

Escuela de Gobierno

Tipo de documento: Tesis de maestría



Maestría en Políticas Públicas

La industria pesquera argentina y su vínculo con la variabilidad y el cambio climático: enfoques ambientales, económicos e institucionales

Autoría: Risaro, Daniela Belén

Año: 2025

¿Cómo citar este trabajo?

Risaro, D. (2025) "*La industria pesquera argentina y su vínculo con la variabilidad y el cambio climático: enfoques ambientales, económicos e institucionales*". [Tesis de maestría. Universidad Torcuato Di Tella].

Repositorio Digital Universidad Torcuato Di Tella

<https://repositorio.utdt.edu/handle/20.500.13098/13631>

El presente documento se encuentra alojado en el Repositorio Digital de la Universidad Torcuato Di Tella bajo una licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir Igual 4.0 Internacional
Dirección: <https://repositorio.utdt.edu>



Escuela de Gobierno

Maestría en Políticas Públicas

“La industria pesquera argentina y su vínculo con la variabilidad y el cambio climático: enfoques ambientales, económicos e institucionales”

Alumna: Daniela Belén Risaro

Director: Alberto Piola

Febrero de 2025

Índice

1. Introducción	3
2. Pesca en Argentina	6
2.1 Desarrollo histórico del sector pesquero argentino	6
2.2 Diagnóstico actual de la actividad pesquera	7
3. Regulación de la pesca en Argentina	10
3.1 Ley Federal de Pesca	10
3.2 Áreas de veda y manejo.....	11
3.3 Certificaciones pesqueras	11
3.4 Proyectos de mejora pesquera	12
4. Fuentes de datos	13
4.1 Sector pesquero	13
4.2 Variables ambientales	13
4.3 Proyecciones climáticas	14
5. Metodología	16
5.1 Análisis espacial de las capturas	16
5.2 Clasificación de flotas y artes de pesca	16
5.3 Análisis temporal de las capturas.....	16
5.4 Modelado estadístico	17
5.5 Análisis de variación espacio-temporal de la clorofila y la temperatura del mar.....	18
6. Resultados.....	19
6.1 Distribución espacial de las capturas	19
6.2 Prácticas pesqueras y artes utilizadas	20
6.3 Variaciones temporales de las capturas: patrones interanuales y estacionales	22
6.4 Variación temporal de las capturas según especies	26
6.5 Variación temporal de las capturas según grupos ecológicos	28
6.6 Variación temporal de los precios y análisis de exportaciones	31
6.7 Variabilidad espacio-temporal de la clorofila y su vínculo con la pesca	35
6.8 Proyecciones de temperatura en escenarios futuros de emisiones	42
7. Discusión	47
7.1 Discusión de los resultados.....	47
7.2 Propuestas de política pública	51
8. Conclusiones	53
Referencias.....	55

1. Introducción

En los últimos años la industria pesquera se ha visto cada vez más afectada por factores relacionados con el clima, como fluctuaciones de temperatura, cambios en los patrones de precipitación, flujos de humedad y eventos climáticos extremos (Cheung et al., 2013). Estos elementos, impulsados tanto por la variabilidad climática como por las tendencias de cambio climático de largo plazo tienen profundas implicaciones para las poblaciones de peces, los patrones de distribución y la sostenibilidad de las prácticas pesqueras en los ecosistemas marinos del mundo (Melnychuk et al, 2021; Charles, 2023).

Si bien los océanos han experimentado variaciones climáticas naturales a lo largo de la historia, en las últimas décadas se observan tendencias intensas de calentamiento global (Cheng et al., 2019 y 2022). Uno de los indicadores más elocuentes de estos cambios, es el aumento de temperatura oceánica de las últimas décadas, que está directamente relacionado con la acumulación de gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera debido a las actividades humanas (Manabe, 2019). Según las mediciones sistemáticas *in situ* realizadas en la estación de Mauna Loa, Hawái (NOAA/GML & Scripps Institution of Oceanography, scrippsco2.ucsd.edu), las concentraciones de CO₂ en la atmósfera en diciembre de 2024 alcanzaron 422 ppm, un nivel sin precedentes en al menos 2 millones de años. Este exceso de GEIs en la atmósfera es el principal causante del aumento de la temperatura global. Desde 1970, se ha registrado el aumento más abrupto en la temperatura global en los últimos 2000 años, con un incremento de 1,1°C entre 2011-2020 en comparación con el período 1850-1900. Este calentamiento no solo afecta la atmósfera, sino que también está elevando la temperatura media global de los océanos, con impactos directos en los ecosistemas marinos y las pesquerías (IPCC, 2023).

Además de los cambios en la temperatura, al estudiar el contenido de calor en los océanos, se observa que más del 90% del desbalance energético de la atmósfera de los últimos 60 años es almacenado en los primeros 700 m del océano (Meyssignac et al., 2019). Es en ese rango de profundidad donde habitan la mayoría de las especies con explotación comercial. Acompañado de estos cambios, también el sistema oceánico se encuentra bajo otros indicadores de cambio, como el aumento del nivel del mar y la acidificación oceánica (Figuerola et al., 2021). En conjunto, estas tendencias de cambio alteran las condiciones ambientales más allá de los límites naturales a los que las especies han estado expuestas en los últimos cientos de miles de años. En este contexto, la biota mundial enfrenta una sexta extinción masiva, impulsada principalmente por factores antropogénicos, con posibles

consecuencias catastróficas (Ceballos et al., 2018; Crutzen, 2002). Según estimaciones globales, para el año 2100, un 7,9% de las especies podrían extinguirse (Urban, 2015).

Las plataformas continentales de los océanos alojan los ecosistemas marinos más productivos del océano global (Longhurst, 2010). La desaparición de especies y la alteración de la biodiversidad afectan la estabilidad de estos ecosistemas en general y a las dinámicas de las pesquerías en particular. Por ejemplo, la modificación de los patrones de migración de las especies de interés comercial, junto con alteraciones en los florecimientos de plancton que son su fuente de alimentación, altera el equilibrio de las redes tróficas y reduce la disponibilidad de recursos pesqueros. Estos cambios han comenzado a manifestarse con mayor intensidad en las últimas décadas, con efectos en la distribución y la abundancia de especies de interés comercial (Cheung et al., 2013).

El impacto de las condiciones ambientales sobre las pesquerías se observa en dos direcciones: la disponibilidad de recursos, y la alteración de los patrones de captura y los ciclos migratorios de especies objetivo para la pesca. Además, las modificaciones en la intensidad y el momento de los florecimientos de plancton afectan aún más la estructura de las redes tróficas, lo que tiene consecuencias directas en la productividad y el manejo sostenible de las pesquerías (Mészáros et al., 2021).

Existen antecedentes que evaluaron ampliamente los impactos del cambio climático a nivel de ecosistemas marinos (Doney et al., 2012), y especialmente dentro de los llamados *hotspots* de biodiversidad (Ramírez et al., 2017), pero pocos de estos estudios se realizaron en la región del Mar Argentino. Esto deja un vacío en el conocimiento sobre cómo estos ecosistemas, fundamentales para la pesca y la biodiversidad, responden a los cambios ambientales. La evidencia sostiene que la temperatura superficial del mar en esta región ha seguido una tendencia de calentamiento similar a la observada a nivel global (Risaro et al., 2022), pero sus efectos sobre la biodiversidad y las especies de interés comercial aún no están completamente determinados. Otros estudios recientes sugieren que el aumento de temperatura asociado al cambio climático está conduciendo a la tropicalización del ecosistema marino del Atlántico Sur, y a una tendencia a la disminución de especies de interés comercial de afinidad de aguas frías (Gianelli et al., 2019; Franco et al., 2020). Dado que esta región alberga ecosistemas marinos altamente productivos, comprender cómo las alteraciones en la temperatura y la dinámica oceánica afectan la pesca es relevante para la sostenibilidad de las especies explotadas. Esto requiere enfoques que integren tanto la variabilidad climática en distintas escalas temporales como las tendencias de largo plazo del calentamiento global.

A medida que los efectos del cambio climático se intensifican, se vuelve cada vez más urgente implementar medidas de adaptación y mitigación que permitan reducir los impactos sobre las pesquerías (Defeo et al., 2025). Incorporar la dimensión del cambio y la variabilidad climática en el diseño de estrategias de regulación de la pesca es fundamental para garantizar la sostenibilidad del sector. Un manejo adecuado de los recursos pesqueros deberá contemplar no sólo la protección de los ecosistemas, sino también la estabilidad de las economías que dependen de ellos.

La sostenibilidad de las pesquerías enfrenta crecientes desafíos debido a la sobrepesca, la contaminación y una gestión inadecuada, factores que se agravan con el cambio climático, aunque no existe consenso sobre el impacto (Froese y Pauly, 2024; Pauly et al., 2013). Comprender sus efectos económicos y sociales requiere un enfoque interdisciplinario que integre dimensiones ecológicas, económicas y sociales, para el posterior diseño de estrategias de mitigación y adaptación más efectivas. A medida que los impactos climáticos alteran la biomasa y afectan las actividades pesqueras, resulta esencial fortalecer la recopilación e integración de datos ambientales, pesqueros y económicos para mejorar la gestión de los recursos. Frente a un contexto de incertidumbre climática, avanzar en políticas basadas en evidencia será clave para garantizar la sostenibilidad del sector y la estabilidad de las comunidades que dependen de la pesca.

Este estudio se centrará en evaluar la influencia de la variabilidad climática y los cambios en el clima de largo plazo en la actividad pesquera marítima en Argentina, analizando su relación con la disponibilidad de los recursos, los patrones de desembarques pesqueros y la dinámica económica del sector. El foco del análisis se limita exclusivamente a la pesca marítima de captura industrial porque, debido a las características de esta actividad, es aquella que está más expuesta a las fluctuaciones y tendencias ambientales. Para ello, se analizarán datos de desembarcos, temperatura del océano, índices ambientales, indicadores del mercado pesquero en Argentina y proyecciones climáticas con el fin de identificar patrones y tendencias en la relación entre la variabilidad climática y la pesca marítima en el presente y el futuro. Los resultados de este estudio buscan contribuir a la elaboración de políticas públicas y estrategias de adaptación en el sector pesquero en el contexto de variabilidad y cambio climático.

2. Pesca en Argentina

2.1 Desarrollo histórico del sector pesquero argentino

A lo largo de su historia, la pesca en Argentina ha evolucionado de una actividad artesanal de pequeña escala a una industria de gran envergadura orientada a la exportación y basada en la pesca industrial. Hoy por hoy, si bien la flota pesquera es diversa, gran parte de su actividad se concentra en unas pocas especies y a artes de pesca enfocadas a los cambios en la demanda del mercado y en las estrategias productivas del sector.

En sus inicios, la pesca en Argentina se desarrollaba principalmente en forma artesanal, con una flota reducida basada en Ushuaia y enfocada en la captura de especies como la centolla en el Canal Beagle. No obstante, no fue hasta la segunda mitad del siglo XX cuando la actividad comenzó a adquirir mayor relevancia económica, impulsada por cambios tecnológicos y la inserción del país en los mercados internacionales gracias al desarrollo de Mar del Plata como puerto pesquero (Masid, 2005).

Durante las décadas de 1960 y 1970, la crisis en los caladeros del hemisferio norte llevó a un excedente de grandes buques pesqueros que buscaron nuevas áreas de explotación, incluyendo las aguas argentinas. En este contexto, la industria pesquera local experimentó una transformación significativa con la incorporación de buques congeladores extranjeros, que reemplazaron a las embarcaciones nacionales dedicadas a la pesca de pescado fresco. Esta transición reconfiguró el sector, y desplazó el abastecimiento del mercado interno con pescado fresco en favor de un modelo basado en la producción y exportación de pescado congelado (Bertolotti et al., 2021).

La promoción de las exportaciones desde la región patagónica impulsó aún más la descentralización del sector y permitió una expansión significativa de la flota, con la incorporación de embarcaciones costeras y de altura, así como una mayor diversidad en las artes de pesca utilizadas. A pesar de estos cambios, las embarcaciones arrastreras aún constituyen la mayor parte de la flota pesquera argentina (Caruso, 2015). A partir de la Ley 20.136 sancionada en 1973, se estableció la exclusividad de la pesca para buques de bandera argentina dentro de las 200 millas marítimas. Otro evento importante ocurrido en esta década fue la creación del Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP) en el año 1977 mediante la Ley 21.673 que cuenta con buques de investigación específicos para el monitoreo del recurso (Lenzo, 2011).

En la década de 1980, la descentralización geográfica de la industria se intensificó con el establecimiento de numerosas empresas en el sur del país. La flota pesquera se expandió considerablemente, alcanzando aproximadamente 330 embarcaciones costeras, 120 de altura, 20 congeladores y 18 factoría (Koutoudjian, 2021). Como resultado, las capturas totales llegaron a récords de 500.000 tns anuales a finales de la década, mientras que las exportaciones pasaron de 2 millones a casi 300 millones de dólares entre 1969 y 1988 (Hobert et al., 2009).

El crecimiento del sector no estuvo exento de crisis. La sobreexplotación de la Merluza común o *hubbsi* (*Merluccius hubbsi*) llevó a una situación crítica que culminó en 1997 con la implementación del Régimen Federal de Pesca (Gomez Lende, 2018). Este sistema introdujo las Cuotas Individuales Transferibles de Captura, que reemplazó el acceso abierto por un esquema de derechos sobre un porcentaje de la captura total permitida para los titulares de permisos de pesca (Allan et al., 2024).

Con el tiempo, la flota continuó diversificándose con embarcaciones especializadas, como poderos para el Calamar *illex* (*Illex argentinus*), tangoneros para el Langostino (*Pleoticus muelleri*) y palangreros para la Merluza negra (*Dissostichus eleginoides*). También se amplió el uso de distintas artes de pesca, con la inclusión de redes de arrastre, palangres, trampas y nasas, lo que permitió al sector adaptarse a la variabilidad en la abundancia de especies y a las demandas del mercado internacional. A su vez, la modernización del sector ha sido impulsada por incentivos económicos, con una tendencia hacia embarcaciones más grandes y de mayor capacidad de captura. Paralelamente, la proporción de buques congeladores continuó en aumento y consolidó así el perfil exportador de la industria.

En las últimas décadas, la incorporación de nuevas tecnologías y la presencia de observadores a bordo mejoraron la recopilación de datos sobre la actividad pesquera industrial, que es el objeto de análisis del presente estudio. La digitalización del sector también avanzó, lo que permite un monitoreo en línea más eficiente y una recolección y reporte de datos óptimos. Este desarrollo tecnológico abarca herramientas para la detección de cardúmenes, el monitoreo de las redes y el análisis de las características de las aguas, entre otros aspectos.

2.2 Diagnóstico actual de la actividad pesquera

El sector pesquero es el séptimo complejo exportador de Argentina y constituye una fuente clave de ingresos, empleo y alimento para las comunidades costeras. Su relevancia en la economía nacional se debe principalmente a la fuerte orientación hacia la exportación, con la

mayor parte de la producción destinada a mercados internacionales y un bajo nivel de consumo interno (DPP, 2023).

La actividad pesquera en el país está altamente concentrada en unas pocas especies, con más del 80% de las capturas y exportaciones dominadas por la merluza común, el langostino y el calamar. Otras especies, como la merluza de cola, la merluza negra, la corvina blanca y la centolla (*Lithodes santolla*), complementan la producción, aunque en volúmenes menores. La distribución geográfica de estas especies influye en la dinámica de la industria y determina los principales puertos de desembarque y las estrategias de explotación.

La flota pesquera argentina se clasifica según su forma de operación y conservación de la captura en costera, fresquera, congeladora y de rada o ría. Las embarcaciones costeras operan cerca del litoral con buques pequeños, mientras que las de rada o ría se dedican a la pesca artesanal en áreas protegidas. La flota fresquera conserva la captura en bodegas con hielo hasta su desembarque y procesamiento en tierra, lo que restringe su autonomía operativa. En cambio, la flota congeladora procesa y congela el pescado a bordo, permitiendo viajes prolongados y exportaciones directas, lo que asegura una mejor conservación del producto y responde a las exigencias de los mercados internacionales.

En las últimas décadas, se ha observado una tendencia creciente hacia el uso de embarcaciones congeladoras, lo que refuerza el perfil exportador del sector. Al mismo tiempo, la industria ha evolucionado hacia buques de mayor tamaño y capacidad de captura, impulsada por incentivos económicos y por la expansión de la demanda global. La mayor parte de la actividad pesquera se concentra en la Plataforma Patagónica, una región altamente productiva y biodiversa (Delgado et al., 2023). Si bien Mar del Plata continúa siendo el principal puerto de desembarque, los puertos patagónicos —como Puerto Madryn, Rawson, Deseado y Ushuaia— han adquirido creciente relevancia en función de la disponibilidad temporal y espacial de los recursos.

En cuanto a las artes de pesca, en Argentina se utilizan diversas técnicas de captura, que varían según las especies objetivo y las zonas de operación. Este estudio considera los métodos arrastrero, palangrero, potero, tangonero y trampas, clasificados según el catálogo de artes de pesca de la FAO (He et al., 2022). Los arrastreros emplean redes remolcadas para especies como merluza y calamar; los palangreros, anzuelos cebados para peces de gran porte; los poteros, poteras iluminadas para la captura de calamar; y los tangoneros, redes laterales para langostino. Por su parte, los tramperos utilizan trampas para crustáceos como la centolla. Cada arte responde tanto a las características biológicas de las especies

como a criterios de sostenibilidad, ya que su diseño y ajuste permite reducir la pesca incidental (FAO, 2024).

Si bien la pesca representa un aporte significativo a la economía nacional y genera empleo en la extracción y el procesamiento, su dependencia de un número reducido de especies comerciales la hace vulnerable a fluctuaciones en la abundancia de los recursos y de vaivenes del mercado internacional. Además, el bajo valor agregado de los productos exportados plantea un desafío para la sustentabilidad del sector, y puede limitar su capacidad de crecimiento y diversificación.

Esta recapitulación histórica y diagnóstico actual del sector pesquero argentino se enfoca específicamente en la pesca industrial de captura marítima, así elegida por ser el sector con mayor monitoreo e información pública disponible. A su vez, también se cuenta con una buena cantidad de información sobre la normativa que rige a esta actividad en la Argentina. Este recorte deja por fuera otros sectores relevantes, como la pesca artesanal y la acuicultura, cuyo desarrollo presenta una dinámica creciente y un potencial productivo que requieren abordajes específicos fuera del alcance de este trabajo.

3. Regulación de la pesca en Argentina

3.1 Ley Federal de Pesca

El sector pesquero en Argentina está regulado por el Régimen Federal de Pesca, vigente desde 1997, con el objetivo de equilibrar el desarrollo económico y la sostenibilidad de los recursos marinos. Antes de su sanción, el llamado “sistema de acceso olímpico” permitía que todos los buques con permiso de pesca compitieran libremente por el recurso pesquero, sin una distribución individualizada que estableciera la cantidad permitida por embarcación. Esta falta de control derivó en la sobreexplotación de especies clave —como la Merluza *hubbsi* y la Merluza negra— y, eventualmente, en la llamada “crisis de la merluza” a finales de los años 90.

