



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
**CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS**



**CAPACIDAD Y EFICIENCIA DE LA FLOTA  
MERLUCERA DEL NORTE DEL GOLFO DE  
CALIFORNIA**

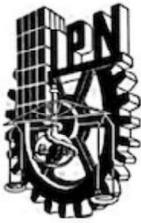
**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
DOCTOR EN CIENCIAS MARINAS**

**PRESENTA**

**JULIO CÉSAR PARRA ALANIZ**

**LA PAZ, BAJA CALIFORNIA SUR, DICIEMBRE 2021**



# INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

## SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

### ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de **La Paz, B.C.S.**, siendo las **12:00** horas del día **10** del mes de **Diciembre** del **2021** se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de la Tesis, designada por el Colegio de Profesores de Posgrado de: **CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS** para examinar la tesis titulada:

del (la) alumno (a):  
**"CAPACIDAD Y EFICIENCIA DE LA FLOTA MERLUCERA DEL NORTE DEL GOLFO DE CALIFORNIA"**

Apellido Paterno:	<b>PARRA</b>	Apellido Materno:	<b>ALANIZ</b>	Nombre (s):	<b>JULIO CESAR</b>
-------------------	--------------	-------------------	---------------	-------------	--------------------

Número de registro: **A 1 8 0 5 4 4**

Aspirante del Programa Académico de Posgrado: **DOCTORADO EN CIENCIAS MARINAS**

Una vez que se realizó un análisis de similitud de texto, utilizando el software antiplagio, se encontró que el trabajo de tesis tiene **3** % de similitud. **Se adjunta reporte de software utilizado.**

Después que esta Comisión revisó exhaustivamente el contenido, estructura, intención y ubicación de los textos de la tesis identificados como coincidentes con otros documentos, concluyó que en el presente trabajo **SI**  **NO**  **SE CONSTITUYE UN POSIBLE PLAGIO.**

**JUSTIFICACIÓN DE LA CONCLUSIÓN:** *(Por ejemplo, el % de similitud se localiza en metodologías adecuadamente referidas a fuente original)*  
El porcentaje de similitud general es 3%

**\*\*Es responsabilidad del alumno como autor de la tesis la verificación antiplagio, y del Director o Directores de tesis el análisis del % de similitud para establecer el riesgo o la existencia de un posible plagio.**

Finalmente y posterior a la lectura, revisión individual, así como el análisis e intercambio de opiniones, los miembros de la Comisión manifestaron **APROBAR**  **SUSPENDER**  **NO APROBAR**  la tesis por **UNANIMIDAD**  o **MAYORÍA**  en virtud de los motivos siguientes:

**"SATISFACE LOS REQUISITOS SEÑALADOS POR LAS DISPOSICIONES REGLAMENTARIAS VIGENTES"**

### COMISIÓN REVISORA DE TESIS

  
**DR. EDGARDO MAURICIO RAMÍREZ RODRÍGUEZ**  
Director de Tesis  
Nombre completo y firma

  
**DR. FRANCISCO ARREGUÍN SÁNCHEZ**  
Nombre completo y firma

  
**DR. LUIS CESAR ALMENDAREZ HERNÁNDEZ**  
Nombre completo y firma

  
**DRA. SOFÍA ORTEGA GARCÍA**  
Nombre completo y firma

  
**DR. MIGUEL ANGEL CISNEROS MATA**  
Nombre completo y firma

  
**DR. SERGIO HERNÁNDEZ TRUJILLO**  
Nombre completo y firma  
**PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES**  
**DIRECCIÓN**



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**  
**SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**

**CARTA CESIÓN DE DERECHOS**

En la Ciudad de La Paz, B.C.S., el día 6 del mes de diciembre del año 2021  
El (la) que suscribe JULIO C. PARRA ALANIZ Alumno (a) del Programa

DOCTORADO EN CIENCIAS MARINAS

con número de registro \_\_\_\_\_ adscrito al CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE CIENCIAS MARINAS

manifiesta que es autor(a) intelectual del presente trabajo de tesis, bajo la dirección de:

DR. EDGARDO MAURICIO RAMÍREZ RODRÍGUEZ

y cede los derechos del trabajo titulado:

al Instituto Politécnico Nacional, para su difusión con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Éste, puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección: - mramirr@ipn.mx -

Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

JULIO C. PARRA ALANIZ

*Nombre y firma del alumno*

## ***DEDICATORIA***

Enteramente a mi familia,

a mi esposa Jocelyne y a mi hijo Nicolas,

a mis dos perros, Rufino y Medusa.

Los amo eternamente.

## AGRADECIMIENTOS

El desarrollo del presente trabajo se ha logrado gracias a que durante los cuatro años del proceso doctoral recibí bastante apoyo de muchas personas, amigos, familiares, profesores e investigadores, así como de organizaciones civiles e instituciones académicas y administrativas.

En este sentido, quiero extender agradecimientos especiales a:

Dr. Mauricio Ramírez Rodríguez, que estuvo a la dirección y al pendiente de este trabajo en todo momento. Debo reconocer que durante los cuatro años de doctorado y los dos años de maestría que estude bajo su tutela, me entregó tiempo de calidad como amigo y como profesor, compartió de manera desinteresada sus experiencias y conocimientos, por esto, le agradezco siempre su disposición, su paciencia para con sus aprendices y la motivación que me brindó en los momentos difíciles. En particular, gracias por ese impulso para ser claro, preciso y conciso en todo momento.

A mi comité tutorial, la Dra. Sofía Ortega García y los Dres. Francisco Arreguin Sánchez, Luis Cesar Almendarez Hernández y Miguel Ángel Cisneros Mata, les reconozco ser profesores altamente comprometidos con sus alumnos. Les agradezco enormemente su disposición de compartir tanto en las clases, en las reuniones semestrales y en todo momento, sus conocimientos y su experiencia con aquella calidad humana que los distingue. Me reconozco satisfecho por haber sido su alumno durante todo este proceso. Muchas gracias.

Al M. en C. Gustavo de la Cruz Agüero por su disposición de compartir su tiempo con sus conocimientos en estadística y en sistemas de información geográfica. Gracias, profesor.

A la Organización de la Sociedad Civil Environmental Defense Fund de México (EDF de México) por compartir los datos del programa de observadores a bordo en la pesquería de merluza, ya que fueron de suma importancia para el desarrollo del presente trabajo. Les reconozco su comprometimiento para con la sociedad y los recursos naturales. En el mundo quizá haga falta más organizaciones como ustedes. Se agradece en gran medida que compartan el fruto de sus programas para trabajos académicos como este y otros. El esfuerzo que realizan es de suma importancia para el desarrollo social, académico, científico y económico de nuestro país.

A la Comisión Nacional de Pesca y Acuacultura, por compartir los datos de avisos de arribo que fueron de importancia medular para el desarrollo de este trabajo.

Al Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas del Instituto Politécnico Nacional (CICIMAR-IPN), agradezco infinitamente el espacio y la oportunidad que me dio para fortalecerme en el aspecto personal y profesional. Así mismo, agradezco enormemente el estímulo BEIFI que otorga el IPN para sus alumnos.

Infinitas gracias a todos los que constituyen parte del CICIMAR. En particular a la Subdirección Académica por su disposición de ayudar y resolver cualquier situación. A la encargada de becas I.B.Q. Maria Magdalena Tapia, por su paciencia y su atención humana, y, sobre todo, por el enorme apoyo para que los estudiantes aprovechemos las oportunidades del sistema. Al Departamento de Servicios Educativos dirigido por el C. P. Humberto Ceseña por su paciencia y su apoyo, por ser comprometidos con su trabajo y por hacer la burocracia lo más sencilla posible.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la oportunidad y el apoyo económico otorgado durante los años de estudio del doctorado.

Por último, agradezco a mi familia, Jocelyne y Nicolas, por apoyarme y estar conmigo en todo momento, por los ánimos que me dieron y por el amor que nunca faltó, sin ustedes, esto no hubiera sido posible.

## ÍNDICE

LISTA DE FIGURAS .....	ix
LISTA DE TABLAS.....	x
GLOSARIO.....	xi
RESUMEN.....	1
ABSTRACT.....	2
1. INTRODUCCIÓN.....	3
2. ANTECEDENTES.....	6
3. OBJETIVOS.....	11
<b>3.1 Objetivo general</b> .....	11
<b>3.2 Objetivos específicos</b> .....	11
4. MÉTODOS.....	12
4.1 Datos .....	12
4.2 Características y operación de la flota .....	12
4.3 Capacidad y eficiencia de la flota .....	17
5. RESULTADOS .....	20
5.1 Caracterización de la flota de acuerdo con atributos de las embarcaciones .....	20
5.1.1 Tipos de barcos .....	23
5.1.2 Tipos de barcos .....	23
5.2 Distribución espacial y temporal de la pesca.....	27
5.3 Desempeño productivo de la flota merluquera .....	31
5.3.1 Representatividad de datos del programa de observadores a bordo .....	31
5.3.2 Desempeño productivo y relación con factores involucrados en su operación .....	32
5.3.2.1 Modelo Intranual.....	32
5.3.2.2 Modelo Interanual sin interacciones .....	35
5.3.2.3 Modelo Interanual con interacciones .....	37
5.4 Capacidad y eficiencia de la flota .....	41
5.4.1 Análisis Pico a Pico .....	44
5.4.2 Capacidad de captura (método de Capturas Máximas Históricas) .....	47
6. DISCUSIÓN.....	48
7. CONCLUSIONES.....	53
8. LITERATURA CITADA.....	55
9. APÉNDICES .....	63

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Captura de merluza por año en el norte del Golfo de California. ....	7
<b>Figura 2.</b> Área de pesca de merluza en el norte del Golfo de California. ....	9
<b>Figura 3.</b> Delimitación de las áreas de pesca consideradas en los análisis.....	14
<b>Figura 4.</b> Número de avisos de arribo por año por puertos de desembarco. ....	20
<b>Figura 5.</b> Número de avisos de arribo por año por puerto de desembarco de merluza. ....	21
<b>Figura 6.</b> Número de embarcaciones por año en la pesquería de merluza. ....	22
<b>Figura 7.</b> Número de barcos por años en la pesca de merluza. ....	22
<b>Figura 8.</b> Valor económico de captura desembarcada de merluza por año .....	23
<b>Figura 9.</b> Características de la flota merlucera en el norte del Golfo de California. ....	24
<b>Figura 10.</b> Dendograma de clasificación de embarcaciones merluceras. ....	25
<b>Figura 11.</b> Diferencias entre barcos merluceros: Tipo 1 chicos; Tipo 2 grandes. ....	26
<b>Figura 12.</b> Distribución de lances de pesca de 2015 a 2019.....	28
<b>Figura 13.</b> Sitios de captura 2015. A) Enero; B) Febrero; C) Marzo. ....	28
<b>Figura 14.</b> Sitios de captura 2016. B) Febrero; C) Marzo. ....	29
<b>Figura 15.</b> Sitios de captura 2017. A) Enero; B) Febrero; C) Marzo. ....	29
<b>Figura 16.</b> Sitios de captura 2018. A) Enero; B) Febrero; C) Marzo. ....	30
<b>Figura 17.</b> Sitios de captura 2019. A) Enero; B) Febrero; C) Marzo; D) Abril. ....	30
<b>Figura 18.</b> Porcentaje de embarcaciones merluceras muestreadas por los observadores a bordo con relación al total de embarcaciones registradas en avisos de arribo por año. ....	31
<b>Figura 19.</b> Captura por lance observada (A) y transformada con logaritmo (B).....	32
<b>Figura 20.</b> Captura por lance estimad con el modelo lineal general (líneas grises) y datos observados (líneas negras) para las temporadas de 2015 a 2019. ....	34
<b>Figura 21.</b> Gráficos de diagnóstico para el modelo lineal general intranual: A) Valores ajustados vs. residuales, B) gráfico cuantil-cuantil, C) histograma de residuales.....	35
<b>Figura 22.</b> Gráficos de diagnóstico para el modelo lineal interanual sin interacciones: A) Valores ajustados vs. residuales, B) gráfico cuantil-cuantil, C) histograma de residuales. ....	37
<b>Figura 23.</b> Gráficos de diagnóstico para el modelo lineal interanual con interacciones: A) Valores ajustados vs. residuales, B) gráfico cuantil-cuantil, C) histograma de residuales.. ....	39
<b>Figura 24.</b> Efectos parciales en CPUE según MLG interanual con interacciones. ....	40
<b>Figura 25.</b> Número barcos (a) de viajes (b) y de viajes por tipo de barco (c) (2010 – 2021)	41
<b>Figura 26.</b> (a) Captura total y (b) Captura por tipo de barco (2010 al 2021) .....	42
<b>Figura 27.</b> Número total de días de pesca por tipo de barco durante 2010 al 2021. ....	43
<b>Figura 28.</b> Captura por día de pesca por tipo de barco de 2010 a 2021. ....	43
<b>Figura 29.</b> Toneladas por barco chico y puntos para el análisis Pico a Pico.....	45
<b>Figura 30.</b> Captura registrada, capacidad de captura y uso de la capacidad: barcos chicos...	45
<b>Figura 31.</b> Captura por barco grande por año y picos de usados en el análisis.....	46
<b>Figura 32.</b> Captura registrada, capacidad de captura estimada por año y utilización de la capacidad de las embarcaciones grandes.....	46
<b>Figura 33.</b> Captura registrada, capacidad de captura estimada por año (pico a pico), capacidad máxima de producción autorizada y utilización de la capacidad de la flota. ....	47

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Variables utilizadas en el MLG intranual (n=814).....	15
<b>Tabla 2.</b> Variables categóricas utilizadas en los MLG interanuales.....	16
<b>Tabla 3.</b> Estadísticos descriptivos de los barcos merluceros (n=125). ....	24
<b>Tabla 4.</b> Análisis de correlación múltiple de los atributos físicos de la flota. ....	25
<b>Tabla 5.</b> Características de grupos identificados en el análisis de conglomerados (N=125, n (chicos) = 72, n (grandes) =53). ....	27
<b>Tabla 6.</b> Número de barco muestreados por el programa de observadores a bordo y total de embarcaciones por año (2015 – 2019).....	31
<b>Tabla 7.</b> Selección de modelo lineal general intranual de acuerdo con el criterio de Akaike.	33
<b>Tabla 8.</b> Análisis de devianza explicada por el modelo intranual. ....	33
<b>Tabla 9.</b> Análisis de devianza explicada por el modelo interanual sin interacciones.....	35
<b>Tabla 10.</b> Parámetros estimados por modelo interanual sin interacciones .....	36
<b>Tabla 11.</b> Análisis de la devianza explicada por el modelo lineal generalizado interanual con interacciones. ....	38
<b>Tabla 12.</b> Análisis de devianza explicada por el modelo interanual con interacciones.....	38

## **GLOSARIO**

**Arte de pesca:** Es el instrumento, equipo o estructura con que se realiza la captura o extracción de especies de flora y fauna acuática (SAGARPA, 2007).

**Aviso de arribo:** Es el documento en que se reporta a la autoridad competente los volúmenes de captura obtenidos por especie durante jornada o viaje de pesca (SAGARPA, 2007).

**Capacidad de pesca:** Es la cantidad de producción máxima que alcanza el nivel de esfuerzo que la flota puede producir.

**Dinámica de flotas:** Distribución espacial y temporal del esfuerzo pesquero derivada de la respuesta de las flotas pesqueras ante situaciones políticas, económicas, biológicas, técnicas y ambientales (Ramírez-Rodríguez & Ojeda-Ruiz de la Peña, 2012)

**Esfuerzo de pesca:** Representa la magnitud total de la actividad pesquera en la zona de pesca durante un período de tiempo determinado, expresado muchas veces para un tipo específico de arte, como el número de horas diarias de arrastre, el número de anzuelos lanzados en un día o el número de veces que se cobra una red de cerco, por día. Muchas veces el esfuerzo de pesca se mediría como el producto de: i) el tiempo total dedicado a la pesca; y ii) la cantidad de artes de pesca de un tipo determinado utilizados en la zona de pesca durante una unidad de tiempo dada. Cuando se utilizan dos o más tipos de artes es preciso ajustarlos a un tipo estándar a fin de derivar y estimar el esfuerzo de pesca total (FAO, 2013).

**Estrategia de pesca:** Es una planeación de acciones a tiempo para alcanzar un objetivo (v. g. considerar la relación costo-beneficio en los viajes de pesca) (Salas & Gaertner, 2004).

**Flota:** Se usa en forma amplia para describir el número de unidades de cualquier tipo de actividad de pesca utilizando un recurso particular. Por ejemplo, una flota podría consistir en todas las embarcaciones en una pesquería específica de abulón, o de todas las que utilizan redes en una pesquería multiespecífica (FAO, 2005).

**Permiso:** Es el documento que otorga la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, a través de la Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca, a las personas físicas o morales, para llevar a cabo las actividades de pesca y acuicultura que se señalan en la Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentables (SAGARPA, 2015).

**Pesquería:** Conjunto de sistemas de producción que comprenden en todo o en parte las fases sucesivas del proceso de la pesca como actividad económica, y que pueden comprender la captura, el manejo y el procesamiento de un recurso o grupo de recursos afines y cuyo medio de producción, estructura organizativa y relaciones de producción ocurren en un ámbito geográfico y temporal definido (SAGARPA, 2015).

**Plan de manejo pesquero:** El conjunto de acciones encaminadas al desarrollo de la actividad pesquera de forma equilibrada, integral y sustentable, basadas en el conocimiento actualizado de los aspectos biológicos, ecológicos, pesqueros, ambientales, económicos, culturales y sociales que se tengan de ella (SAGARPA, 2015).

**Sobrecapacidad:** Es el exceso de esfuerzo de pesca para capturar la cantidad máxima posible de acuerdo con la tasa de regeneración del recurso natural objetivo.

**Sobrecapitalización pesquera:** Es el exceso de capital invertido que resulta en un excedente significativo de activos para producir y procesar las capturas maximizadas en condiciones de sustentabilidad.

**Unidad económica:** Son las unidades estadísticas sobre las cuales se recopilan datos, se dedican principalmente a un tipo de actividad de manera permanente, combinando acciones y recursos bajo el control de una sola entidad propietaria o controladora, para llevar a cabo producción de bienes y servicios, sea con fines mercantiles o no. Se definen por sector de acuerdo con la disponibilidad de registros contables y la necesidad de obtener información con el mayor nivel de precisión analítica (INEGI, 2016).

**Desarrollo sostenible:** Desarrollo que satisface las necesidades de la generación actual sin poner en peligro la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades (WCED, 1987)

## RESUMEN

En las últimas dos décadas, la pesquería de merluza, *Merluccius productus*, en el norte del Golfo de California (México) ha registrado un crecimiento en el número de embarcaciones y captura, pero hasta la fecha no se han realizado análisis formales sobre la capacidad y eficiencia de la flota. El objetivo de este trabajo es contribuir una propuesta de reglas relacionadas con la sostenibilidad de la pesquería. La eficiencia de los barcos y su relación con la disponibilidad del recurso se analizó utilizando variables relacionadas con la construcción de 125 embarcaciones, datos de operaciones pesqueras recopilados por observadores a bordo durante 74 viajes de pesca de 25 embarcaciones y 814 lances de captura durante el período de 2015 a 2019. Los resultados permitieron diferenciar dos tipos de embarcaciones: grandes y chicas. Utilizando modelos lineales generalizados se analizó la variabilidad en la captura por lance (CPUE) y las interacciones entre tipos de embarcaciones, áreas de pesca y estratos de profundidad. Los resultados indican que los barcos grandes son más eficientes que los chicos y que los factores año, área de pesca, tipo de red y tipo de barco explican la variabilidad interanual en la CPUE. Las interacciones entre el año y el área de pesca y entre la profundidad y tipo de barco fueron significativas y contribuyeron más a la devianza explicada. Los resultados sugieren una posible disminución de la abundancia de la merluza durante el período analizado. La capacidad de la flota se estimó considerando los registros de captura por viaje, de barcos chicos y grandes que operaron en la pesquería de 2010 a 2021. Se estimó una capacidad de producción potencial promedio para barcos chicos de 4,000 t/año y para barcos grandes una de 1,600 t/año. Considerando que actualmente hay 80 barcos con permiso para pesca de merluza y utilizando sus registros máximos históricos de captura y número de viajes, se estimó que las embarcaciones chicas tienen una capacidad máxima de 7,000 t y las grandes 5,350 t. Ambos tipos de barcos operan a menos de 50% de su capacidad, pero la captura es cercana al rendimiento máximo sostenible estimado por otros autores, indicando la conveniencia de mantener el número de embarcaciones autorizado y la necesidad de considerar su poder de pesca cuando se introduzcan tecnologías de captura o se realice el reemplazo de barcos viejos.

**Palabras clave:** Desempeño productivo, Eficiencia, Tipos de barcos, Dinámica operativa, Capacidad de pesca, Esfuerzo de pesca, Sobrecapacidad.

## **ABSTRACT**

In the last two decades, the fishery for hake, *Merluccius productus*, in the northern Gulf of California (Mexico) has registered an increase in the number of vessels and catches, but to date no formal analyzes have been carried out on the capacity and fleet efficiency. The objective of this work is to contribute to the proposal of rules related to the sustainability of the fishery. The efficiency of the vessels and its relationship with the availability of the resource was analyzed using attributes of construction of 125 vessels, data on fishing operations collected by observers on board during 74 fishing trips of 25 vessels and 814 catch sets during the period from 2015 to 2019. The results made it possible to differentiate two types of boats: large and small. Using generalized linear models, the variability in catch per set (CPUE) and the interactions between types of vessels, fishing areas and depth strata were analyzed. The results indicate that large vessels are more efficient than small ones and that the factors year, fishing area, type of net and type of vessel explain the interannual variability in CPUE. The interactions between the year and the fishing area and between the depth and type of vessels were significant and contributed more to the explained return. The results suggest a possible decrease in the abundance of hake during the period analyzed. The capacity of the fleet was estimated considering the 2010-2021 records of catches per trip by small and large vessels. An average potential production capacity for small vessels was estimated at 4,000 t / year and for large vessels, 1,600 t / year. Considering that there are currently 80 vessels with permission to fish for hake and using their historical maximum catch records and number of trips, it was estimated that the small vessels have a maximum capacity of 7,000 t and the large 5,350 t. Both types of vessels operate at less than 50% of their capacity, but the catch is close to the maximum sustainable yield estimated by other authors, indicating the convenience of maintaining the authorized number of vessels and the need to consider their fishing power when they are introduced capture technologies or replacement of old vessels.

**Key words:** Productive performance, Efficiency, Types of vessels, Operational dynamics, Fishing capacity, Fishing effort, Overcapacity.

## 1. INTRODUCCIÓN

Los sistemas de manejo pesquero incluyen acciones, herramientas y estrategias para, en el mejor de los escenarios, alcanzar la sostenibilidad en las pesquerías. Para ello se requiere de información de calidad sobre los recursos y la flota que los aprovecha. El tipo de administración de las pesquerías varía con la naturaleza de los recursos, la forma en que se aprovechan y las políticas vigentes.

Entre las acciones de regulación más comunes en la administración pesquera se encuentra la limitación del número de embarcaciones y de la captura total, que generalmente depende de las capacidades de regeneración del recurso y de la eficiencia de captura de la flota (Moloney & Pearse, 1979; FAO, 1997; Agüero, 2007; Hoefnagel & de-Vos, 2017). Cuando se habla de eficiencia de la flota se consideran aspectos operativos relacionados con la tecnología que utiliza y dónde, cuándo y cómo distribuye su esfuerzo pesquero. También se hace referencia a la capacidad de la flota, que incluye el número de embarcaciones, su tamaño, potencia (tonelaje, y caballaje de sus motores) y a la cantidad de permisos de pesca existentes (Soto *et al.*, 2002; Pascoe & Gréboval, 2003; Tsitsika *et al.*, 2008; Aisyah *et al.*, 2012).

Para la administración pesquera, la comprensión de la capacidad de la flota y su eficiencia abre la oportunidad de visualizar y poner en marcha acciones de manejo que permitan evitar problemas de exceso de capacidad, ineficiencia, evitando así la sobrecapitalización de la flota y de la capacidad de proceso (Arnason, 1990; Sutinen, 1999; Hatcher, 2005; Asche *et al.*, 2008; Bonzon *et al.*, 2010).

El exceso de capacidad de captura se refiere al número de barcos que constituyen a la flota y a su desempeño productivo relacionado con sus capacidades físicas, artes de pesca, equipamiento tecnológico, sustitución de embarcaciones antiguas por nuevas y a la experiencia de los pescadores (Holland *et al.*, 1999; Bishop, 2006; FAO, 2008; Ye & Denis, 2009; Carruthers *et al.*, 2011; Mahévas *et al.*, 2011; Damalas *et al.*, 2014; Quijano *et al.*, 2018; Zhang *et al.*, 2018).

Esta situación trae consigo consecuencias no sólo sobre los recursos explotados, sino en el propio desempeño de la flota en su conjunto. Los problemas más conocidos en el ámbito biológico son el decremento gradual de las poblaciones explotadas y de su tamaño medio de captura, así como el incremento en la captura de especies no objetivo, pudiendo generarse modificaciones en las redes tróficas y en los ecosistemas en general (Briand & Cohen, 1984; Coll *et al.*, 2008; Lotze *et al.*, 2010).

En el aspecto económico, la sobrecapacidad de la flota implica costos adicionales en el aprovechamiento de los recursos pesqueros. El incremento de la intensidad de esfuerzo en un área determinada reduce las capturas, disminuye los ingresos por embarcación, desencadena incrementos en el esfuerzo nominal (por ejemplo, días de pesca, número y tamaño de redes, cantidad de anzuelos, horas de arrastre) y eleva los costos por unidad capturada, lo cual repercute negativamente en el resto de la cadena productiva (FAO, 2013).

En relación con la capacidad de pesca y eficiencia de la flota se encuentra la sobrecapitalización: incrementar la capacidad de explotación no siempre trae consigo un incremento de utilidades (Quimbar-Acosta, 2013). Esto es debido a que la capacidad de la flota es mayor de lo necesario para conseguir un nivel deseado de explotación sostenible (Cunningham & Gréboval, 2001).

El manejo de la pesca se puede visualizar a corto y largo plazo si se comprende la capacidad y eficiencia de la flota para adaptarlas a la productividad del stock explotado a través de permisos y licencias que limitan el esfuerzo de pesca. Lo que se busca es controlar el tamaño de la flota, sin dejar de lado el nivel de utilización de su capacidad, que se mide con indicadores que consideran las características físicas de las embarcaciones y en los montos de captura que registran (Smith & Hanna 1990; Cunningham & Gréboval, 2001; FAO, 2007; Tsitsika *et al.*, 2008).

La perspectiva a corto plazo comprende la determinación de una Captura Total Permisible (CTP) o la regulación de la mortalidad por pesca ajustando anualmente el esfuerzo pesquero (Eigaard *et al.*, 2014). Las estimaciones de abundancia junto a puntos de referencia como el Rendimiento Máximo Sostenible (RMS) o el Rendimiento Máximo Económico

(RME) permitirían la determinación de CTP con enfoques precautorios. Sin embargo, los métodos para estimar abundancia requieren de monitoreos de los recursos pesqueros de forma independiente de la propia actividad pesquera comercial y desafortunadamente la mayoría de las pesquerías carecen de estos sistemas de seguimiento, por lo que se utiliza la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) como índice de abundancia (Maunder & Punt, 2004; Venables & Dichmont, 2004; Ye & Dennis, 2009; Carruthers *et al.*, 2011; Glazer & Butterworth, 2014). El método requiere de una serie de datos de captura y esfuerzo sea suficientemente larga, para que incluya contrastes por efectos de alta y baja abundancia y efectos de condiciones ambientales, que pueden afectar la proporcionalidad en la relación de la CPUE con la abundancia (Hilborn & Walters, 1992).

En este sentido, con fines de visualizar oportunidades de mejorar o mantener el rendimiento de las pesquerías, a corto y a largo plazo, es importante determinar tendencias productivas y dimensionar los efectos entre la eficiencia productiva de la flota y los factores vinculados a su dinámica operativa (Hilborn & Walters, 1992; Ward *et al.*, 2004).

El desconocimiento de la capacidad potencial de la flota y su eficiencia técnica productiva puede dificultar apreciar las posibilidades de regularlas sin llegar a establecer programas de reducción de la flota, que implican la salida de barcos a cambio de una retribución económica, con costos y efectos considerables (FAO, 1995; Holland *et al.*, 1999; Clark *et al.*, 2005). Los objetivos principales de estos programas incluyen restaurar la rentabilidad de las pesquerías, conservar y reconstruir los stocks explotados y redistribuir derechos de captura proporcionando una compensación a los afectados (Teh *et al.*, 2017).

Los programas de reducción de la flota han sido implementados en varias partes del mundo. Desafortunadamente, hay evidencia de que no siempre logran reducir la capacidad de pesca. Por ejemplo, se ha documentado que los pescadores que salen de la industria regresan una vez que las condiciones de la pesca mejoran (Spagnolo & Sabatella, 2007; Sun, 2007). Así mismo, se ha reportado que no siempre ayudan a la recuperación de los stocks. Por ejemplo, las poblaciones de bacalao del norte en Terranova, Canadá, no se habían recuperado después de dos décadas de haber aplicado un programa de recompra de barcos (Hamilton & Butler, 2001; Schrank, 2005). En México, se aplicó un programa similar para

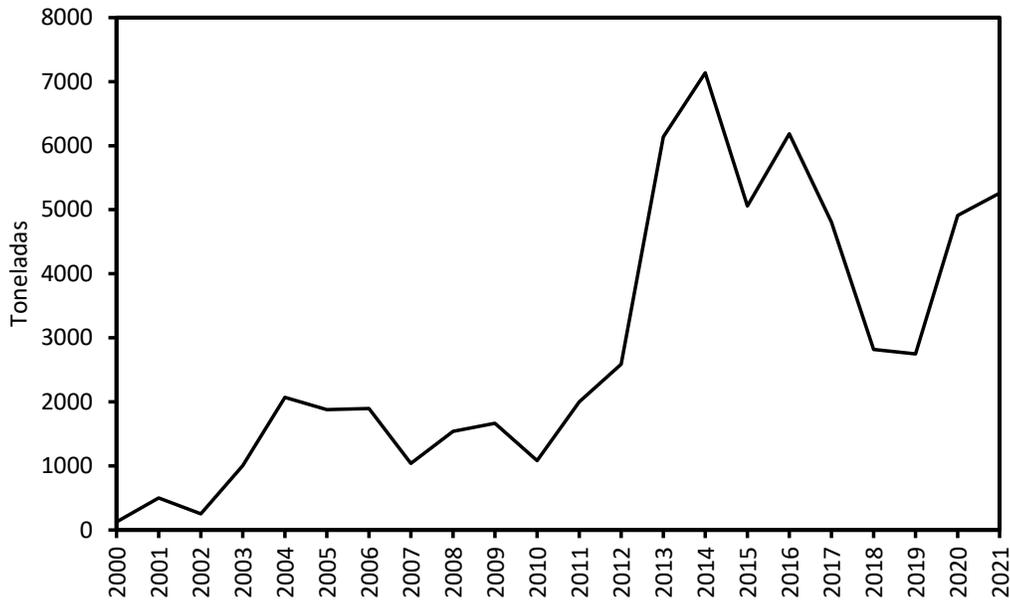
la pesquería de camarón y entre 2004 y 2012, se logró disminuir la flota en 200 embarcaciones inoperantes (Quimbar-Acosta, 2012); el promedio de captura anual no se observó afectado (CNP, 2018).

De lo anterior resulta clara la ventaja de conocer la capacidad y eficiencia de la flota antes de que se presenten problemas asociados a la sobreexplotación del recurso o al exceso de capacidad. Sin embargo, son pocas las oportunidades en que esto puede realizarse. Por esta razón, en el presente trabajo se analiza la flota de barcos que operan en el norte del Golfo de California (GC) aprovechando el recurso merluza. Esta industria pesquera puede considerarse en desarrollo, con estudios incipientes sobre la biología y dinámica poblacional de la merluza y sobre la dinámica de la flota lo aprovecha (INAPESCA, 2014; Ramírez-Rodríguez & Almendarez-Hernández, 2014; Ramírez-Rodríguez, 2017; Zamora-García *et al.*, 2020; Álvarez-Trasviña *et al.*, 2020).

El trabajo inicia con una revisión de la información disponible sobre la merluza y la flota que opera en el norte del GC. Después se analiza el comportamiento de la CPUE definida para este caso como la captura por lance, según las condiciones de operación de embarcaciones que contaron con observadores a bordo en las temporadas de pesca 2015 a 2019. Finalmente se estudia la capacidad y eficiencia de la flota, considerando los registros de captura por viaje y por día de pesca de los barcos que operaron de 2010 a 2020. La discusión trata lo relativo a las estimaciones de eficiencia y capacidad de captura de la flota, así como a las propuestas de medidas de manejo.

## **2. ANTECEDENTES**

En México, la Carta Nacional Pesquera (CNP) reconoce 35 pesquerías nombradas según la especie o grupo de especies objetivo. De ellas, 16 se encuentran en estado de deterioro o sobreexplotación, 26 están aprovechadas en su máximo rendimiento sostenible y sólo dos presentan potencial de desarrollo; estas son la merluza del Pacífico (*Merluccius productus*) y el erizo morado (*Strongylocentrotus purpuratus*) (SAGARPA, 2018).



**Figura 1.** Captura de merluza por año en el norte del Golfo de California.

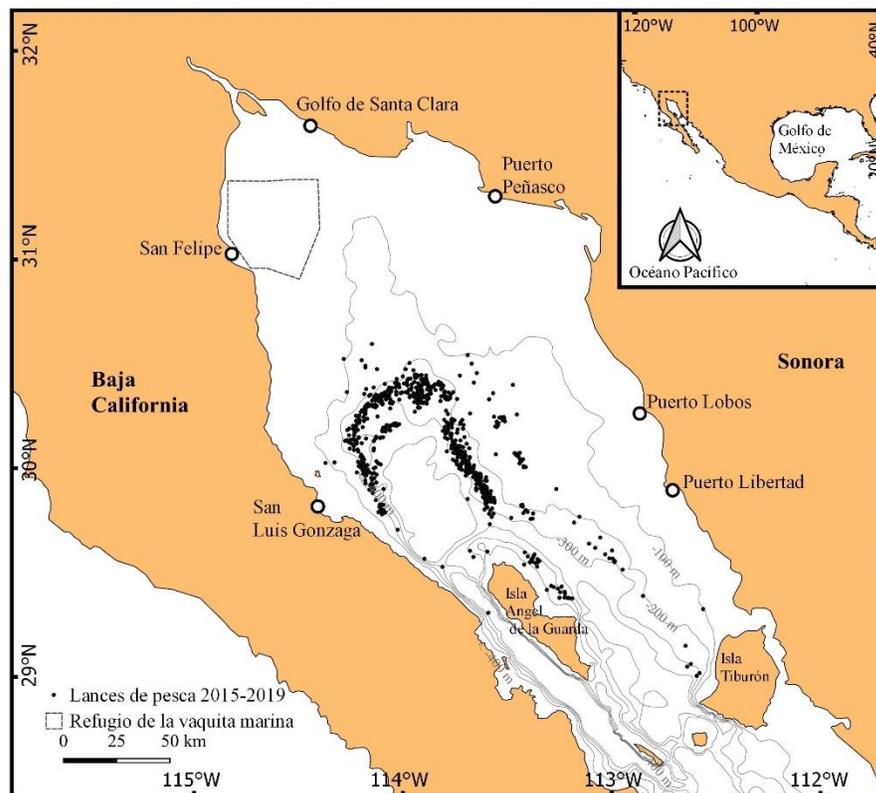
La merluza del norte del Golfo de California (NGC) comenzó a aprovecharse desde 1980 como un recurso complementario al camarón (Álvarez-Trasviña *et al.*, 2020). Sin embargo, sólo en la última década se ha registrado un incremento de la captura. Los registros oficiales de capturas iniciaron en el año 2000, con valores inferiores a 3,000 t anuales hasta el año 2011; a partir del 2012 aumentaron, con una producción promedio de 5,000 t de 2012 a 2017 (Fig. 1). Lo anterior explica su relevancia económica y social durante la última década reconociéndose como una pesquería específica (SAGARPA, 2018).

La flota merlucera es parte de un complejo pesquero industrial que opera en el NGC incluye a las pesquerías de camarón, merluza y escama (Ramírez-Rodríguez & Almendarez-Hernández, 2014). La pesca de merluza se realiza cuando disminuye la captura de camarón y los pescadores cambian sus redes camaroneras por redes de arrastre de fondo para escama. La pesca se lleva a cabo por barcos camaroneros que presentan un tamaño de eslora mayor a los 10.5 metros con una capacidad superior a las 10 toneladas de arqueo neto, las embarcaciones pueden usar una red por popa o dos redes por banda (Álvarez-Trasviña *et al.*, 2020). Los barcos cuentan con equipo de refrigeración, pero el método de conservación es con hielo. Se utiliza un sistema de navegación por satélite, video sonda y radios transmisor-receptor de 2 m y VHF (Ramírez-Rodríguez & Almendarez-Hernández, 2014; Zamora-

García *et al.*, 2017). La captura se realiza a profundidades mayores de 100 m durante horas con luz.

Hasta la fecha son pocos los estudios dirigidos de forma exclusiva a esta pesquería. No obstante, existe un programa de seguimiento productivo a través de técnicos observadores a bordo en la flota merluquera, que inició en 2015 y es impulsado por la Organización de la Sociedad Civil “Environmental Defense Fund de México (EDF)”. En este programa se recopila información sobre la operación de las embarcaciones y la composición específica de las capturas (Lara-Mendoza, 2015, Zamora-García & Stavrinsky, 2016; Zamora-García *et al.*, 2017; Zamora-García & Stavrinsky, 2018; Zamora-García & Stavrinsky, 2019).

Se ha documentado que las faenas de pesca se realizan en un área delimitada en el Golfo de California al norte de las grandes islas, entre 114.5°O-31°N, 114.5°O-30°N y 113°O-31°N, 113°O-30°N (Fig. 2). En promedio se realizan tres arrastres por día en profundidades que oscilan desde 100 a más de 300 m, en viajes de pesca con una autonomía de hasta 15 días (Zamora-García *et al.*, 2017). La captura es prácticamente monoespecífica y se realiza de diciembre a mayo, con los mayores registros de enero a marzo de cada año (Zamora-García *et al.*, 2020). Durante el invierno la merluza se encuentra desovando (Aceves-Medina *et al.*, 2004; Sánchez-Velasco *et al.*, 2009; Peiro-Alcantar *et al.*, 2013; Denton-Castillo, 2018); las capturas incluyen una alta proporción de adultos que sugiere su agregación para reproducirse. La talla comercial es de 40 cm de longitud estándar y la talla máxima registrada es de 109 cm LT; las hembras tienen mayor talla que los machos y el tamaño de los individuos también disminuye, sugiriendo que las merluzas más grandes desovan y se retiran del área (Zamora-García *et al.*, 2020). La captura por viaje disminuye a lo largo de la temporada, hasta niveles no rentables para los barcos. En general, es poco lo que se sabe sobre edad, crecimiento, madurez y mortalidad, alimentación, migración de la merluza en el NGC.



**Figura 2.** Área de pesca de merluza en el norte del Golfo de California.

Sobre la abundancia de la merluza se han realizado estimaciones que varían en un rango de 20,614 a 47,600 toneladas métricas (Mathews *et al.*, 1974; Padilla-García, 1981; Grande-Vidal, 1983; INAPESCA, 2014). Con excepción del trabajo de Padilla-García (1981) que se basa en ictioplancton, las estimaciones de biomasa se basan en el método de área barrida (Sparre & Venema, 1995). El RMS se ha estimado entre 7,800 y 12,502 toneladas métricas. Con esta información y datos sobre costos de operación y valor de la captura desembarcada por un barco representativo de la flota (Ramírez-Rodríguez & Almendarez-Hernández, 2104). Ramírez-Rodríguez (2017) estimó que para mantener positiva la relación costo-beneficio de la flota se debieran considerar de 74 a 103 embarcaciones con capturas por barco entre 100 y 72 t por temporada respectivamente.

En relación con la normatividad vigente para el aprovechamiento de merluza, es necesario que los barcos cuenten con un permiso de pesca exclusiva para merluza. La CNP establece que la cantidad de permisos está limitada para un máximo de 80 embarcaciones

(SAGARPA, 2018). Álvarez-Trasviña *et al.* (2020) informan que los permisos de pesca fueron asignados considerando el historial de registros de captura, dando prioridad a los barcos que tuvieran registros en más de un año. No se tiene información sobre la capacidad de pesca total que representan los barcos con permisos de pesca.

La CNP también sugiere explorar la oportunidad de reconocer zonas de pesca, regular el arte de pesca y establecer tallas mínimas de captura. De igual forma, propone el establecimiento de un sistema de cuotas de captura, y se está considerando una CTP basada en un porcentaje del total de la biomasa total estimada (15 a 20%) o en el promedio de capturas totales de los últimos cinco años (Álvarez-Trasviña *et al.*, 2020).

En el 2019 se propuso una Norma Oficial Mexicana (NOM) que incluye términos y condiciones para el aprovechamiento sustentable de la merluza, reconociendo la infraestructura tecnológica actual de las embarcaciones, el uso de redes con luz de malla de 5” el cuerpo y 4” en el bolso. Se prohíbe la pesca de merluza en los polígonos establecidos para la conservación de la vaquita marina (*Phocoena sinus*) y en las áreas naturales protegidas y refugios pesqueros cercanos al área de aprovechamiento de merluza. La norma también propone que los titulares de los permisos participen en programas de investigación y observadores abordo. Señala la obligación de utilizar bitácoras de pesca y dispositivos de localización y monitoreo satelital.

No se han realizado análisis a detalle sobre la estructura de la flota, su tamaño, capacidades y su eficiencia de acuerdo con la variabilidad asociada a la disponibilidad espacial y temporal del recurso. Si bien la limitación de permisos de pesca comercial de merluza aporta al desarrollo sostenible de la pesquería, para la aplicación de un sistema de manejo a través de cuotas individuales de captura es conveniente comprender la capacidad productiva y eficiencia de las embarcaciones que integran la flota merlucera. Se buscaría establecer una CTP acorde a las condiciones del recurso y la capacidad de pesca permitida, y evitar en el corto y largo plazo problemas de sobreexplotación, sobrecapacidad y sobrecapitalización (Arnason, 1990; FAO, 1995; Cunningham & Gréboval, 2001; FAO, 2007; Tsitsika *et al.*, 2008; Bonzon *et al.*, 2010; FAO, 2013).

En este sentido, reconociendo el potencial desarrollo de la pesquería de merluza y las ventajas que supone conocer la dinámica y capacidad de la flota (Hillborn & Walters, 1992; Maunder & Punt, 2004; Bishop, 2006; Rijnsdorp, 2006; Eigaard *et al.*, 2014), en este trabajo se analiza la dinámica operativa de la flota merlucera que opera en el alto Golfo de California caracterizando su estructura y valorando sus atributos y su desempeño productivo con la finalidad de dimensionar su capacidad de pesca potencial y su eficiencia para aportar y fortalecer el conocimiento base para su manejo pesquero.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo general**

Caracterizar la estructura y dinámica operacional de la flota merlucera mexicana en el norte del Golfo de California para valorar la capacidad y eficiencia técnica de pesca de sus embarcaciones.

#### **3.2 Objetivos específicos**

- 1) Caracterizar la flota merlucera de acuerdo con atributos de las embarcaciones
- 2) Caracterizar la dinámica de la flota merlucera según la distribución espacial y temporal del esfuerzo de pesca
- 3) Valorar el desempeño productivo de la flota merlucera en relación con los factores involucrados en su operación
- 4) Determinar la capacidad de pesca de la flota merlucera y su eficiencia técnica o utilización

## **4. MÉTODOS**

### **4.1 Datos**

La investigación se realizó con tres fuentes de datos. La primera es una base de datos construida a partir de avisos de arribo de merluza, del 2001 al 2021, proporcionada por la Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca (CONAPESCA), que incluye la captura de merluza por viaje realizada por barcos registrados en los Estados de Baja California, Sonora y Sinaloa. Los datos se refieren a puerto de desembarque, fecha de salida y arribo, nombre del barco y Registro Nacional Pesquero (RNP), peso desembarcado (kg), número días de operación y precio del producto en muelle (pesos/kg).

La segunda base de datos se construyó con las características físicas de los barcos que registraron capturas de merluza de 2000 a 2021: eslora (m), manga (m) puntal (m), tonelaje bruto y neto (t), capacidad de bodega (t), potencia de motor (HP) y año de construcción. Los datos fueron proporcionados por investigadores del Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas el Instituto Politécnico Nacional (CICIMAR-IPN), la Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Autónoma de Sinaloa (FACIMAR-UAS) y el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología de la Universidad Autónoma de México (ICML-UNAM).

La tercera base de datos la facilitó la OSC EDF de México. Incluye datos recolectados por el programa de técnicos observadores a bordo en la flota merlucera que EDF impulsa desde el 2015. Los datos corresponden a 814 lances de pesca, realizados en 74 viajes de pesca por 25 embarcaciones en las temporadas del 2015 al 2019. Se analizaron datos sobre características de la embarcación, tipo de arrastre (con una o dos redes), fecha y hora del lance, posición geográfica, profundidad, tiempo de arrastre, composición de captura y captura de merluza.

### **4.2 Características y operación de la flota**

Para caracterizar la estructura y operación de la flota analizaron atributos físicos de las embarcaciones, frecuencias de barcos por puertos base y de desembarque, tiempo participando en la pesquería, cantidad de barcos y captura por año.

Se analizaron los atributos de los barcos más relacionados a su poder de pesca: eslora (m), manga (m), puntal (m), tonelaje bruto (t), tonelaje neto (t), capacidad de bodega (t) y potencia de motor (t). Los datos corresponden a 125 embarcaciones que contaban con la información completa y con registro de capturas superiores a las 100 t de merluza durante al menos de 3 años de operación en la pesquería.

El valor de los atributos de cada barco se estandarizó a unidades homólogas con media cero y desviación estándar 1. Con la finalidad de descartar colinealidad entre las variables utilizadas se aplicó un análisis de correlación y se descartaron aquellas variables que presentaron una correlación superior a 0.65 entre dos o más variables. Finalmente, se realizó un análisis de conglomerados o clústeres utilizando el método de Ward (Hammer *et al.*, 2001), que permite la jerarquización de grupos basada en el menor incremento en el valor total de la suma de cuadrados de las diferencias dentro de cada grupo (Everitt & Hothorn, 2011). Los análisis se realizaron utilizando la paquetería Stats (Mardia & Bibby, 1979; Becker *et al.*, 1998; Borg & Groenen, 1997), desarrollada en la plataforma R.

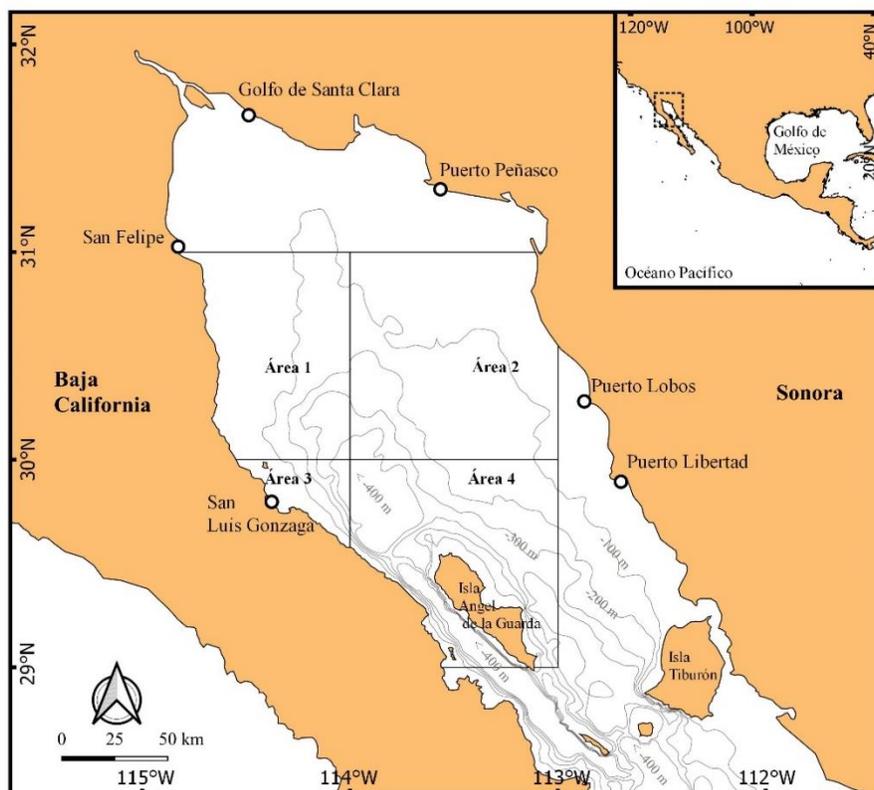
Para validar el número óptimo de grupos, se aplicó el método propuesto por Charrad *et al.*, (2014) que proporciona 30 índices para determinar el número de grupos y propone al usuario el mejor esquema de agrupamiento a partir de los diferentes resultados obtenidos al variar todas las combinaciones de número de grupos, medidas de distancia y métodos de agrupamiento. Posteriormente, se utilizó la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para corroborar si existen diferencias significativas entre los atributos físicos de ambos grupos de embarcaciones. La idea básica fue dividir la flota en grupos homogéneos de barcos con respecto a sus características técnicas, convirtiéndolos en unidades de manejo para los fines de este trabajo.

Respecto a la representación de la operación espacial de la flota se utilizó el sistema de información geográfica QGis versión 3.6.2<sup>1</sup>. Con las posiciones geográficas de cada lance y las capturas registradas se elaboraron mapas temáticos de la captura en las temporadas de pesca 2015 – 2019. Considerando la distribución espacial de los arrastres se definieron cuatro

---

<sup>1</sup> <https://www.qgis.org/es/site/>

áreas de pesca dentro de los cuadrantes delimitados por 1° de latitud y 1° de longitud: área 1, 115°W – 114°W x 30°N – 31°N; área 2: 114°W – 113°W x 30°N - 31°N.; área 3, 115°W – 114°W x 29°N – 30°N; área 4, 114°W – 113°W x 29°N - 30°N (Fig. 3).



**Figura 3.** Delimitación de las áreas de pesca consideradas en los análisis.

Se analizó la representatividad del programa de observadores, comparando los datos de captura recabada con la captura registrada en aviso de arribo de las mismas embarcaciones. y el número de embarcaciones muestreadas con el número de embarcaciones que participaron en los años en que se implementó el programa.

Para comprender la influencia de los factores asociados en la operatividad pesquera sobre el desempeño productivo de las embarcaciones (CPUE), se desarrollaron tres modelos lineales generalizados (MLG). El primero se enfocó en el desempeño intranual de las embarcaciones, dimensionando la influencia de los factores técnicos asociados a las faenas de pesca en cada temporada de pesca. En este modelo se utilizaron variables categóricas y

continuas (Tabla 1). Los otros dos modelos fueron ejecutados de forma interanual para valorar la influencia de los factores operativos en la tendencia del CPUE (Tabla 2).

**Tabla 1.** Variables utilizadas en el MLG intranual (n=814).

Tipo de variable		Variables explicativas	Expresión
Categoría	Semana del año	2015-1, 2015-2, 2015-3, ...2015-n 2016-1, ...2016-n;2017-1, ...2017-n 2018-1, ...2018-n; 2019-1, ...2019-n	$w_i$
	Tipo de barco	Barco chico; Barco grande	$t_s$
	Tipo de arte de pesca	Una red; Dos redes	$n_r$
	Horario del día	06:00 – 09:00 h (mañana) 09:00 – 13:00 h (medio día) Después de 13:00 h (tarde)	$s_d$
Continua	Posición geográfica	Latitud	$l_{tq}$
		Longitud	$l_{ne}$
	Profundidad	Profundidad (m)	$p_m$
	Distancia recorrida	Km	$k_d$

La variable dependiente fue la captura por lance (CPUE), lo cual debido a su distribución se transformó a logaritmos. Los modelos se aplicaron utilizando las distribuciones gamma y normal para el tratamiento de errores. Los resultados fueron similares, pero con la distribución normal se explicó de mejor manera la devianza del modelo; a mayor devianza explicada por el modelo, se obtiene un mejor ajuste (Dobson, 2002).

Cómo función de enlace se utilizó la identidad, por ser la función por defecto para la distribución de errores normal (Zuur *et al.*, 2009). Para evitar sesgos, sólo se trabajó con datos de lances con resultados positivos, que representaron el 98% del total de lances (n=814). El año fue tratado como una variable explicativa categórica para detectar tendencias en la eficiencia a lo largo del tiempo (Maunder & Punt, 2004).

**Tabla 2.** Variables categóricas utilizadas en los MLG interanuales.

VARIABLES explicativas	Categoría	Expresión	n
Año	2015	$y_i$	132
	2016		116
	2017		180
	2018		169
	2019		217
Tipo de barco	Barco chico	$t_s$	350
	Barco grande		464
Área de pesca	Área 1 (30-31°N, 115-114°W)	$a_q$	224
	Área 2 (30-31°N, 114-113°W)		351
	Área 3 (29-30°N, 115-114°W)		55
	Área 4 (29-30°N, 114-113°W)		184
Estrato de profundidad	100 a 200 m	$d_m$	26
	200 a 300 m		757
	>300 m		31
Tipo de arte de pesca	Una red por popa	$n_e$	270
	Dos redes (una por banda)		544
Horario del día	06:00 – 09:00 h (mañana)	$s_d$	338
	09:00 – 13:00 h (medio día)		301
	Después de 13:00 h (tarde)		175

Los modelos MLG se desarrollaron utilizando el software R<sup>2</sup> (R Core Team, 2021) a través de la paquetería Stats (basada en McCullagh & Nelder, 1989; Dobson, 1990; Hastie & Pregibon, 1992; Venables & Ripley, 2002) y tomaron la siguiente forma:

1) Modelo intranual

$$f(\ln CPUE) \sim \alpha + w_i + k_d + t_s + p_m + lt_q + ln_e + n_r + s_d + \varepsilon$$

$w_i$  = Semana del año;  $k_d$  = Distancia recorrida (km);  $t_s$  = Tipo de barco;  
 $p_m$  = Profundidad (m);  $lt_q$  = Latitud;  $ln_e$  = Longitud;  $n_r$  = Tipo arte de pesca;  
 $s_d$  = Horario del día

2) Modelo interanual sin interacciones

$$f(\ln CPUE) \sim \alpha + y_i + t_s + d_m + a_q + n_e + s_d + \varepsilon$$

<sup>2</sup> <https://www.npackd.org/p/rstudio/1.3.959>

### 3) Modelo interanual con interacciones

$$f(\ln CPUE) \sim \alpha + y_i + t_s + d_m + a_q + n_e + s_d + (d_m * t_s) + (a_q * t_s) \\ + (a_q * y_i) + (d_m * n_e) + (a_q * n_e) + (t_s * n_e) + \varepsilon$$

$y_i$ = año;  $t_s$ = Tipo de barco;  $d_m$  = Estrato de profundidad;  $a_q$  = Área de pesca;  $n_e$ = Tipo arte de pesca;  $s_d$  = Horario del día;

Para la selección de los modelos se utilizó la función *step* de la paquetería Stats en R software (Hastie & Pregibon, 1992; Venables & Ripley (2002) que automatiza la aplicación del Criterio de Información de Akaike (AIC), penalizando y descartando a los modelos por la cantidad de parámetros que posee, así como considerando el porcentaje de devianza que explica (Zuur, 2009):

$$AIC = -2L + 2K$$

Donde  $L$  es la función de máxima verosimilitud y  $K$  es el número de parámetros en el modelo. Un modelo con un AIC bajo es más parsimonioso que un modelo con un AIC alto (Akaike, 1973).

### 4.3 Capacidad y eficiencia de la flota

Para estimar la capacidad y eficiencia de la flota se utilizó el Análisis Pico a Pico (APP) (Kirkley & Squires, 1999; Hsu, 2003; Pascoe *et al.*, 2007). Este método es un modelo de series de tiempo univariado, que permite evaluar el uso de la capacidad de una flota, expresada como la captura máxima que puede obtener en un año dado si fuera totalmente utilizada. También se desarrolló un método de estimación de capacidad de captura autorizada basado en los registros de Capturas Máximas Históricas (CMH) de las embarcaciones merluceras.

El método APP requiere datos de la captura total y el nivel de insumos físicos utilizados (por ejemplo, número de embarcaciones, días de pesca) y supone que los niveles de producción máximos indican la plena utilización de la capacidad en tanto que los niveles mínimos indican una subutilización (FAO, 2007). El segundo método permite crear un escenario de captura máxima posible realizado por la flota de acuerdo con sus registros históricos de captura y esfuerzo de pesca (días de viaje de pesca). En los dos casos se analizaron los avisos de arribo de 2010 a 2021, periodo en que la pesquería se muestra

consolidada. Se agregó además el tipo de embarcación (chica o grande). En ausencia de algún dato para estimar la duración del viaje, se utilizó el promedio de duración de los viajes (en días) calculado para barcos del mismo tipo en el mismo mes y año.

Se analizó la relación entre valores de esfuerzo de pesca (barcos, viajes, días de pesca), la capacidad de bodega y la captura por año. Los valores sobresalientes en la serie de tiempo, “picos”, representan el uso de la capacidad de captura en condiciones de operación normal y puede suponerse que también reflejan cambios en la tecnología y experiencia de los pescadores a lo largo del tiempo. La capacidad utilizada se define como la relación entre captura, esfuerzo y la capacidad existente (Pascoe *et al.*, 2007):

$$C_t/V_t = \alpha T_t$$

Donde  $C_t$  es la captura en el año  $t$ ;  $\alpha$  es una constante de proporcionalidad;  $V_t$  es la capacidad de producción (barcos, viajes, días de pesca, capacidad de bodega) y  $T_t$  la tasa de cambio en la captura por unidad de esfuerzo entre dos picos consecutivos:

$$CPUE = V$$

$$T_t = (V_n - V_m) / (n - m)$$

$m$  año del primer pico;  $n$  año del segundo pico

$$\text{Cambio promedio de captura entre picos} = C_t = C_{t-1} + T_t$$

$t$  = tiempo (año)

Para el caso de la pesca de merluza se consideró que el nivel de tecnología es equivalente al nivel de capacidad de captura:

$$\alpha = 1, T_t = C_t/V_t$$

donde  $C_t^*$  es el nivel de capacidad de captura (Pascoe *et al.*, 2007).

$$C_t^* = B * T_t$$

donde  $B$  = número de barcos

El nivel de uso de la capacidad de captura se estimó como:

$$CU_t = C_t^*/C_t$$

Para estimar la capacidad de captura máxima autorizada, se consideró que las embarcaciones que registraron capturas a partir del 2019 (cuando se publica el proyecto NOM-020-SAG/PESC-2019) contaban con permiso exclusivo para el aprovechamiento de merluza. Se determinó el número de barcos chicos y grandes de acuerdo con los resultados previos y se estimó su capacidad total considerando para cada barco la captura máxima en la serie histórica y el número máximo de viajes realizados en un año. La captura máxima posible se obtiene sumando los valores máximos de cada tipo de barco:

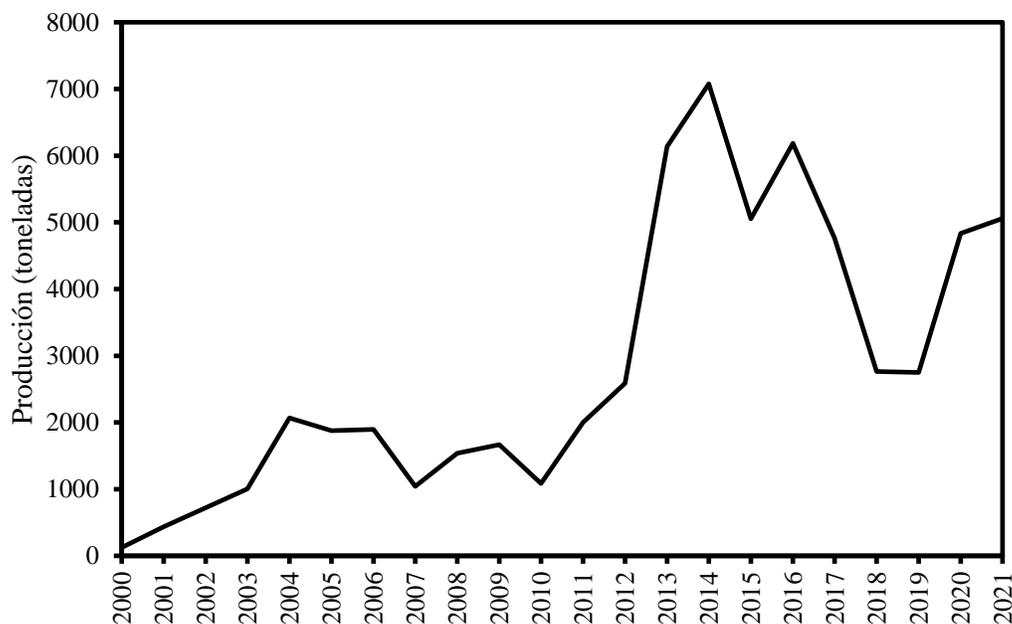
$$\text{Capacidad máxima posible} = \sum C_{max\ j_{t0...n}} * N_{viajes\ j_{t0...n}}$$

donde  $C_{max\ j_{t0...n}}$  es la captura máxima de la embarcación  $j$  en la serie histórica de registros del 2010 al 2021 y  $N_{viajes\ j_{t0...n}}$  es la cantidad de viajes de la embarcación  $j$  correspondiente al año donde se registró la captura máxima. Posteriormente, para obtener el valor de la captura máxima autorizada para la flota, se sumaron las capacidades autorizadas de barcos chicos y grandes y con ella se estimó la proporción de capacidad realmente utilizada en cada año contrastando los valores estimados con los valores observados.

## 5. RESULTADOS

### 5.1 Caracterización de la flota de acuerdo con atributos de las embarcaciones

El total de registros acumulados del año 2000 al 2021 fue de 4,661 avisos de arribo, dato que representa la cantidad de viajes registrados en todo el periodo. La pesca de merluza muestra un desarrollo desde 2001 con una aparente consolidación a partir del 2011. La captura máxima se registró en 2014 con más de 7,000 t. Posteriormente presentó un declive del 2017 al 2019 descendiendo a capturas de 3,000 t/año, pero en los últimos dos años hay un incremento significativo alcanzando 5,000 t en 2021 (Fig. 4).

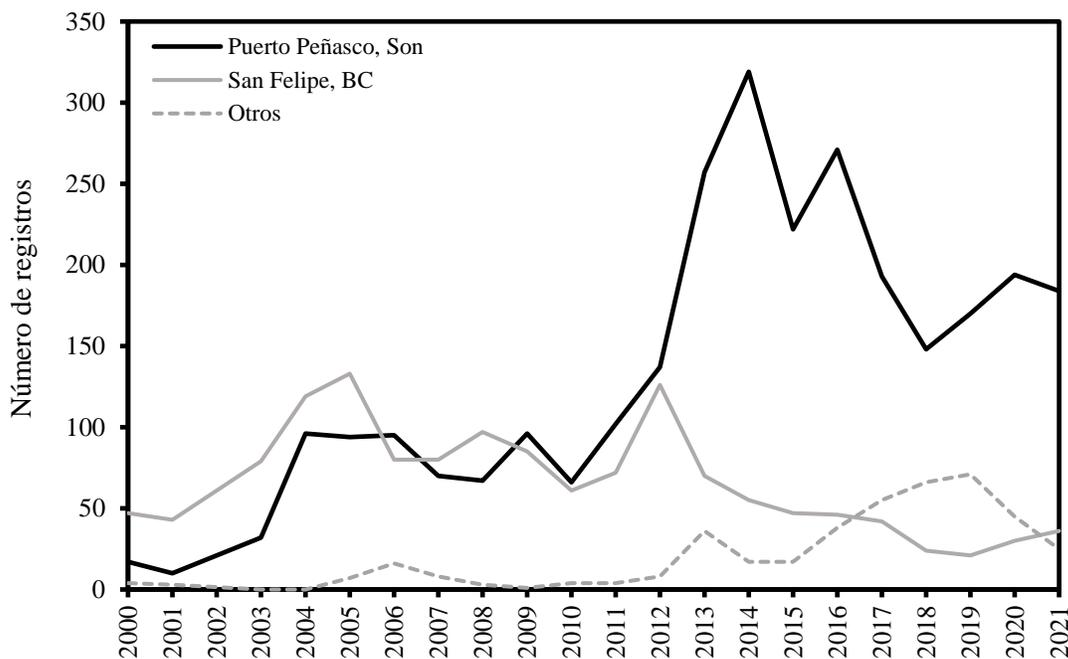


**Figura 4.** Número de avisos de arribo por año por puertos de desembarco.

Los lugares de desembarco más importantes han sido Puerto Peñasco, en Sonora, y San Felipe, en Baja California, representando más del 96% del total de registros. El resto se desembarcó en los puertos de Guaymas, Yavaros y Golfo de Santa Clara. Durante los últimos nueve años, Puerto Peñasco se posiciona como el puerto de mayor relevancia para esta industria (Fig. 5).

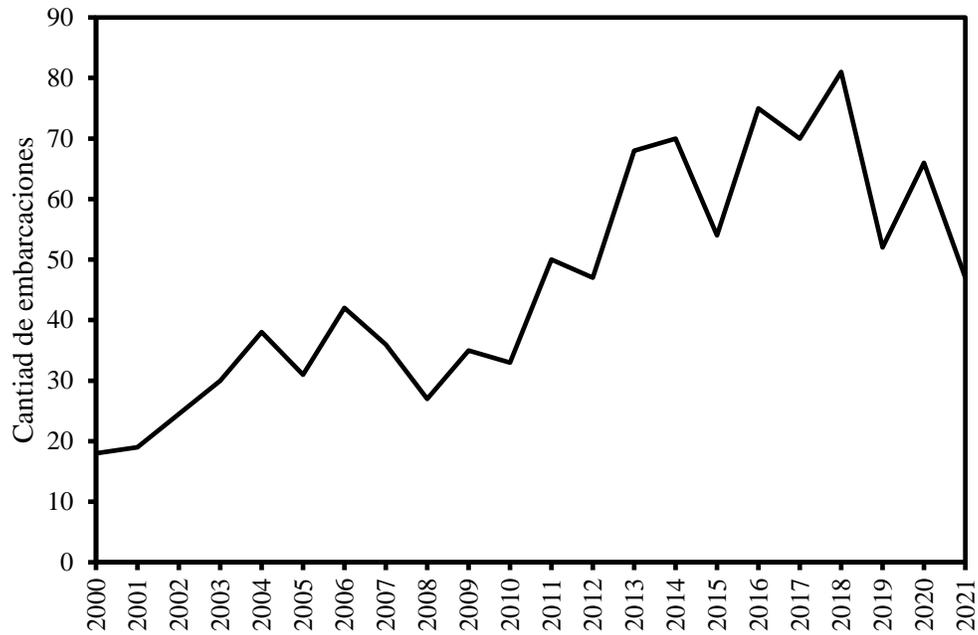
Durante el periodo analizado se identificó la operación de 178 embarcaciones distintas pertenecientes a 110 unidades económicas. Se reconocieron 101 embarcaciones sonorenses, 39 de Baja California y 21 de Sinaloa. La mayoría de los barcos sonorenses tienen como

puerto base Puerto Peñasco y algunas a Guaymas. Todas las embarcaciones de Baja California tienen como puerto base a San Felipe y las embarcaciones de Sinaloa, la mayoría se registran en Mazatlán y una parte en Topolobampo.

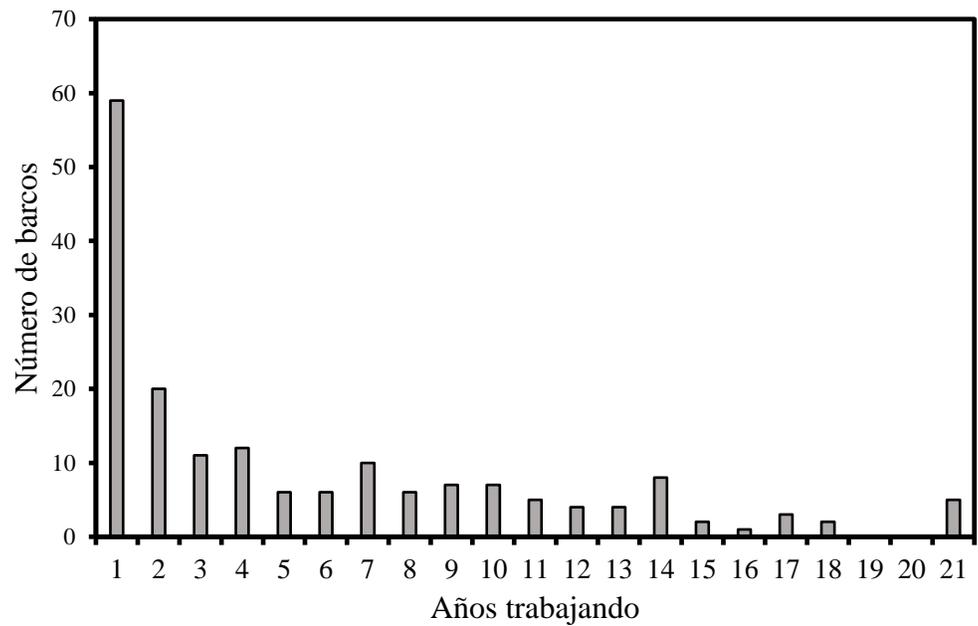


**Figura 5.** Número de avisos de arribo por año por puerto de desembarco de merluza.

El número de barcos por año presenta una tendencia al incremento. El año 2000 con 18 embarcaciones y el 2018 con 80. En ese año se fijó en 80 el número de permisos para el aprovechamiento de merluza (Fig. 6). Se identificaron embarcaciones que han registrado merluza con distinta frecuencia durante los 21 años analizados. Destacan 41 embarcaciones con más de 10 años en la explotación de merluza, 35 cuentan con 5 a 10 años y el resto con menos de 5 años (102 barcos); 79 embarcaciones solamente han registrado captura en uno o dos años (Fig. 7).

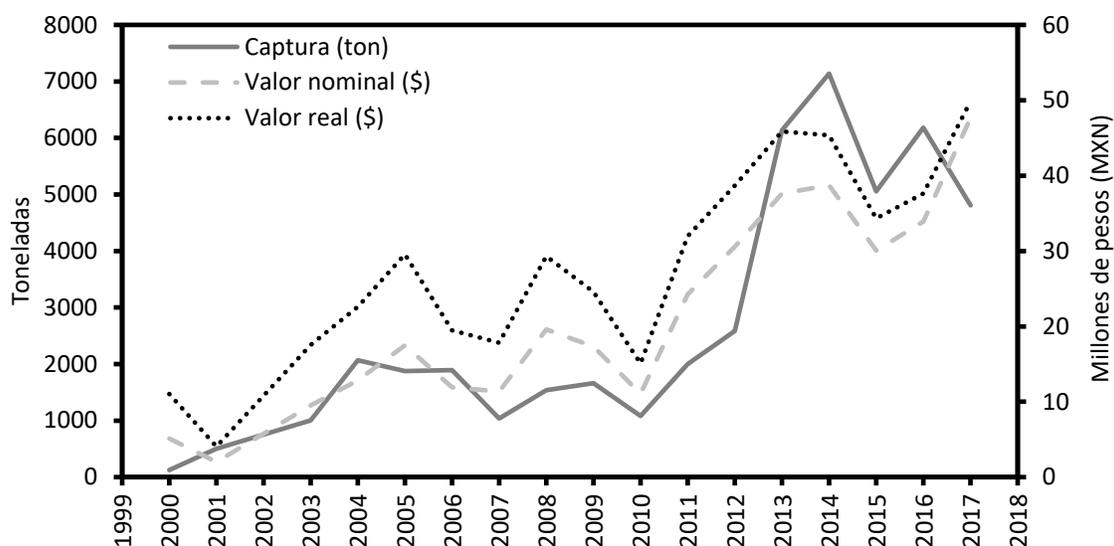


**Figura 6.** Número de embarcaciones por año en la pesquería de merluza.



**Figura 7.** Número de barcos por años en la pesca de merluza.

El valor económico estimado de la captura desembarcada muestra un claro desarrollo de la industria, alcanzando entre 40 y 50 millones de pesos anuales (Fig. 8).



**Figura 8.** Valor económico de captura desembarcada de merluza por año

### 5.1.2 Tipos de barcos

De las 178 embarcaciones en los avisos de arribo, se reconocieron las características de construcción de 125 embarcaciones.

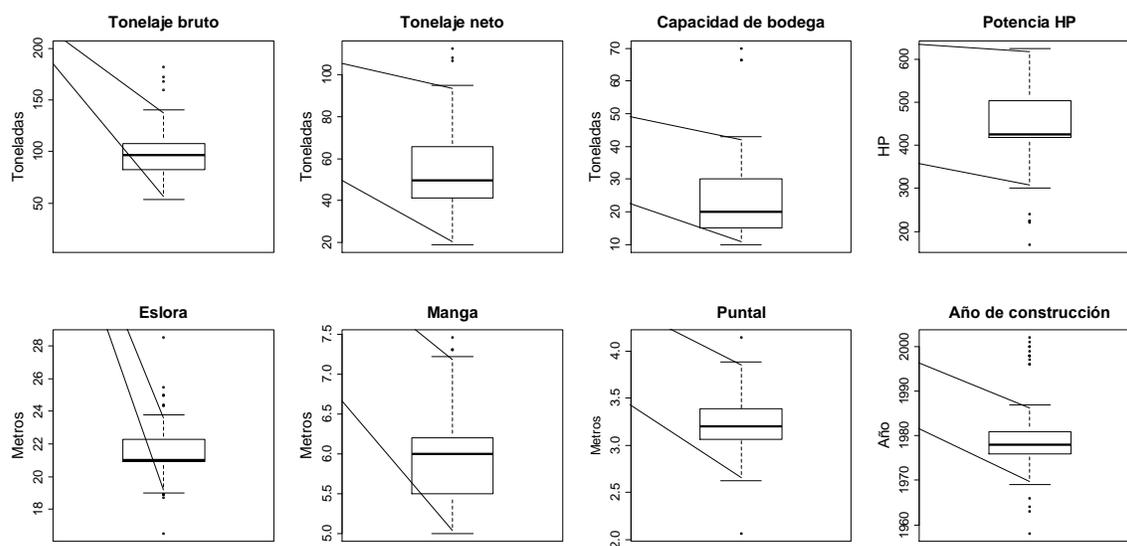
Los barcos más comunes tienen 21 m de eslora, puntal de 3 m y manga entre 5.5 y 6 m. El tonelaje bruto oscila entre 82 y 99 t, varía de 53 hasta más de 180 t. La mayoría de los barcos tiene un tonelaje neto entre 41 y 53 t y varía de 17 a 113 t. La capacidad media de bodega es de 24 t, pero al igual que en los atributos anteriores, se aprecia una gran variación que va desde 10 hasta 70 t (Tabla 3, Fig. 8).

Referente a la capacidad de fuerza de los motores que impulsan a los barcos se reconocen distintas potencias en caballos de fuerza (HP) entre todos los barcos. Los motores más comunes son los de una potencia que varía entre 425 y 450 HP. No obstante, en la flota se encuentran embarcaciones equipadas con motores desde los 170 HP y otros con potencia mayor a los 600 HP (Tabla 3, Fig. 9).

**Tabla 3.** Estadísticos descriptivos de los barcos merluceros (n=125).

	Año	Tonelaje bruto (t)	Tonelaje neto (t)	Eslora (m)	Manga (m)	Puntal (m)	Capacidad de bodega (t)	Potencia (HP)
Media	1979	99	53	21.5	6.0	3.2	24	447
Mediana	1978	97	50	21.0	6.0	3.2	20	425
Moda	1978	82	41	21.0	5.5	3.2	20	425
Mínimo	1958	53	19	16.5	5.0	2.1	10	170
Máximo	2002	182	113	28.5	7.5	4.1	70	625
Desviación estándar	8	23	17	1.5	0.5	0.3	10	88
Varianza de la muestra	57	511	298	2.2	0.3	0.08	109	7680

Para la clasificación de tipos de embarcaciones de acuerdo con sus características, se removieron variables considerando sus valores de correlación para evitar la colinealidad (Tabla 4). Se eligieron las siguientes: tonelaje bruto, eslora, capacidad de bodega y potencia del motor. La siguiente tabla de correlación muestra la relación que existe entre las variables más influyentes en la capacidad de las embarcaciones.

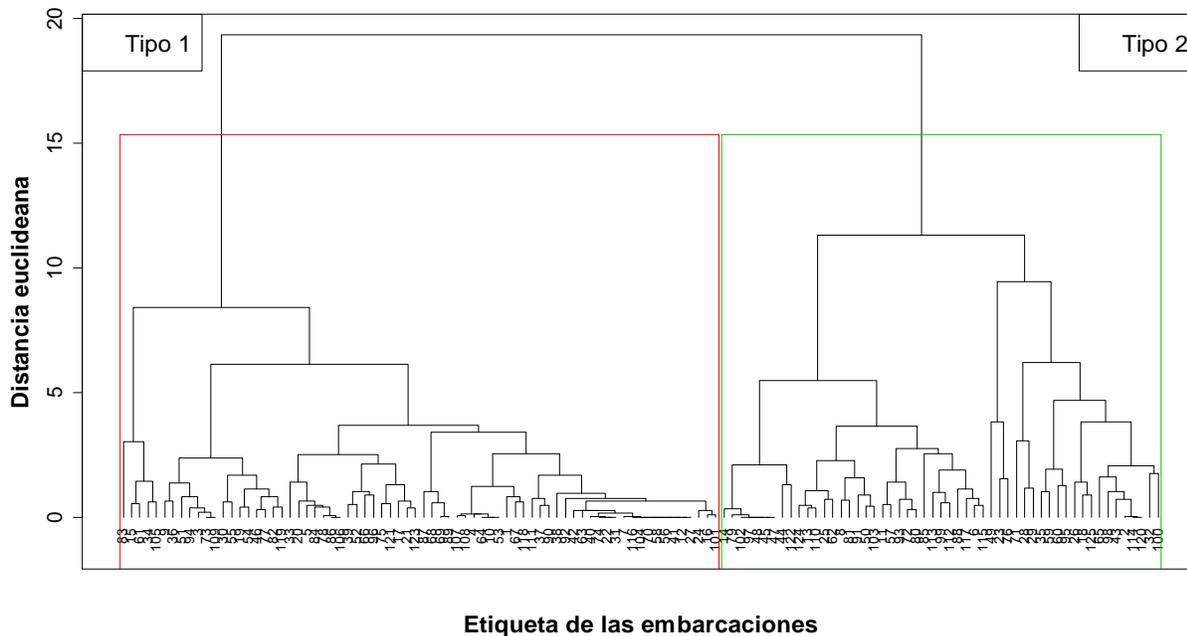


**Figura 9.** Características de la flota merlucera en el norte del Golfo de California.

**Tabla 4.** Análisis de correlación múltiple de los atributos físicos de la flota.

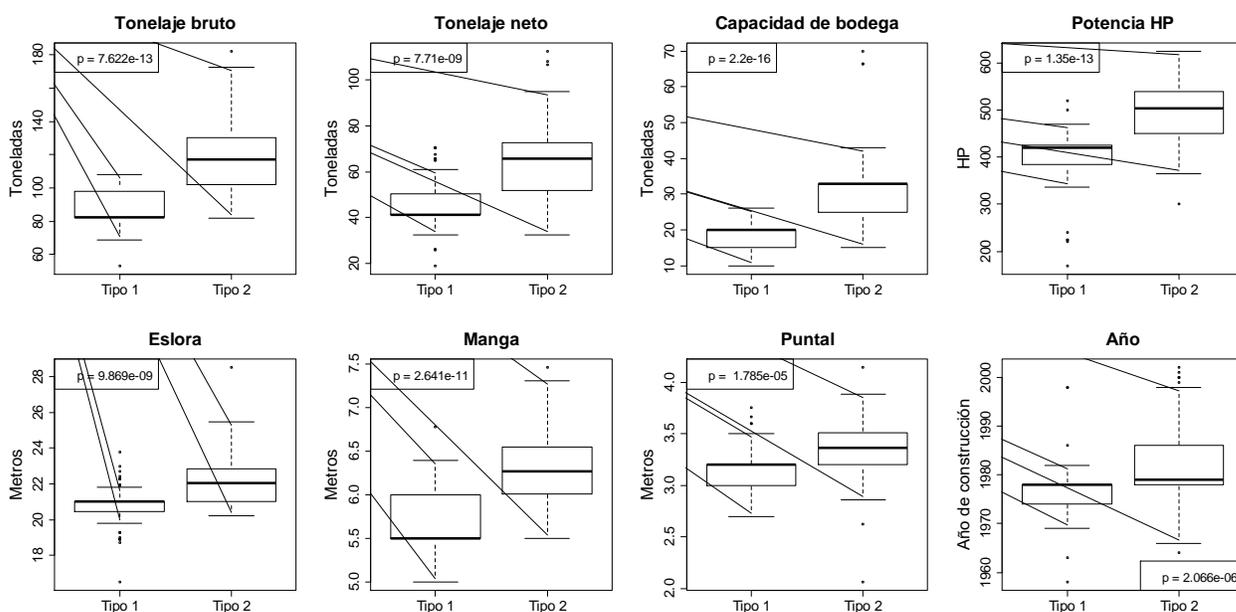
	Tonelaje bruto (t)	Tonelaje neto (t)	Eslora (m)	Manga (m)	Puntal (m)	Capacidad bodega (t)	Potencia (HP)
Tonelaje bruto (t)	1						
Tonelaje neto (t)	0.89	1.00					
Eslora (m)	0.64	0.46	1.00				
Manga (m)	0.77	0.69	0.66	1.00			
Puntal (m)	0.50	0.40	0.43	0.61	1.00		
Capacidad bodega (t)	0.40	0.27	0.52	0.52	0.36	1.00	
Potencia (HP)	0.62	0.53	0.64	0.62	0.42	0.43	1

El análisis de conglomerados con las 125 embarcaciones que presentaban la información completa (70% del total identificadas en los avisos de arribo) muestra dos tipos de embarcaciones: chicas y grandes (Fig. 10). Podrían definirse otros grupos de embarcaciones, pero, de acuerdo con la prueba de Charrad *et al.*, (2014), la clasificación fue clara y, además pueden guiar la toma y el seguimiento de decisiones sobre la capacidad de la flota.



**Figura 10.** Dendrograma de clasificación de embarcaciones merlucas.

La flota está integrada por 78 barcos chicos (58% del total) y 53 barcos grandes (42%). La prueba de Kruskal-Wallis señala diferencias significativas en todos los atributos (Fig. 11) y no fue necesario aplicar un análisis *post-hoc* porque sólo son dos grupos. Los barcos chicos son relativamente más viejos, con capacidad neta promedio de 45 t; para barcos grandes 64 t. La eslora de los chicos varía de 16 a 24 m y la de grandes, entre 20 y 28 m. La capacidad de bodega promedio de los chicos es 17 t; la de grandes 33 t. La potencia de los motores más común en barcos chicos va de 400 a 425 HP, pero varía entre 170 y 520 HP y la de los grandes entre 300 y 625 (Tabla 5).



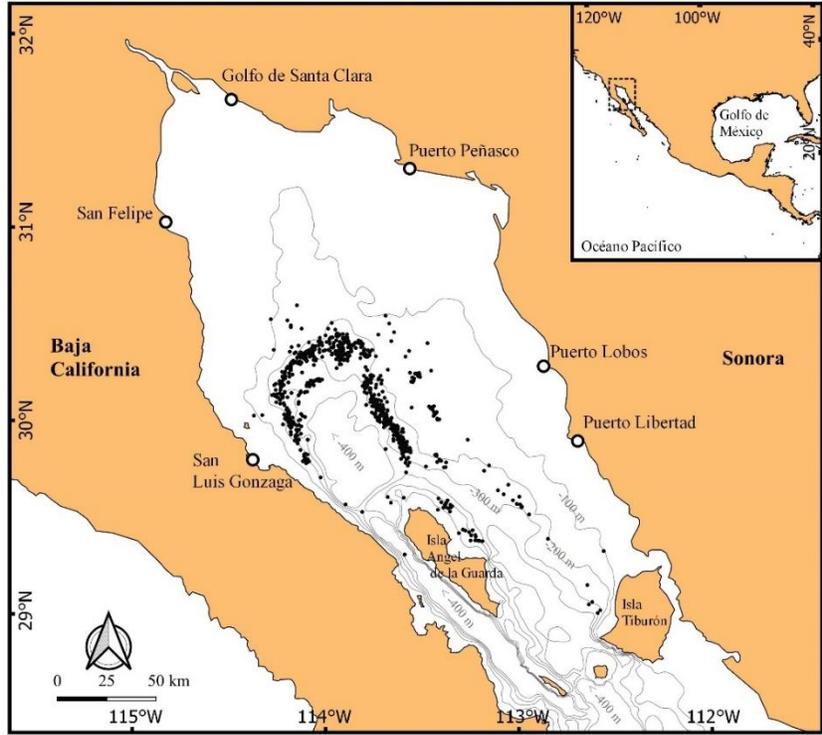
**Figura 11.** Diferencias entre barcos merluceros: Tipo 1 chicos; Tipo 2 grandes.

**Tabla 5.** Características de grupos identificados en el análisis de agrupamiento (N=125, n (chicos) = 72, n (grandes) =53).

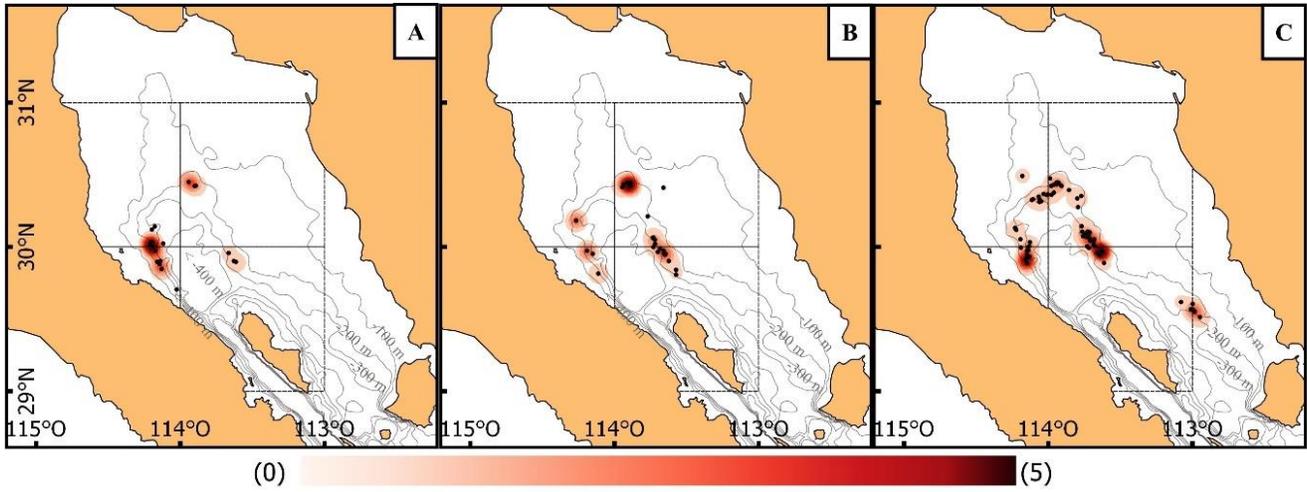
		Año	Tonelaje bruto (t)	Tonelaje neto (t)	Eslora (m)	Manga (m)	Puntal (m)	Capacidad de bodega (t)	Potencia (HP)
Barcos chicos	Media	1977	87	45	20.8	5.7	3.1	17	401
	Mediana	1978	82	41	21.0	5.5	3.2	20	420
	Moda	1978	82	41	21.0	5.5	3.2	20	425
	Desviación estándar	5	11	11	1.1	0.3	0.2	4	60
	Variación	29	125	112	1.2	0.1	0.05	13	3644
	Mínimo	1958	53	19	16.5	5.0	2.7	10	170
	Máximo	1998	108	70	23.8	6.8	3.7	26	520
Barcos grandes	Media	1983	116	64	22.3	6.3	3.3	32	508
	Mediana	1979	117	66	22.0	6.3	3.4	33	503
	Moda	1978	82	41	22.9	6.4	3.2	33	624
	Desviación estándar	9	24	19	1.5	0.5	0.3	11	81
	Variación	77	554	355	2.3	0.3	0.1	117	6572
	Mínimo	1964	82	33	20.2	5.5	2.1	15	300
	Máximo	2002	182	113	28.5	7.5	4.1	70	625

## 5.2 Distribución espacial y temporal de la pesca

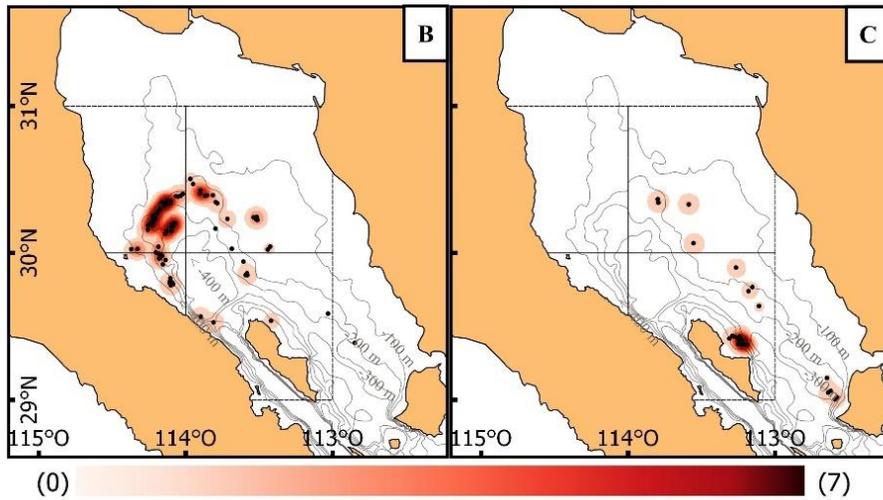
La distribución de los lances de pesca registrados por los observadores a bordo se realizó principalmente entre 100 y 300 m de profundidad con algunos registros de lances a profundidades mayores (Fig. 12). En 2015, la temporada de pesca comenzó en enero y llegó hasta abril, con mayor número de lances en marzo y mayor captura en enero en el área 3, en la 2 en febrero y, en las 3 y 4 en marzo. El área 3 presentó la mayor concentración de esfuerzo y el área 1 la que menor esfuerzo pesquero registró (Fig. 13).



**Figura 12.** Distribución de lances de pesca de 2015 a 2019.



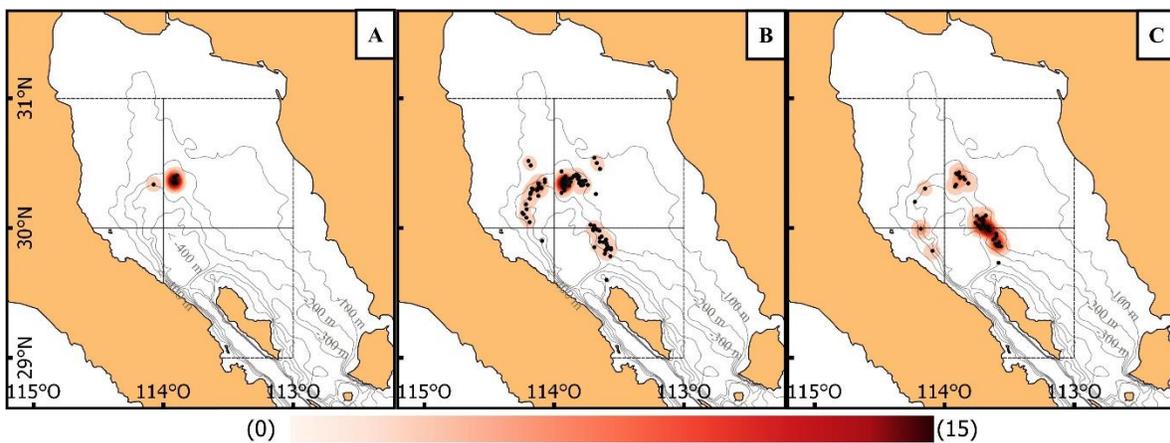
**Figura 13.** Sitios de captura 2015. A) Enero; B) Febrero; C) Marzo.



**Figura 14.** Sitios de captura 2016. B) Febrero; C) Marzo.

En 2016, la temporada duró sólo dos meses, febrero y marzo. La mayor parte del esfuerzo se concentró en febrero, principalmente en el área 1. En marzo, no se registró esfuerzo pesquero en las áreas 1 y 3; se presentaron sólo unos cuantos lances en el área 2, con baja captura. El esfuerzo se concentró en el área 4 (Fig. 14).

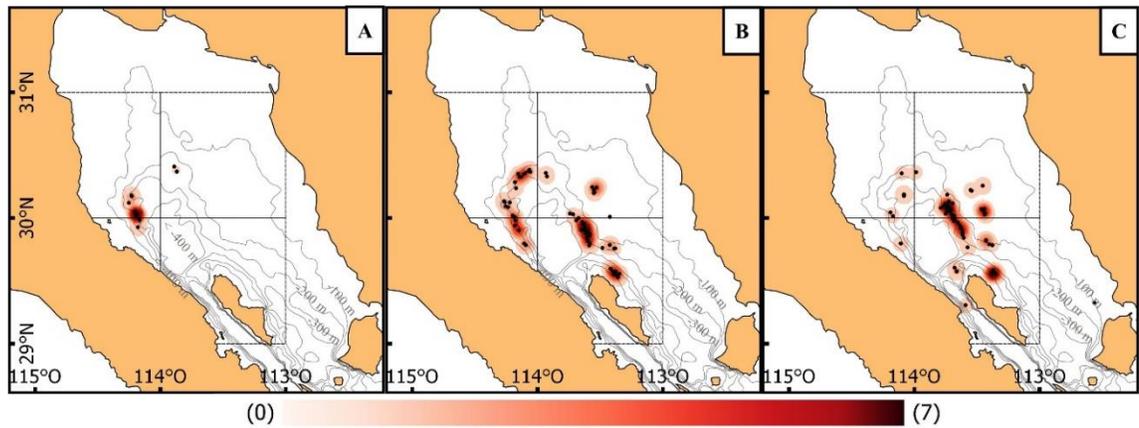
En 2017, la mayor actividad ocurrió en febrero con registros en las zonas 1, 2 y 4. En enero se registraron las mayores tasas de captura en el área 2. Al final de la temporada, en marzo, la actividad se concentró en las zonas 2 y 4 (Fig. 15).



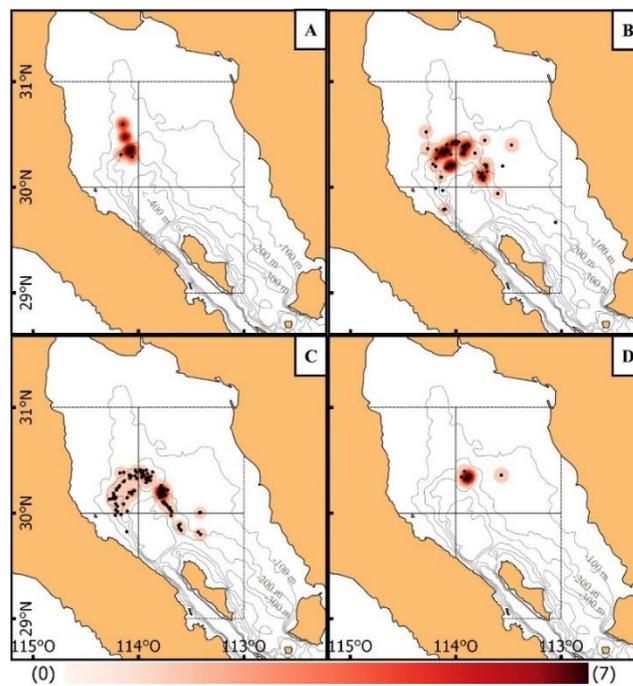
**Figura 15.** Sitios de captura 2017. A) Enero; B) Febrero; C) Marzo.

En temporada 2018, la menor actividad se presentó en enero, en el límite de las zonas 1 y 3. Para febrero, se distribuyó en las áreas 1, 3 y 4 y las mayores capturas se registraron en la 4. En marzo, hubo concentración en el área 4, con desplazamiento hacia el área 2 (Fig. 16).

En la temporada 2019, en enero la captura se concentró en el área 1. En febrero y marzo se diversificó hacia al área 2 con capturas similares en ambas zonas. En abril se concentró sólo en el área 2 (Fig. 17).



**Figura 16.** Sitios de captura 2018. A) Enero; B) Febrero; C) Marzo.



**Figura 17.** Sitios de captura 2019. A) Enero; B) Febrero; C) Marzo; D) Abril.

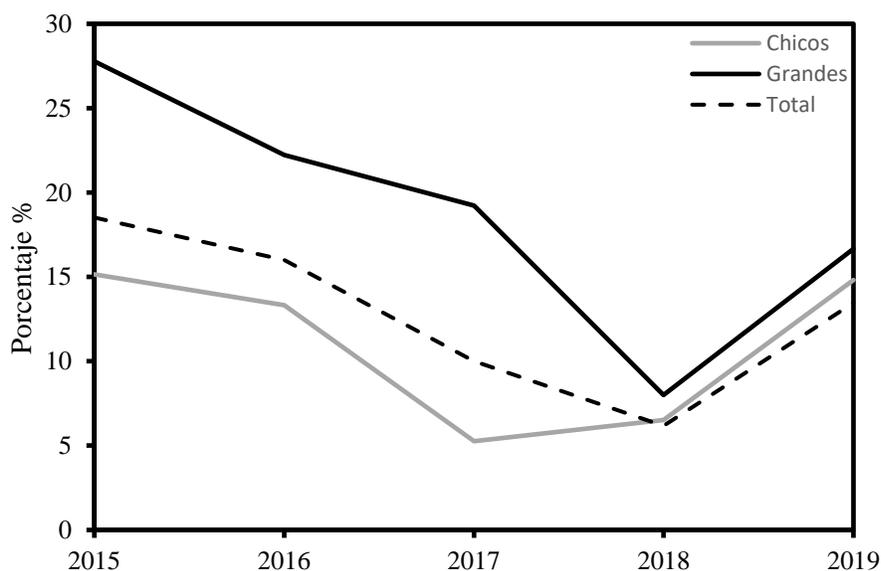
### 5.3 Desempeño productivo de la flota merluquera

#### 5.3.1 Representatividad de datos del programa de observadores a bordo

El programa de observadores a bordo comenzó a operar desde el año 2015, con técnicos en viajes de 10 embarcaciones diferentes, cerca del 20% del total de embarcaciones en esa temporada. En las temporadas 2016, 2017, 2018 y 2019 se cubrió el 16%, 10%, 6% y 13% respectivamente del total de embarcaciones que operaron en esos años (Fig. 18, Tabla 6).

**Tabla 6.** Número de barcos muestreados por el programa de observadores a bordo y total de embarcaciones por año (2015 – 2019).

Año	Observadores a bordo			Avisos de arribo		
	Chicos	Grandes	Total	Chicos	Grandes	Total
2015	5	5	10	33	18	54
2016	6	6	12	45	27	75
2017	2	5	7	38	26	70
2018	3	2	5	46	25	81
2019	4	3	7	27	18	52



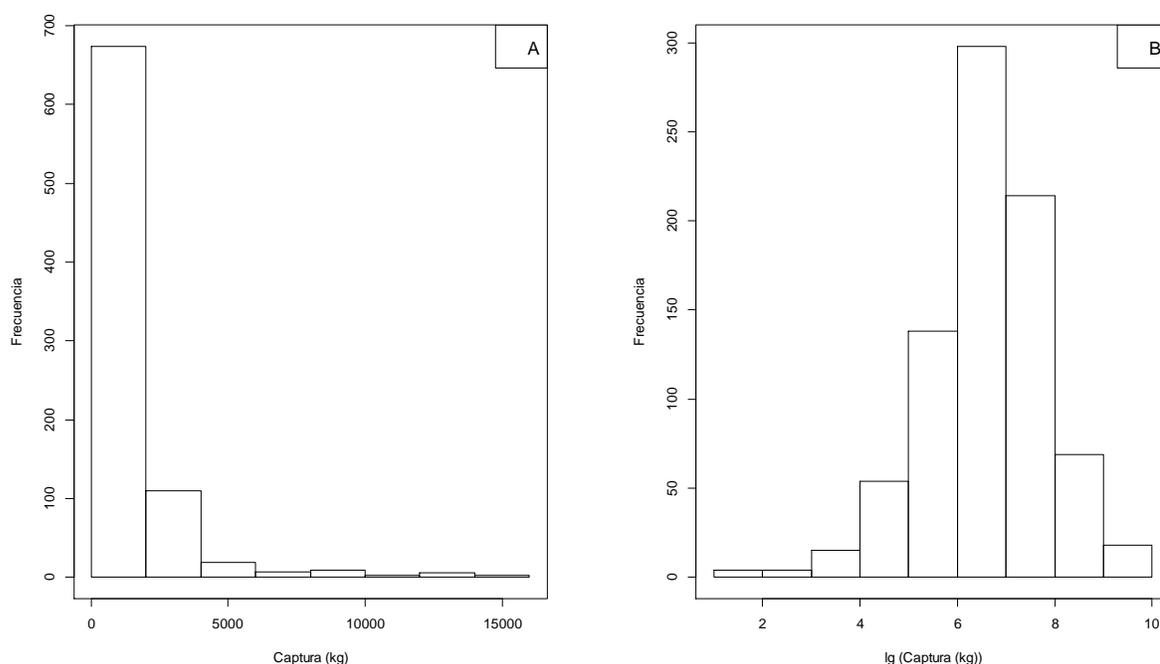
**Figura 18.** Porcentaje de embarcaciones merluqueras muestreadas por los observadores a bordo con relación al total de embarcaciones registradas en avisos de arribo por año.

En total, de 2015 a 2019 los observadores trabajaron en 25 embarcaciones diferentes que representan el 31% de las embarcaciones con permiso para el aprovechamiento de merluza.

Los registros indican que los barcos grandes muestreados de 2010 a 2021 fueron más productivos que los chicos. La captura por día de pesca de las embarcaciones muestreadas muestra un comportamiento similar, siendo los barcos grandes ligeramente más productivos que los barcos chicos en la mayoría de los años.

### 5.3.2 Desempeño productivo y relación con factores involucrados en su operación

El resultado de modificar los datos de CPUE, captura por lance, aplicando logaritmos naturales se observa en la Fig. 19. Se consideraron a los barcos chicos como referencia estándar, ya que representaron el 58% del total de la flota.



**Figura 19.** Captura por lance observada (A) y transformada con logaritmo (B).

#### 5.3.2.1 Modelo Intranual

Para el análisis del desempeño intranual se consideró la influencia de la semana del año y se contrastó sobre ésta el efecto del tipo de barco, tipo de red y horario del día (variables categóricas) y a la distancia recorrida durante el lance, la profundidad, la latitud y longitud (variables continuas). Considerando los valores AIC se desarrollaron cuatro modelos (Tabla 7). El más plausible, que considera las variables semana del año, duración del arrastre, latitud, tipo de red utilizada y horario del día. Este modelo muestra 31% de la devianza explicada.

Entre estas variables, la semana del año y la distancia recorrida suman más del 90% de la devianza total explicada por el modelo. El resto explica menos del 2% cada una (Tabla 8).

**Tabla 7.** Selección de modelo lineal general intranual de acuerdo con el criterio de Akaike.

Modelos lineales generalizados	AIC	Devianza %
1 $f(\ln CPUE) \sim \alpha + w_i + k_d + t_s + p_m + lt_q + ln_e + n_r + s_d + \varepsilon$	2443.4	31%
2 $f(\ln CPUE) \sim \alpha + w_i + k_d + t_s + lt_q + ln_e + n_r + s_d + \varepsilon$	2441.4	31%
3 $f(\ln CPUE) \sim \alpha + w_i + k_d + t_s + lt_q + n_r + s_d + \varepsilon$	2440.1	31%
4 $f(\ln CPUE) \sim \alpha + w_i + k_d + lt_q + n_r + s_d + \varepsilon$	2439.2	31%

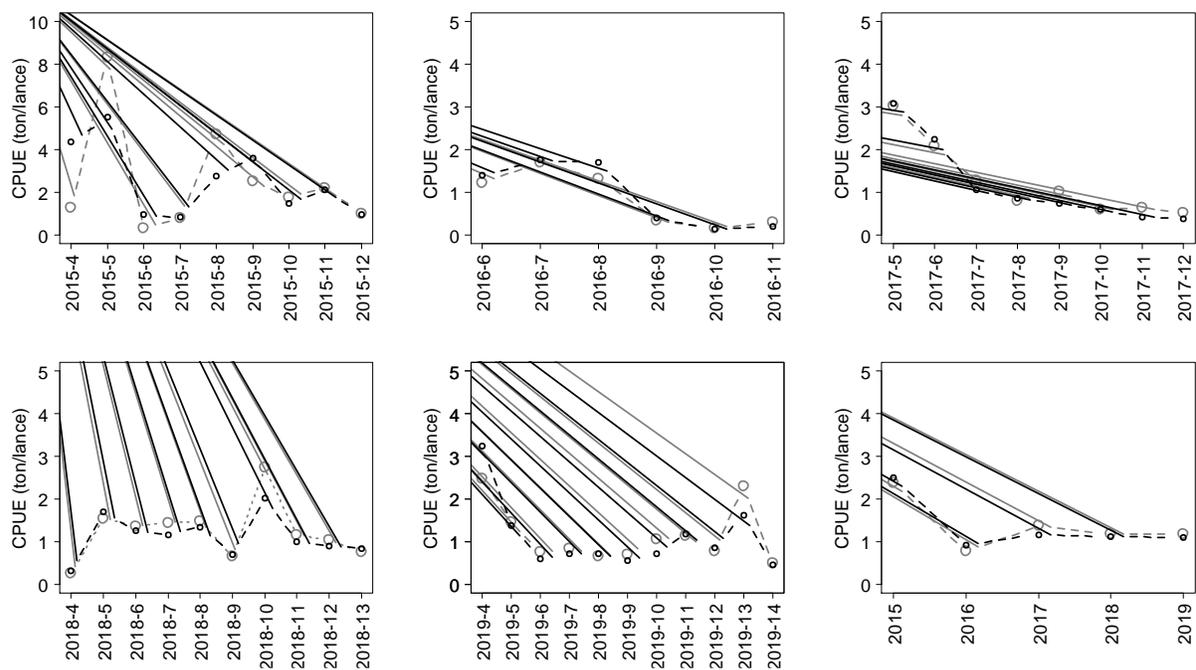
**Tabla 8.** Análisis de devianza explicada por el modelo intra anual.

	Grados libertad	Devianza	Grados libertad residuales	Devianza residual	Probabilidad ( $x^2$ )	Devianza explicada %
Hipótesis nula			813	1229.96		
Semana del año	43	312.92	770	917.04	2.90E-37 ***	80.8
Distancia (km)	1	55.42	769	861.63	1.32E-12 ***	14.3
Latitud	1	3.72	768	857.90	0.065985 *	1.0
Tipo de red	1	7.47	767	850.43	0.009189 **	1.9
Horario	2	7.71	765	842.72	0.030226 *	2.0

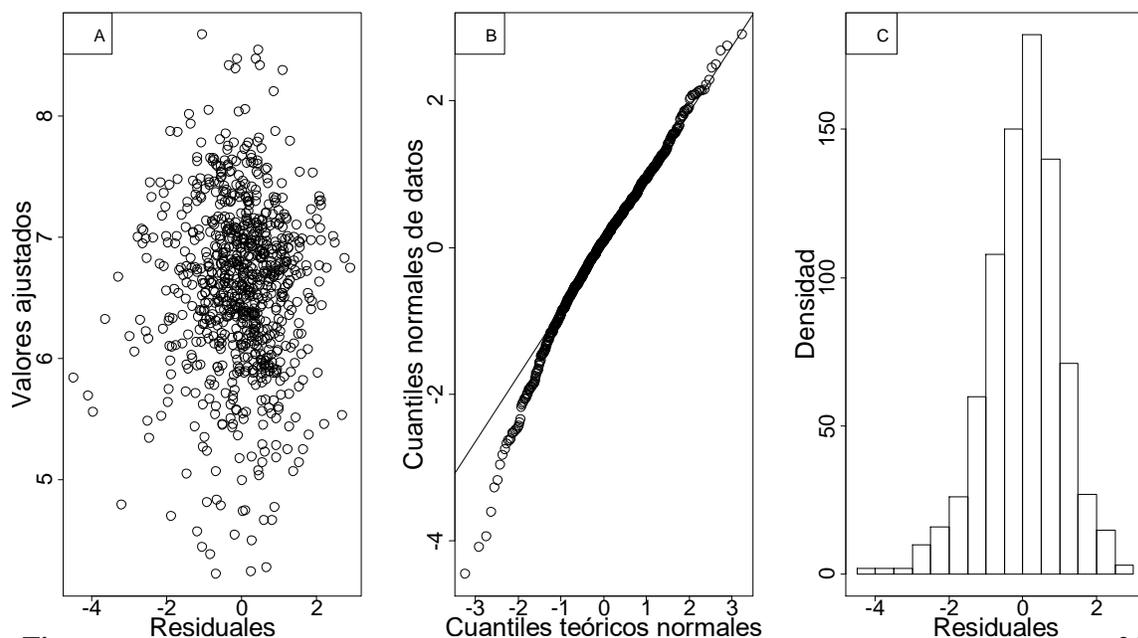
Códigos de significancia: 0 \*\*\* 0.001 \*\* 0.01 \*

Las estimaciones de CPUE muestran alta variabilidad y el promedio más elevado en 2015 (Fig. 20). En 2016, 2017 y 2019 se aprecia que la CPUE fue mayor al inicio de la temporada de pesca disminuyendo al transcurrir de las semanas. En la temporada 2018 la CPUE fue estable durante toda la temporada.

Los gráficos de diagnóstico del modelo intranual confirman el ajuste con el uso de la distribución normal, mostrando una distribución aleatoria de los valores ajustados y los residuales, sin evidencia de ninguna tendencia. La distribución de percentiles y de residuales son evidencia de la tendencia a una distribución normal en los residuales del modelo (Fig. 21).



**Figura 20.** Captura por lance estimado con el modelo lineal general (líneas grises) y datos observados (líneas negras) para las temporadas de 2015 a 2019.



**Figura 21.** Gráficos de diagnóstico para el modelo lineal general intranual: A) Valores ajustados vs. residuales, B) gráfico cuantil-cuantil, C) histograma de residuales.

### 5.3.2.2 Modelo Interanual sin interacciones

En el MLG con efectos interanuales y los valores de AIC muestran que todas las variables explicativas incluidas son significativas para explicar la variación interanual de la CPUE. El modelo explica el 11% de devianza, resaltando la importancia de las variables área, tipo de red y año, que contribuyeron con más del 60% del total de devianza explicada (Tabla 9).

**Tabla 9.** Análisis de devianza explicada por el modelo interanual sin interacciones.

	Grados de libertad	Devianza	Grados de Libertad residuales	Devianza residual	Probabilidad ( $x^2$ )	Porcentaje de devianza explicada %
Modelo nulo			813	1229.96		
Área	3	33.33	804	1161.98	2.29E-05 ***	26.23
Tipo de red	1	29.77	800	1102.88	3.37E-06 ***	23.43
Año	4	27.10	809	1202.86	0.00058 ***	21.33
Segmento del día	2	18.77	802	1143.21	0.0011 **	14.77
Tipo de barco	1	10.55	801	1132.66	0.0057 **	8.30
Profundidad	2	7.548	807	1195.31	0.0647 *	5.94

Códigos de significancia: 0 \*\*\* 0.001 \*\* 0.01 \*

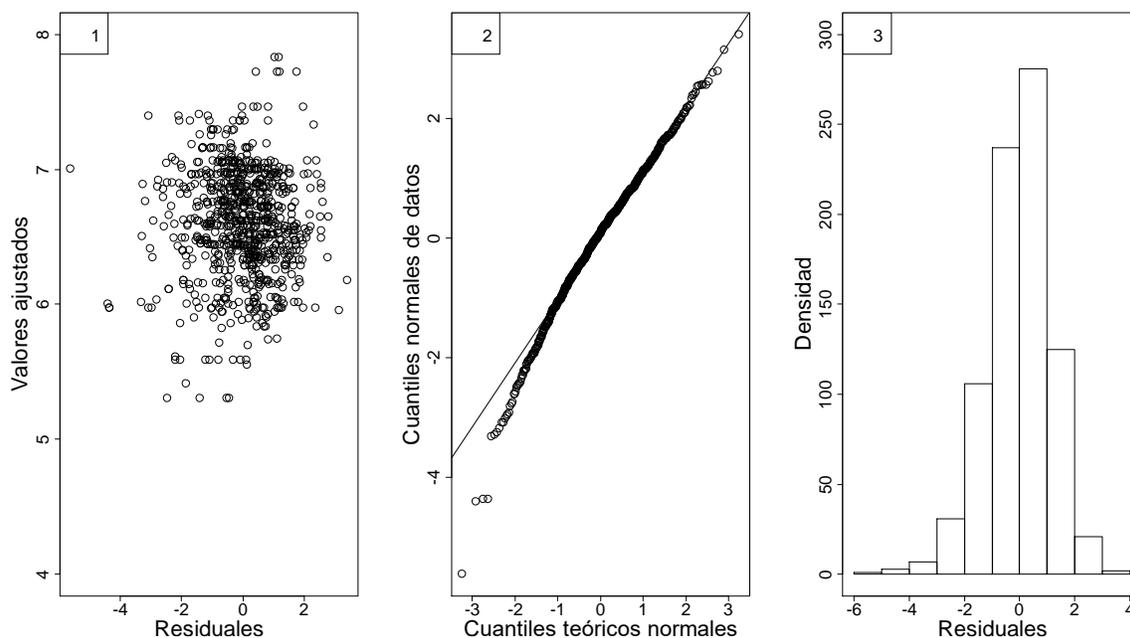
Los resultados del modelo sugieren que la CPUE, con relación al 2015, disminuyó al 42% en 2016, pero incrementaron al 69 y 78% en 2017 y 2018 respectivamente. En 2019 volvieron a decrementar al 56% (Tabla 10). También sugieren que las embarcaciones grandes pueden ser hasta 1.53 veces más productivas que las embarcaciones chicas, y que el uso de dos redes podría ser hasta 1.6 veces más eficiente que el uso de una sola red.

Los lances realizados al medio día resultaron ser 1.11 más productivos que los efectuados en la mañana; los lances en la tarde fueron los menos productivos. En los estratos de profundidad de 200 a 300 m y más de 300 m, los lances son hasta 1.81 y 1.35 veces más productivos que los lances entre 100 y 200 m (Tabla 10). Los gráficos de diagnósticos muestran un buen ajuste de la distribución de errores del modelo; no se aprecian tendencias en la varianza de los residuales y se observa que la distribución del error tiende a la normalidad (Fig. 22).

**Tabla 10.** Parámetros estimados por modelo interanual sin interacciones

Variables	Ln coeficientes	Coefficientes <sup>2</sup>
(Intercepto) <sup>1</sup>	6.23	506.73
2016	-0.85	0.42
2017	-0.37	0.69
2018	-0.24	0.79
2019	-0.57	0.57
Profundidad 2	0.59	1.81
Profundidad 3	0.30	1.35
Área 2	-0.40	0.67
Área 3	-0.39	0.68
Área 4	-0.54	0.58
Medio día	0.10	1.11
Tarde	-0.31	0.73
Tipo de barco 2	0.43	1.53
Tipo de red 2	0.47	1.60

<sup>1</sup>Representa la eficiencia productiva media del barco estándar (barco chico) en 2015, profundidad 1 y área 1.



**Figura 22.** Gráficos de diagnóstico para el modelo lineal interanual sin interacciones: A) Valores ajustados vs. residuales, B) gráfico cuantil-cuantil, C) histograma de residuales.

### 5.3.2.3 Modelo Interanual con interacciones

Para el MLG que evalúa el efecto de factores en el desempeño interanual, incluyendo interacciones, el AIC indica que las interacciones entre tipo de red y profundidad, tipo de red y área y, tipo de barco y área pueden excluirse del modelo. Entonces se utilizaron las variables año, tipo de barco, área de pesca, tipo de red y horario del día. Además, se incluyeron las interacciones entre año y área, profundidad y tipo de barco y, tipo de red y tipo de barco. Con este modelo se logra explicar casi una quinta parte de la variación (18%) de la CPUE (Tabla 11).

Todas las variables resultaron significativas, pero destacan área, tipo de red y las interacciones entre estas. La interacción más significativa fue entre año y área, representando un 31.6% del total de varianza explicada (Tabla 12). Los gráficos de diagnóstico confirman el ajuste del modelo y la distribución de errores para los datos utilizados (Fig. 23).

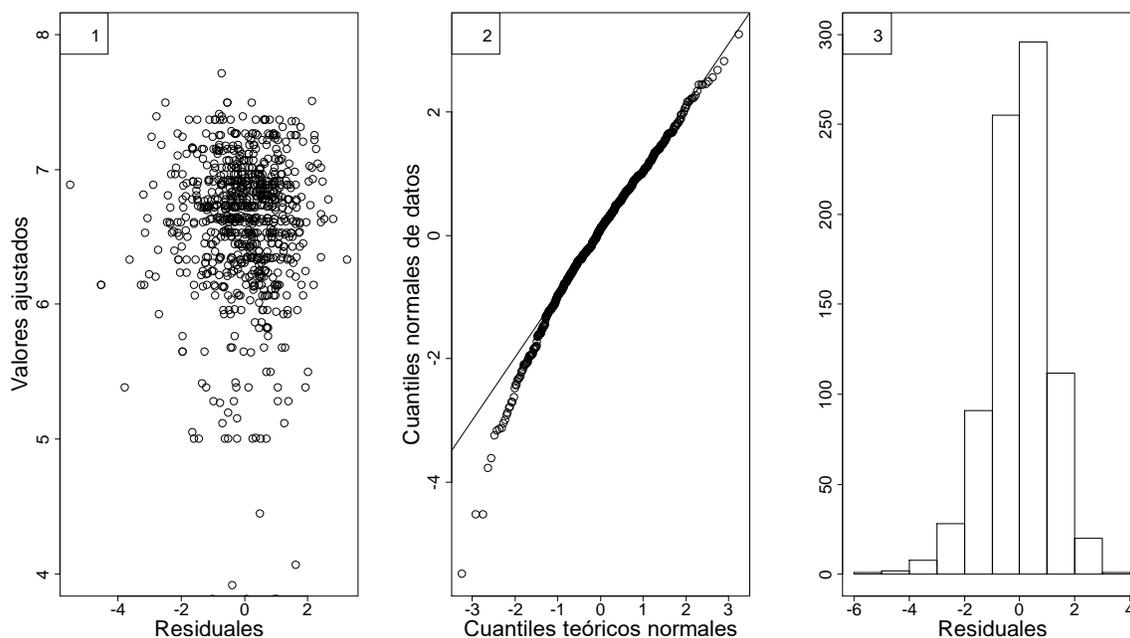
**Tabla 11.** Análisis de la devianza explicada por el modelo lineal generalizado interanual con interacciones.

Modelos lineales generalizados		AIC	Devianza %
1	$f(\ln CPUE) \sim \alpha + y_i + t_s + d_m + a_q + n_e + s_d + (d_m * t_s) + (a_q * t_s) + (a_q * y_i) + (d_m * n_e) + (a_q * n_e) + (t_s * n_e) + \varepsilon$	2551.1	19%
2	$f(\ln CPUE) \sim \alpha + y_i + t_s + d_m + a_q + n_e + s_d + (d_m * t_s) + (a_q * t_s) + (a_q * y_i) + (a_q * n_e) + (t_s * n_e) + \varepsilon$	2548.21	19%
3	$f(\ln CPUE) \sim \alpha + y_i + t_s + d_m + a_q + n_e + s_d + (d_m * t_s) + (a_q * t_s) + (a_q * y_i) + (t_s * n_e) + \varepsilon$	2545.59	19%
4	$f(\ln CPUE) \sim \alpha + y_i + t_s + d_m + a_q + n_e + s_d + (d_m * t_s) + (a_q * y_i) + (t_s * n_e) + \varepsilon$	2545.34	18%

**Tabla 12.** Análisis de devianza explicada por el modelo interanual con interacciones.

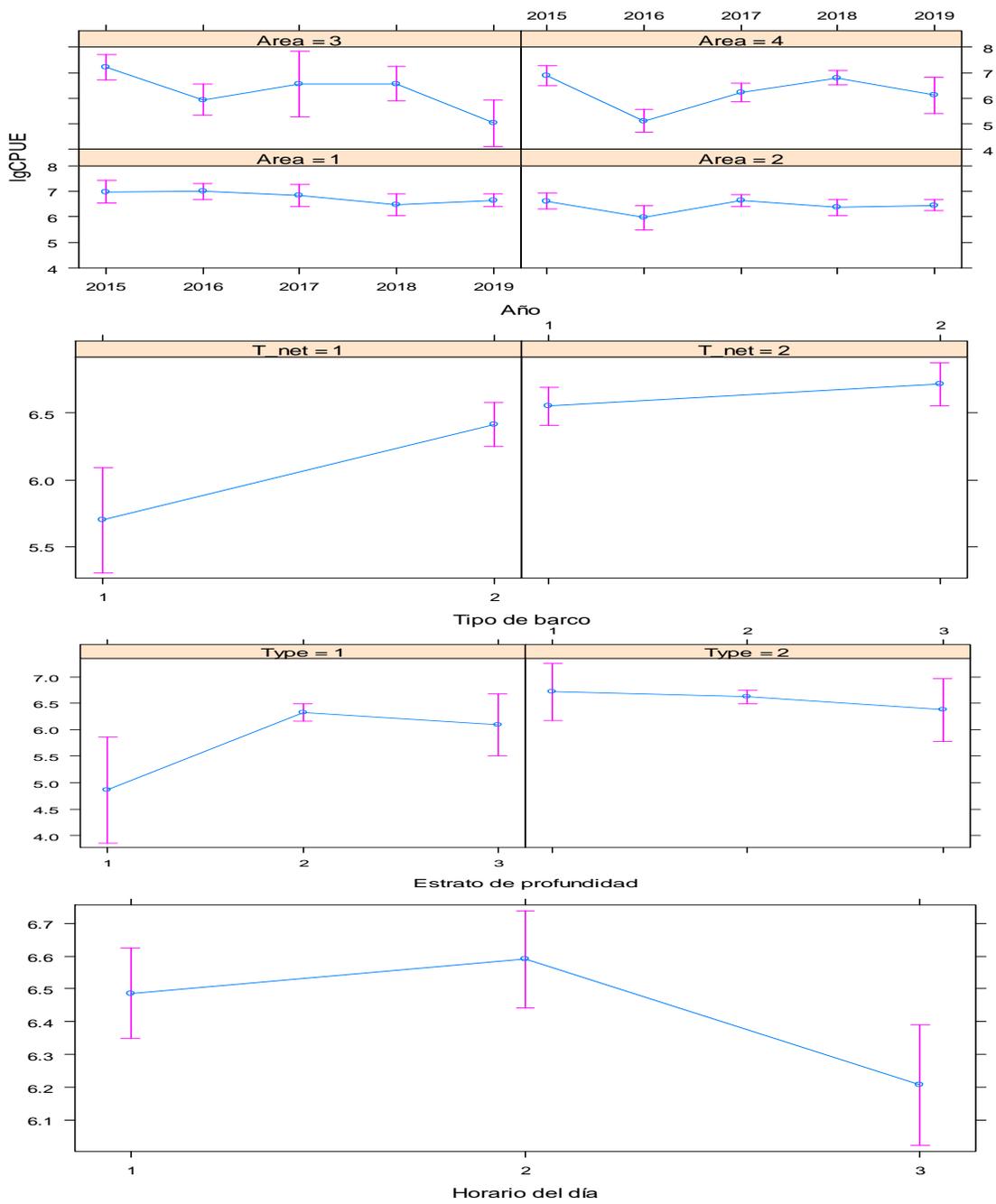
	Grados libertad	Devianza	Grados libertad residuales	Devianza residual	Probabilidad (x <sup>2</sup> )	Porcentaje devianza explicada
Modelo nulo			813	1229.96		
Área	3	33.33	804	1161.98	9.92E-06 ***	15.13
Tipo de red	1	29.77	800	1102.88	1.50E-06 ***	13.51
Año	4	27.10	809	1202.86	0.000306 ***	12.30
Segmento del día	2	18.77	802	1143.21	0.000677 ***	8.52
Tipo de barco	1	10.55	801	1132.66	0.004177 **	4.79
Estrato de profundidad	2	7.55	807	1195.31	0.053166 *	3.43
Año x Área	12	69.63	786	1016.86	2.58E-07 ***	31.60
Profundidad x Tipo de barco	2	16.39	798	1086.50	0.001710 **	7.44
Tipo de barco x Tipo de red	1	7.25	785	1009.61	0.017582 *	3.29

Códigos de significancia: 0 \*\*\* 0.001 \*\* 0.01 \*



**Figura 23.** Gráficos de diagnóstico para el modelo lineal interanual con interacciones: A) Valores ajustados vs. residuales, B) gráfico cuantil-cuantil, C) histograma de residuales..

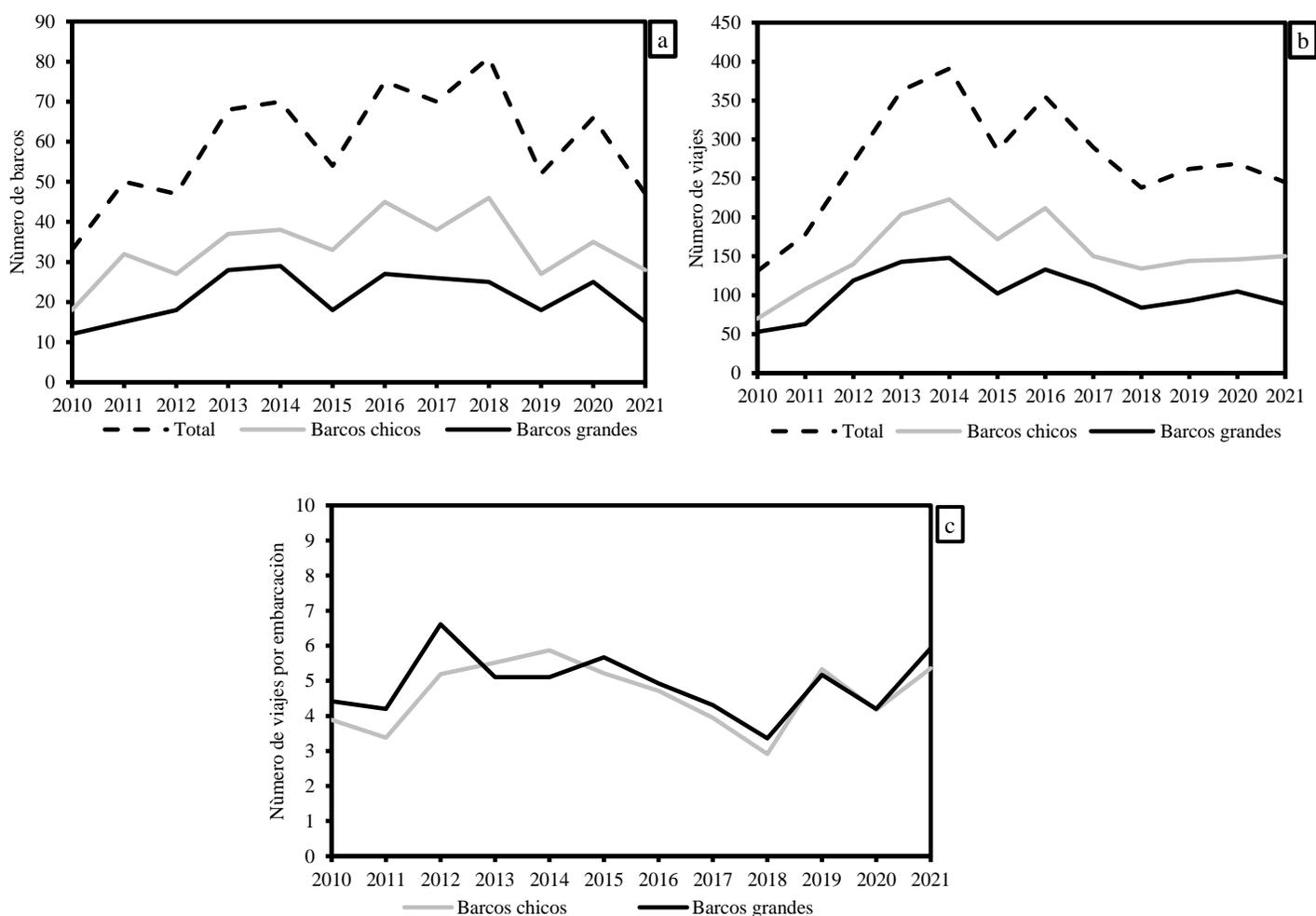
En la Figura 24 se muestran los efectos parciales de las interacciones incluidas en el modelo sobre la variación del CPUE. Se aprecia como las áreas 1 y 2 se presentan como espacios geográficos en los que el desempeño productivo de las embarcaciones es estable, a diferencia de las áreas 3 y 4 donde la variabilidad en el CPUE es mayor. También, se aprecia como las embarcaciones grandes (Tipo 2), fueron más eficientes que las embarcaciones chicas independientemente del estrato de profundidad, en el mismo sentido, las embarcaciones grandes, se mostraron más eficientes que las chicas independientemente del tipo de red que utilizaran, al igual que los barcos de dos redes, mostraron un mejor desempeño que los barcos de una red. El horario en donde se presentaron las mayores tasas de captura fue el medio día, seguido por el horario de la mañana y en tercer lugar el horario de la tarde (Fig. 24).



**Figura 24.** Efectos parciales en CPUE según MLG interanual con interacciones.

## 5.4 Capacidad y eficiencia de la flota

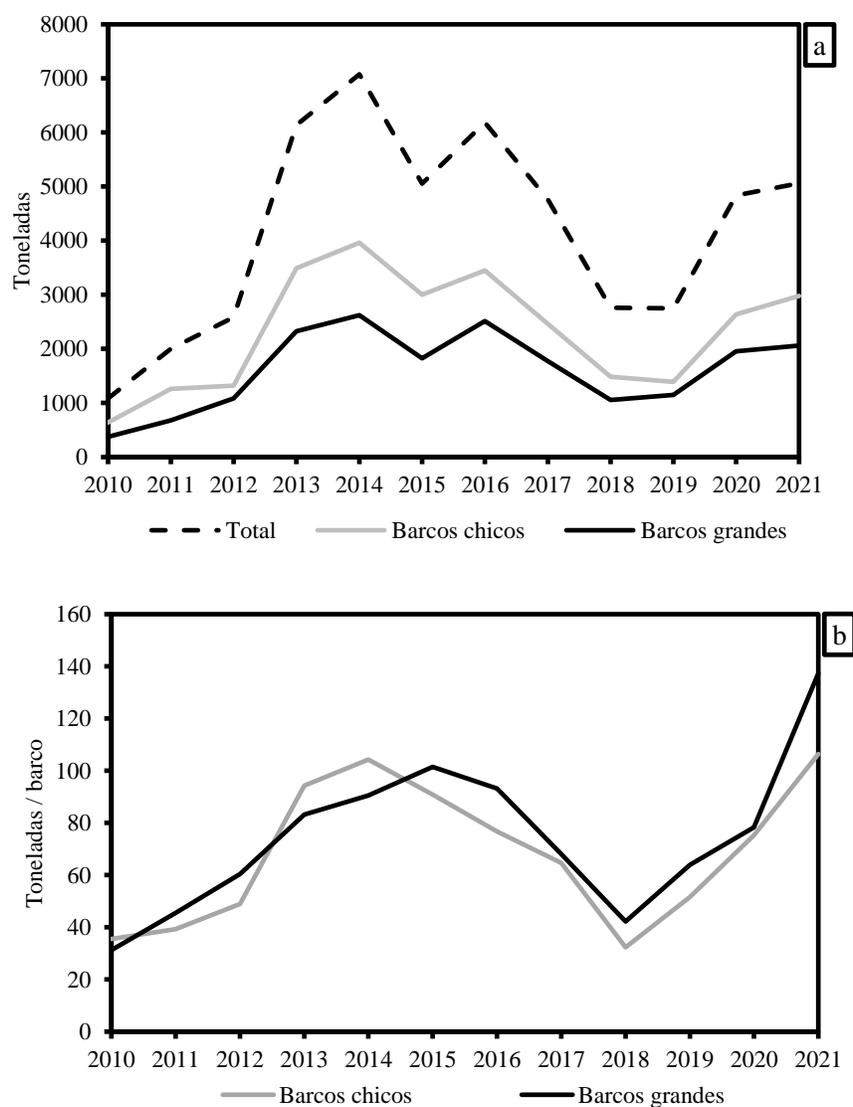
El número de barcos chicos y grandes por año, en el periodo 2010 a 2021, presenta tendencias similares, con predominancia de embarcaciones chicas (Fig. 25a). En 2018 el registro de captura de merluza lo efectuaron 81 barcos; en 2010 trabajaron 33 barcos y en 2021, 47. La cantidad de viajes de barcos chicos fue superior en toda la serie, siendo 2014 y 2016 cuando se presentó la mayor actividad, con 391 y 355 viajes respectivamente (Fig. 25b). También se observó un decremento en la cantidad de viajes a partir del 2017. El número de viajes por tipo de barco por año fue similar en toda la serie (Fig. 25c).



**Figura 25.** Número barcos (a) de viajes (b) y de viajes por tipo de barco (c) (2010 – 2021).

La captura anual por tipo de barco se comporta de forma similar, con una evidente relación entre captura y número de viajes, siendo los barcos chicos los que registran mayor

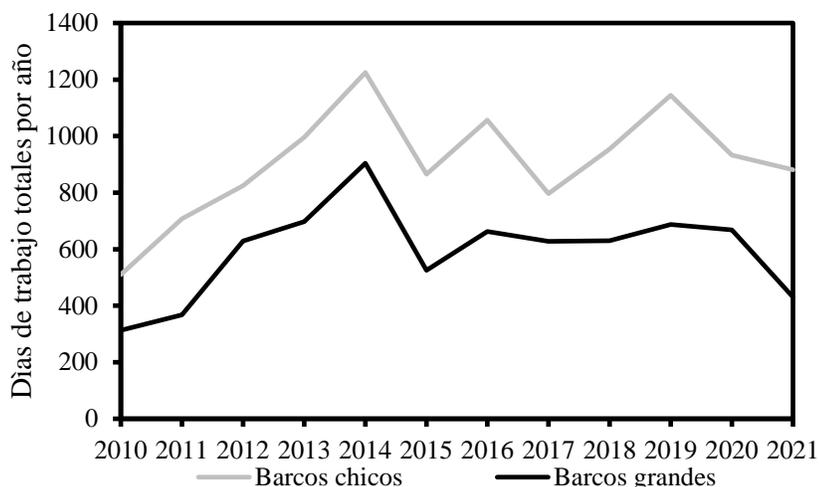
captura. En 2014 y 2016, los barcos chicos alcanzaron una producción de 4,000 t; los barcos grandes 2,500 t. A partir del 2017 se aprecia un decremento en la captura anual para ambos tipos de embarcaciones y una posible recuperación en 2020 (Fig. 26a). La captura promedio anual por tipo de barco fue ligeramente mayor en los barcos grandes en todos los años, salvo en 2013 y 2014 (Fig. 26b).



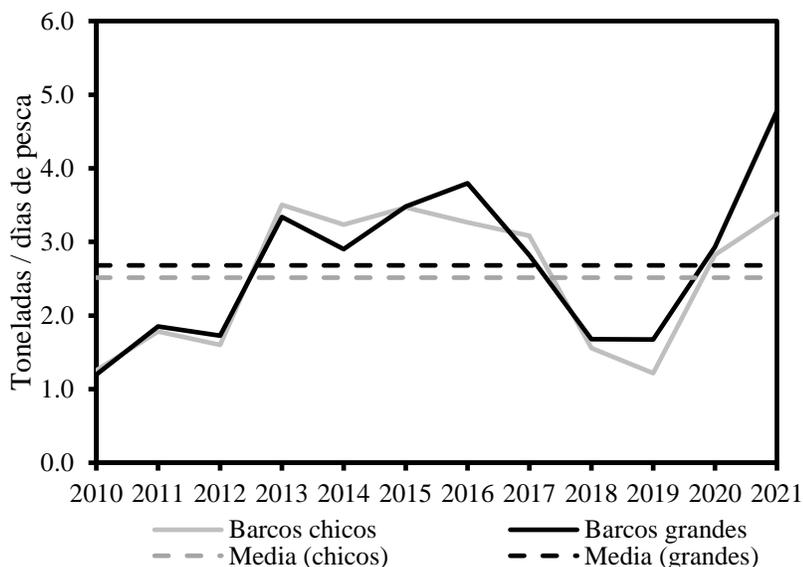
**Figura 26.** (a) Captura total y (b) Captura por tipo de barco (2010 al 2021)

Los barcos chicos pescan más días que los grandes (Fig. 27). La captura por día de pesca indica que los barcos grandes son más eficientes, pero sin diferencias significativas ( $p$

> 0.05). La captura por día de pesca promedio es ligeramente mayor para los barcos grandes (Fig. 28).



**Figura 27.** Número total de días de pesca por tipo de barco durante 2010 al 2021.



**Figura 28.** Captura por día de pesca por tipo de barco de 2010 a 2021.

Los resultados indican el incremento de la captura promedio de barcos chicos, de 36 - 32 t en 2010 y 2018, a 104 - 106 t en 2014 y 2021. Su mayor registro fue en 2014 con 3,963 t generadas por 38 barcos. El año menos productivo fue 2010 con 640 t generadas por 17 embarcaciones mostrando un promedio de 35 t/barco (Apéndice 1). Los años con mayor número de días de pesca fueron 2014, 2016 y 2019 acumulando entre todas las embarcaciones

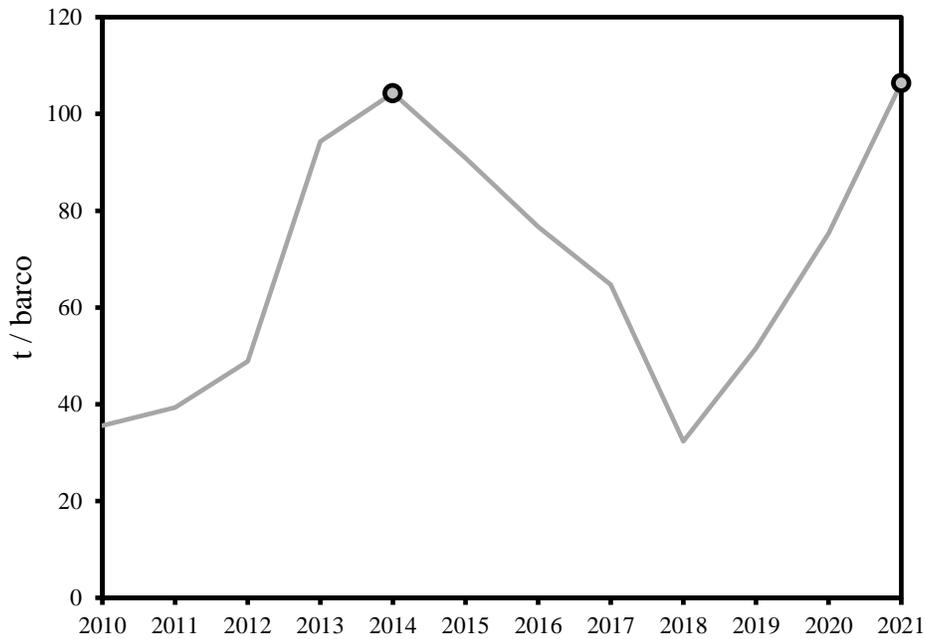
más de mil de días. No obstante, la captura por día de pesca fue mayor en 2013 y 2015, con 3.5 t/día, seguidos de 2014 y 2016 con 3.2 y 3.3 t/día. El número promedio de días de pesca por año varió entre 21 y 42 por embarcación.

Con referencia a las embarcaciones grandes, la captura promedio por embarcación por año varió de 31 t con 11 barcos en 2010 a 137 t con 15 barcos en 2021. Su mayor producción, ocurrió en 2013, 2014 y 2016, con 2,328, 2,623 y 2,516 t con 28, 29 y 27 embarcaciones respectivamente (Apéndice 2). El promedio operacional anual de días de pesca por este segmento de la flota osciló los 600 días por año, siendo el año 2014 cuando se ejerció el mayor esfuerzo con una acumulación de 904, con una media por embarcación que varía entre 24 y 38 días.

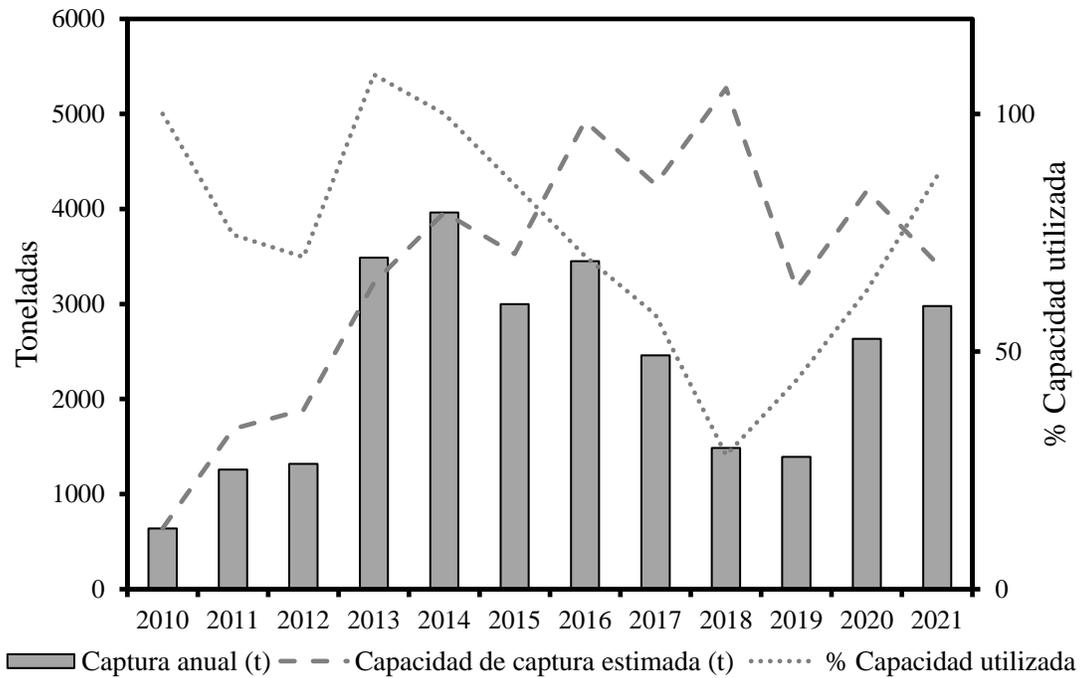
#### **5.4.1 Análisis Pico a Pico**

Los años pico para los barcos chicos en este análisis fueron 2014 y 2021, con 104 y 106 t/barco (Fig. 29). Los resultados indican que la capacidad de captura de los barcos chicos ha variado de 640 a 4,925 t. En 2010, 2013 y 2014 se utilizó el 100% de la capacidad estimada. En 2018 y 2019 la capacidad de la flota fue utilizada por debajo del 50% de su potencial, pero se aprecia un incremento de utilización en los últimos dos años del periodo analizado (Fig. 30, Apéndice 3).

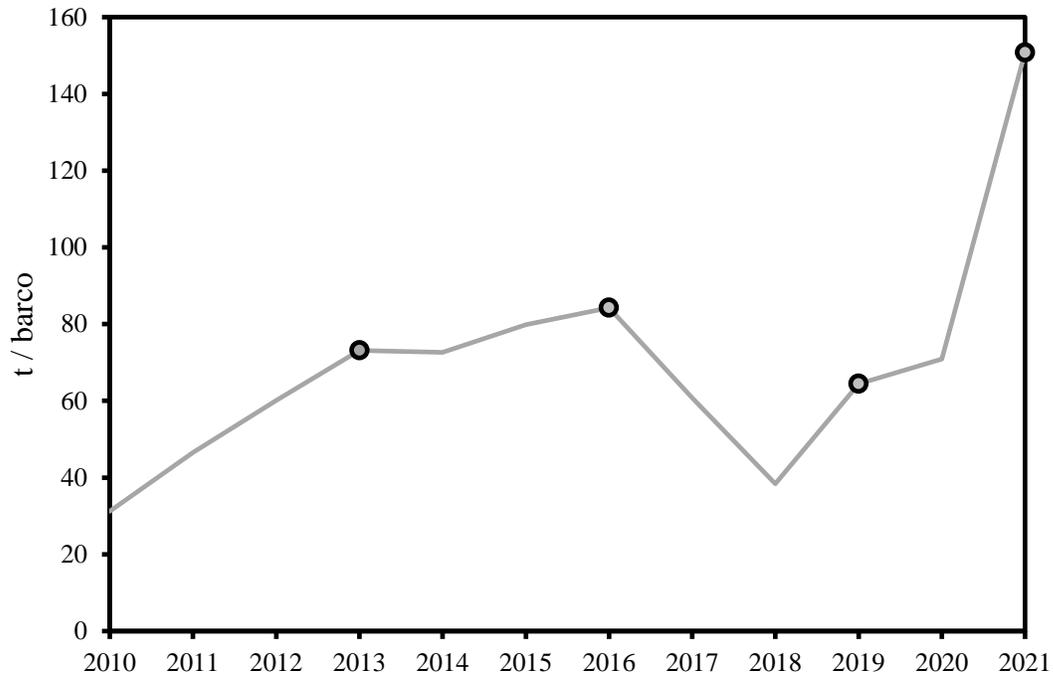
Los años pico para los barcos grandes fueron 2013, 2016, 2019 y 2021, con 73, 84, 38 y 151 t/barco (Fig. 31). Los resultados indican que la capacidad de estos barcos ha variado de 375 a 3,252 t. La utilización de la capacidad estimada estuvo por arriba del 90% hasta 2016. A partir del 2017 disminuyó a menos del 50% de su potencial, siendo 2018 cuando se estimó el mínimo; desde entonces se presenta un repunte en la captura (Fig. 32); en el 2021 se presentó un incremento significativo en el uso de la capacidad (Apéndice 4).



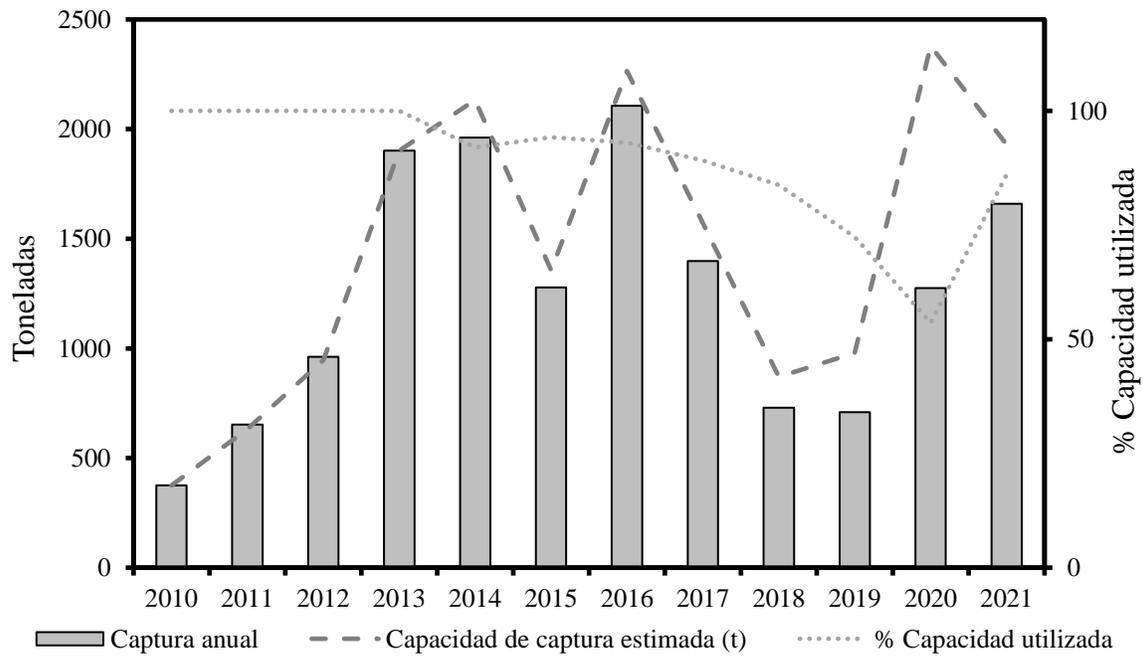
**Figura 29.** Toneladas por barco chico y puntos para el análisis Pico a Pico.



**Figura 30.** Captura registrada, capacidad de captura y uso de la capacidad: barcos chicos.



**Figura 31.** Captura por barco grande por año y picos de usados en el análisis.



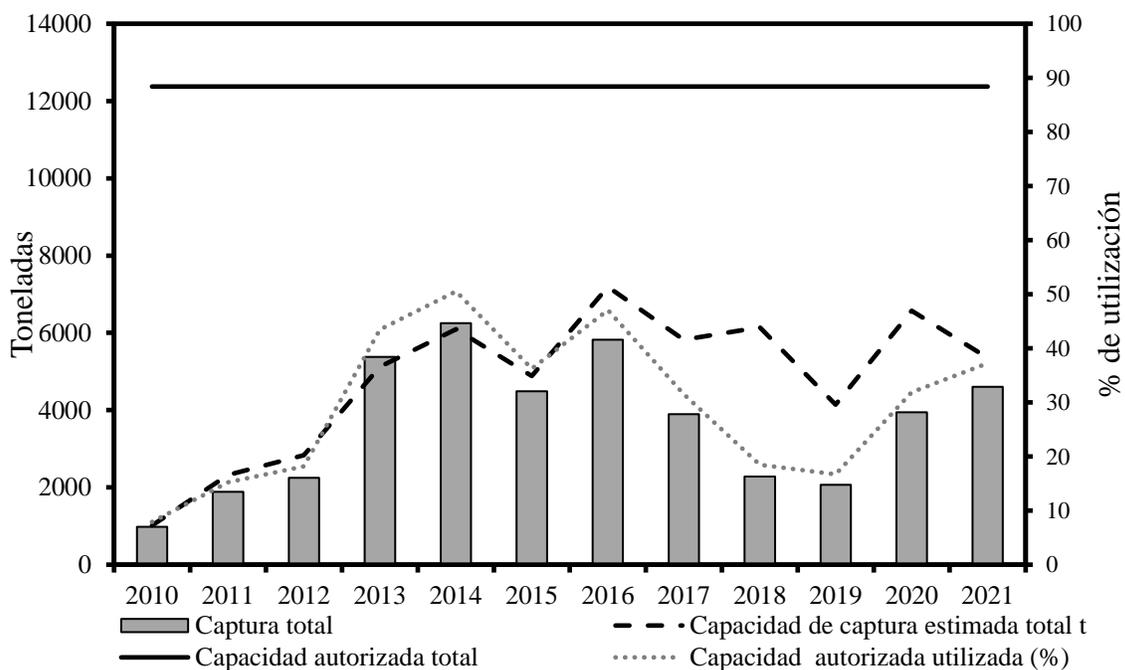
**Figura 32.** Captura registrada, capacidad de captura estimada por año y utilización de la capacidad de las embarcaciones grandes.

### 5.4.2 Capacidad de captura (método de Capturas Máximas Históricas)

Respecto a los resultados de la estimación de la capacidad de producción autorizada, se observó que a partir del año 2019 operaron 84 embarcaciones, pero en la base de datos de los atributos de las embarcaciones sólo se reconocieron 45 barcos chicos (60% de la flota) y 30 grandes (40%).

Los resultados estimados muestran que la capacidad de captura máxima autorizada para 45 barcos chicos es de 7,000 t. Esto indicaría que los barcos chicos generalmente han utilizado menos del 50% de su capacidad. La capacidad autorizada que se estimó de los 30 barcos grandes fue de 5,350 t, lo que implica que de manera general han utilizado menos del 40% (Apéndice 5).

La capacidad de producción máxima estimada de la flota (barcos chicos y grandes) es de 12,370 t, y se ha utilizado menos del 50% en todo el periodo analizado. Los valores máximos de capacidad de captura de la flota con los APP y de registros CMH varió de 7,190 t a 12,374 t (Fig. 33).



**Figura 33.** Captura registrada, capacidad de captura estimada por año (pico a pico), capacidad máxima de producción autorizada y utilización de la capacidad de la flota.

## 6. DISCUSIÓN

El monitoreo de la dinámica de flotas en cualquier pesquería es de suma relevancia porque a través de los patrones productivos espaciales y temporales permite reconocer la pertinencia de ciertas normativas para alcanzar o mantener los niveles máximos de producción en el aprovechamiento pesquero. En el caso de la pesca de merluza en el norte del Golfo de California, su incremento productivo, de alrededor del 200% en la segunda década de operación, refleja su consolidación como una pesquería con potencial de desarrollo y abre la necesidad de realizar estudios en temas de biología de la especie, tecnología de captura, procesamiento, conservación y distribución, rentabilidad y de manejo (Ramírez-Rodríguez & Almendarez-Hernández, 2014; Ramírez-Rodríguez, 2017; Dentón-Castillo, 2018; Zamora-García *et al.*, 2020).

En este marco, los resultados del presente trabajo contribuyen al conocimiento oportuno para el manejo de esta pesquería, pues aportan al conocimiento básico que requieren el diseño y aplicación de medidas normativas, como el uso de cuotas y la limitación del número de embarcaciones (Cunningham & Gréboval, 2001; Tsitsika *et al.*, 2008; SAGARPA, 2018; Alvarez-Trasviña *et al.*, 2020). En ambos tipos de medidas son relevantes los estudios sobre la estructura, funcionamiento y capacidad productiva de la flota (Aguero, 2007).

La adaptación de métodos para reconocer la heterogeneidad en la flota pesquera y analizar su desempeño son un paso sólido para la comprensión de la dinámica de la flota, porque abren la oportunidad de diferenciar y valorar el alcance productivo de las embarcaciones según sus atributos (Hilborn & Walters, 1992). En los resultados de la caracterización de embarcaciones en este trabajo se consideró la relación entre la potencia del motor, la capacidad de bodega y la eslora de los barcos, que son atributos que han demostrado estar relacionados con la capacidad de pesca (Maunder & Punt, 2004; Venables & Dichmont, 2004; Carruthers *et al.*, 2011; Glazer & Butterworth, 2014).

En este sentido, el reconocimiento de dos unidades de manejo, barcos chicos y barcos grandes, aporta a la gestión de cuotas de captura por barco, considerando la capacidad máxima de captura de toda la flota y la proporción de uso por tipo de barco. Esto permitirá

buscar que la suma de cuotas individuales de captura no sobrepase las estimaciones de captura total permitida, relacionada con la biomasa disponible de merluza. El análisis pretende diferenciar los montos de captura (cuotas) por tipo de barco y también que la capacidad autorizada no se incremente por razón de cambios en el poder de pesca, bien por introducción de nuevas tecnologías o por sustitución de embarcaciones. No obstante, es indispensable incluir lo correspondiente a la rentabilidad de dos tipos de barcos con fines de alcanzar un nivel deseable de equitatividad en la distribución de las cuotas.

Dado que la captura de merluza se realiza sobre aglomeraciones reproductivas (Denton-Castillo, 2018), el reconocimiento y la identificación de áreas de pesca específicas permitiría considerar restricciones espaciales con fines de conservación, considerando los aspectos reproductivos. No obstante, los resultados sobre distribución del esfuerzo de pesca demuestran que la flota no se concentra en algún lugar específico de forma continua. Durante los cinco años de muestreo por observadores a bordo, no hay evidencia de preferencia por el área de pesca, pero sí por profundidades mayores a 200 m. Bailey et al. (1982) reporta que la merluza en aguas del Pacífico frente a California, EUA, llega a distribuirse hasta los 500 m de profundidad.

El análisis de la dinámica y desempeño de la flota también es una contribución útil al desarrollo de un sistema de manejo por cuotas de capturas para embarcaciones porque se reconocen los cambios en la eficiencia productiva de acuerdo con los tipos de barcos asociándose a aspectos relacionados a la disponibilidad espacial y temporal del recurso. Sin embargo, y debido a la falta de datos sobre la tecnología implementada (radio sondas, GPS, entre otras) y la experiencia de los pescadores, no se determinaron los efectos parciales de forma precisa de todos estos factores que también contribuyen al poder de captura. Esta información puede ser importante para los propietarios de las empresas pesqueras cuando inviertan en innovaciones tecnológicas para aumentar la eficiencia (Quijano *et al.*, 2018; Zhang *et al.*, 2018).

Es importante adaptar los métodos y modelos a partir de la información disponible, recordando que la calidad de los datos afecta a los resultados de los modelos (Benoit & Allar, 2009; Campbell, 2015). Para este ejercicio, la información generada por técnicos observadores capacitados se consideró confiables para desarrollar los modelos lineales

generalizados, contribuyendo a una buena estimación de la CPUE y a la posible aplicación de medidas relacionadas con la eficiencia pesquera por tipo de barco. En este tenor, esta fuente de información fue representativa en más del 10% en todos los años salvo en 2019. No obstante, los datos recabados son consistentes con los datos reportados en los registros oficiales de avisos de arribo por las embarcaciones muestreadas.

En los modelos lineales generalizados que se desarrollaron se logró un buen ajuste, esto después de seguir las recomendaciones, para transformación, normalización y análisis (Soto *et al.*, 2002; Battaile, 2004; Ortiz & Arocha, 2004; Braccini *et al.*, 2012). Las variables elegidas de acuerdo con el criterio de información de Akaike contribuyeron significativamente a la devianza explicada total de los modelos, sin incurrir en la sobreparametrización (Maunder & Punt, 2004). Destaca que el uso de dos redes puede ser más eficiente que una red (1.6 veces más) y la influencia negativa de la pesca por la tarde en la CPUE, que probablemente estaba relacionado con las migraciones nictemerales que se han reportado para la merluza del Pacífico (Hamel *et al.*, 2015).

El modelo intranual permitió inferir que el desempeño productivo de las embarcaciones está altamente sujeto a el transcurrir de la temporada, sugiriendo que la concentración de merluza en el estrato de profundidad en el que operan las embarcaciones es temporal, y resalta la importancia para los productores de incorporarse a la pesquería lo más temprano posible de la temporada de pesca. Otro factor de importancia en este modelo fue la distancia recorrida por el barco, lo que es consistente con lo que se ha reportado sobre el funcionamiento de las redes, estas pueden llegar a saturarse de organismos a tal grado de llegar perder selectividad (Lara-Mendoza, 2015; Zamora-García & Stavrinsky 2016; Zamora-García *et al.*, 2017; Zamora-García & Stavrinsky, 2018; Zamora-García & Stavrinsky, 2019, Zamora-García *et al.*, 2020).

El modelo interanual sin interacciones indica que los barcos grandes pueden ser hasta 1.53 veces más eficientes que los pequeños. Sin embargo, no se analizaron los costos de operación para cada tipo de barco, pero es probable que estén relacionados con el consumo de combustible dado el tamaño de los barcos, el caballaje de sus motores y los días de viaje, el combustible representa el costo más alto para la operación pesquera (Ramírez-Rodríguez & Almendarez-Hernández, 2014). La rentabilidad del barco depende del total de capturas

desembarcadas y del precio del producto, por lo que el número total de barcos de cada tipo, las cuotas de captura individuales y las capturas permisibles deben estar bien relacionados (Ramírez-Rodríguez, 2017).

La variabilidad del coeficiente que relaciona la abundancia y el año muestra una disminución del 42% en la abundancia al principio de la serie y luego un aumento de hasta el 79%. Zamora *et al.* (2020) encontraron resultados similares que en conjunto sugieren que durante el periodo analizado la tasa de captura (CPUE) no es proporcional a la abundancia. Es importante considerar que, si la captura de merluza aprovecha las agregaciones reproductivas, los datos podrían estar representando una situación de hiperestabilidad, en que la CPUE se mantiene estable mientras la abundancia disminuye (Hilborn & Walters, 1992). Por otra parte, las tendencias de capturas anuales serían de mucha importancia para valorar posibles efectos de la instauración de un sistema de cuotas de captura (Maunder *et al.*, 2006).

En el modelo que incorpora interacciones, la que ocurre entre año y área de pesca fue la más significativa y, junto con la interacción entre tipo de barco y profundidad, indican que probablemente la abundancia de merluza varía de tal forma que no debe descartarse la posibilidad de definir zonas de pesca específicas para la gestión de su pesca.

La interacción del tipo de barco y el tipo de red también fue significativa y, dado que los barcos grandes con dos redes son los más eficientes, es conveniente revisar con mayor detalle sus implicaciones en la capacidad de la flota, especialmente si se plantea la hipótesis de que todos los barcos quisieran operar con dos redes. Además, es bien sabido que la inversión en nuevas tecnologías de captura conduciría, en principio, a un mayor poder de pesca (FAO, 2008) y a una mayor capacidad de la flota. Esto debe evaluarse también en el contexto de evitar la sobrecapitalización de la flota y su relación con la sobreexplotación de los recursos.

Por otro lado, no se evaluaron la evolución de las habilidades de los capitanes y las variables ambientales, pero también pueden afectar la tasa de captura. Es importante definir qué variables ambientales podrían tener más importancia en la dinámica poblacional de la merluza y entonces estandarizar sus efectos en la CPUE para obtener tendencias más

precisas, tomando en consideración las propuestas de Punt *et al.* (2000), Battaile (2004), Mahévas (2004) y Carruthers *et al.* (2011).

En el caso de la estimación de la capacidad, si bien una dificultad particular para interpretar los resultados de los APP en la pesca es que no se tienen en cuenta los cambios en el nivel de la población, se considera como supuesto que los cambios en la productividad se deben más bien a los cambios en la tecnología (Agüero, 2007). Por lo que hay que prestar atención a no considerar el pico principal como el último pico de la serie, ya que todos los demás años mostrarán una disminución constante abriendo a la posibilidad de que la técnica sobreestime la producción de la capacidad y la utilización de esta (Hsu, 1999). No obstante, los resultados de los dos métodos utilizados (APP y CMH) sugieren que la capacidad de captura máxima, para barcos chicos y para barcos grandes, no se aprovecha al cien por ciento. Esto podría relacionarse con las decisiones de los pescadores al escoger áreas y tiempos de pesca, con limitaciones técnicas para el manejo, procesado y conservación de la captura, y con efectos de la demanda y precios del producto desembarcado. Estos factores deberían ser considerados en estudios posteriores sobre la eficiencia de la flota en términos de rentabilidad y sostenibilidad.

En el caso de la estimación de la mayor capacidad productiva de la flota con el APP para las embarcaciones chicas y grandes (año 2018 y 2020, respectivamente) se obtiene una cantidad que oscila las 8,400 toneladas que representa el 17% de la estimación de biomasa total disponible más reciente (INAPESCA, 2014), lo que permite suponer un escenario inicial con una cuota de captura individual por temporada, sin distinguir entre tipos de barcos, de 105 t por barco- Considerando un precio promedio en los últimos diez años de \$10.54, generaría un ingreso de \$1,105,650 para cada embarcación, lo que representa un aproximado de \$385,000 más en el ingreso estimado por Ramírez-Rodríguez & Almendarez-Hernández (2014) para una unidad representativa de producción tipo, por concepto de la producción exclusivamente de merluza. La estimación de la cuota individual en este escenario es similar a los límites propuestos por Ramírez-Rodríguez (2017).

Con el método de CMH, se logró una estimación de capacidad productiva de las embarcaciones con permiso (chicas y grandes) de 12,374 t, que representa el 25% de la estimación de la biomasa disponible realizada por el INAPESCA (2014). Con esta

estimación, las cuotas individuales por embarcación rondarían las 154 toneladas por temporada para cada barco y considerando el precio promedio de la merluza en los últimos diez años, el valor de la captura desembarcada alcanzaría \$1,623,160 en el máximo nivel de producción de cada embarcación, lo que a su vez, si lograsen producir su máximo y encontrar mercado para el producto, representaría un aproximado de \$900,000 más en el ingreso estimado por Ramírez-Rodríguez & Almendarez-Hernández (2014). Esta estimación podría considerarse precautoria porque se basa en un escenario en donde cada barco produciría su máximo histórico.

La decisión de establecer un límite al número de embarcaciones con permiso para pesca de merluza en el norte del Golfo de California representa una decisión de conservación del stock a largo plazo para una pesquería relativamente joven (Eigaard *et al.*, 2014). Actualmente esta pesquería no muestra evidencias de sobrecapacidad de la flota y la intención administrativa debería ser mantener este estado. Lo recomendable es no incrementar el esfuerzo ni el poder de pesca de la flota, monitorear la dinámica de la flota, incluir análisis de rentabilidad económica específica para los dos tipos de embarcaciones y complementar los resultados con los que se deriven del análisis de la dinámica del stock de merluza en el Golfo de California. Los resultados de este trabajo evidencian la posibilidad de iniciar la aplicación del sistema de cuotas de capturas individuales, con una cuota que asegure los ingresos económicos necesarios del tipo de embarcación grande.

## **7. CONCLUSIONES**

El análisis de atributos que influyen en la capacidad de pesca de las embarcaciones de la flota merlucera del norte del Golfo de California permitió reconocer dos tipos de barcos, chicos y grandes, que presentan diferencias en su rendimiento de captura relacionadas con el uso de una o dos redes, el área de pesca y la profundidad. La definición de las cuatro áreas de pesca permitió caracterizar en mapas temáticos la dinámica de la flota distribuyendo su esfuerzo de pesca en la región, sin embargo, la distribución de los lanches sugiere que el stock de merluza aprovechado no presenta una afinidad por alguna zona específica.

Los modelos lineales generalizados aplicados contribuyen a valorar la captura por unidad de esfuerzo y a la posible instrumentación de medidas de manejo relacionadas a la

eficiencia de captura por tipo de barco. Es importante la adaptación de métodos y modelos basados en los datos disponibles, recordando que su calidad afecta los resultados.

Los resultados sugieren la necesidad de valorar los posibles cambios en el sistema de pesca para mejorar el rendimiento de los barcos. Hay que considerar los efectos de incrementar el poder de pesca de la flota y sus relaciones con la experiencia de los pescadores, las variables ambientales, las inversiones en equipos, costos de operación y mantenimiento, y la conservación y presentación de los productos desembarcados.

Respecto a la capacidad de pesca de la flota, los resultados indican que la capacidad de pesca actualmente autorizada ha sido utilizada en menos del 50% y que, en caso de incrementar su uso, no sobrepasaría los niveles de biomasa capturable (cuota de captura permitida para la flota en cada año) que estima el Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura.

Los resultados en general contribuyen al conocimiento base necesario para diseñar medidas de manejo para la pesquería relacionadas con la estructura de la flota, su dinámica operacional, eficiencia y capacidad de captura. En este sentido, si se llegará a considerar el establecimiento de cuotas individuales de captura, dado el poco conocimiento sobre la economía de los barcos, pudiera iniciarse con la misma cuota para los dos tipos de barcos y continuar los análisis de rentabilidad para ajustar las cuotas a los niveles que aseguren la sustentabilidad del recurso y de la flota.

## 8. LITERATURA CITADA

- Aceves-Medina, G., S. P. A. Jiménez-Rosenberg, A. Hinojosa-Medina, R. Funes-Rodríguez, R. J. Saldierna-Martínez, and P. E. Smith. 2004. Fish larvae assemblages in the Gulf of California. *J. Fish Biol.* 65:832–847.
- Akaike, H. 1973. Information Theory and an Extension of the Maximum Likelihood Principle. In: Petrov, B.N. and Csaki, F., Eds., *International Symposium on Information Theory*, 267-281.
- Alvarez-Trasviña E., L. A. Salcido-Guevara, D. I. Arizmendi-Rodríguez, R. Sánchez-Cárdenas, G. Rodríguez-Domínguez y H. Arancibia-Farías. 2020. Manejo por cuotas. Caso merluza. *Ciencia Pesquera* 28: 73-77.
- Arnason, R. 1990. Minimum information management in fisheries. *Canadian Journal of Economics*, 23: 630-653.
- Asche, F., H. Eggert, E. Gudmundsson, A. Hoff & S. Pascoe. 2008. Fisher's behaviour with individual vessel quotas-over-capacity and potential rent: five case studies. *Marine Policy* 32:920–927.
- Bailey K. M., R. C. Francis & P. S. Stevens. 1982. The life history and fishery of pacific whiting, *Merluccius productus*. *CalCOFI Rep.*, Vol XXIII.
- Becker, R. A., Chambers, J. M. & Wilks, A. R. 1988. *The New S Language*. Wadsworth & Brooks/Cole.
- Maunder, M., Sibert, J., Fonteneau, A., Hampton, J., Kleiber, P., & Harley, S. 2006. Interpreting catch per unit effort data to assess the status of individual stocks and communities. *ICES Journal of Marine Science*, 63(8), 1373–1385.
- Braccini, J. M., O'Neill, M. F., Campbell, A. B., Leigh, G. M., & Courtney, A. J. (2012). Fishing power and standardized catch rates: implications of missing vessel-characteristic data from the Australian eastern king prawn (*Melicertus plebejus*) fishery. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 69(5), 797–809. doi:10.1139/f2012-023
- Bonzon K., K. McIlwan, K. Strauss & T. Van Leuvan. 2010. Manual de diseño de manejo compartido por cuotas: Guía para administradores y pescadores. *Environmental Defense Fund*. 93 p.

- Borg, I. & Groenen, P. 1997. *Modern Multidimensional Scaling. Theory and Applications*. Springer.
- Briand, F. & J.E. Cohen. 1984. Community food webs have scale invariant structure. *Nature*, 398:330–334
- Carruthers, T. R., Ahrens, R. N. M., McAllister, M. K. & Walters, C. J. 2011. Integrating imputation and standardization of catch rate data in the calculation of relative abundance indices. *Fisheries Research* 109 (2011) 157–167.
- Clark, C. W., Munro, G. R. & Sumaila, U. R. 2005. Subsidies, buybacks, and sustainable fisheries. *Journal of Environmental Economics and Management*, 50(1), 47–58.
- Coll, M., S. Libralato, S. Tudela, I. Palomera & F. Pranovi. 2008. Ecosystem overfishing in the ocean. *PLoS One*, 3: e3881.
- Eigaard, O. R., Marchal, P., Gislason, H. & Rijnsdorp, A. D. (2014). Technological Development and Fisheries Management. *Reviews in Fisheries Science y Aquaculture*, 22 (2), 156-174.
- Mardia K. V. & J. M. Bibby. 1979. *Multivariate analysis: Probability and Mathematical Statistics: a series of monographs and textbooks*. Probability and mathematical statistics. Academic Press. Universidad de Michigan. USA.
- Becker, C. M. DeFond. J. Jiamobalvo & K. Subramanyam. 1998. The effect of Audit Quality on Earnings Management. *Contemporary Accounting Research*. 15, 1-24.
- Borg, I. & Groenen, P. 1997. *Modern multidimensional scaling: Theory and applications*. Springer.
- Everitt B. & Hothorn T. 2011. *An introduction to applied Multivariate Analysis with R*. Springer. London.
- FAO. 1995. *Código de Conducta para la Pesca Responsable*. Roma. Italia. 53p.
- FAO. 1997. Individual quota management in fisheries: methodologies for determining catch quotas and initial quota allocation. *FAO Fisheries Technical Paper* 371 p.
- FAO. 2008. *Fisheries Management. 3. Managing Fishing Capacity*. *FAO Technical Guidelines for Responsible Fisheries*, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy, 104 p.

- FAO. 2013. Ordenación de la capacidad de pesca. FAO Orientaciones Técnicas para la Pesca Responsable. N.º 4, Supl. 3, Roma, FAO. 2013. 121 pp.
- Glazer, J. P. & Butterworth, D. S. (2002). MLG-based standardization of the catch per unit effort series for South African west coast hake, focusing on adjustments for targeting other species. *South African Journal of Marine Science*, 24: 323–339.
- Hammer, Ø., D. A.T. Harper & P. D. Ryan, 2001. PAST. Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaentologia Electronica*. 4:4-9.
- Hoefnagel E. & Birgit de Vos. 2017. Social and economic consequences of 40 years of Dutch quota management. *Marine Policy*, 80: 81-87p.
- Hsu, T., 1999. Simple capacity indicators for peak to peak and data envelopment analyses of fishing capacity. FAO Technical Consultation on the Management of Fishing Capacity, Mexico City, Mexico, 29 November–3, December 1999. FAO, Rome.
- INAPESCA (Instituto Nacional de Pesca). 2014. Prospección de merluza (*Merluccius* spp.), en aguas marinas del centro y norte del Golfo de California. [Prospecting of hake (*Merluccius* spp.) in marine waters of the central and northern Gulf of California.] Instituto Nacional de Pesca, Centro Regional de Investigación Pesquera en Guaymas, Reporte de Investigación, Sonora, México.
- Mathews, C. P., J. L. Granados & J. Arvizu. 1974. Results of the exploratory cruises of the Alejandro de Humboldt in the Gulf of California. *CalCOFI Rep.* 17:101–111.
- Moloney, D.G. & Pearse, EH. 1979. Quantitative rights as an instrument for regulating commercial fisheries. *J Fish. Res. Bd Can.* 36, 859-66.
- Peiro-Alcantar, M. T., R. Funes-Rodríguez, R. González-Armas, R. Palomares-García, M. O. Nevárez-Martínez & B. Shirasago-Germán. 2013. Influence of hydrographic conditions on larval fish assemblage structure in the northern Gulf of California. *Rev. Biol. Mar. Oceanogr.* 48:535–551.
- Quijano D., S. Salas, C. Monroy-García & I. Velázquez-Abunader. 2018. Factors contributing to technical efficiency in a mixed fishery: Implications in buyback program. *Marine Policy* 94: 61–70.
- Ramírez-Rodríguez, M. & L. C. Almendarez-Hernández. 2014. Unidad Representativa de Producción de camarón-merluza-escama de Puerto Peñasco, Sonora. Environmental Defense Fund de México. 26 p.

- Rijnsdorp, A.D., Poos, J.J., Quirijns, F.J., Hille Ris Lambers, R., De Wilde, J.W. & Den Heijer, W.M. 2008. The arms race between fishers. *Journal of Sea Research*, 60: 126-138.
- SAGARPA. 2015. Ley General de Pesca y Acuicultura Sustentables. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/103535/Ley\\_General\\_de\\_Pesca\\_y\\_Acuicultura\\_Sustentables\\_DOF-04-06-2015.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/103535/Ley_General_de_Pesca_y_Acuicultura_Sustentables_DOF-04-06-2015.pdf)
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2018. Acuerdo por el que se da a conocer la actualización de la Carta Nacional Pesquera. *Diario Oficial de la Federación*. México. 106 p.
- Sánchez-Velasco, L., M. F. Lavín, M. Peguero-Icaza, C. A. León-Chávez, F. Contreras-Catala, S. G. Marinone, I. V. Gutiérrez-Palacios & V. M. Godínez. 2009. Seasonal changes in larval fish assemblages in a semi-enclosed sea (Gulf of California). *Cont. Shelf Res.* 29:1697–1710.
- Spagnolo, M., & R. Sabatella. 2007. Driftnets Buyback Program: A Case of Institutional Failure. In R Curtis and D Squires, ed. *Fisheries Buybacks*, 145–156. Iowa: Blackwell Publishing.
- Químbar-Acosta, J. R. 2012. La sobrecapitalización de las pesquerías en México: El caso de la sardina y camarón de altamar. En: López-Martínez J. y E. Morales-Bojórquez (Eds.). *Efectos de la pesca de arrastre en el Golfo de California*. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. y Fundación Produce Sonora, México, pp. 413-428.
- Sparre, P., & S. C. Venema. 1995. Introduction to tropical fish stock assessment. FAO Fisheries Technical Paper 306/1.
- Sun, J.C.H. 2007. Effectiveness of Vessel Buyback Programs on the Offshore Fishery in Taiwan. In R Curtis and D Squires, ed. *Fisheries Buybacks*, 203–214. Iowa: Blackwell Publishing.
- Teh, L. S. L., Hotte, N. & Sumaila, U. R. 2017. Having it all: can fisheries buybacks achieve capacity, economic, ecological, and social objectives? *Maritime Studies*, 16(1).
- Tsitsika, E. V., Maravelias, C. D., Wattage, P. & Haralabous, J. 2008. Fishing capacity and capacity utilization of purse seiners using data envelopment analysis. *Fisheries Science*, 74(4), 730–735.
- WCED (World Commission on Environment and Development). 1987. *Our common future*. The Brundtland Report. Oxford: Oxford University Press

- Zamora-García, O. G. & A. Stavrinsky-Suárez. 2016. Informe final del programa de técnicos a bordo de la pesquería de merluza en el Golfo de California en 2016. Environmental Defense Fund de México 37 p.
- Zamora-García, O. G., J.C. Parra-Alaniz & A. Stavrinsky-Suárez. 2017. Informe final del programa de técnicos a bordo de la pesquería de merluza en el Golfo de California en 2017. Environmental Defense Fund de México, 44 pp.
- Zamora-García, O. G. & A. Stavrinsky-Suárez. 2018. Ficha técnica merluza del Pacífico norte. Environmental Defense Fund de México, 16 p.
- Zamora-García, O. G. & A. Stavrinsky-Suárez. 2018. Ficha técnica merluza del Pacífico norte. Environmental Defense Fund de México, 16 p.
- Zamora-García, O. G. & A. Stavrinsky-Suárez. 2019. Informe final del programa de técnicos a bordo de la pesquería de merluza en el Golfo de California en 2019. Environmental Defense Fund de México.
- Zamora-García, O. G., Díaz-Avalos, C. & A. Stavrinsky-Suárez. 2020. Catch rate, length, and sex ratio of Pacific hake (*Merluccius productus*) in the northern Gulf of California. Fishery Bulletin 118: 365-379.
- Zhang, D., Sikvelanda, M. & Hermansenb, Ø. 2018. Fishing fleet capacity and profitability. Marine Policy, 88: 116-121.
- Dobson, A. (2002) An Introduction to Generalized Linear Models. 2nd Edition, Chapman & Hall/CRC, USA.
- Hamel O. S., P. H. Ressler, R. E. Thomas, D. A. Waldeck, A. C. Hicks, J. A. Holmes & G. W. Fleischer. 2015. Biology, fisheries, assessment and management of Pacific hake (*Merluccius productus*) en Hugo Arancibia (Ed.). *Hakes: Biology and Exploitation*. (First Edition, pp 234-262). John Wiley & Sons. USA.
- Aisyah N., Arumugan N., Hussein M. A. & Latiff I. 2012. Factors Affecting the Technical Efficiency Level of Inshore Fisheries in Kuala Terengganu, Malaysia. International Journal of Agricultural Management & Development. 2(1): 49-56.
- McCullagh, P., & Nelder, J. A. (1989). Generalized Linear Models II.
- R Core Team 2021. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

- QGIS.org 2021. QGIS Geographic Information System. QGIS Association. <http://www.qgis.org>
- Zuur, A. F., E. I. Ieno, N. J. Walker, A. A. Saveliev & G. M. Smith. 2009. Mixed models and Extensions in Ecology with R. Springer. 549 p.
- Mardia, K. V., Kent, J. T. & Bibby, J. M. 1979. Multivariate Analysis. Academic Press.
- Padilla-García, M.A. 1981. Biomasa de sardina (*Sardinops sagax*) y merluza (*Merluccius productus*) febrero de 1977. Ciencia Pesquera, Inst. Nal. Pesca, Dpto. Pesca, México. 1 (1): 35-43.
- Grande-Vidal, J. M. 1983. Evaluación biotecnológica de los recursos demersales vulnerables a redes de arrastre de fondo en el golfo de California 1978–1980. Cienc. Pesq. 4:97–125.
- McCullagh P. & Nelder, J. A. .1989. Generalized Linear Models. London: Chapman and Hall.
- Dobson, A. J. 1990. An Introduction to Generalized Linear Models. London: Chapman and Hall. London.
- Smith, C. L., & Hanna, S. S. 1990. Measuring Fleet Capacity and Capacity Utilization. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 47(11), 2085–2091.
- Hilborn, R. & Walters, C.J., 1992. Quantitative Fisheries Stock Assessment. Chapman and Hall, New York.
- Hastie, T. J. & Pregibon, D. 1992. Generalized linear models. Chapter 6 of Statistical Models in S eds J. M. Chambers and T. J. Hastie, Wadsworth & Brooks/Cole.
- Sutinen, J.G. & Kuperan, K. 1999. A socio-economic theory of regulatory compliance. International Journal of Social Economics, Vol. 26 No. 1/2/3, pp. 174-193. <https://doi.org/10.1108/03068299910229569>.
- Holland, D., Gudmundsson, E. & Gates, J. 1999. Do fishing vessel buyback programs work: A survey of the evidence. Marine Policy, 23(1), 47–69.
- Kirkley, J. & Squire, D. 1999. Measuring Capacity and Capacity Utilisation in Fisheries. In: Gréboval, D (Ed). Managing Fishing Capacity: Selected Papers on Underlying Concepts and Issues. FAO Fisheries Technical Paper No 386, 75-200. Roma.
- Punt, A. E., Walker, T. I., Taylor, B. L., & Pribac, F. 2000. Standardization of catch and effort data in a spatially-structured shark fishery. Fisheries Research, 45(2), 129–145.

- Hamilton L. C. & Butler M. J. 2001. Outport adaptations: Social indicators through Newfoundland's Cod Crisis. *Research in Human Ecology*. Vol. 8 (2) pp. 1-11.
- Cunningham S. & Gréboval, D. 2001. Managing Fishing Capacity: A Review of Policy and Technical Issues. *Documento Técnico de Pesca (FAO)*. No. 409. Roma, FAO.
- Soto, M., Gaertner, D. & Ariz, J. 2002. Standardization of tropical purse seine fishing effort by generalized linear model (MLG). *IOTC Proceedings*, 5: 388-397.
- Venables, W. N. & Ripley, B. D. 2002. *Modern Applied Statistics with S*. New York: Springer.
- Pascoe, S. & Gréboval, S. 2003. Measuring capacity in fisheries. *FAO Fisheries Technical Paper*, 445. FAO, Rome.
- Maunder M. N. & Punt A. E., 2004, Standardizing catch and effort data: a review of recent approaches. *Fish. Res.* 70, 141–159.
- Ortiz, M., & Arocha, F. 2004. Alternative error distribution models for standardization of catch rates of non-target species from a pelagic longline fishery: billfish species in the Venezuelan tuna longline fishery. *Fisheries Research*, 70(2-3), 275–297.
- Venables, W. N. & Dichmont, C. M. 2004. MLGs, GAMs and MLGMs: an overview of theory for applications in fisheries research. *Fisheries Research*, 70(2-3), 319–337.
- Battaile, B. C., & Quinn, T. J. 2004. Catch per unit effort standardization of the eastern Bering Sea walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) fleet. *Fisheries Research*, 70(2-3), 161–177.
- Ward, J.M. Kirkley, J.E., Metzner, R. & Pascoe, S. 2004. Measuring and assessing capacity in fisheries. 1. Basic concepts and management options. *FAO Fisheries Technical Paper*, 433/1. FAO, Rome.
- Schrank, W. E. 2005. The Newfoundland fishery: ten years after the moratorium. *Marine Policy*, 29(5), 407–420.
- Hatcher, A. 2005. On the microeconomics of quota management in fisheries. *Marine Resource Economics*, 20: 77-99.
- Bishop J. 2006. Standardizing fishery-dependent catch and effort data in complex fisheries with technology change. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 16, 21–38.
- Agüero M. 2007. Capacidad de pesca y manejo pesquero en América Latina y el Caribe. *FAO Documento Técnico de Pesca* 423 p.

- Pascoe, S. Kirkley, J.E. Gréboval, D. & Morrison-Paul, C.J. 2007. Measuring and assessing capacity in fisheries. 2. Issues and methods. FAO Fisheries Technical Paper. No. 433/2. Rome, FAO. 2003. 130p.FAO. 2007. Capacidad de pesca y manejo pesquero en América Latina y el Caribe. FAO documento Técnico de Pesca. No. 461. Roma, FAO. 2007. 403p.
- Benoit, H.P. & Allar, J. 2009. Can the data from at-sea observer surveys be used to make general inferences about catch composition and discards? *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 66: 2025-2039.
- Ye, Y., & Dennis, D. 2009. How reliable are the abundance indices derived from commercial catch–effort standardization? *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 66(7), 1169–1178. doi:10.1139/f09-070
- Lotze, H. K., Coll, M., & Dunne, J. A. 2010. Historical Changes in Marine Resources, Food-web Structure and Ecosystem Functioning in the Adriatic Sea, Mediterranean. *Ecosystems*, 14(2), 198–222. doi:10.1007/s10021-010-9404-8
- Mahevas, S., Trenkel, V. M., Doray, M., & Peyronnet, A. 2010. Hake catchability by the French trawler fleet in the Bay of Biscay: estimating technical and biological components. *ICES Journal of Marine Science*, 68(1), 107–118. doi:10.1093/icesjms/fsq140
- Damalas, D., Maravelias, C. D. & Kavadas, S. 2014. Advances in Fishing Power: A Study Spanning 50 Years. *Reviews in Fisheries Science and Aquaculture*, 22(1), 112–121.
- Lara-Mendoza, R. E. 2015. Reporte final del programa de observadores a bordo de la pesquería de merluza en el Golfo de California. Environmental Defense Fund de México A. C. (EDF). 34 pp.
- Ramírez-Rodríguez, M. 2017. A profitability analysis of catch quotas for the pacific hake fishery in the Gulf of California. *North American Journal of Fisheries Management*, 37: 23-29.
- Denton-Castillo J. 2018. Agregaciones y aspectos reproductivos de la merluza *Merluccius productus* (Ayres, 1855) en el centro y norte del Golfo de California. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa. México.

## 9. APÉNDICES

<b>Apéndice 1.</b> Captura (t) por barco, por día de pesca, por año de barcos chicos. ....	64
<b>Apéndice 2.</b> Captura (t) por barco, por día de pesca, por año de barcos grandes. ....	64
<b>Apéndice 3.</b> Análisis pico a pico. Capacidad de captura de barcos chicos y porcentaje de uso.....	65
<b>Apéndice 4.</b> Análisis pico a pico. Capacidad de captura de barcos grandes y porcentaje de uso.....	66
<b>Apéndice 5.</b> Capacidad de producción autorizada por tipo de barco y porcentaje de uso..	67

**Apéndice 1.** Captura (t) por barco, por día de pesca, por año de barcos chicos.

<b>Año</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>
n barcos	18	32	27	37	38	33	45	38	46	27	35	28
n viajes (avisos)	70	108	140	204	223	172	212	150	134	144	146	150
C total	640	1259	1320	3489	3963	3000	3451	2459	1487	1393	2635	2979
C Max	185	192	196	317	592	344	277	186	139	163	373	334
C/barco	36	39	49	94	104	91	77	65	32	52	75	106
Días pesca DP	510	707	825	996	1225	865	1057	797	954	1144	933	881
DP Max	89	53	74	69	106	63	56	49	57	116	90	91
DP Promedio	28	22	31	27	32	26	23	21	21	42	27	31
C/DP	1.3	1.8	1.6	3.5	3.2	3.5	3.3	3.1	1.6	1.2	2.8	3.4
C/viaje (promedio)	9.1	11.7	9.4	17.1	17.8	17.4	16.3	16.4	11.1	9.7	18.0	19.9
C max/viaje	34	30	31	38	42	50	48	39	26	30	47	43

**Apéndice 2.** Captura (t) por barco, por día de pesca, por año de barcos grandes.

<b>Año</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>
n barcos	12	15	18	28	29	18	27	26	25	18	25	15
n viajes (avisos)	53	63	119	143	148	102	133	112	84	93	105	89
C total	375	682	1087	2328	2623	1827	2516	1772	1057	1150	1958	2060
C Max	59	124	171	267	317	311	334	164	120	121	381	304
C/barco	31	45	60	83	90	101	93	68	42	64	78	137
Días pesca DP	313	368	629	697	904	525	663	628	630	687	668	431
DP Max	63	76	95	62	71	64	79	49	64	138	97	56
DP Promedio	26	25	35	25	31	29	25	24	25	38	27	29
C/DP	1.2	1.9	1.7	3.3	2.9	3.5	3.8	2.8	1.7	1.7	2.9	4.8
C/viaje (promedio)	7.1	10.8	9.1	16.3	17.7	17.9	18.9	15.8	12.6	12.4	18.6	23.1
C max/viaje	44	30	29	37	42	45	47	39	30	42	47	44

**Apéndice 3.** Análisis pico a pico. Capacidad de captura de barcos chicos y porcentaje de uso.

<b>Año</b>	<b>Captura total</b>	<b>Barcos chicos</b>	<b>C/Barco (CPUE)</b>	<b>Tasa de cambio tecnológico</b>	<b>Índice de Capacidad (t/barco)</b>	<b>Capacidad de captura estimada (t)</b>	<b>% Capacidad estimada utilizada</b>	<b>Número de barcos chicos con permiso</b>	<b>Capacidad autorizada (t)</b>	<b>Capacidad autorizada utilizada (%)</b>
2010	640	18	36		36	640	100	45	7024	9
2011	1259	32	39	17	52.73	1687	75	45	7024	18
2012	1320	27	49	17	69.92	1888	70	45	7024	19
2013	3489	37	94	17	87.10	3223	100	45	7024	50
<b>2014</b>	3963	38	104	17	104.28	3963	100	45	7024	56
2015	3000	33	91	3	106.86	3526	85	45	7024	43
2016	3451	45	77	3	109.44	4925	70	45	7024	49
2017	2459	38	65	3	112.03	4257	58	45	7024	35
2018	1487	46	32	3	114.61	5272	28	45	7024	21
2019	1393	27	52	3	117.19	3164	44	45	7024	20
2020	2635	35	75	3	119.77	4192	63	45	7024	38
<b>2021</b>	2979	28	106	3	122.35	3426	87	45	7024	42

Nota: Años pico en negrita. Tasa de Cambio =  $[(Y_n/V_n)-(Y_m/V_m)]/(n-m)$ .

**Apéndice 4.** Análisis pico a pico. Capacidad de captura de barcos grandes y porcentaje de uso.

Año	Captura total	Barcos grandes	C/Barco (CPUE)	Tasa de cambio	Índice de Capacidad (t/barco)	Capacidad de captura estimada (t)	% Capacidad estimada utilizada	Número de barcos grandes con permiso	Capacidad autorizada (t)	Capacidad autorizada utilizada (%)
2010	375	12	31	-	31	375	100	30	5350	7.0
2011	652	14	47	14	45	633	100	30	5350	12.2
2012	962	16	60	14	59	947	100	30	5350	18.0
<b>2013</b>	1902	26	73	14	73	1902	100	30	5350	35.5
2014	1961	27	73	6	79	2132	92	30	5350	36.7
2015	1278	16	80	6	85	1357	94	30	5350	23.9
<b>2016</b>	2107	25	84	6	91	2265	93	30	5350	39.4
2017	1398	23	61	23	113	2602	54	30	5350	26.1
<b>2018</b>	729	19	38	23	136	2577	28	30	5350	13.6
2019	709	11	64	23	158	1739	41	30	5350	13.3
2020	1275	18	71	23	181	3252	39	30	5350	23.8
<b>2021</b>	1659	11	151	23	203	2235	74	30	5350	31.0

Nota: Años pico en negrita. Índice de Cambio Tecnológico estimado por  $[(Y_n/V_n)-(Y_m/V_m)]/(n-m)$ .

**Apéndice 5.** Capacidad de producción autorizada por tipo de barco y porcentaje de uso.

<b>Año</b>	<b>Captura total</b>	<b>Capacidad de captura estimada (b grandes)</b>	<b>Capacidad de captura estimada t (b chicos)</b>	<b>Capacidad de captura estimada total t</b>	<b>Capacidad autorizada t (b grandes)</b>	<b>Capacidad autorizada t (b chicos)</b>	<b>Capacidad autorizada total</b>	<b>Capacidad autorizada utilizada (%)</b>
2010	977.903	375	640	1015	5350	7024	12374	8
2011	1887.29	633	1687	2320	5350	7024	12374	15
2012	2250.94	947	1888	2835	5350	7024	12374	18
2013	5379.09	1902	3223	5124	5350	7024	12374	43
2014	6251.65	2132	3963	6095	5350	7024	12374	51
2015	4486.12	1357	3526	4883	5350	7024	12374	36
2016	5824.7	2265	4925	7190	5350	7024	12374	47
2017	3898.74	1569	4257	5826	5350	7024	12374	32
2018	2284.88	871	5272	6143	5350	7024	12374	18
2019	2068.55	979	3164	4143	5350	7024	12374	17
2020	3947.75	2379	4192	6571	5350	7024	12374	32
2021	4607.05	1929	3426	5355	5350	7024	12374	37