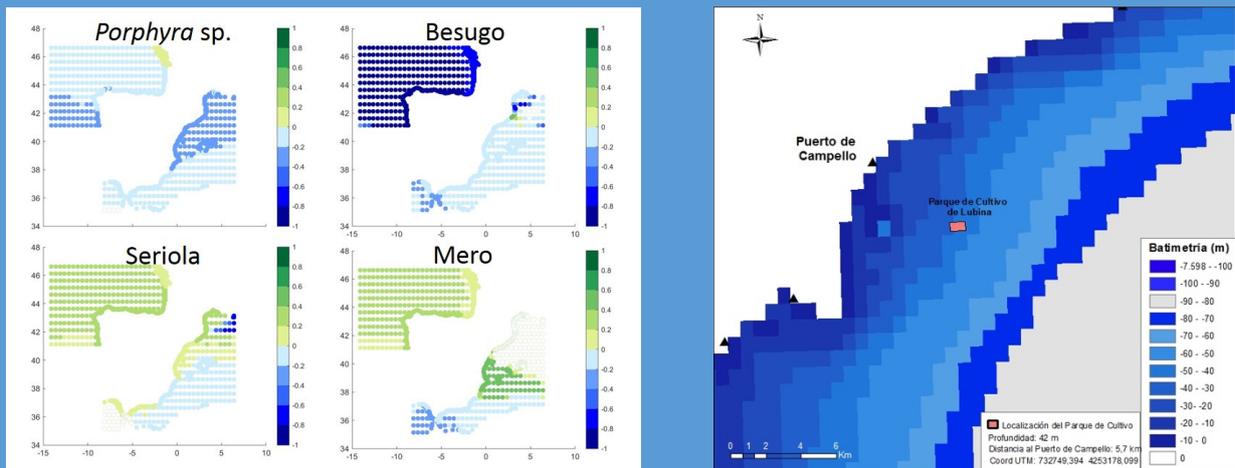


Anexo 2

ACTIVIDAD 2:

ESTUDIO DE LOS EFECTOS ESPACIO-TEMPORALES DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA ACUICULTURA OCEÁNICA DE ESPECIES PISCÍCOLAS Y MACROALGAS



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.....	A2.1
1.1. Zona de estudio.....	A2.1
1.2. Especies seleccionadas y métodos de cultivo.....	A2.1
1.3. Variables, fuentes de información y análisis de datos	A2.1
1.4. Análisis de los datos.....	A2.4
1.5. Oportunidad de cultivo	A2.4
1.5.1. Evaluación de la idoneidad biológica	A2.5
1.5.2. Cálculo de la oportunidad de cultivo.....	A2.6
2. RESULTADOS Y PRODUCTOS OBTENIDOS	A2.8
2.1. Conversión de la variable radiación a PAR.....	A2.8
2.2. Análisis de las variables en futuros escenarios de cambio climático	A2.8
2.3. Evaluación de la oportunidad de cultivo.....	A2.11
2.3.1. Idoneidad biológica	A2.11
2.3.2. Oportunidad de cultivo.....	A2.22
3. CONCLUSIONES DE LA ACTIVIDAD	A2.34
4. REFERENCIAS	A2.35
APÉNDICE A. ANEJO CARTOGRÁFICO. OPORTUNIDAD DE CULTIVO DE LAS ESPECIES DE INTERÉS	A2.A.1

Anexo 2

ACTIVIDAD 2: ESTUDIO DE LOS EFECTOS ESPACIO-TEMPORALES DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA ACUICULTURA OCEÁNICA DE ESPECIES PISCÍCOLAS Y MACROALGAS

1. METODOLOGÍA

1.1. Zona de estudio

Al igual que en la Acción 1, el estudio se lleva a cabo en la zona económica exclusiva (ZEE) de España, exceptuando las Islas Canarias. Se incluyen por lo tanto dos regiones: la región cantábrica y atlántica, y la mediterránea junto con la región del Golfo de Cádiz.

1.2. Especies seleccionadas y métodos de cultivo

La lista de especies incluidas en esta acción ha partido de las 15 especies piscícolas estudiadas en el proyecto ATLAS, a las que se han sumado 5 especies de macroalgas. En su elección se ha tenido en cuenta que sean especies que se consumen y/o cultivan en España, la viabilidad de su cultivo, biomasa y tasa de crecimiento, demanda por los mercados europeos y valor económico (Tabla 1). Asimismo, las especies seleccionadas son 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	
Kombu	<i>Saccharina latissima</i>
Nori	<i>Porphyra sp</i>
	<i>Himanthalia elongata</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 idoneidad biológica de las especies seleccionadas está determinada por su tolerancia a las condiciones ambientales y meteo-oceánicas en las que se desarrolla la actividad. De acuerdo al Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés), existen evidencias de que las propiedades físicas y químicas de los océanos han cambiado de forma significativa durante las últimas décadas debido al cambio climático antropogénico (IPCC, 2014). De aquí a 2100, el océano absorberá entre dos y cuatro veces más calor que en el período comprendido entre 1970 y el momento actual si el calentamiento global se limita a 2 °C, pero si las emisiones son más elevadas, la absorción

será entre cinco y siete veces mayor (IPCC, 2019). Este calentamiento modificará a su vez otras propiedades que determinan la vida marina, como la salinidad.

Por lo tanto, la idoneidad biológica para peces y macroalgas previamente analizada podrá verse modificada en el futuro. Conocer los cambios en las condiciones que determinan la capacidad de supervivencia de las especies objeto de estudio (temperatura, salinidad y PAR), permitirá adaptar la acuicultura y mejorar la toma de decisiones en cuanto a los posibles nuevos emplazamientos.

En esta acción se utilizan datos proyectados siguiendo la metodología aplicada en de la Hoz et al. (2018). Los datos provienen del CMIP5 (Taylor et al., 2012) que proporciona modelos climáticos globales (GCMs). Dada la cantidad de GCMs desarrollados por diferentes instituciones, previamente se ha llevado a cabo una evaluación para determinar los más adecuados para la zona de estudio. Se ha calculado el MSE entre la serie de datos histórica disponible y el periodo coincidente de los GCMs (1985-2005) para cada zona de estudio. Se han definido los outliers, como aquellos GCMs con más del 20% de sus valores fuera del rango $MSE_{mean} \pm MSE_{std}$, los modelos para largo plazo (2070-2100) y el RCP8.5.

En la Tabla 2 se presenta la relación de las variables ambientales utilizadas para la evaluación de la idoneidad biológica, así como sus fuentes de información. En todos los casos la resolución temporal mínima es diaria, excepto en la radiación obtenida a partir de modelos GCMs cuya resolución es mensual.

Variable	Periodo temporal	Fuente	Resolución espacial	Método
Temperatura del agua, SST (°C)	1985-2015	OSTIA	0.05°	Reanálisis
	1985-2005 2070-2100	GCMs: CNRM-CM5, GFDL-ESM2G, IPSL-CM5A-LR, IPSL-CM5A-MR, MPI-ESM-LR, MPI-ESM-MR	1.4°-3.75° (lon) 1.26°-2° (lat)	Retrospección y predicción
Salinidad (UPS)	1985-2015	NCEP (CFSR)	0.25°	Reanálisis
	1985-2005 2070-2100	GCMs: IPSL-CM5A-LR, IPSL-CM5A-MR, IPSL-CM5B-LR	1.4°-3.75° (lon) 1.26°-2° (lat)	Retrospección y predicción
Radiación fotosintéticamente activa, PAR (Einstein/m ² /día)	1998-2015	SeaWIFS + MODIS	0.04°	Satélite
Radiación (W/m ²)	1985-2015	NCEP (CFSR)	0.1°	Reanálisis
Radiación (W/m ²)	1985-2005 2070-2100	GCMs: GFDL-ESM2G, IPSL-CM5A-LR, IPSL-CM5A-MR, IPSL-CM5B-LR, MPI-ESM-LR, MPI-ESM-MR	1.4°-3.75° (lon) 1.26°-2° (lat)	Retrospección y predicción

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

Para la temperatura superficial del agua (SST) y la salinidad las variaciones respecto a la situación de clima actual se obtiene mediante una comparación (comparación clásica o *Delta methodology*) con los valores referidos al período de referencia o control (1985-2015) (Figura 1). En primer lugar, se calcula la diferencia media entre el período de referencia (retrospectiva) y el período futuro de proyección para cada modelo, para a continuación realizar la media de todas las diferencias de cada modelo (*ensemble*), obteniéndose así el parámetro de cambio Δ . Para generar la serie temporal a largo plazo (2070-2100) con la misma resolución espacial y temporal que la del escenario actual, se suma (o resta en caso de ser negativo) el parámetro de cambio Δ a las series de datos históricos de reanálisis, asumiendo el mismo sesgo en escenarios climáticos futuros.

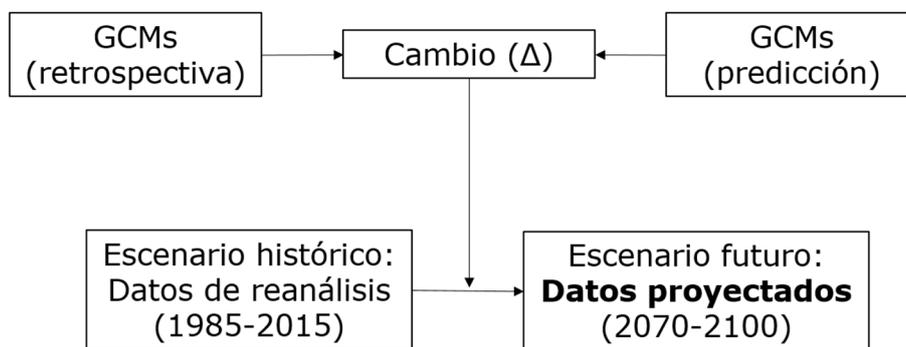


Figura 1. Diagrama de la metodología aplicada para calcular los datos proyectados en un escenario futuro de cambio climático.

El CMIP5 no dispone de modelos globales para el largo plazo y RCP8.5 para la radiación fotosintéticamente activa (PAR). Por tanto, en este caso, se utiliza la radiación incidente de onda corta como proxy para proyectar su condición en el futuro. Para llevar a cabo la transformación se aplican los siguientes pasos:

- i. Comprobar que existe correlación entre el PAR y la radiación incidente de onda corta.
- ii. Obtener los coeficientes de un polinomio de grado n (considerando aquel de mayor ajuste) para poder relacionar ambas variables.
- iii. Aplicar la metodología de la comparación clásica o *Delta methodology* previamente descrita para la radiación.
- iv. Convertir los datos de radiación en el escenario proyectado (RCP8.5, largo plazo) a datos de PAR mediante la aplicación de la fórmula obtenida en el paso ii).

La Figura 2 muestra la malla generada para las aguas marinas españolas con una resolución espacial de 0.1° en la zona más próxima a la costa y 0.5° en el resto de celdas. La malla cuenta con un total de 1039 nodos donde se dispone de todos los datos previamente descritos.

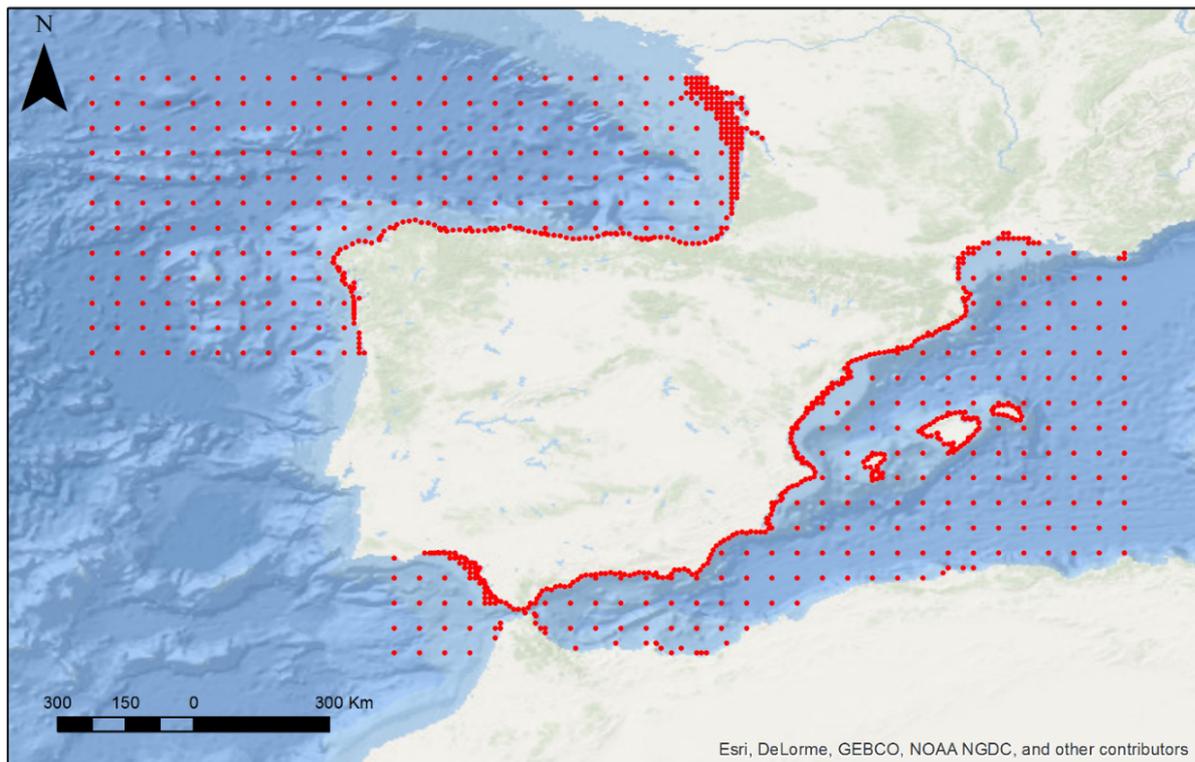


Figura 2. Malla generada para las aguas marinas españolas. Zona Económica Exclusiva (200 mn).

1.4. Análisis 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 descargan de su fuente original en formato NetCDF, .mat o similar. Los análisis relativos se efectúan en Matlab. Todas las variables e indicadores se proyectan al sistema WGS84.

Para evaluar la variación con respecto al clima actual se representan los parámetros de cambio Δ de cada variable (SST, salinidad y PAR) para poder analizar sus variaciones espaciales. Además, con base en la serie proyectada se calcula para cada punto de la malla el valor medio, el percentil 10 y el percentil 90.

El comportamiento espacio-temporal de las variables físicoquímicas en la zona de estudio permite identificar las variables que tendrán una mayor variabilidad en un futuro escenario de cambio climático y por ello tener más incidencia en el crecimiento de la especie.

1.5. Oportunidad de cultivo

La oportunidad de cultivo de la especie es el resultado de considerar conjuntamente los tres elementos que integran el análisis: la idoneidad biológica de la especie, la idoneidad estructural de la jaula y la idoneidad operativa para las actividades de operación y mantenimiento.

El sistema de integración multicriterio desarrollado aplica la lógica difusa para calcular la probabilidad de que una determinada celda (0.1° en costa y 0.5° en aguas oceánicas) registre las condiciones óptimas para el cultivo de una especie. 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. Para realizar el estudio de los efectos espacio-temporales del cambio climático en la acuicultura oceánica de especies piscícolas y macroalgas se tiene en cuenta la idoneidad biológica proyectada de cada especie, manteniendo constantes la idoneidad estructural y la operativa calculadas para el periodo histórico en el Capítulo 1.

1.5.1. Evaluación de la idoneidad biológica

La idoneidad biológica se define como la adecuación de las condiciones ambientales (factores fisicoquímicos) a los requisitos de cultivo necesarios para el crecimiento de la especie. Es decir, la idoneidad biológica de las especies analiza si las condiciones fisicoquímicas del agua responden a los requerimientos de las especies, definidos a través de su rango óptimo de crecimiento.

Para identificar las zonas idóneas y dibujar los mapas de idoneidad probabilística de las especies se aplica una metodología basada en la teoría de nicho ecológico, en el modelado de distribución de especies y en las áreas probabilísticas de distribución. Los Modelos de Distribución de Especies analizan las relaciones que se establecen entre los datos de ocurrencia de la especie (variable respuesta) y una serie de variables predictoras, para pronosticar las áreas idóneas en las que es más (o menos) factible la presencia de una especie (mapas de idoneidad probabilística).

El algoritmo de cálculo utilizado parte de la serie completa de datos históricos de las variables predictoras y calcula la frecuencia con la que esas variables cumplen con los requerimientos de cultivo de la especie (variable respuesta). Para cada variable y especie se definen unas condiciones óptimas y se calcula la adecuación de cada una de las celdas de la zona de estudio a esas condiciones.

El valor de idoneidad biológica expresa el porcentaje de tiempo (probabilidad, tanto por uno) en el que todas las variables fisicoquímicas con incidencia en el crecimiento cumplen, en concomitancia, las condiciones óptimas para la especie. Dado que las variables analizadas para cada una de las especies tienen secuencias de paso diarias no ha sido necesario hacer ningún tipo de homogenización. Con base en estudios previos, se seleccionan las variables de temperatura superficial del agua y la salinidad como las determinantes para peces, mientras que para las macroalgas se considera también el PAR.

En la Tabla se muestra, para cada una de las especies de interés, los rangos óptimos de la temperatura superficial del agua, la salinidad y el PAR. Esta selección responde tanto a la biología de la especie, como al comportamiento espacio temporal de las variables en la zona de estudio. Dichos umbrales se obtienen de la literatura científica, con criterio de experto, así como de Bases Datos especializadas como FishBase (Froese & Pauly, 2018) (<http://www.fishbase.org/>). En este último caso, los umbrales de cada especie se establecen con base en los percentiles 10 y 90 de los valores en su área de distribución nativa según establece la base datos. Además, y dado que la evaluación de idoneidad requiere el análisis de las variables en concomitancia, el período analizado (serie histórica especificada por las fechas de inicio y fin) está determinado por las variables con series históricas más cortas. En este caso, para el cálculo de la idoneidad biológica, se utilizan bases de datos de temperatura, salinidad y PAR con una escala espacio temporal del 1 de enero de 2070 al 31 de diciembre de 2100.

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	-
Seriola	14-28	30.0-38.0	-
Macroalgas			
<i>Saccharina latissima</i>	10-15	30.0-40.0	8.64-43.20
<i>Porphyra sp</i>	10-15	30.0-40.0	6.05-43.20
<i>Himanthalia elongata</i>	10-17	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 3. Variables y criterios para definir la idoneidad biológica de las especies de estudio. Rangos óptimos de crecimiento.

La idoneidad biológica obtenida para el futuro escenario de cambio climático RCP8.5 a largo plazo se compara con aquella obtenida para el periodo presente. El cambio es, por lo tanto, el resultado de restar la idoneidad biológica a largo plazo menos la presente. De este modo se obtiene la variación en la idoneidad del emplazamiento de una determinada especie a futuro.

Además, se calcula para cada especie el cambio en la idoneidad biológica de los datos proyectados respecto al presente, considerando tres categorías: efecto positivo (la idoneidad biológica aumentará), sin efecto (la idoneidad biológica no se modificará) y efecto negativo (la idoneidad biológica disminuirá).

1.5.2. Cálculo de la oportunidad de cultivo

La oportunidad de cultivo de una especie se calcula integrando su idoneidad biológica, con la idoneidad estructural y operativa. La metodología aplicada para obtener la idoneidad estructural y la idoneidad operativa es la descrita en el Capítulo 1, apartados 2.1.6.2. y 2.1.6.3. La oportunidad 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 (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 1 resume el procedimiento metodológico.

Paso 1: Cálculo de la probabilidad (en tanto por uno) de cada variable de estar dentro del rango de condiciones óptimas. La probabilidad de cumplimiento a nivel de variable y celda se estima como el porcentaje de tiempo (en tanto por uno) en el que la variable permanece dentro de su rango óptimo durante la serie temporal analizada. La única salvedad es la distancia a puerto, calculada a partir de la distancia euclídea entre la celda y el puerto más cercano.

Paso 2: El cálculo de la idoneidad biológica se lleva a cabo sobre la franja temporal del largo plazo (1970-2100), mientras que para la idoneidad estructural y operativa se utilizan los resultados obtenidos para el periodo histórico (1985-2015).

Paso 3: Cálculo de la oportunidad para el cultivo de cada una de las especies integrando, mediante el criterio de valor crítico, la idoneidad biológica, estructural y operativa.

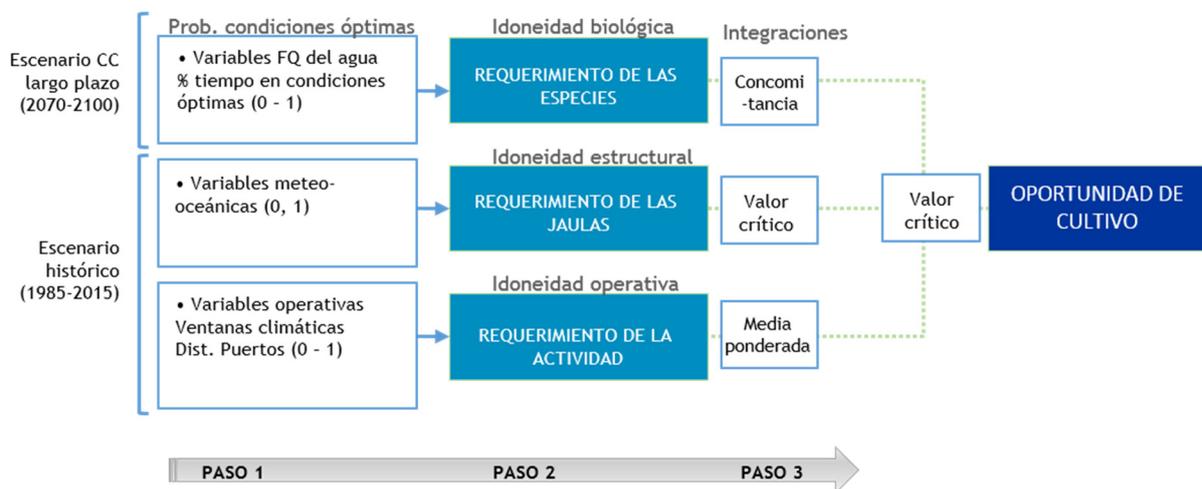


Figura 1. Esquema del procedimiento metodológico para el cálculo de la oportunidad de cultivo.

Los resultados de la oportunidad de cultivo obtenidos se agregan en cuatro categorías que permiten discretizar el espacio marítimo:

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

2. RESULTADOS Y PRODUCTOS OBTENIDOS

2.1. Conversión de la variable radiación a PAR

En primer lugar, se muestran los resultados de la metodología aplicada para convertir la radiación a PAR. Como se ha explicado anteriormente, al no existir en el CMIP5 modelos globales para el largo plazo y RCP8.5 para la variable PAR, la radiación incidente de onda corta se utiliza como proxy para proyectar su condición en el futuro.

El periodo histórico para la **comprobación de la correlación** entre el PAR y la radiación de onda corta es del 16/09/1997 al 31/12/2015, siendo este el periodo temporal que ambas variables comparten. En cuanto a la resolución, los datos se analizan de forma diaria.

La correlación se calcula para cada punto de la malla (1039), teniendo en cuenta toda la serie de datos temporal. La correlación lineal media de todos los puntos es de 0.9, con una desviación estándar de 0.03. Este valor de correlación es muy alto y permite considerar una de ellas como predictor de la otra.

El segundo paso es obtener un **polinomio de grado n** para correlacionar ambas variables. Se calculan polinomios de grado 1, 2 y 3 para seleccionar finalmente la mejor solución (en el sentido de mínimos cuadrados) para los datos. Se utiliza la radiación (x) como predictor del PAR (y) con todos los puntos a la vez. En la tabla 4 se muestran distintos parámetros de correlación entre el PAR obtenido con los distintos polinomios y el PAR real en el periodo histórico. Aunque las correlaciones son muy similares, la correlación con el polinomio de grado 3 es sensiblemente mejor y es el que finalmente se ha seleccionado como predictor.

Grado de polinomio	R	R ²	BIAS
1	0.902	0.844	-3.54e-13
2	0.902	0.844	4.20e-13
3	0.903	0.845	1.96e-13

Tabla 4. Correlación, R² y BIAS entre el PAR obtenido a partir de la radiación y el PAR real para distintos grados de polinomio.

A continuación, se aplica la **metodología de la comparación clásica o Delta methodology** a los datos de radiación para tener así las series de datos proyectadas en el futuro escenario de cambio climático a largo plazo (2070-2100).

Por último, a cada una de las series de datos proyectadas para cada punto se **aplica el polinomio** de grado 3 obteniendo los datos de PAR diarios para el escenario RCP8.5 y periodo 2070-2100.

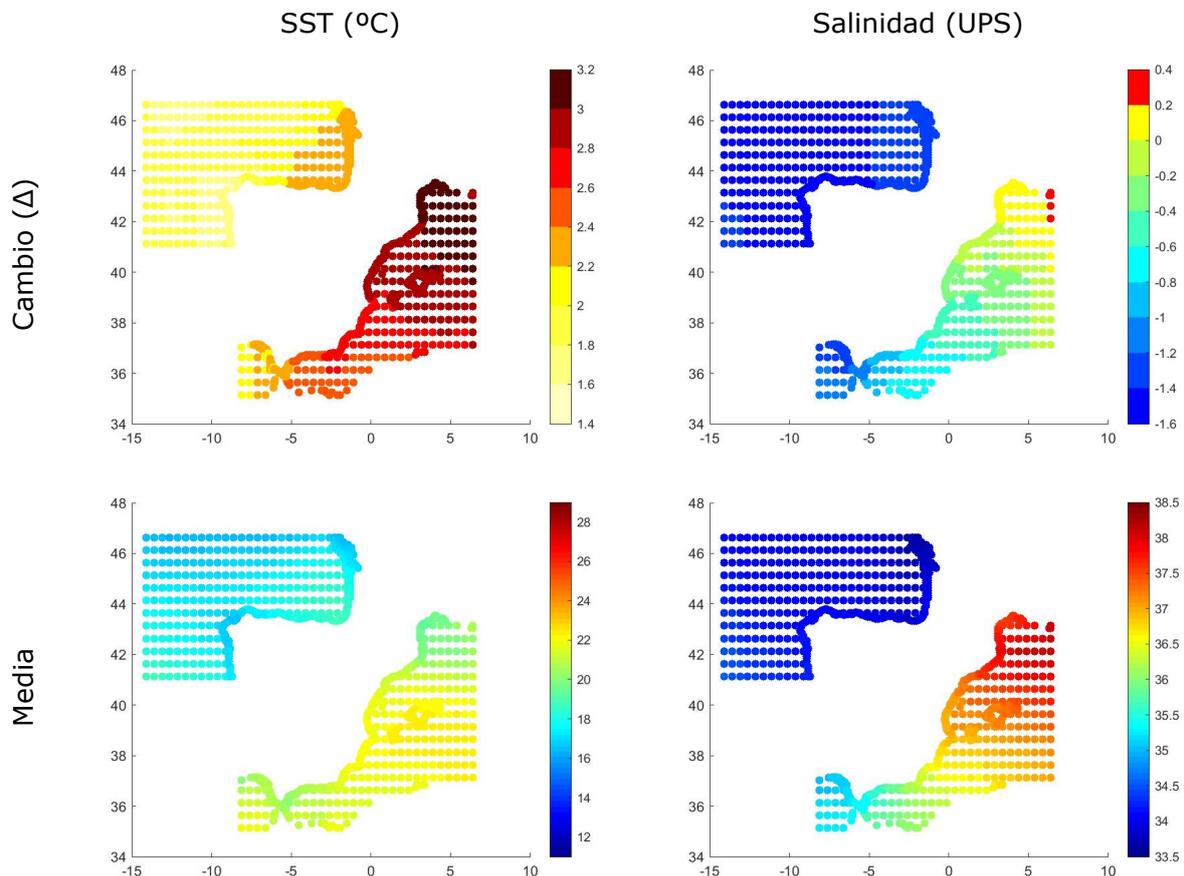
2.2. Análisis de las variables en futuros escenarios de cambio climático

Las Figuras 4 y 5 muestran espacialmente el parámetro de cambio (periodo histórico vs largo plazo) y los valores medios, P90 y P10 considerando el periodo 2070-2100 de las variables físico-químicas que determinan la idoneidad biológica (SST, salinidad y PAR).

La temperatura superficial del agua presenta un incremento en toda el área de estudio, siendo este mayor en la zona Golfo de León, alcanzando los +3.2°C. En general, en toda la zona del Mediterráneo el incremento en la temperatura es alto (>2.4°C). Destacan

también las zonas del Golfo de Vizcaya y el Golfo de Cádiz, con un aumento mayor que en el resto del Atlántico (2.2-2.4°C). La temperatura media del agua será de alrededor de 20-22°C en el Mediterráneo y en el Golfo de Cádiz y de 16-18°C en Cantábrico. En cuanto a las temperaturas máximas, en las Islas Baleares y el Golfo de Valencia el percentil 90 alcanzará los 28°C. Por el contrario, el percentil 10 más bajo es de unos 12°C, en el extremo norte del Cantábrico.

La proyección de la salinidad indica un descenso en casi toda el área de estudio, excepto en el Golfo de León donde se observa un ligero ascenso (entre 0 y +0.4 PSU). Los mayores cambios se identifican en el Atlántico (<1.2 UPS). En general el descenso en el Atlántico es similar mientras que en el Mediterráneo se observa un gradiente en el cambio, que llega a ser positivo en el Golfo de León. Dado que la salinidad no presenta apenas variación interanual, tanto la media como el percentil 90 y 10 en el escenario futuro presentan valores similares. El patrón de la salinidad es nuevamente muy homogéneo en el Cantábrico (33.5-34.5 PSU), pero se observa un gradiente desde el Golfo de Cádiz hasta el Golfo de León, donde se encontrarán los mayores valores de salinidad (38-38.5 PSU).



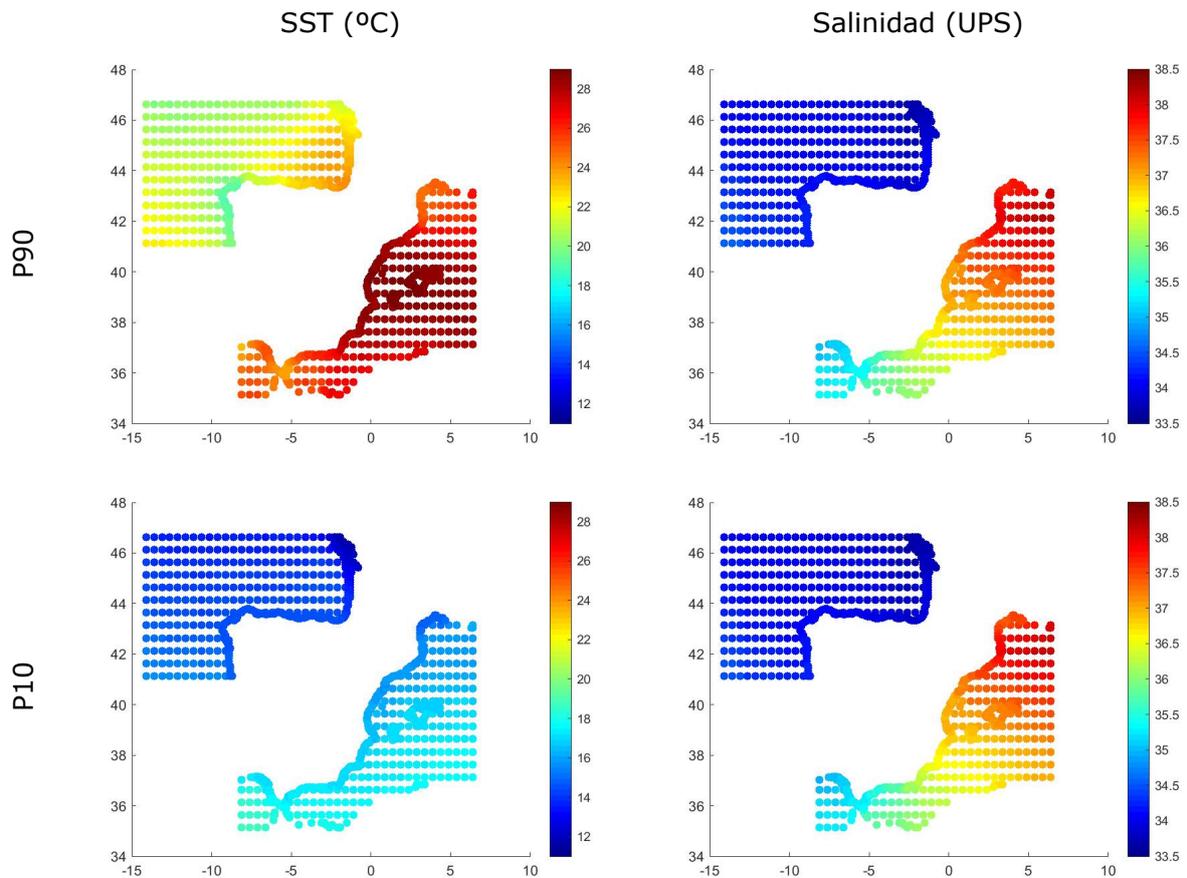


Figura 4. Cambio medio (incremento o decremento) respecto al periodo histórico y Valor medio, Percentil 90 y Percentil 10 en el escenario de largo plazo (2070-2100) de SST y salinidad.

Los resultados de PAR indican un incremento en el largo plazo en toda la zona de estudio, alcanzando el incremento máximo en la zona de las Rías Bajas en Galicia (hasta +6.2 Einstein/m²/día). El aumento del PAR es también alto en toda la costa Norte de la Península Ibérica, en el Golfo de León y la costa de Argelia. En cuanto a los parámetros proyectados, la radiación media más alta será en la zona sur del área de estudio, es decir, alrededor del Estrecho de Gibraltar (aproximadamente 35 Einstein/m²/día). El percentil 90 del PAR es muy similar en todo el área de estudio y el percentil 10 ligeramente menor hacia el norte.

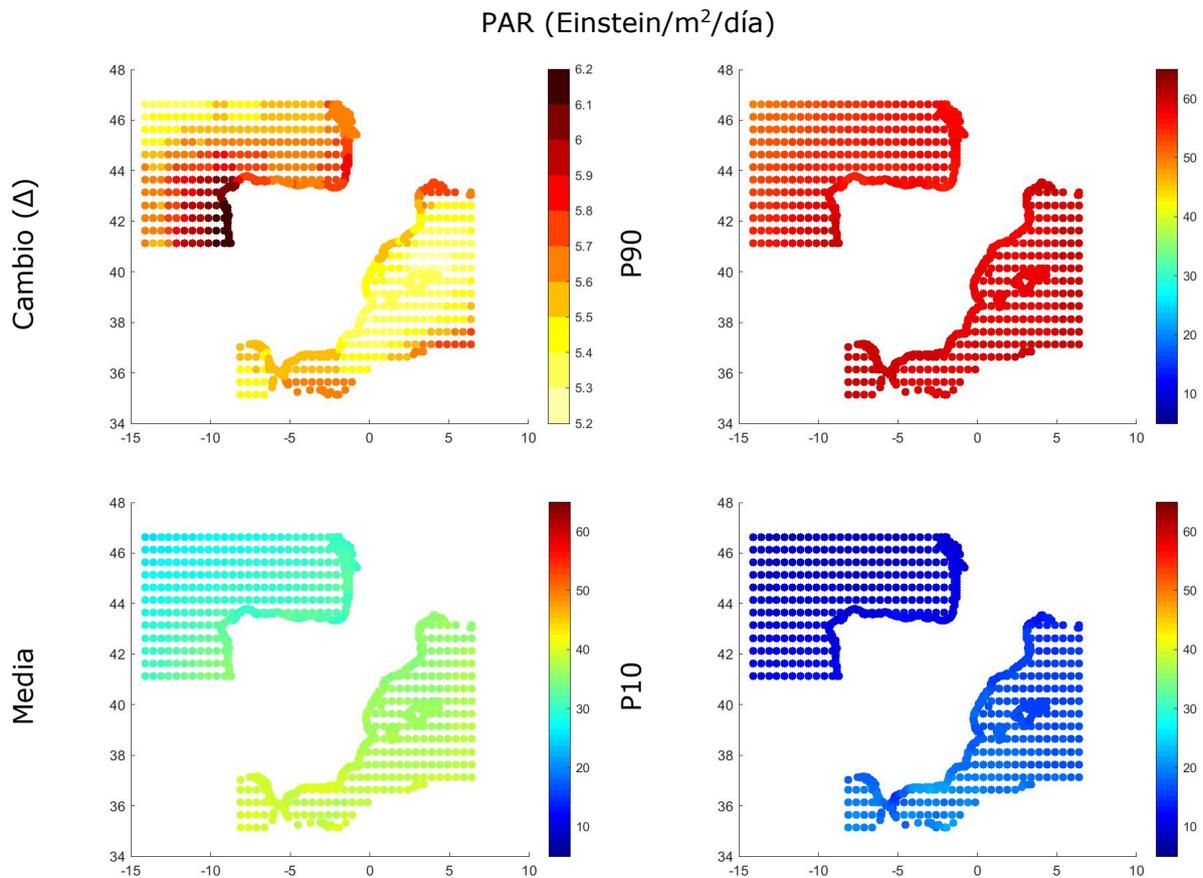


Figura 5. Cambio medio (incremento o decremento) respecto al periodo histórico y Valor medio, Percentil 90 y Percentil 10 en el escenario de largo plazo (2070-2100) de SST y salinidad.

2.3. Evaluación de la oportunidad de cultivo

2.3.1. Idoneidad biológica

La idoneidad biológica de las 15 especies piscícolas en el escenario futuro de cambio climático, así como la diferencia entre esta y la idoneidad biológica histórica están representadas en la Figura 6.

En el caso del bacalao, la idoneidad biológica disminuirá respecto al periodo histórico en toda el área de estudio. Las idoneidades serán bajas en general para el periodo 2070-2100, siendo los valores máximos de entre 0.35 y 0.45 en la zona norte del Atlántico (costa de Aquitania). En todo el Mediterráneo la idoneidad biológica será prácticamente 0. El factor limitante en este caso es la temperatura del agua (4-15°C).

El besugo también muestra una disminución en su idoneidad respecto al periodo histórico excepto en la zona de la costa de Barcelona. En el escenario futuro la idoneidad biológica será 0 en todo el Cantábrico y la zona de mar adentro en el Golfo de León debido a la salinidad mayor de 37.8. Por el contrario, las mayores idoneidades, entre 0.5 y 0.6, se observan en la costa del Golfo de Cádiz, en la del mar de Alborán y en la del Golfo de León.

Las especies corvina y dorada siguen el mismo patrón con prácticamente los mismos rangos de idoneidad biológica. Esta aumentará según los datos proyectados, excepto en el Mediterráneo SO donde disminuirá ligeramente. En cualquier caso, los valores de idoneidad

biológica en toda el área de estudio para corvina y dorada serán altos, entre 0.65 y 1. La lubina también sigue un patrón similar, con una idoneidad biológica para el escenario proyectado más baja en la zona central del Mediterráneo, de 0.85 para corvina y dorada a 0.7 para lubina. Esto se debe a su mayor restricción en el límite superior de la temperatura (26°C). Otra especie muy similar a la corvina y la dorada es la seriola, con el mismo umbral para la temperatura tan solo difiere en su idoneidad en el futuro en unos puntos localizados en el mar a la altura del Golfo de León, donde la salinidad aumentará y al ser el límite superior de esta especie su idoneidad biológica será de 0.

Los resultados obtenidos para el salmón atlántico y la trucha arco-iris son idénticos debido a que presentan los mismos umbrales para las variables físico-químicas. Estos resultados indican un descenso en su idoneidad biológica para el escenario futuro de cambio climático. En la mayoría de puntos de la malla este descenso es de entre 0.15 y 0.35. Las idoneidades más altas se encuentran en el Cantábrico, llegando a 0.7. La restricción en el Mediterráneo y Golfo de Cádiz se debe a su umbral de temperatura máxima (18°C).

El atún rojo y el mujil también presentan exactamente los mismos resultados. La idoneidad biológica aumenta entre 0 y 0.4 en toda el área de estudio excepto en unos puntos localizados en el mar del Golfo de León donde disminuye hasta 0.6. Esta disminución se debe a la salinidad, cuyos datos proyectados superan los 38 PSU en esta zona, siendo este el límite superior de las dos especies. En el resto del Mediterráneo la idoneidad biológica para el largo plazo será prácticamente 1.

A la especie cherna le sucede lo mismo en el mar del Golfo de León, el aumento de la salinidad proyectado hace que se superen los 37.8 PSU y por lo tanto la idoneidad biológica en esta zona es de 0. En el resto del Mediterráneo y el Golfo de Cádiz la idoneidad también será baja (<0.5), debido a la temperatura. Sin embargo, en las Rías Bajas (Galicia) y la franja norte del Cantábrico la idoneidad alcanzará valores de 0.9.

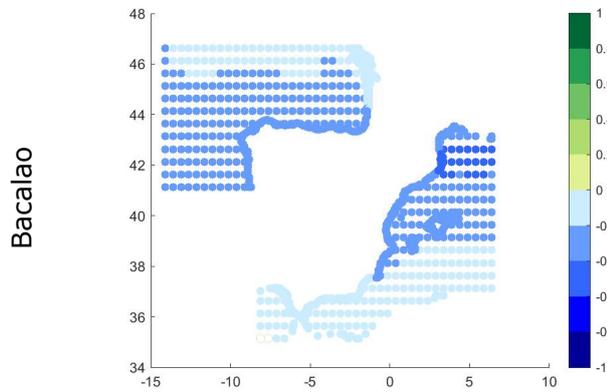
La idoneidad biológica del dentón disminuirá respecto al escenario histórico en todo el Atlántico (excepto la costa norte francesa). En el futuro escenario de cambio climático la idoneidad en el Cantábrico y Golfo de Cádiz será 0 debido al umbral inferior de la salinidad (35.4 PSU), mientras que en todo el Mediterráneo será de entre 0.9 y 1.

La idoneidad biológica del mero seguirá siendo 0 en la zona del Mediterráneo NO. Sin embargo, en una franja situada a la altura del Golfo de Valencia y Alicante aumentará debido a la disminución en la salinidad. En el resto del Mediterráneo y en el Golfo de Cádiz su idoneidad biológica disminuirá, mientras que en el Cantábrico aumentará. En la zona NO del Cantábrico la idoneidad será de entre 0.9 y 1.

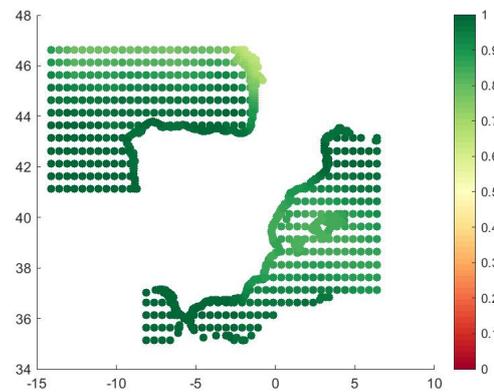
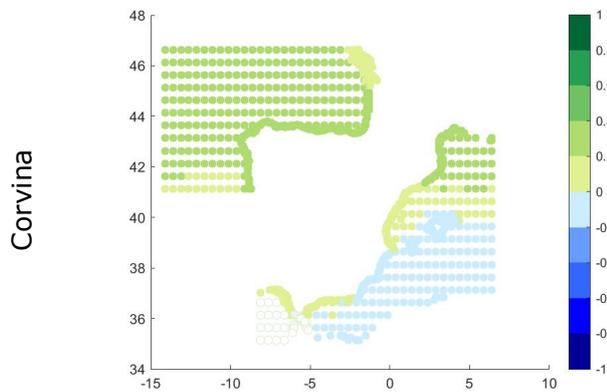
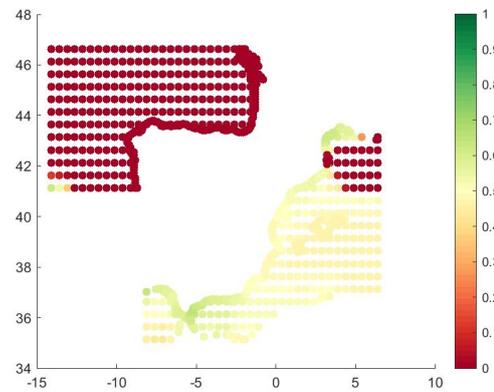
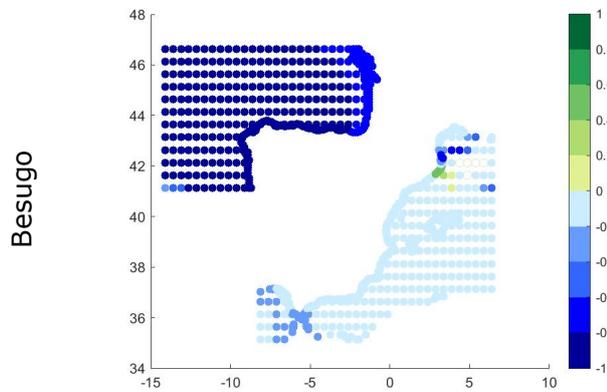
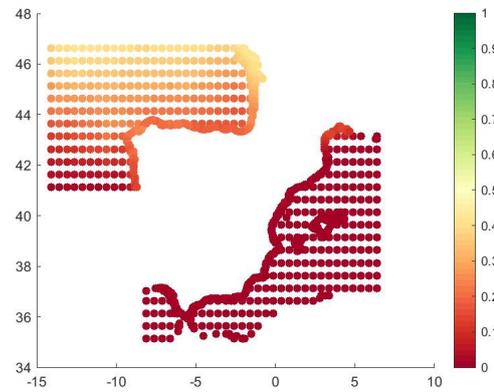
La lampuga mantendrá la misma idoneidad biológica en el Mediterráneo NO hasta el Golfo de Mazarrón, siendo 0. Sin embargo, debido a la disminución de la salinidad en la zona sur del Mediterráneo y el Golfo de Cádiz la idoneidad aumentará entre 0.4 y 0.6. En el Cantábrico, la idoneidad de esta especie seguirá siendo baja debido a la temperatura.

El mayor cambio en la idoneidad biológica del pargo se producirá en unos puntos localizados en el mar del Golfo de Vizcaya donde la salinidad aumentará superando los 38 PSU. Por ello, en esta zona la idoneidad biológica será de 0. En el resto del área de estudio la idoneidad será bastante alta (0.6-1), alcanzando los mayores valores en el Golfo de Cádiz, el mar de Alborán y el mar abierto a la altura de las Rías Bajas en Galicia.

