

## Identificación y cuantificación de la vulnerabilidad del sector pesquero al cambio climático de forma transversal, analizando los riesgos derivados del cambio climático tanto en los recursos pesqueros como en los aspectos socio-económicos.

### INTRODUCCIÓN

Los océanos cubren tres cuartas partes de la superficie de La Tierra, absorben alrededor del 30% del CO<sub>2</sub> producido por el hombre, regulan el clima y proporcionan alimentos y servicios de ecosistemas esenciales para el mantenimiento de la vida en el planeta. A nivel mundial, el valor de mercado de los recursos marinos y costeros y de su industria se estima en 3 mil millones de dólares al año, es decir, alrededor del 5% del PIB mundial, y sólo la pesca marina emplea directa o indirectamente a más de 200 millones de personas en todo el mundo. El cambio climático supone un gran riesgo para la seguridad alimentaria y económica de más de 3.000 millones de personas que dependen de la biodiversidad marina para su subsistencia. (IPCC, 2014a; Gattuso et al., 2015; Barange, 2018). Las evidencias de los efectos del cambio climático en los hábitats acuáticos han aumentado a un ritmo alarmante durante la última década. Ejemplos de estos impactos son el calentamiento y la acidificación de los océanos, la desoxigenación, el aumento del nivel del mar y los cambios en las patrones de las precipitaciones, el incremento en la intensidad y frecuencia de eventos extremos y olas de calor (IPCC 2014a).

Estos impactos ya están dando lugar a cambios observados en la biogeografía y la abundancia de los organismos marinos (ver informe R.2.0 del proy. VADAPES para cambios en distribución en nuestras zonas de estudio), que afectan a la composición de la comunidad, la distribución y el volumen de las capturas, lo que pone en jaque la ordenación de importantes pesquerías y sus beneficios económicos (FAO, 2018). En lo que respecta a la actual gobernanza internacional de los océanos y la pesca, existe una elevada preocupación por la reducción de la eficacia en el logro de los objetivos ecológicos, económicos y sociales debido a los efectos climáticos observados en los recursos pesqueros. A pesar de la incertidumbre en cuanto a la respuesta de los ecosistemas marinos al cambio climático, es evidente que los procesos y presiones a escala regional tanto a nivel climático, como socio-económico y ecológico determinarán en su conjunto las medidas y estrategias de adaptación al clima (Hollowed et al., 2013; IPCC, 2014a; Brander, 2015)

España se encuentra entre los 25 principales productores de recursos marinos a nivel mundial (FAO, 2020). Con una línea de costa de aproximadamente 8.000 km y 340 puertos pesqueros registrados, acoge la mayor industria pesquera de la UE. Datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) apuntan a que España ha producido alrededor de 1 millón de toneladas de productos pesqueros en 2018 y ha contabilizado cerca de 2.000 millones de euros en valor de desembarque, más que cualquier otro país de la UE. El país es también un importante exportador, y representa el 5% de las exportación es mundiales de recursos marinos. España cuenta con puntos de entrada tanto en el Océano Atlántico como en el Mar Mediterráneo, por lo que se forman dos zonas de pesca con distintas características tanto en términos físico y biogeoquímico como en las

Organiza:



Con el apoyo de:



A1. Análisis de riesgos de las pesquerías bento- demersales

características de los ecosistemas marinos y de las pesquerías que dependen de ellos. Cada una de las zonas geográficas está bajo la administración de diferentes Organizaciones Regionales de Ordenación Pesquera (RFMOs). En el Atlántico, actúa el Consejo Internacional para la Exploración del Mar (ICES) y en el Mediterráneo, la Comisión General para la Pesca del Mediterráneo (GFCM).

Hasta la fecha, varios estudios han utilizado Evaluaciones de Vulnerabilidad Climática (CVA) y Riesgos Climáticos (CRA) para investigar los impactos del cambio climático en el sector pesquero como una forma de priorizar la asignación de fondos de adaptación y proporcionar a los responsables políticos el conocimiento suficiente para tomar decisiones prácticas y eficientes. Estos estudios enfatizan constantemente la importancia de invertir en mecanismos de adaptación ante las alarmantes amenazas del cambio climático (p. ej., Alison et al. 2009; Cinner et al., 2012; Colburn et al., 2016; Pinnegar et al. 2019; Payne et al., 2020). Más recientemente, este enfoque se ha aplicado a nivel subnacional proporcionando información más detallada y dando lugar a análisis más precisos de la vulnerabilidad regional (Pinnegar et al. 2019; Barnes et al., 2020; Payne et al. 2020). De ello se deduce que las diferencias regionales son particularmente importantes en muchos países con gradientes socioecológicos o segregaciones espaciales, geográficas o ambientales, para los cuales se deben esperar diferencias en los efectos combinados de: (i) los impactos esperados del cambio climático (Exposición); (ii) la relevancia de la pesca para sus economías y dietas (Sensibilidad); (iii) y la limitada capacidad de adaptación social (Capacidad adaptativa) (Cinner et al., 2012; Pinnegar et al. 2019; Payne et al. 2020). Sin embargo, cuantificar estas diferencias espaciales plantea el desafío de buscar un conjunto más diverso de indicadores socioecológicos que capturen estas importantes diferencias a escala regional, al tiempo que sean significativos y operativos a nivel nacional.

España es un ejemplo paradigmático de todas estas características, con dos grandes áreas contrastantes asociadas al océano Atlántico y al mar Mediterráneo, pero también claros gradientes y heterogeneidad espacial en los contextos ecológico, pesquero y socioecológico (e.g. Hidalgo et al., 2017; Punzón et al., 2020). De hecho, las características de las comunidades biológicas y las pesquerías que dependen de ellas también son marcadamente diferentes (FAO 2018, 2020). Entre las características comunes, la pesca demersal juega un papel importante tanto en la zona atlántica como en la mediterránea con más de 1/3 de la flota y más de la mitad de la potencia y arqueo bruto del total de la flota española (MAPA, 2019). Con el fin de resaltar la importancia de las diferencias regionales en la vulnerabilidad al cambio climático, utilizamos la pesca demersal para aplicar un marco de evaluación de la vulnerabilidad e identificar las regiones costeras españolas que están más expuestas a un riesgo climático. Es decir, aquellas zonas o regiones que siendo potencialmente donde la plataforma continental está más expuesta a los impactos del cambio climático, donde la industria pesquera contribuye más a los medios de vida y al crecimiento económico, y/o donde los recursos sociales y la infraestructura pueden limitar la capacidad de adaptación.

Organiza:



Con el apoyo de:



## MÉTODOS

Los análisis de vulnerabilidad al cambio climático permiten conocer qué partes de los sistemas socio-ecológicos están más expuestos y cuál es su sensibilidad y capacidad de adaptación y son esenciales para evaluar cómo las medidas de conservación y gestión pueden minimizar los impactos y maximizar la resiliencia. La vulnerabilidad climática se define como el grado en que un sistema o una especie es susceptible o incapaz de hacer frente a los efectos adversos del cambio climático.

La **exposición** es la naturaleza y el grado en que un sistema se ve sometido a estrés por factores climáticos como las anomalías de temperatura, los eventos climáticos extremos o otros efectos derivados de cambio climático (Pinnegar et al., 2019, Wabnitz et al., 2018). El análisis de variables físicas se considera de forma generalizada en los estudios de análisis de vulnerabilidad para determinar el grado de exposición del sector pesquero en la medida en que afectan a su capacidad operativa, sus beneficios económicos y la seguridad alimentaria (Alison et al., 2009; Pinnegar et al., 2019).

Entre los principales factores que determinan la exposición está la temperatura del agua en la capa superficial del mar. La temperatura del agua es uno de los indicadores mejor desarrollados, mejor entendido y fácilmente disponible del cambio climático futuro (Scholze et al., 2006). Por lo tanto, asumimos que los impactos relacionados con el calentamiento (tanto positivos como negativos) sobre las variables físicas que afectan la producción pesquera y las operaciones pesqueras serán mayores en las áreas donde los cambios proyectados en la temperatura del agua son mayores. Se entiende que cuanto mayor sea su tasa de incremento esperado en el futuro más expuesta la comunidad biológica y pesquera. En el caso de las costas españolas, la mayor parte de los estudios se fundamentan en modelos globales o en regionalizaciones estadísticas. Debido a la heterogeneidad geográfica a lo largo de la costa de la península y Islas Baleares en cuanto a la exposición al calentamiento global, debe hacerse aquí una distinción entre el Atlántico y el Mediterráneo. En el caso del Océano Atlántico, los modelos globales pueden resolver los principales procesos físicos, aunque su resolución implica una importante limitación a la hora de evaluarlos a nivel costero. En el caso del Mediterráneo, en cambio, los modelos globales no pueden resolver bien los procesos fundamentales para este mar, empezando por los flujos en el Estrecho de Gibraltar y siguiendo con la formación de aguas profundas en diferentes subcuencas. Por lo tanto, el uso de modelos regionales se hace esencial para obtener escenarios fiables en este ámbito. En este trabajo utilizamos la *regionalización en las tendencias proyectadas por los escenarios del IPCC* que indican el calentamiento esperado en la región para el año 2050 (COPERNICUS, 2020).

Como un indicador indirecto de la exposición de cada Comunidad Autónoma al resto de posibles impactos utilizamos también el *área de la plataforma continental* calculado a partir de datos de batimetría de EMODNET y calculado como la superficie de plataforma entre 0 y 200m de profundidad y limitada por las proyecciones en profundidad de los límites geográficos en la costa de comunidades autónomas limítrofes. La plataforma continental reúne una parte importante de los recursos pesqueros y es donde faena el 96% de la flota

3

Organiza:



Con el apoyo de:



A1. Análisis de riesgos de las pesquerías bento- demersales

española, lo que corresponde al 65% de su potencia total (KW) (MAPA, 2019). Los efectos del cambio climático en las especies que habitan en esta zona amenazan directamente la actividad pesquera y su productividad económica. En este sentido, asumimos que las CCAA con la mayor superficie de plataforma tenderán a tener un mayor número de impactos asociados al cambio climático, así como el impacto ocasional y/o extremo de algunos de ellos.

La **sensibilidad de la pesca** se define como la componente de la sensibilidad total que hace referencia al subsistema socio-económico, del que dependen el empleo, los ingresos y la seguridad alimentaria entre otros (Colburn et al., 2016, Pinnegar et al., 2019). Las *características de la flota* son uno de los principales factores que determinan la sensibilidad del sector pesquero al cambio climático, ya que indican directa e indirectamente el grado de dependencia de cada CCAA del sector pesquero, así como la importancia de la pesca para sus economías y la seguridad alimentaria. La relación entre tamaño de la flota y sensibilidad es directa de forma que, generalmente, cuanto mayor sea la flota, más sensible será la comunidad.

Para caracterizar la flota demersal utilizamos los datos anuales de flota activa para cada Comunidad Autónoma, después de eliminar los buques que operan en caladeros extranjeros o aguas internacionales, y seleccionar únicamente los que tienen artes dirigidos a especies demersales (e.g. arrastreros, y palangreros o emalle de fondo). A continuación, calculamos los siguientes indicadores como medias para el periodo 2017-2019: *número de buques, edad, potencia, eslora y tonelaje* (TRB). Además incluimos como indicador *la tendencia interanual en el número de buques* en la última década (2009-2019) como indicador del fortalecimiento o sobre todo debilitamiento del sector pesquero en la última década. Aunque la mayoría de los estudios utilizan únicamente el tamaño de la flota como proxy de la dependencia del sector (Tabla 1), nosotros hemos utilizado en este estudio una serie adicional de indicadores de la flota que dan una visión más realista de las distintas dimensiones y factores de dependencia del sector pesquero al cambio climático.