Actualmente, la autoridad de aplicación supervisa la explotación e investigación pesquera y establece capturas máximas permitidas, emitiendo permisos y asignando cuotas según lo definido por el Consejo Federal Pesquero (CFP). Este Consejo fija la Captura Máxima Permisible por especie, regula las cuotas de captura y asesora en negociaciones internacionales, asegurando que la gestión de los recursos se base en criterios científicos y en la planificación a largo plazo. Es importante notar que la Captura Máxima Permisible establece el límite total de capturas de una especie, es decir, la cantidad de recurso que pueden pescar en conjunto todos los buques del sector durante el año. Por su parte, las Cuotas fijan límites individuales, y definen la cantidad que cada buque puede capturar de esa especie.

Para respaldar estas decisiones, el Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP) evalúa el estado de los recursos marinos y sus estudios deben presentarse ante la autoridad de aplicación antes de su divulgación. Con el fin de evitar la sobreexplotación, se implementan vedas temporales, restricciones por zona y límites de talla en especies clave. Además, el sistema Cuotas Individuales Transferibles de Captura otorga derechos de pesca sobre una cantidad determinada de recursos marinos (que se expresa como porcentaje de la Captura Máxima Permisible), lo que permite una gestión más eficiente y previsible de los recursos (Gualdoni et al., 2014).

El control y fiscalización del sector se refuerza a través del Registro Nacional de Pesca, donde deben inscribirse quienes explotan comercialmente los recursos marinos. Las embarcaciones requieren un permiso, con una vigencia de hasta 10 años o 30 años si pertenecen a empresas con instalaciones de procesamiento en Argentina. Además, el Fondo Nacional Pesquero

(FO.NA.PE.), financiado por tasas y multas, se destina a investigación, vigilancia y apoyo a provincias, fortaleciendo el monitoreo y cumplimiento de las normativas.

A nivel internacional, Argentina puede permitir el acceso a buques extranjeros para la captura de especies no explotadas bajo tratados aprobados por el Congreso Nacional, lo que también facilita la inserción de productos pesqueros nacionales en mercados externos. Sin embargo, a pesar de estos mecanismos de control y regulación, la sostenibilidad del sector enfrenta desafíos como la sobrepesca, la contaminación, la gestión ineficiente, la captura no declarada y la pesca ilegal en la plataforma exterior dentro de la Zona Económica Exclusiva (ZEE). Estas problemáticas requieren un monitoreo constante y ajustes en las políticas pesqueras.

3.2 Áreas de veda y manejo

Las áreas de veda son una herramienta de gestión pesquera que permite regular la actividad en determinadas zonas y períodos con el fin de proteger especies clave en etapas críticas de su ciclo de vida, como la reproducción o el crecimiento. Estas restricciones buscan no solo garantizar la sustentabilidad de las poblaciones explotadas comercialmente, sino también preservar el equilibrio del ecosistema marino en el que interactúan. La autoridad de aplicación tiene la facultad de establecer vedas espaciales o temporales en función de criterios científicos y conforme a lo estipulado en el artículo 19 de la LFP. La base cartográfica más reciente de las zonas de veda (2022-2023) se elaboró a partir de un listado de artículos que definen cada área, resultando en 18 capas vectoriales que consolidan el inventario actualizado de estas restricciones pesqueras (Burla, 2024).

3.3 Certificaciones pesqueras

Las certificaciones en la industria pesquera son un instrumento para garantizar la sostenibilidad y trazabilidad de los productos del mar, ya que funcionan como un incentivo de mercado para la pesca y la acuicultura responsables. Su importancia creció a nivel global debido a la creciente demanda de productos pesqueros certificados, que en muchos mercados son un requisito para la comercialización. Programas como el Marine Stewardship Council (MSC, <https://www.msc.org/>) evalúan el estado de las poblaciones, el impacto ambiental y la gestión pesquera, mientras que otros, como Fair Trade (<https://es.fairtradecertified.org/>), se enfocan en condiciones laborales y equidad en la cadena de producción. Actualmente, casi el 50% de la producción mundial de pesca y acuicultura cuenta con certificaciones, programas de mejora y sistemas de calificación.

En Argentina, menos del 10% del volumen de capturas tiene certificación, lo que ubica al país en el puesto 25 a nivel mundial. Solo dos pesquerías han obtenido la certificación MSC: la

Vieira patagónica (*Zygochlamys patagonica*) y la Centolla (*Lithodes santolla*), esta última certificada en 2022. En contraste, la anchoíta perdió su certificación en 2022 por falta de estudios sobre su impacto ambiental, y la Merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) la perdió en 2024 (Salama, 2023).

El avance de los procesos de certificación depende de la colaboración entre el sector público y privado, así como del aporte del INIDEP. A medida que los mercados globales refuerzan sus exigencias de certificación, Argentina debe adaptarse para mantener su competitividad. Además de garantizar acceso a mercados, las certificaciones permiten agregar valor y diferenciar los productos pesqueros argentinos, promoviendo una gestión más sostenible del recurso.

3.4 Proyectos de mejora pesquera

Un proyecto de mejora pesquera (FIP, por sus siglas en inglés) es una iniciativa colaborativa que busca mejorar las prácticas de pesca y la gestión de una pesquería con el objetivo de garantizar la sostenibilidad de las especies, los hábitats y las comunidades que dependen de esta actividad. Estos proyectos se desarrollan de manera progresiva y reúnen a múltiples actores, incluyendo empresas del sector pesquero, reguladores gubernamentales, ONG, científicos, administradores de pesquerías y pescadores.

Los FIP tienen como meta principal implementar cambios que aseguren una pesca más sostenible a largo plazo, incentivando mejores prácticas mediante la participación del sector privado. Además, muchos de estos proyectos buscan alcanzar la certificación del MSC, el estándar global más reconocido para la pesca sustentable.

En Argentina, destacan dos FIPs: el del Langostino (*Pleoticus muelleri*), iniciado en 2015 y cercano a obtener la certificación del MSC, y el de la Merluza negra (*Dissostichus eleginoides*), lanzado en 2021 para mejorar su sostenibilidad. Ambos reflejan el compromiso del sector pesquero con una gestión responsable de los recursos marinos.

4. Fuentes de datos

En este estudio se utiliza información cuantitativa orientada al sector pesquero de captura marítima industrial, del cual se tienen indicadores y datos sistemáticos relevados hace aproximadamente 30 años. Estos datos se dividen en tres grandes ejes: sector pesquero, variables ambientales, proyecciones climáticas. A continuación, se detallan las variables e indicadores considerados dentro de cada uno de los ejes, su definición, como así también la fuente de datos pública de donde se obtuvo la información.

4.1 Sector pesquero

Este estudio analiza las estadísticas de desembarques provenientes de la pesca marítima en el Mar Argentino para el período 1989-2024. Los desembarques pesqueros representan la cantidad de pescado capturado que se descarga en los puertos argentinos. Esta información, medida en toneladas, se encuentra desagregada por mes, puerto de descarga, especie capturada y arte de pesca. La fuente principal de estos datos es la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca del Ministerio de Economía de la Nación, cuya base de datos está disponible en su sitio web oficial (https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/pesca_maritima/desembarques/).

Además de los desembarques, se consideró el Índice de Producción Industrial Pesquero (IPI pesquero). Este índice mide la producción mensual total del sector pesquero, que abarca la pesca marítima, la pesca continental, los servicios de apoyo a la pesca y la acuicultura. El cálculo del IPI utiliza diversas fuentes de información, incluidos registros administrativos y estadísticas de pesca, y se presenta desagregado por grupo de especies y tipo de buque. Para la pesca marítima, el índice se elabora a partir de las cantidades desembarcadas por especie y tipo de embarcación, medidas en toneladas, junto con los precios promedio por tonelada (ajustados a pesos de 2004, año base de las cuentas nacionales). La información está disponible en formato de número índice, variación porcentual e incidencias desde enero de 2012 hasta diciembre de 2024. Los cuadros con estos datos pueden consultarse en el portal del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC) (<https://www.indec.gob.ar/indec/web/Nivel4-Tema-3-50-169>).

4.2 Variables ambientales

Para este estudio, se emplearon datos de temperatura superficial del mar (TSM) y concentración de clorofila-a obtenidos del sensor Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) a bordo del satélite Aqua de la NASA, en el período de 2002 a

2024. Se utilizaron productos de nivel L3, que proporcionan promedios mensuales a una resolución espacial de aproximadamente 4 km.

La TSM es una variable ambiental para caracterizar las condiciones oceánicas en el Mar Argentino. Es reconocida por su robustez y fiabilidad para describir la variabilidad climática regional, y se utiliza ampliamente en investigaciones sobre variabilidad y cambio climático, ya que ofrece una representación detallada de las fluctuaciones de temperatura marina a lo largo del tiempo y en diversas regiones geográficas. Los datos de TSM se derivan de las bandas de infrarrojo térmico de 11 y 12 μm (canales MODIS 31 y 32), que miden la radiación emitida desde la superficie oceánica. El satélite Aqua, lanzado el 4 de mayo de 2002, sigue una órbita polar sincrónica al sol, con un cruce ascendente ecuatorial diurno a las 13:30 horas, lo que permite una cobertura global diaria. Los productos de TSM de MODIS son generados por el Grupo de Procesamiento de Biología Oceánica (OBPG) de la NASA y están disponibles en formatos de datos netCDF-4 (<https://oceandata.sci.gsfc.nasa.gov/>).

La concentración de clorofila-a actúa como indicador de la biomasa fitoplanctónica y de la productividad biológica de los ecosistemas marinos. La clorofila, presente en plantas, algas y algunas bacterias, refleja la capacidad del océano para sostener la cadena trófica marina. Los datos de clorofila-a se derivan de una relación empírica basada en mediciones in situ de clorofila-a y reflectancias de teledetección en la región espectral de 440 a 670 nm. Esta resolución permite identificar patrones regionales de distribución, destacando las áreas de mayor actividad biológica sobre las plataformas oceánicas. Los productos de clorofila-a de MODIS son generados por el OBPG de la NASA y también están disponibles en formatos de datos netCDF-4.

4.3 Proyecciones climáticas

Para evaluar los posibles cambios futuros en las condiciones oceánicas, se utilizaron las proyecciones climáticas del conjunto de modelos CMIP6 (Coupled Model Intercomparison Project, fase 6, ver por ejemplo <https://wcrp-cmip.org/cmip6/>). Estos modelos simulan las respuestas del sistema climático global bajo distintos escenarios de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y permiten analizar variables como temperatura, precipitación, humedad y patrones de circulación atmosférica y oceánica. En este estudio se emplearon las proyecciones de TSM para la región del Mar Argentino generadas por estos modelos. La información obtenida facilita la evaluación de cambios potenciales en la TSM y sus posibles implicancias para los ecosistemas marinos y las actividades humanas dependientes de ellos.

El marco del CMIP6 considera cinco escenarios socioeconómicos compartidos (Shared Socioeconomic Pathways; SSP, O'Neil et al., 2012), que representan trayectorias alternativas de desarrollo global proyectadas hasta el año 2100. El escenario SSP1 plantea un mundo sostenible con cooperación internacional y energías limpias, mientras que el SSP2 sigue una evolución intermedia sin cambios drásticos en políticas climáticas. El SSP3 describe un escenario de rivalidad regional con nacionalismo y poco compromiso ambiental, y el SSP4 enfatiza una sociedad altamente desigual, donde solo ciertos países acceden a tecnología avanzada para la mitigación. Por último, el SSP5 proyecta un crecimiento económico basado en combustibles fósiles, priorizando el desarrollo sin restricciones en emisiones, lo que conlleva impactos climáticos severos. Estos escenarios permiten explorar posibles futuros socioeconómicos y sus efectos sobre la evolución climática regional y global.

5. Metodología

5.1 Análisis espacial de las capturas

La localización de los puertos pesqueros se obtuvo a partir de registros oficiales y se georreferenció mediante herramientas de sistemas de información geográfica (SIG). Se utilizó la proyección WGS84 (EPSG:4326) para la representación espacial (<https://datos.transporte.gob.ar/dataset/puertos>). La distribución espacial de las capturas se calculó con base en el total anual desembarcado en cada puerto durante el período de estudio.

5.2 Clasificación de flotas y artes de pesca

Las flotas y los artes de pesca se categorizaron según las definiciones oficiales de la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca. Se consideraron las principales clasificaciones: flotas costeras, fresqueras, congeladoras y embarcaciones de rada o ría, así como los artes de pesca más representativos (arrastreros, palangreros, poteros, tangoneros, tramperos, surimeros y otros). La participación de cada categoría en el total anual se calculó para el período 1989-2024. Es importante mencionar que la información utilizada describe al sector pesquero de captura marítima industrial, tal como se indica en la Sección 2 y 4.

5.3 Análisis temporal de las capturas

Se utilizaron las series mensuales de desembarques pesqueros totales entre 1990 y 2024 para estudiar la variabilidad temporal (<https://datos.gob.ar/dataset/sspm-captura-pesquera>). Se identificaron y corrigieron valores atípicos y se validó la consistencia de los datos. La climatología mensual permitió caracterizar los patrones estacionales y las tasas de variación interanual se calcularon a partir de los totales anuales.

Para analizar las características espectrales de las series temporales de capturas marítimas, se empleó el estimador de p-Welch (Cochran, 1967), un método paramétrico que estima la densidad espectral en el dominio de las frecuencias y reduce la varianza asociada al periodograma tradicional. La metodología consistió en dividir cada serie en segmentos más cortos con cierto grado de superposición. En ausencia de superposición, el método equivale al propuesto por Bartlett (Bartlett, 1950). Se aplicaron funciones de ventana (Hanning) a cada segmento para calcular los periodogramas, que posteriormente se promediaron. La estimación del espectro se obtuvo calculando el cuadrado de la transformada discreta de

Fourier. Este procedimiento generó espectros de potencia más estables y con menor varianza que el periodograma convencional.

Para evaluar la significancia de las señales detectadas, se comparó el espectro estimado con un espectro teórico de ruido rojo, que modela la persistencia temporal típica de las series ambientales. La estimación del ruido rojo se realizó mediante un proceso autorregresivo de primer orden (AR(1)), calculando el parámetro de autocorrelación de primer orden (α) directamente de la serie (Rodionov, 2006). Los límites de confianza del 95% y 99% se determinaron aplicando la prueba F (Fisher-Snedecor; Chattamvelli, 2021) a partir de la distribución teórica del ruido rojo. Se definieron umbrales para identificar picos en el espectro observados como estadísticamente significativos, lo que permitió reconocer variaciones que exceden las fluctuaciones esperadas por la autocorrelación natural de las series, destacando frecuencias con señales recurrentes y no aleatorias.

5.4 Modelado estadístico

Se utilizó regresión lineal múltiple (RLM, Thomson y Emery, 2024) para evaluar la relación entre las principales especies de cada grupo ecológico (peces, crustáceos y moluscos) y el total anual desembarcado. Esta metodología permitió estimar la variación del volumen total desembarcado en función de las toneladas de las tres especies más representativas de cada grupo. Se ajustaron modelos independientes para cada grupo y año, lo que facilitó la evaluación de la contribución de cada especie al total anual y la detección de patrones consistentes a lo largo del tiempo.

Si bien otras metodologías más flexibles, como los modelos aditivos generalizados (GAM) o los modelos lineales mixtos (GLMM), la elección de la RLM se basó en la interpretabilidad de los coeficientes y en la estructura relativamente simple del conjunto de datos, que no presentaba una jerarquía explícita ni requerimientos evidentes de modelado de efectos aleatorios. Asimismo, se descartó el uso de métodos no paramétricos como Random Forests por su menor capacidad explicativa en términos de relaciones lineales directas entre variables y su mayor complejidad computacional para este tipo de análisis exploratorio.

Previo al ajuste de los modelos, se verificaron los supuestos fundamentales de la RLM. Se examinó la normalidad de los residuos mediante pruebas de Shapiro-Wilk y análisis gráfico (Q-Q plots), la homocedasticidad mediante gráficos de residuos estandarizados, y la colinealidad mediante el cálculo del factor de inflación de la varianza (VIF), sin detectarse violaciones severas que comprometan la validez de los resultados.

Para realizar este análisis se consideraron los datos de las especies desembarcadas agrupadas en tres grupos ecológicos: peces, crustáceos y moluscos, cada una con características biológicas y ecológicas distintas que reflejan su diversidad y uso en la pesca. El grupo de peces incluye especies óseas y cartilaginosas que habitan diversas zonas del océano, muchas de las cuales son de importancia comercial tanto para consumo local como para exportación. Entre ellas se encuentran especies demersales, que viven cerca del fondo marino (como la merluza y la corvina), y pelágicas, que habitan las capas superficiales (como el jurel o la anchoíta). Los crustáceos comprenden especies de exoesqueleto duro y patas articuladas, como el langostino, la centolla y el cangrejo, que suelen ser capturados en áreas específicas por su alto valor en mercados internacionales. Por último, el grupo de moluscos abarca especies de cuerpo blando, a menudo protegidas por conchas, como calamares, vieiras y mejillones. Estas diferencias no solo responden a criterios biológicos, sino también a las técnicas de captura (o artes de pesca).

5.5 Análisis de variación espacio-temporal de la clorofila y la temperatura del mar

A partir de los datos mensuales de clorofila-a y TSM obtenidos del sensor MODIS Aqua para el período 2002-2024, se construyeron climatologías mensuales para describir la variabilidad estacional y se calcularon anomalías mensuales restando las medias climatológicas a los valores observados. Estos análisis permitieron identificar patrones espaciales y temporales relevantes para la actividad pesquera. La representación de los resultados se realizó mediante mapas que reflejaron la distribución estacional y las desviaciones respecto a las condiciones promedio.

6. Resultados

6.1 Distribución espacial de las capturas

Argentina, con su extensa línea costera, alberga un total de 21 puertos pesqueros distribuidos a lo largo de sus provincias marítimas. La georreferenciación de estos puertos muestra que 7 se encuentran en la provincia de Buenos Aires, 3 en Río Negro, 5 en Chubut, 4 en Santa Cruz y 2 en Tierra del Fuego. Esta distribución refleja la relación entre la ubicación de la infraestructura portuaria y las principales áreas de pesca en el país. Sin embargo, a pesar de esta diversidad geográfica, los desembarques pesqueros presentan una distribución altamente concentrada en pocos puertos.

En el año 2024, el puerto de Mar del Plata, en la provincia de Buenos Aires, registró un volumen total de 366.444 tns, lo que representa el 44,6 % del total nacional. A este puerto le siguen Puerto Madryn y Rawson, ambos ubicados en Chubut, con desembarques de 156.907 tns (19,1%) y 96.034 tns (11,7%), respectivamente. En conjunto, estos tres puertos concentran aproximadamente el 75% de los desembarques nacionales, lo que indica una centralización de la actividad pesquera en torno a estas localidades. Esta concentración puede estar vinculada a la capacidad operativa de los puertos, la disponibilidad de infraestructura para el procesamiento de las capturas y la proximidad a zonas de pesca de alta productividad (Figura 6.1).

En un segundo nivel de participación se encuentran los puertos de Deseado y Caleta Paula, en la provincia de Santa Cruz, con desembarques de 69.296 tns (8,4%) y 43.968 tns (5,4%), respectivamente. Ushuaia, en Tierra del Fuego, registró 31.898 tns (3,9%), mientras que Comodoro Rivadavia y Bahía Blanca reportaron 13.448 tns (1,6 %) y 11.818 tns (1,4%), respectivamente. En contraste, los puertos de menor volumen de desembarque, como Quequén (1.121 tns; 0,1%), San Antonio Este (1.213 tns; 0,1%) y San Julián (108 tns; ~0,0%), presentan una participación marginal (Figura 6.1).

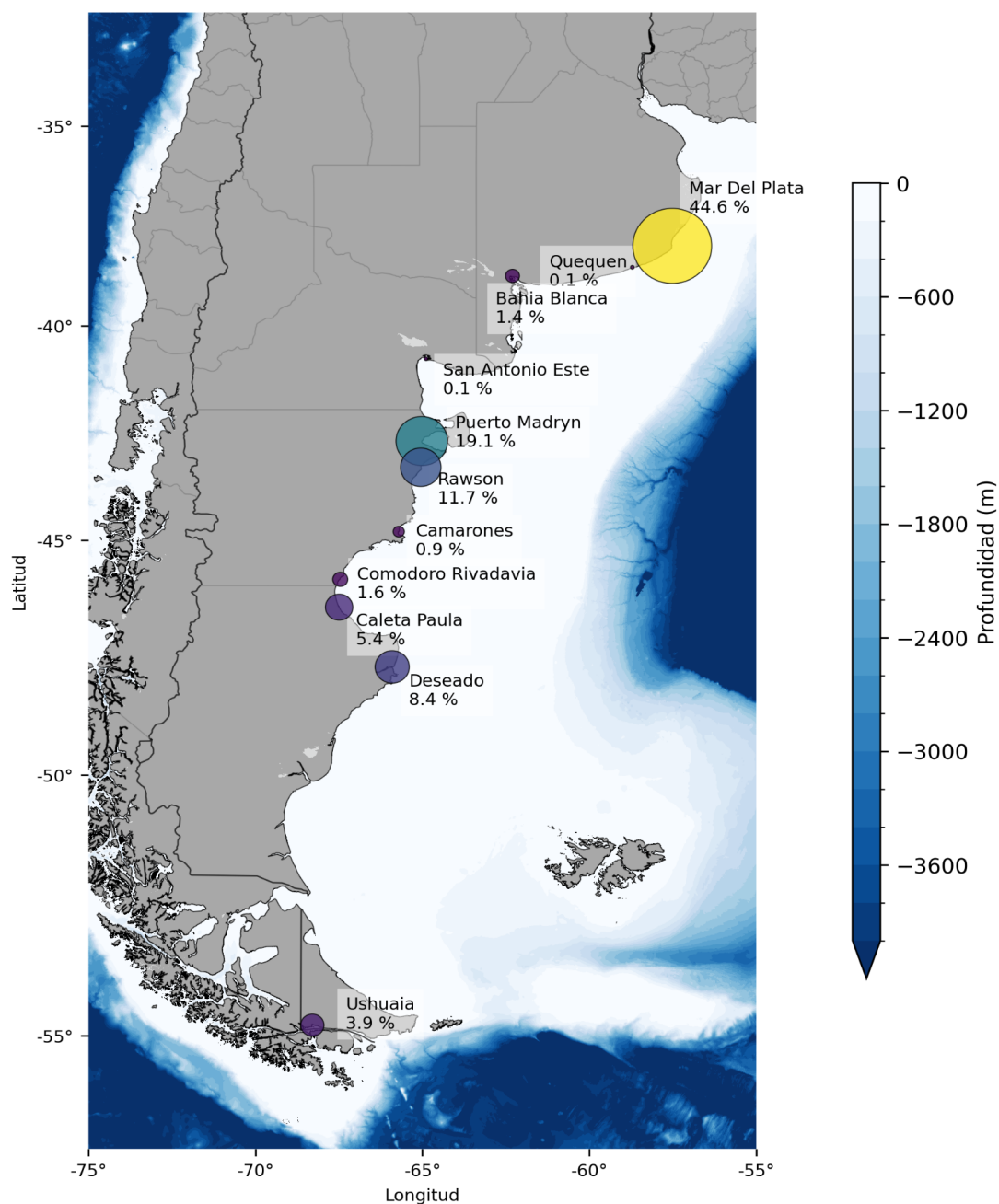


Figura 6.1. Distribución geográfica de puertos pesqueros en Argentina junto con el porcentaje de capturas marítimas del año 2024.

6.2 Prácticas pesqueras y artes utilizadas

El análisis de los datos de capturas pesqueras por tipo de flota entre 1989 y 2024 muestra que durante los primeros años, la flota fresca dominó la actividad, con un 69.7% del total en 1989. Sin embargo, en 1993 los congeladores superaron a los fresqueros por primera vez, con un 61.9% de participación. Este cambio marcó una tendencia que se mantuvo durante la década siguiente, con picos de participación congeladora del 68.4% en 1999 y del 68.2% en

2000. Esto refleja la preferencia por las capturas destinadas a la exportación y de mayor valor agregado (Figura 6.2).

La flota fresca, si bien experimentó una disminución relativa en los primeros años del período, recuperó protagonismo en la década de 2000. Entre 2009 y 2015, su participación osciló entre el 46.6% y el 54.5%, con un repunte notable en 2011 (54.5%). En los años más recientes, entre 2017 y 2023, la distribución entre ambas flotas fue más equilibrada, con una ligera predominancia de los fresqueros en algunos años. En 2024, los fresqueros representaron el 53.0% del total, mientras que los congeladores aportaron el 47.0%. Este equilibrio refleja cambios en la demanda del mercado y políticas que favorecieron tanto las capturas orientadas a la exportación como las destinadas al consumo interno (Figura 6.2).

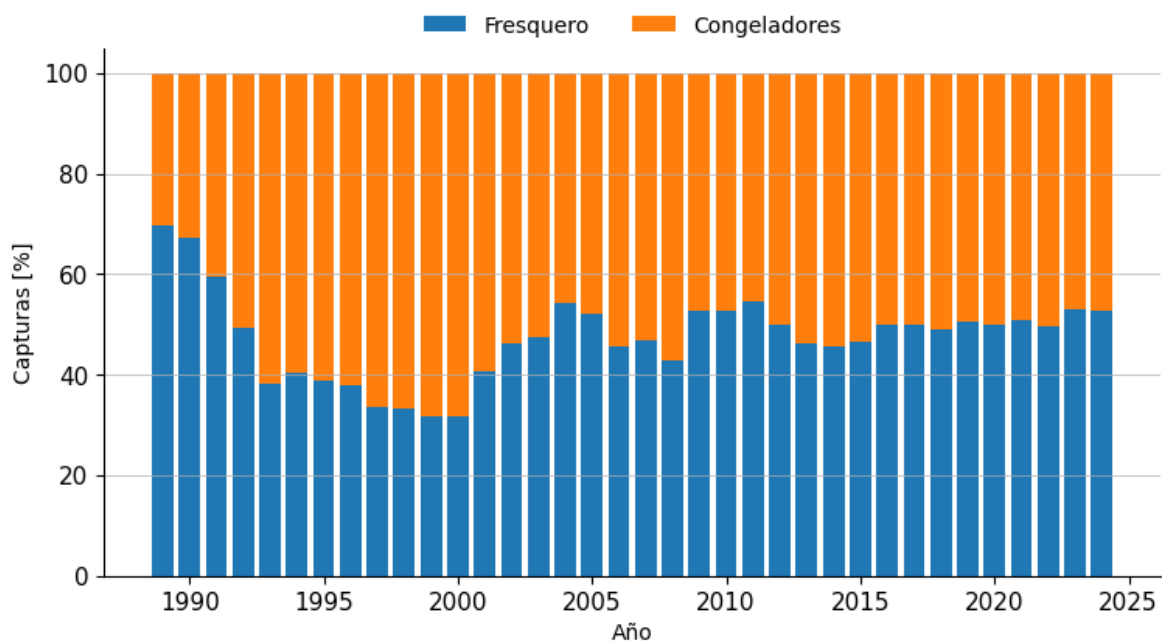


Figura 6.2. Porcentaje anual de capturas según tipo de flota (fresquera y congeladora) en el período 1988-2024 para todos los puertos argentinos.

En cuanto a las artes de pesca los arrastreros se mantuvieron como la principal flota, con participaciones superiores al 40% en la mayoría de los años. Destacan valores máximos del 77,2% en 1989 y del 77,4% en 1990, seguidos de una disminución progresiva. A partir de 2000, la participación de los arrastreros se estabilizó entre el 35% y el 55%. Los poteros mostraron un crecimiento importante a lo largo del tiempo, pasando del 1,3% en 1989 a un pico del 44,6% en 2006, y se consolidan como la segunda flota más relevante. Los tangoneros, especializados en la pesca de langostino, experimentaron un crecimiento sostenido desde la década de 2000, y alcanzaron su punto máximo en 2018 con el 29,7% de participación (Figura 6.3).

Por otro lado, los palangreros mantuvieron una participación marginal durante todo el período, con valores inferiores al 2,0%, lo que refleja su menor relevancia en la estructura pesquera nacional. Los surimeros tuvieron un papel más importante en la década de 1990, con un máximo del 24,1% en 1993, pero su participación disminuyó de forma constante hasta caer al 5,3% en 2024. Esta reducción puede asociarse a cambios en la biomasa disponible y a la menor demanda de productos derivados. Las categorías de tramperos y otras artes pesqueras mantuvieron valores insignificantes, con participaciones siempre inferiores al 1,0%, lo que sugiere un uso marginal o esporádico de estas artes (Figura 6.3).

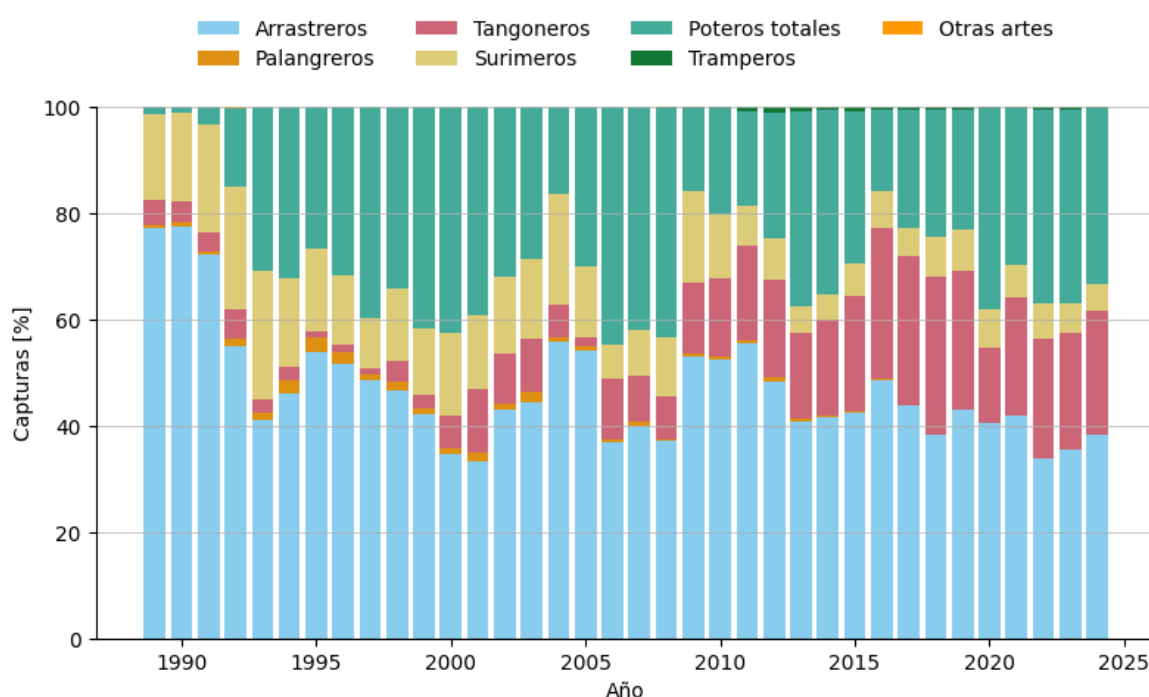


Figura 6.3. Porcentaje anual de capturas según arte de pesca en el período 1989-2024 para todos los puertos argentinos. Se muestra la distribución relativa de las capturas por tipo de arte de pesca, incluyendo arrastreros, palangreros, poteros, tangoneros, tramperos, surimeros y otras artes.

6.3 Variaciones temporales de las capturas: patrones interanuales y estacionales

El análisis de la captura pesquera durante el período estudiado muestra fluctuaciones tanto a nivel mensual como interanual. La captura total acumulada fue de 4.560.123 tns, con un promedio mensual de 73.000 tns. El valor máximo mensual alcanzó las 178.000 tns en mayo de 1997, mientras que el mínimo registrado fue de apenas 22.100 tns en enero de 2010. La desviación estándar mensual fue de 24.154 tns, lo que refleja una notable amplitud de variación entre los meses (Figura 6.4).

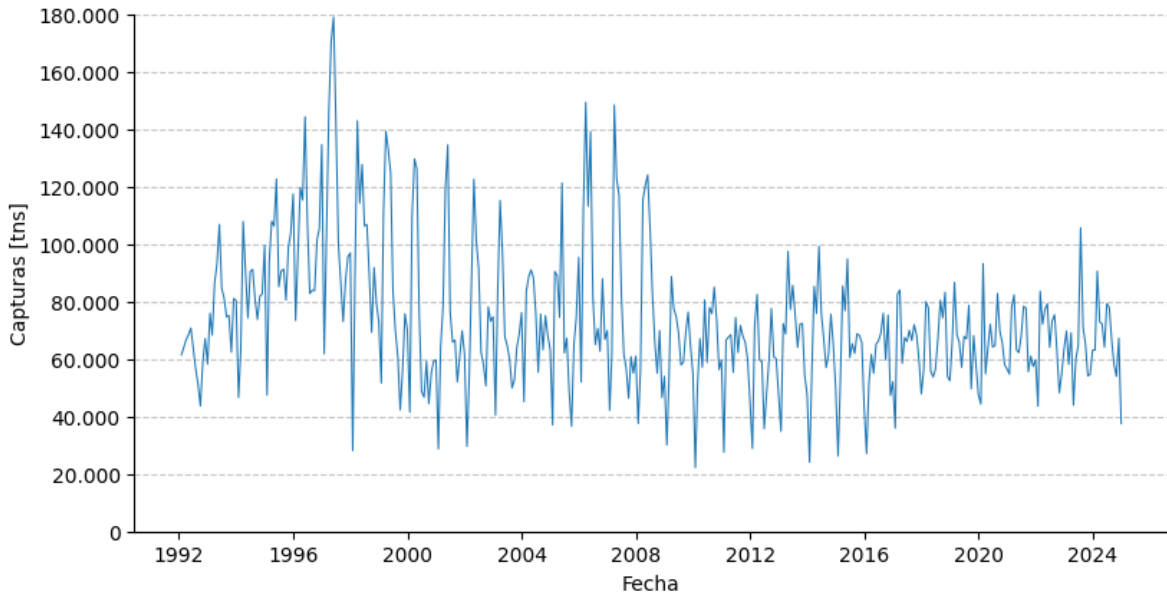


Figura 6.4. Serie temporal mensual de los desembarques totales en el Mar Argentino entre 1990 y 2024 (en toneladas).

Para identificar los períodos dominantes en la serie de desembarques pesqueros, se calculó el espectro de potencia mediante el método de Welch. Este análisis descompone la varianza de la serie en distintas frecuencias y revela ciclos recurrentes y patrones estadísticamente significativos (Figura 6.5).

Se observa un pico de potencia pronunciado en la frecuencia correspondiente a un período de un año, lo que sugiere una fuerte señal estacional en la captura pesquera que alcanza un 12% de la densidad espectral. Otro pico, menos intenso pero notable, aparece cerca del período de seis meses, lo que indica una señal semianual. Los picos significativos se comparan con el ajuste de ruido rojo y con los niveles de confianza del 95 % y 99 % (líneas roja, naranja y azul, respectivamente en Figura 6.5). La presencia de picos que superan las líneas de confianza indica que las señales en esas frecuencias son estadísticamente significativas y no producto de la variabilidad aleatoria de la serie.

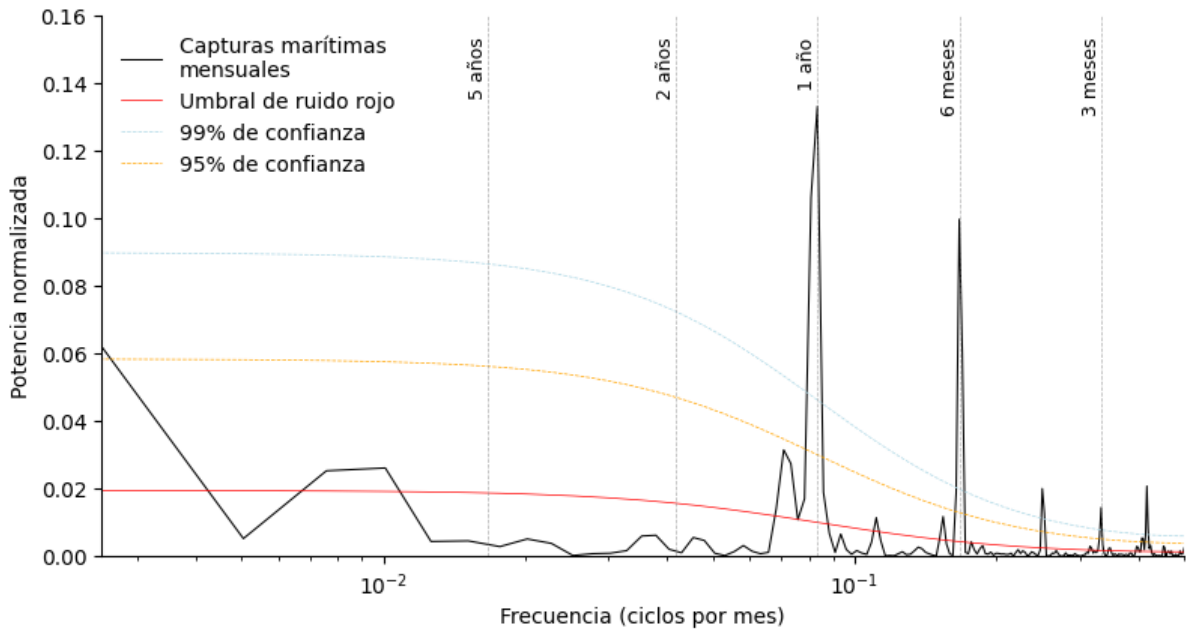


Figura 6.5. Espectro de potencia normalizado de la serie temporal mensual de desembarques pesqueros en Argentina. La línea negra muestra la potencia estimada mediante el método de Welch, la línea roja representa el ajuste de ruido rojo, y las líneas punteadas indican los niveles de confianza del 95 % (naranja) y 99 % (azul). Las líneas verticales grises marcan períodos característicos relevantes (3 meses, 6 meses, 1 año, 2 años y 5 años).

Para poder analizar con profundidad la característica anual de las capturas marítimas, se realizó un análisis climatológico de los desembarques (Figura 6.6). El comportamiento de la climatología muestra patrones estacionales marcados, con máximos que se concentran principalmente en marzo, abril y mayo. Estos tres meses presentan capturas promedio de 94.190 tns, 92.127 tns y 89.293 tns respectivamente, y en conjunto concentran el 31,32% del total anual de capturas, lo que evidencia la importancia de estos periodos para la actividad pesquera. Estas concentraciones podrían asociarse a las temporadas de pesca de las especies objetivo más relevantes y a políticas regulatorias que permiten la apertura de la actividad en determinadas épocas del año.

En contraste, meses como julio y agosto muestran capturas considerablemente menores, con promedios por debajo de 70.000 tns lo cual podría coincidir con la disponibilidad reducida de las especies objetivo durante esos meses. La variabilidad de las capturas mensuales es especialmente evidente en los meses de mayor actividad, donde las diferencias entre los cuartiles alcanzan hasta 53.000 tns, mientras que en los meses de menor actividad el rango intercuartílico se mantiene por debajo de las 18.000 tns.

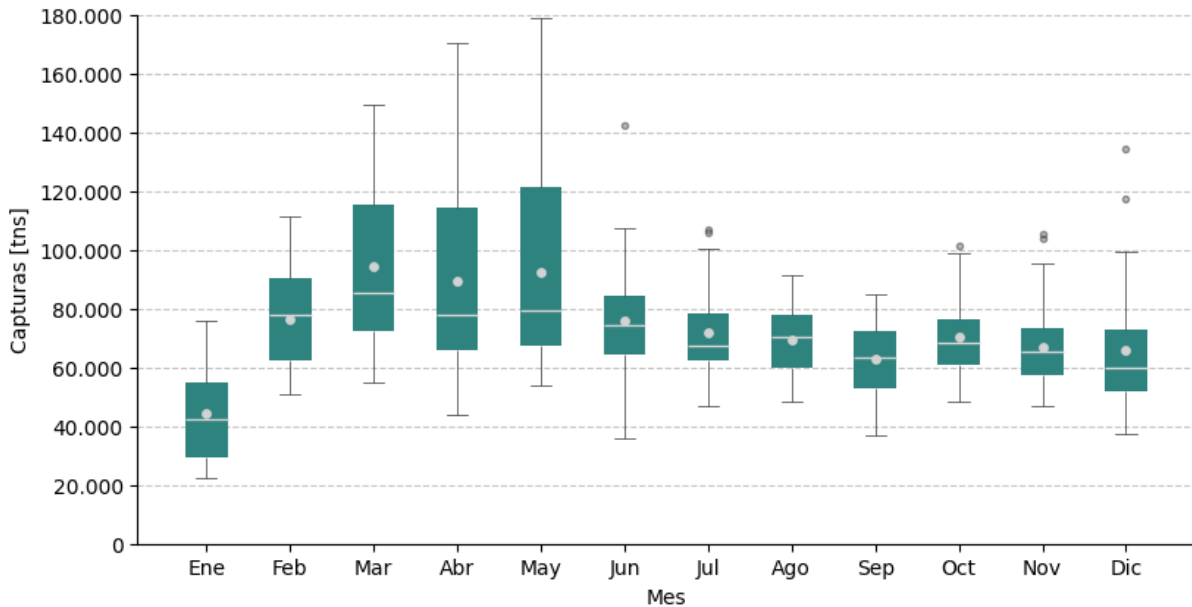


Figura 6.6: Distribución mensual de las toneladas desembarcadas entre 1990 y 2024. Las cajas representan el rango intercuartil (25° a 75° percentil), la línea horizontal dentro de cada caja indica la mediana y los puntos marcan la media mensual. Los bigotes muestran la variabilidad fuera de los cuartiles, mientras que los puntos externos representan valores atípicos.

El análisis interanual revela fluctuaciones significativas en la producción pesquera (Figura 6.7). El año con mayor captura fue 1997, con un total de 1.340.731 tns, mientras que 2016 registró la menor captura anual con 691.477 tns, lo que representa una diferencia del 48% entre ambos extremos. La media de la variación es del 0,86 %, con una mediana del 0,26 %, lo que indica una distribución relativamente equilibrada, aunque con fluctuaciones importantes. El valor máximo corresponde a un incremento del 32,7 % en 1993, mientras que la mayor disminución se registró en 2009, con una caída del -16,9 %. La desviación estándar, del 11,11%, refleja una dispersión considerable respecto a la media.

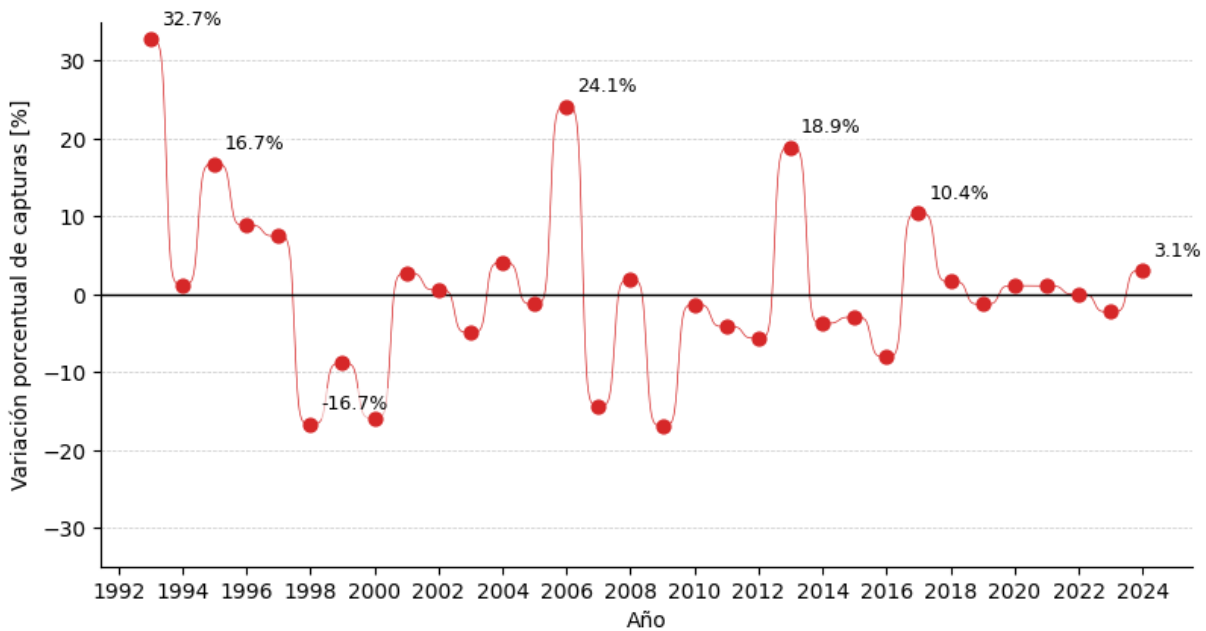


Figura 6.7. Variación porcentual interanual de las capturas (en toneladas) entre 1992 y 2024. Se incluyen etiquetas para los principales extremos de la serie.

Del total, el 48,5 % equivalente en años presentó variaciones positivas y un porcentaje igual mostró disminuciones, mientras que no se registraron años sin cambios. Las variaciones extremas, superiores a ± 10 %, se observaron en el 27,3 % de los casos, lo que refleja una considerable volatilidad en la producción pesquera. En contraste, solo el 6,1 % de los años mostró cambios menores a ± 1 %, lo que indica escasos períodos de estabilidad interanual. La tendencia general de las variaciones presenta una pendiente anual de $-0,19$ %, lo que sugiere una leve disminución a lo largo del tiempo, aunque de magnitud poco significativa ($p = 0,37$; IC 95 %: $-0,63$ a $0,24$). Estos resultados evidencian un comportamiento fluctuante, con alternancia entre incrementos y descensos.

6.4 Variación temporal de las capturas según especies

Se analizaron las series temporales de desembarcos desde 1989 a la actualidad para todas las especies desembarcadas en los puertos argentinos descriptos anteriormente. Más de 80 especies marinas forman parte de las capturas en el Mar Argentino. La evolución temporal de las 5 especies con mayor volumen desembarcado se muestran en la Figura 6.8. La Merluza *hubbsi* (*Merluccius hubbsi*) registró los mayores volúmenes de desembarque a lo largo del período analizado, con un máximo de 604.805 tns en 1996 y valores que superaron las 250.000 tns en la mayoría de los años, aunque con una leve disminución en las últimas décadas. El Calamar *Illex* (*Illex argentinus*) mostró variaciones interanuales, con picos de 411.723 tns en 1997 y 294.252 tns en 1996, y valores moderados entre 70.000 y 200.000 tns

en los últimos años. El Langostino (*Pleoticus muelleri*) incrementó sus desembarques a partir de 2010, con volúmenes que pasaron de menos de 40.000 tns en décadas anteriores a más de 200.000 tns desde 2017, alcanzando 222.154 tns en 2024. La Merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) alcanzó su máximo en 1999 con 118.356 tns, mientras que la Polaca (*Micromesistius australis*) superó las 100.000 tns en 1993 y 1995, seguida de una disminución en años posteriores (Figura 6.8).

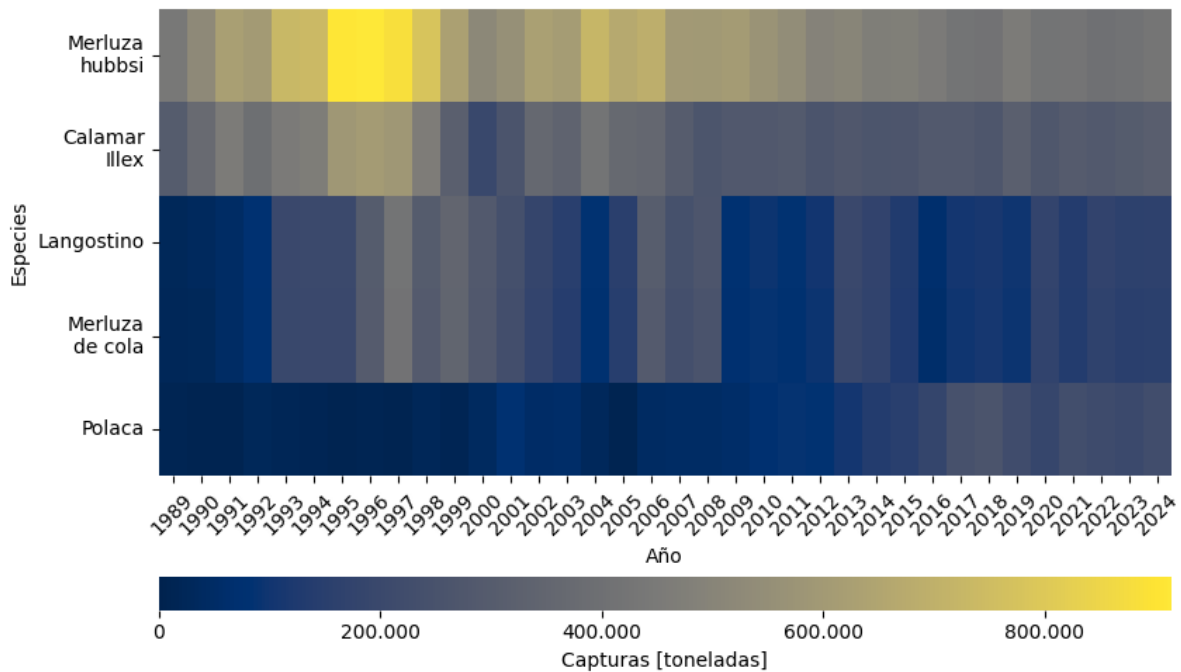


Figura 6.8. Mapa de calor de los desembarques anuales (en toneladas) de las cinco principales especies capturadas en el Mar Argentino entre 1989 y 2024. La intensidad del color representa el volumen de capturas, donde los tonos más oscuros indican mayores desembarques

Para tener un mejor detalle de la evolución anual de las tres principales especies, en la Figura 6.9 se observan las fluctuaciones interanuales en las capturas de la Merluza *hubbsi*, el Calamar *Illex*, y el langostino. La Merluza *hubbsi* alcanzó su máximo en 1996, en un contexto de sobreexplotación que derivó en una drástica reducción de las capturas en los años siguientes, llegando a niveles considerados críticos para la especie. Ante esta situación, se establecieron límites de captura que favorecieron la recuperación de la biomasa y permitieron una posterior estabilización. En comparación, el Calamar *Illex* y el langostino han mostrado variaciones interanuales, aunque sin fluctuaciones tan abruptas.

A pesar de la diversidad de recursos disponibles, con más de 60 especies de peces, cuatro de crustáceos y seis de moluscos de interés comercial, la actividad pesquera se concentra en sólo tres especies, que representan más del 80% del total de desembarques. La merluza hubbsi se mantiene como la principal especie capturada, mientras que el langostino ha experimentado un crecimiento sostenido en los últimos años. Por su parte, el Calamar *Illex* ocupa el tercer lugar, aunque su volumen de captura varía significativamente de un año a otro.

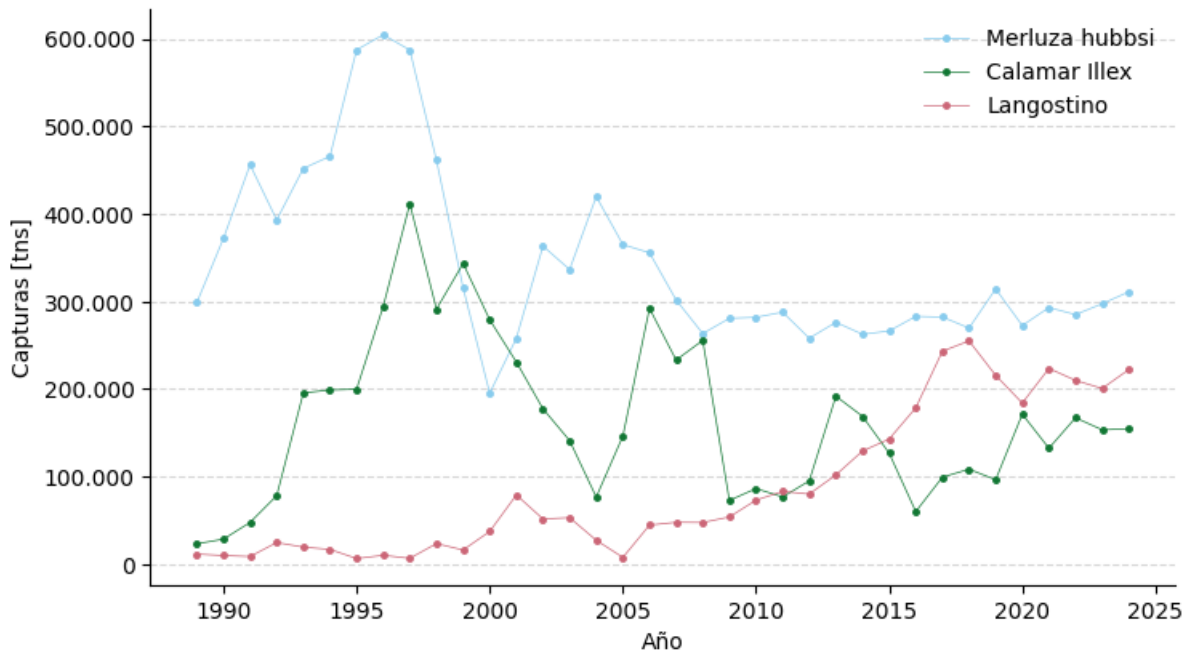


Figura 6.9. Series temporales de desembarques anuales (en toneladas) de las tres principales especies capturadas en el Mar Argentino entre 1989 y 2024. Se muestran las variaciones interanuales en los volúmenes de captura de Merluza *hubbsi*, Calamar *Illex*, y el Langostino.

6.5 Variación temporal de las capturas según grupos ecológicos

El análisis de las tres principales especies desembarcadas por grupo revela una marcada concentración en especies específicas. Para el año 2024, en el grupo de peces, la Merluza *hubbsi* domina ampliamente con 311.041 tns, representando el 72,8% del total del grupo. Le siguen la Corvina blanca (*Micropogonias furnieri*) y la Polaca con 36.642 tns (8,6%) y 15.855 tns (3,7%) respectivamente, lo que muestra una fuerte dependencia de una sola especie dentro del grupo.

En el grupo de crustáceos, la concentración es aún más evidente, con el Langostino alcanzando las 222.154 tns y representando el 99,1% del total del grupo, mientras que la

Centolla (*Lithodes santolla*) y el Cangrejo (*Ovalipes trimaculatus*) aportan porcentajes marginales. De manera similar, en el grupo de moluscos, el Calamar *Illex* constituye la mayoría con 154.567 tns (95,2%), seguido a gran distancia por la Vieira (7.773 tns, 4,8%) y el Calamar Loligo (*Loligo vulgaris*) (40 tns, 0,02%; Tabla 6.1)

Tabla 6.1. Toneladas totales desembarcadas y porcentaje de participación de las tres principales especies por grupo (peces, crustáceos y moluscos) en el año 2024, considerando los desembarques registrados en todos los puertos de Argentina.

Grupo	Especie	Toneladas totales	Porcentaje del grupo
Peces	Merluza <i>hubbsi</i>	311.041	72,8 %
	Corvina blanca	36.642	8,6 %
	Polaca	15.855	3,7 %
Crustáceos	Langostino	222.153	99,1 %
	Centolla	1.947	0,8 %
	Cangrejo	7	~0,0 %
Moluscos	Calamar <i>Illex</i>	154.566	95,2 %
	Vieiras	7.772	4,8 %
	Calamar Loligo	39	~0,0 %

Análisis de regresión sobre la dependencia de grupos ecológicos con pocas especies

Para evaluar estadísticamente la dependencia de los grupos ecológicos con especies determinadas, se realizaron regresiones lineales múltiples para evaluar la relación entre las toneladas desembarcadas de las tres principales especies de cada grupo (peces, crustáceos y moluscos) y el total anual desembarcado de cada uno de ellos. El modelo planteado para cada grupo y año fue de la forma:

$$Y_{g,t} = \beta_0 + \beta_1 X_{1,t} + \beta_2 X_{2,t} + \beta_3 X_{3,t} + \varepsilon_t$$

donde $Y_{g,t}$ representa las toneladas totales desembarcadas del grupo g en el año t , $X_{1,t}$, $X_{2,t}$, $X_{3,t}$ son las toneladas desembarcadas de las tres principales especies del grupo en el año t , β_0 es la constante o intercepto del modelo, β_1 , β_2 , β_3 son los coeficientes de regresión que indican el cambio esperado en el total desembarcado del grupo por cada tonelada adicional de la especie correspondiente y ε_t es el término de error.

En el caso del grupo de peces, la Merluza *hubbsi* y la Merluza de cola presentan coeficientes elevados y significativos, de 1,40 ($p < 0,001$; IC 95 %: 1,28 a 1,51) y 1,64 ($p < 0,001$; IC 95 %: 1,36 a 1,92), respectivamente (Tabla 6.2). Esto indica que, por cada tonelada adicional desembarcada de estas especies, el total anual de peces aumenta en más de una tonelada, lo que puede deberse a la interacción entre las capturas de estas especies y el esfuerzo pesquero dirigido al grupo. Por otro lado, la corvina blanca no muestra una relación significativa con el total del grupo (coeficiente: 0,26; $p = 0,62$; IC 95 %: -0,78 a 1,29), lo que sugiere que sus desembarques no son determinantes para la variabilidad anual de los peces. La constante, estimada en -4.201 tns ($p = 0,88$; IC 95 %: -62.186 a 53.783), no resulta significativa y su amplio intervalo de confianza indica una gran incertidumbre, lo que puede estar relacionado con la estructura de los datos o con la fuerte dependencia del total del grupo respecto a las principales especies incluidas en el modelo.

En el grupo de crustáceos, el modelo muestra que tanto el langostino como la centolla explican casi la totalidad de la variabilidad anual del total desembarcado. El langostino presenta un coeficiente de 0,999 ($p < 0,001$; IC 95 %: 0,998 a 1,000), lo que indica que un incremento de una tonelada en su desembarque se traduce prácticamente en un aumento equivalente en el total de crustáceos. La centolla, con un coeficiente de 0,952 ($p < 0,001$; IC 95 %: 0,909 a 0,995), también tiene una fuerte relación directa con el total del grupo. En cambio, el Cangrejo no muestra una asociación significativa (coeficiente: 0,573; $p = 0,404$; IC 95 %: -0,807 a 1,954), lo que sugiere que sus variaciones no contribuyen de forma relevante a la variabilidad total. La constante estimada en 436,19 tns ($p < 0,001$; IC 95 %: 353,84 a 518,53) refleja capturas de otras especies no incluidas en el modelo (Tabla 6.2).

Finalmente, para el grupo de moluscos, los tres coeficientes asociados a las especies principales resultaron significativos, destacándose el Calamar *Illex* con un coeficiente de 1,001 ($p < 0,001$; IC 95 %: 0,997 a 1,004), lo que indica que cada tonelada adicional desembarcada de esta especie contribuye prácticamente con una tonelada al total del grupo. La Vieira (*Zygochlamys patagonica*) también muestra una relación significativa con un coeficiente de 0,794 ($p < 0,001$; IC 95 %: 0,660 a 0,928), mientras que el Calamar Loligo, aunque significativo (coeficiente: 0,765; $p = 0,039$; IC 95 %: 0,040 a 1,489), presenta un intervalo de confianza más amplio, lo que refleja mayor incertidumbre en su estimación. La constante fue estimada en 1.630,94 tns ($p < 0,001$; IC 95 %: 819,15 a 2.442,73), lo que sugiere la existencia de un volumen considerable de capturas no explicadas directamente por las tres especies seleccionadas (Tabla 6.2).

Tabla 6.2. Resultados de las regresiones lineales múltiples para los grupos de especies (peces, crustáceos y moluscos), con las tres principales especies de cada grupo como variables independientes. Se presentan los coeficientes estimados, los valores p y los intervalos de confianza del 95%. Los coeficientes representan la variación esperada en las toneladas totales desembarcadas del grupo por cada tonelada adicional de la especie correspondiente. Los valores p inferiores a 0,05 indican coeficientes estadísticamente significativos.

Grupo	Variable	Coefficiente	Valor p	IC 95% inferior	IC 95% superior
Peces	constante	-4201,560	0,884	-62186,300	53783,200
	Merluza <i>hubbsi</i>	1,399	~0,000	1,284	1,514
	Merluza de cola	1,640	~0,000	1,360	1,920
	Corvina blanca	0,255	0,619	-0,779	1,289
Crustáceos	constante	436,189	~0,000	353,844	518,534
	Langostino	0,999	~0,000	0,998	1,000
	Centolla	0,952	~0,000	0,909	0,995
	Cangrejo	0,573	0,404	-0,807	1,954
Moluscos	constante	1630,940	~0,000	819,156	2442,730
	Calamar <i>Illex</i>	1,001	~0,000	0,997	1,004
	Vieira	0,794	~0,000	0,660	0,928
	Calamar Loligo	0,765	0,039	0,040	1,489

6.6 Variación temporal de los precios y análisis de exportaciones

El IPI pesquero es un indicador clave de coyuntura, un instrumento esencial para rastrear la dinámica mensual de la producción en el sector pesquero argentino. Este índice, enraizado en la pesca marítima, se descompone en grupos de especies (peces, crustáceos, moluscos) y tipos de buques (fresqueros, congeladores).

Con estos datos se analiza la contraparte económica de la actividad pesquera, y se focaliza en la valorización de los desembarques. Este proceso implica el uso de precios promedio por tonelada expresados en pesos de 2004, año base de las cuentas nacionales, específicamente por especie y tipo de buque. Este enfoque minucioso no solo posibilita evaluar la evolución

general del sector pesquero, sino también discernir las tendencias específicas según categorías particulares de especies y características de los buques.

El análisis de la serie desestacionalizada del Índice revela una marcada variabilidad interanual (Figura 6.10). El valor máximo de la serie desestacionalizada se registró en septiembre de 2018 (217), lo que indica un pico en la actividad productiva pesquera durante ese período. La evolución temporal muestra fluctuaciones consistentes con la naturaleza estacional de la actividad pesquera

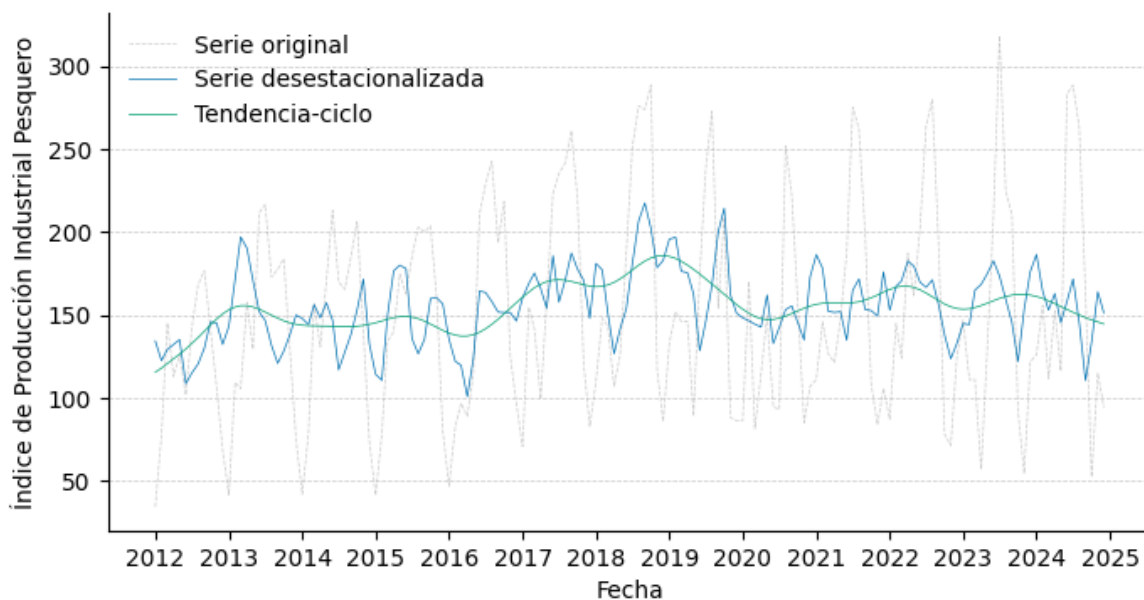


Figura 6.10. Evolución temporal del Índice de Producción Industrial (IPI) Pesquero entre 2012 y 2024. Se presentan la serie original, la desestacionalizada y la tendencia-ciclo.

La desagregación por grupos de especies evidencia diferencias sustantivas en la dinámica productiva (Figura 6.11). El promedio del índice para crustáceos (454) fue significativamente superior al de peces (52) y moluscos (152), lo que refleja la mayor relevancia económica y/o volumen de captura de este grupo en el período analizado. Esta diferencia puede atribuirse tanto a la demanda del mercado como a las particularidades biológicas y de disponibilidad de las especies objetivo. A su vez, la mayor variabilidad se observó en el grupo de crustáceos, con un índice máximo de 1257 y un mínimo de 4, lo que refleja una fuerte estacionalidad y la posibilidad de campañas de pesca altamente concentradas en ciertos meses. Los moluscos también mostraron una variabilidad considerable, con valores que oscilaron entre 0 y 626. Por su parte, los peces presentaron una menor amplitud en sus valores extremos (16 a 99), lo que sugiere una explotación más constante a lo largo del tiempo.

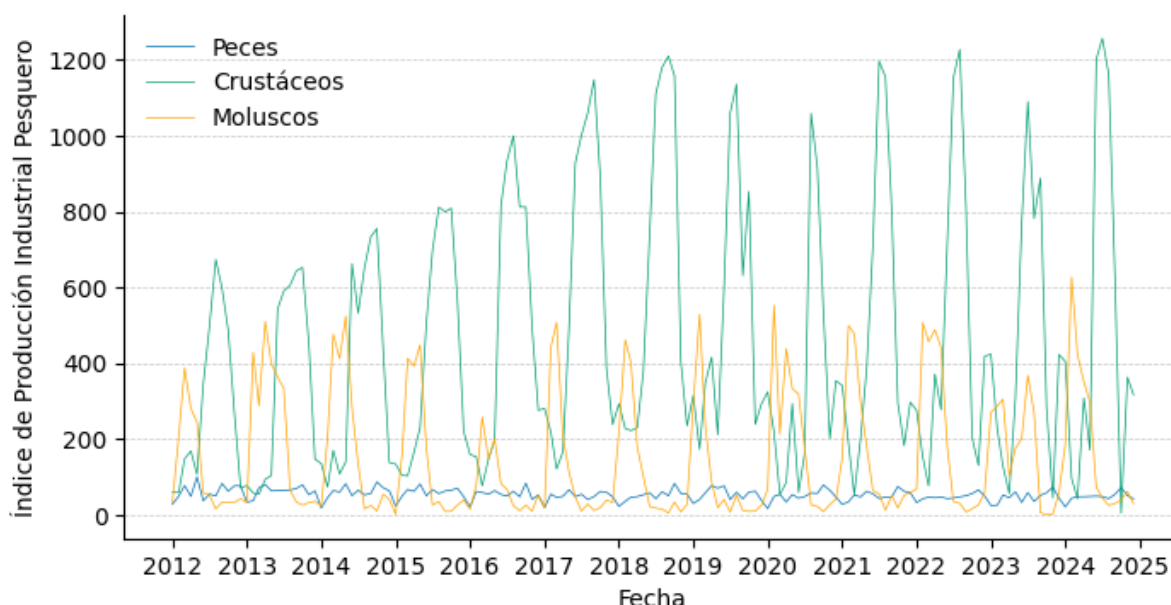


Figura 6.11. Índice de Producción Industrial (IPI) Pesquero entre 2012 y 2024 desagregado por grupos de especies (peces, crustáceos y moluscos).

El índice de precios IPI y la cantidad de toneladas descargadas de las principales especies o grupos ecológicos también tiene un correlato con las exportaciones. Para ilustrar la dinámica de las exportaciones, se evalúan la cantidad de toneladas exportadas, el precio por tonelada y el total de divisas provenientes por exportaciones en el año 2023, el más actual del que se tienen datos disponibles.

En 2023, las exportaciones pesqueras argentinas estuvieron lideradas por el langostino, con 141.046 tns exportadas por un valor de 910,7 millones de dólares, a un precio promedio de 6.456 dólares por tonelada. Le siguió el calamar *Illex*, con 138.840 tns exportadas, generando 314,4 millones de dólares, con un precio promedio de 2.264 dólares por tonelada. En tercer lugar, la merluza *hubbsi* registró 108.362 tns exportadas, con un valor de 278,6 millones de dólares y un precio promedio de 2.571 dólares por tonelada. Aunque en menor volumen, especies como la merluza negra y la centolla destacaron por sus altos precios unitarios, alcanzando 21.936 dólares por tonelada y 21.345 dólares por tonelada, respectivamente. En conjunto, estas tres especies principales representaron más del 85% del total exportado, consolidándose como los productos pesqueros más relevantes para la economía argentina.

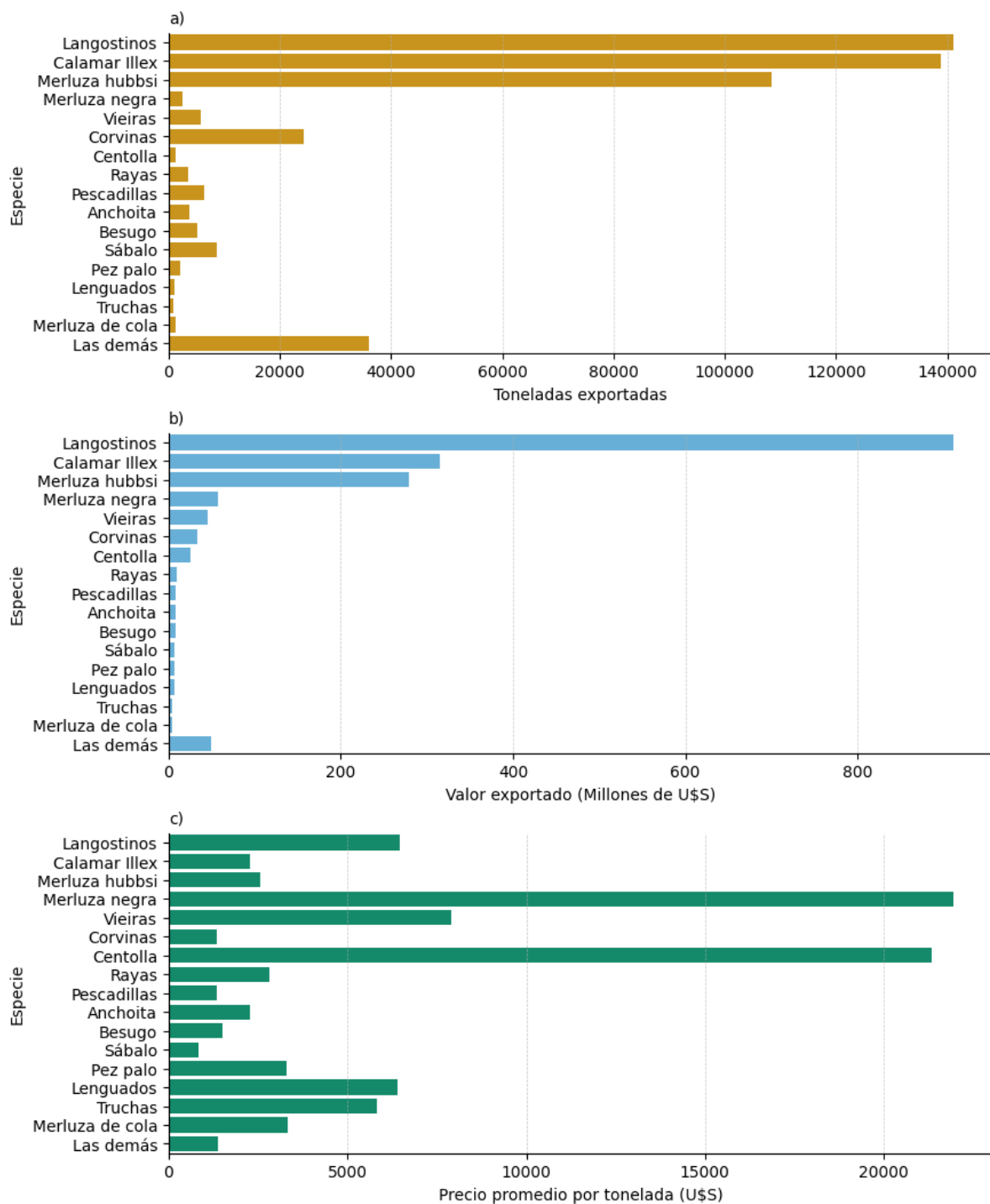


Figura 6.12: Exportaciones pesqueras argentinas en 2023 para las principales especies. (a) Volumen exportado por especie en toneladas. (b) Valor total de las exportaciones en millones de dólares. (c) Precio promedio por tonelada exportada en dólares.

6.7 Variabilidad espacio-temporal de la clorofila y su vínculo con la pesca

En la Figura 6.13 se muestran mapas con promedios estacionales de la concentración superficial de clorofila-a en la plataforma continental argentina, medida en mg m^{-3} . A nivel general, las concentraciones más altas se encuentran en primavera y verano, cuando la disponibilidad de luz solar y nutrientes favorecen la productividad primaria. En cambio, otoño e invierno muestran valores más bajos, especialmente hacia la plataforma externa.

En verano, las concentraciones más elevadas superan los 10 mg m^{-3} cerca de la costa bonaerense y alrededor de las Islas Malvinas. Un área extensa con valores superiores a 3 mg m^{-3} se extiende en la plataforma patagónica sur, con bordes longitudinales desde las costas de Santa Cruz hasta el talud continental. El borde de la plataforma muestra concentraciones moderadas (5 mg m^{-3}) asociadas a la dinámica de surgencia de la corriente de Malvinas, que fluye de sur a norte a lo largo del talud continental (Figura 6.13a).

En otoño las concentraciones de clorofila-a disminuyen en comparación con el verano. Se observan valores elevados entre 5 y 8 mg m^{-3} en el Golfo San Jorge, al sur de la provincia de Buenos Aires y en la parte norte del talud continental. En el invierno se observan las concentraciones más bajas del año. Las zonas costeras alcanzan valores entre 1 y 2 mg m^{-3} , mientras que la plataforma media y externa muestra concentraciones inferiores a 0.5 mg m^{-3} . La disminución generalizada de clorofila coincide con menores niveles de irradiancia solar y una baja disponibilidad de nutrientes en la superficie. En esta época del año se observa el agotamiento del recurso biológico (Figura 6.13b y c)

En primavera las concentraciones de clorofila-a aumentan de forma notable. Las áreas costeras del norte de la plataforma y el Golfo San Jorge registran valores que superan los 6 mg m^{-3} . La plataforma media alcanza concentraciones entre 2 y 4 mg m^{-3} , lo que refleja el inicio de las floraciones fitoplanctónicas típicas de esta estación. El talud muestra nuevamente valores moderados ($1-3 \text{ mg m}^{-3}$) que evidencian la influencia de afloramientos y procesos de mezcla en la columna de agua (Figura 6.13d)

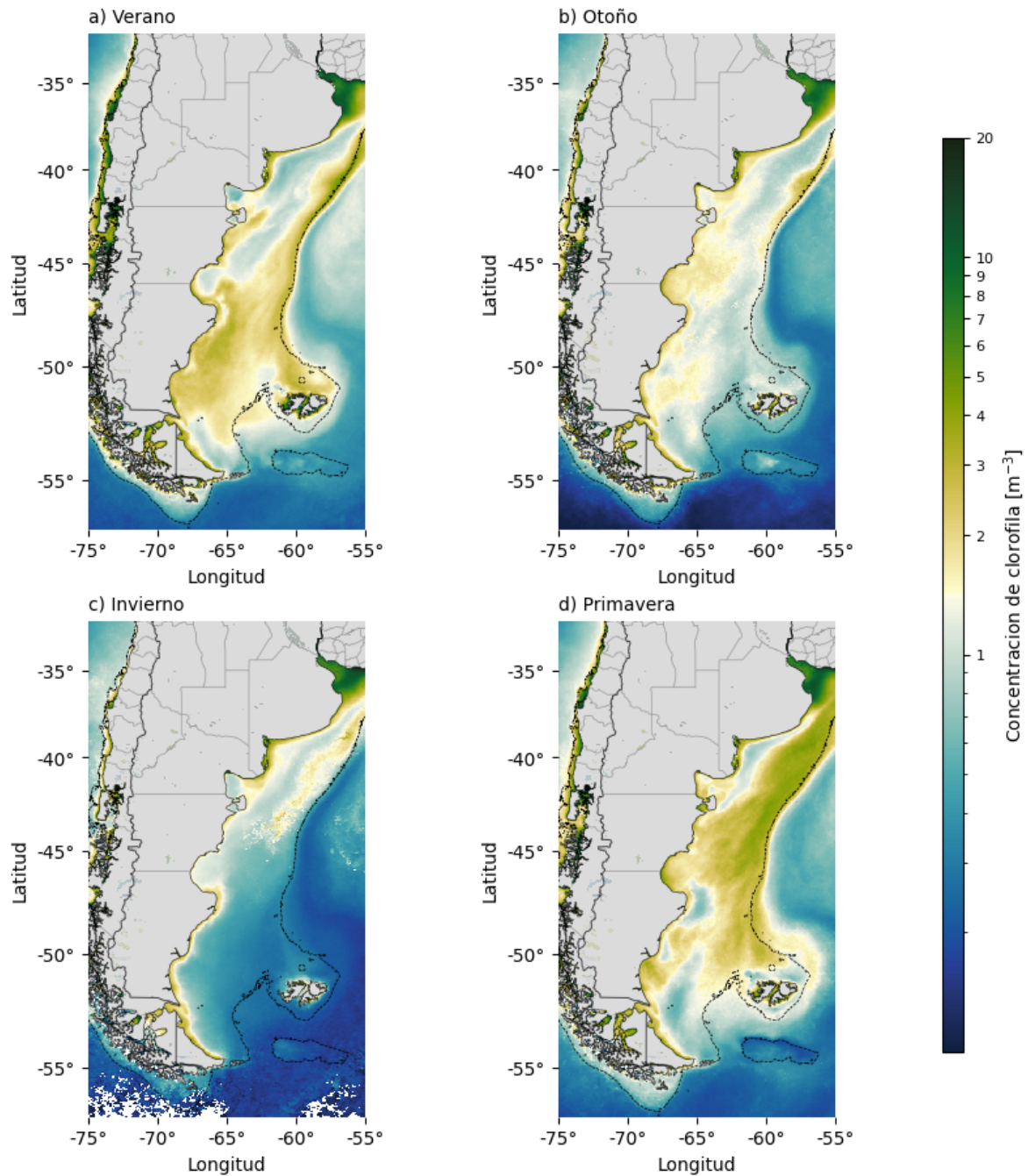


Figura 6.13. Distribución estacional de la concentración de clorofila-a (mg m^{-3}) en la plataforma continental argentina y océanos adyacentes a partir de datos satelitales MODIS en el periodo 2002-2024. Se muestran los promedios para verano (a), otoño (b), invierno (c) y primavera (d).

La fenología de las floraciones de fitoplancton en la plataforma continental argentina exhibe patrones estacionales bien definidos, con una propagación notable de norte a sur durante la transición de la primavera al verano. En primavera, las aguas más cálidas, la mayor incidencia de luz solar y la presencia de nutrientes en las regiones norte de la plataforma favorecen el

inicio de las floraciones en el sur. A medida que la temporada avanza, estas condiciones se desplazan hacia el sur lo que provoca un incremento en la biomasa fitoplanctónica en las zonas australes de la plataforma.

Para observar esta relación entre la clorofila y la temperatura, en la Figura 6.14 se muestran los coeficientes de correlación entre las anomalías de clorofila y las anomalías de temperatura, ambas medidas satelitalmente por el sensor MODIS. Se aplicó una prueba de significancia estadística (test t de Student) sobre los coeficientes de correlación, considerando un nivel de significancia del 5 %. Solo se muestran o analizan los valores cuya significancia es estadísticamente robusta ($p < 0,05$). La distribución de coeficientes muestra una variabilidad espacial en la relación entre estas dos variables. Estos patrones permiten identificar regiones donde los cambios térmicos pueden favorecer o limitar la productividad fitoplanctónica.

En la parte norte de la plataforma, predominan correlaciones negativas, lo que sugiere que el aumento de temperatura en esta región se asocia con una disminución de la concentración de clorofila-a. En cambio, en el sector austral se observan correlaciones positivas entre ambas variables.

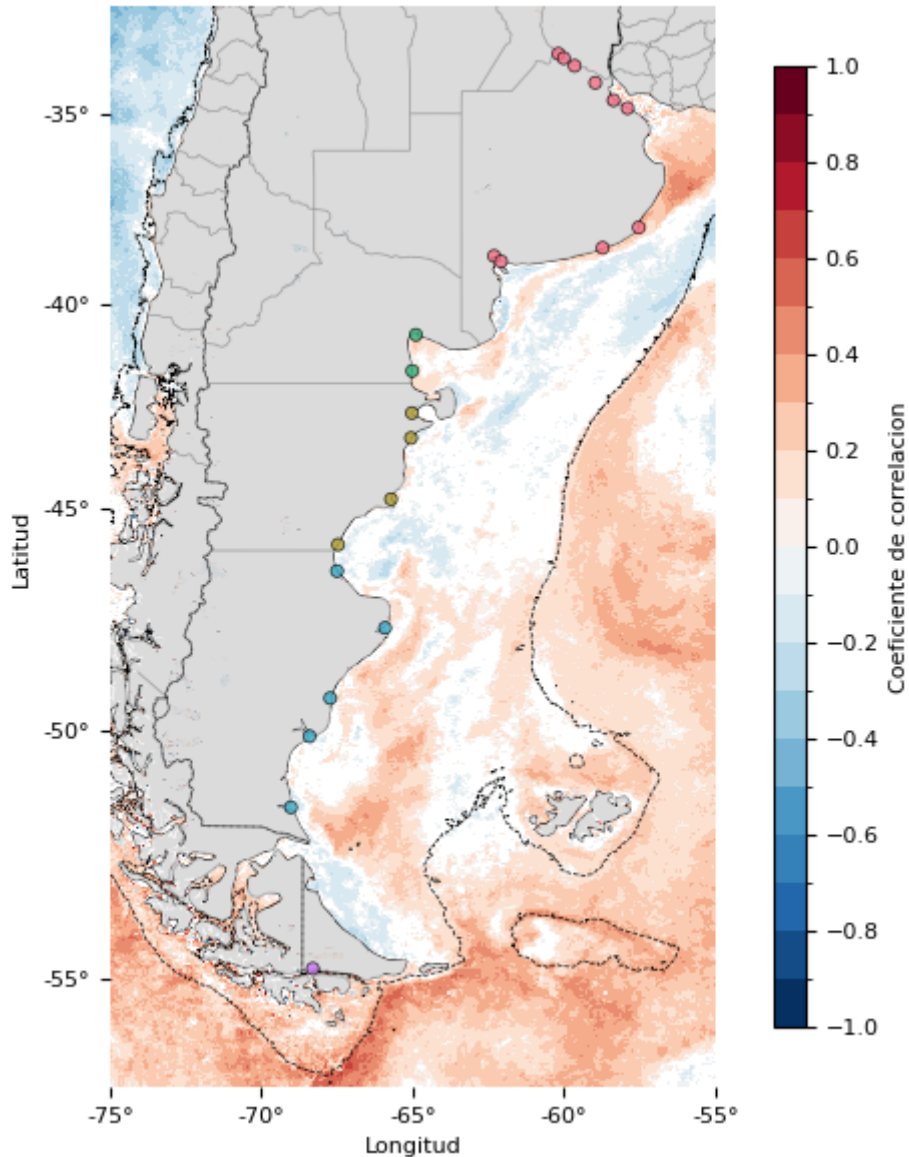


Figura 6.14. Mapa de correlación entre las anomalías de temperatura superficial del mar y las anomalías de concentración de clorofila-a, ambas obtenidas a partir de datos satelitales del sensor MODIS. Los coeficientes de correlación reflejan la relación espacial entre estas variables, con valores positivos (tonos rojizos) que indican que aumentos de temperatura se asocian con incrementos en la clorofila-a, y valores negativos (tonos azulados) sugieren que el aumento de temperatura se asocia con una disminución en la concentración de clorofila-a.

Las Figuras 6.15 y 6.16 presentan la relación entre las anomalías de temperatura y las anomalías en los desembarques pesqueros por provincia (significancia evaluada mediante test de Student, $\alpha = 0,05$), junto con la composición de las principales especies capturadas en cada región. La primera figura muestra los coeficientes de correlación entre las anomalías de temperatura y las anomalías de desembarques, y se destacan variaciones espaciales en

la relación entre estas variables. La segunda figura ilustra la composición porcentual de las capturas por provincia a lo largo del tiempo, lo que permite identificar diferencias en la estructura de las pesquerías provinciales.

Los patrones observados en Río Negro y Chubut sugieren una relación inversa entre las anomalías de temperatura y los desembarques. Mientras que en Río Negro la correlación entre temperatura y desembarques es predominantemente negativa (y significativa), en Chubut ocurre lo contrario, con valores positivos en gran parte de la plataforma. Esta oposición sugiere que las especies capturadas en estas provincias responden de manera diferente a los cambios térmicos, lo que podría estar vinculado a diferencias en sus requerimientos ecológicos, ciclos de vida o patrones migratorios.

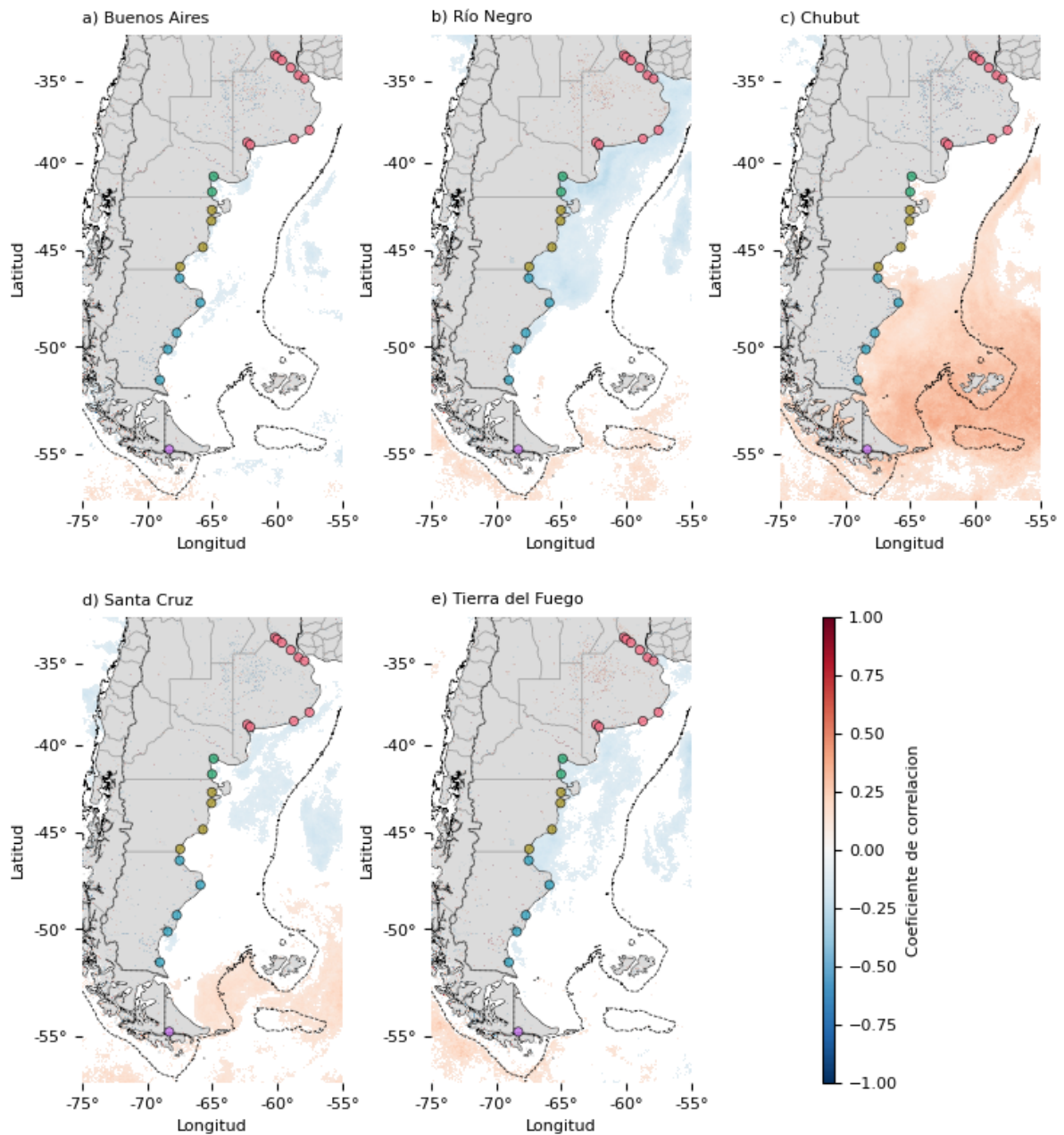


Figura 6.15: Mapas de correlación entre las anomalías de temperatura superficial del mar y las anomalías en los desembarques pesqueros por provincia. Los coeficientes de correlación fueron calculados a partir de datos satelitales del sensor MODIS y registros de desembarques pesqueros. Valores positivos indican una relación directa entre el aumento de temperatura y los desembarques, mientras que valores negativos sugieren una relación inversa.

Si la temperatura influye en la distribución de las especies comerciales, es posible que las capturas reflejen estos desplazamientos. En Río Negro, una correlación negativa podría indicar que el aumento de temperatura reduce la disponibilidad de especies clave,

posiblemente desplazándolas hacia otras latitudes o afectando su abundancia en la región. En cambio, en Chubut, la correlación positiva sugiere que el incremento térmico podría favorecer la presencia de especies objetivo en la zona.

Las diferencias en la composición de desembarques por provincia refuerzan esta idea. En Río Negro, las capturas incluyen una mayor proporción de merluza *hubbsi*, mientras que en Chubut el langostino tiene un rol predominante. Estas especies tienen características ecológicas distintas y pueden responder de manera opuesta a las variaciones térmicas. La merluza *hubbsi* es una especie demersal que depende de condiciones hidrográficas específicas, mientras que el langostino es más sensible a cambios en temperatura y disponibilidad de alimento.

Cada provincia muestra diferencias en la estructura de sus pesquerías, con una mayor proporción de merluza *hubbsi* en Buenos Aires y Río Negro, y una dominancia de langostino en Chubut y Santa Cruz. Tierra del Fuego presenta una pesquería más diversificada con una alta contribución de merluza negra y polaca (Figura 6.16).

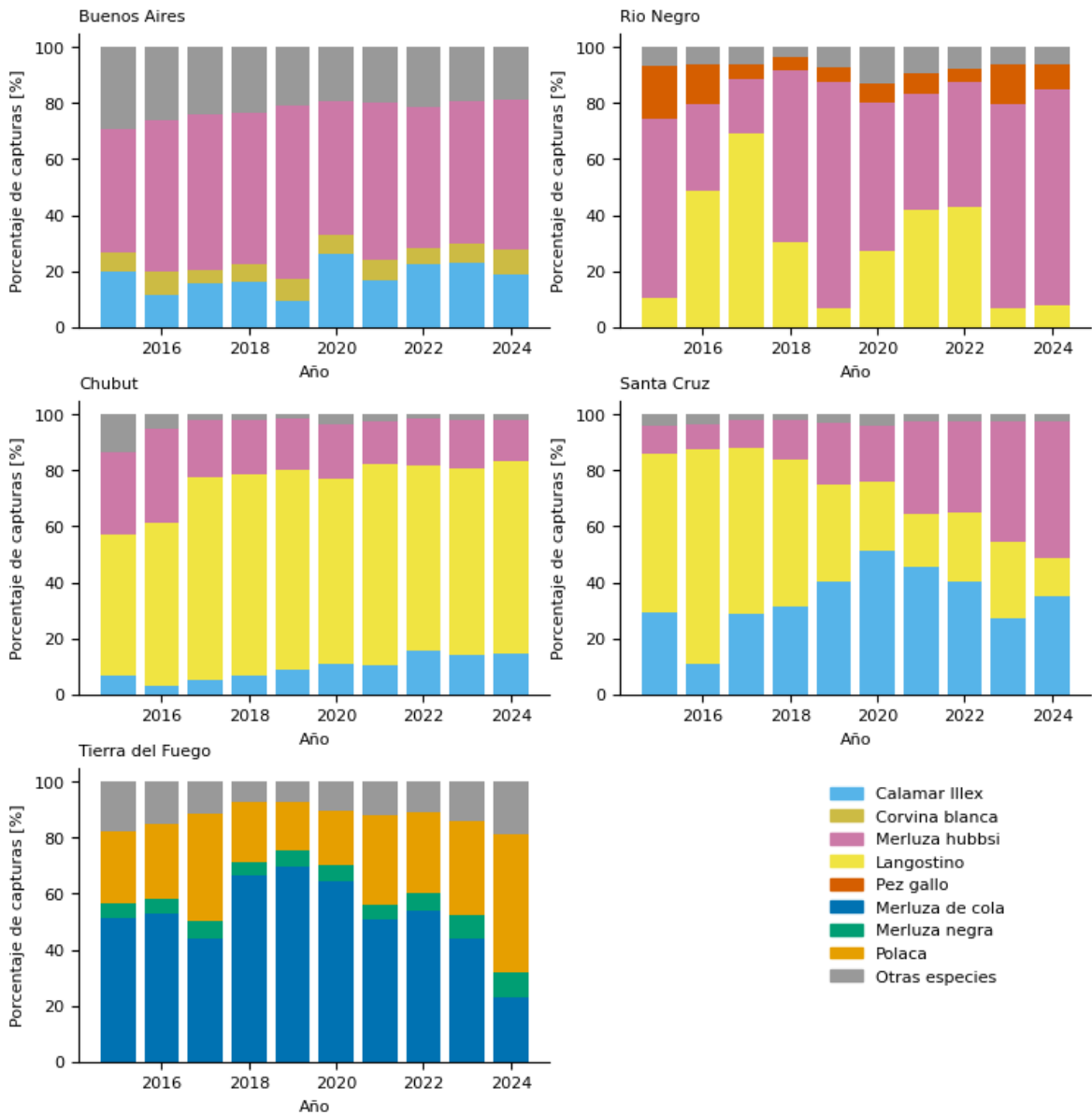


Figura 6.16: Composición porcentual de las principales especies desembarcadas por provincia entre 2015 y 2024.

6.8 Proyecciones de temperatura en escenarios futuros de emisiones

El aumento de la temperatura del océano es una de las manifestaciones más evidentes del cambio climático y tiene consecuencias directas en la dinámica de los ecosistemas marinos. Las proyecciones climáticas permiten evaluar cómo podrían evolucionar las temperaturas bajo diferentes escenarios de emisiones de gases de efecto invernadero. En esta sección se analizan los cambios en la temperatura superficial del mar (TSM) en la plataforma continental argentina hacia fines del siglo XXI, considerando distintos escenarios socioeconómicos compartidos (SSP). Estos escenarios representan trayectorias contrastantes de desarrollo

humano y políticas climáticas, desde estrategias de mitigación intensiva hasta trayectorias de altas emisiones sin restricciones.

La Figura 6.17 muestra la diferencia en la TSM proyectada para el período 2090-2100 en relación con la línea base de 2015-2025 bajo cuatro escenarios de emisiones. En SSP1-2.6 (Figura 6.17a), que representa un escenario de bajas emisiones con fuertes políticas de mitigación, el aumento de la temperatura en la plataforma argentina es moderado, con incrementos de entre 0,5°C y 2°C en la mayor parte del área de estudio. Las mayores anomalías térmicas se registran en el extremo norte y en regiones oceánicas adyacentes.

En SSP2-4.5 y SSP3-7.0 (Figuras 6.17b y 6.17c), que corresponden a escenarios intermedios de desarrollo y emisiones, la tendencia al calentamiento se intensifica, con valores que superan los 3°C en amplias zonas del talud continental. En el caso del SSP3-7.0, asociado a un mundo con alta rivalidad regional y menor cooperación climática, el calentamiento es más pronunciado en el Atlántico sudoeste, lo que podría alterar la circulación oceánica y los ecosistemas dependientes de estos gradientes térmicos.

Bajo SSP5-8.5 (Figura 6.17d), el escenario de altas emisiones y uso intensivo de combustibles fósiles, se proyecta un aumento extremo de la temperatura, con anomalías que superan los 5°C en varias áreas y alcanzan valores cercanos a 7°C en algunos sectores del talud continental. Este calentamiento drástico podría provocar cambios profundos en la productividad marina, alterar la distribución de especies y modificar la estructura de las pesquerías en la región.

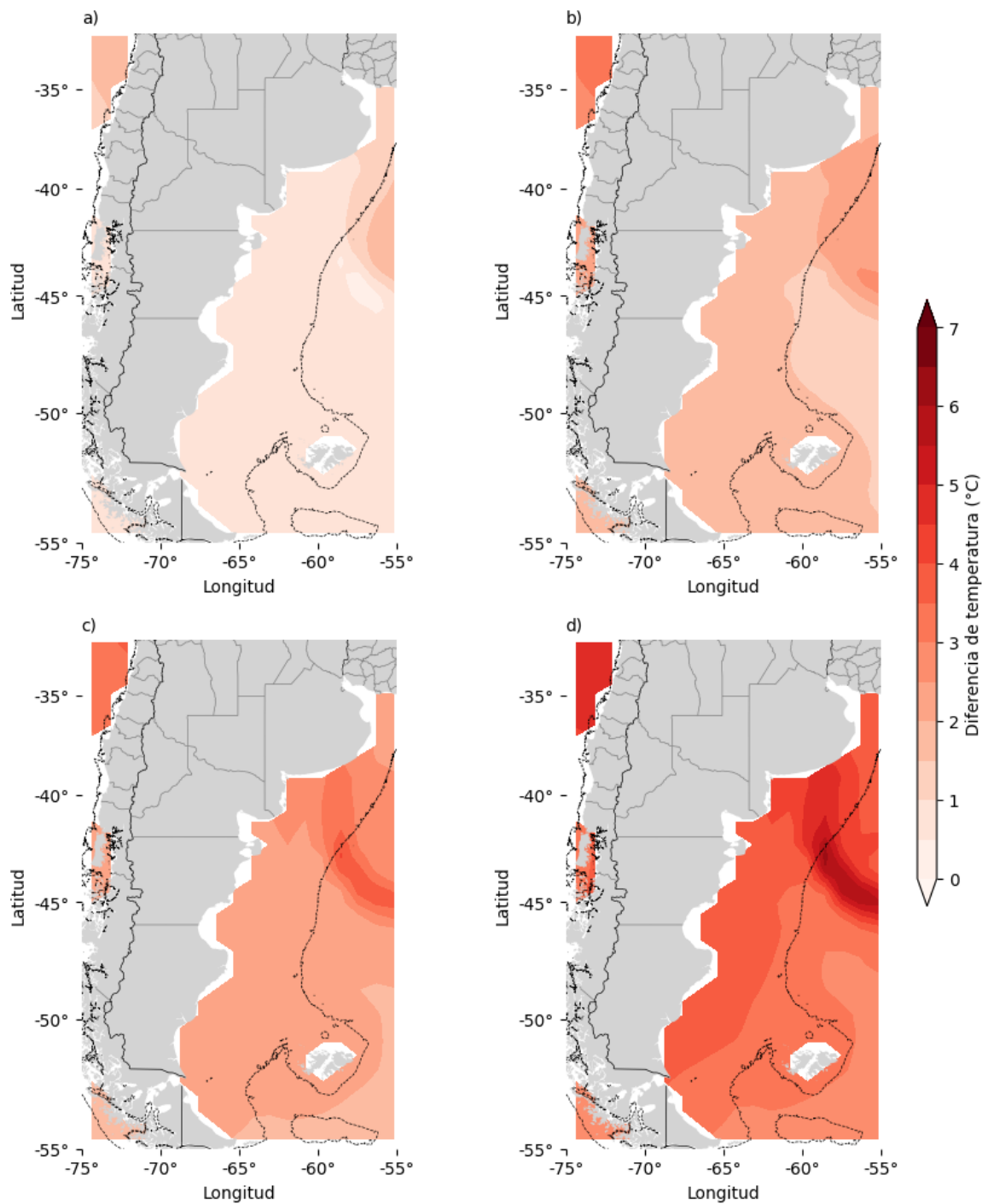


Figura 6.17: Diferencia en la temperatura superficial del mar (TSM) proyectada para el período 2090-2100 en comparación con la línea base 2015-2025 bajo cuatro escenarios de emisiones: (a) SSP1-2.6, (b) SSP2-4.5, (c) SSP3-7.0 y (d) SSP5-8.5. Los tonos más oscuros indican un mayor aumento de temperatura, con valores que oscilan entre 0°C y más de 7°C en el escenario de altas emisiones.

Para ilustrar la evolución de los cambios en la temperatura superficial del mar en la plataforma continental argentina, la Figura 6.18 presenta la variabilidad temporal de la temperatura en dos puntos representativos bajo diferentes escenarios de emisiones. Estos puntos permiten observar cómo el calentamiento proyectado se distribuye espacialmente y cómo su intensidad varía según la ubicación y el nivel de emisiones. Esta información complementa los resultados previos al detallar las tendencias a lo largo del tiempo y resalta la diferencia en la magnitud del calentamiento entre regiones oceánicas con distintas características oceanográficas.

El calentamiento proyectado hacia finales del siglo XXI no es uniforme en toda la plataforma continental argentina, con un incremento térmico más pronunciado en el talud continental, particularmente en el Punto A, donde las anomalías alcanzan valores cercanos a 7°C en el escenario de altas emisiones (Figura 6.18a). En contraste, el Punto B, ubicado en el extremo sur de la plataforma, muestra un aumento térmico más moderado.

Las temperaturas proyectadas en el Punto A presentan un ascenso marcado bajo SSP5-8.5, superando los 20°C hacia finales del siglo, mientras que en SSP1-2.6 el incremento es considerablemente menor (Figura 6.18b). En el Punto B, si bien el calentamiento también es evidente, las temperaturas finales se mantienen por debajo de las registradas en el Punto A, y reflejan un gradiente térmico latitudinal en la respuesta al cambio climático.

Las anomalías de temperatura revelan diferencias significativas en la magnitud del cambio, con valores que superan los 5°C en el Punto A, mientras que en el Punto B las anomalías alcanzan alrededor de 3°C hacia finales del período proyectado (Figura 6.18c). Estos resultados sugieren que los impactos sobre los ecosistemas marinos y las pesquerías podrían ser heterogéneos, dependiendo de la ubicación y la magnitud del cambio térmico.

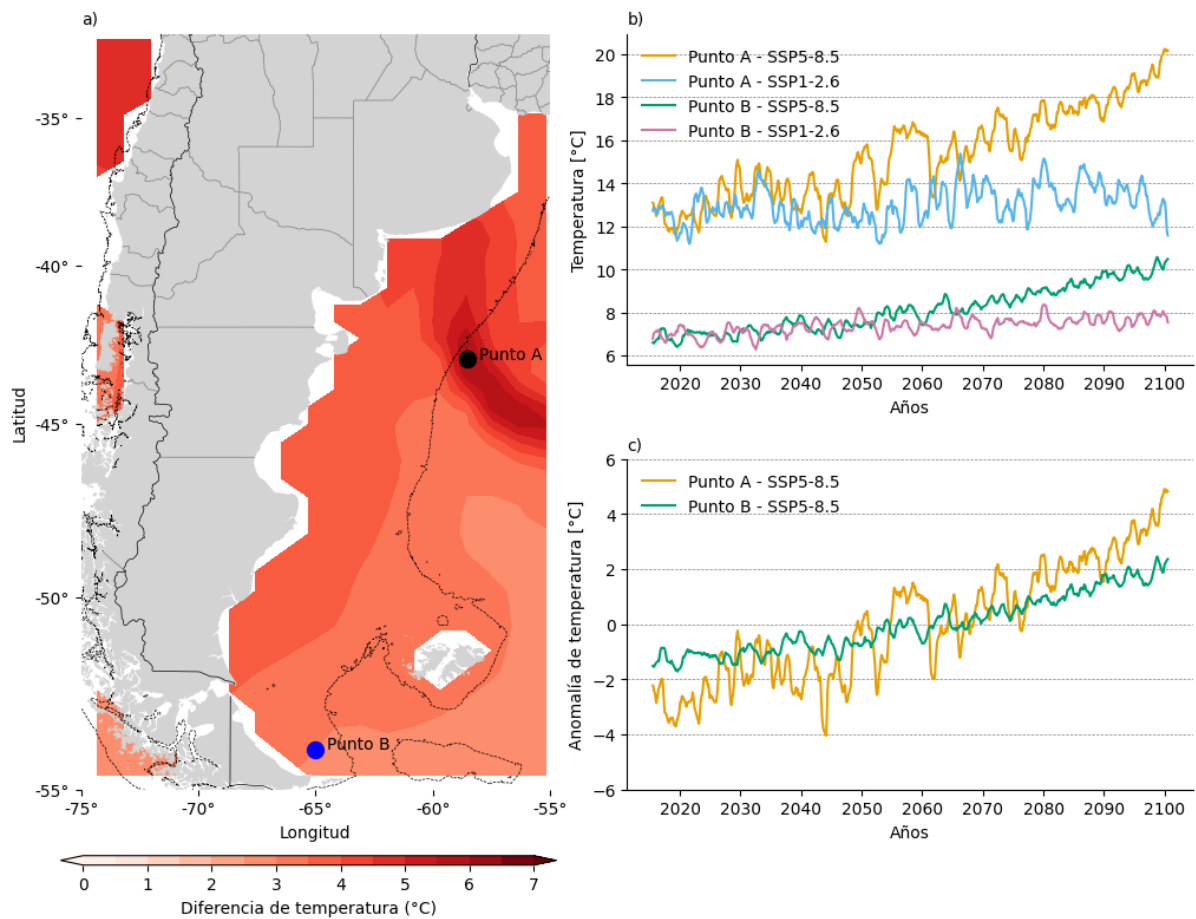


Figura 6.18: (a) Diferencia de temperatura superficial del mar proyectada para el período 2090-2100 bajo el escenario SSP5-8.5, con la ubicación de los puntos de análisis A y B. (b) Evolución temporal de la temperatura en cada punto bajo los escenarios SSP1-2.6 y SSP5-8.5. (c) Anomalías de temperatura respecto al período inicial en SSP5-8.5.

7. Discusión

7.1 Discusión de los resultados

Los resultados de este estudio evidencian cómo la actividad pesquera en Argentina está moldeada por la interacción entre factores ambientales, económicos y regulatorios. A lo largo del tiempo, las variaciones en la disponibilidad de los recursos pesqueros han estado influenciadas tanto por cambios en las condiciones oceánicas como por transformaciones en la industria y en los mercados internacionales. Estos elementos han determinado la evolución de las capturas, la concentración espacial de los desembarques y la dinámica de las exportaciones, consolidando un modelo productivo altamente dependiente de pocas especies y de la regulación del sector.

Uno de los principales hallazgos es la alta concentración de los desembarques en un número reducido de puertos, destacándose Mar del Plata como el principal centro pesquero del país. A pesar de la existencia de una infraestructura portuaria distribuida a lo largo de la costa, los volúmenes de captura muestran que la actividad se focaliza en puntos estratégicos con mayor capacidad de procesamiento y cercanía a zonas de alta productividad biológica. Esta concentración también responde a las características de las especies explotadas y a la logística de la industria, que requiere optimizar la eficiencia operativa para sostener la competitividad en mercados internacionales.

Desde una perspectiva temporal, las capturas presentan una señal estacional marcada, con máximos en primavera y verano, en correspondencia con el ciclo anual de productividad primaria del océano. Esta variabilidad no solo responde a la biología de las especies objetivo, sino que también define la estacionalidad de los ingresos y la planificación de la industria. En particular, la evolución del Índice de Producción Industrial Pesquero refleja cómo las fluctuaciones en la abundancia de los recursos impactan la producción total y las exportaciones, determinando el desempeño económico del sector.

El análisis de las especies capturadas muestra un esquema productivo concentrado en tres recursos principales: merluza, calamar y langostino, que en conjunto explican la mayor parte de los desembarques y las exportaciones. A lo largo del tiempo, la merluza ha mantenido su posición como especie más capturada, mientras que el langostino se consolidó como el principal generador de divisas, gracias a su alto valor en el mercado internacional. Esta transformación en la estructura del sector ha derivado en una creciente dependencia del langostino, con efectos sobre la estabilidad económica de la industria y la sostenibilidad del recurso.

Esta concentración también se observa a nivel ecológico. En los grupos de peces y crustáceos, una sola especie domina ampliamente los desembarques anuales, lo cual puede aumentar la vulnerabilidad de los ecosistemas marinos ante fluctuaciones en la biomasa o en las condiciones ambientales. Los resultados del análisis de regresión lineal múltiple refuerzan este diagnóstico: en los tres grupos considerados —peces, crustáceos y moluscos—, las principales especies presentan coeficientes elevados y estadísticamente significativos, lo que indica que la dinámica total del grupo está fuertemente determinada por unas pocas especies.

Desde una perspectiva de gestión, estos resultados subrayan la importancia de diversificar la explotación pesquera y fortalecer el monitoreo de especies secundarias. Disminuir la concentración del esfuerzo sobre un número acotado de recursos no solo aportaría mayor estabilidad al sistema económico-productivo, sino que también aumentaría su capacidad de respuesta frente a perturbaciones externas, ya sean ambientales, comerciales o biológicas.

Desde el punto de vista regulatorio, la historia de la industria pesquera en Argentina ha estado marcada por períodos de explotación intensiva seguidos de crisis y posteriores ajustes en la gestión. La sobrepesca de la merluza en las décadas de 1980 y 1990 llevó a la implementación de vedas y al Régimen Federal de Pesca, con la introducción de Cuotas Individuales de Captura. Aunque este sistema permite reducir la presión sobre el recurso, la discusión de reasignación de cuotas cada vez que estas vencen, plantea desafíos para la administración del sector, en un contexto donde la sostenibilidad de los recursos y la competitividad comercial deben ser equilibradas.

La concentración de clorofila-a es un indicador clave de la biomasa fitoplanctónica en el océano, base de la cadena alimentaria marina que sustenta a numerosas especies, incluidas aquellas de interés comercial. Por lo tanto, las variaciones en sus niveles reflejan cambios en la disponibilidad de alimento para niveles tróficos superiores. Un aumento en la clorofila-a suele asociarse con una mayor productividad primaria, lo que puede favorecer la abundancia de peces y otros organismos marinos. En este sentido, el monitoreo de esta variable es esencial para comprender y gestionar la productividad y la salud de los ecosistemas oceánicos.

Uno de los factores ambientales que más influye en la concentración de clorofila-a es la temperatura del océano. Las variaciones térmicas afectan la disponibilidad de nutrientes y la estratificación de la columna de agua, condicionando el crecimiento del fitoplancton. Por ejemplo, en ciertas regiones, temperaturas más frías pueden favorecer afloramientos de aguas ricas en nutrientes y, por ende, aumentar la concentración de clorofila-a. En cambio,

temperaturas más cálidas pueden intensificar la estratificación, limitar el acceso a nutrientes y reducir la productividad fitoplanctónica.

El análisis espacial de la correlación entre anomalías satelitales de clorofila-a y temperatura superficial del mar mostró un patrón diferenciado a lo largo de la plataforma continental argentina: mientras en la región norte predominan correlaciones negativas, en el sur se observan correlaciones positivas. Este contraste sugiere un posible desplazamiento de las floraciones fitoplanctónicas hacia latitudes más australes, donde el aumento de la temperatura superficial podría estar favoreciendo la producción primaria.

Estos cambios en la productividad oceánica también repercuten sobre la dinámica pesquera. La variabilidad espacio-temporal de la temperatura y la clorofila-a sugiere que las condiciones ambientales juegan un papel relevante en la distribución y abundancia de los recursos pesqueros. Por ejemplo, aumentos en la temperatura superficial pueden provocar migraciones de especies hacia regiones con condiciones más favorables, modificando su disponibilidad en las zonas tradicionales de pesca. En algunos casos, esto puede generar patrones de correlación negativa entre clorofila-a y la abundancia de ciertas especies, mientras que en otras regiones se observa una correlación positiva. Este tipo de dinámicas ya ha sido documentado en otros ecosistemas marinos y podría intensificarse en las próximas décadas bajo escenarios de calentamiento global.

Las proyecciones climáticas analizadas muestran un aumento sostenido de la temperatura del océano en la plataforma continental argentina bajo todos los escenarios de emisiones evaluados. Si bien la magnitud del calentamiento varía según el grado de mitigación implementado, los resultados coinciden en que hacia finales del siglo XXI la región experimentará un incremento térmico significativo en todas las trayectorias consideradas. Este cambio representa una amenaza potencial para el equilibrio ecológico y productivo de los ecosistemas marinos.

El calentamiento oceánico podría alterar la dinámica de las pesquerías mediante la modificación de la distribución, abundancia y productividad de especies clave. Entre los procesos esperados se destaca la tropicalización de las aguas, que favorecería la expansión de especies de afinidad cálida y desplazaría a aquellas adaptadas a temperaturas más bajas, modificando así la composición de los recursos explotados. La interacción entre esta transformación ambiental y la presión pesquera existente podría acelerar fenómenos de sobreexplotación si no se adoptan estrategias de manejo adaptativas.

A pesar de estas proyecciones claras, persiste una brecha de conocimiento respecto al impacto específico del cambio térmico sobre las principales especies comerciales de la región. Esta falta de información limita la capacidad de anticipar respuestas ecológicas y dificulta el diseño de políticas basadas en evidencia. Por ello, se vuelve prioritario impulsar estudios que evalúen la vulnerabilidad y capacidad de adaptación de las especies más relevantes frente a un océano en transformación.

El principal desafío a futuro será integrar estas proyecciones climáticas en modelos ecológicos y pesqueros diseñados específicamente para el contexto argentino. Estos modelos deberán considerar las particularidades físicas de la plataforma continental, la dinámica de las especies comerciales y las condiciones oceanográficas de la región. Anticipar cómo responderán los ecosistemas marinos a un escenario de cambio climático acelerado permitirá desarrollar estrategias de manejo más efectivas, orientadas a garantizar la sostenibilidad de las pesquerías y la conservación de la biodiversidad marina.

Cabe destacar que las proyecciones climáticas derivadas del conjunto de modelos CMIP6 incorporan un rango considerable de incertidumbre, tanto por la variabilidad inherente entre modelos como por la incertidumbre en las trayectorias socioeconómicas subyacentes a cada escenario (SSP). Estas incertidumbres deben ser consideradas al interpretar los resultados, especialmente en el contexto del diseño de políticas públicas orientadas a la adaptación. La robustez de las medidas de gestión depende, en gran parte, de su capacidad para anticipar no solo los cambios más probables, sino también los posibles rangos extremos de variabilidad climática y sus consecuencias sobre los sistemas marinos. Por ello, la integración de enfoques basados en riesgo y escenarios múltiples resulta fundamental para el desarrollo de estrategias resilientes.

Los resultados de este estudio resaltan la necesidad de integrar la variabilidad y el cambio climático en la gestión pesquera para garantizar la sostenibilidad del sector. La combinación de regulación eficiente, monitoreo ambiental y estrategias de diversificación económica será clave para mitigar los impactos del cambio climático y reducir la vulnerabilidad del sector frente a fluctuaciones en la disponibilidad de los recursos. En particular, fortalecer los sistemas de monitoreo de la temperatura y la productividad oceánica, junto con una planificación pesquera basada en evidencia científica, permitirá adaptar las políticas de manejo a un entorno en constante transformación.

7.2 Propuestas de política pública

Los desafíos y oportunidades identificados en este estudio sugieren la necesidad de políticas pesqueras que equilibren la sostenibilidad del recurso, la competitividad de la industria y la adaptación a los cambios ambientales y de mercado. Para ello, se proponen las siguientes líneas de acción considerando también las heterogeneidades regionales y las dinámicas territoriales asociadas a la pesca:

7.2.1. Diversificación de la explotación pesquera

El sector pesquero argentino se encuentra altamente concentrado en un reducido número de especies, lo que lo vuelve vulnerable a fluctuaciones en la disponibilidad del recurso y a cambios en los mercados internacionales. Promover la diversificación de la pesca sostenible de especies subutilizadas, como la corvina blanca y la merluza de cola permitiría reducir la presión sobre las especies más capturadas y ampliar las oportunidades comerciales. Esta estrategia debería diseñarse atendiendo a las capacidades de infraestructura, acceso a mercados y experiencia operativa en cada puerto o región.

7.2.2. Fortalecimiento del mercado interno

La pesca argentina está fuertemente orientada a la exportación, con un bajo consumo en el mercado doméstico. Desarrollar estrategias para fomentar el consumo interno, a través de campañas de promoción, incentivos fiscales y mejoras en la cadena de distribución, podría generar mayor estabilidad económica en el sector y reducir la dependencia de los mercados externos.

7.2.3. Expansión de certificaciones y estándares de sostenibilidad

La creciente demanda global de productos pesqueros certificados representa una oportunidad para la industria argentina. Impulsar la certificación de nuevas pesquerías bajo estándares internacionales, como el Marine Stewardship Council (MSC), no solo agregaría valor a los productos exportados, sino que también fortalecería la competitividad del sector y garantizaría un manejo más responsable de los recursos marinos. El desarrollo de estas iniciativas podría priorizar aquellas zonas con mayor dependencia económica de la pesca y mayor capacidad organizativa del sector productivo.

7.2.4. Planes de manejo adaptativos ante el cambio climático

El calentamiento oceánico y las modificaciones en la productividad primaria pueden alterar la distribución y abundancia de las especies comerciales. Implementar estrategias de manejo basadas en modelos predictivos permitirá anticipar cambios en la biomasa pesquera y ajustar

las cuotas de captura en función de las condiciones ambientales, asegurando la sostenibilidad del sector a largo plazo. En este sentido, fortalecer los sistemas de monitoreo de la temperatura y la productividad oceánica resulta esencial para generar información en tiempo real y mejorar la capacidad de respuesta ante variaciones climáticas y oceanográficas. Asimismo, sería deseable priorizar el desarrollo de capacidades de adaptación en aquellas provincias donde la pesca representa una mayor proporción del empleo o del PBI local.

Estas propuestas buscan consolidar una industria pesquera resiliente, capaz de adaptarse a un entorno dinámico y garantizar la sostenibilidad de los recursos marinos en el contexto del cambio climático y la evolución de los mercados globales, reconociendo la diversidad territorial del sector y sus implicancias en términos de equidad y eficiencia.

8. Conclusiones

Este estudio examinó la influencia de la variabilidad y el cambio climático de largo plazo sobre la pesca marítima industrial en Argentina, abordando su impacto en la disponibilidad de recursos, los patrones de desembarque y la dinámica económica del sector. A través del análisis de series históricas de desembarques, indicadores ambientales derivados de sensores satelitales y proyecciones climáticas generadas por modelos globales de simulación del clima, se identificaron vínculos consistentes entre las fluctuaciones ambientales y la evolución del esfuerzo pesquero en el Mar Argentino. El enfoque adoptado permitió caracterizar no solo la dimensión productiva y espacial del sector, sino también su exposición a los cambios en las condiciones oceánicas que configuran la base ecológica de la actividad.

Uno de los principales hallazgos de este trabajo es la alta concentración de la pesca industrial en pocos puertos (principalmente Mar del Plata, Puerto Madryn y Rawson) y en un número muy reducido de especies objetivo (merluza hubbsi, langostino y calamar *Illex*) que representan más del 80 % de las capturas anuales. Esta concentración se refleja tanto en la estructura de desembarques por grupos ecológicos como en los resultados de los modelos de regresión lineal múltiple, que muestran una fuerte dependencia del total capturado respecto de una o dos especies por grupo. Si bien esta especialización ha favorecido la eficiencia operativa y la inserción internacional del sector, también ha incrementado su vulnerabilidad ante perturbaciones ambientales, variabilidad interanual de las capturas y cambios en la demanda externa.

El análisis temporal reveló una marcada estacionalidad en las capturas, con picos durante los meses de otoño y variaciones significativas año a año. A nivel ambiental, se observó que la productividad primaria, representada por la concentración de clorofila-a, presenta una dinámica estacional bien definida y muestra patrones de correlación espacial con la temperatura superficial del mar. Las zonas del norte de la plataforma exhiben correlaciones negativas entre temperatura y clorofila-a, mientras que el sur muestra correlaciones positivas, lo que sugiere que el calentamiento oceánico podría estar desplazando los núcleos de mayor productividad hacia latitudes más australes. Asimismo, se identificaron relaciones estadísticamente significativas entre las anomalías térmicas y los desembarques pesqueros a nivel provincial, lo que indica que los cambios ambientales ya están teniendo efectos diferenciales sobre la actividad según la región y la especie dominante.

Las proyecciones climáticas evaluadas muestran un calentamiento sostenido del océano en los escenarios socioeconómicos considerados, con anomalías térmicas que podrían superar los 5 °C hacia finales del siglo XXI bajo trayectorias de altas emisiones. Este proceso de

tropicalización marina representa una amenaza concreta para las especies de afinidad a aguas frías y podría alterar sustancialmente la composición, abundancia y distribución de los recursos explotados. La interacción entre estos cambios y las presiones del esfuerzo pesquero plantea riesgos importantes para la sostenibilidad ecológica y económica del sector. A pesar de la creciente evidencia sobre los impactos del cambio climático, persiste una brecha de conocimiento respecto a la respuesta de las principales especies comerciales frente a estas nuevas condiciones, lo que limita la capacidad de planificación y anticipación de los sistemas de gestión.

Frente a este escenario, resulta necesario integrar el cambio climático en las políticas pesqueras nacionales. Esto incluye el desarrollo de modelos ecológicos y pesqueros que incorporen información ambiental, el fortalecimiento de los sistemas de monitoreo satelital e in situ, y el diseño de estrategias de manejo adaptativas capaces de responder a escenarios cambiantes. Además, es clave promover la diversificación de la explotación hacia especies subutilizadas, fortalecer el mercado interno para reducir la dependencia exportadora y ampliar la adopción de certificaciones y estándares de sostenibilidad. Estas medidas permitirían no solo aumentar la resiliencia del sector pesquero, sino también garantizar la conservación de la biodiversidad marina y la estabilidad económica de las comunidades costeras.

En suma, esta tesis contribuye a visibilizar la necesidad de una gobernanza pesquera más dinámica, informada por evidencia científica y sensible a la incertidumbre climática. La sostenibilidad del sector dependerá cada vez más de su capacidad para adaptarse a los cambios ambientales en curso y anticipar los desafíos que plantea un océano en transformación. Integrar el conocimiento ambiental en la toma de decisiones contribuirá a que la pesca siga siendo una actividad productiva, con impacto social y ambientalmente viable en el contexto del cambio climático global.

Referencias

- Allan, T., Risaro, D. B., & Colli, K. (2024). El desafío de preservar el ecosistema. Fundar. <https://fund.ar/publicacion/el-desafio-de-preservar-el-ecosistema/>
- Bartlett, M. S. (1950). Periodogram analysis and continuous spectra. *Biometrika*, 37(1/2), 1-16.
- Bertolotti, M. I., Verazay, G. A., Errazti, E., Pagani, A. N., & Buono, J. J. (2001). Flota pesquera argentina. Evolución durante el período 1960-1998, con actualización al 2000.
- Burla, J. M. (2024). Digitalización y actualización del repositorio vectorial de las áreas de veda y unidades de manejo para distintas pesquerías del Mar Argentino durante el período 2022-2023 (Informe de Asesoramiento y Transferencia, No. 55). Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP)
- Carciofi, I. (2018). La economía pesquera y el cambio climático: ¿En dónde estamos y hacia a dónde deberíamos ir? (No. 2018-29). Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Económicas, Instituto Interdisciplinario de Economía Política (IIEP-BAIRES).
- Caruso, S. (2015). La actividad pesquera en el Mar Argentino. *Geopolítica del Mar Argentino*, 117-150
- Ceballos, G., Ehrlich, P. R., Barnosky, A. D., García, A., Pringle, R. M., & Palmer, T. M. (2015). Accelerated modern human-induced species losses: Entering the sixth mass extinction. *Science advances*, 1(5), e1400253.
- Charles, A. (2023). *Sustainable fishery systems*. John Wiley & Sons.
- Chattamvelli, R., & Shanmugam, R. (2021). F Distribution. In *Continuous Distributions in Engineering and the Applied Sciences—Part II* (pp. 227-234). Cham: Springer International Publishing.
- Cheng, L., Abraham, J., Hausfather, Z., & Trenberth, K. E. (2019). How fast are the oceans warming?. *Science*, 363(6423), 128-129.
- Cheng, L., von Schuckmann, K., Abraham, J. P., Trenberth, K. E., Mann, M. E., Zanna, L., ... & Lin, X. (2022). Past and future ocean warming. *Nature Reviews Earth & Environment*, 3(11), 776-794.

Cheung, W. W., Watson, R., & Pauly, D. (2013). Signature of ocean warming in global fisheries catch. *Nature*, 497(7449), 365-368.

Crutzen, P. J. (2002, November). The "anthropocene". In *Journal de Physique IV* (Proceedings) (Vol. 12, No. 10, pp. 1-5). EDP sciences.

Cochran, W. T., Cooley, J. W., Favon, D. L., Helms, H. D., Kaenel, R. A., Lang, W. W., ... & Welch, P. D. (1967). What is the fast Fourier transform?. *Proceedings of the IEEE*, 55(10), 1664-1674.

Delgado, A. L., Hernández-Carrasco, I., Combes, V., Font-Muñoz, J., Pratolongo, P. D., & Basterretxea, G. (2023). Patterns and Trends in Chlorophyll-a Concentration and Phytoplankton Phenology in the Biogeographical Regions of Southwestern Atlantic. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 128(9), e2023JC019865.

Defeo, O., Franco, B. C., Piola, A. R., Buratti, C. C., Cardoso, L. G., Cortés, F., ... & Sant'Ana, R. (2025). Facing oceanographic, fisheries, and governance hotspots: Scientific evidence and policy implications from the southwest South Atlantic Ocean. *Marine Policy*, 173, 106584.

Dirección de Planificación Pesquera. (2023). Exportaciones pesqueras: Comportamiento de los principales mercados internacionales 2023. Ministerio de Economía de Argentina.

Doney, S. C., Ruckelshaus, M., Emmett Duffy, J., Barry, J. P., Chan, F., English, C. A., ... & Talley, L. D. (2012). Climate change impacts on marine ecosystems. *Annual review of marine science*, 4, 11-37.

FAO. 2024. *El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2024. La transformación azul en acción*. Roma.

Figuerola, B., Hancock, A. M., Bax, N., Cummings, V. J., Downey, R., Griffiths, H. J., ... & Stark, J. S. (2021). A review and meta-analysis of potential impacts of ocean acidification on marine calcifiers from the Southern Ocean. *Frontiers in Marine Science*, 8, 584445.

Franco, B. C., Defeo, O., Piola, A. R., Barreiro, M., Yang, H., Ortega, L., ... & Möller, O. O. (2020). Climate change impacts on the atmospheric circulation, ocean, and fisheries in the southwest South Atlantic Ocean: a review. *Climatic Change*, 162(4), 2359-2377.

Froese, R., & Pauly, D. (2024). Taking stock of global fisheries. *Science*, 385(6711), 824-825.

Gianelli, I., Ortega, L., Marín, Y., Piola, A. R., & Defeo, O. (2019). Evidence of ocean warming in Uruguay's fisheries landings: the mean temperature of the catch approach. *Marine Ecology Progress Series*, 625, 115-125.

Gómez Lende, S. (2018). ¿Del extractivismo neoliberal al (neo)extractivismo progresista? El caso de la pesca marítima argentina (1989–2015). *Acta Geográfica*, 12(30), 172–194.

Gualdoni, P., Pagani, A. N. y Bertolotti, M. I. (2014). Los derechos de uso y las cuotas individuales transferibles de captura en Argentina. *FACES*, 20(42–43), 81–94.

He, P., Chopin, F., Suuronen, P., Ferro, R. S. T., & Lansley, J. (2022). Clasificación y definición ilustrada de los artes de pesca. Documento Técnico de Pesca y Acuicultura de la FAO N.º 672. FAO.

Hobert, M., Merino, A., Ospital, C., Pereyra, N. y Saab, A. (2009). *Economía - Sector pesquero: un recurso económico no convencional*. Buenos Aires: Observatorio de Políticas Públicas CAT, OPP/CAG.

IPCC, 2023: Climate Change 2023: Synthesis Report. A Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, (in press)

Koutoudjian, A., Caruso, S. A., Reyes, M. L., Moresi, A., Koutoudjian, J. M., Koutoudjian, G. A., & Curti, S. (2021). *Geopolítica argentina*. Eudeba.

Lenzo, N. (2011). *Tres décadas de producción científica del Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP) (1978-2007). Un estudio cuantitativo de su actividad científica* (Disertación doctoral, Universidad Nacional de Mar del Plata).

Longhurst, A. R. (2010). *Ecological geography of the sea*. Elsevier.

Masid, M. (2005). La expansión del sector pesquero argentino y el proceso de integración en el mercado exportador (1960-1980). X Jornadas Interescuelas/Departamentos de Historia, Rosario

Manabe, S. (2019). Role of greenhouse gas in climate change. *Tellus A: Dynamic Meteorology and Oceanography*, 71(1), 1620078.

Melnychuk, M. C., Kurota, H., Mace, P. M., Pons, M., Minto, C., Osio, G. C., ... & Hilborn, R. (2021). Identifying management actions that promote sustainable fisheries. *Nature Sustainability*, 4(5), 440-449.

Mészáros, L., Van der Meulen, F., Jongbloed, G., & El Serafy, G. (2021). Climate change induced trends and uncertainties in phytoplankton spring bloom dynamics. *Frontiers in Marine Science*, 8, 669951.

Meyssignac, B., Boyer, T., Zhao, Z., Hakuba, M. Z., Landerer, F. W., Stammer, D., ... & Zilberman, N. (2019). Measuring global ocean heat content to estimate the Earth energy imbalance. *Frontiers in Marine Science*, 6, 432.

NOAA Global Monitoring Laboratory, & Scripps Institution of Oceanography. (n.d.). *Carbon dioxide trends at Mauna Loa Observatory*. Obtenido de <https://gml.noaa.gov/ccgg/trends/> and <https://scrippsco2.ucsd.edu/>

O'Neill, B. C., Kriegler, E., Riahi, K., Ebi, K. L., Hallegatte, S., Carter, T. R., ... & Van Vuuren, D. P. (2014). A new scenario framework for climate change research: the concept of shared socioeconomic pathways. *Climatic change*, 122, 387-400.

Pauly, D., Hilborn, R., & Branch, T. A. (2013). Fisheries: Does catch reflect abundance?. *Nature*, 494(7437), 303-306.

Ramírez, F., Afán, I., Davis, L. S., & Chiaradia, A. (2017). Climate impacts on global hot spots of marine biodiversity. *Science Advances*, 3(2), e1601198.

Risaro, D. B., Chidichimo, M. P., & Piola, A. R. (2022). Interannual variability and trends of sea surface temperature around Southern South America. *Frontiers in Marine Science*, 9, 213.

Rodionov, S. N. (2006). The problem of red noise in climate regime shift detection. *Geophys. Res. Lett.*, 31, L12707.

Salama, A. (2023). Impacto de la certificación sobre pesquerías argentinas. Informe DPP N° 5/2023. Dirección de Planificación Pesquera. Subsecretaría de Pesca y Acuicultura.

Thomson, R. E., & Emery, W. J. (2024). *Data analysis methods in physical oceanography*. Elsevier.

Urban, M. C. (2015). Accelerating extinction risk from climate change. *Science*, 348(6234), 571-573.