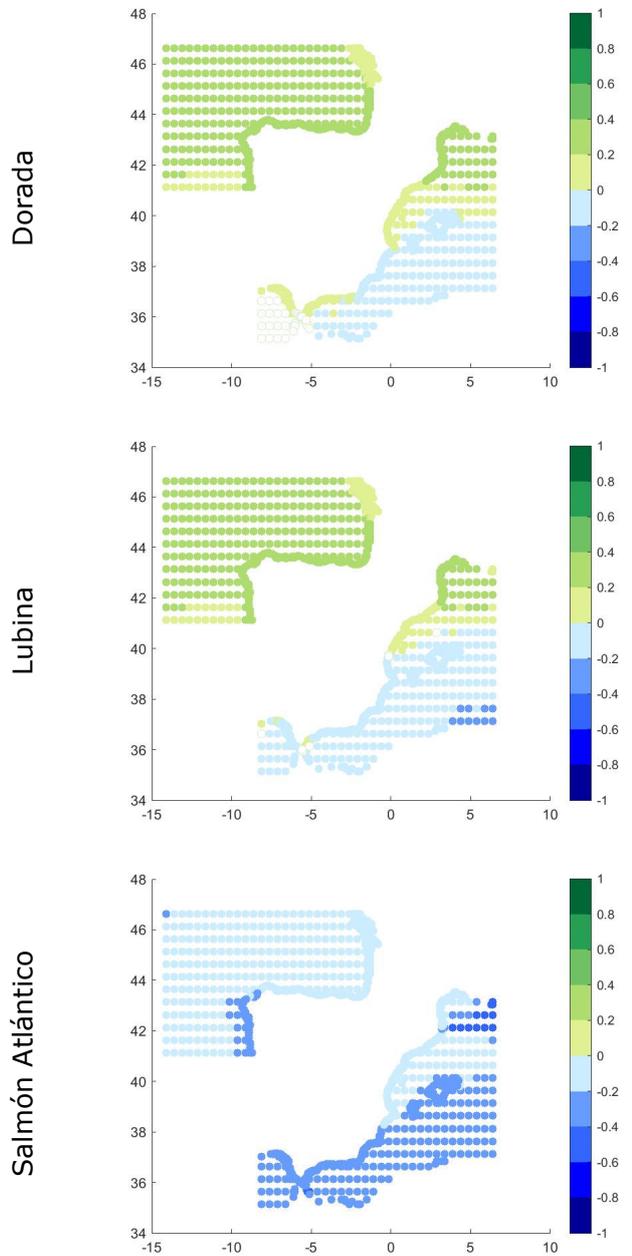
Diferencia largo plazo (2070-2100) vs periodo histórico (1985-2015)



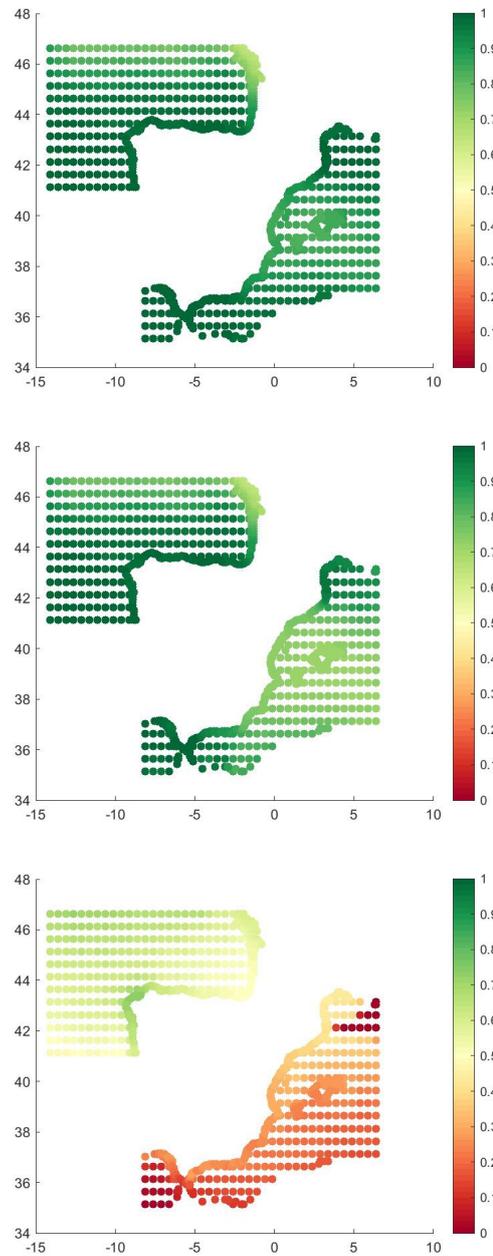
Idoneidad biológica a largo plazo (2070-2100)

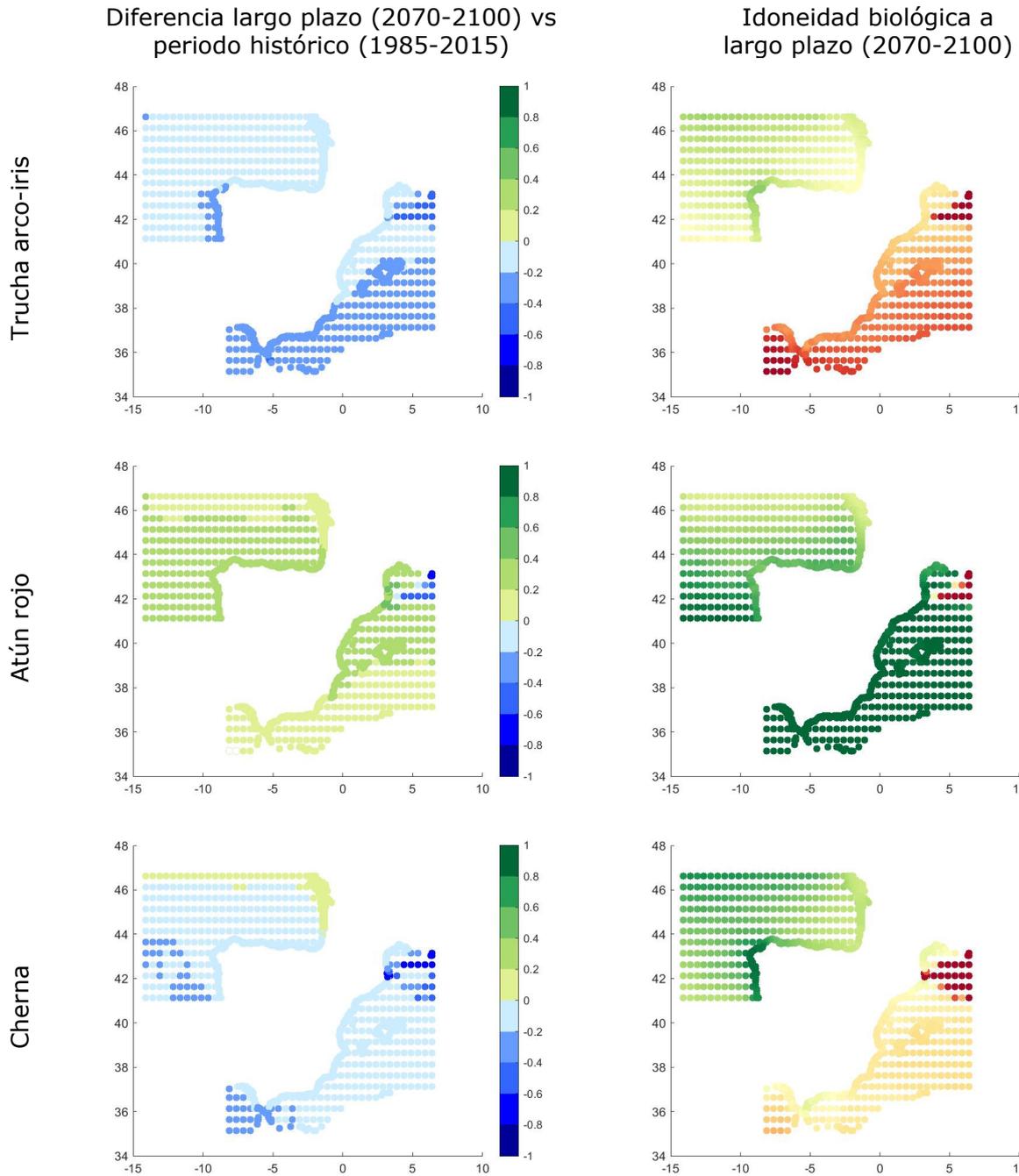


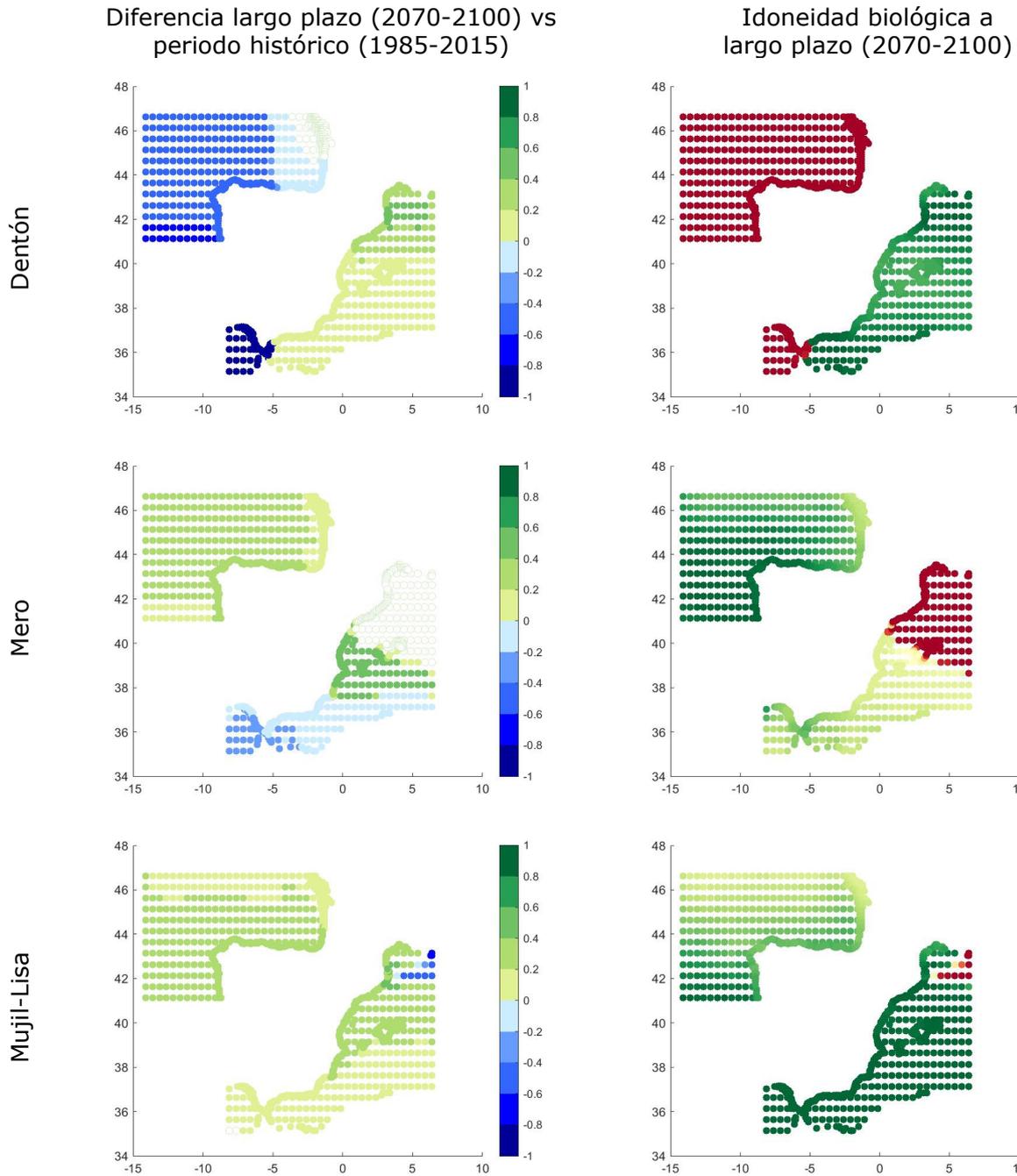
Diferencia largo plazo (2070-2100) vs periodo histórico (1985-2015)



Idoneidad biológica a largo plazo (2070-2100)







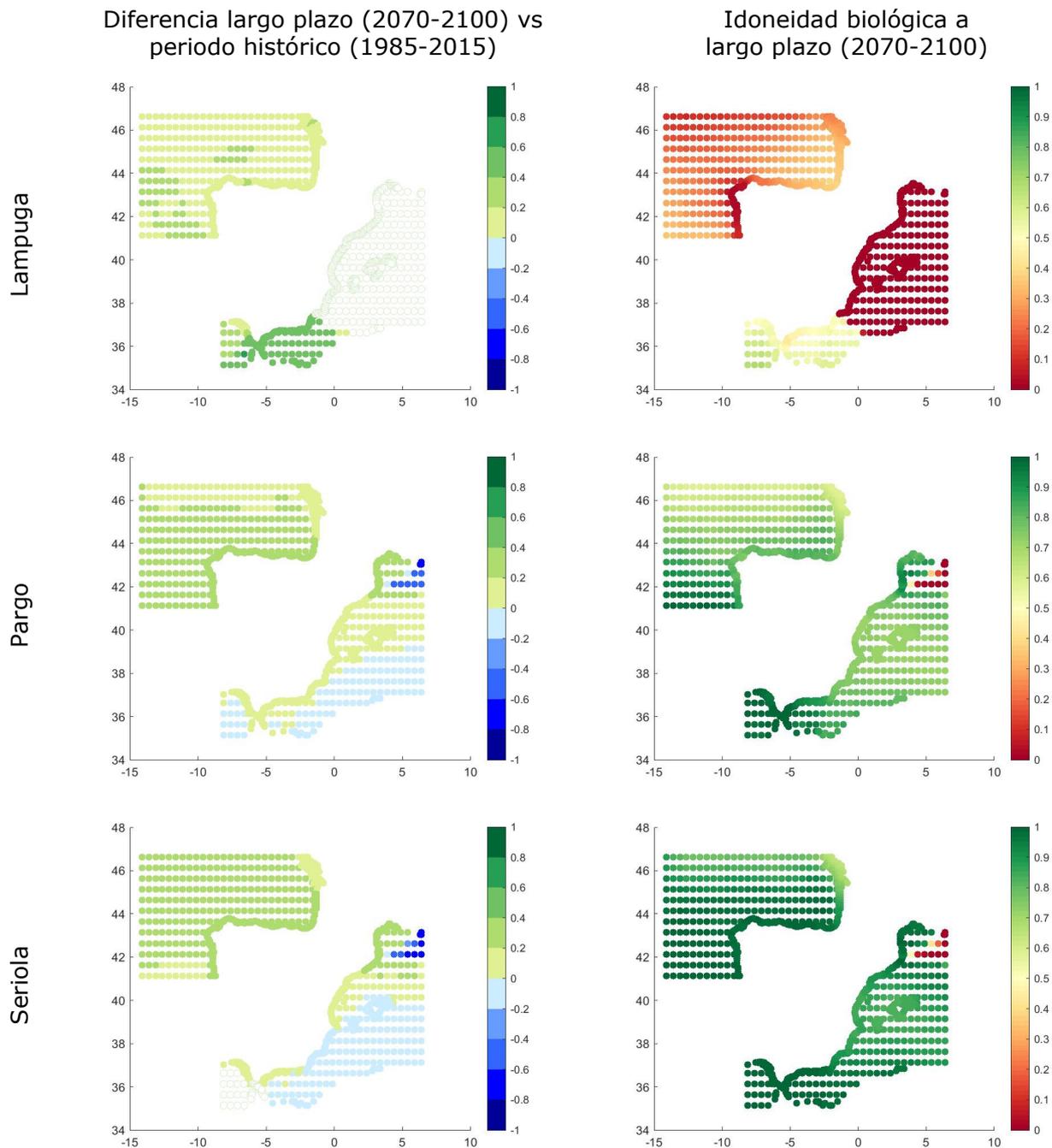


Figura 6. Variación espacial de la idoneidad biológica en el escenario de largo plazo (2070-2100) y cambio (incremento o decremento) respecto al periodo histórico de las especies piscícolas. Cuando no existe cambio el punto está representado en blanco.

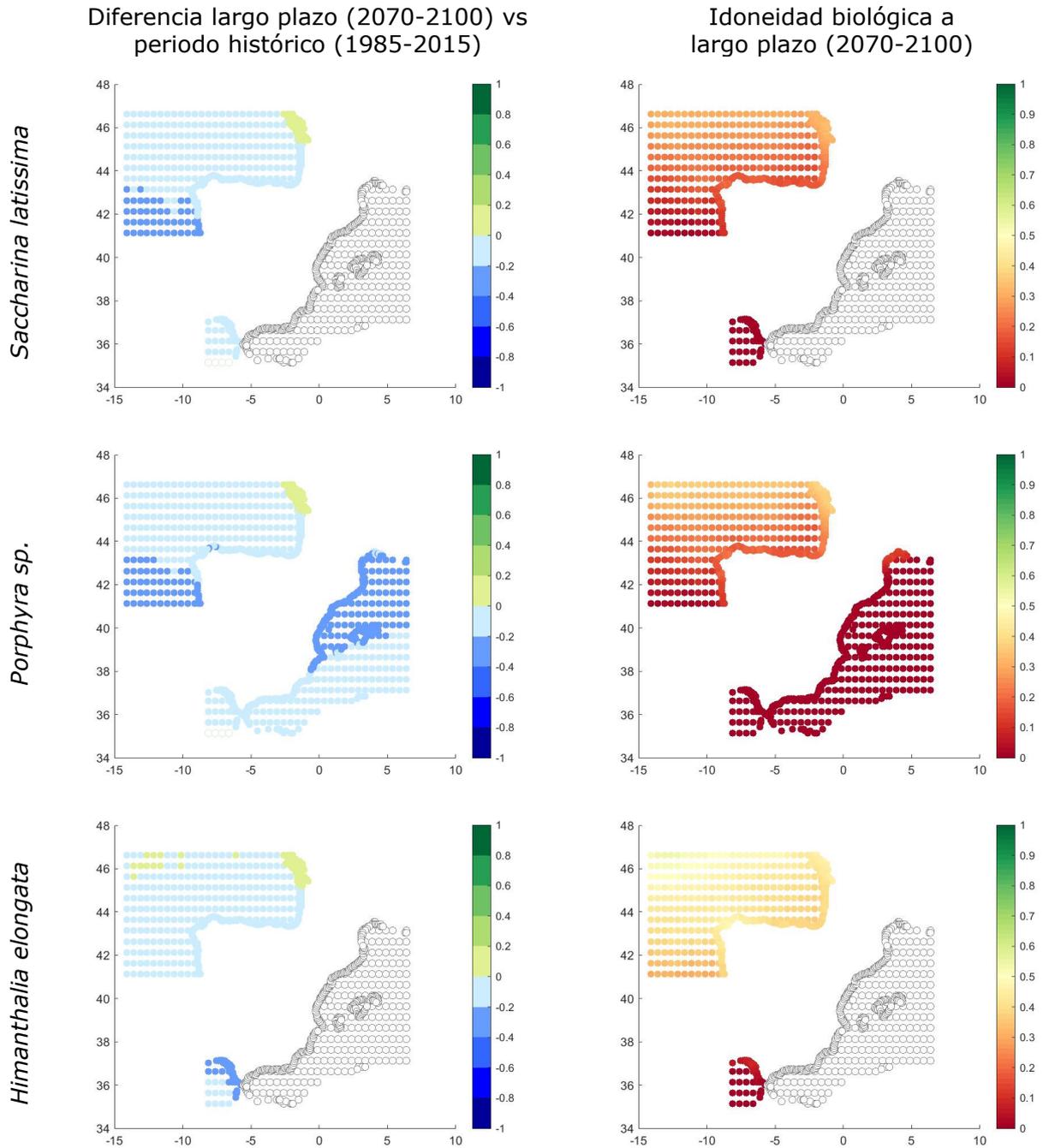
La Figura 7 muestra la idoneidad biológica de las 2 especies de macroalgas estudiadas en el escenario futuro, así como la diferencia entre esta y la idoneidad biológica histórica. Al igual que para los mapas actuales, al realizar el análisis en un escenario a largo plazo de cambio climático no se ha incluido la zona del Mediterráneo para *Himanthalia elongata* y *Saccharina latissima*. Ambas especies tienen su hábitat en aguas frías y no crecen en el Mediterráneo.

En general, se observan idoneidades biológicas bajas para las cinco especies de macroalgas estudiadas, siendo menor de 0.5 en todos los casos (excepto localizaciones concretas de la zona NO del Atlántico para *Himanthalia elongata*).

Los taxones *Saccharina latissima*, *Porphyra* sp. y *Chondrus crispus* siguen prácticamente el mismo patrón, disminuye su idoneidad biológica en toda el área de estudio excepto en la costa norte francesa donde aumenta ligeramente. Su idoneidad será prácticamente 0, menos en la zona norte del Cantábrico donde es de alrededor de 0.3 para *S. latissima* y *C. crispus* y 0.35 para *Porphyra* sp. Por lo tanto, sus idoneidades biológicas serán muy bajas en cualquier caso según los datos proyectados.

En el caso de *Himanthalia elongata*, también se observa una disminución de la idoneidad biológica excepto en la costa norte francesa y en este caso algunos puntos localizados del NO del océano Atlántico. Para esta especie la idoneidad será 0 en el Golfo de Cádiz. Sus idoneidades más altas serán en el Cantábrico (0.35-0.5).

Por último, la idoneidad biológica de *Codium tomentosum* también disminuirá en el área de estudio, excepto en la costa norte francesa y algunos puntos localizados del NO del océano Atlántico, pero con un grado de cambio mayor que *H. elongata*. En todo el Mediterráneo su idoneidad es prácticamente 0 y tan sólo en la zona norte del Cantábrico alcanzará una idoneidad de 0.25-0.3.



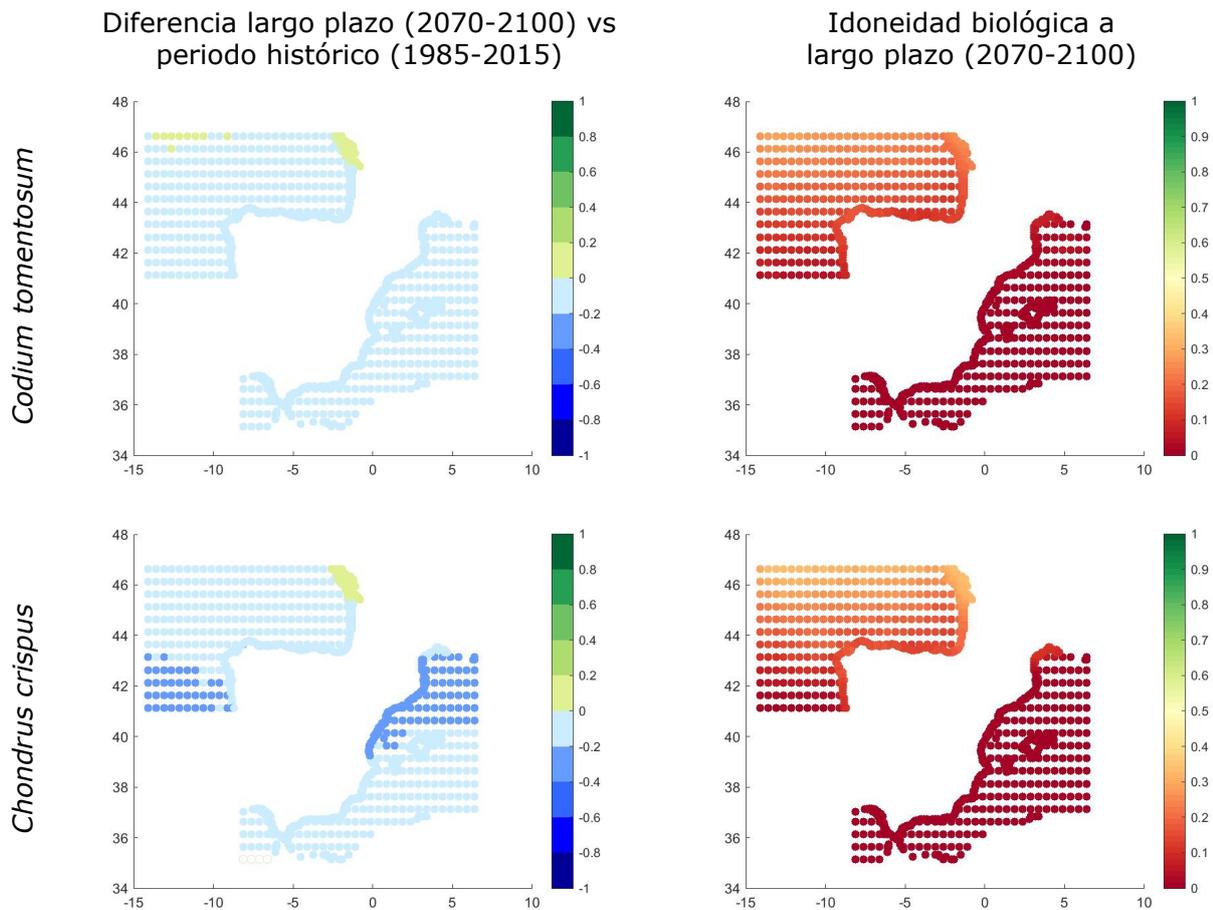


Figura 7. Variación espacial de la idoneidad biológica en el escenario de largo plazo (2070-2100) y cambio (incremento o decremento) respecto al periodo histórico de las especies de macroalgas. Cuando no existe cambio el punto está representado en blanco.

En las figuras 8 y 9 se representa para cada especie el cambio en la idoneidad biológica de los datos proyectados respecto al presente, considerando tres categorías: efecto positivo (la idoneidad biológica aumentará), sin efecto (la idoneidad biológica no se modificará) y efecto negativo (la idoneidad biológica disminuirá). El eje Y representa, en porcentaje, el número de puntos de la malla afectados por cada una de estas tres categorías. Como se puede observar, en las especies piscícolas hay una alta variabilidad en la respuesta. Por ejemplo, la trucha, el atún y el mujil tienen casi el 100% de los puntos con un efecto positivo en la idoneidad biológica. Corvina, dorada, pargo y seriola también tienen un mayor número de puntos con efecto positivo, pero en menor medida (60-90%). El patrón contrario lo siguen bacalao, besugo, salmón y trucha, disminuyendo la idoneidad biológica en casi el 100% de los puntos y cherna en el 85%. En una situación intermedia se encuentran lubina, dentón, mero y lampuga. Aunque en esta última especie en todos aquellos puntos cuya idoneidad no aumenta tan solo se mantiene sin efecto, no disminuye. En el caso de las macroalgas, la idoneidad biológica de todas las especies se verá afectada de forma negativa en el largo plazo en la mayor parte del área de estudio (alrededor del 90-80% de puntos de la malla). Esto se debe al aumento en la temperatura superficial del agua.

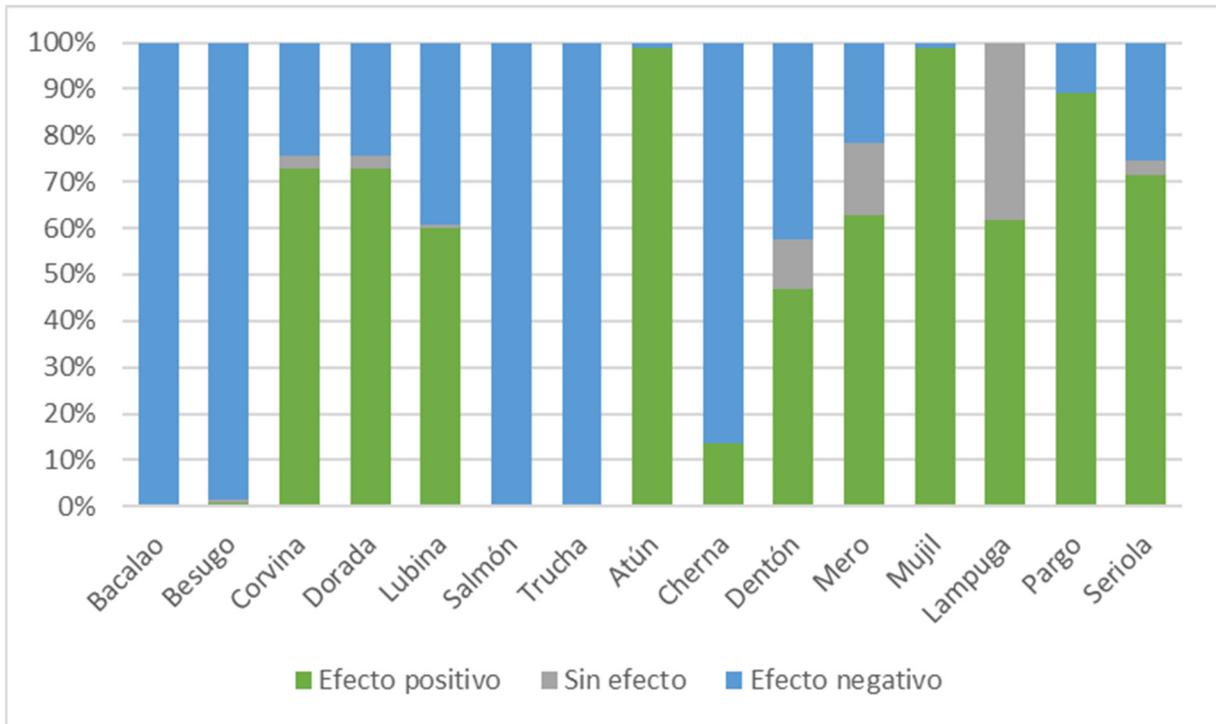


Figura 8. Gráfico en el que se compara el porcentaje de puntos de la malla en los que la idoneidad biológica aumentará en el escenario a largo plazo respecto al periodo histórico (Efecto positivo), disminuirá (Efecto negativo) o no se verá modificada (Sin efecto), para cada una de las especies de peces.

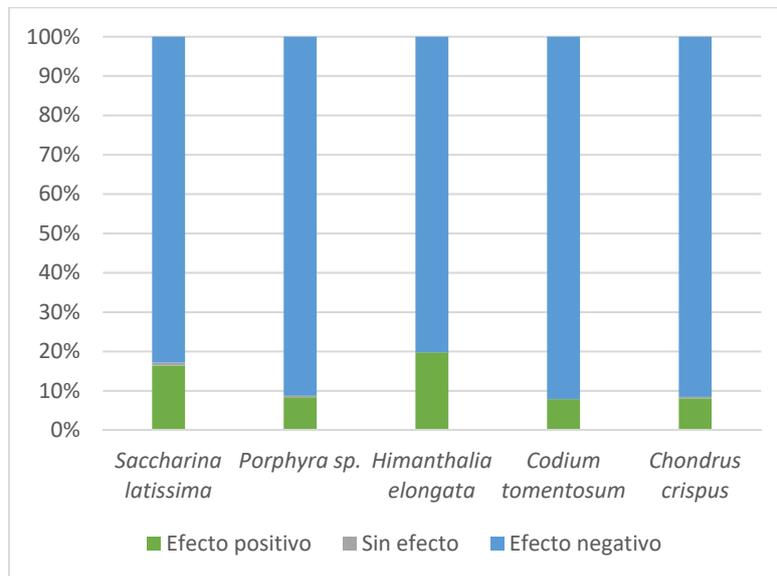


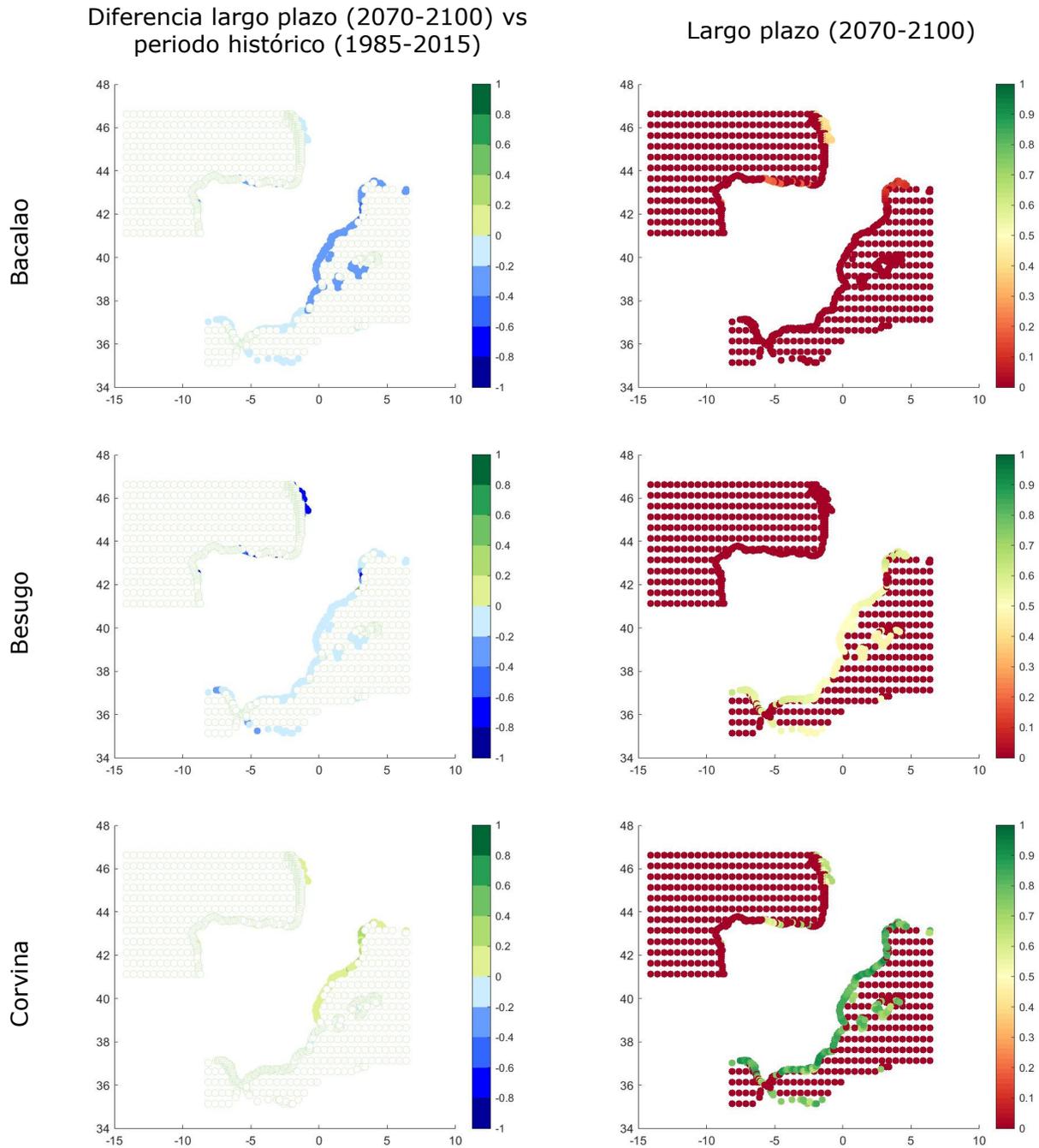
Figura 9. Gráfico en el que se compara el porcentaje de puntos de la malla en los que la idoneidad biológica aumentará en el escenario a largo plazo respecto al periodo histórico (Efecto positivo), disminuirá (Efecto negativo) o no se verá modificada (Sin efecto), para cada una de las especies de macroalgas.

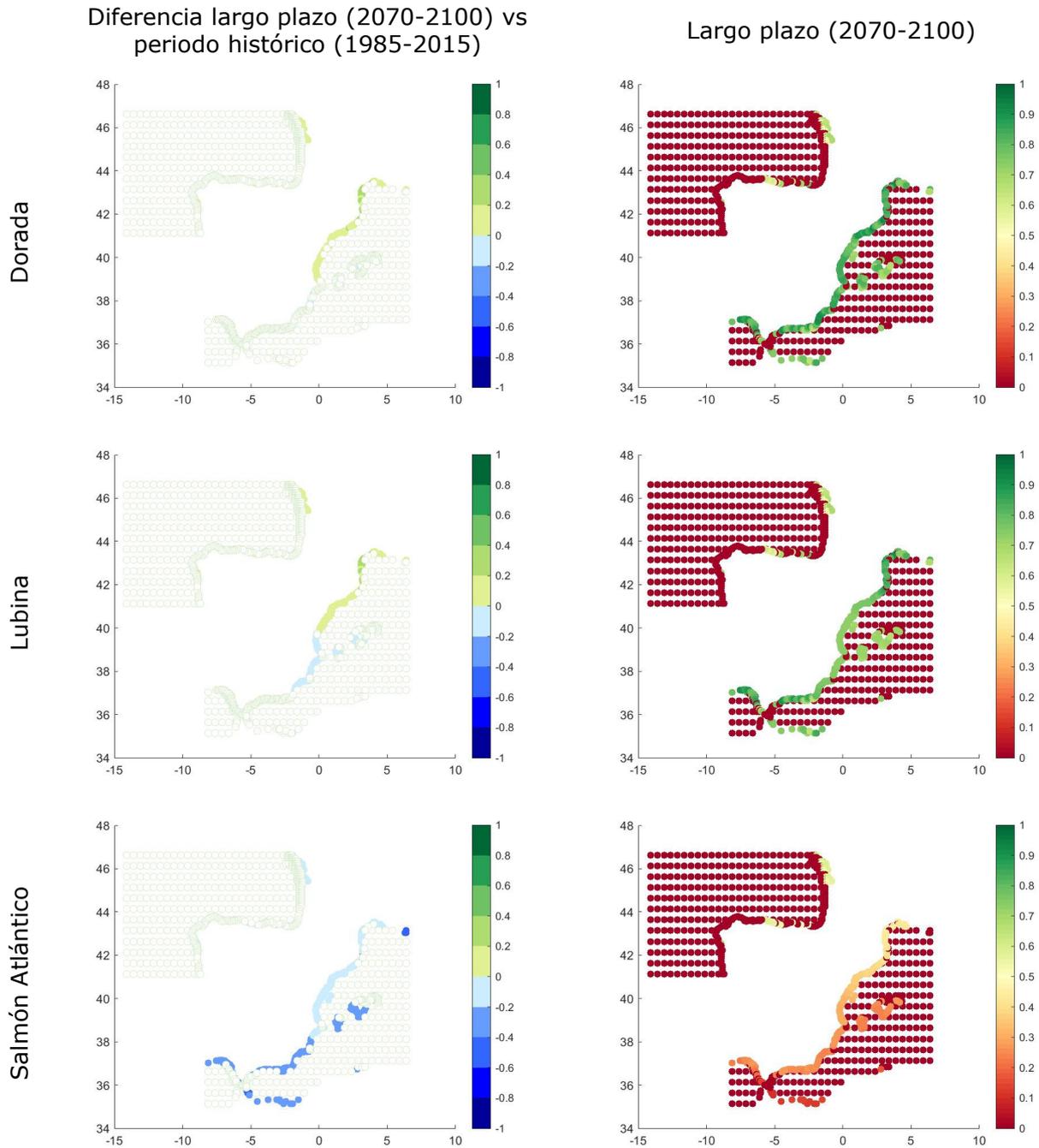
2.3.2. Oportunidad de cultivo

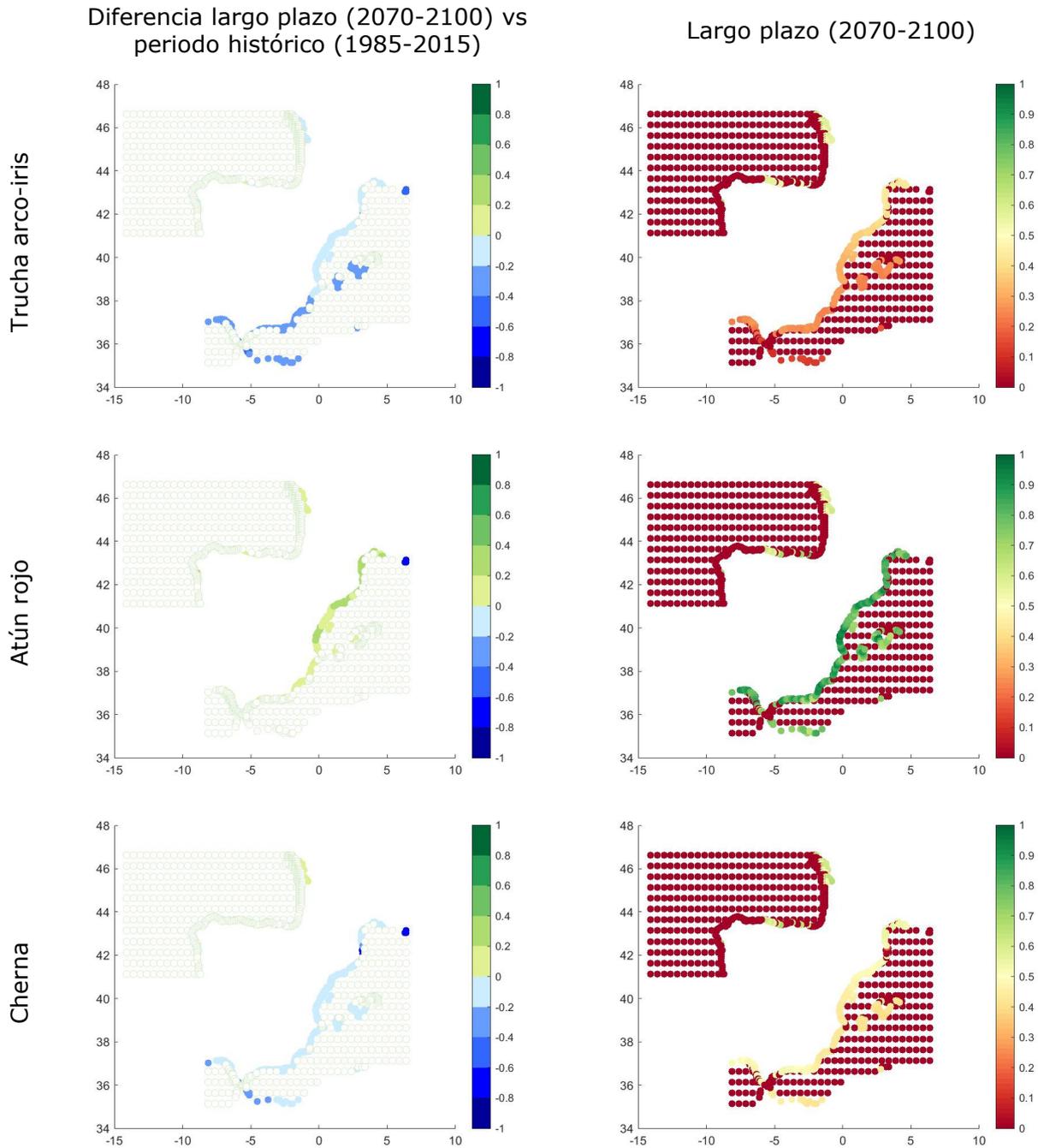
La oportunidad de cultivo de cada una de las especies estudiadas se valora a partir de la integración de su idoneidad biológica (para cada especie), la idoneidad estructural (para la jaula) y la idoneidad operativa (para la actividad). Las dos últimas idoneidades son propias de la zona de estudio, e independientes de la especie y, por tanto, son únicas y comunes para todas las especies. La oportunidad de cultivo a largo plazo para las especies piscícolas y la diferencia entre esta y el periodo histórico se muestra en la figura 10.

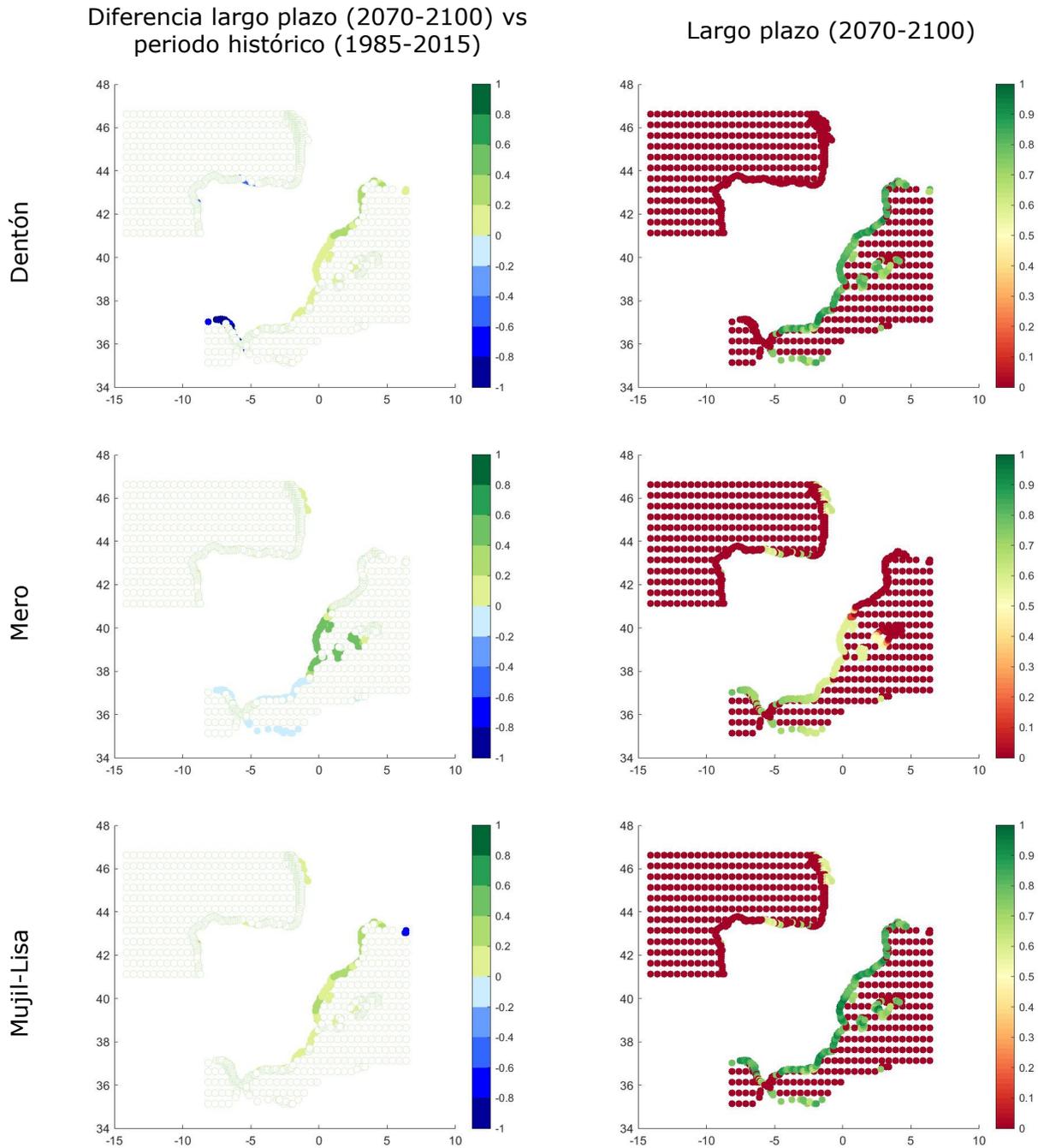
Al igual que en el presente, en el escenario proyectado en todos los puntos de mar abierto para todas las especies la oportunidad de cultivo es 0, debido a las restricciones en la idoneidad estructural. A lo largo de la costa la oportunidad de cultivo cambia según las variaciones en la idoneidad biológica, ya que esta está proyectada a futuro.

Respecto a las especies piscícolas, el bacalao disminuye su oportunidad de cultivo, será 0 en todo el Mediterráneo y de 0.4 en la costa francesa y de 0.2 en la mitad oriental del Cantábrico. La oportunidad de cultivo de besugo también disminuye en general, será 0 en todo el Cantábrico, y de entre 0.4 y 0.6 en el Golfo de Cádiz y Mediterráneo. Para la corvina y dorada la oportunidad de cultivo aumentará en la costa del Mediterráneo NO, siendo muy alta en todo el Mediterráneo y Golfo de Cádiz (0.8-1). En algunos puntos de la costa del Cantábrico oriental y norte de Francia será de aproximadamente 0.6, mientras que en el resto del Cantábrico será 0. La lubina también sigue un patrón similar a estas últimas dos especies, pero disminuyendo más en la costa de Valencia y Alicante. Lo mismo sucede con la seriola, pero con una disminución en la costa de Marsella donde la oportunidad de cultivo será 0. El salmón y la trucha disminuirán su oportunidad de cultivo en toda el área de estudio, excepto en la costa central del Cantábrico donde se mantiene. En cuanto al atún rojo y el mujil, la oportunidad de cultivo aumenta o se mantiene constante en toda el área de estudio. Aunque como sucedía con la seriola disminuye en la costa de Marsella donde será 0. Su oportunidad de cultivo será muy apta en la mayor parte de la costa mediterránea y Golfo de Cádiz. La oportunidad de cultivo de cherna disminuirá ligeramente en el Mediterráneo, quedando por debajo de 0.4, manteniéndose o aumentando también ligeramente en el Cantábrico donde será de entre 0.6 y 0.7. En todo el Cantábrico y Golfo de Cádiz la oportunidad de cultivo del dentón será de 0. En el Mediterráneo NO sin embargo su oportunidad aumentará, siendo en todo el Mediterráneo de entre 0.7 y 0.9 (muy apta). El mero solo aumentará su oportunidad de cultivo en la zona central del Mediterráneo y parte de la costa de Baleares. Sin embargo, la mayor oportunidad de cultivo será en la costa de Andalucía (0.7-0.8). En cuanto a la lampuga, aumenta o se mantiene en toda el área de estudio. Por último, el pargo también aumentará su oportunidad excepto en los dos puntos del Golfo de León.









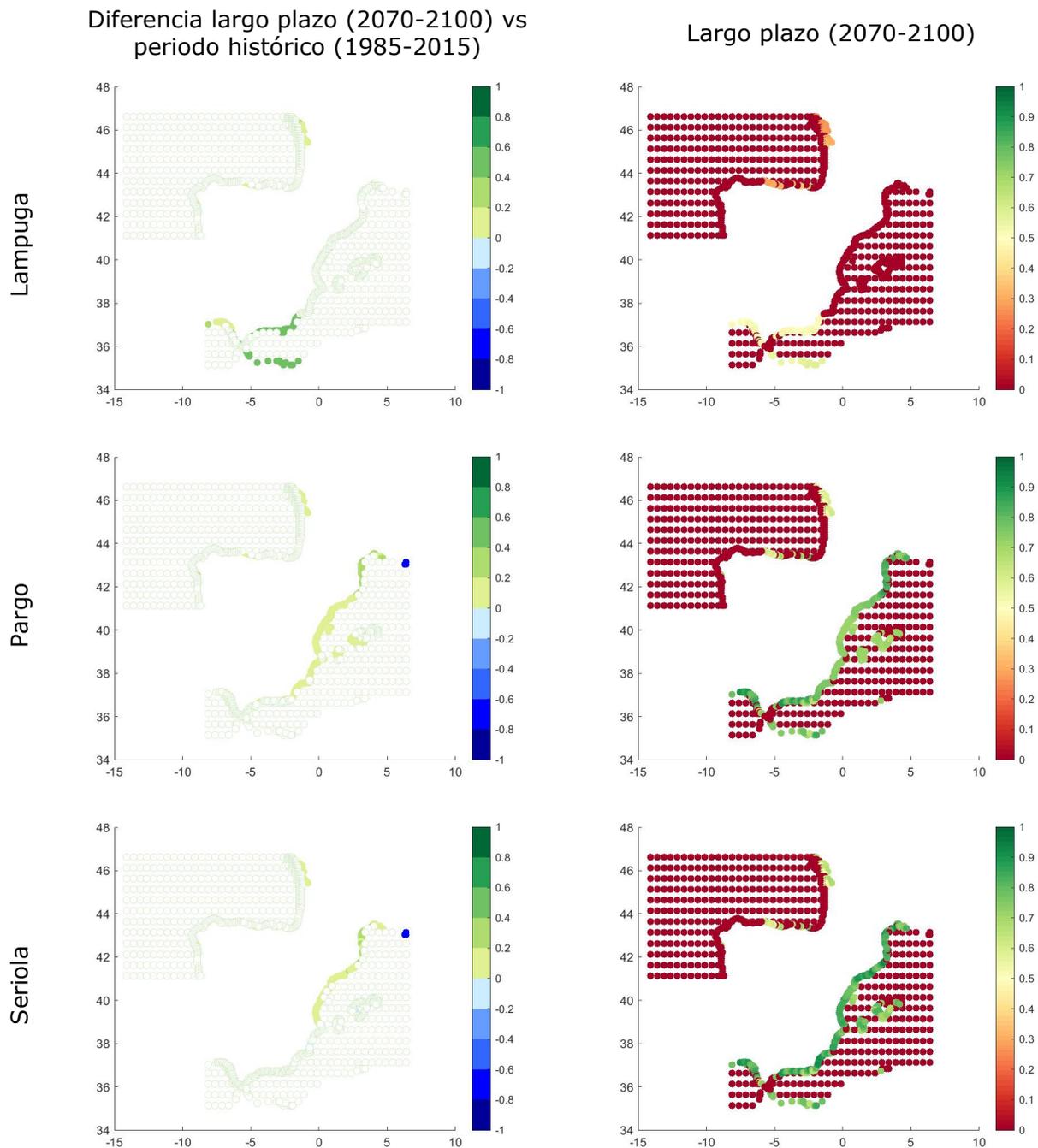
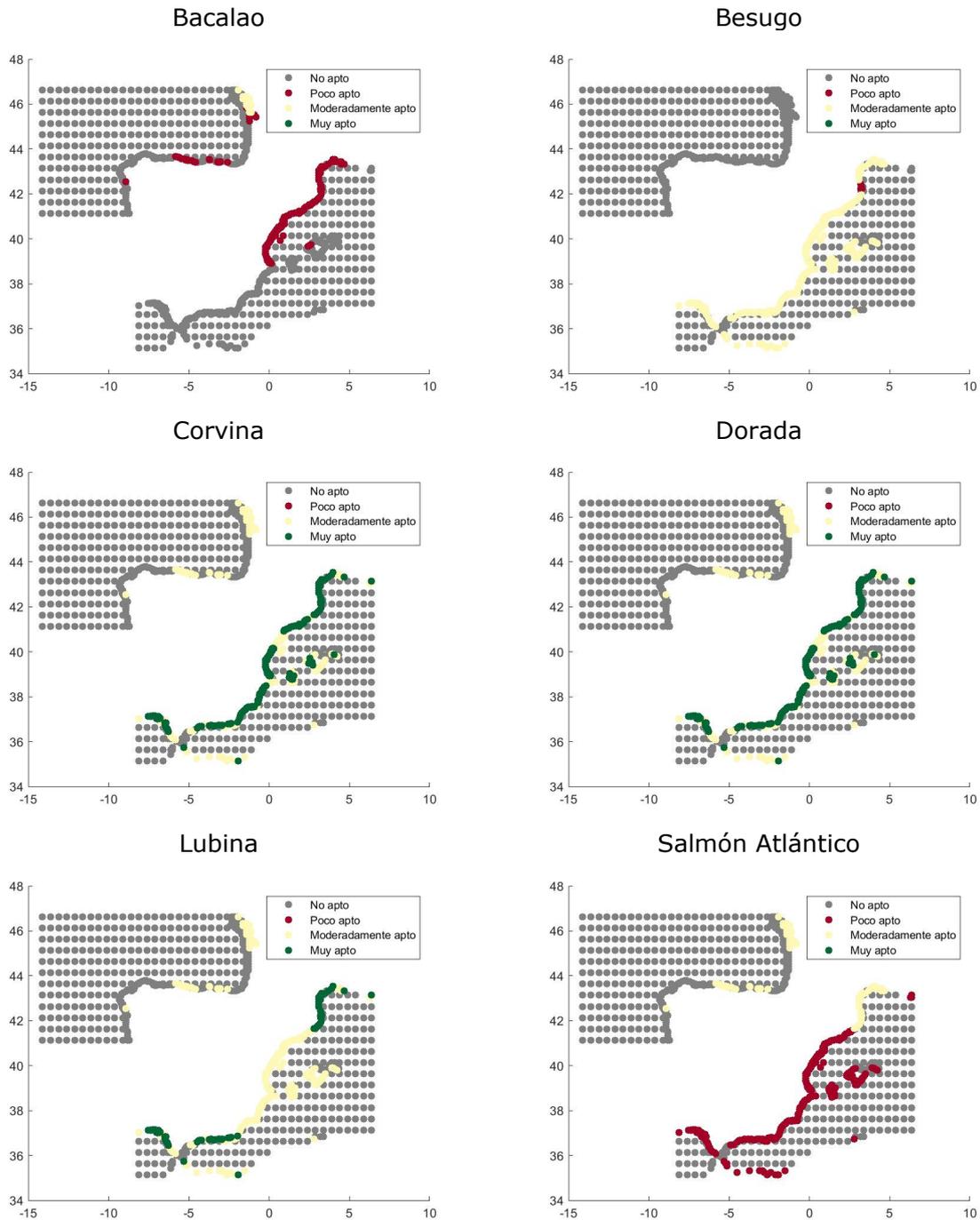
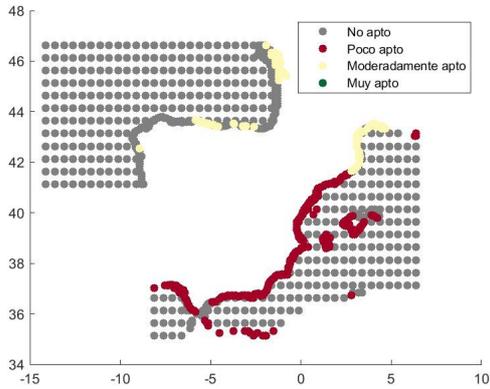


Figura 10. Variación espacial de la oportunidad de cultivo en el escenario de largo plazo (2070-2100) y cambio (incremento o decremento) respecto al periodo histórico de las especies piscícolas. Cuando no existe cambio el punto está representado en blanco.

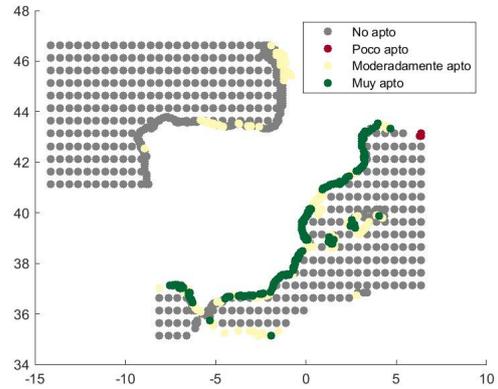
Se ha realizado la zonificación de la oportunidad de cultivo en cuatro categorías para discretizar el espacio marítimo: Zona muy óptima ($OC > 0.7$), Zona moderadamente óptima ($0.7 \geq OC > 0.4$), Zona poco óptima ($OC \leq 0.4$) y Zona no óptima ($OC = 0$) (Figura 11). La costa del Mediterráneo y Golfo de Cádiz será una zona muy apta para varias especies, como la corvina, la dorada, el atún rojo y el mujil. Además, la costa del Mediterráneo será muy apta para el dentón. Por otro lado, la zona del Golfo de León, Mar de Alborán y Cádiz será muy apta para la lubina, el pargo y la seriola.



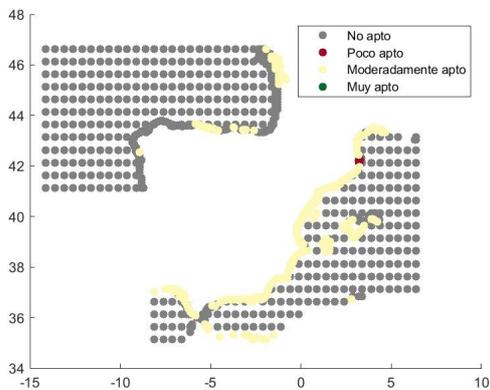
Trucha arco-iris



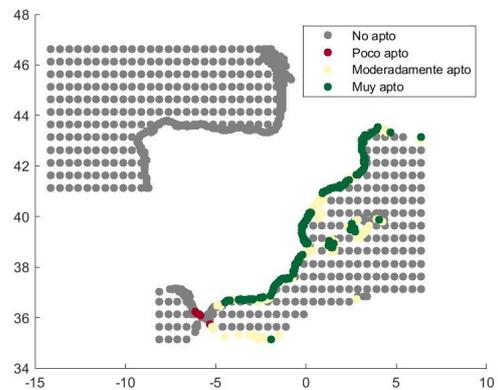
Atún rojo



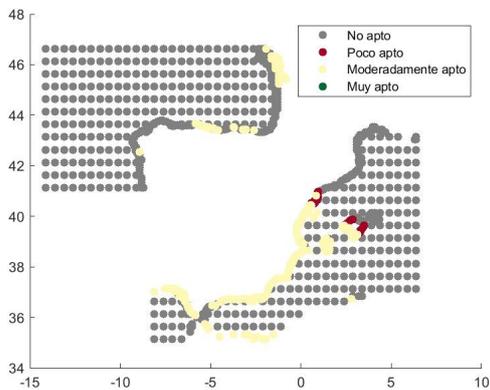
Cherna



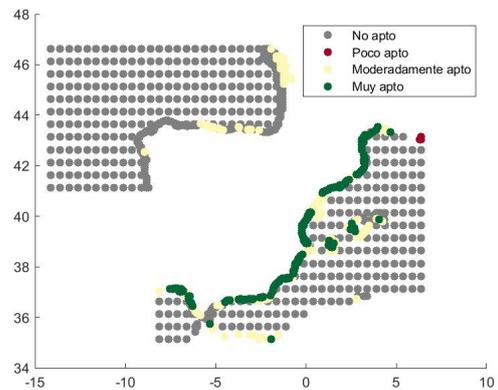
Dentón



Mero



Mujil-Lisa



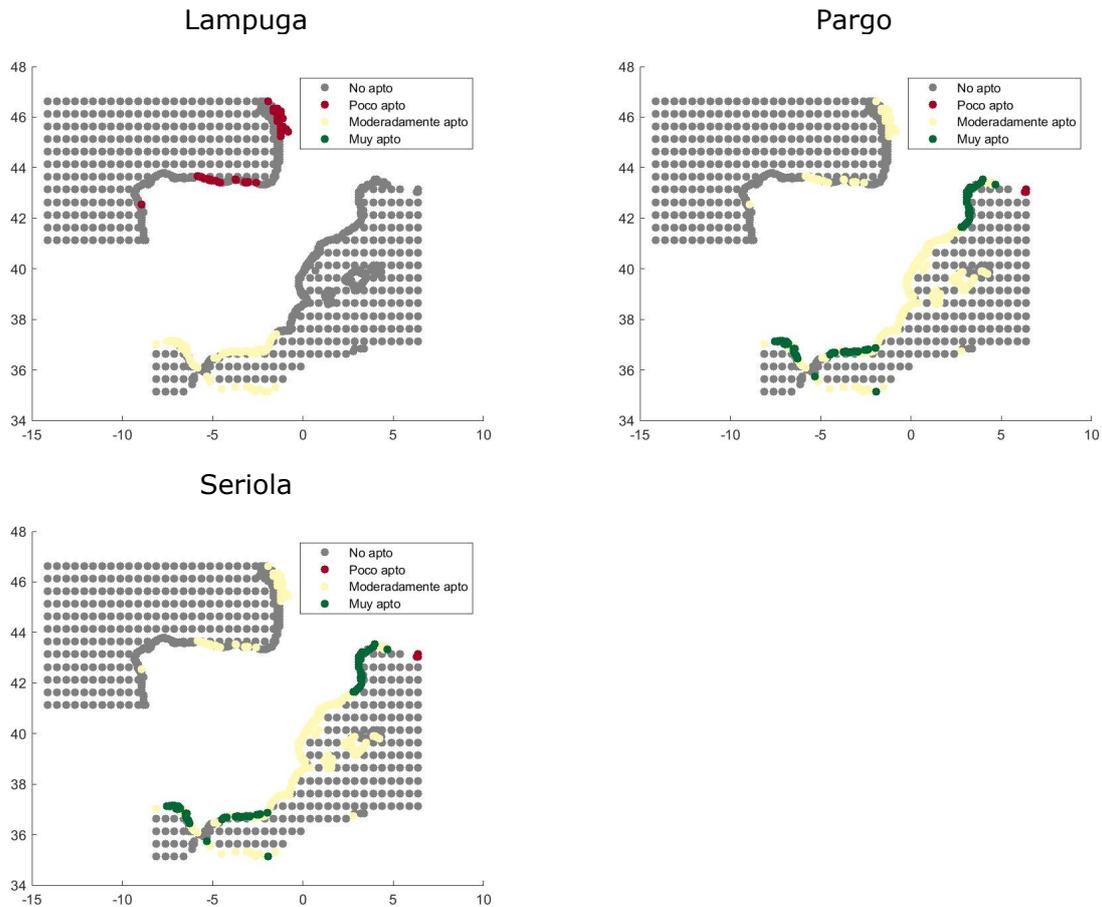
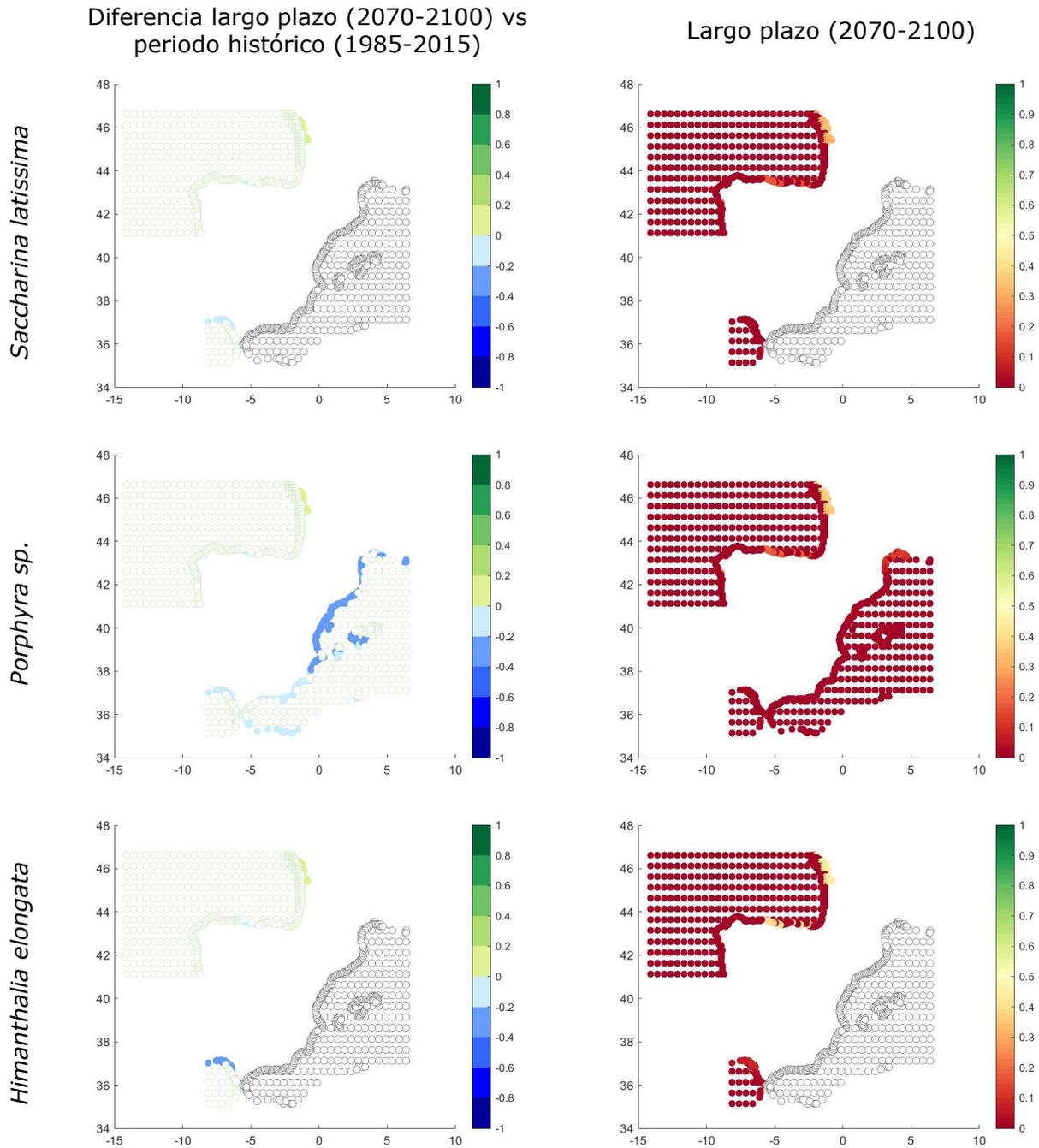


Figura 11. Zonificación de la oportunidad de cultivo de peces en el escenario de largo plazo (2070-2100).

La oportunidad de cultivo de las especies de macroalgas en el futuro escenario de cambio climático, así como la diferencia entre esta y el presente se representa en la Figura 12. En cuanto a las macroalgas, la oportunidad de cultivo es baja en toda el área de estudio y para todas las especies. En cuanto al cambio respecto a la situación actual, todas las especies siguen el mismo patrón, disminuyendo en la mayor parte del Mediterráneo y Golfo de Cádiz y aumentando en la costa norte francesa, siendo todos estos cambios de baja magnitud. Las especies *Saccharina latissima*, *Porphyra* sp., *Chondrus crispus* y *Codium tomentosum* muestran una oportunidad de cultivo de 0 en toda el área de estudio, excepto el Cantábrico central y el norte de Francia y el NO Mediterráneo donde es de entre 0.1 y 0.4 (exceptuando *Saccharina latissima* en esta última zona). Para *Codium tomentosum* también está en este rango la oportunidad de cultivo en toda la costa del Mediterráneo y Golfo de Cádiz. En el caso de *Himanthalia elongata* aunque la oportunidad es también baja, alcanzará valores de 0.45 en la zona central del Cantábrico, un punto en las Rías Bajas y norte de Francia.



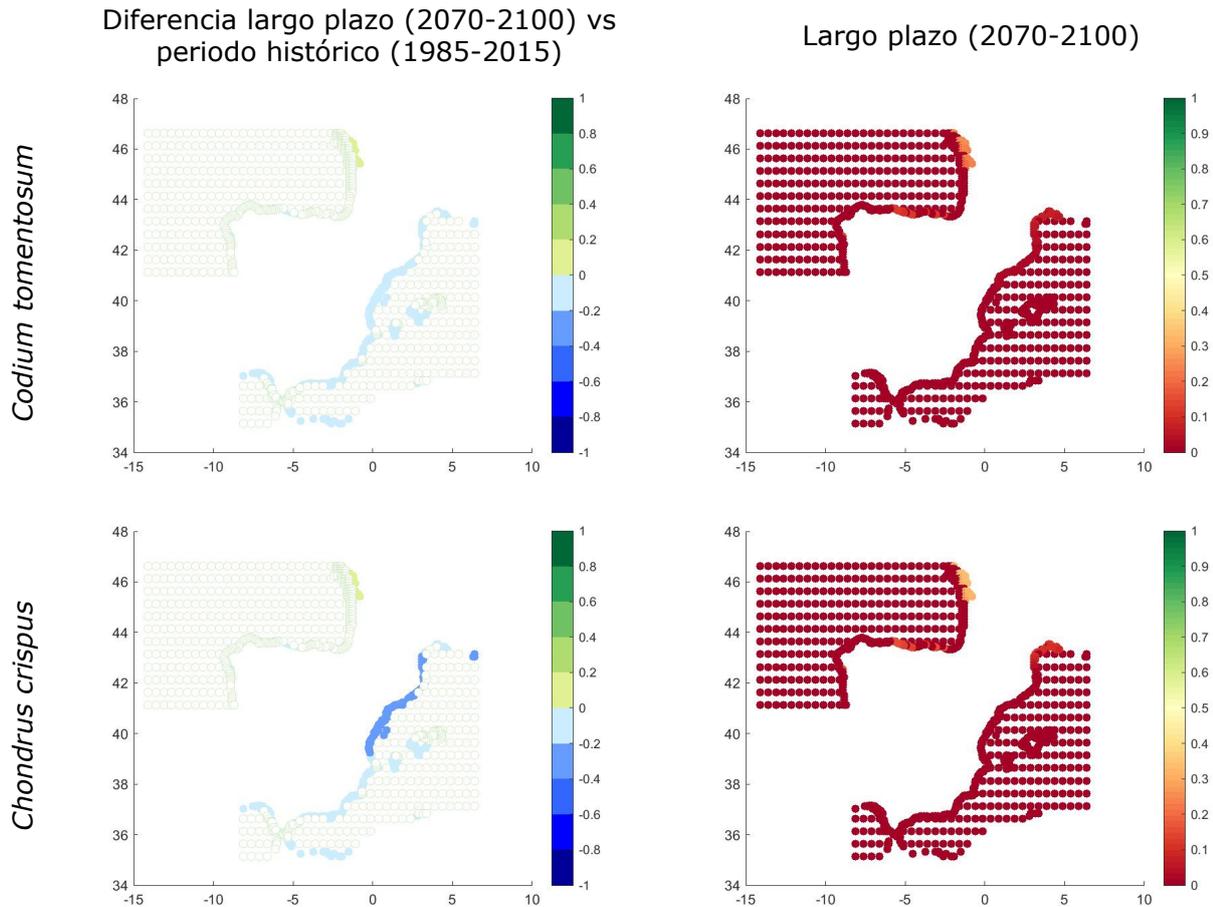


Figura 12. Variación espacial de la oportunidad de cultivo en el escenario de largo plazo (2070-2100) y cambio (incremento o decremento) respecto al periodo histórico de las especies de macroalgas. Cuando no existe cambio el punto está representado en blanco.

Además, la zonificación en el escenario futuro se puede observar en la Figura 13. tan sólo la costa francesa y algunos puntos en el centro de la costa Cantábrica y Galicia serán moderadamente aptos para *Himanthalia elongata*. El resto de zonas serán no aptas o poco aptas para todas las especies.

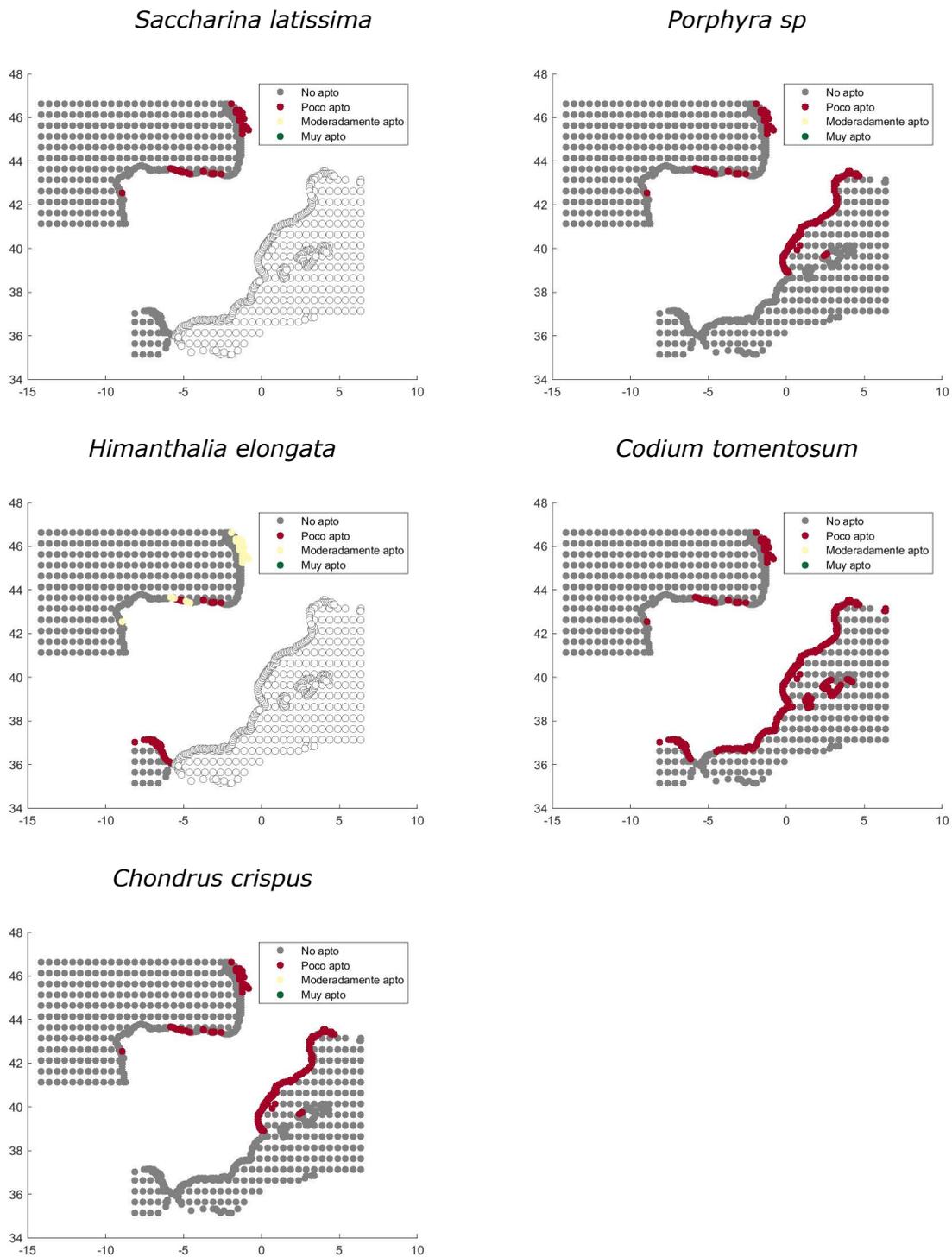


Figura 13. Zonificación de la oportunidad de cultivo de macroalgas en el escenario de largo plazo (2070-2100).

3. CONCLUSIONES DE LA ACTIVIDAD

En cuanto a las variables, las proyecciones del escenario RCP8.5 a largo plazo (2070-2100) indican un aumento de la temperatura superficial del agua en toda el área de estudio ($> 1.6^{\circ}\text{C}$), sobretodo en el NO Mediterráneo ($> 3^{\circ}\text{C}$). La salinidad, sin embargo, muestra una disminución en este escenario (hasta -1.6 UPS), excepto en la zona del Golfo de León, donde aumenta ligeramente (entre 0 y 0.4 UPS). El PAR también aumentará (> 5.3 Einstein/ $\text{m}^2/\text{día}$), siendo este aumento aún más marcado en las Rías Bajas Gallegas ($6-6.1$ Einstein/ $\text{m}^2/\text{día}$).

La idoneidad biológica obtenida con los datos proyectados muestra valores muy bajos para todas las especies de macroalgas, siendo menor de 0.35, excepto para *Himanthalia elongata*, cuya idoneidad biológica alcanza un valor de 0.5 en algunos puntos del Cantábrico. La idoneidad biológica es baja en el escenario presente, pero en los datos proyectados la disminución se acentúa. En cuanto a la zonificación, tan sólo la costa francesa y ciertas localizaciones de la costa central Cantábrica y Galicia serán moderadamente aptos para *Himanthalia elongata*. El resto de zonas serán no aptas o poco aptas para todas las especies.

Las especies piscícolas siguen distintos patrones en el escenario proyectado. Las especies con un amplio rango de tolerancia en las condiciones de SST y salinidad mantienen una idoneidad biológica alta (cercana a 1 en algunos casos). En este grupo de especies se encuentran atún, corvina, mujil, pargo y seriola, así como dorada y lubina. El bacalao, especie con una mayor preferencia de aguas frías, disminuirá su idoneidad biológica, sobre todo en el Atlántico y especies como cherna, lampuga, salmón y trucha, también con preferencia por aguas frías, pero un rango de tolerancia más amplio, experimentarán una disminución de su idoneidad biológica, pero de menor entidad.

Las especies besugo y dentón disminuirán su idoneidad biológica en toda el área de estudio, especialmente en el Atlántico, debido a que el límite inferior en su rango de salinidad es de 12 UPS y esta variable disminuirá en la zona según las proyecciones de cambio climático. Lo contrario sucede con lampuga y mero, cuya idoneidad biológica aumentará ligeramente debido a la disminución en la salinidad. Para la lampuga ocurrirá en la zona sur del Mediterráneo y el Golfo de Cádiz y para el mero en el Golfo de Valencia y Alicante.

En cuanto a la zonificación en el escenario proyectado, la costa del Mediterráneo y Golfo de Cádiz serán zonas muy aptas para especies como corvina, dorada, atún rojo y mujil. Además, la costa del Mediterráneo será muy apta para el dentón. Por otro lado, la zona del Golfo de León, Mar de Alborán y Cádiz será muy apta para lubina, pargo y seriola.

4. REFERENCIAS

- de la Hoz, C.F., Ramos, E., Acevedo, A., Puente, A., Losada, I.J., 2018. OCLE: A European open access database on climate change effects on littoral and oceanic ecosystems. *Progress in Oceanography*, 168: 222-231.
- Field, C.B., V.R. Barros, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, M. van Aalst, W.N. Adger, D.J. Arent, J. Barnett, R. Betts, T.E. Bilir, J. Birkmann, J. Carmin, D.D. Chadee, A.J. Challinor, M. Chatterjee, W. Cramer, D.J. Davidson, Y.O. Estrada, J.-P. Gattuso, Y. Hijikata, O. Hoegh-Guldberg, H.Q. Huang, G.E. Insarov, R.N. Jones, R.S. Kovats, P. Romero-Lankao, J.N. Larsen, I.J. Losada, J.A. Marengo, R.F. McLean, L.O. Mearns, R. Mechler, J.F. Morton, I. Niang, T. Oki, J.M. Olwoch, M. Opondo, E.S. Poloczanska, H.-O. Pörtner, M.H. Redsteer, A. Reisinger, A. Revi, D.N. Schmidt, M.R. Shaw, W. Solecki, D.A. Stone, J.M.R. Stone, K.M. Strzepek, A.G. Suarez, P. Tschakert, R. Valentini, S. Vicuña, A. Villamizar, K.E. Vincent, R. Warren, L.L. White, T.J. Wilbanks, P.P. Wong, and G.W. Yohe, 2014: Technical summary. In: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 35-94.
- IPCC, 2014. *Climate change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (Geneva, Switzerland).
- IPCC, 2019. *Summary for Policymakers. In: IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate* [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N. Weyer (eds.)]. In press.
- Taylor, K.E., Stouffer, R.J., Meehl, G.A., 2012. An overview of CMIP5 and the experiment design. *Bull. Am. Meteorol. Soc.* 93, 485-498. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-11-00094.1>.

APÉNDICE A



APÉNDICE A. ANEJO CARTOGRÁFICO. OPORTUNIDAD DE CULTIVO DE LAS ESPECIES DE INTERÉS

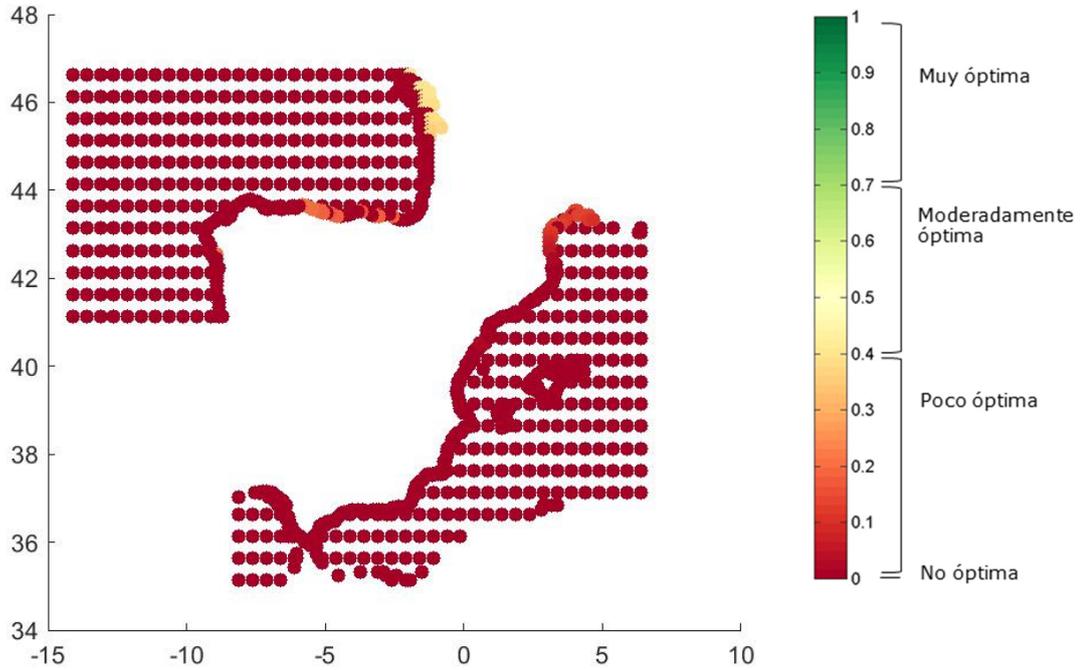
La selección de especies de peces (15) y macroalgas (5) de interés para la acuicultura comprende:

- Ficha 1. Bacalao.
- Ficha 2. Besugo.
- Ficha 3. Corvina.
- Ficha 4. Dorada.
- Ficha 5. Lubina.
- Ficha 6. Salmón Atlántico.
- Ficha 7. Trucha arco-iris.
- Ficha 8. Atún rojo.
- Ficha 9. Cherna.
- Ficha 10. Dentón.
- Ficha 11. Mero.
- Ficha 12. Mujil-Lisa.
- Ficha 13. Lampuga.
- Ficha 14. Pargo.
- Ficha 15. Seriola.
- Ficha 16. *Saccharina Latissima*.
- Ficha 17. *Porphyra sp.*
- Ficha 18. *Himanthalia elongata*.
- Ficha 19. *Codium tomentosum*.
- Ficha 20. *Chondrus crispus*.

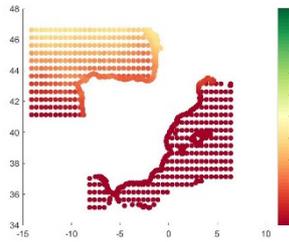
Las siguientes páginas recogen una ficha resumen para cada especie en la que se incluyen los mapas de probabilidad de la Oportunidad de Cultivo, la Idoneidad Biológica, la Idoneidad Estructural, e Idoneidad Operativa en el escenario futuro de largo plazo considerando el RCP8.5.

1. BACALAO (*GADUS MORHUA*)

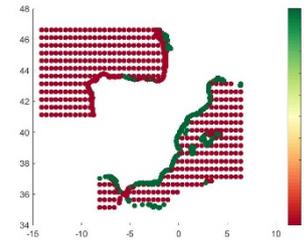
OPORTUNIDAD DE CULTIVO



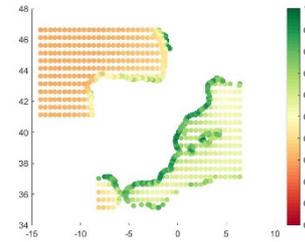
IDONEIDAD BIOLÓGICA



IDONEIDAD ESTRUCTURAL

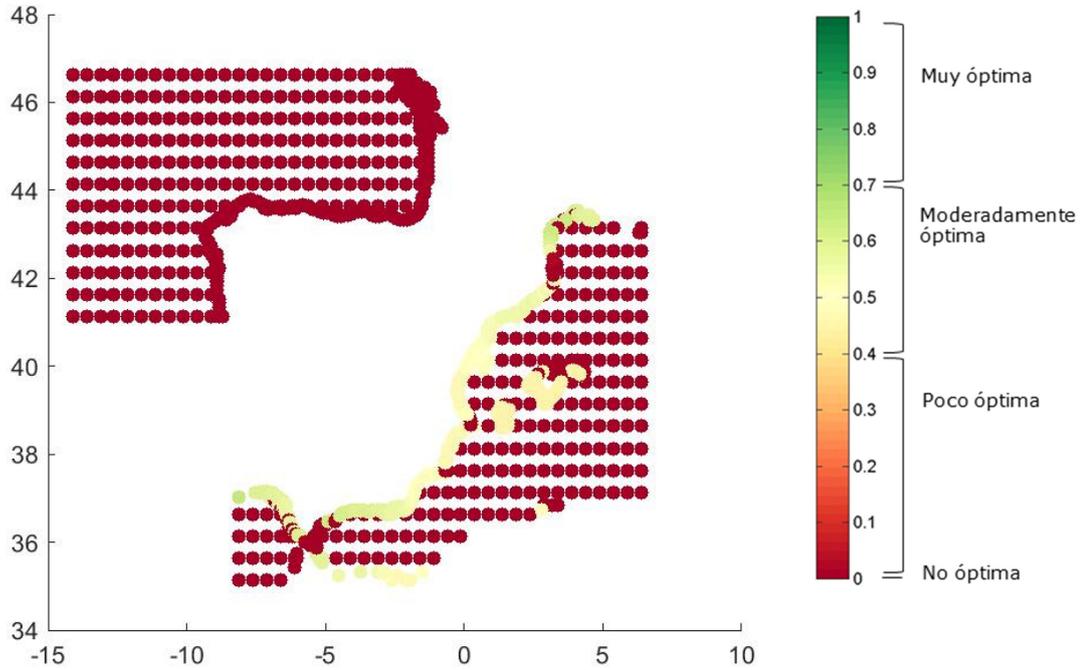


IDONEIDAD OPERATIVA

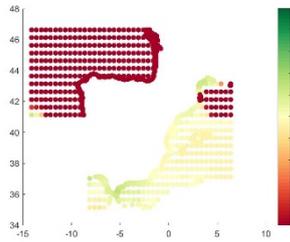


2. BESUGO (*PAGELLUS BOGARAVEO*)

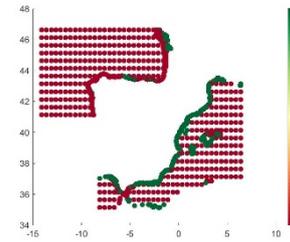
OPORTUNIDAD DE CULTIVO



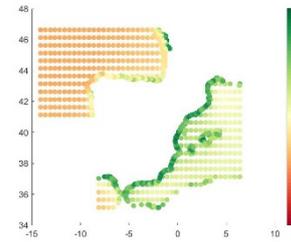
IDONEIDAD BIOLÓGICA



IDONEIDAD ESTRUCTURAL

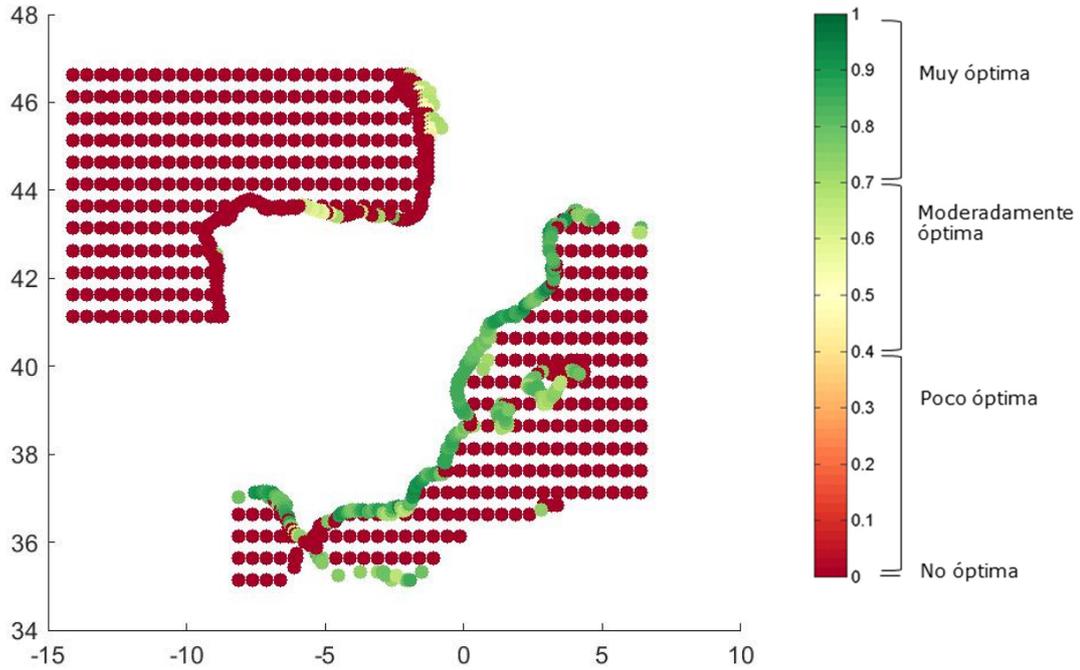


IDONEIDAD OPERATIVA

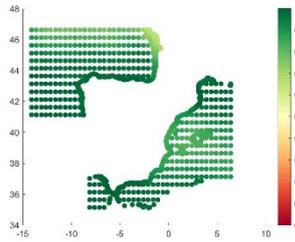


3. CORVINA (*ARGYROSOMUS REGIUS*)

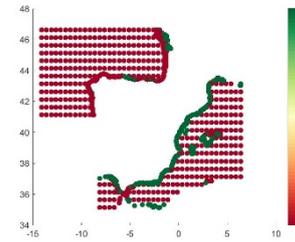
OPORTUNIDAD DE CULTIVO



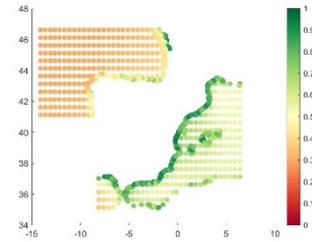
IDONEIDAD BIOLÓGICA



IDONEIDAD ESTRUCTURAL

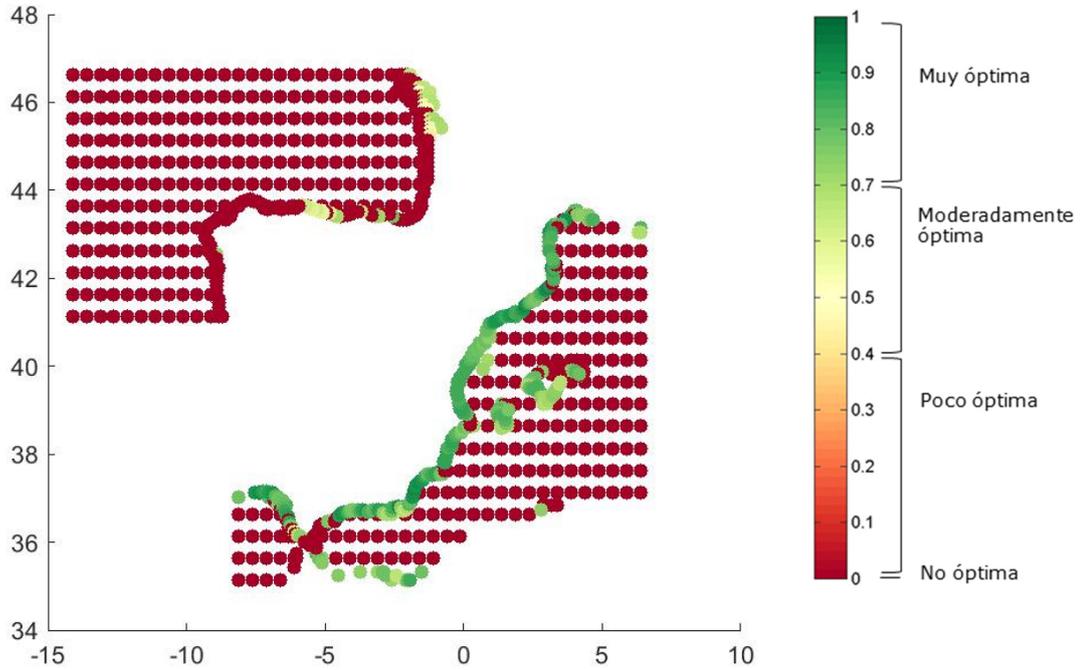


IDONEIDAD OPERATIVA

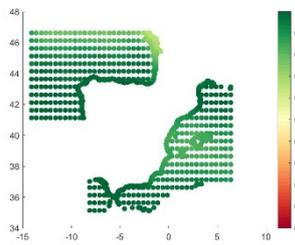


4. DORADA (*SPARUS AURATA*)

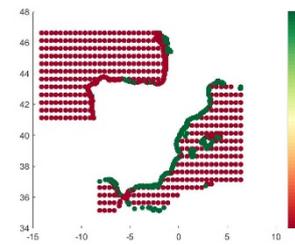
OPORTUNIDAD DE CULTIVO



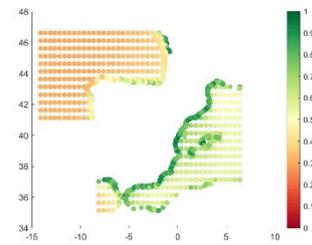
IDONEIDAD BIOLÓGICA



IDONEIDAD ESTRUCTURAL

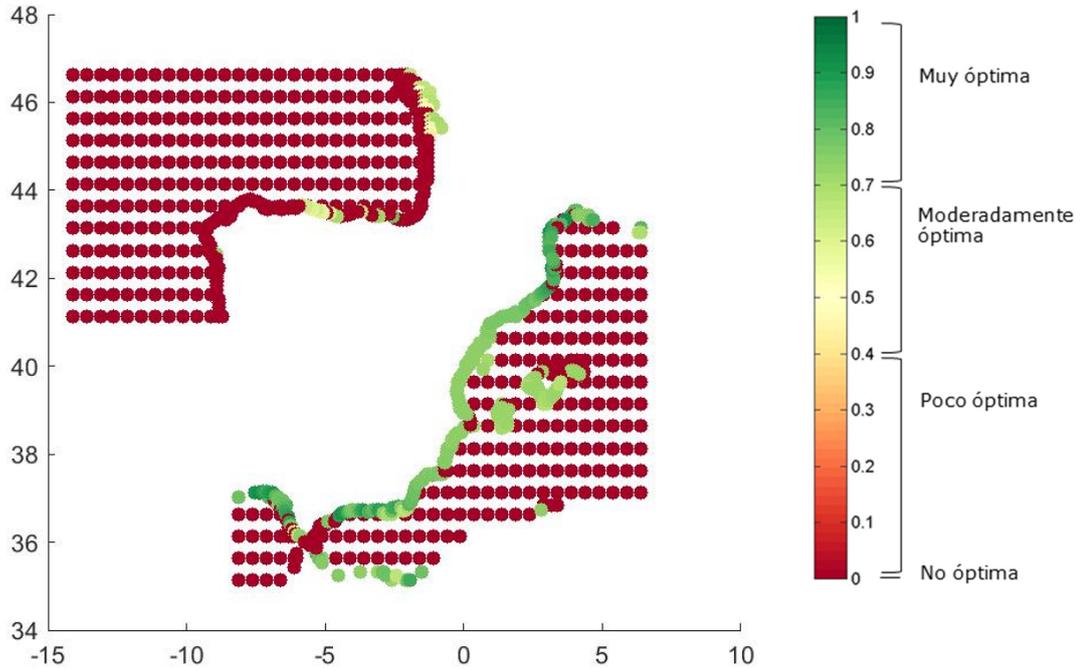


IDONEIDAD OPERATIVA

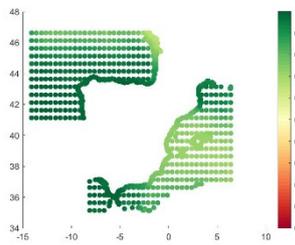


5. LUBINA (*DICENTRARCHUS LABRAX*)

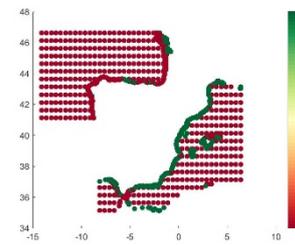
OPORTUNIDAD DE CULTIVO



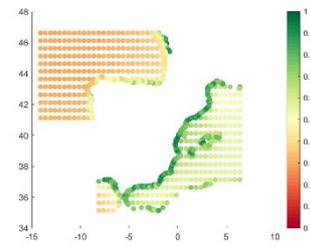
IDONEIDAD BIOLÓGICA



IDONEIDAD ESTRUCTURAL

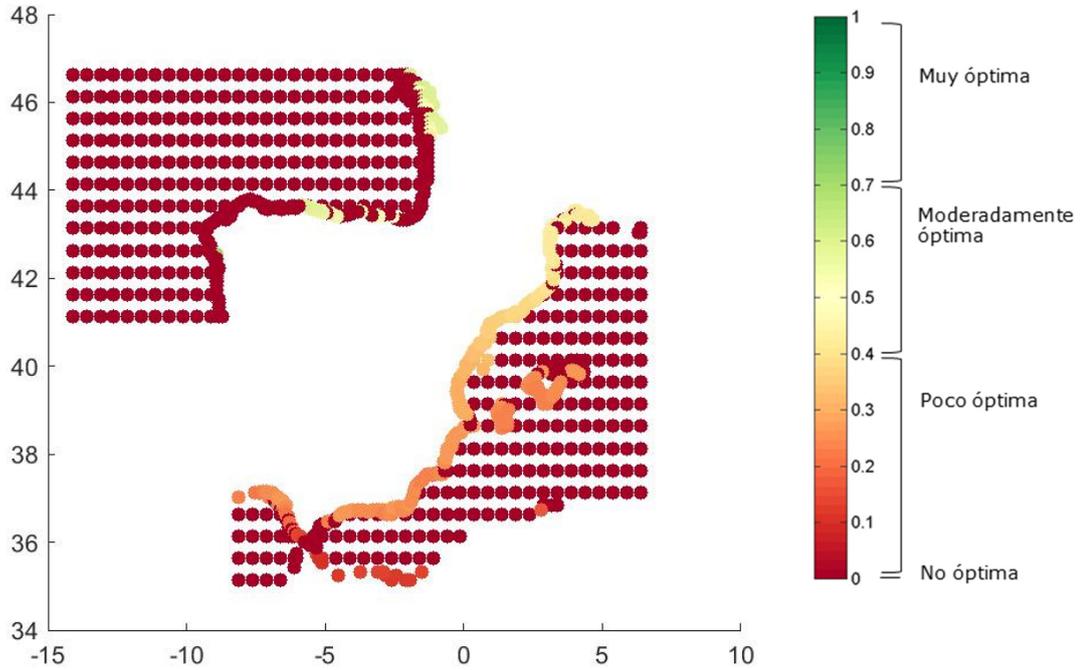


IDONEIDAD OPERATIVA

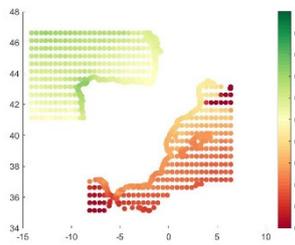


6. SALMÓN ATLÁNTICO (*SALMO SALAR*)

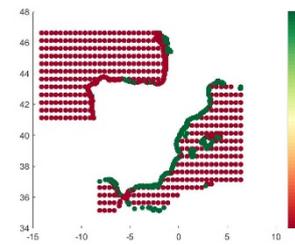
OPORTUNIDAD DE CULTIVO



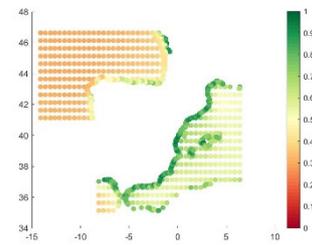
IDONEIDAD BIOLÓGICA



IDONEIDAD ESTRUCTURAL

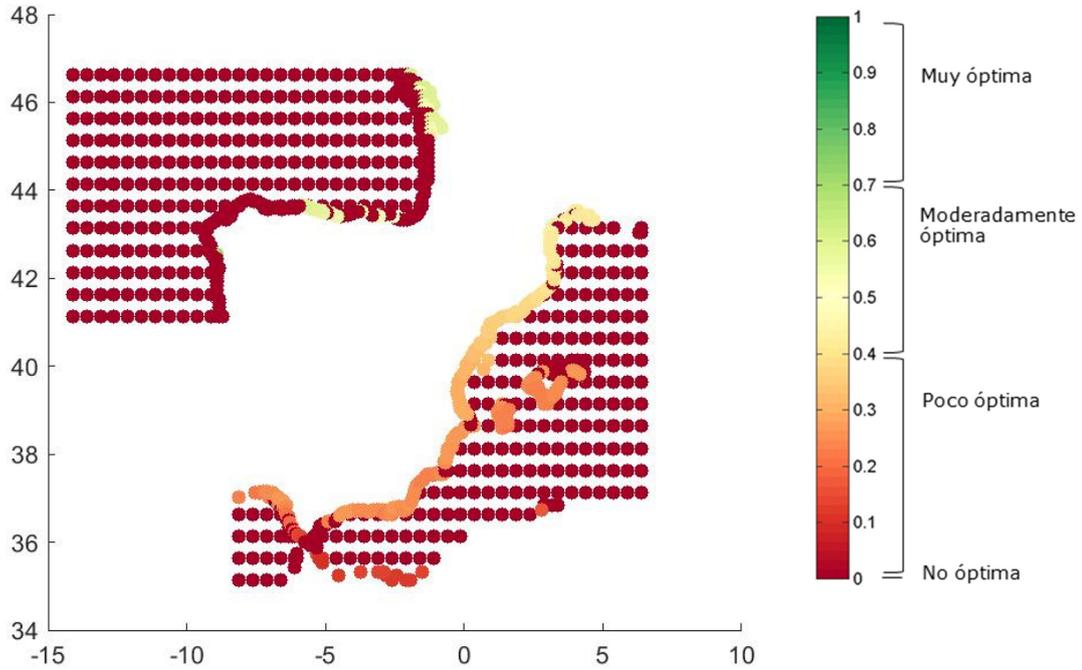


IDONEIDAD OPERATIVA

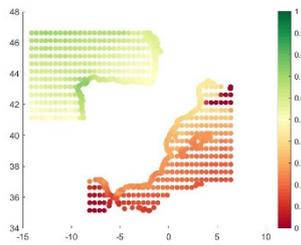


7. TRUCHA ARCO-IRIS (*ONCORHYNCHUS MYKISS*)

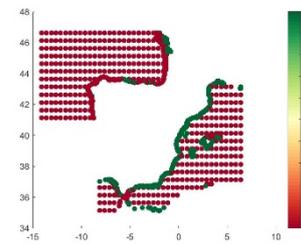
OPORTUNIDAD DE CULTIVO



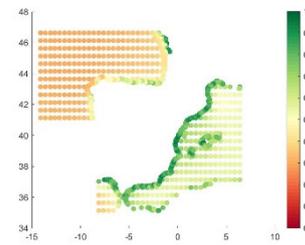
IDONEIDAD BIOLÓGICA



IDONEIDAD ESTRUCTURAL

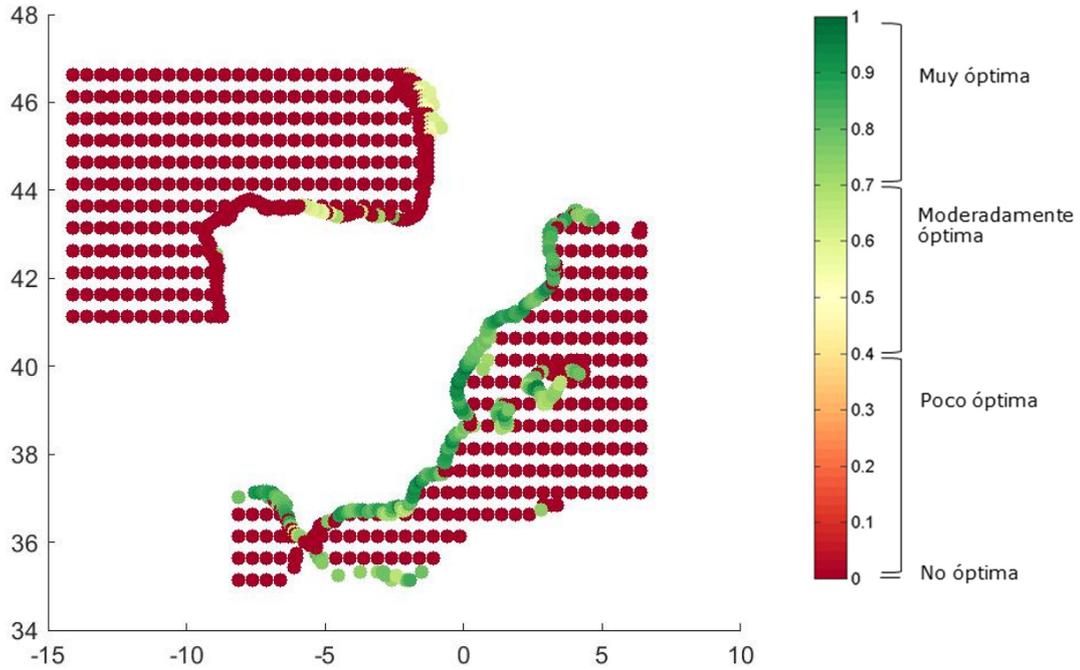


IDONEIDAD OPERATIVA

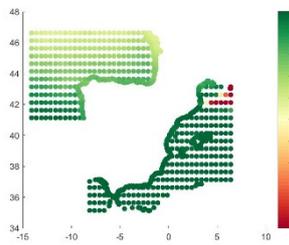


8. ATÚN ROJO (*THUNNUS THYNNUS*)

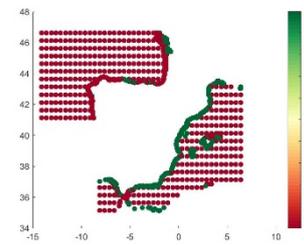
OPORTUNIDAD DE CULTIVO



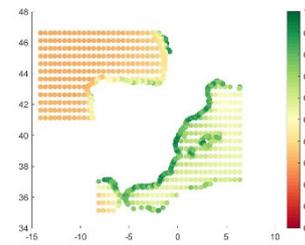
IDONEIDAD BIOLÓGICA



IDONEIDAD ESTRUCTURAL

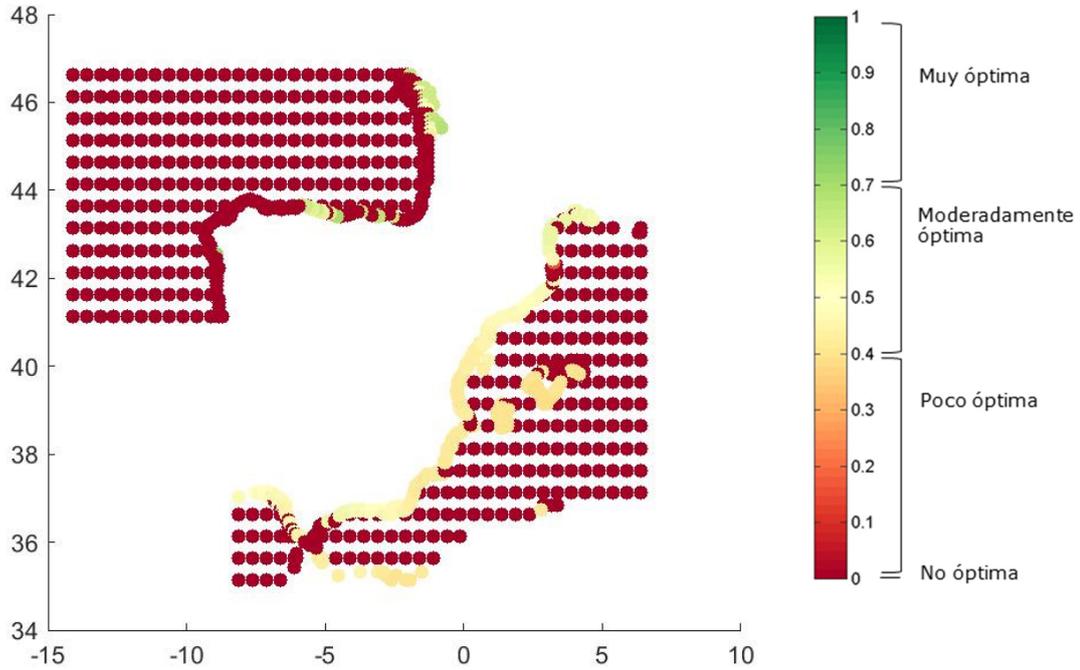


IDONEIDAD OPERATIVA

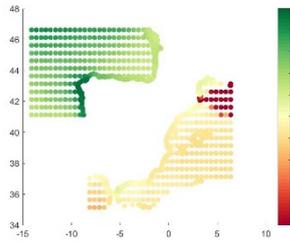


9. CHERNA (*POLYPRION AMERICANUS*)

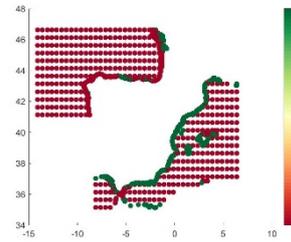
OPORTUNIDAD DE CULTIVO



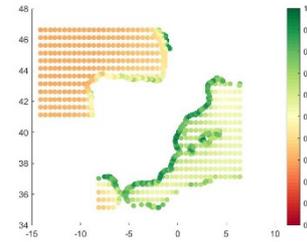
IDONEIDAD BIOLÓGICA



IDONEIDAD ESTRUCTURAL

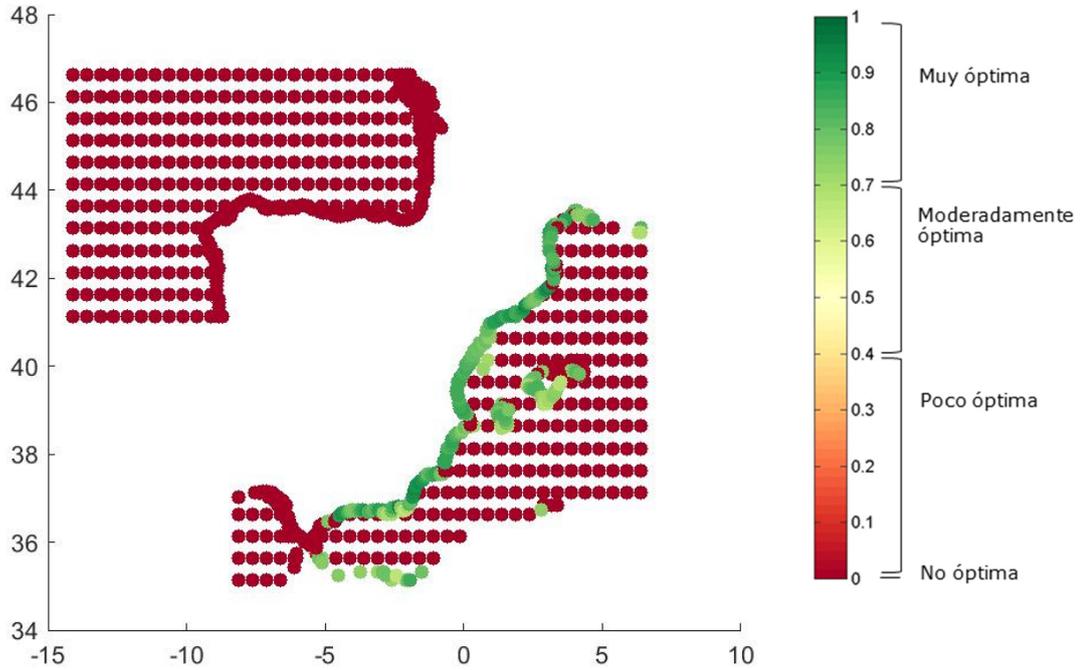


IDONEIDAD OPERATIVA

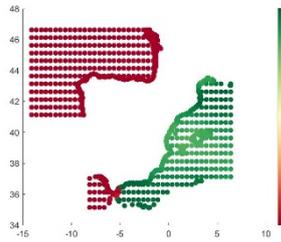


10. DENTÓN (*DENTEX DENTEX*)

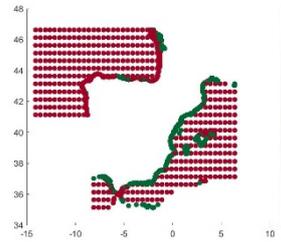
OPORTUNIDAD DE CULTIVO



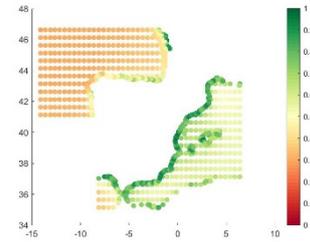
IDONEIDAD BIOLÓGICA



IDONEIDAD ESTRUCTURAL

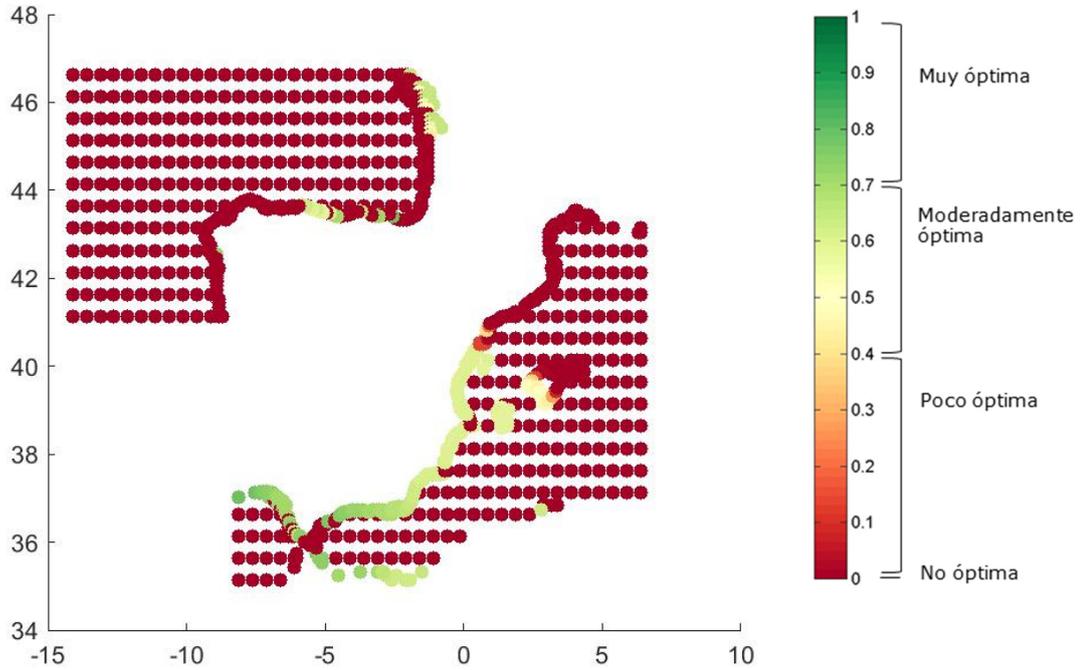


IDONEIDAD OPERATIVA

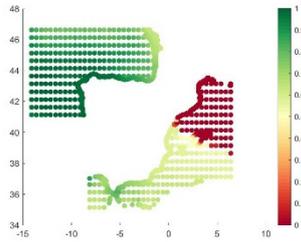


11. MERO (*EPINEPHELUS MARGINATUS*)

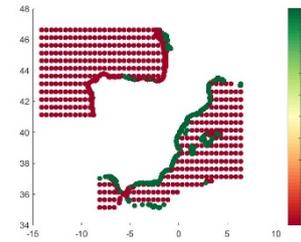
OPORTUNIDAD DE CULTIVO



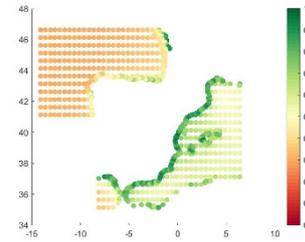
IDONEIDAD BIOLÓGICA



IDONEIDAD ESTRUCTURAL

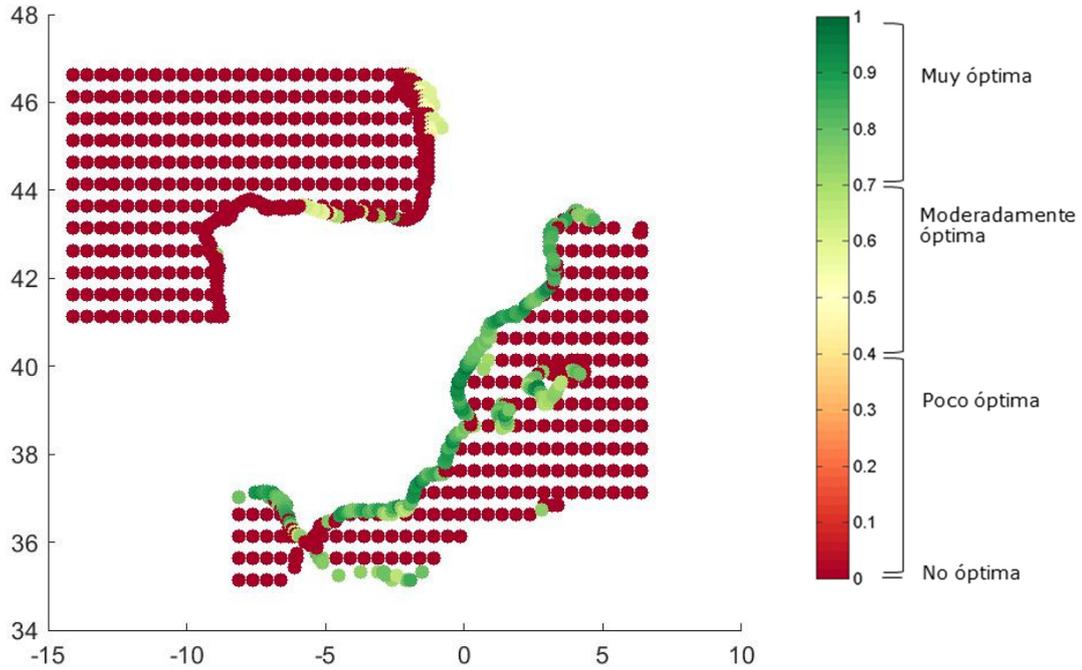


IDONEIDAD OPERATIVA

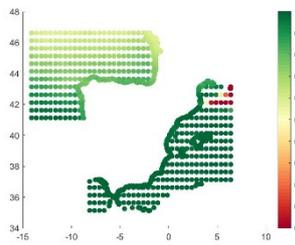


12. MUJIL (*MUJIL CEPHALUS*)

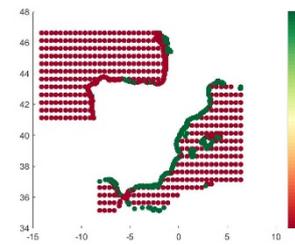
OPORTUNIDAD DE CULTIVO



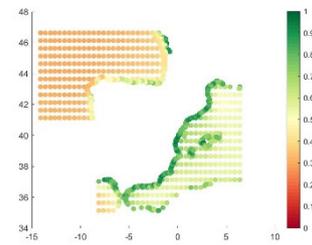
IDONEIDAD BIOLÓGICA



IDONEIDAD ESTRUCTURAL

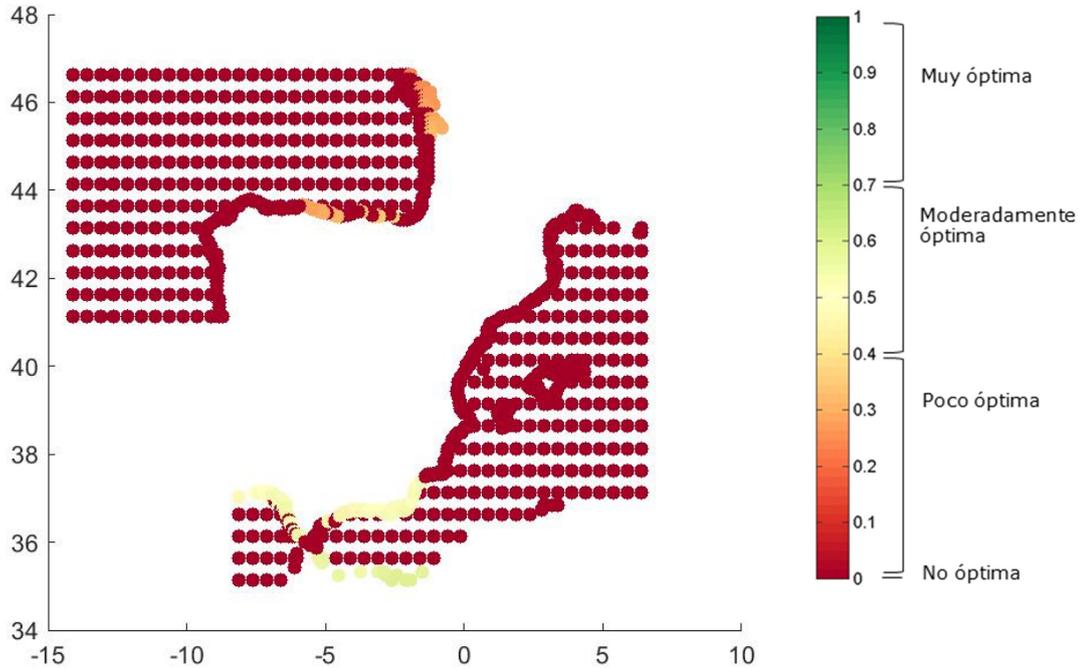


IDONEIDAD OPERATIVA

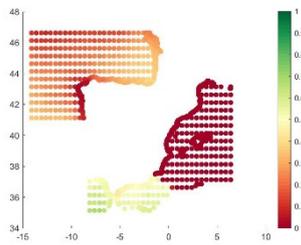


13. LAMPUGA (*CORYPHAENA HIPPURUS*)

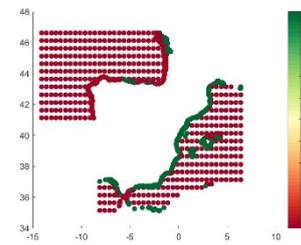
OPORTUNIDAD DE CULTIVO



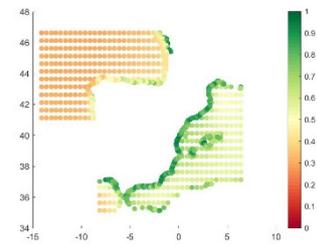
IDONEIDAD BIOLÓGICA



IDONEIDAD ESTRUCTURAL

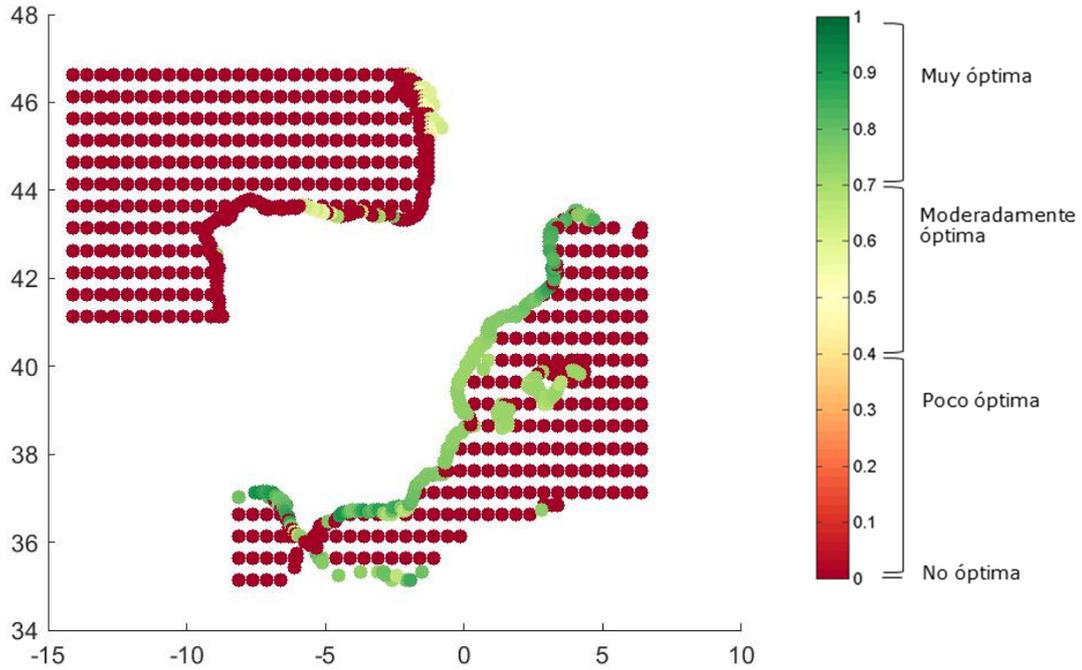


IDONEIDAD OPERATIVA

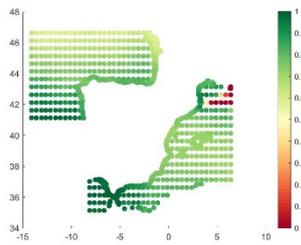


14. PARGO (*PAGRUS PAGRUS*)

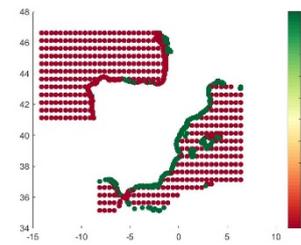
OPORTUNIDAD DE CULTIVO



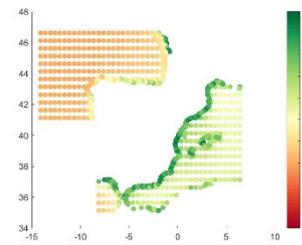
IDONEIDAD BIOLÓGICA



IDONEIDAD ESTRUCTURAL

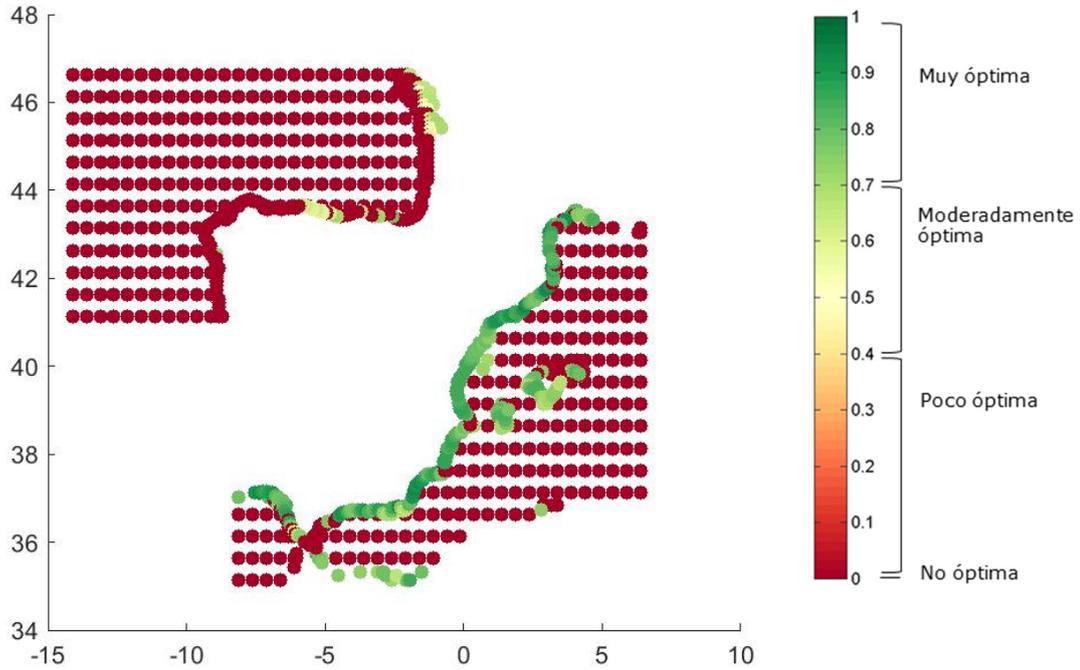


IDONEIDAD OPERATIVA

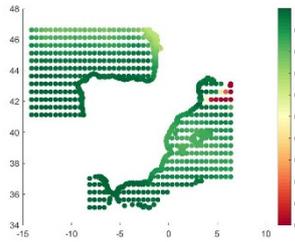


15. SERIOLA (*SERIOLA DUMERILII*)

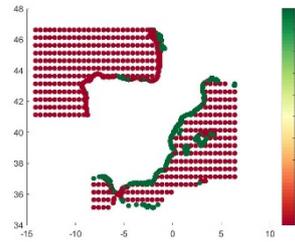
OPORTUNIDAD DE CULTIVO



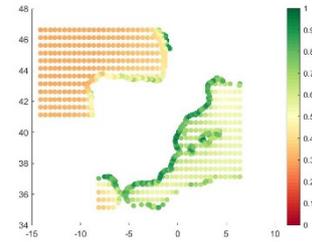
IDONEIDAD BIOLÓGICA



IDONEIDAD ESTRUCTURAL

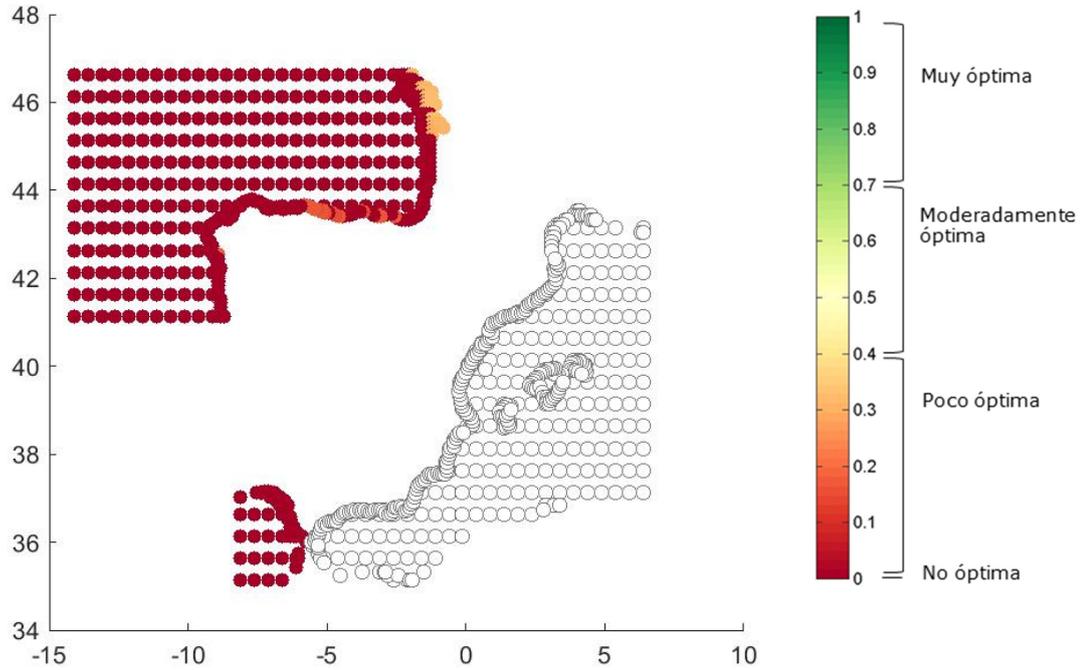


IDONEIDAD OPERATIVA

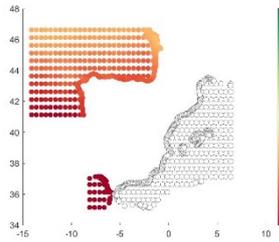


16. KOMBU (*SACCHARINA LATISSIMA*)

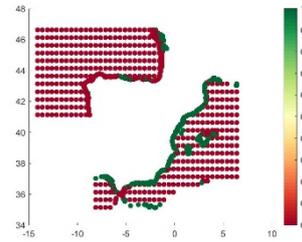
OPORTUNIDAD DE CULTIVO



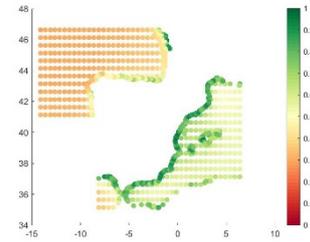
IDONEIDAD BIOLÓGICA



IDONEIDAD ESTRUCTURAL

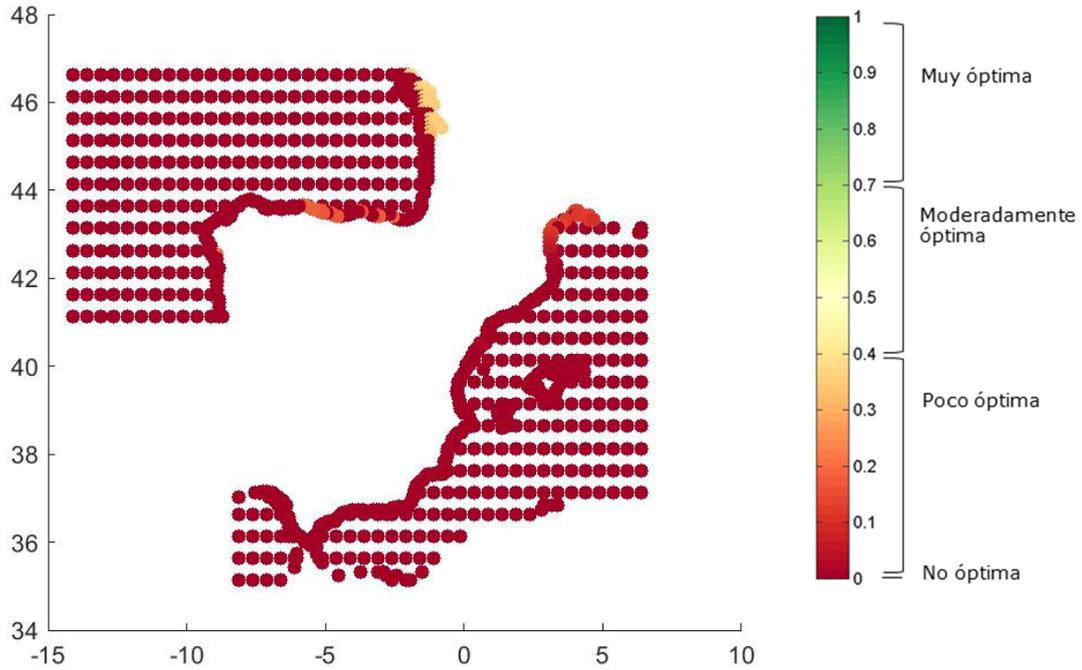


IDONEIDAD OPERATIVA

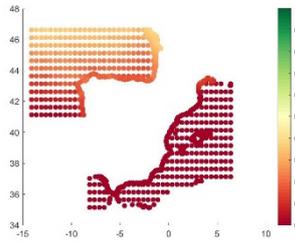


17. NORI (*PORPHYRA SP.*)

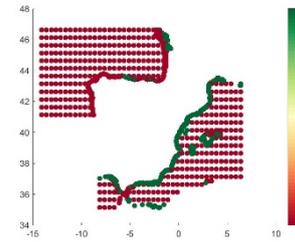
OPORTUNIDAD DE CULTIVO



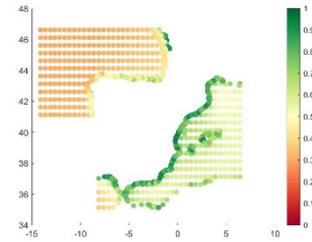
IDONEIDAD BIOLÓGICA



IDONEIDAD ESTRUCTURAL

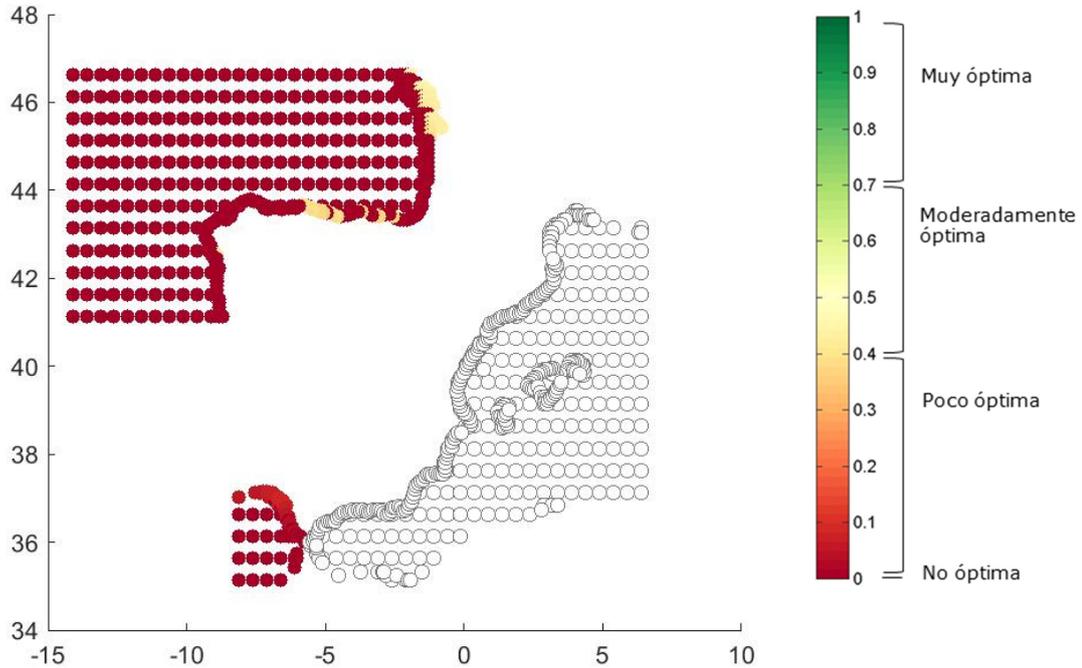


IDONEIDAD OPERATIVA

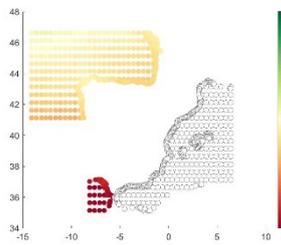


18. *HIMANTHALIA ELONGATA*

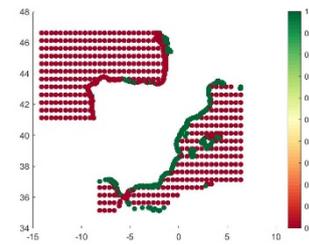
OPORTUNIDAD DE CULTIVO



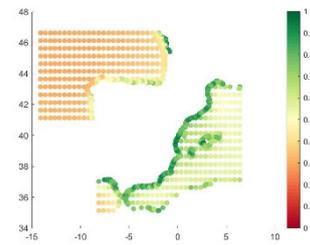
IDONEIDAD BIOLÓGICA



IDONEIDAD ESTRUCTURAL

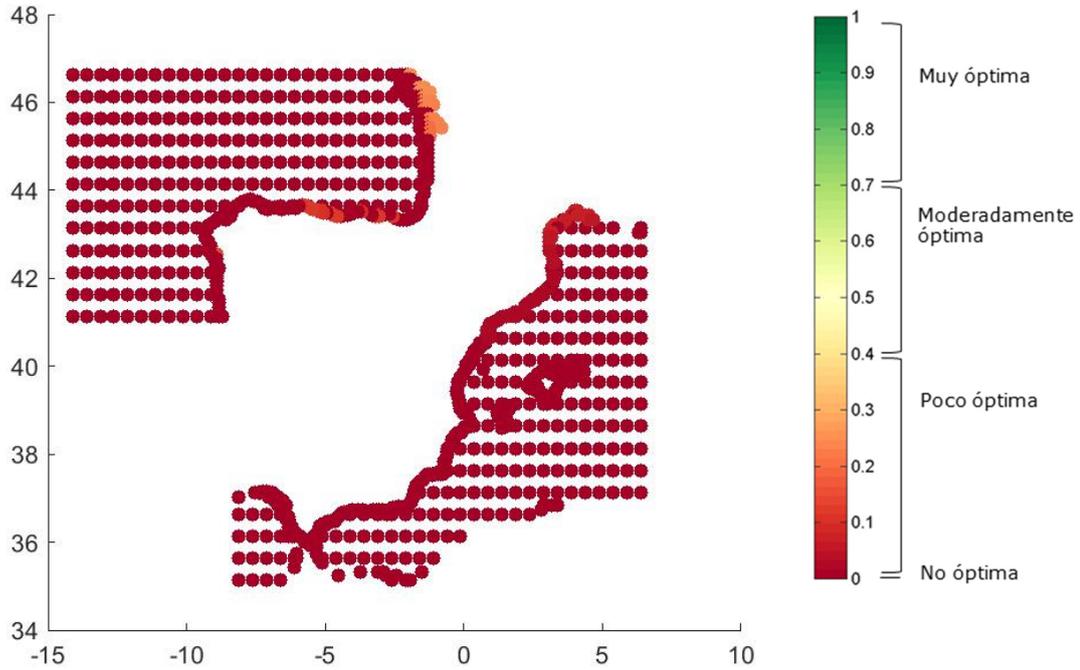


IDONEIDAD OPERATIVA

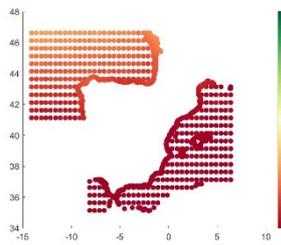


19. *CODIUM TOMENTOSUM*

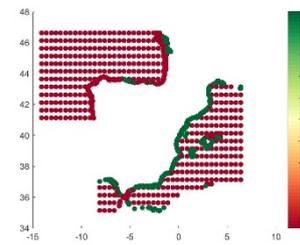
OPORTUNIDAD DE CULTIVO



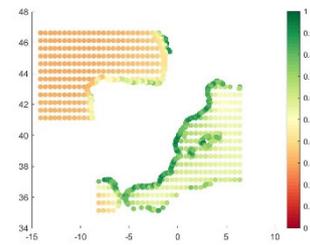
IDONEIDAD BIOLÓGICA



IDONEIDAD ESTRUCTURAL

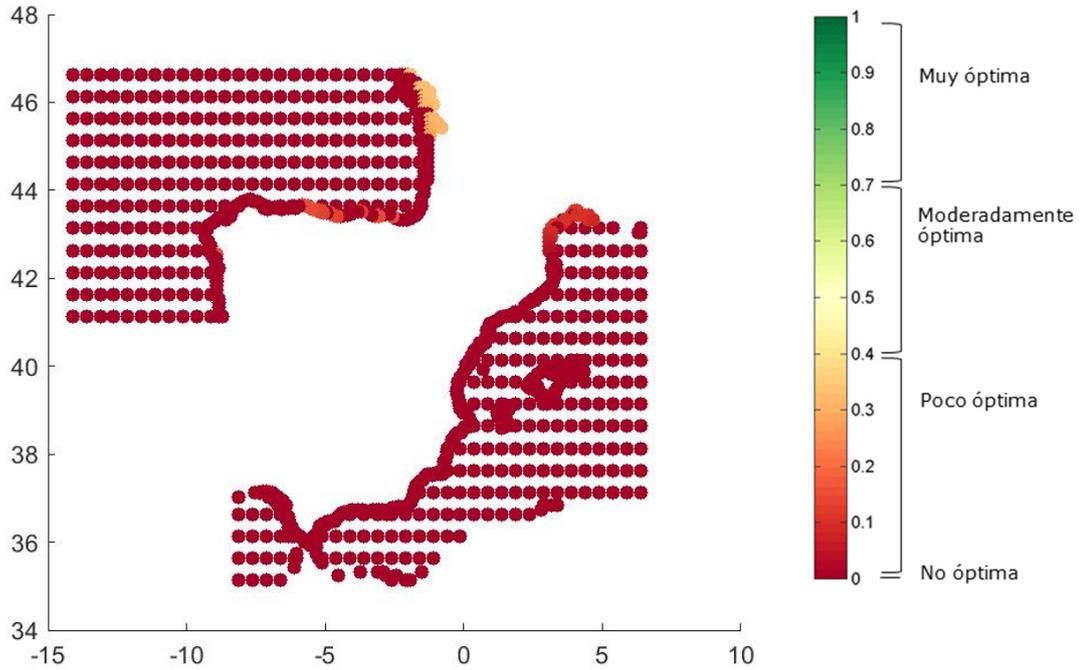


IDONEIDAD OPERATIVA

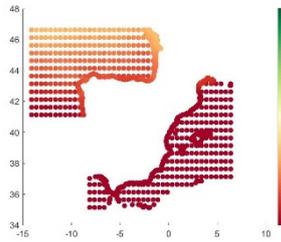


20. *CHONDRUS CRISPUS*

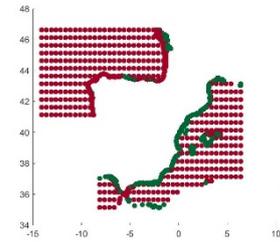
OPORTUNIDAD DE CULTIVO



IDONEIDAD BIOLÓGICA



IDONEIDAD ESTRUCTURAL



IDONEIDAD OPERATIVA