El *consumo de productos de la pesca* es el indicador por excelencia de la dependencia nutricional (Tabla 1). Aunque en países desarrollados esta dependencia no se puede relacionar de forma unequivoca con inseguridad alimentaria, se estima que 3.5 millones de personas sufren inseguridad alimentaria moderada o grave en España, y esta cifra ha aumentado un 0.4% entre 2014 y 2018 (FAO et al., 2020). Esta tendencia está relacionada, en países desarrollados, y de forma inversa con un incremento en el número de adultos obesos que en España también ha aumentado en la última década, situándose en más de 10 millones de personas en 2016 (FAO et al., 2020). Un mayor consumo de proteína de la pesca se relaciona directamente con una mayor dependencia del sector.

La *dependencia del empleo*, bien sea mediante el número total de altas en el sector pesquero o ponderando estas altas laborales por el conjunto de la población empleada, es también uno de los indicadores habituales para cuantificar la sensibilidad del sector (Tabla 1). Mientras que algunos trabajos consideran de forma conjunta todos los empleos en el sector pesquero (Cinner et al., 2012), nuestros datos sólo nos permiten cuantificar los

Organiza:



Con el apoyo de:



**A1. Análisis de riesgos de las pesquerías bento- demersales**

empleos en la pesca extractiva, por lo que también hemos utilizado el número de empresas del sector (ej. transformación y procesado) como un indicador complementario del nivel de ocupación en la componente no-extractiva del sector.

El *valor de los desembarcos* es uno de los indicadores comúnmente asociados a la sensibilidad del sector pesquero (Tabla 1), en ocasiones estandarizados por el valor total de la economía (Ding et al., 2017) o espacialmente por unidad de territorio (Pinnegar et al., 2019).

COMPONENTE	INDICADOR	UNIDADES	INTERPRETACIÓN	REFERENCIAS
<b>Exposición</b>	<i>Tendencias en temperatura superficial del mar</i>	°C/year	Las tendencias previstas en las regionalizaciones de los escenarios climáticos del IPCC, indican la exposición futura de las regiones a cambios en la temperatura del agua.	Ding et al., 2007; Aznar et al., 2016.
<b>Sensibilidad Pesca</b>	<i>Número medio de buques de la flota demersal (2017-2019)</i>	Nº buques	Flotas más numerosas se identifican con una mayor capacidad del sector pesquero y un aumento de su vulnerabilidad al cambio.	Jacob et al., 2010; Morzaria-Luna et al., 2014; Colburn et al., 2016
	<i>Valor medio desembarcos(años)</i>	€/año	El valor de los desembarcos es indicador del volumen de negocio del sector y guarda relación directa con la sensibilidad al cambio.	Jacob et al., 2010; Wabnitz et al., 2014; Colburn et al., 2016; Ding et al., 2017; Pinnegar et al., 2019
	<i>Consumo productos de la pesca</i>	% sobre el consumo total de proteína animal	Un mayor consumo de productos de la pesca guarda relación directa con la sensibilidad al cambio climático.	Allison et al., 2009; Wabnitz et al., 2014; Ding et al., 2017; Pinnegar et al., 2019
	<i>Número de empresas del sector pesquero</i>	N empresas	El número de empresas del sector es un indicador indirecto de su tamaño, considerando no sólo su componente extractiva sino también la componente de procesado y venta. Un sector de mayores dimensiones será más sensible al cambio climático.	Jacob et al., 2010; Colburn et al., 2016
	<i>Empleo en el sector pesquero</i>	% altas en régimen del mar sobre el total de población	El empleo en el sector es un indicador directo de su tamaño. En este caso, el número de altas en el régimen del mar cuantifica el tamaño de la componente extractiva del sector pesquero. A mayor tamaño la	Allison et al., 2009; Morzaria-Luna et al., 2014; Wabnitz et al., 2014; Ding et al.,

Organiza:



Con el apoyo de:



**A1. Análisis de riesgos de las pesquerías bento- demersales**

		activa	sensibilidad al cambio será mayor.	2017; Pinnegar et al., 2019
<b>Sensibilidad de las especies</b>	<i>Sensibilidad a la temperatura</i>	°C	Las especies más sensibles a los cambios de temperatura serán aquellas que tengan que soportar rangos de temperatura más estrechos y que tengan afinidad por temperaturas más elevadas.	Pinnegar et al., 2019
	<i>Precio</i>	€/Kg	Las especies con mayor valor de mercado son aquellas que normalmente soportan mayor esfuerzo extractivo, por ello se estima que su sensibilidad al cambio climático es mayor.	Pinnegar et al., 2019
<b>Capacidad de adaptación</b>	<i>PIB per cápita</i>	€/pp	Mayor PIB per cápita permite una menor dependencia económica de cualquier actividad, y por lo tanto mayor capacidad de adaptación.	Morzaria-Luna et al., 2014; Ding et al., 2017
	<i>Riesgo de pobreza y exclusión social</i>		Un menor riesgo de pobreza indica una menor dependencia económica y por lo tanto mayor capacidad de adaptación.	Morzaria-Luna et al., 2014; Wabnitz et al., 2014; Colburn et al., 2016; Pinnegar et al., 2019
	<i>Educación no universitaria</i>	%	El porcentaje de educación es indicador de la capacitación de la población, permitiendo una mayor adaptación a condiciones cambiantes.	Allison et al., 2009; Morzaria-Luna et al., 2014; Wabnitz et al., 2014; Colburn et al., 2016; Ding et al., 2017
	<i>Diversidad de artes de pesca</i>	Índice de Shannon	Una mayor diversidad de artes de pesca dentro de la flota se relaciona con una mayor diversidad de especies objetivo. La diversificación aumenta la capacidad de adaptación.	Cinner et al., 2013
	<i>Contribución CCAA a PIB nacional</i>		La contribución del PIB de la comunidad al PIB nacional es un indicador de la riqueza de la región y de sus posibilidades de inversión en adaptación al cambio climático.	Allison et al., 2009; Wabnitz et al., 2014

Tabla 1. Indicadores utilizados comúnmente en la literatura científica para construir índices de vulnerabilidad de la pesca al cambio climático.

Organiza:



Con el apoyo de:



A1. Análisis de riesgos de las pesquerías bento- demersales

Para evaluar la **sensibilidad de los recursos pesqueros al cambio climático**, recopilamos información sobre sus rasgos biológicos, con énfasis en preferencias de temperatura, duración del periodo de puesta y grado de especificidad del hábitat (en cuanto a temperatura y profundidad), además de datos de captura y mercado (Hare et al., 2016; Alison et al., 2009). Analizamos específicamente la diferencia entre las zonas de Atlántico y Mediterráneo.

El *rango térmico* fue utilizado como una característica vital para evaluar la sensibilidad de una especie a las variaciones en las condiciones de temperatura, dado que las proyecciones actuales estiman que el cambio climático conducirá a un calentamiento general de la temperatura de la superficie del mar. Por lo tanto, las especies que se limitan naturalmente a un rango más estrecho se consideran más sensibles que las especies que ocurren naturalmente dentro de rangos más amplios (Pinnegar et al., 2019; Rijnsdorp et al., 2009; Hare et al., 2016). La especificidad se basó en el rango de temperaturas preferidas de una especie (es decir, rango entre el percentil 10 y 90 de las temperaturas superficiales en su área de distribución). Los datos para cada especie fueron recopilados de las proyecciones existentes en Aquamaps (AQUAMAPS, 2019).

La identificación de *tendencias en especies termófilas* a lo largo de la serie histórica es un indicador de sensibilidad de la comunidad. Calculamos la temperatura media de la distribución de la especie ponderada a la probabilidad de ocurrencia. Para ello, usamos las series temporales de las campañas de evaluación de recursos demersales y calculamos las tendencias en la abundancia de estas especies entre 2008 y 2017 mediante una regresión lineal. Las campañas del margen Atlántico incluyen las zonas el Mar Cantábrico y Galicia (DEMERSALES, ICES IXa y VIIIc), mientras que para el Mediterráneo los datos fueron obtenidos de las campañas de evaluación de ecosistemas demersales MEDITS (GSA1, GSA6) realizados por el Instituto Español de Oceanografía (IEO). Para cada especie se usa información de la temperatura óptima disponibles en bases de datos de libre acceso (AQUAMAPS, 2019; OBIS, 2019).

El *rango batimétrico* es un indicador de especificidad de hábitat y nos da información de lo selectiva que es una especie en términos de hábitat, y por lo tanto lo sensible que puede ser a los impactos externos que afectan a su distribución. Un mayor rango batimétrico resulta en una menor sensibilidad ante a los cambios climáticos, ya que las especies son más proclives a encontrar una profundidad óptima para su desarrollo alejándose de las capas más cálidas de agua. Para la construcción del indicador utilizamos datos de las campañas de evaluación de ecosistemas demersales MEDITS y DEMERSALES realizadas por el IEO. A partir de los datos de presencia en las campañas de evaluación obtuvimos el cuantil-10 (D10) de la distribución de profundidad y el cuantil-90 (D90). En los casos de que el D10 coincidió con el límite inferior muestreado en campaña (ca. 45 m. en MEDITS y ca. 70 m. en DEMERSALES) tomamos el límite inferior que se especifica en el perfil de las especies disponibles en bases de datos online (Fishbase, 2009; SeaLife, 2009).

En términos de rasgos biológicos, especies con una *época de puesta* más extendida son menos sensibles a los efectos del calentamiento global ya que presentan mayor plasticidad

Organiza:



Con el apoyo de:



A1. Análisis de riesgos de las pesquerías bento- demersales

fenotípica para adaptarse a cambios medioambientales y por lo tanto mayor portafolio ecológico. Para el cálculo de ese indicador tomamos los datos del perfil de las especies de bases de datos online como Fishbase, Sea Life, y otras referencias (Anexo\_A2.1).

La *estabilidad de los desembarcos* se utilizó como un indicador de la estabilidad poblacional de las especies. Cuanto mayor sea la estabilidad de los desembarcos, más sensibles serán las pesquerías a los cambios derivados del cambio climático. Utilizando los datos del grupo de seguimiento de la Actividad Pesquera (IEO), se calculó la captura por unidad de esfuerzo en términos de capturas por unidad de potencia de la embarcación (Kw) para poder estimar el inverso del coeficiente de variación (1/CV) de la CPUE para cada especie por comunidad autónoma y año (entre 2016 y 2018) como medida de estabilidad.

El *valor comercial que los pescadores pueden obtener de sus capturas* se asocia típicamente con la medida en que las especies son objetivo de las pesquerías. Las especies con mayores precios se consideran cada vez más sensibles a la pesca selectiva y, por lo tanto, aumentan su sensibilidad a otras presiones, incluido el cambio climático. Para estimar el valor comercial de cada especie recopilamos datos sobre el precio por kilogramo de cada especie de bases de datos de acceso público (STEF, 2019).

La **capacidad de adaptación** es un proceso de adecuación de los sistemas ecológicos, sociales o económicos al clima real o previsto y a sus efectos, que incluye acciones que moderen, prevengan los daños o exploten las oportunidades beneficiosas (Noble et al., 2014; CMNUCC, 2018). Incluye elementos como el nivel de capital social, el capital humano y, la idoneidad y eficacia de las estructuras de gobernanza. Este predispone una relación indisoluble entre las medidas relativas al cambio climático y los imperativos centrales de reducir la pobreza, aumentar la seguridad alimentaria y poner fin al hambre (Haddad 2005; Yohe y otros 2006; Tol y Yohe 2007; Vincent 2007).

En ese estudio, además de estos elementos más ampliamente utilizados en estudios de análisis de vulnerabilidad, agregamos factores relacionados a operaciones de pesca, tales como el número y porcentaje de desembarcos fuera del puerto base, o el potencial de la pesca artesanal y recreativa. La posibilidad de descargar fuera del puerto base ofrece a la flota pesquera opciones para evitar los fenómenos meteorológicos extremos y para buscar un mayor rendimiento económico en los viajes al mar. La pesca artesanal y recreativa surge en este escenario como una opción para la migración de embarcaciones y trabajadores del mar hacia el mercado turístico, puesto que los efectos del cambio climático afectan a los rendimientos de la pesca y en consecuencia a su viabilidad.

En este sentido, y para tener indicadores de la capacidad de adaptación externa al sector pesquero de cada Comunidad Autónoma analizamos el nivel de desarrollo económico mediante el *PIB per cápita* y, la *Tasa de Riesgo de Pobreza y exclusión social*. Según la Estrategia Europa 2020 se considera persona en riesgo de pobreza y/o exclusión social las que viven con bajos ingresos (60% de la mediana del ingreso equivalente o por unidad de consumo en el año), y/o sufren privación material severa y/o personas que viven en hogares con una intensidad de empleo muy baja (por debajo del 20% del total de su potencial de

8

Organiza:



Con el apoyo de:





A1. Análisis de riesgos de las pesquerías bento- demersales

trabajo) (INE, 2019). En el contexto de nuestro estudio, entendemos que cuanto mayor el valor del PIB mayor es la capacidad económica y social a adaptarse, y por tanto hacer frente a los impactos diversos del cambio climático de cada CCAA. Por el contrario, cuanto mayor es el Riesgo de Pobreza mayor es la vulnerabilidad y menor su capacidad de adaptación. Esta información se obtuvo a través de consultas a las bases de datos del Instituto Nacional de Estadística (INE).

El *acceso garantizado a educación* aporta a los ciudadanos posibilidades de inserción en el mercado laboral fuera del sector pesquero además de conceder a los trabajadores del mar conocimientos estratégicos útiles para su actividad, contribuyendo para la realización de capturas que no afecten a la tasa de recuperación de los stocks manteniendo su intereses económicos. En este sentido, utilizamos como indicador la tasa de educación no universitaria de la población a los 17 años para cada una de las CCAA. Los datos provienen del Ministerio de Educación y Formación Profesional de España en lo que respecta al período 2016-2017.

Consideramos la *posibilidad del desembarco de parte de la captura en diferentes puertos* como un indicador de flexibilidad de la flota frente a dificultades e impactos asociados al cambio climático, como podría ser una meteorología eventual adversa (e.g. eventos extremos), pero también brindando la posibilidad de aprovechar mejores oportunidades de mercado. Para ello se ha utilizado la información aportada del grupo de seguimiento de la Actividad Pesquera del IEO con la que se ha calculado el peso total desembarcado fuera del puerto base y el número medio de puertos en los que desembarcó cada embarcación por comunidad autónoma entre los años 2015 y 2018.

La transición de los trabajadores del mar desde la pesca comercial a gran escala hacia la *pesca artesanal* y al sector de la *pesca recreativa* se ha considerado también como un indicador de capacidad de adaptación. Cuanto mayor la flota de pesca artesanal y el número de pescadores recreativos, más oportunidades de incorporación y transición de los trabajadores a esos eslabones alternativos del sector pesquero como forma de renta. Para componer ese indicador utilizamos el número de barcos utilizando artes menores de pesca en el año de 2018 (MAPA, 2019) y el número de pescadores recreativos en las distintas CCAA (Gordoa et al., 2019).

Utilizando datos de la Red Española de Grupos de Pesca y del Ministerio de Agricultura, Alimentación, y Medio Ambiente relativos al año de 2019, llegamos al *número de entidades asociativas presentes en cada CCAA*. La participación de la sociedad civil en la gestión pública es un factor primordial para la adopción de medidas de adaptación efectivas. En este sentido, la organización de la sociedad civil contribuye al desarrollo de acciones socioeconómicas y de políticas públicas que busquen el uso sostenible de las especies de interés pesquero sin perjuicio a la prosperidad económica del sector. Para ello, este indicador se compone del número de Grupos Locales de Apoyo (GALP's) sumado al número de Entidades Asociativas de Ámbito Autonómico (EAAA) del sector pesquero en cada una de las CCAA.

Organiza:



Con el apoyo de:



A1. Análisis de riesgos de las pesquerías bento- demersales

Los *proyectos de innovación en el sector pesquero* se consideraron un elemento adicional en la capacidad de adaptación ya que contribuyen a la diversificación económica de las comunidades costeras, a la transición para una pesca más sostenible, a la creación de empleos y a la mejora de la calidad de vida en las comunidades costeras. Con el fin de evaluar el nivel de proyectos de innovación nos fijamos en el valor (€) de las inversiones realizadas en el ámbito del Fondo Europeo Marítimo y de Pesca (FEMP) en cada CCAA. El FEMP es el fondo de las políticas marítima y pesquera de la Unión Europea para 2014-2020 que tiene como principales funciones ayudar a los pescadores en la transición a la pesca sostenible, ayudar a las comunidades costeras a diversificar sus economías, financiar proyectos para crear empleo y mejorar la calidad de vida en las costas europeas, así como facilitar el acceso a la financiación. La base de datos del FEMP nos da por lo tanto una información idónea para la consideración de estos proyectos.

Del mismo modo, cuanto mayor es la *diversidad de artes de la flota* mayor capacidad tendrá de adaptarse a los cambios en los recursos pesqueros. A partir del dato medio entre 2017-2019 calculado a partir de la flota activa para cada CCAA a partir de datos extraídos del sistema *EU Fleet Register*, a partir del cual seleccionamos el arte de pesca primario de cada buque y calculamos la diversidad de artes según la siguiente fórmula:

$$DIV = 1 - \sum \left(\frac{n}{N}\right)^2$$

donde n es el número de artes de un tipo y N el número de artes de todos los tipos. El índice varía entre 0 que sería dominancia absoluta y 1 que sería una diversidad máxima.

Una mayor *captura de especies de bajo valor comercial* se puede relacionar con una mayor capacidad de adaptación ya que la pesquería es menos dependiente del grupo de especies de alto valor comercial. Mediante datos del grupo de seguimiento de la Actividad Pesquera (IEO) y clasificación comercial de la página de ICTIOTERM financiada por el Ministerio de Economía y Competitividad calculamos la representación de las capturas de especies con bajo valor comercial como las capturas totales de cada CCAA.

El estudio de los *precios de las especies no tradicionales* nos sirve como un indicador de la capacidad de adaptación del mercado, como una posible herramienta de disminución de presión sobre especies tradicionales que pueden estar en estado de sobreexplotación o altamente impactadas por el cambio climático. En ese indicador, calculamos el Coeficiente de Variación del precio por Kg de las especies de interés pesquero no tradicionales usando información de Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Para ello, se han recopilado datos de los precios de las especies (en €/kg) para una amplia gama de ellas (STEF, 2019).

Como un primer paso a la construcción del **índice de vulnerabilidad** estandarizamos cada una de las variables entre 0 y 1 para eliminar sus unidades y hacerlas así comparables. Sin embargo, esta conversión disminuyó artificialmente las diferencias en su rango de variabilidad. Para compensar este artefacto e incluir las diferencias en rango de

Organiza:



Con el apoyo de:



**A1. Análisis de riesgos de las pesquerías bento- demersales**

vulnerabilidad, usamos los coeficientes de variación de las variables como un factor de ponderación antes de incluirlas en el índice, terminando así con un conjunto de indicadores sin unidades pero cuyas diferencias en variabilidad se corresponden con las del conjunto de datos originales. Siguiendo esta aproximación computamos la exposición (E), la sensibilidad a la pesca (SP), la sensibilidad de las especies (SS) y la capacidad de adaptación (AC), cada uno de ellos extendiéndose en el rango 0-1. La vulnerabilidad global se estimó según la siguiente fórmula:

$$V = E + FS + SS - AC$$

Los valores finales de vulnerabilidad son más elevados para las regiones más vulnerables y menores para las menos vulnerables. Este índice de vulnerabilidad final se normalizó de nuevo entre 0 (vulnerabilidad mínima, y 1 para vulnerabilidad máxima).

En base al análisis de correlación entre los distintos indicadores propuestos, se llegó a una selección final de 19 indicadores, cuyo desarrollo y origen está detallado en la tabla 2.

<b>Componente</b>	<b>Indicador</b>	<b>Variable</b>	<b>Origen de los datos</b>
<b>Exposición</b>	<i>Temperatura superficial del mar</i>	Tasa de increment proyectada de la temperatura superficial del mar (°C a 0.5 m de profundidad) para 2050.	COPERNICUS, 2020
	<i>Área de la plataforma continental</i>	Superficie de la plataforma continental (km <sup>2</sup> ) entre 0 y 200 m.	EMODNET, 2019
<b>Sensibilidad de la pesca</b>	<i>Empleo</i>	Personas trabajando en pesquerías marinas como % del total de la población activa.	INE, 2018
	<i>Potencia de la flota</i>	Potencia media de la flota demersal (kw) (2016-2018)	STECF, 2019
	<i>Edad flota</i>	Edad media de la flota demersal (2016-2018)	STECF, 2019
	<i>Consumo de pescado</i>	Consumo medio per capita de productos de la pesca marina (kg/year).	MAPA, 2019
<b>Sensibilidad de las especies</b>	<i>Precio</i>	Precio de las principales especies comerciales.	STECF, 2019

Organiza:



Con el apoyo de:



**A1. Análisis de riesgos de las pesquerías bento- demersales**

	<i>Estabilidad de la CPUE</i>	Coeficiente de variación de los desembarcos por unidad de esfuerzo (CPUE) para las principales especies comerciales (2015-2018)	IEO, unpublished data.
	<i>Sensibilidad de la temperatura</i>	Rango de temperatura de preferencia de las especies (rango entre los percentiles T10 y T90) dividido por la temperatura media de las especies.	AQUAMAPS, 2019
	<i>Rango de profundidad</i>	Rango batimétrico de las especies( entre los percentiles D10 y D90 de su distribución en profundidad)	FISHBASE; SEALIFE, 2019
	<i>Periodo de puesta</i>	Duración media del periodo de puesta de cada especie (meses/año)	
<b>Capacidad de adaptación</b>	<i>Desembarcos de bajo valor comercial</i>	CPUE de de las species de bajo valor comercial/ total de CPUE (2016-2018)	IEO, unpublished data.
	<i>Desembarcos fuera de puerto base</i>	Número medio de puertos en el que desembarca cada buque (2016-2018)	IEO, unpublished data.
	<i>PIB per capita</i>	Producto Interior Bruto per capita	INE, 2019
	<i>Educación</i>	% de población estudiante a los 17 años (educación no universitaria).	MEFP, 2019
	<i>Pesquerías artesanales</i>	Numero de buques dedicados a la pesca artesanal	MAPA, 2019
	<i>Pesca recreativa</i>	Número de personas involucradas en actividades de pesca recreativa.	Gordoa et al., 2019
	<i>Asociaciones pesqueras</i>	Número de asociaciones del sector pesquero, incluyendo GALP's y otras entidades asociativas	REGP, 2019
	<i>Diversidad de artes</i>	Índice de diversidad de Shannon de las principales artes de pesca por buque (2016-2018)	STECF, 2019

**Tabla2.** Descripción de los indicadores utilizados en la construcción del índice de vulnerabilidad y origen de los datos.

Los valores de todos los indicadores e índices obtenidos se encuentran detallados en el Anexo\_A1.

## RESULTADOS

Las comunidades más afectadas por los cambios de temperatura se encuentran en el Mediterráneo, concretamente en el Mar Balear (Mediterráneo Oriental): Baleares, Cataluña, **12**

Organiza:



Con el apoyo de:



A1. Análisis de riesgos de las pesquerías bento- demersales

Valencia y Murcia donde la tendencia de aumento de la temperatura es de 0.025-0.028 °C/año, seguidas de Andalucía con parte de su territorio en el Mar de Alborán (Mediterráneo Occidental) y parte en el Golfo de Cádiz (Atlántico Nororiental), que tiene un aumento más suave de 0.023 °C/año, posiblemente por la influencia de aguas del Atlántico. En cuanto a la plataforma continental, de las 5 comunidades que destacan por su mayor superficie y, por consiguiente, mayor exposición, 4 de ellas se encuentran en el Mediterráneo: Valencia, Andalucía, Islas Baleares y Cataluña, y únicamente Galicia está ubicada en el Atlántico (Fig. 1).

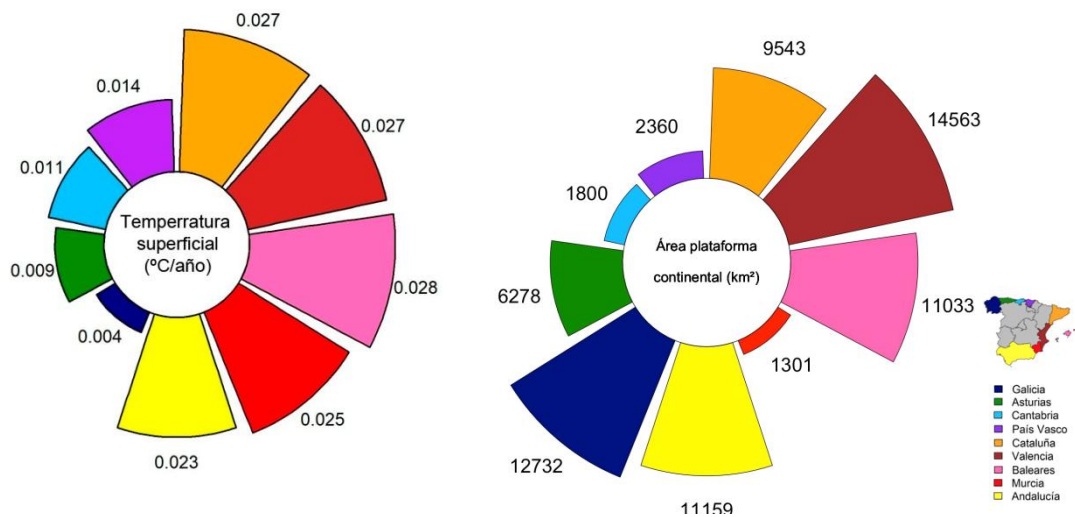


Figura 1. Valores de los indicadores de exposición (temperatura superficial y área de plataforma continental para cada una de las CCAA objeto de estudio.

El índice integrador de exposición mostró que las regiones con mayor grado de exposición eran: Comunidad Valenciana, Cataluña, Islas Baleares y Andalucía (Fig. 2), marcando una distinción bastante clara entre las áreas atlánticas y mediterráneas.

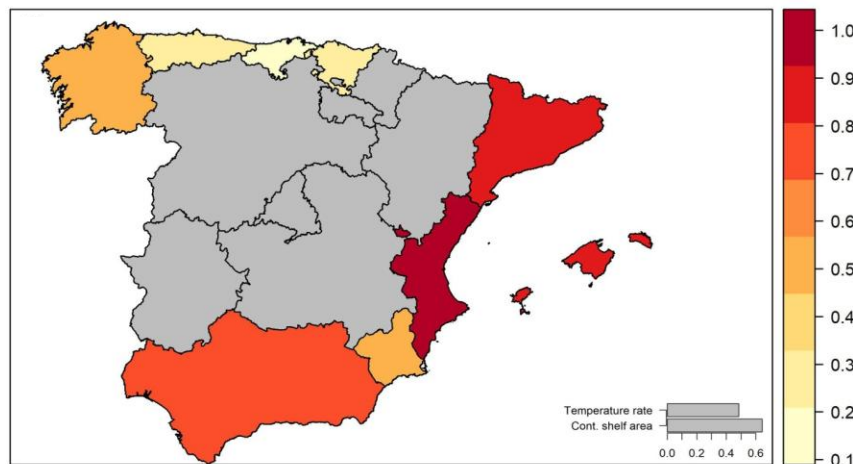


Figura 2. Índice combinado de exposición, indicando la contribución relativa de la tasa de aumento de temperatura (temperatura rate) y del área de la plataforma continental (Cont. Shelf area).

Organiza:



Con el apoyo de:



A1. Análisis de riesgos de las pesquerías bento- demersales

Nuestros resultados identifican Galicia como la comunidad con mayor número de buques, constituyendo más de la mitad de la flota nacional enfocada a los recursos demersales (Fig. 3). Las comunidades mediterráneas (Andalucía, Cataluña y Baleares) la siguen en número de buques, con la excepción de Murcia, que junto con las comunidades del Cantábrico tienen las flotas demersales más pequeñas (< 250 buques). Las tendencias en el número de buques durante la última década son negativas para todas las comunidades, lo que se explica en base a los programas de reducción puestos en marcha por la Unión Europea en las últimas décadas con el objetivo de reducir el esfuerzo pesquero y recuperar los stocks (Villasante y Sumaila, 2010). Estas tendencias muestran una relación inversa con el número de buques de la flota (Fig. 3), lo que sugiere que la reducción ha sido proporcional al tamaño de la flota de cada Comunidad Autónoma. La reducción en el número de buques representa una pérdida de oportunidades y empleo en el sector y acrecienta su sensibilidad a la diversidad de impactos del cambio climático.

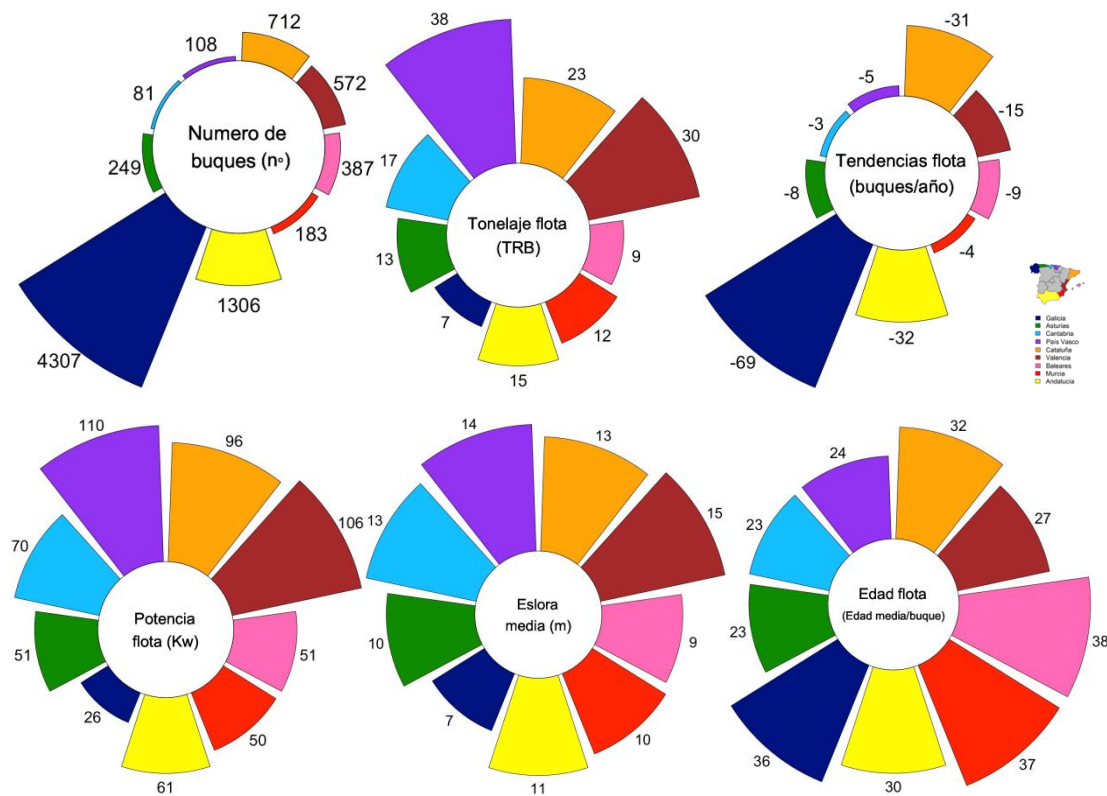


Figura 3. Indicadores de sensibilidad de la pesca: Número de buques, tonelaje, potencia, tendencia en número de buques y edad de la flota en las CCAA.

En cuanto a edad de la flota, Islas Baleares y Murcia son las comunidades que presentaron mayor edad media de los buques (Fig. 3), casi doblando la edad media de los buques en Asturias y Cantabria, que son las comunidades con una flota más renovada. El resto de características de la flota: eslora, tonelaje y potencia, representan una medida de la **14**

Organiza:



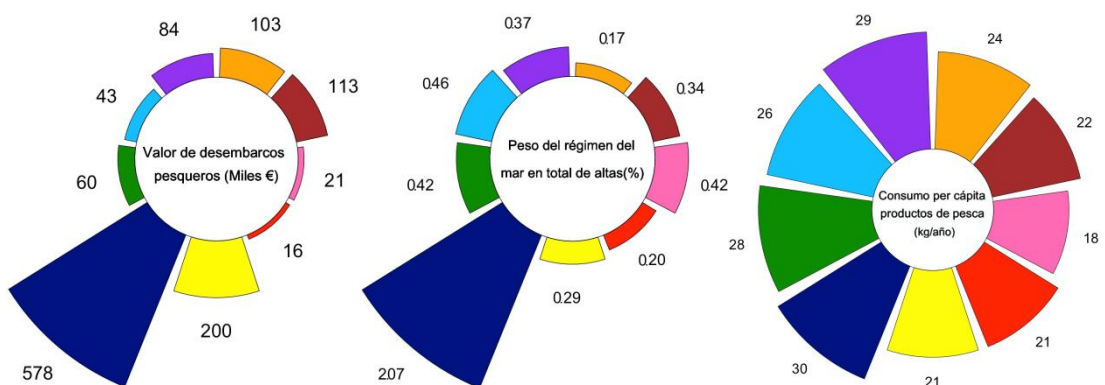
Con el apoyo de:



A1. Análisis de riesgos de las pesquerías bento- demersales

capacidad de captura de la flota. Los tres indicadores están correlacionados, aunque la correlación es más fuerte entre potencia y tonelaje, y algo más atenuada con la eslora. Es notorio que Galicia presente en estos tres indicadores los valores más bajos, lo que junto con su gran número de buques sugiere que gran parte de su flota demersal es artesanal. Lo mismo ocurre en la vertiente mediterránea en Baleares, con la media más baja en eslora a pesar de su elevado número de barcos, lo que sugiere que gran parte de ellos son artesanales. En el otro extremo, País Vasco, Valencia y Cataluña, ostentan los valores más altos en eslora, tonelaje y potencia media, sugiriendo una flota menos diversa en la explotación de las especies demersales y más especializada con buques de mayor tamaño.

Los desembarcos de mayor valor se registraron en Galicia, seguidos por Andalucía, Cataluña y Comunidad Valenciana, mientras que los menores valores de desembarco se produjeron en Murcia y Baleares, mostrando así mismo cierta correlación con algunas de las características de la flota, como el número de buques y su tendencia interanual (Fig.4). Galicia es con diferencia la CCAA con un mayor porcentaje de empleos en la pesca extractiva, mientras que las diferencias entre el resto de las comunidades no son tan acusadas, moviéndose en una horquilla entre el 0.17-0.46% del total de las altas laborales (Fig. 4) Los datos del número de empresas en el sector pesquero no presentan sin embargo diferencias tan acusadas con la excepción de Galicia, que sigue siendo la comunidad con un mayor tejido empresarial en el sector pesquero. Sorprende la comunidad de Cantabria en segundo lugar, a pesar de no tener grandes volúmenes de desembarcos ni de empleos en el sector extractivo. La industria de procesado en Cantabria está centrada en el enlatado de anchoa y atún, actividades con una importante generación de empleo (STEF, 2017). En el otro extremo, cabe destacar Baleares con el número de empresas más bajo, indicando la ausencia de de tejido empresarial entorno al sector pesquero en esta comunidad.



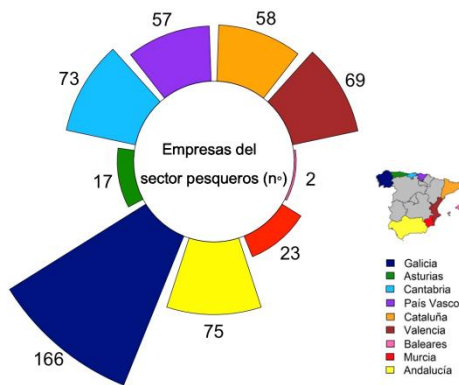
Organiza:



Con el apoyo de:

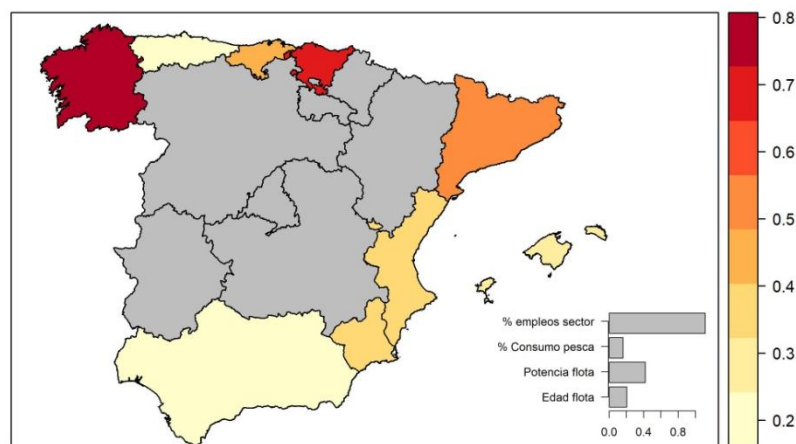


A1. Análisis de riesgos de las pesquerías bento- demersales



**Figura 4.** Indicadores de sensibilidad de la pesca: Valor de desembarcos, peso de altas del régimen del mar en el total de altas, consumo per cápita de productos de la pesca y número de empresas de transformación y conservación de productos pesqueros en las CCAA.

El consumo per cápita (Kg/año) de productos de la pesca se sitúa entre el 21-30% en el conjunto del estado, con un mayor consumo relativo en las comunidades atlánticas, destacando Galicia, que en las comunidades mediterráneas donde el menor consumo promedio se observa en Baleares (Fig. 4).



**Figura 5.** Índice combinado de sensibilidad de la pesca, indicando la contribución relativa de la tasa de empleo en el sector, el consumo de pescado, la potencia media de la flota y la edad media de la flota.

Combinando los distintos indicadores de sensibilidad pesquera, las regiones más sensibles fueron Galicia y el País Vasco (Fig. 5). El resultado en Galicia estuvo impulsado principalmente por la gran cantidad de puestos de trabajo en el sector pesquero, que fue el indicador con la clasificación más alta en cuanto a la variabilidad interregional y, por lo tanto, tuvo la mayor contribución al índice de sensibilidad pesquera (Fig. 5). El País Vasco contaba con la mayor potencia de flota demersal de todas las regiones estudiadas, lo que justifica su posición como la segunda región más sensible en términos de flota pesquera. Como estas dos regiones están ubicadas en el Atlántico, la sensibilidad media de las pesquerías del área atlántica fue generalmente más alta que la del área mediterránea (Fig. 5).

Organiza:



Con el apoyo de:





A1. Análisis de riesgos de las pesquerías bento- demersales

En términos del valor económico de las especies comerciales, nuestros resultados muestran importantes variaciones de precios pero también diferencias en los valores medios entre las regiones atlántica y mediterránea, mostrando un precio más alto en el Mediterráneo para la mayoría de las especies investigadas ( $5.49 \pm 5.71$  € en el Atlántico y  $6.50 \pm 6.71$  € en el Mediterráneo, Fig. 6).

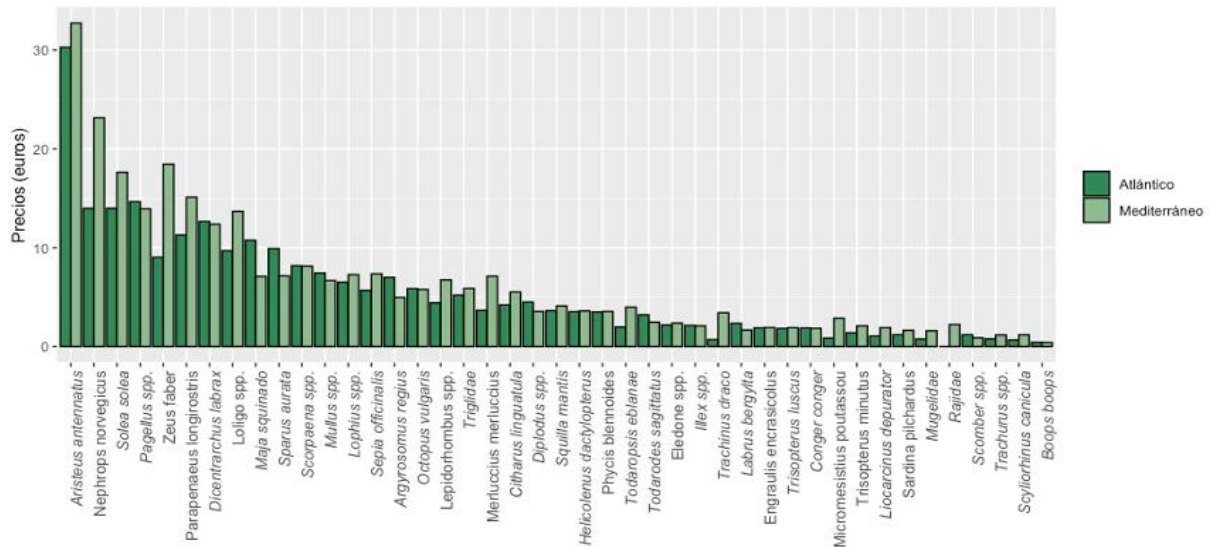


Figura 6. Precios medios de las distintas especies demersales consideradas en las regiones Atlánticas y Mediterráneas.

En cuanto a las características de la historia de vida, el período de puesta mostró patrones similares entre las comunidades biológicas del Atlántico y del Mediterráneo (Fig. 5). Con respecto a los rangos de profundidad de las especies, también encontramos diferencias entre las especies al contrastar las poblaciones atlánticas y mediterráneas, como para *Conger conger*, *Scyllorhinus canicula* y *Lophius spp.*, con todos con rangos generalmente más grandes para las poblaciones mediterráneas ( $18.78 \pm 90.08$  m en el Atlántico y  $23.59 \pm 145.38$  m en el Mediterráneo, Fig. 7). En términos de rango de temperatura, los dos grandes ecosistemas de comparación, las áreas mediterránea y atlántica, mostraron una interacción similar entre el rango de temperatura y la temperatura óptima media ( $11.71 \pm 4.27$  °C en el Atlántico,  $10.67 \pm 3.65$  °C en el Mediterráneo; Fig.7) y temperatura media óptima ( $16.44 \pm 3.54$  °C en el Atlántico y  $16.66 \pm 3.24$  °C en el Mediterráneo) con especies con temperatura media baja presentando temperatura intermedia rangos (con la excepción de *Parapenaeus longirostris*), y especies con temperatura media-alta que muestran rangos de temperatura tanto altos como bajos. Esta interacción se traduce en una sensibilidad a la temperatura que mostró un patrón similar y valores medios entre las áreas atlántica y mediterránea, siendo ligeramente superior en la comunidad mediterránea ( $1.7 \pm 1.23$  en el Atlántico y  $1.81 \pm 1.16$  en el Mediterráneo, Fig. 7).

La estabilidad de los desembarcos mostró una gran variabilidad interregional. En términos generales, la estabilidad fue menor en la zona atlántica que en la mediterránea ( $0.051 \pm 0.047$  y  $0.078 \pm 0.064$  respectivamente; Figura 8)

Organiza:



Con el apoyo de:



A1. Análisis de riesgos de las pesquerías bento- demersales

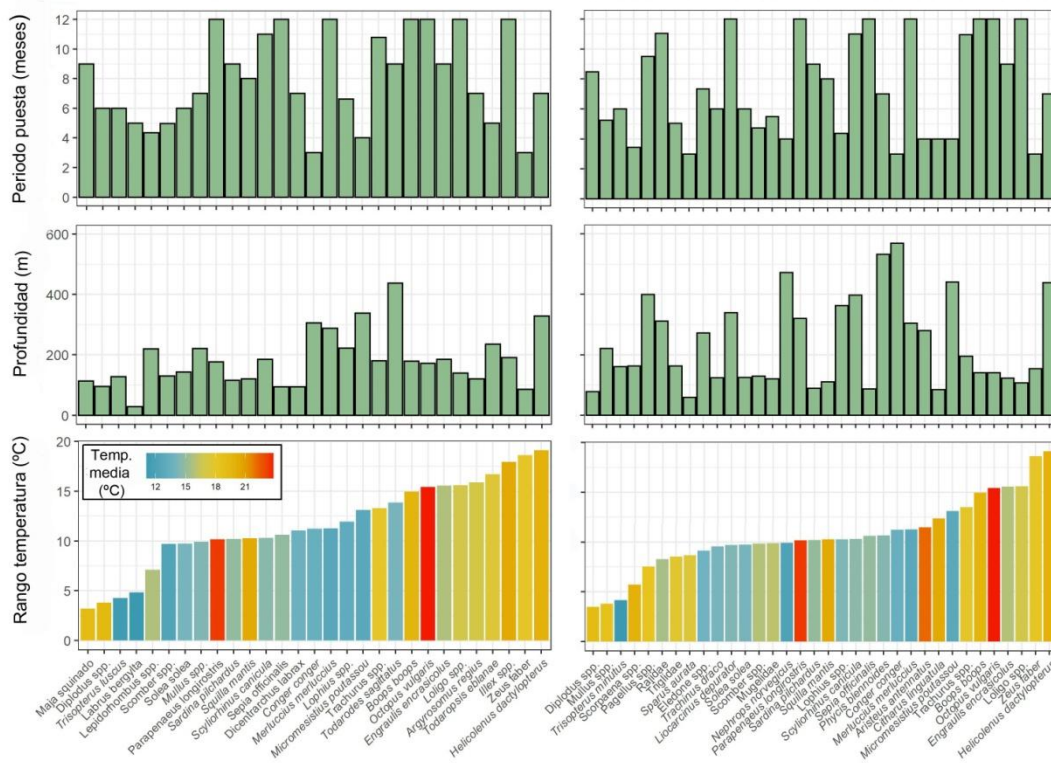


Figura 7. Indicadores de vulnerabilidad de las especies, incluyendo su periodo de puesta, rango de profundidad, rango de temperatura y temperatura media en las regiones Atlánticas y Mediterráneas.

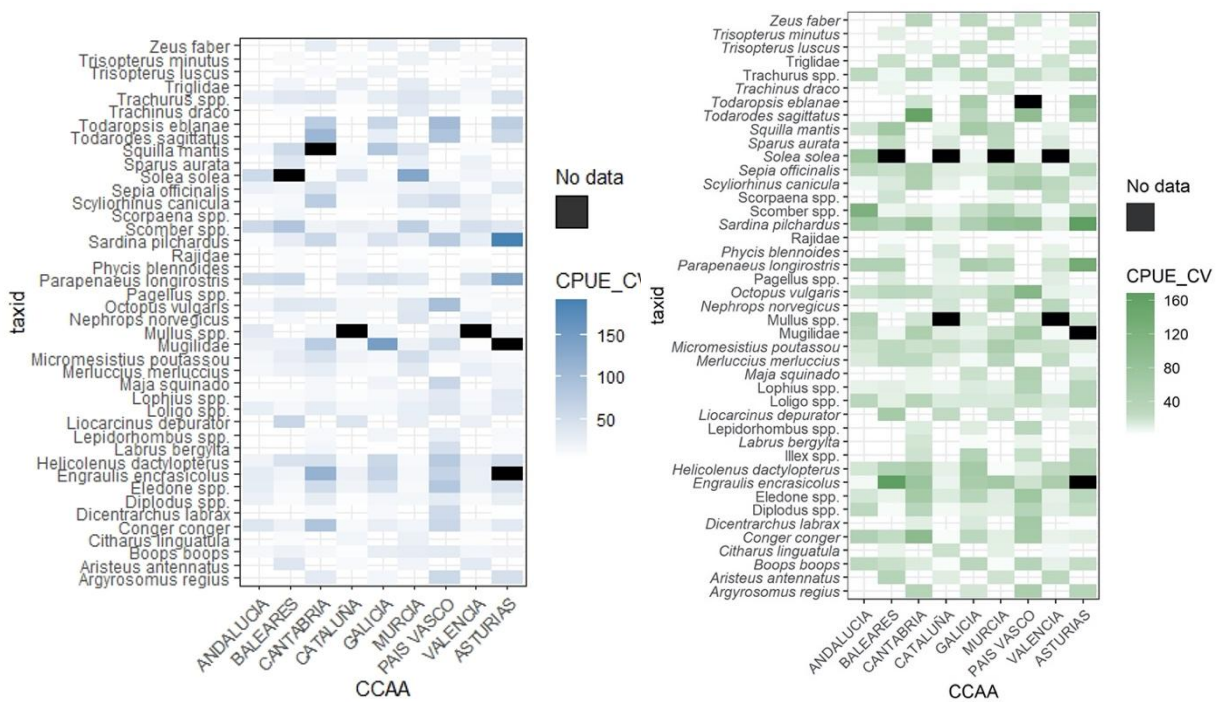


Figura 8. Variabilidad en los patrones de desembarcos en base al coeficiente de variación de su CPUE.

Organiza:



Con el apoyo de:



A1. Análisis de riesgos de las pesquerías bento- demersales

La tendencia en especies termófilas mostró tendencias significativas en un porcentaje muy elevado de estas especies en la vertiente atlántica, tanto en la zona cantábrica como en la gallega (Fig. 9). Por el contrario, la mayor parte de estas especies en el Mediterráneo no mostraron cambios. A pesar de la importancia de este resultado, el indicador no se consideró dentro de la sensibilidad de las especies por tener una resolución espacial y taxonómica distinta al resto de indicadores y por tener una alta correlación con el indicador de consumo de pescado (Person,  $cor=0.91$ ).

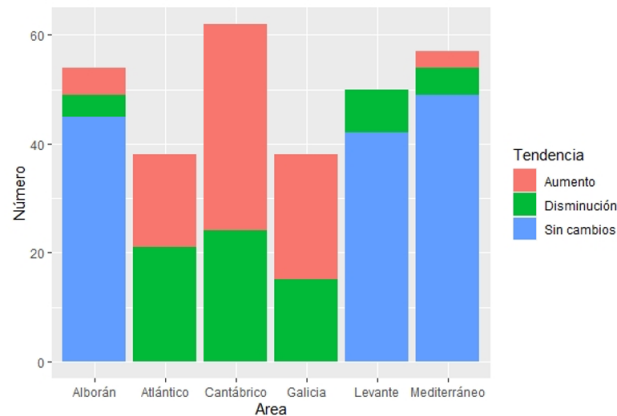


Figura 9. Tendencias interanuales en las especies termófilas en las áreas de estudio.

La sensibilidad media de las especies fue similar en las comunidades atlántica y mediterránea ( $0.46 \pm 0.24$  y  $0.44 \pm 0.22$  respectivamente; Fig. 10). Algunas especies fueron especialmente sensibles en el Atlántico (p. ej., *Zeus faber* y *Maja squinado*) y en el Mediterráneo (p. ej., *Aristeus antennatus* y *Sparus aurata*), pero, en general, las especies presentes en ambas áreas tenían valores de sensibilidad similares. Por ejemplo, *Diplodus spp.* y *Solea solea* se encontraban entre las más sensibles, mientras que *Boops boops* y *Scyliorhinus canicula* se encontraban entre las menos sensibles.

Organiza:



Con el apoyo de:



A1. Análisis de riesgos de las pesquerías bento- demersales

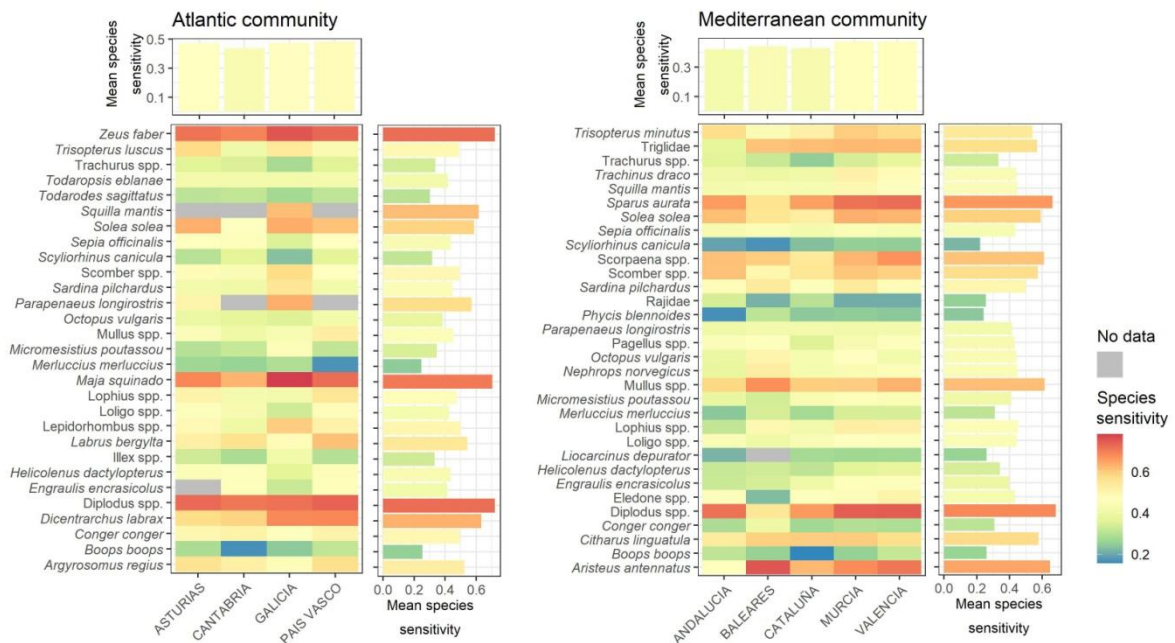


Fig 10. Sensibilidad de las principales especies de la comunidad por CCAA, combinando la información de los indicadores de sensibilidad (precio, estabilidad de desembarcos, rango de profundidad, rango y preferencia de temperatura y periodo de puesta) en un solo índice por especie.

En cuanto a la sensibilidad de las especies, Murcia, Valencia y Andalucía fueron las regiones más sensibles, lo que apunta a un patrón más sensible para el área mediterránea (Fig. 6c), principalmente debido a las diferencias en el precio medio de las principales especies comerciales (Fig. 11).

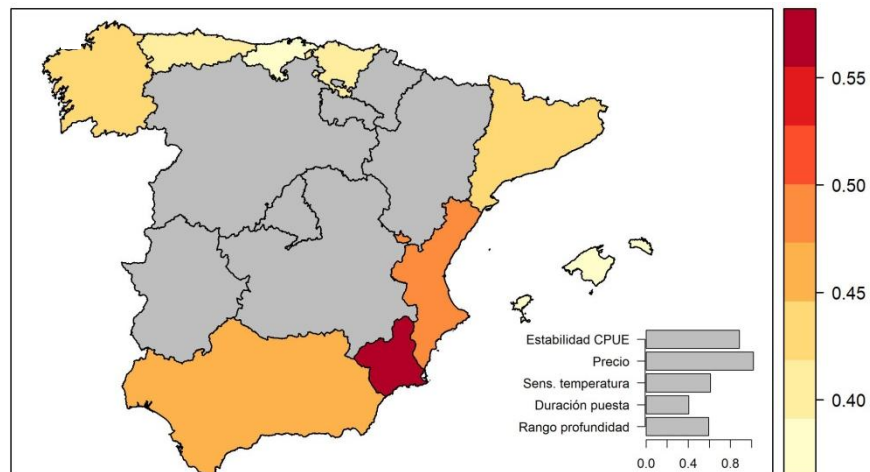


Figura 11. Índice combinado de sensibilidad de los recursos pesqueros, indicando la contribución relativa de la estabilidad de los desembarcos, el precio medio por especie, la sensibilidad a la temperatura, la duración del periodo de puesta, y el rango de profundidad.

En cuanto a los indicadores de capacidad de adaptación, País Vasco, Cataluña e Islas Baleares presentaron los valores más altos en relación al PIB per cápita, mientras que los 20

Organiza:



Con el apoyo de:



A1. Análisis de riesgos de las pesquerías bento- demersales

menores se encontraron en Andalucía y Murcia. En cuanto al Riesgo de Pobreza y exclusión social, la comunidades más vulnerables y con menor capacidad de adaptación son Andalucía, Murcia y Comunidad Valenciana destacando especialmente Andalucía y Murcia que poseen los menores PIB per cápita y las dos mayores tasas de riesgo de pobreza (Fig 12)

En relación a la tasa de enseñanza no universitaria, se observa una cierta homogeneidad entre las CCAA, siendo ligeramente mayor en el País Vasco, Cantabria y Galicia, y ligeramente inferior en las Islas Baleares (Fig. 12).



Figura 12. Producto interior bruto per capita, indicador de riesgo de pobreza y exclusión social y tasa de enseñanza no universitaria.

El indicadores de porcentaje de desembarco fuera de puerto base muestra que Galicia fue la comunidad que más porcentaje de capturas desembarcó fuera del puerto base registrando un 58% del total de capturas, seguida por Andalucía, Cantabria y Asturias con respectivamente 28%, 25% y 20%. Las mismas cuatro comunidades sumadas a País Vasco presentaron el mayor número medio de puertos, mostrando un marcado patrón diferenciado entre el zona atlántica y la mediterránea (Fig. 13).

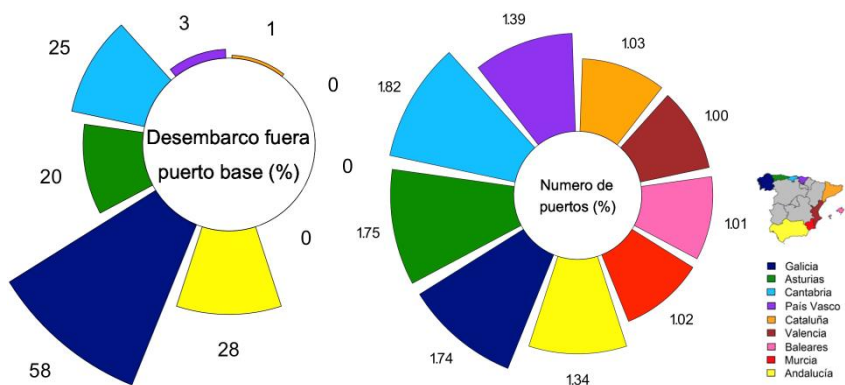


Figura 13. Número medio de desembarcos fuera de puerto base como % del total de desembarcos, y número total de puertos por CCAA.

Organiza:



Con el apoyo de:



A1. Análisis de riesgos de las pesquerías bento- demersales

Galicia, Andalucía y Comunidad Valenciana son las comunidades autónomas con mayor número de asociaciones, sumando Grupos de Apoyo Local Pesqueros (GALP's) con Entidades Asociativas de Ámbito Autonómico del sector pesquero (Fig. 14). Las CCAA que contaron con mayor aporte financiero a proyectos de innovación del sector pesquero entre los años de 2014 a 2019 fueron Galicia, País Vasco y Andalucía. Por el contrario, las comunidades con menos inversión en este sector fueron Islas Baleares y Comunidad Valenciana, lo que potencialmente disminuye su capacidad de adaptación a los impactos del cambio climático (Fig. 14).

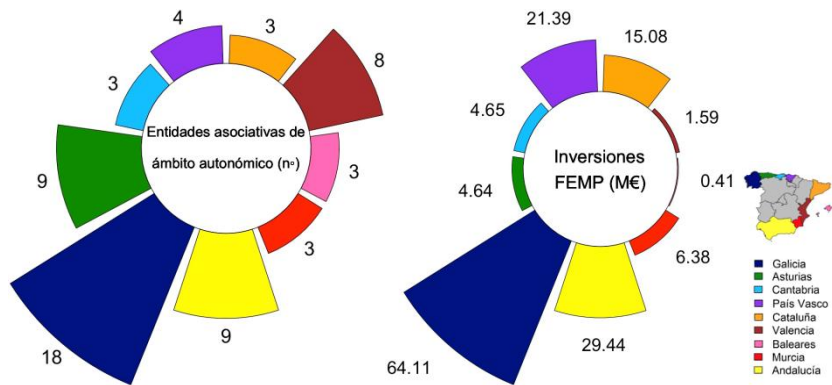


Figura 14. Número medio de desembarcos fuera de puerto base como % del total de desembarcos, y número total de puertos por CCAA.

Nuestros análisis identificaron una gran variabilidad en el número de buques dedicados a la pesca artesanal, así como en el número de personas involucradas en actividades de pesca recreativa entre comunidades autónomas. La presencia de pesca a pequeña escala fue más relevante en la comunidad autónoma de Galicia en el Atlántico, seguida de Islas Baleares en el Mediterráneo. La comunidad con menor presencia de embarcaciones de pesca artesanal fue País Vasco (Fig 15). En cuanto a la importancia de la pesca recreativa, las comunidades donde esta actividad se desarrolló mayoritariamente son Cataluña y Comunidad Valenciana, mientras que su práctica fue minoritaria en Baleares, Andalucía y Cantabria (Fig. 15).

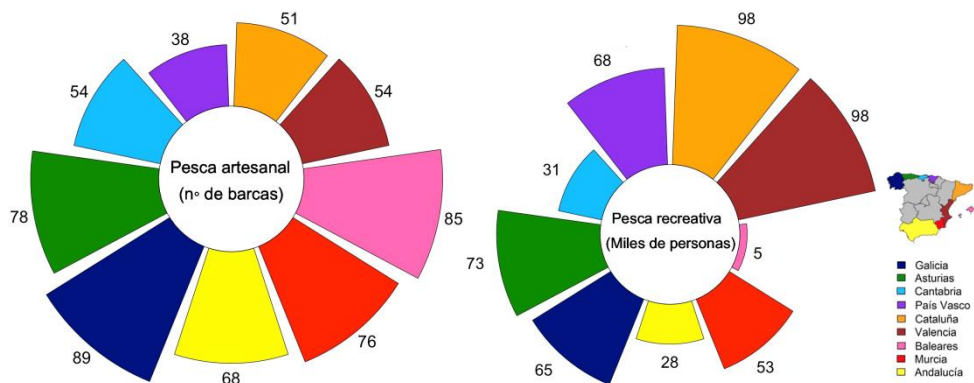


Figura 15. Número de embarcaciones de pesca artesanal y número de participantes en actividades de pesca recreativa por CCAA.

Organiza:



Con el apoyo de:



A1. Análisis de riesgos de las pesquerías bento- demersales

Las comunidades autónomas con mayor diversidad en las artes de arrastre utilizadas por la flota fueron País Vasco, Cataluña y Comunidad Valenciana, mientras que Galicia fue aquella en la que la diversidad de artes fue menor (Fig 16). En el porcentaje de desembarcos de bajo valor comercial, se puede apreciar un claro patrón Atlántico- Mediterráneo, ocupando un mayor porcentaje los desembarcos de bajo valor en las comunidades Atlánticas (entre el 38-46%) que en las comunidades mediterráneas (entre el 28-32%) (Fig 16).

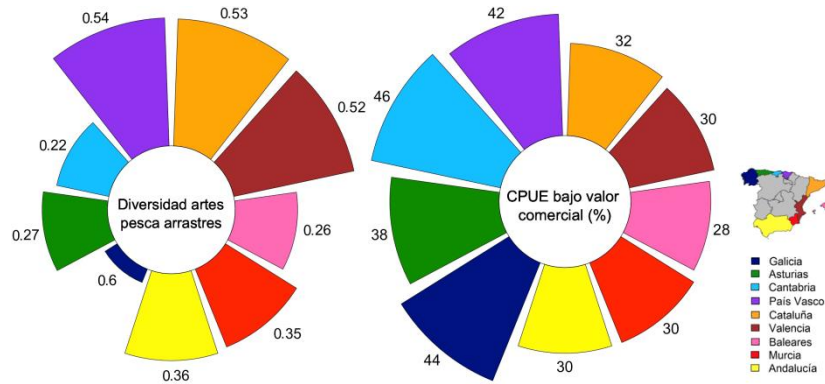


Figura 16. Diversidad de las artes de pesca de arrastre opr CCAA y porcentaje medio de especies de bajo valor comercial desembarcadas, en referencia al volumen total de desembarcos por CCAA.

Nuestros análisis han mostrado que las comunidades con menos capacidades de adaptación fueron las Islas Baleares y Murcia (Fig. 17). Los resultados también mostraron un patrón distinto entre las regiones atlántica y mediterránea, con una menor capacidad de adaptación en la región mediterránea debido principalmente al menor número de puertos de desembarque y a los menores desembarques de especies de bajo valor comercial (Figura 17), ambos indicadores siendo relativamente mayor que en las regiones atlánticas.

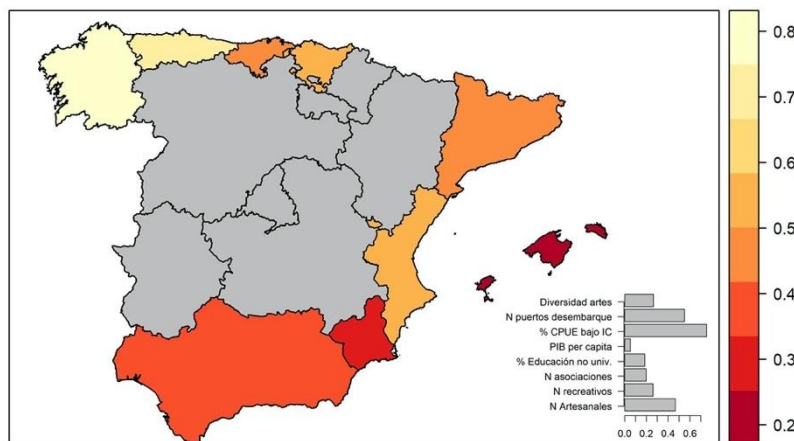


Figura 17. Índice combinado de capacidad de adaptación, indicando la contribución relativa de cada uno de los indicadores dentro de esta categoría.

Organiza:

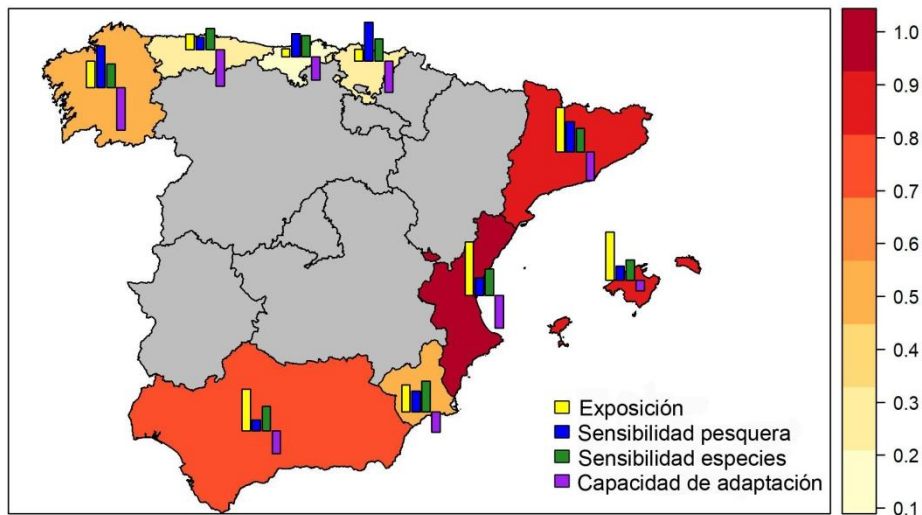


Con el apoyo de:



A1. Análisis de riesgos de las pesquerías bento- demersales

Como resultado final, las regiones mediterráneas y en particular Valencia, Islas Baleares, Cataluña y Andalucía surgieron como las regiones más vulnerables, mientras que las regiones menos vulnerables se observaron en el Atlántico, en particular Cantabria, Asturias y el País Vasco (Fig. 18). Estos resultados destacan la mayor vulnerabilidad general de las pesquerías demersales del Mediterráneo, en parte como consecuencia de la menor capacidad de adaptación de las regiones mediterráneas y su mayor exposición. Galicia fue una excepción en el Atlántico, con valores de vulnerabilidad intermedios asociados a la exposición relativamente mayor (una plataforma continental amplia) y la sensibilidad pesquera muy alta (Figura 18).



**Figura 18.** Índice de vulnerabilidad del sector pesquero por CCAA, indicando la contribución relativa de cada uno de sus componentes: exposición, sensibilidad de la pesca, sensibilidad de las comunidades biológicas y capacidad de adaptación.

Organiza:



Con el apoyo de:





## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Nuestro estudio realizó un análisis de vulnerabilidad (CVA) a nivel regional basado en 19 indicadores de exposición, capacidad de adaptación y sensibilidad de las pesquerías y especies demersales. El trabajo tuvo como objetivo equilibrar la vulnerabilidad asociada a los rasgos biológicos de las especies y las características socioeconómicas específicas de cada región, destacando la capacidad de cada región costera para ser resiliente frente a la diversidad observada y esperada de los impactos del cambio climático. A pesar del creciente número de CVA, existe una falta general de evaluaciones que consideren específicamente las singularidades socioeconómicas y ecológicas a escala regional, particularmente en las regiones europeas. Esta brecha de investigación podría estar relacionada con los resultados de CVA anteriores realizados a nivel nacional, que indicaron una vulnerabilidad generalmente baja del continente europeo a los riesgos del cambio climático, principalmente debido a su mayor capacidad de adaptación, en comparación con las regiones económicamente menos desarrolladas (Allison et al., 2009; Ding et al., 2017). Sin embargo, ejemplos recientes muestran la necesidad de reducir la escala espacial de los CVA (por ejemplo, Pinnegar et al., 2019), particularmente cuando se diseñan enfoques de gestión directamente aplicables (Holsman et al., 2019, 2020). En este sentido, las regiones europeas presentan desafíos únicos que deben abordarse en términos de riesgos climáticos a escala regional (Payne et al., 2020), lo que evidencia la necesidad de análisis más detallados con una resolución más fina. Dentro de Europa, España emerge como uno de los países con el sector pesquero más vulnerable, a pesar de que estudios recientes a nivel subnacional apuntan hacia valores intermedios de vulnerabilidad de las regiones costeras españolas (Payne et al., 2020). Más allá de las claras diferencias atlántico-mediterráneas, nuestro estudio también reveló y caracterizó diferencias espaciales previamente desconocidas en la vulnerabilidad de las pesquerías demersales, de interés para los organismos nacionales e internacionales a cargo del desarrollo de planes de adaptación al cambio climático.

Si bien la sensibilidad de las pesquerías y las especies no mostró un patrón atlántico-mediterráneo evidente, fueron fundamentales para capturar las diferencias regionales que afectan la vulnerabilidad de las pesquerías. Los indicadores relacionados con la pesca, como el empleo, el precio medio de las especies, la estabilidad de las capturas, los desembarques de especies de bajo valor comercial o la potencia de la flota, entre otros, pudieron capturar importantes diferencias socioeconómicas a nivel regional. Nuestros resultados destacan la mayor vulnerabilidad general de las pesquerías demersales del Mediterráneo, principalmente como consecuencia de la menor capacidad de adaptación de las regiones mediterráneas y su mayor exposición, al tiempo que proporciona elementos regionales clave para guiar las acciones de adaptación nacionales e internacionales. Este estudio evidencia que la escala espacial para las evaluaciones de vulnerabilidad climática debe reconocer la heterogeneidad espacial en el sistema socioecológico dentro de su unidad de análisis para ser una herramienta relevante para la gestión y los responsables de la formulación de políticas.

El índice de vulnerabilidad general mostró un patrón claro entre el área atlántica y mediterránea, pero también entre regiones dentro de estas dos áreas. No obstante, los **25**

Organiza:



Con el apoyo de:



A1. Análisis de riesgos de las pesquerías bento- demersales

resultados de cada región son únicos en su combinación de dependencia del sector pesquero, desarrollo socioeconómico y exposición a los riesgos climáticos a nivel regional. Pero además, algunas regiones demandan estudios más específicos debido a su complejidad biogeográfica. Por ejemplo, Andalucía presenta una importante heterogeneidad geográfica con parte de su territorio en el Mediterráneo y parte en el Atlántico, lo que exige estudios de vulnerabilidad más específicos para esta región que consideren su singularidad. Tomando como ejemplo la pesca demersal en la costa española, el presente estudio destaca la importancia de los análisis a escala regional para lograr diagnósticos más refinados en las evaluaciones de vulnerabilidad climática. Estos estudios pueden ser muy útiles para respaldar la toma de decisiones tanto a nivel nacional como internacional, ya que el diseño de estrategias eficientes de gestión de la adaptación necesita riesgos de escalas cruzadas. Es decir, considerar las diferencias en exposiciones, sensibilidades y capacidades de adaptación a distintas escalas (Holsman et al., 2020), que se han de tener en cuenta en análisis futuros para explorar la complejidad de los sistemas naturales y socioeconómicos, sus interacciones y compensaciones. Todo esto evidencia la urgencia de una planificación regional para cada Comunidad Autónoma que asegure la adaptación del sector pesquero, y que vaya más allá de las políticas esperadas a gran escala que pueden limitar la flexibilidad y comprometer su efectividad (Holsman et al., 2019, 2020). Estas medidas podrían ser de hecho más efectivos al adoptar herramientas de gestión dinámicas que tomen en cuenta la variabilidad social y ambiental a nivel local (Levin et al., 2013). Además de la posibilidad de no lograr los resultados esperados, la adopción de una planificación de adaptación a gran escala podría conducir a una falta de confianza en la gestión pesquera incluso dentro de sistemas bien gestionados (Levin et al., 2013; Mumby et al., 2017). Si bien la escala espacial para CVA debe minimizar la heterogeneidad espacial en el sistema socioecológico dentro de su unidad de análisis, esta debe ser relevante y operativa para gestores y políticos. En este sentido, nuestro estudio llama a otros países a una consideración más detallada de las vulnerabilidades regionales para revelar fuentes socioecológicas adicionales e importantes de la vulnerabilidad pesquera al cambio climático ensombrecida y desconocidas hasta el momento.

## REFERENCIAS

Allison, E. H., Perry, A. L., Badjeck, M. C., Neil Adger, W., Brown, K., Conway, D. & Dulvy, N. K. 2009. Vulnerability of national economies to the impacts of climate change on fisheries. *Fish and fisheries*, 10: 173-196.

Aquamaps. (2019). Retrieved from <https://www.aquamaps.org/>

Aznar, R., Padorno, M. E., Pérez, B., Gómez Lahoz, M., García Sotillos, M., Álvarez Fanjul, E., & Gomis, D. 2016. Vulnerability of Spanish ports to climate change Vol. 1: Trends in physical oceanic and atmospheric variables over the last decades and projections for the 21st century. <http://hdl.handle.net/20.500.11765/8809>

Barange, M., Bahri, T., Beveridge, M. C. M., Cochrane, K. L., Funge-Smith, S., and Poulain, F. (eds) 2018. Impacts of climate change on fisheries and aquaculture: synthesis of current knowledge, adaptation and mitigation options. FAO Fisheries and Aquaculture. Technical Paper, 627. Rome, FAO.

26

Organiza:



Con el apoyo de:



A1. Análisis de riesgos de las pesquerías bento- demersales

Brander, K. M. (2007). Global fish production and climate change. Proceedings of the National Academy of Sciences, 104(50), 19709-19714.

Cinner, J. E., McClanahan, T. R., Graham, N. A., Daw, T. M., Maina, J., Stead, S. M., . . . Bodin, Ö. (2012). Vulnerability of coastal communities to key impacts of climate change on coral reef fisheries. Global Environmental Change, 22(1), 12-20.

Colburn, L. L., Jepson, M., Weng, C., Seara, T., Weiss, J., & Hare, J. A. 2016. Indicators of climate change and social vulnerability in fishing dependent communities along the Eastern and Gulf Coasts of the United States. Marine Policy, 74: 323-333.

COPERNICUS, 2020

Darmaraki, S., Somot, S., Sevault, F., Nabat, P., Narvaez, W. D. C., Cavicchia, L. & Sein, D. V. (2019). Future evolution of marine heatwaves in the Mediterranean Sea. Climate Dynamics, 53: 1371-1392.

Ding, Q., Chen, X., Hilborn, R., & Chen, Y. 2017. Vulnerability to impacts of climate change on marine fisheries and food security. Marine Policy, 83: 55-61.

EMODNET, 2019. European Marine Observation and Data Network. Data retrieved from [www.emodnet.ec.europa.eu](http://www.emodnet.ec.europa.eu)

FAO. 2018. The State of Mediterranean and Black Sea Fisheries. General Fisheries Commission for the Mediterranean. Rome. 172 pp.

FAO. 2020. The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. Sustainability in action. Rome. <https://doi.org/10.4060/ca9229en>

Fishbase. (2009). Retrieved from <https://www.fishbase.de/>

Gattuso, J.-P., Magnan, A., Bille, R., Cheung, W. W. L., Howes, E. L., Joos, F., Allemand, D. et al. 2015. Contrasting futures for ocean and society from different anthropogenic CO<sub>2</sub> emissions scenarios. Science, 349: 1-10.

GFCM. 2019. Working Group on Stock Assessment of Demersal Species. Final report. Scientific Advisory Committee on Fisheries. FAO, Rome, Italy, 13–18 November 2019. <http://www.fao.org/gfcm/technical-meetings/detail/en/c/1274921/>

Gordoa, A., Dedeu, A. L., & Boada, J. 2019. Recreational fishing in Spain: First national estimates of fisher population size, fishing activity and fisher social profile. Fisheries Research, 211: 1-12.

Haddad, B. M. 2005. Ranking the adaptive capacity of nations to climate change when socio-political goals are explicit. Global Environmental Change, 15: 165-176.

Hare JA, Morrison WE, Nelson MW, Stachura MM, Teeters EJ, Griffis RB, et al. (2016) A Vulnerability Assessment of Fish and Invertebrates to Climate Change on the Northeast U.S. Continental Shelf. PLoS one 11: e0146756. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0146756>

Hidalgo, M., Kaplan, D. M., Kerr, L. A., Watson, J. R., Paris, C. B., & Browman, H. I. 2017. Advancing the link between ocean connectivity, ecological function and management challenges. ICES Journal of Marine Science, 74: 1702-1707.

Organiza:



Con el apoyo de:



A1. Análisis de riesgos de las pesquerías bento- demersales

Hollowed, A. B., Barange, M., Beamish, R. J., Brander, K., Cochrane, K., Drinkwater, K., Foreman, M. G. G. et al. 2013. Projected impacts of climate change on marine fish and fisheries. *ICES Journal of Marine Science*, 70: 1023–1037.

Holsman, K. K., Haynie, A. C., Hollowed, A. B., Reum, J. C. P., Aydin, K., Hermann, A. J. & Punt, A. E. 2020. Ecosystem-based fisheries management forestalls climate-driven collapse. *Nature communications*, 11: 1-10.

Holsman, K. K., Hazen, E. L., Haynie, A., Gourguet, S., Hollowed, A., Bograd, S. J. & Aydin, K. 2019. Towards climate resiliency in fisheries management. *ICES Journal of Marine Science*, 76: 1368-1378.

Instituto Nacional de Estadística. (2019). Ine. Retrieved from <https://www.ine.es/>

IPCC. 2014a. *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.* Ed. by C. B. Field, V. R. Barros, D. J. Dokken, K. J. Mach, M. D. Mastrandrea, T. E. Bilir, M. Chatterjee. et al. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, New York. 1132 pp.

Jacob, S., Weeks, P., Blount, B. G., & Jepson, M. (2010). Exploring fishing dependence in gulf coast communities. *Marine Policy*, 34(6), 1307-1314.

Levin, S., Xepapadeas, T., Crépin, A.-S., Norberg, J., de Zeeuw, A., Folke, C., Hughes, T. et al. 2013. Social-ecological systems as complex adaptive systems: modelling and policy implications. *Environment and Development Economics*, 18: 111–132.

MAPA. 2019. The Spanish fleet, situation on 31 December 2019. Secretariat-General for Fisheries, Directorate-General for Fisheries Management and Aquaculture, Sub-Directorate-General for Competitiveness and Social Affairs, Madrid, Spain. 14 pp.

Morzaria-Luna, H. N., Turk-Boyer, P., & Moreno-Baez, M. 2014. Social indicators of vulnerability for fishing communities in the Northern Gulf of California, Mexico: implications for climate change. *Marine Policy*, 45: 182-193.

Mumby, P. J., Sanchirico, J. N., Broad, K., Beck, M. W., Tyedmers, P., Morikawa, M. & Kleypas, J. A. 2017. Avoiding a crisis of motivation for ocean management under global environmental change. *Global change biology*, 23: 4483-4496.

Noble, I.R., S. Huq, Y.A. Anokhin, J. Carmin, D. Goudou, F.P. Lansigan, B. Osman-Elasha, and A. Villamizar, 2014. Adaptation needs and options. 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. 833-868.

Obis. (2019). Retrieved from <https://obis.org/>

Payne, M. R., Kudahl, M., Engelhard, G. H., Peck, M. A., & Pinnegar, J. K. 2020. Climate risk to European fisheries and coastal communities. *BioRxiv*. <https://doi.org/10.1101/2020.08.03.234401>

Organiza:



Con el apoyo de:



A1. Análisis de riesgos de las pesquerías bento- demersales

Pinnegar, J. K., Engelhard, G. H., Norris, N. J., Theophille, D., & Sebastien, R. D. 2019. Assessing vulnerability and adaptive capacity of the fisheries sector in Dominica: long-term climate change and catastrophic hurricanes. *ICES Journal of Marine Science*, 76: 1353-1367.

Punzón, A., Rueda, L., Rodríguez-Basalo, A., Hidalgo, M., Oliver, P., Castro, J. & Massutí, E. 2020. History of the Spanish demersal fishery in the Atlantic and Mediterranean Seas. *ICES Journal of Marine Science*, 77: 553-566.

Scholze, M., Knorr, W., Arnell, N. W., & Prentice, I. C. (2006). A climate-change risk analysis for world ecosystems. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 103(35), 13116-13120.

Scientific, Technical and Economic Committee for Fisheries (STECF) – Economic report of the EU fish processing sector 2017 (STECF-17-16). Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2018, ISBN 978-92-79-67495-2, doi:10.2760/24311 JRC111988

Scientific, Technical and Economic Committee for Fisheries (STECF). (2019). EU fleet register. Retrieved from [https://webgate.ec.europa.eu/fleet-europa/index\\_en](https://webgate.ec.europa.eu/fleet-europa/index_en)

Sealife base. (2009). Retrieved from <https://www.sealifebase.ca/>

STECF. 2019 Scientific, Technical and Economic Committee for Fisheries. The EU Fish Processing Sector. Economic Report (STECF-19-15). Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2019. 172-180 pp.

Tol, R. S., & Yohe, G. W. 2007. The weakest link hypothesis for adaptive capacity: an empirical test. *Global Environmental Change*, 17: 218-227.

Vincent, K. 2007. Uncertainty in adaptive capacity and the importance of scale. *Global Environmental Change*, 17: 12-24.

Wabnitz, C. C., Lam, V. W., Reygondeau, G., Teh, L. C., Al-Abdulrazzak, D., Khalfallah, M., ... & Cheung, W. W. 2018. Climate change impacts on marine biodiversity, fisheries and society in the Arabian Gulf. *PloS one*, 13: e0194537.

Organiza:



Con el apoyo de:

