

INTRODUCCIÓN

La caracterización espacio-temporal de la sensibilidad de las comunidades es esencial para poder desarrollar estrategias de gestión eficientes que permitan una adaptación real a los efectos del cambio climático. En esta actividad, hemos analizado los patrones espaciales de sensibilidad en nuestras áreas de estudio en base a los datos más recientes, correspondientes a 2019, basándonos en el índice de sensibilidad desarrollado en la actividad 2 del proyecto (R3.1) y hemos analizado las diferencias de sensibilidad dentro de las zonas de especial protección Red Natura 2000 incluidas dentro de las zonas de estudio (R.3.3).

Además, con el objetivo de identificar posibles valores umbrales de esfuerzo pesquero y/o temperatura a partir de los cuales se establezcan sinergias entre ambos impactos, hemos realizado un conjunto de modelos que nos han permitido estudiar y caracterizar esta interacción para una serie de atributos que, en base a la bibliografía, es posible que respondan de forma combinada. Los resultados de estos análisis nos servirán para refinar el índice de sensibilidad incluyendo la interacción potencial entre los impactos en algunos de los atributos y contribuyendo así a un conocimiento más detallado de las respuestas de las comunidades a los impactos acumulados que permitan un desarrollo de medidas de adaptación basadas en la mejor base científica disponible.

Organiza:



Con el apoyo de:



R3.1. Mapas de vulnerabilidad de las comunidades al cambio climático, a la pesca y a su impacto combinado en cada zona de estudio.

En base a los índices de sensibilidad al cambio climático, a la pesca y a su impacto combinado desarrollados en la A2.3, utilizamos los valores del último año disponible en la serie temporal, 2019, para analizar los patrones espaciales de sensibilidad a ambos impactos y a su impacto combinado en la fecha más reciente posible.

Para analizar los valores del índice en toda la zona de estudio, utilizamos el Análisis Kriging Universal, que además nos permitió presentar los valores de sensibilidad usando una escala más fina mediante la interpolación de valores. El *kriging* universal se calculó usando la función *autofitVariogram* del paquete 'automap' (Hiemstra et al., 2008) que permite calcular el variograma (i.e. función que representa la relación global entre puntos de una superficie en función de la distancia entre ellos) y la función 'krige' del paquete 'gstat' (Pebesma, 2004) para hacer el *kriging* universal, usando la profundidad como covariable.

Nuestros resultados identifican patrones de sensibilidad de las comunidades muy correlacionados con la profundidad, tanto en la sensibilidad al cambio climático y a la pesca en el Cantábrico-Galicia como en su efecto combinado (Fig. 1). En el Mediterráneo peninsular, la sensibilidad a la presión pesquera y la sensibilidad combinada muestran también esta correlación con la profundidad, pero la sensibilidad al cambio climático muestra un patrón divergente (Fig. 2).

En el área de Galicia-Cantábrico, en relación a la sensibilidad de las comunidades al cambio climático, además de la correlación con la profundidad observada anteriormente se observan dos zonas sobre la plataforma donde la sensibilidad es especialmente baja, que se corresponden aproximadamente con las Rías Altas y la plataforma oriental de Cantabria y occidental del País Vasco en el interior del Golfo (Fig. 1a). Esta mayor sensibilidad en el interior del Golfo podría responder al aumento más acusado de las temperaturas en esta zona durante las últimas décadas, mientras que en la zona de las rías esta menor sensibilidad podría corresponderse con la predominancia de especies más asociadas al afloramiento estacional. En relación a la sensibilidad a la pesca, se observa que el área de menor sensibilidad que se correspondería con las zonas de mayor explotación se extiende no sólo en la plataforma sino hacia el borde del talud (Fig. 1.b), lo que indica la alta presión pesquera que sufren estas zonas de mayor profundidad. Destaca también en cuanto a la sensibilidad a la pesca que en la zona de la desembocadura del Miño-Rías Bajas hay una zona de mayor sensibilidad sobre la plataforma.

En relación a la sensibilidad de la comunidad al impacto combinado del cambio climático y de la pesca prevalece el patrón asociado a la batimetría y las zonas de menor sensibilidad en la plataforma continental en el interior del Golfo y en la zona de las Rías Altas (Fig. 1c).

Organiza:

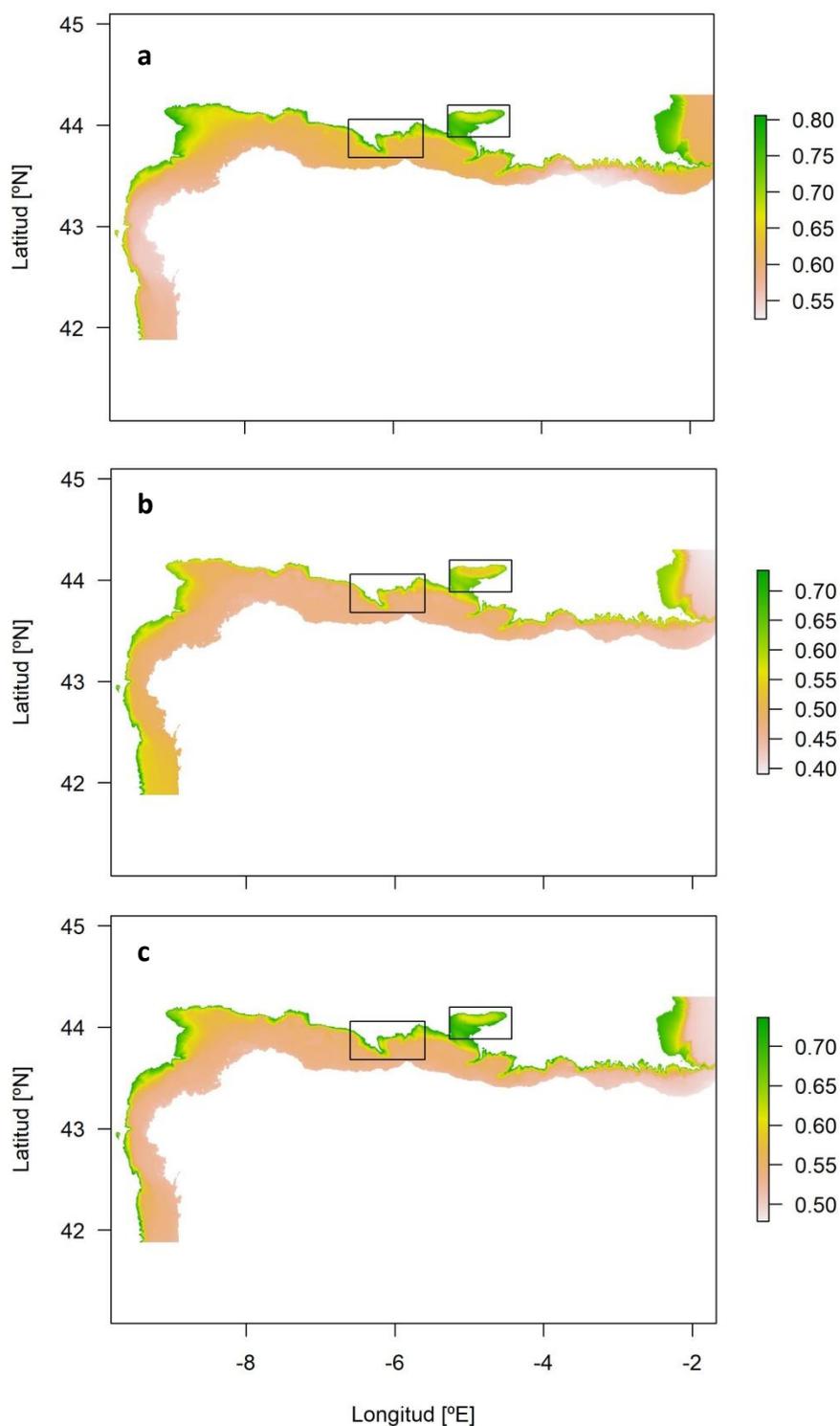


Con el apoyo de:



A3. Patrones espaciales, sinergias y eficacia de MPAs

En cuanto a las dos áreas Natura 2000 incluidas en esta zona de estudio, al ser zonas de profundidad persisten comunidades muy sensibles tanto al cambio climático como a la pesca (Fig.1)



Organiza:



Con el apoyo de:



A3. Patrones espaciales, sinergias y eficacia de MPAs

Figura 1. Mapas de (a) sensibilidad al cambio climático, (b) sensibilidad a la pesca y (c) sensibilidad al impacto combinado de ambos en el año 2019 en el área Cantábrico- Galicia. Las áreas marinas protegidas de El Cachucho y Los Cañones Submarinos de Avilés están delimitadas mediante las líneas sólidas negras.

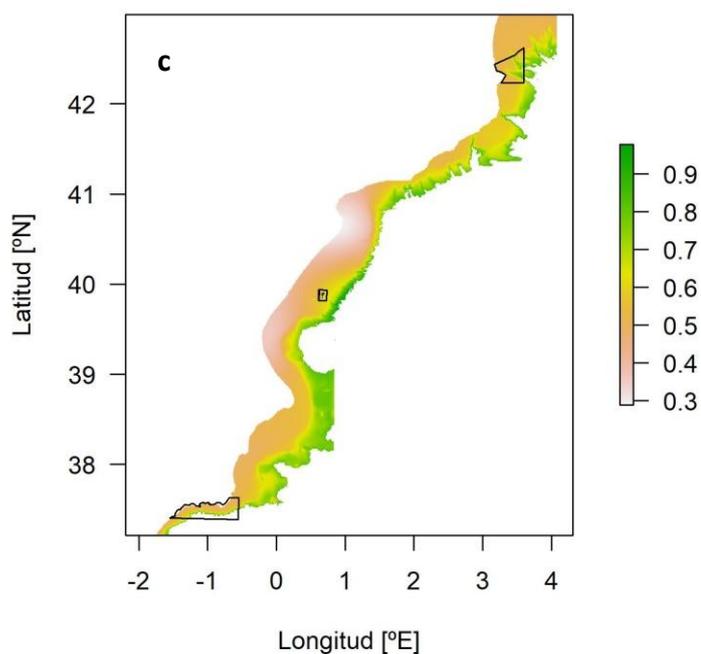
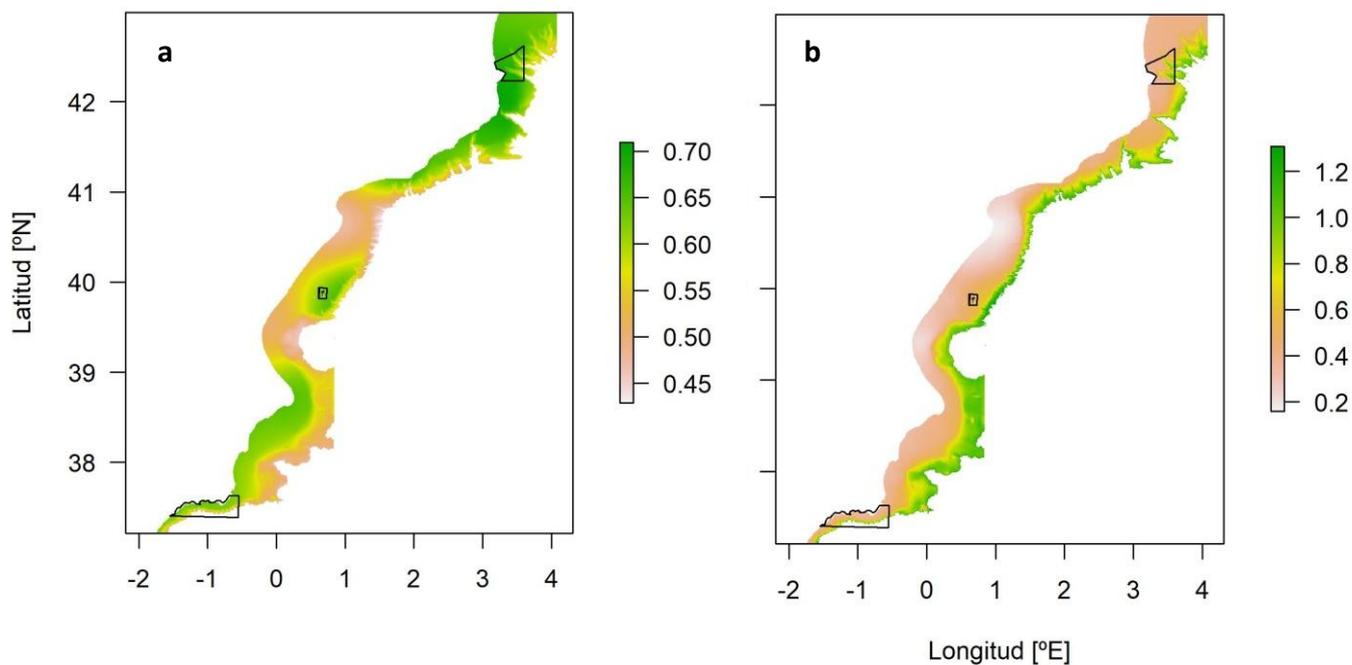


Figura 2. Mapas de (a) sensibilidad al cambio climático, (b) sensibilidad a la pesca y (c) sensibilidad al impacto combinado de ambos en el año 2019 en el Mediterráneo Peninsular. Las áreas marinas protegidas dentro del área de estudio: Valles submarinos del Escarpe de Mazarrón, Sistema de Cañones Occidentales del Golfo de León, Espacio Marino de Illes Columbretes y Espacio Marino del entorno de Illes Columbretes, están delimitadas mediante las líneas sólidas negras.

Organiza:



Con el apoyo de:



En el Mediterráneo peninsular, el patrón de sensibilidad de la comunidad al cambio climático no está asociado al perfil batimétrico de la zona de estudio. Así la sensibilidad de la comunidad al norte del Delta del Ebro es mayor sobre la plataforma continental disminuyendo con la profundidad. Esta tendencia se produce también al sur del área de estudio, desde el canal de Ibiza hasta el Escarpe de Mazarrón. En la zona central, sin embargo, la sensibilidad al cambio climático es mínima frente al Delta del Ebro y frente a la costa de Valencia aunque aumentando en profundidad y alcanzando valores elevados en el entorno del Espacio Marino de Illes Columbretes (Fig. 2a). Estos patrones atípicos podrían estar relacionados con las zonas de convergencia y los principales canales de conectividad climática identificados en la actividad 2.0.

La sensibilidad de la plataforma peninsular mediterránea a la pesca responde a nuestras expectativas, estando principalmente correlacionada con los perfiles batimétricos y mostrando también dos mínimos de sensibilidad que se corresponden una vez más con la zona del Delta del Ebro y la costa de Valencia (Fig. 2b).

En el análisis de los patrones de sensibilidad al impacto combinado de pesca y cambio climático, los patrones observados para la pesca prevalecen (Fig. 2c).

En cuanto a las zonas Red Natura2000 incluidas en el área de estudio, las cuatro áreas protegidas tienen valores de sensibilidad al cambio climático relativamente elevados y valores de sensibilidad a la pesca moderados (Fig 2).

Los mapas de las figuras 1 y 2 se pueden encontrar a mayor resolución como anexos de esta actividad, Anexo_A3.1 a Anexo_A3.6.

Organiza:



Con el apoyo de:



R3.2. Identificación de las posibles sinergias entre impactos antropogénicos (pesca y cambio climático) y de los posibles valores umbrales de esfuerzo pesquero que puedan causar una amplificación/disminución en los efectos del cambio climático en los ecosistemas.

Con el objetivo de estudiar las posibles sinergias entre los impactos del aumento de la temperatura y del esfuerzo pesquero y ante los cuales las especies parecen tener patrones de sensibilidad similares para la mayoría de atributos (ver Tabla 2 y 3 en Informe_A2), realizamos una serie de modelos estadísticos para evaluar el potencial la respuesta individual de algunos de los atributos del ciclo de vida que comúnmente se identifican en la literatura como sensibles tanto a la temperatura como a la presión pesquera. Estos son la longevidad, el tamaño corporal, la fecundidad, el tamaño de huevo, el nivel trófico, la tasa de crecimiento, la edad de primera madurez y la duración del periodo de puesta.

Por lo general, en la literatura científica se asocia tanto un incremento en la presión (ya sea aumento de la temperatura o aumento de la presión pesquera) con disminuciones en la longevidad, el tamaño corporal, la edad de primera madurez, la fecundidad y el nivel trófico, y aumento de la tasa de crecimiento que se corresponde con estrategias de vida más rápidas que pueden estar asociadas a un metabolismo más rápido y/o a una mayor variabilidad ambiental, a la extracción selectiva de los organismos de mayor tamaño de la población o a una combinación de ambos (e.g. Beukhof et al., 2019, Wang et al., 2020).

	Temperatura superficial			Esfuerzo pesquero			Interacción		
	Pendiente	Error	p-valor	Pendiente	Error	p-valor	Pendiente	Error	p-valor
Longevidad	0,231	0,021	0,000	-0,00196	0,00013	0,000	0,00045	0,00016	0,004
Tamaño corporal	0,138	0,021	0,000	-0,00164	0,00012	0,000	0,00045	0,00016	0,004
Fecundidad	-0,064	0,021	0,002	0,00141	0,00011	0,000	0,00026	0,00014	0,062
Tamaño de huevo	0,140	0,021	0,000	-0,00124	0,00017	0,000	0,00040	0,00022	0,066
Tasa de crecimiento (K)	0,049	0,021	0,018	-0,00090	0,00015	0,000	0,00014	0,00019	0,464
Nivel trófico	0,067	0,021	0,001	-0,00085	0,00013	0,000	0,00042	0,00017	0,011
Edad 1ª madurez	0,160	0,021	0,000	-0,00133	0,00014	0,000	0,00020	0,00018	0,267
Duración de puesta	0,138	0,021	0,000	-0,00071	0,00013	0,000	0,00000	0,00016	0,977

Tabla 1. Resultados de los modelos lineales para la región del Atlántico peninsular Cantábrico-Galicia, en el que se expone el valor de la pendientes, su error asociado y el p-valor para cada una de las variables explicativas (temperatura y esfuerzo pesquero) y para su interacción.

En nuestro área de estudio de Cantábrico-Galicia, encontramos una relación inequívoca de los distintos atributos del ciclo de vida ponderados para la comunidad tanto con la temperatura superficial del agua de mar como con el esfuerzo pesquero. Esta relación, seguía generalmente las tendencias esperadas en

Organiza:

Con el apoyo de:



A3. Patrones espaciales, sinergias y eficacia de MPAs

relación al esfuerzo, pero muestra tendencias positivas con la temperatura para la mayor parte de los atributos (Tabla 1). Las pendientes de respuesta a la temperatura son también, por lo general, mucho más elevadas (en valor absoluto) que las pendientes asociadas al esfuerzo pesquero. Entre los distintos atributos del ciclo de vida ponderados a nivel de comunidad, la longevidad es la variable con una respuesta más intensa al aumento de temperatura, con un aumento de 0.2 años de media por cada incremento de 1°C en la temperatura superficial del agua, mientras que la tasa de crecimiento es la variable con una respuesta más débil (estima de pendiente = 0.049, p-valor = 0.018). Las diferencias en la respuesta al esfuerzo pesquero no fueron tan acusadas en ningún caso, variando las pendientes de los distintos atributos en el rango entre -0.00196 y 0.00141 (Tabla 1). La interacción a ambas presiones fue significativa para la longevidad, el tamaño corporal, el tamaño de huevo y el nivel trófico de la comunidad y en todos los casos positiva, lo que sugiere que cuando ambos impactos se producen de forma combinada prevalece el efecto positivo de la temperatura, aumentándolo o amortiguándolo, sobre estos atributos del ciclo de vida de la comunidad (Tabla 1).

	Temperatura superficial			Esfuerzo pesquero			Interacción		
	Pendiente	Error	p-valor	Pendiente	Error	p-valor	Pendiente	Error	p-valor
Longevidad	-0,038	0,027	0,161	-0,00002	0,00016	0,905	-0,00048	0,00028	0,088
Tamaño corporal	-0,092	0,027	0,001	-0,00002	0,00015	0,871	-0,00035	0,00026	0,184
Fecundidad	-0,090	0,027	0,001	-0,00043	0,00015	0,005	0,00008	0,00027	0,760
Tamaño de huevo	-0,073	0,027	0,007	-0,00133	0,00018	0,000	-0,00037	0,00032	0,245
Tasa de crecimiento (K)	0,046	0,027	0,089	-0,00104	0,00019	0,000	0,00006	0,00033	0,854
Nivel trófico	-0,018	0,027	0,505	0,00133	0,00014	0,000	0,00016	0,00025	0,536
Edad 1ª madurez	-0,063	0,027	0,020	-0,00114	0,00015	0,000	-0,00052	0,00026	0,042
Duración de puesta	0,080	0,027	0,003	0,00066	0,00014	0,000	0,00031	0,00025	0,215

Tabla 2. Resultados de los modelos lineales para la región del Mediterráneo peninsular, en el que se expone el valor de las pendientes, su error asociado y el p-valor para cada una de las variables explicativas (temperatura y esfuerzo pesquero) y para su interacción.

En el área de estudio del Mediterráneo peninsular, encontramos una relación no tan generalizada de los distintos atributos del ciclo de vida ponderados para la comunidad con la temperatura superficial del agua de mar y con el esfuerzo pesquero. La longevidad y la tasa de crecimiento de la comunidad parecen no responder a la temperatura, mientras que la longevidad y el tamaño corporal parecen no responder al esfuerzo pesquero (Tabla 2). Las pendientes de respuesta a la temperatura son también, por lo general, mucho más elevadas (en valor absoluto) que las pendientes asociadas al esfuerzo pesquero, al igual que en

Organiza:



Con el apoyo de:



A3. Patrones espaciales, sinergias y eficacia de MPAs

Cantábrico-Galicia. Entre los distintos atributos del ciclo de vida ponderados a nivel de comunidad, la longevidad es la variable con una respuesta más intensa al aumento de temperatura, con una disminución de 0.09 años de media por cada incremento de 1°C en la temperatura superficial del agua, mientras que la edad de primera madurez es la variable con una respuesta más débil, disminuyendo 0.063 años por cada incremento de 1°C en la temperatura superficial del agua. Las diferencias en la respuesta al esfuerzo pesquero no fueron tan acusadas en ningún caso, variando las pendientes de los distintos atributos en el rango entre -0.00114 y 0.00133 (Tabla 2). La interacción a ambas presiones fue significativa solamente para la edad de primera madurez que disminuye de forma más acusada cuando se considera la temperatura y esfuerzo pesquero de forma conjunta (Tabla 2).

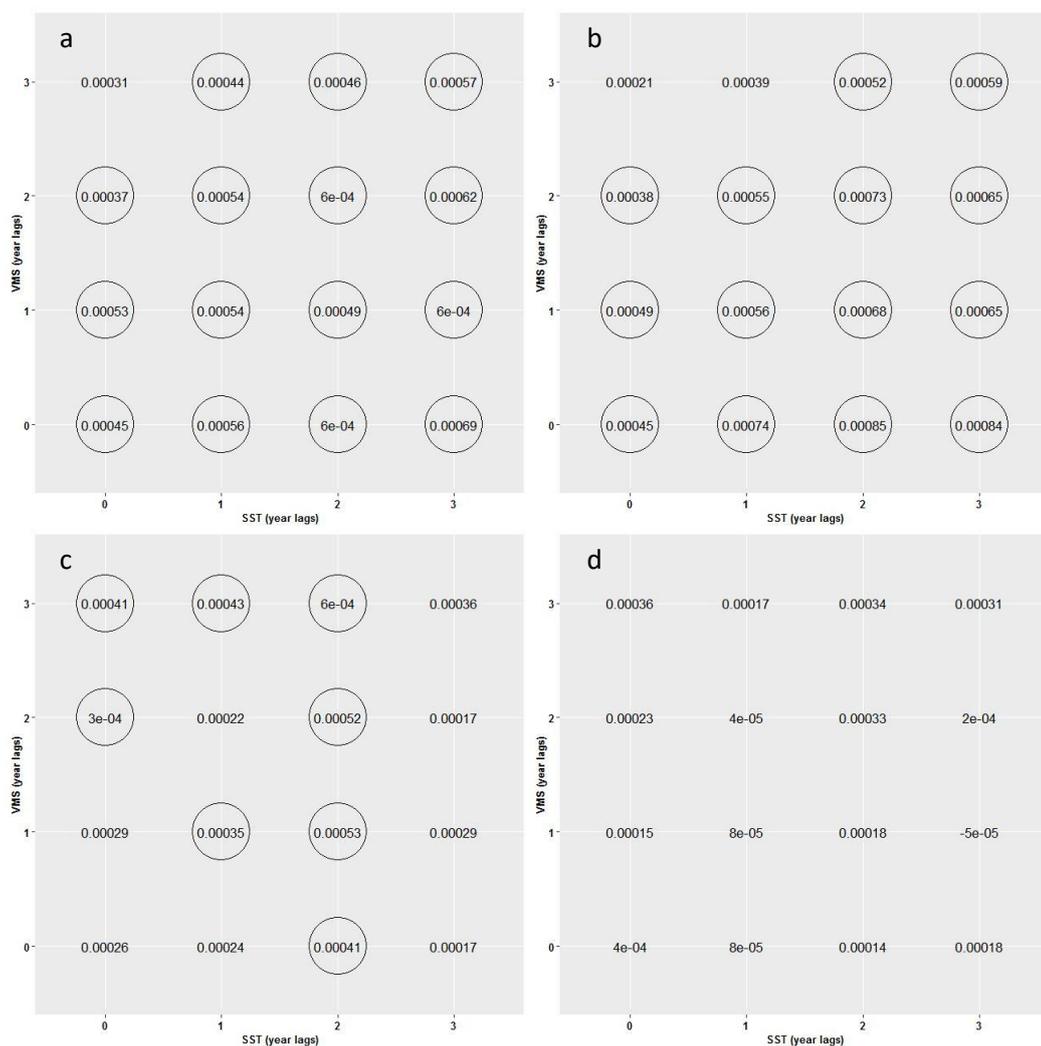


Figura 3. Análisis de los efectos combinados (interacción) de la temperatura y el esfuerzo pesquero en (a) longevidad, (b) tamaño corporal, (c) fecundidad y (d) tamaño de huevo en Galicia-Cantábrico, explorando las pendientes del término interactivo con distintas combinaciones de retraso (entre 0 y 3 lags). Las pendientes que están rodeadas por un círculo se corresponden con aquellas que son estadísticamente significativas (p -valor < 0.05).

Organiza:



Con el apoyo de:



A3. Patrones espaciales, sinergias y eficacia de MPAs

Los atributos ponderados a nivel comunidad tienen entre sus principales críticas como indicadores de presiones, que no todas las especies que forman parte de la comunidad muestran una respuesta simultánea. Así, especies de vida corta posiblemente respondan más rápido a las presiones que especies de vida larga. En el análisis anterior nos habíamos centrado en análisis instantáneos, es decir, cómo cada uno de los atributos ponderados a nivel comunidad responde a la temperatura y esfuerzo pesquero medido en ese mismo año, pero en base a la literatura sabemos que es frecuente que las comunidades respondan a estos impactos con un cierto retraso (*lag*), que puede llegar a ser de varios años (Pinsky & Fogarty 2012, Modica et al., 2014, Tsimara et al., 2021). Para comprobar este punto, y si el efecto interactivo entre cambio climático y pesca se podía apreciar en la comunidad de forma más intensa con un cierto retraso, repetimos los modelos lineales utilizando todas las posibles combinaciones de *lags* entre 0 y 3.

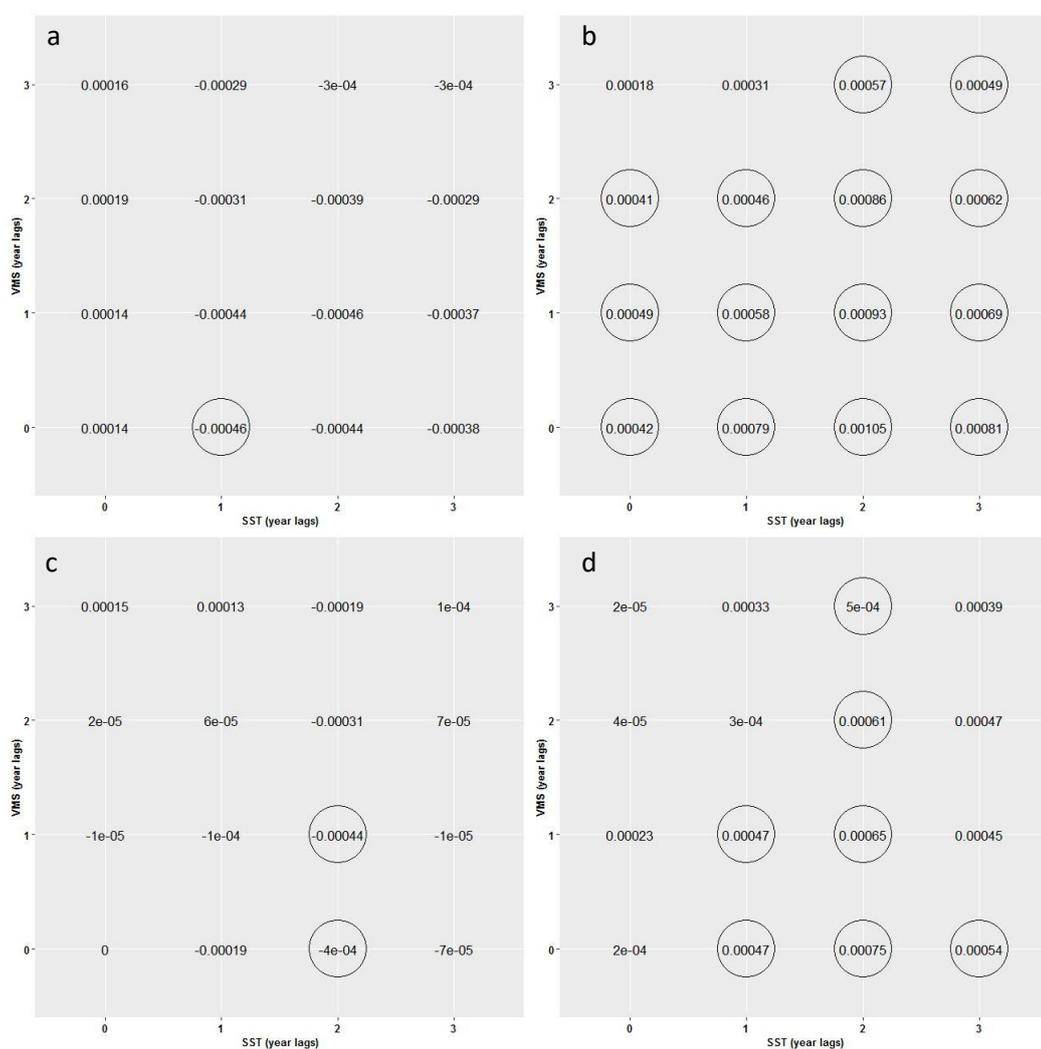


Figura 4. Análisis de los efectos combinados (interacción) de la temperatura y el esfuerzo pesquero en (a) tasa de crecimiento, (b) nivel trófico, (c) duración del periodo de puesta y (d) edad de primera madurez en Galicia-Cantábrico, explorando las pendientes del término interactivo con distintas combinaciones de retraso (entre 0 y 3 lags). Las pendientes que están rodeadas por un círculo se corresponden con aquellas que son estadísticamente

Organiza:



Con el apoyo de:



En Cantábrico-Galicia vemos que la interacción es significativa y positiva para longevidad (Fig. 3a), tamaño corporal (Fig. 3b) y nivel trófico (Fig.4b) de forma generalizada, independientemente del *lag* considerado. Estos resultados confirman la robustez de nuestros modelos iniciales. Para los atributos de fecundidad (Fig.3c), periodo de puesta (Fig.4c) y edad de primera madurez (Fig. 4d) vemos que hay ciertas combinaciones de *lags* para las cuales el efecto combinado de temperatura y esfuerzo pesquero es significativo. La interacción no resultó significativa para tamaño de huevo (Fig. 3d) a ningún *lag*. Por lo general, las pendientes más acusadas en este término interactivo se obtienen con un lag de 2 años para temperatura y un lag de 0-1 años para esfuerzo pesquero (Fig.3, Fig. 4).

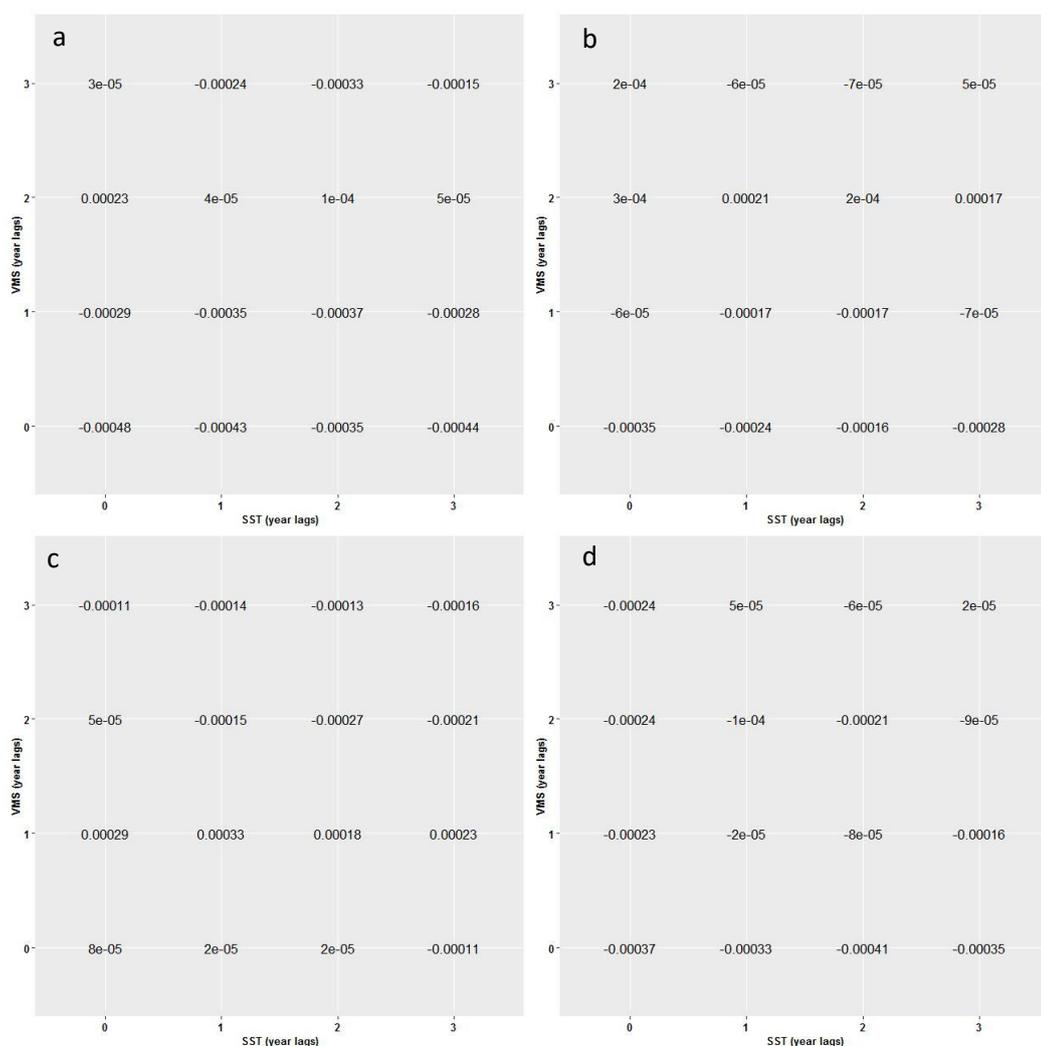


Figura 5. Análisis de los efectos combinados (interacción) de la temperatura y el esfuerzo pesquero en (a) longevidad, (b) tamaño coporal, (c) fecundidad y (d) tamaño de huevo en el Mediterráneo peninsular, explorando las pendientes del término interactivo con distintas combinaciones de retraso (entre 0 y 3 lags). Las pendientes que están rodeadas por un círculo se corresponden con aquellas que son estadísticamente significativas (p -valor <0.05).

En el Mediterráneo peninsular, por el contrario, vemos que el término de la interacción es por lo general despreciable (no significativo) para la mayoría de los atributos de la comunidad considerados y para cualquiera de las combinaciones de *lags* que se han comprobado. Así longevidad (Fig. 5a), tamaño corporal (Fig. 5b), fecundidad (Fig.5c), tamaño de huevo (Fig. 5d), tasa de crecimiento (Fig.6a) y nivel trófico (Fig. 6b) no responden a la interacción de temperatura y esfuerzo pesquero en ningún caso, independientemente de la combinación de *lags*. Edad de primera madurez que respondía a la interacción sin considerar ningún retraso en la respuesta (Tabla 2) también responde cuando el efecto de la temperatura se incorpora con *lags* +1año y +3 años (Fig. 6d). Mientras que la duración del periodo de puesta responde solamente en una de las combinaciones de *lags* probadas, lo que resta credibilidad a la posible interacción combinada de temperatura y esfuerzo pesquero en el atributo duración media del periodo de puesta ponderado para la comunidad demersal (Fig. 6c).

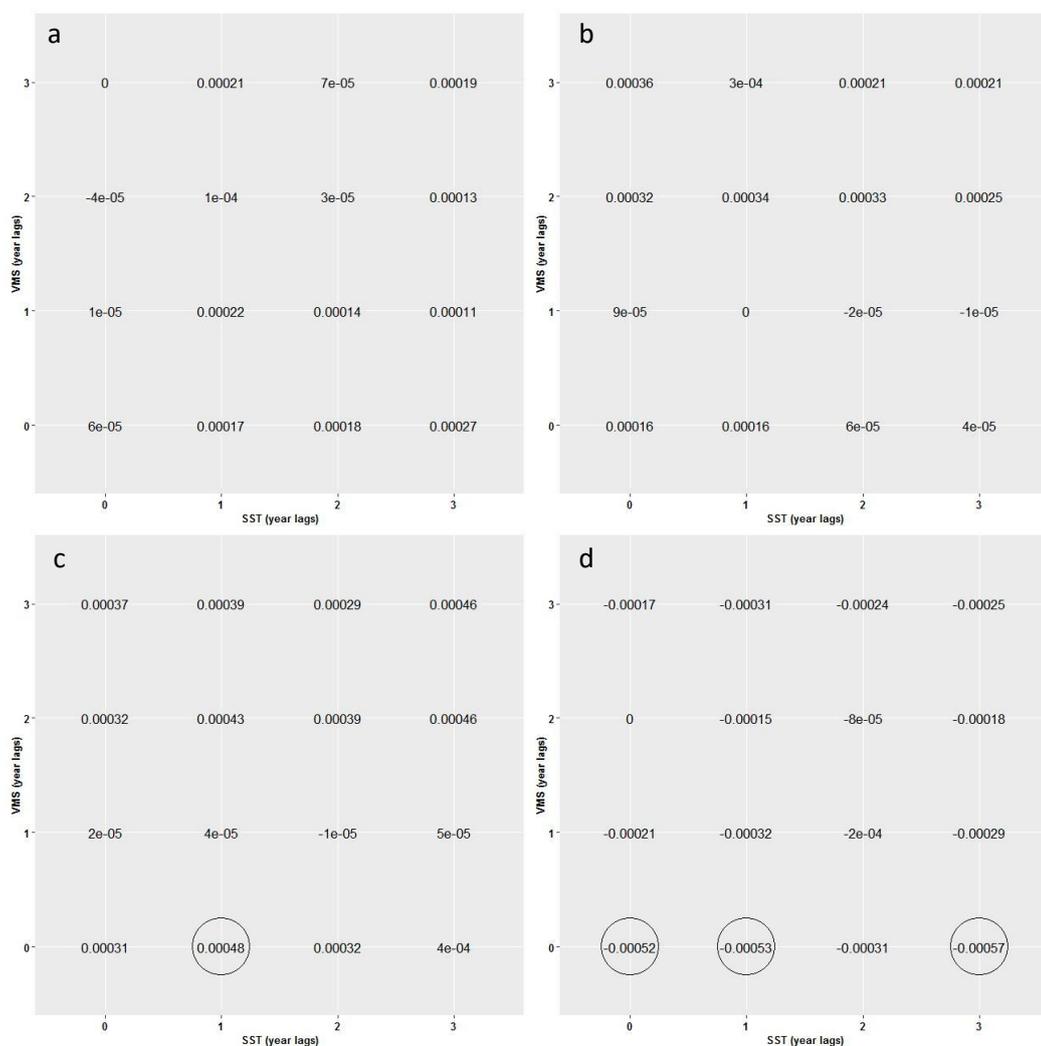


Figura 6. Análisis de los efectos combinados (interacción) de la temperatura y el esfuerzo pesquero en en (a) tasa de crecimiento, (b) nivel trófico, (c) duración del periodo de puesta y (d) edad de primera madurez en el Mediterráneo peninsular, explorando las pendientes del término interactivo con distintas combinaciones de retraso (entre 0 y 3 lags). Las pendientes que están rodeadas por un círculo se corresponden con aquellas que son estadísticamente significativas (p -valor < 0.05).

A3. Patrones espaciales, sinergias y eficacia de MPAs

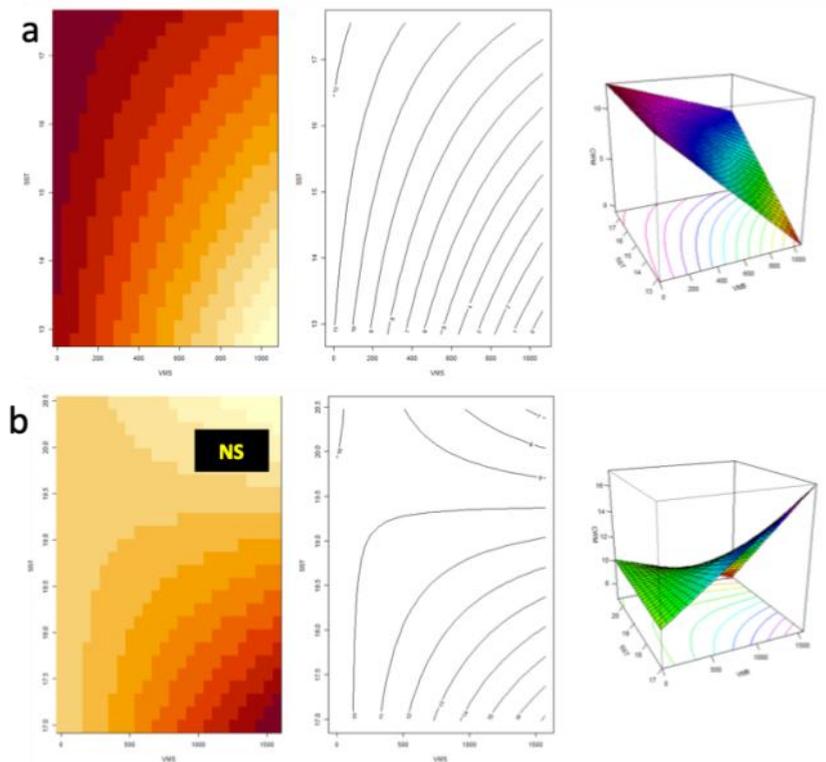
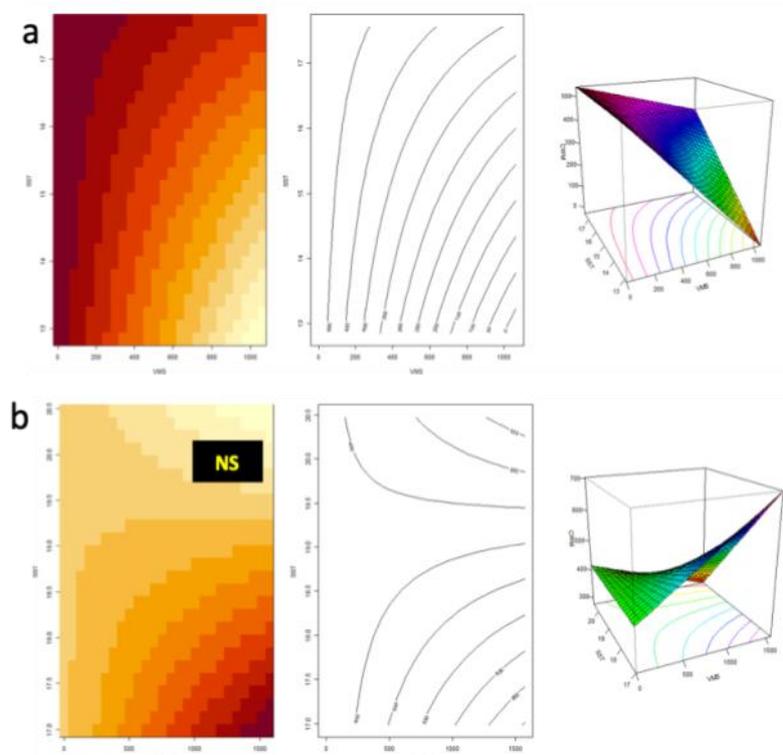


Figura 7. Efecto de la interacción entre temperatura y esfuerzo pesquero sobre el atributo **longevidad** ponderado a nivel de la comunidad en la región Galicia- Cantábrico (a) y la región Mediterráneo peninsular (b).



Organiza: *Figura 8. Efecto de la interacción entre temperatura y esfuerzo pesquero sobre el atributo **tamaño corporal** ponderado a nivel de la comunidad en la región Galicia- Cantábrico (a) y la región Mediterráneo peninsular (b).*

Analizando el término de interacción en más detalle, para aquellos casos en los que resultó significativo observamos la dificultad de establecer valores umbral, a partir de los cuales la interacción se haga patente. Así, el efecto combinado de la temperatura y el esfuerzo sobre la longevidad en el Cantábrico-Galicia dio como respuesta un patrón lineal significativo que como se aprecia en los resultados de los modelos (Tabla 1, Fig.2a, Fig. 7a) mientras que en el Mediterráneo peninsular se intuye un efecto no lineal de la temperatura y el esfuerzo pesquero en la longitud media de la comunidad, por lo cual el término de la interacción de nuestros modelos lineales es no significativo en todos los casos (Tabla 2, Fig. 5a, Fig. 7b).

En el caso del tamaño corporal, el efecto combinado de la temperatura y la pesca es similar al anteriormente descrito para longevidad. Hay un efecto lineal del término de interacción que se aprecia claramente en todos los modelos desarrollados para el Cantábrico-Galicia (Tabla 1, Fig.2b, Fig. 8a). En este caso, sin embargo, sí que es posible observar un esfuerzo pesquero a partir del cual la interacción se hace más evidente. Por el contrario, la interacción entre ambos impactos parece tener un efecto no lineal en el Mediterráneo, lo que resulta en interacciones no significativas en nuestros modelos lineales (Tabla 2, Fig. 4b, Fig. 8b).

En cuanto a la fecundidad ponderada a nivel comunidad, la interacción entre pesca y temperatura no fue significativa ni en el Cantábrico-Galicia (Fig. 9a) ni en el Mediterráneo peninsular (Fig. 9b), y tampoco se aprecia en ninguno de los casos una tendencia no-lineal que merezca resaltarse.

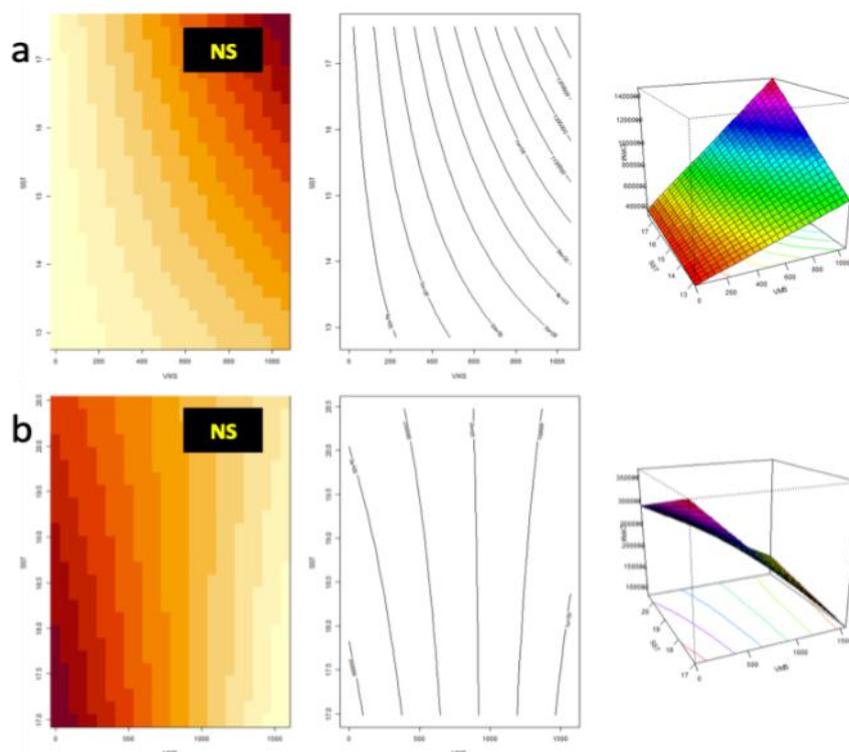


Figura 9. Efecto de la interacción entre temperatura y esfuerzo pesquero sobre el atributo **fecundidad** ponderado a nivel de la comunidad en la región Galicia- Cantábrico (a) y la región Mediterráneo peninsular (b).

Organiza:

Con el apoyo de:

A3. Patrones espaciales, sinergias y eficacia de MPAs

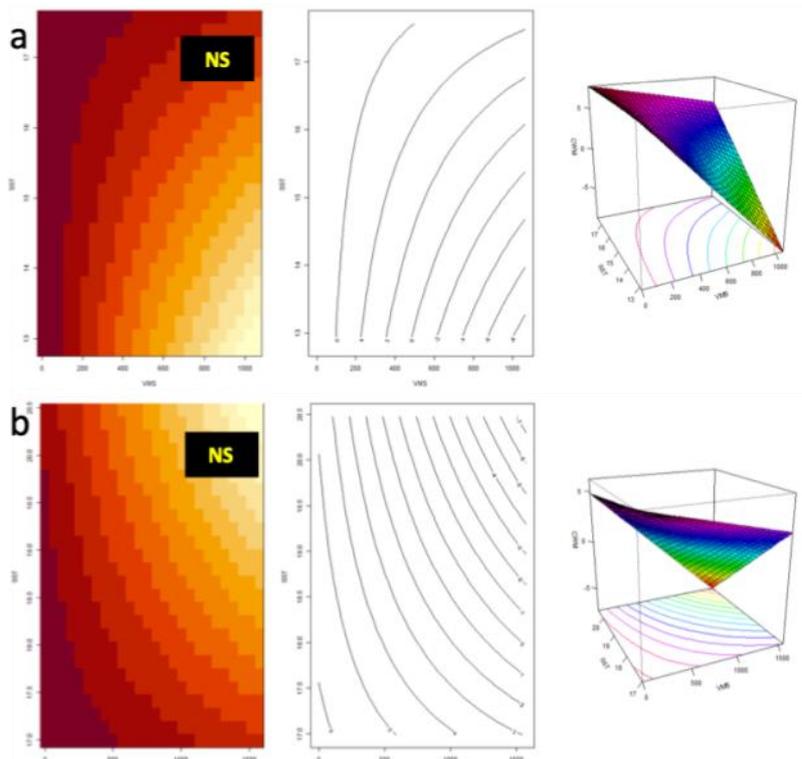


Figura 10. Efecto de la interacción entre temperatura y esfuerzo pesquero sobre el atributo **tamaño de huevo** ponderado a nivel de la comunidad en la región Galicia- Cantábrico (a) y la región Mediterráneo peninsular (b).

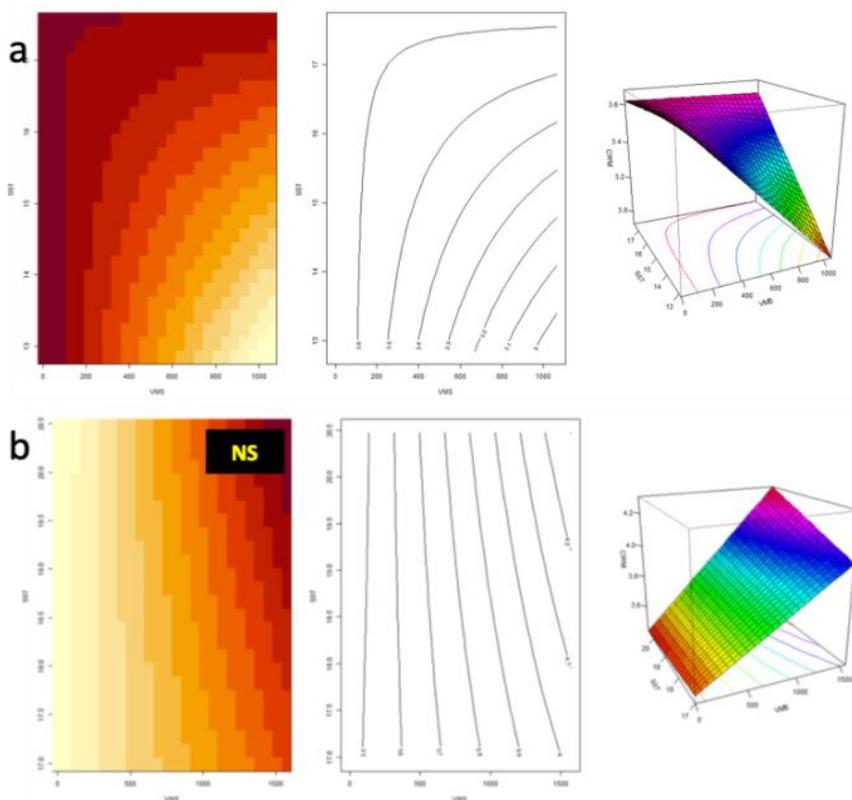


Figura 11. Efecto de la interacción entre temperatura y esfuerzo pesquero sobre el atributo **nivel trófico** ponderado a nivel de la comunidad en la región Galicia- Cantábrico (a) y la región Mediterráneo peninsular (b).

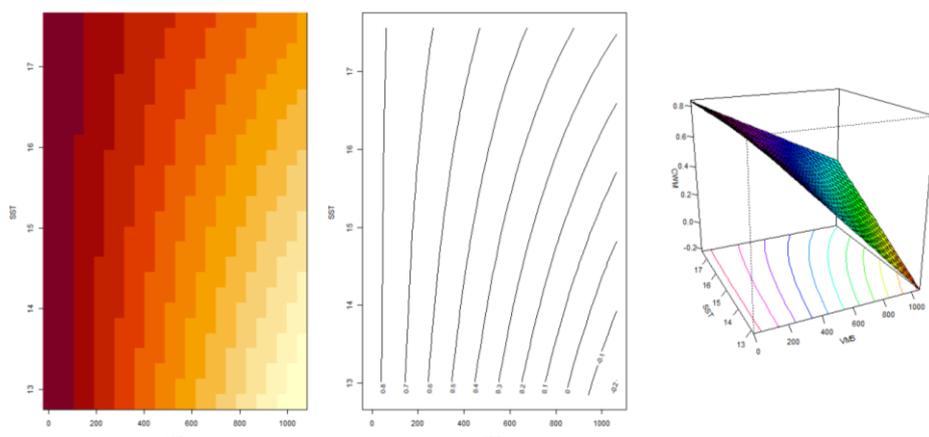


Figura 12. Efecto de la interacción entre temperatura y esfuerzo pesquero sobre el atributo **tasa de crecimiento** ponderado a nivel de la comunidad en la región Galicia- Cantábrico (a) y la región Mediterráneo peninsular (b).

El término de la interacción no fue significativo para el atributo tamaño de huevo ni en el Cantábrico ni en el Mediterráneo (Fig. 10).

La interacción entre pesca y temperatura fue significativa para el nivel trófico medio de la comunidad en el Cantábrico-Galicia (Fig. 11a), mientras que no fue significativo en el Mediterráneo peninsular (Fig. 11b). A pesar de que este término se ha modelado como una interacción lineal, en análisis gráfico de la interacción permite identificar un valor mínimo de esfuerzo, entorno a 100 horas de pesca al año, por debajo del cual no parece haber interacción con la temperatura, o lo que es lo mismo, el efecto de la temperatura de forma independiente o meramente aditiva no se ve modificado. En el caso de la tasa de crecimiento, los resultados son similares, observándose un valor mínimo de esfuerzo pesquero, por debajo del cual la interacción pesca- temperatura no sería significativo (Fig. 10)

Organiza:



Con el apoyo de:



R3.3. Evaluación de la efectividad de la declaración de áreas marinas protegidas en la reducción de la vulnerabilidad de las comunidades en las regiones Galicia-Cantábrico y Mediterráneo peninsular (% de reducción de vulnerabilidad con respecto a la media de la zona de estudio), como posible estrategia de adaptación a los efectos del cambio climático.

En análisis espacial de la vulnerabilidad en los lugares de importancia comunitaria dentro de la Red Natura 2000 aporta valores preliminares que hay que evaluar con cautela ya que no cubren la totalidad del área protegida, con la excepción del Espacio Marino de Illes Columbretes y su entorno, y del sistema de cañones submarinos occidentales del Golfo de León, que tienen una cobertura superior al 90% de su área (Tabla 3).

Los valores de sensibilidad a la pesca, al cambio climático y a su impacto combinado son significativamente mayores en El Cachucho que en el resto de la zona de estudio (plataforma noratlántica), sin embargo, estos valores no difieren de los que hay en otras zonas de profundidad similar dentro del área de estudio (Fig. 1). El Sistema de cañones submarinos de Avilés, por su parte, no tiene valores de sensibilidad significativamente diferentes a los de otras zonas de la plataforma (Tabla 3). Teniendo en cuenta la correlación entre sensibilidad y profundidad en el área de estudio del noroeste peninsular, sería esperable que una mayor cobertura de estas dos áreas protegidas, correspondiente a sus zonas más profundas, elevara significativamente los valores de sensibilidad del ambos LICs.

Área	Nombre LIC	Código LIC	% cobertura	Sens CC	Sens PP	Sens global
PLATAFORMA NORATLÁNTICA PENINSULAR				0,60 ± 0,06	0,50 ± 0,06	0,56 ± 0,06
	El Cachucho	ES90ATL01	50%	0,73 ± 0,03	0,60 ± 0,04	0,67 ± 0,04
	Sistema de Cañones Sumarinos de Avilés	ESZZ12003	36,60%	0,66 ± 0,05	0,51 ± 0,06	0,59 ± 0,06
PLATAFORMA MEDITERRÁNEA PENINSULAR				0,58 ± 0,06	0,58 ± 0,26	0,58 ± 0,13
	Valles submarinos del Escarpe de Mazarrón	ES6200048	63,80%	0,60 ± 0,03	0,53 ± 0,20	0,57 ± 0,09
	Sistema de cañones submarinos occidentales del Golfo de León	ESZZ16001	98,86%	0,66 ± 0,03	0,55 ± 0,19	0,60 ± 0,08
	Espacio marino de Illes Columbretes	ESZZ16004	100%	0,50 ± 0,007	0,61 ± 0,005	0,57 ± 0,007
	Espacio marino del entorno de Illes Columbretes	ESZZ16010	93,92%	0,63 ± 0,007	0,54 ± 0,03	0,59 ± 0,02

Tabla 3. Valores de sensibilidad (media ± sd) dentro de las principales área protegidas dentro de la Red Natura 2000 en nuestras zonas de estudio y valores promedio de todo el área de estudio. Se indica además el porcentaje del área protegida para el que contamos con datos de sensibilidad (% cobertura).

Organiza:



Con el apoyo de:



A3. Patrones espaciales, sinergias y eficacia de MPAs

En el área de estudio del Mediterráneo peninsular, el Sistema de cañones submarinos del Golfo de León tiene una sensibilidad al cambio climático significativamente mayor que la media de la zona, mientras que su sensibilidad a la pesca y su sensibilidad global no difiere de la media del área de estudio. Por el contrario, el Espacio marino de Illes Columbretes tiene una sensibilidad al cambio climático significativamente menor que la media de la zona, mientras que su sensibilidad a la pesca y su sensibilidad global no difieren de la media para el mediterráneo peninsular. Por su parte, los Valles submarinos del Escarpe de Mazarrón y el Espacio marino del entorno de Illes Columbretes no mostraron valores significativamente distintos a la media del área para ninguno de los índices de sensibilidad (Tabla 3). Cabe resaltar que las desviaciones estándar asociadas a la sensibilidad de la pesca en el Mediterráneo peninsular son muy elevadas, lo que provoca que haya un importante solapamiento entre los valores de sensibilidad calculados para toda el área o para los LICs.

Organiza:



Con el apoyo de:



REFERENCIAS

- Beukhof, E., Dencker, T. S., Pecuchet, L., & Lindegren, M. (2019). Spatio-temporal variation in marine fish traits reveals community-wide responses to environmental change. *Marine Ecology Progress Series*, 610, 205-222.
- Hiemstra, P. H., Pebesma, E. J., Twenhöfel, C. J., & Heuvelink, G. B. (2009). Real-time automatic interpolation of ambient gamma dose rates from the Dutch radioactivity monitoring network. *Computers & Geosciences*, 35(8), 1711-1721.
- Pebesma, E. J. (2004). Multivariable geostatistics in S: the gstat package. *Computers & geosciences*, 30(7), 683-691.
- Pinsky, M. L., & Fogarty, M. (2012). Lagged social-ecological responses to climate and range shifts in fisheries. *Climatic change*, 115(3), 883-891.
- Tsimara, E., Vasilakopoulos, P., Koutsidi, M., Raitzos, D. E., Lazaris, A., & Tzanatos, E. (2021). An integrated traits resilience assessment of Mediterranean fisheries landings. *Journal of Animal Ecology*, 90(9), 2122-2134.
- Wang, H. Y., Shen, S. F., Chen, Y. S., Kiang, Y. K., & Heino, M. (2020). Life histories determine divergent population trends for fishes under climate warming. *Nature communications*, 11(1), 1-9.

Organiza:



Con el apoyo de:

