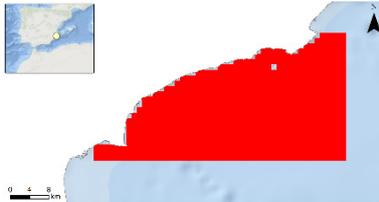


6. Salmón Atlántico (*Salmo salar*)

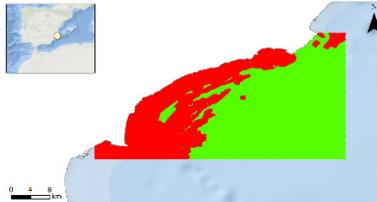
Compatibilidad de Salmón Atlántico con el medio



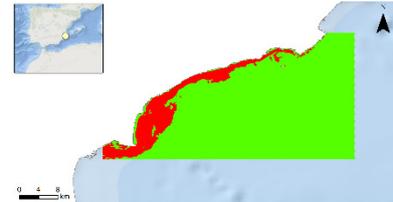
Restricción especies cultivadas



Restricción usos y actividades

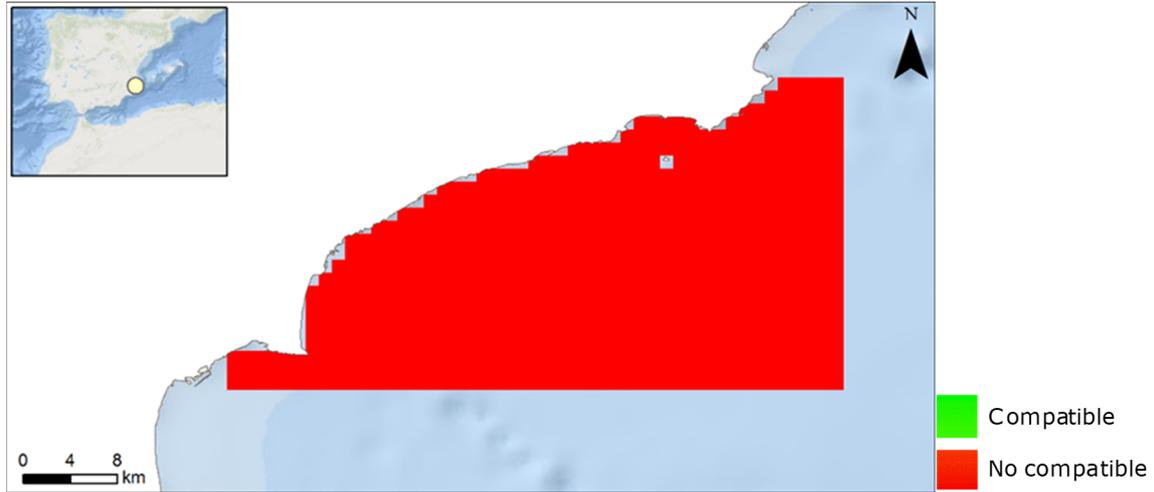


Restricción hábitats y especies

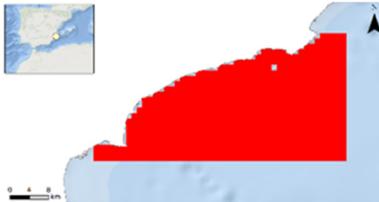


7. Trucha arco-iris (*Oncorhynchus mykiss*)

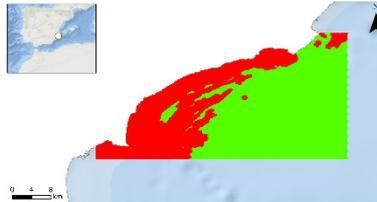
Compatibilidad de Trucha arco-iris con el medio



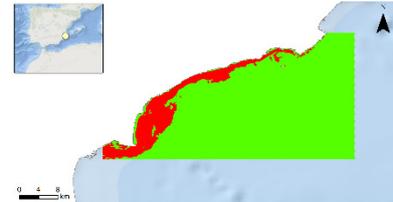
Restricción especies cultivadas



Restricción usos y actividades

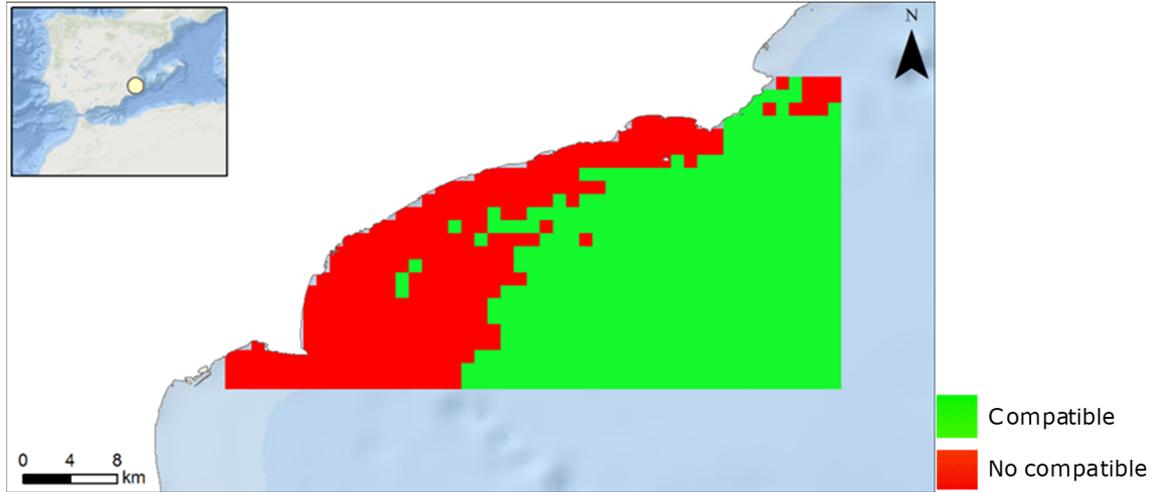


Restricción hábitats y especies



8. Atún rojo (*Thunnus thynnus*)

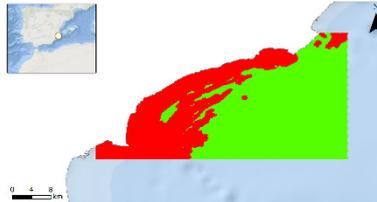
Compatibilidad de Atún rojo con el medio



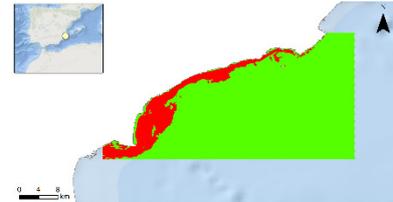
Restricción especies cultivadas



Restricción usos y actividades

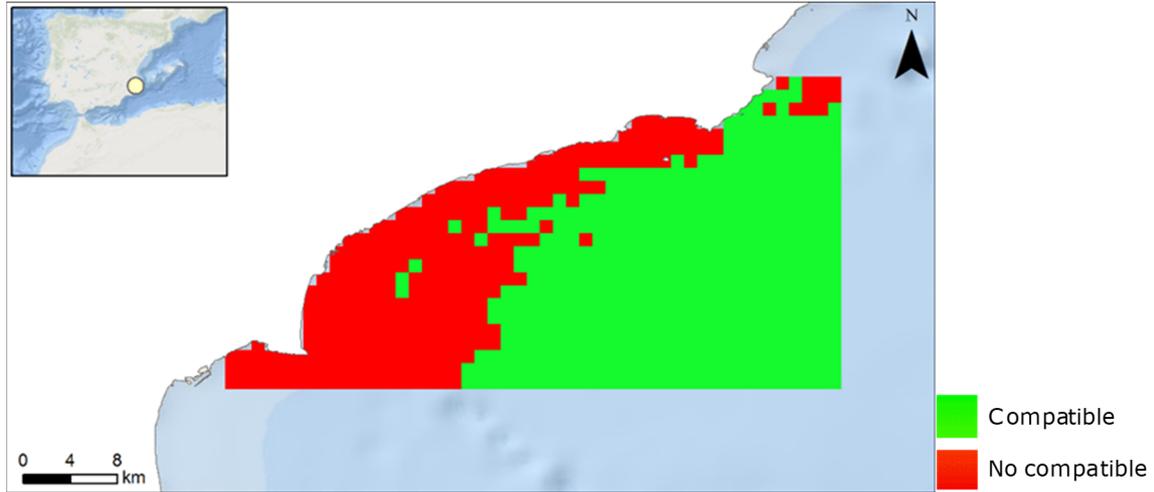


Restricción hábitats y especies



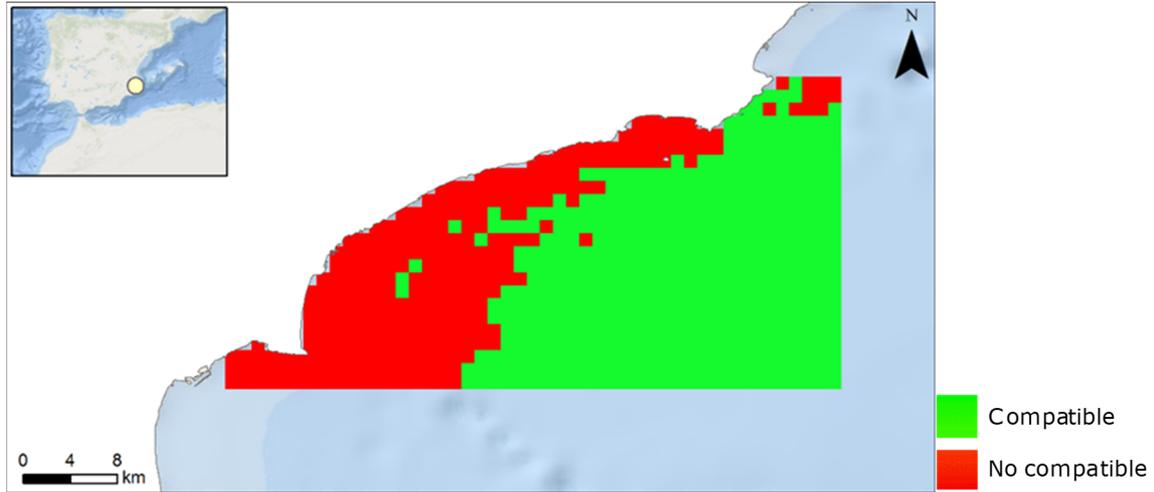
9. Cherna (*Polyprion americanus*)

Compatibilidad de Cherna con el medio



10. Dentón (*Dentex dentex*)

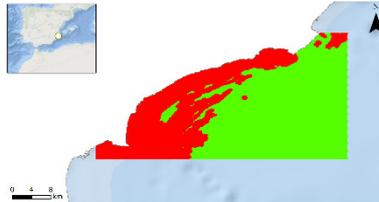
Compatibilidad de Dentón con el medio



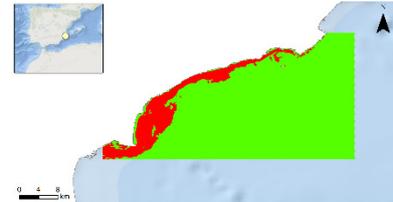
Restricción especies cultivadas



Restricción usos y actividades

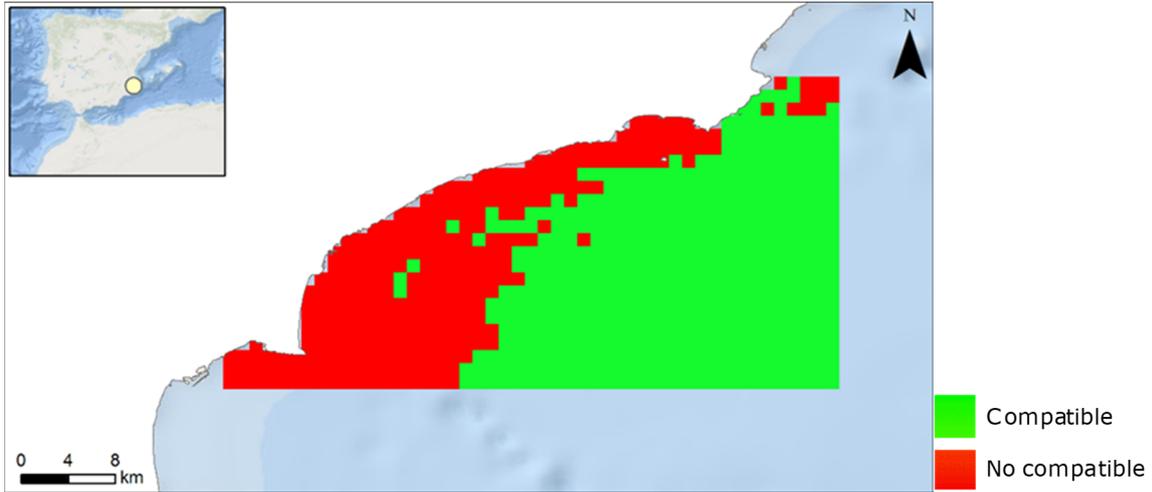


Restricción hábitats y especies



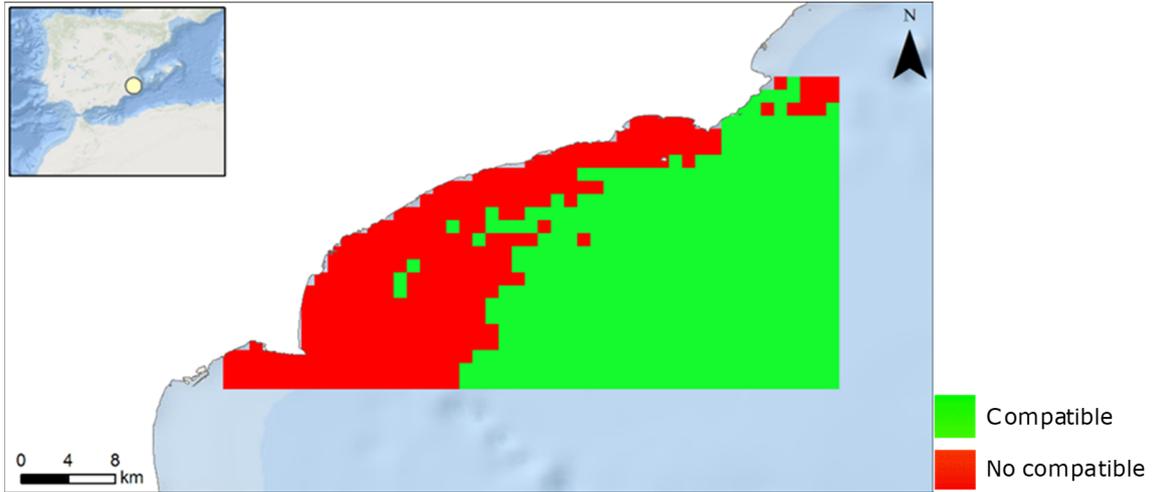
11. Mero (*Epinephelus marginatus*)

Compatibilidad de Mero con el medio



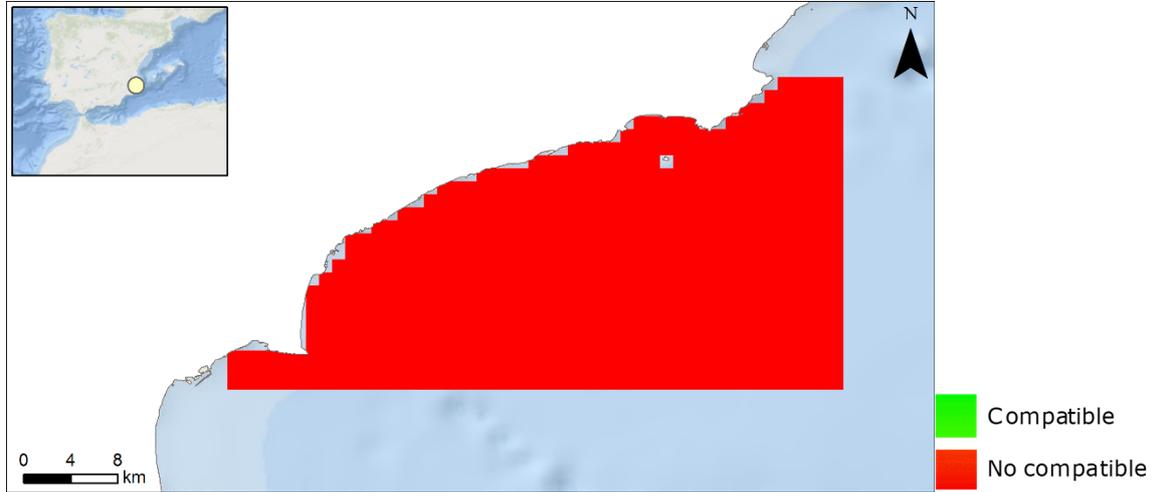
12. Mujil (*Mujil cephalus*)

Compatibilidad de Mujil con el medio

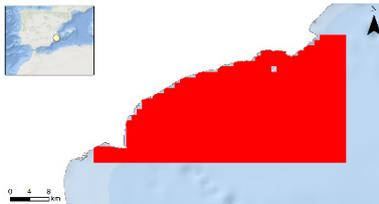


13. Lampuga (*Coryphaena hippurus*)

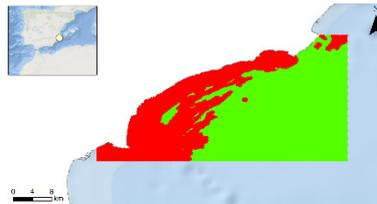
Compatibilidad de Lampuga con el medio



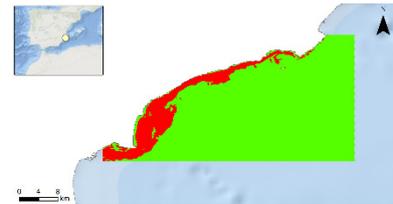
Restricción especies cultivadas



Restricción usos y actividades

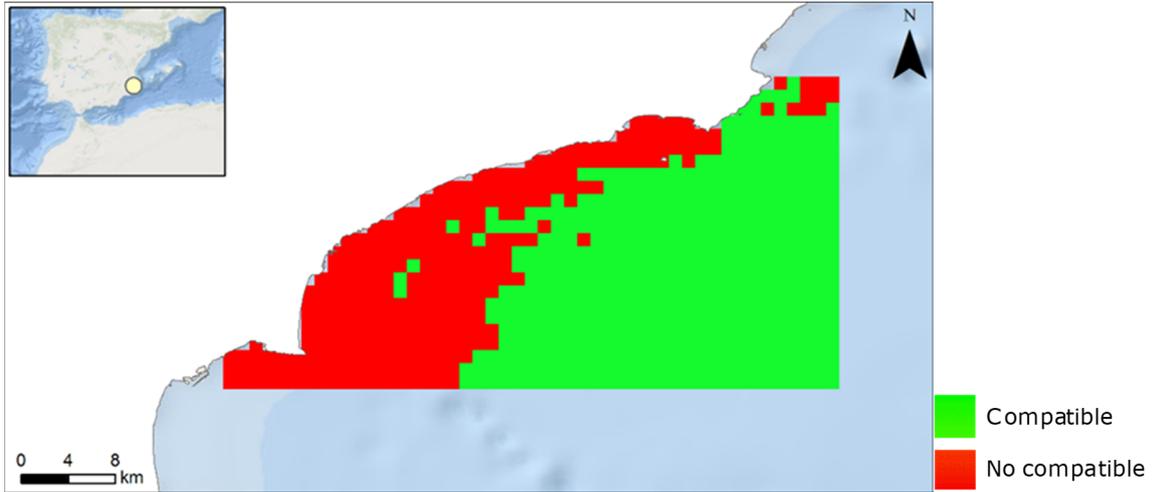


Restricción hábitats y especies



14. Pargo (*Pagrus pagrus*)

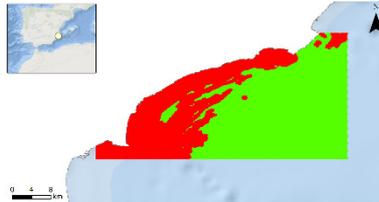
Compatibilidad de Pargo con el medio



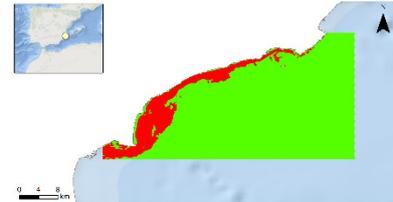
Restricción especies cultivadas



Restricción usos y actividades

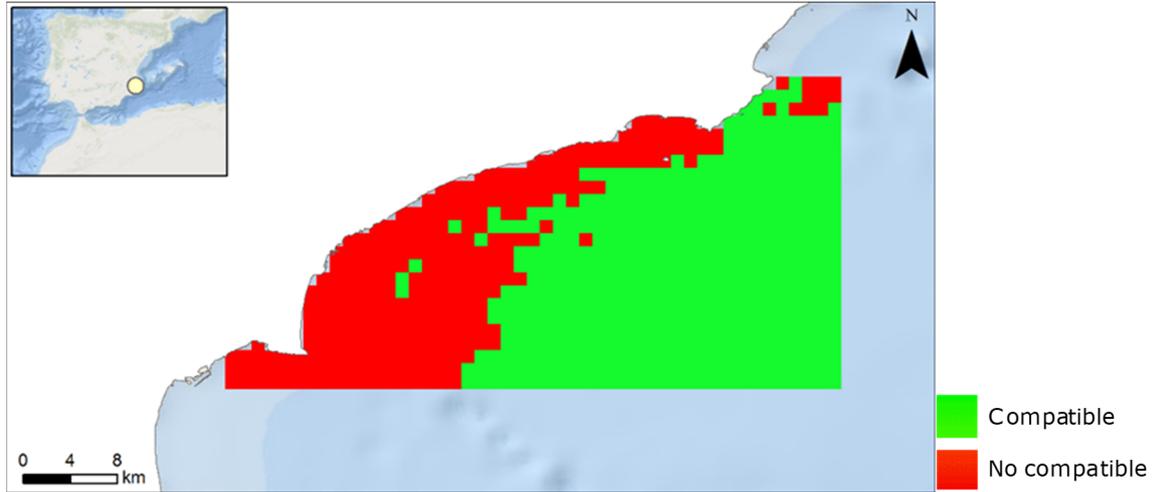


Restricción hábitats y especies



15. *Seriola* (*Seriola dumerilii*)

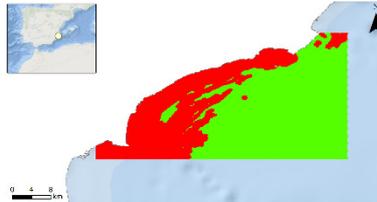
Compatibilidad de *Seriola* con el medio



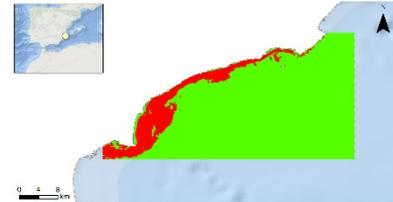
Restricción especies cultivadas



Restricción usos y actividades



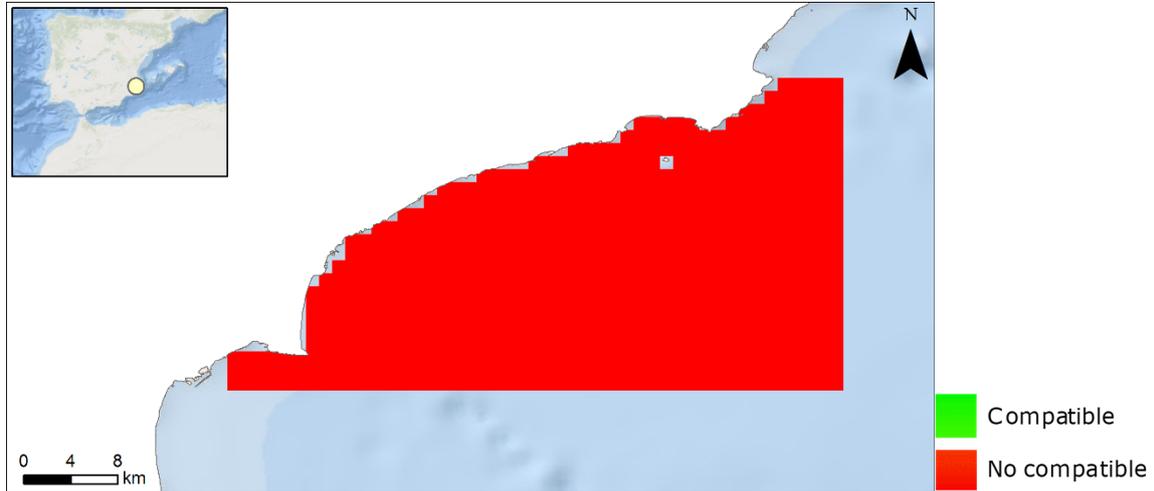
Restricción hábitats y especies



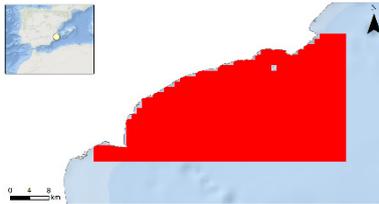
Macroalgas

16. Nori (*Porphyra sp*)

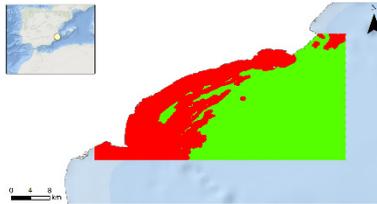
Compatibilidad de Nori con el medio



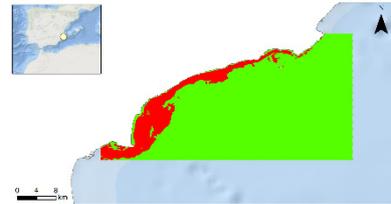
Restricción especies cultivadas



Restricción usos y actividades

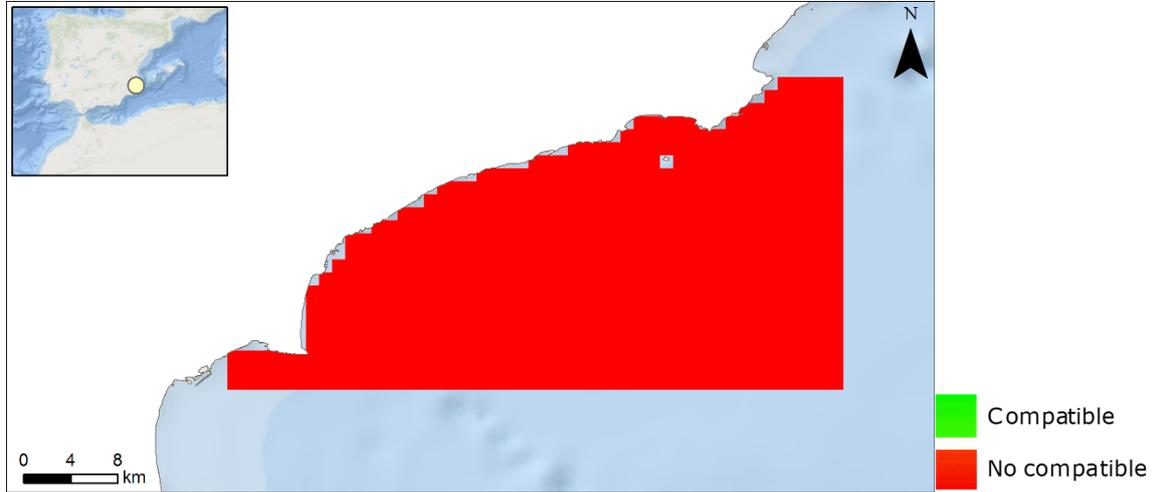


Restricción hábitats y especies

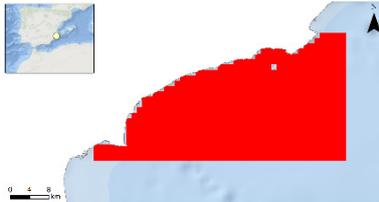


17. *Codium tomentosum*

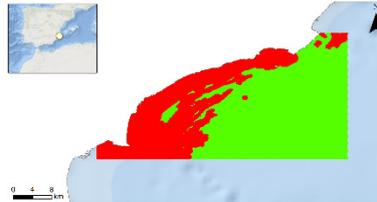
Compatibilidad de *Codium tomentosum* con el medio



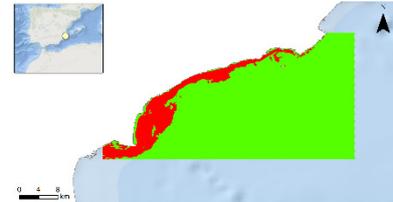
Restricción especies cultivadas



Restricción usos y actividades

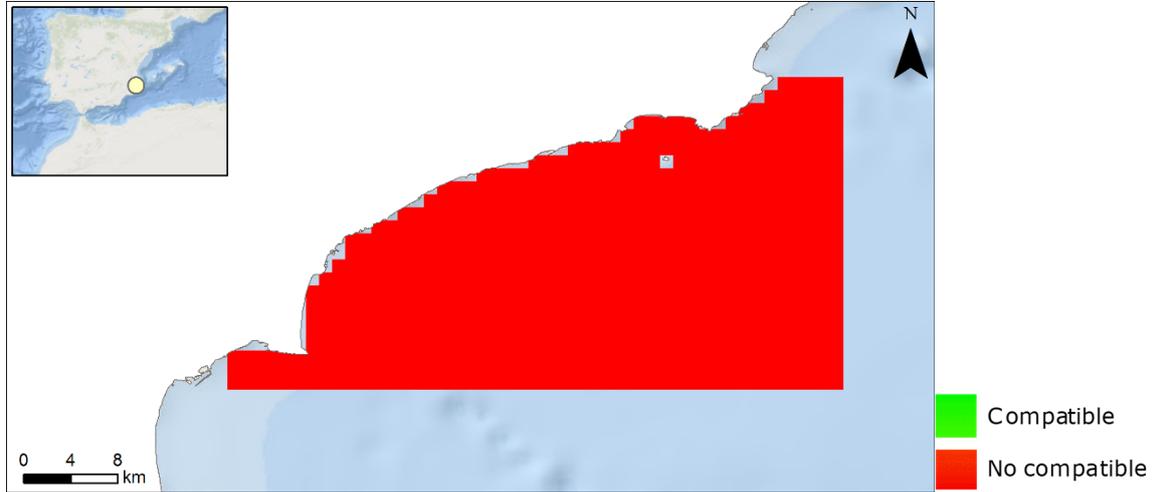


Restricción hábitats y especies

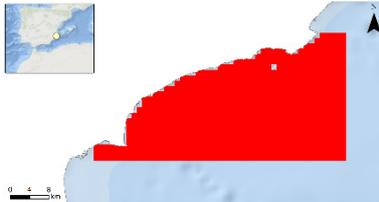


18. *Chondrus crispus*

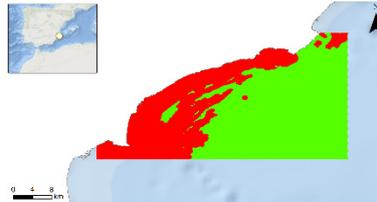
Compatibilidad de *Chondrus crispus* con el medio



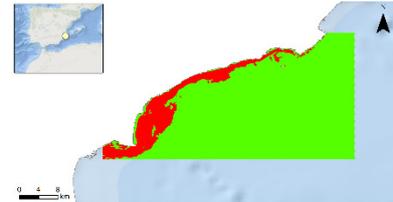
Restricción especies cultivadas



Restricción usos y actividades



Restricción hábitats y especies



B3. VIABILIDAD DE CULTIVO

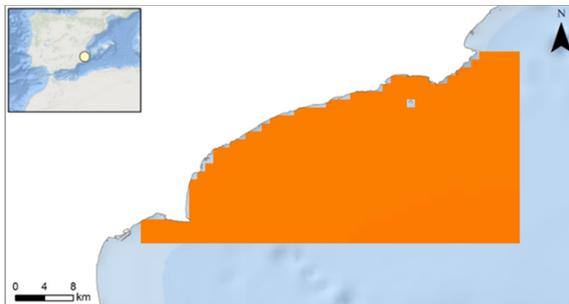
Especies piscícolas

1. Bacalao (*Gadus morhua*)

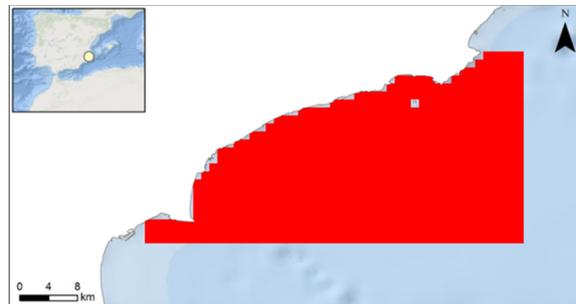
Viabilidad de Cultivo de Bacalao



Oportunidad de cultivo

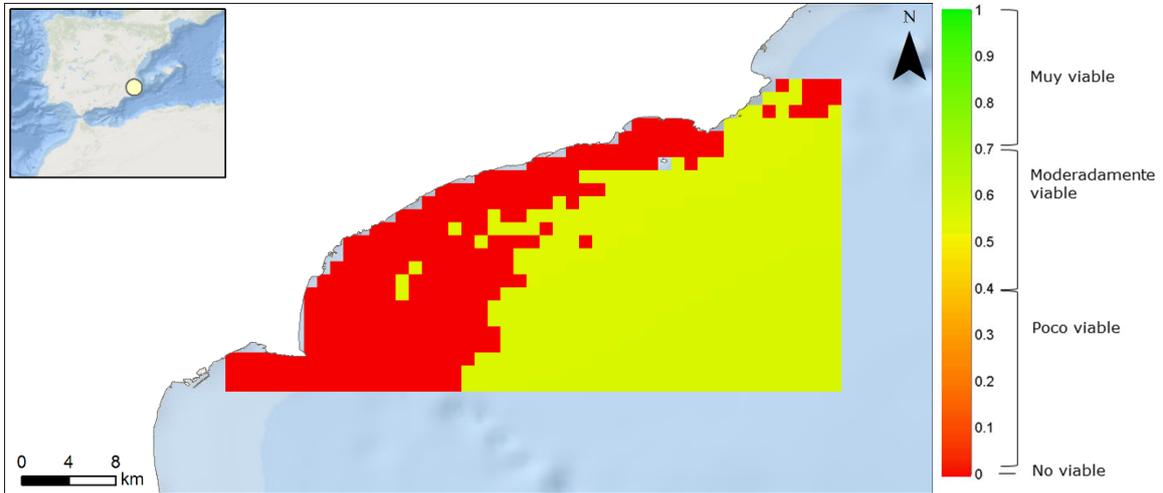


Compatibilidad con el medio

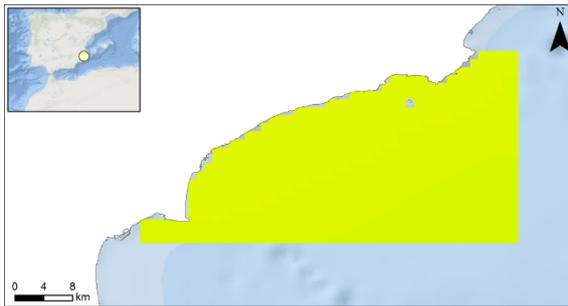


2. Besugo (*Pagellus bogaraveo*)

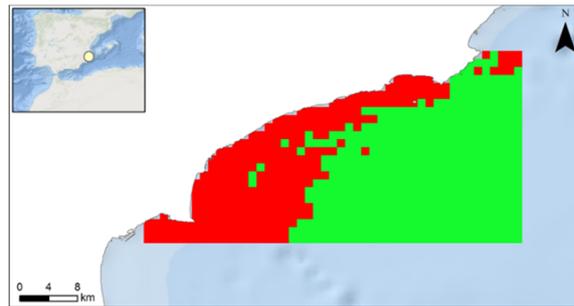
Viabilidad de Cultivo de Besugo



Oportunidad de cultivo

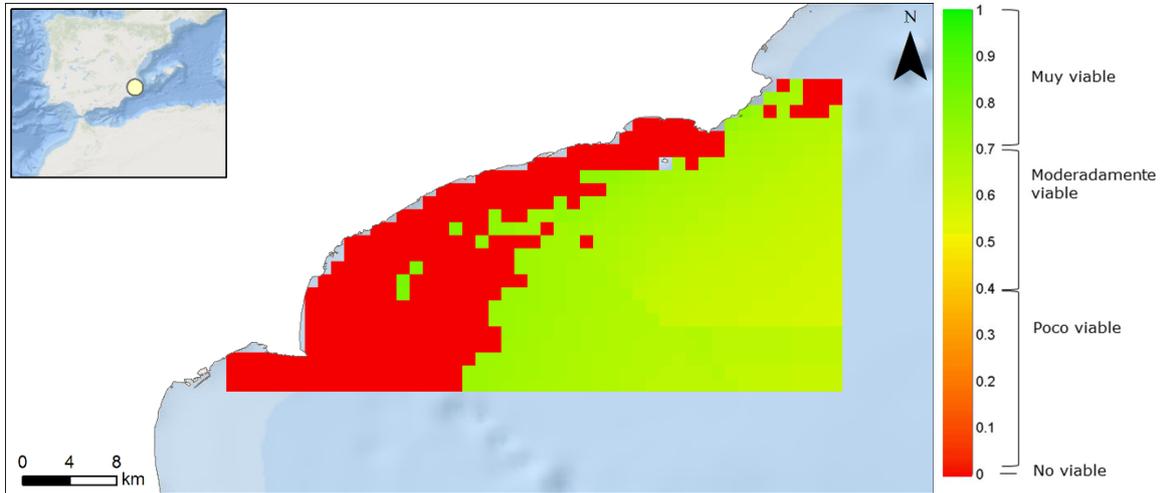


Compatibilidad con el medio

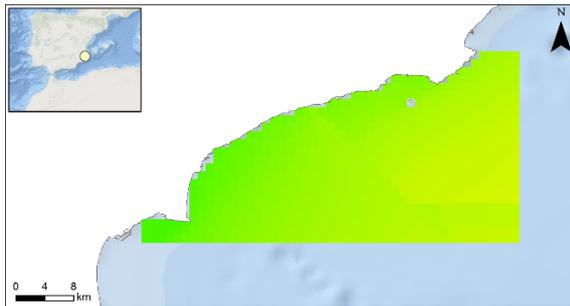


3. Corvina (*Argyrosomus regius*)

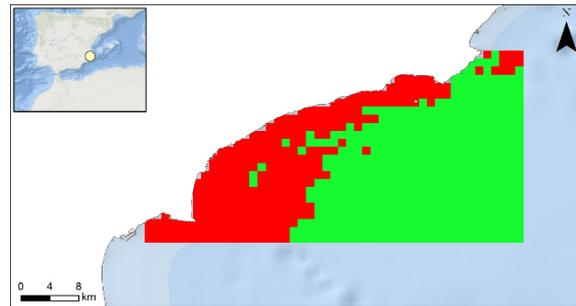
Viabilidad de Cultivo de Corvina



Oportunidad de cultivo

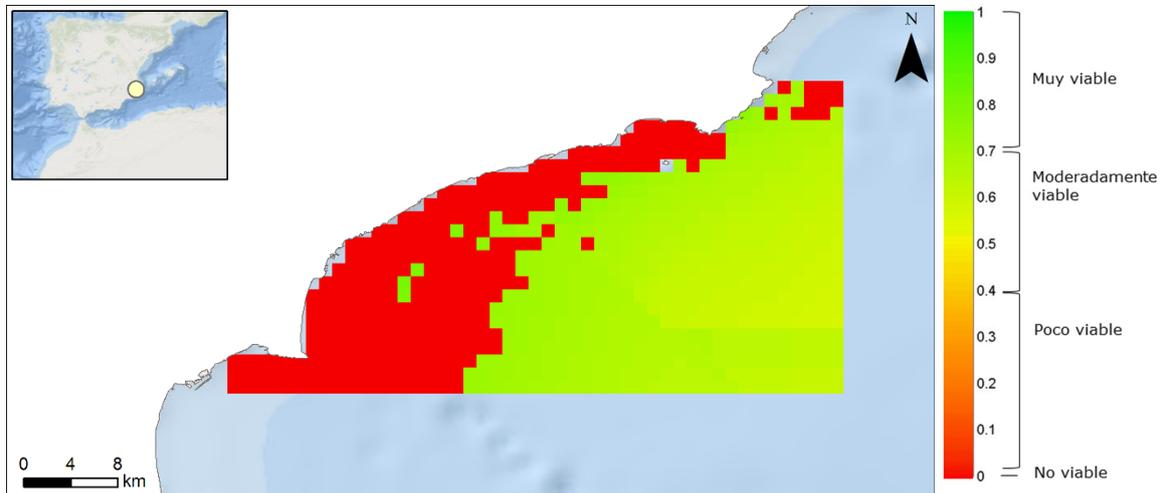


Compatibilidad con el medio

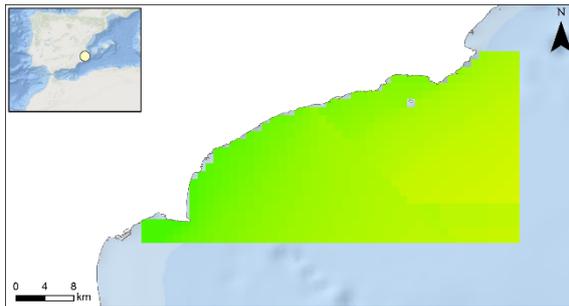


4. Dorada (*Sparus aurata*)

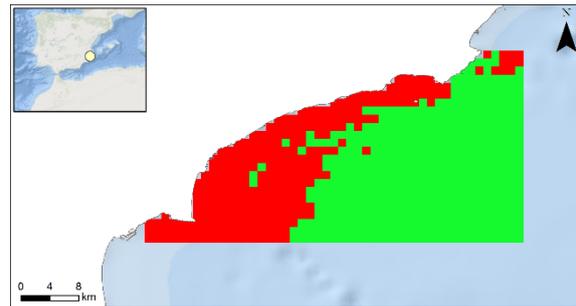
Viabilidad de Cultivo de Dorada



Oportunidad de cultivo

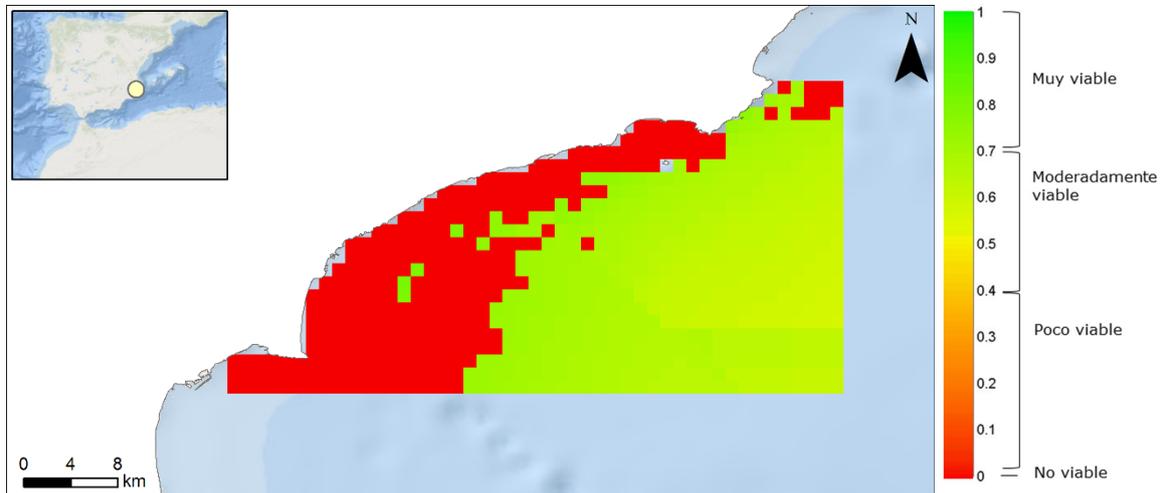


Compatibilidad con el medio

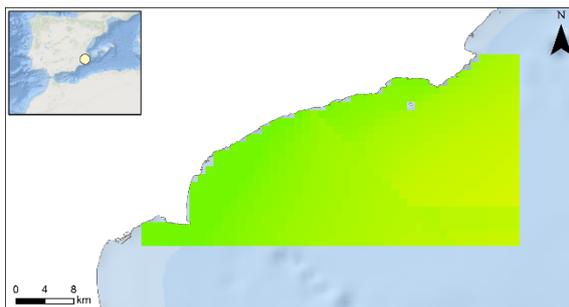


5. Lubina (*Dicentrarchus labrax*)

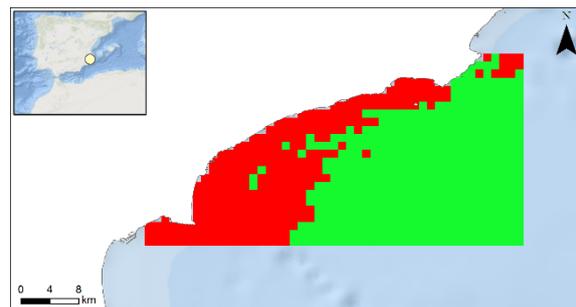
Viabilidad de Cultivo de Lubina



Oportunidad de cultivo



Compatibilidad con el medio

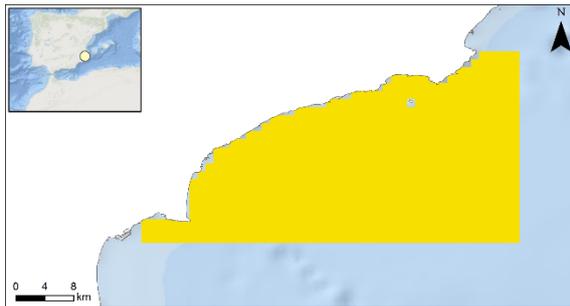


6. Salmón Atlántico (*Salmo salar*)

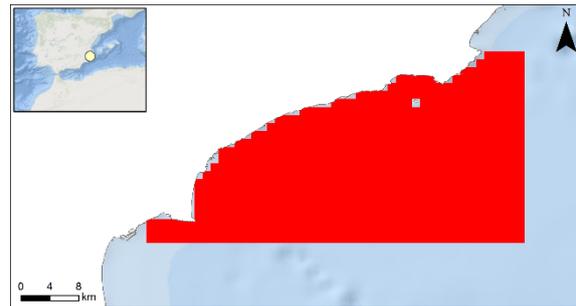
Viabilidad de Cultivo de Salmón Atlántico



Oportunidad de cultivo



Compatibilidad con el medio

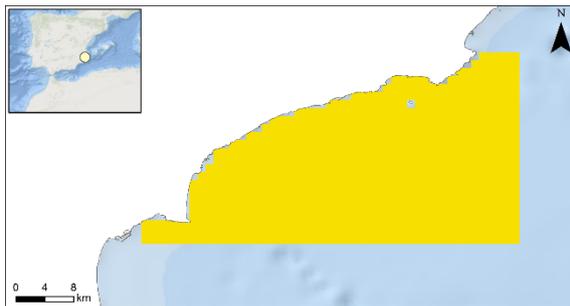


7. Trucha arco-iris (*Oncorhynchus mykiss*)

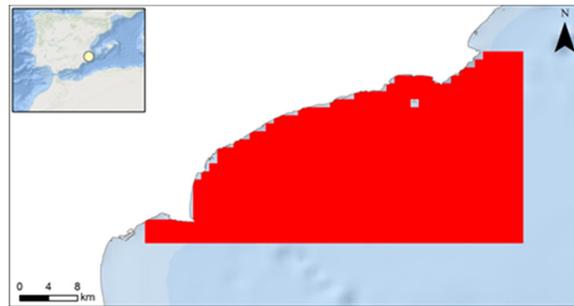
Viabilidad de Cultivo de Trucha arco-iris



Oportunidad de cultivo

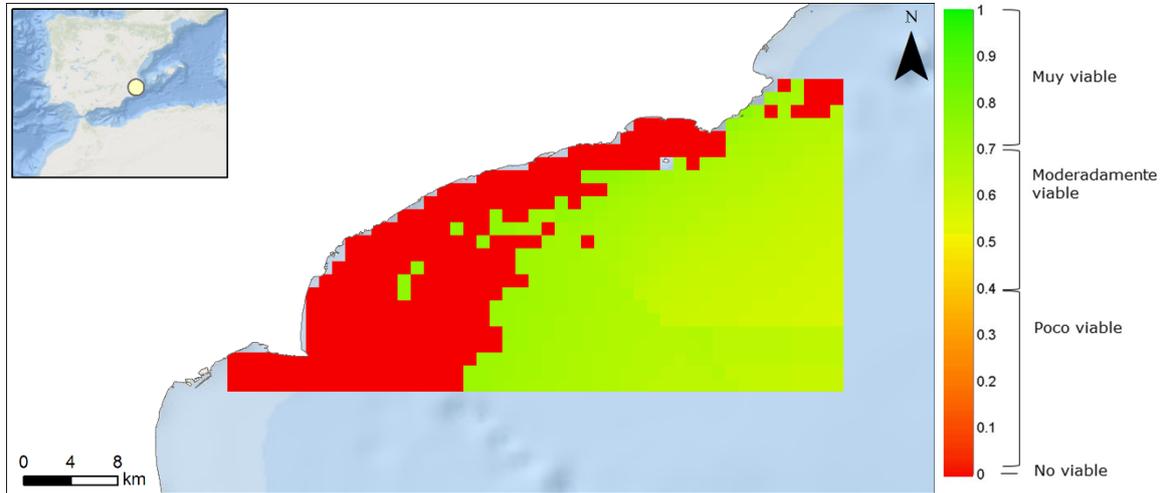


Compatibilidad con el medio

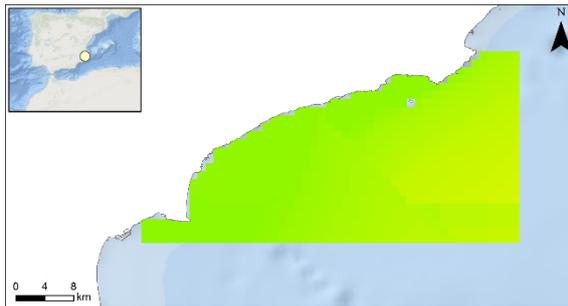


8. Atún rojo (*Thunnus thynnus*)

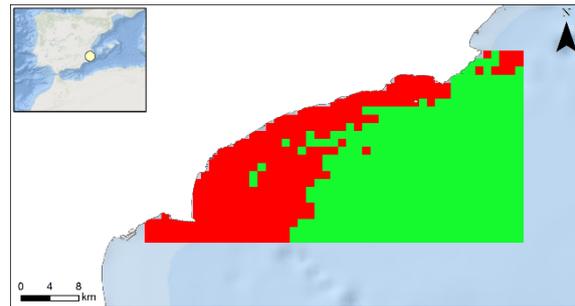
Viabilidad de Cultivo de Atún Rojo



Oportunidad de cultivo

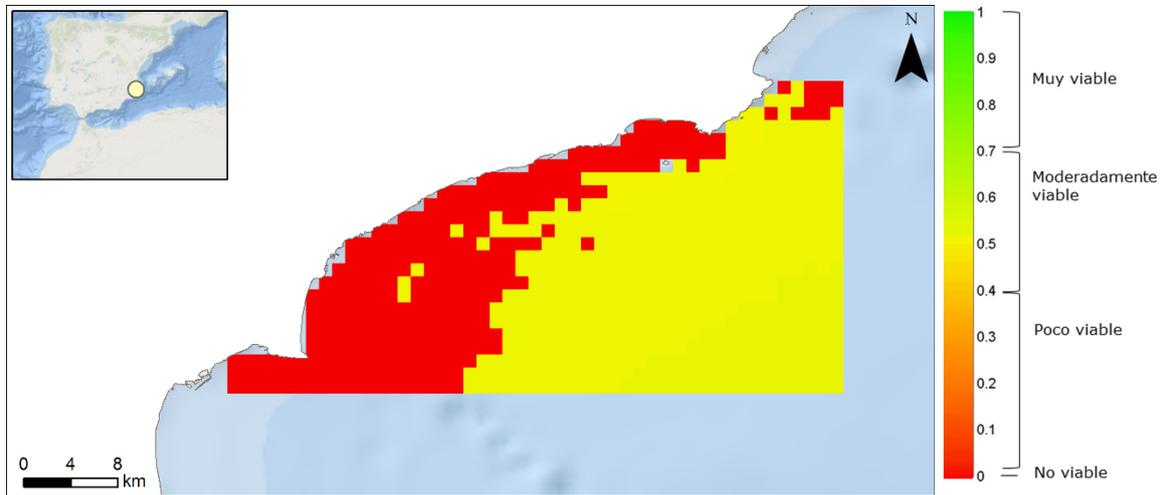


Compatibilidad con el medio

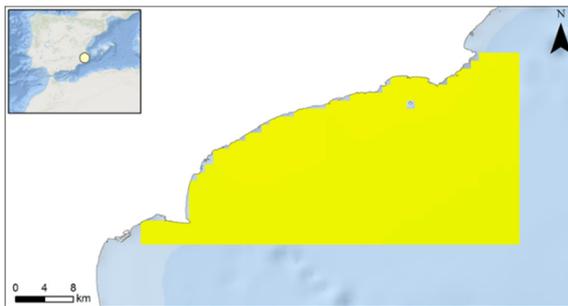


9. Cherna (*Polyprion americanus*)

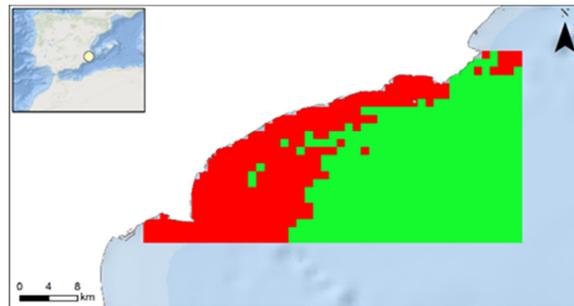
Viabilidad de Cultivo de Cherna



Oportunidad de cultivo

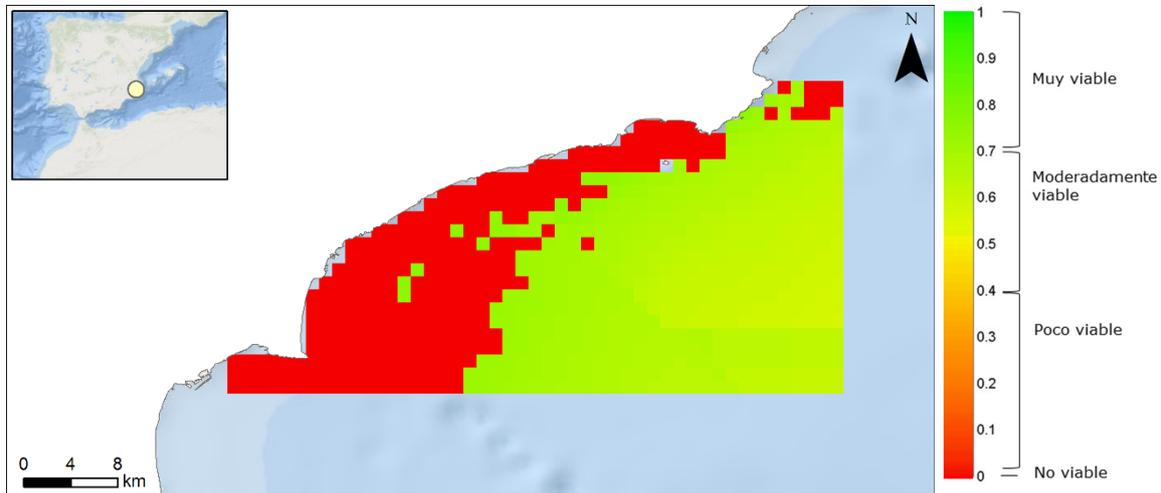


Compatibilidad con el medio

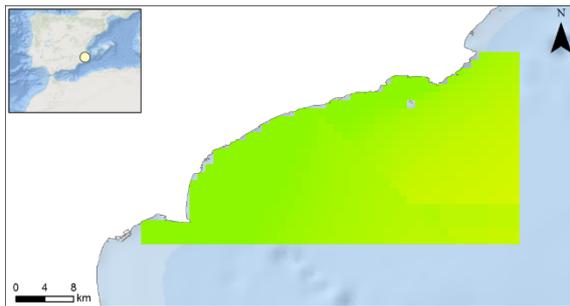


10. Dentón (*Dentex dentex*)

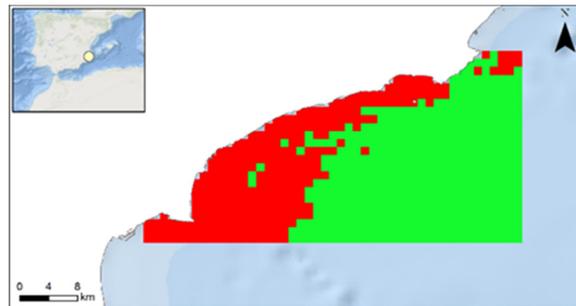
Viabilidad de Cultivo de Dentón



Oportunidad de cultivo

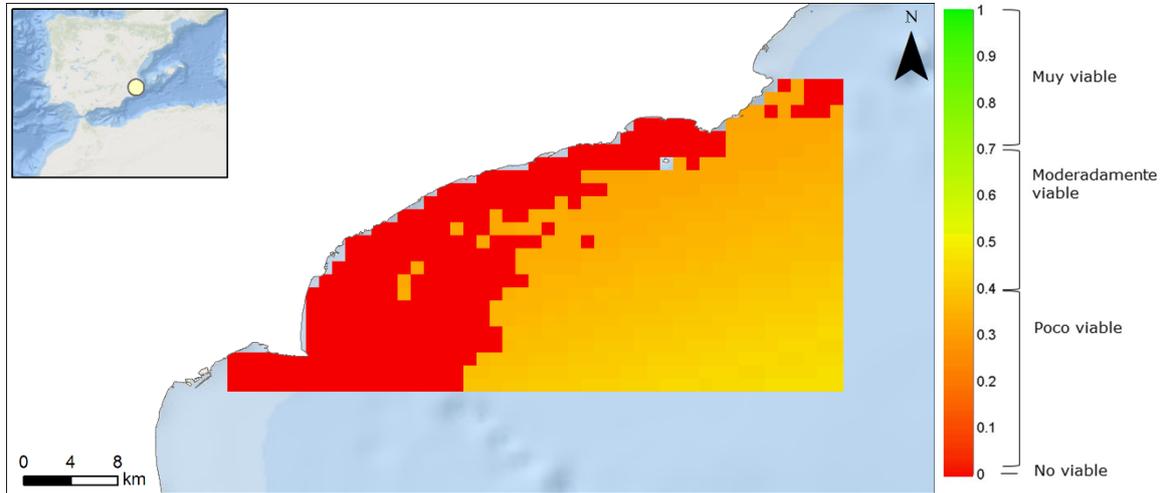


Compatibilidad con el medio

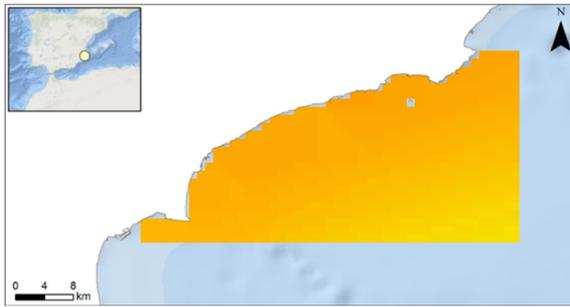


11. Mero (*Epinephelus marginatus*)

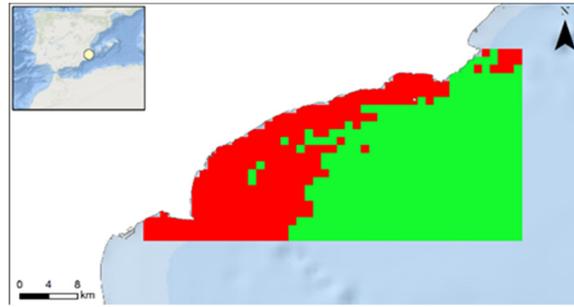
Viabilidad de Cultivo de Mero



Oportunidad de cultivo

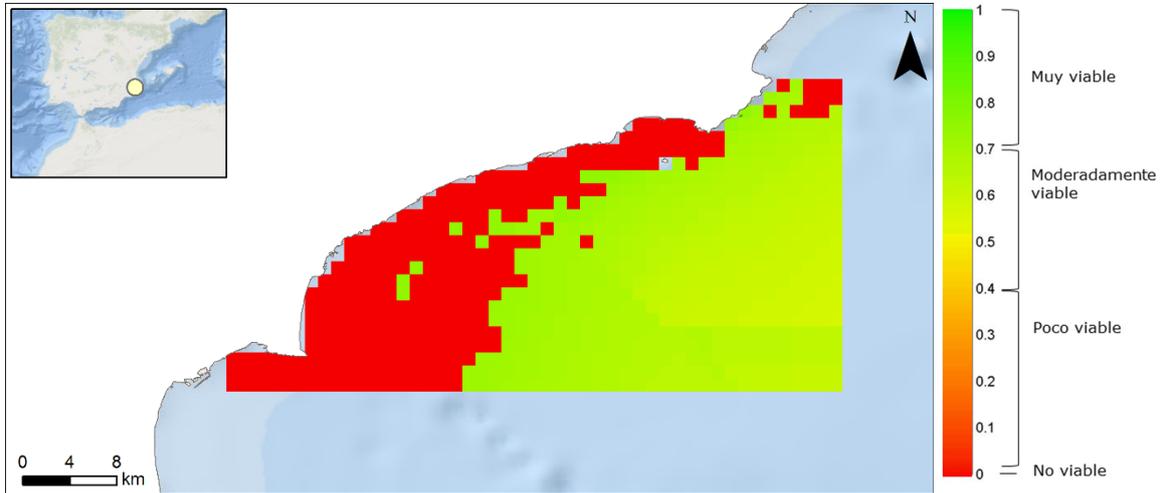


Compatibilidad con el medio

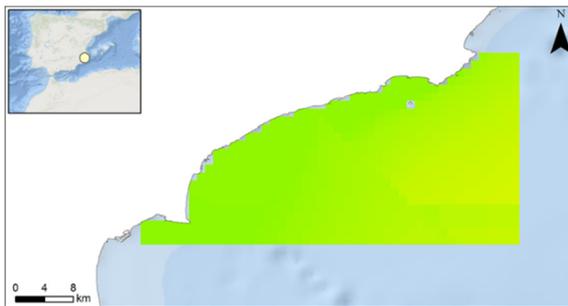


12. Mujil (*Mujil cephalus*)

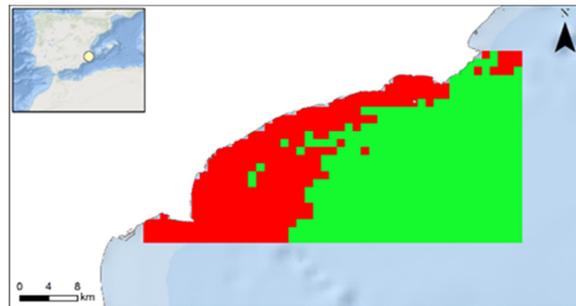
Viabilidad de Cultivo de Mujil



Oportunidad de cultivo

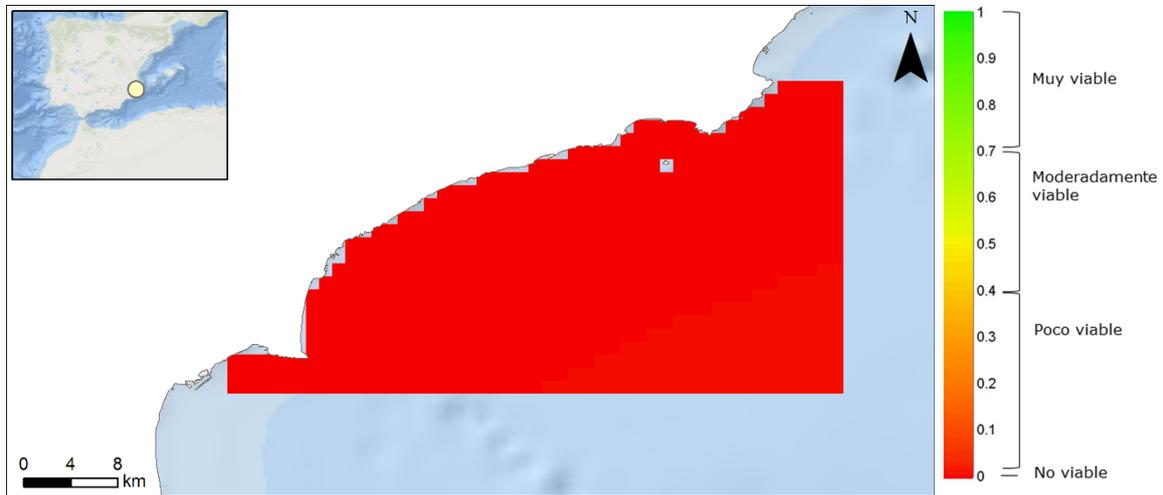


Compatibilidad con el medio



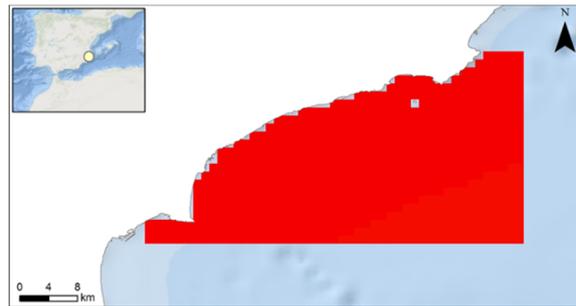
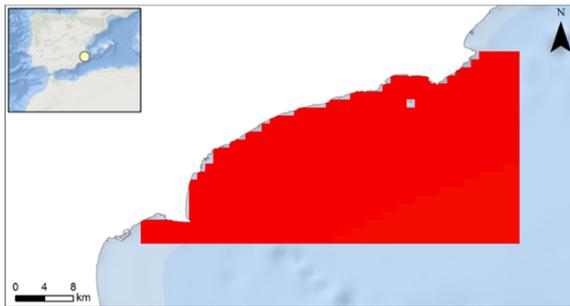
13. Lampuga (*Coryphaena hippurus*)

Viabilidad de Cultivo de Lampuga



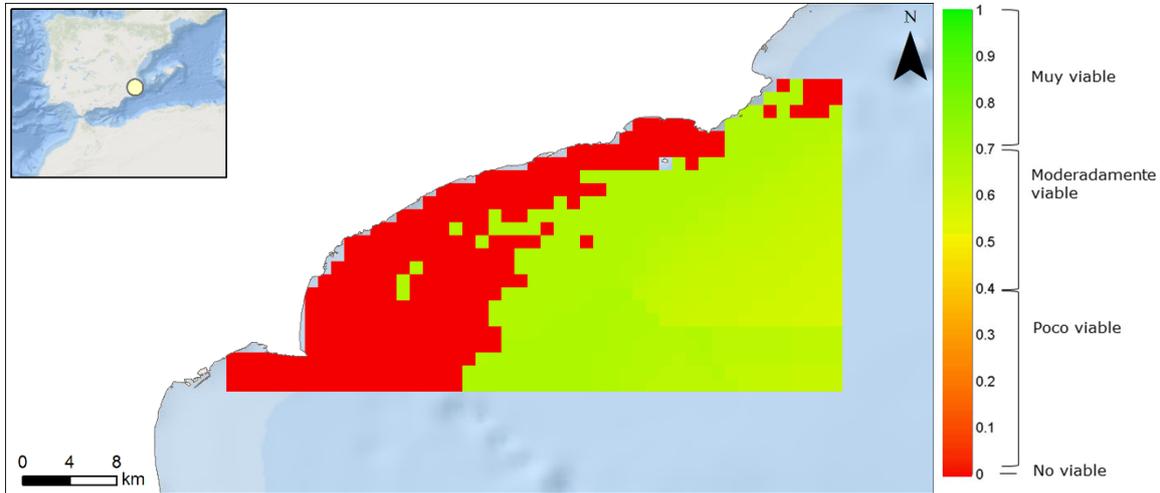
Oportunidad de cultivo

Compatibilidad con el medio

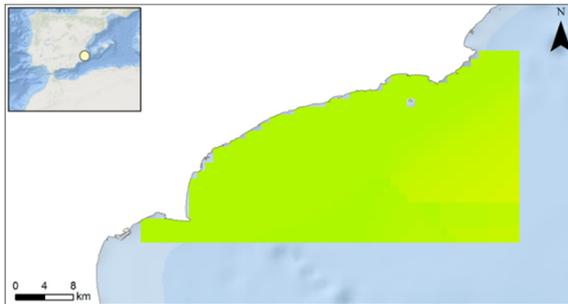


14. Pargo (*Pagrus pagrus*)

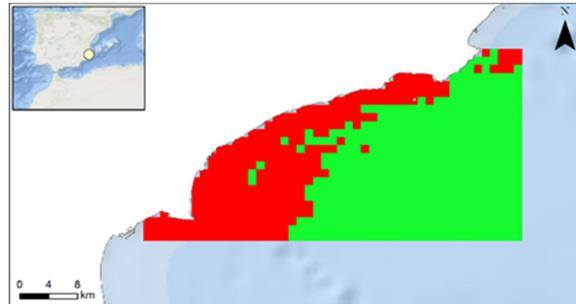
Viabilidad de Cultivo de Pargo



Oportunidad de cultivo

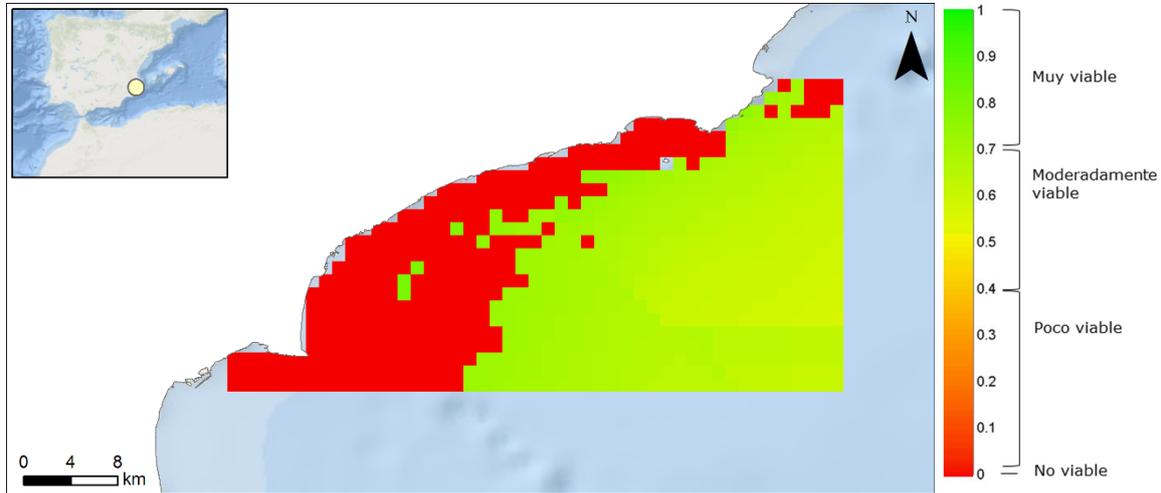


Compatibilidad con el medio

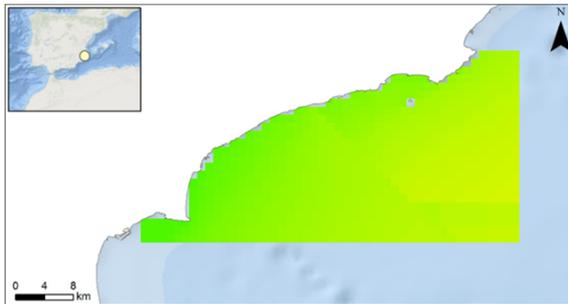


15. *Seriola* (*Seriola dumerilii*)

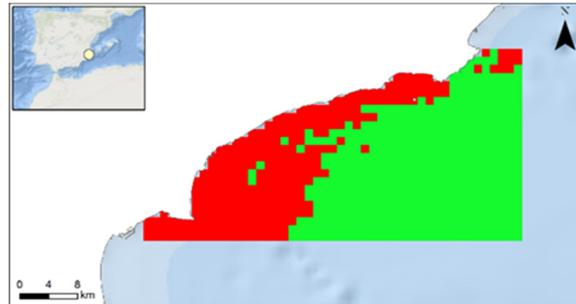
Viabilidad de Cultivo de *Seriola*



Oportunidad de cultivo



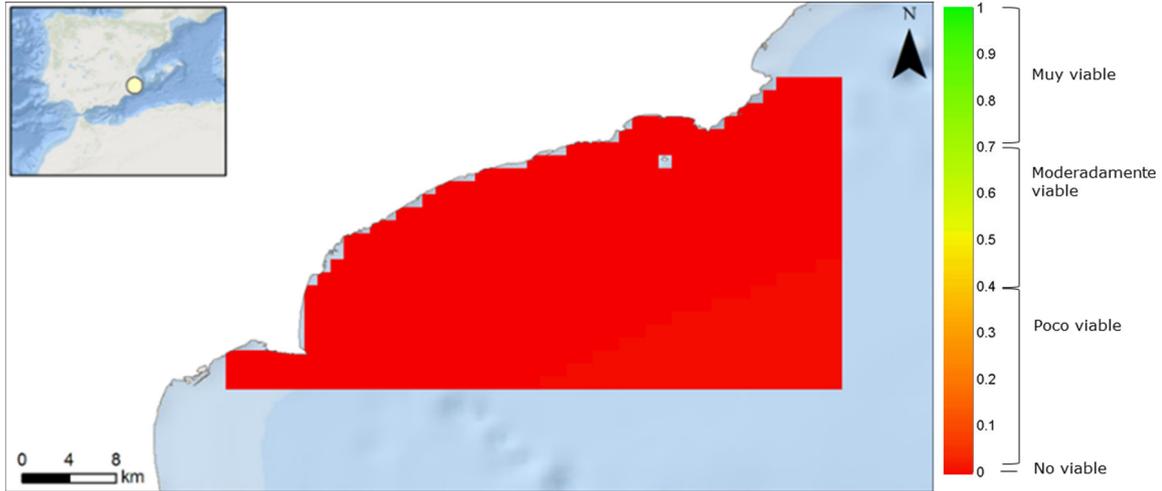
Compatibilidad con el medio



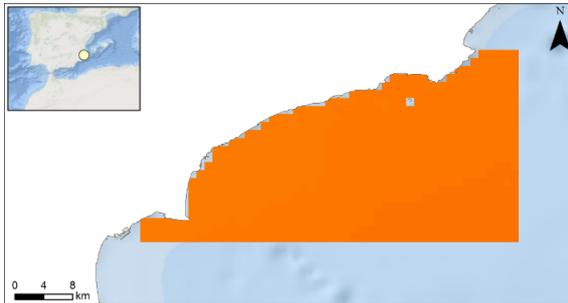
Macroalgas

16. Nori (*Porphyra sp*)

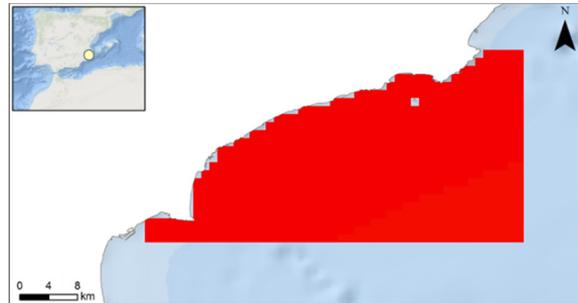
Viabilidad de Cultivo de Nori



Oportunidad de cultivo

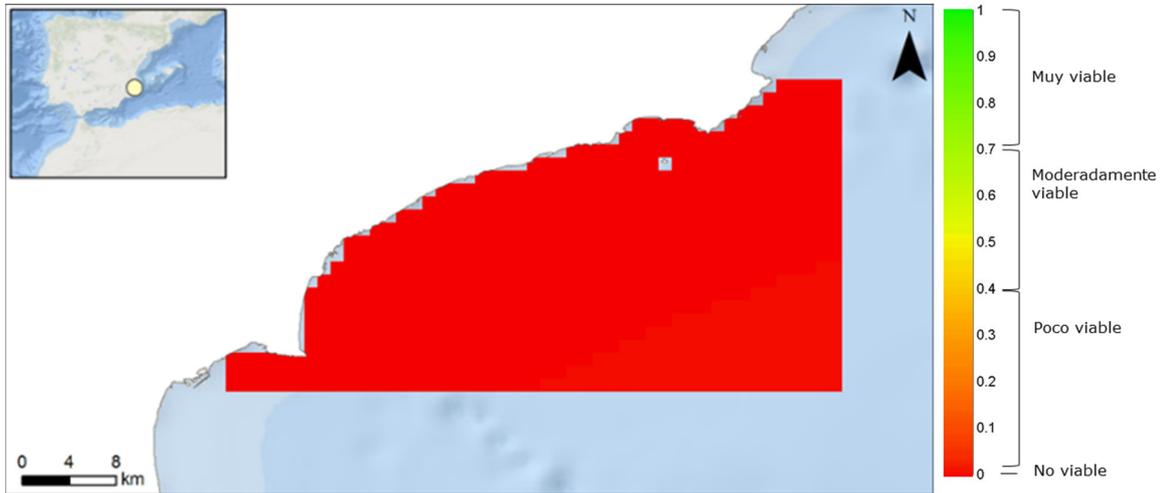


Compatibilidad con el medio

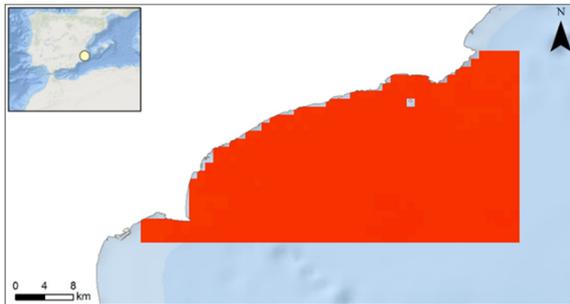


17. *Codium tomentosum*

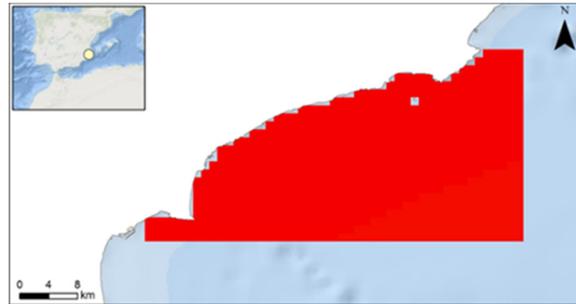
Viabilidad de Cultivo de *Codium tomentosum*



Oportunidad de cultivo



Compatibilidad con el medio

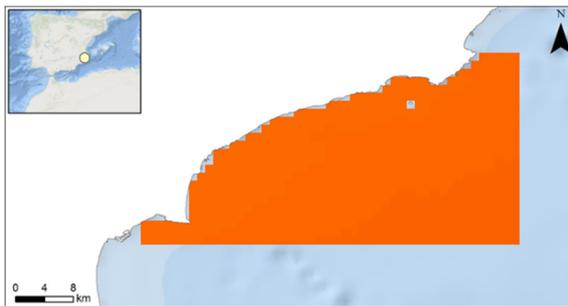


18. *Chondrus crispus*

Viabilidad de Cultivo de *Chondrus crispus*



Oportunidad de cultivo



Compatibilidad con el medio

