



# Centro UC

## CAPES - Center of Applied Ecology & Sustainability

---

Proyecto	<b>“Desarrollo de índices de abundancia relativa en la pesquería de raya volantín y raya espinosa” proyecto Fipa N° 2020-29.</b>
Requirente	Fondo de Investigación Pesquera y Acuicultura, FIPA
Estado	Informe Final
Oferente	Pontificia Universidad Católica de Chile
Unidad Ejecutora	Center of Applied Ecology and Sustainability (CAPES-UC) Av. Libertador Bernardo O'Higgins 340, Santiago
Jefe de Proyecto	Dr. Rodrigo Wiff Onetto CAPES-UC / Pontificia Universidad Católica de Chile Fono: 56-2-23542638 E-mail: <a href="mailto:capespesquero@bio.puc.cl">capespesquero@bio.puc.cl</a>

**Septiembre 2022**

---

**R. Wiff, A. Flores, T.M. Canales, A.M. Segura, S. Gelcich, C. Rodríguez, S. Gacitúa, R., D. Queirolo, M. Ahumada & J. Montero. 2021.** “Desarrollo de índices de abundancia relativa en la pesquería de raya volantín y raya espinosa”. **Informe Final**, CAPES–UC - Fondo de Investigación Pesquera y de Acuicultura (F.I.P.A.). **Proyecto FIPA N° 2020-29.**

Contribucion por autor

**Rodrigo Wiff**

Dirección general del proyecto, Indicadores de abundancia

**Andrés Flores**

Bases y Minería de datos

**T. Mariella Canales, Angel M. Segura**

Clasificación de datos

**Stefan Gelcich, Cristopher Rodríguez**

Elaboración y análisis encuestas

**Santiago Gacitúa**

Coordinación de terreno

**Dante Queirolo, Mauricio Ahumada**

Protocolos de muestreo

**José T. Montero**

Observador Científico, análisis de datos de terreno.

## RESUMEN EJECUTIVO

Este proyecto consta de cuatro objetivos específicos que tienen relación con (i) análisis operacional de las flotas artesanales que operan en la pesquería de raya volantín (*Zearaja chilensis*) y raya espinosa (*Dipturus trachyderma*) (ii) factores que influyen en las tasas de captura de estas dos especies (iii) desarrollo de un protocolo y toma de información (iv) estimación de índices de abundancia en ambas especies de rayas.

El presente proyecto recibió la información histórica disponible de la pesquería artesanal que operaron con espinel y red de enmalle sobre ambos recursos de rayas en la zona centro-sur y sur-austral desde 1997 hasta 2019. Estos registros históricos fueron obtenidos oficialmente desde el Instituto de Fomento Pesquero (IFOP). El primer paso de análisis consistió en una validación de la data disponible, respecto de variados aspectos operativos de pesca en conjunto con revisión de la literatura disponible para esta pesquería.

Usando la base de datos validada se llevó a cabo una caracterización de la misma, por tipo de embarcación (bote y lancha), tamaño de eslora, arte de pesca red de enmalle (longitud de red, tamaño y n° paños) y espinel (longitud línea madre, número del anzuelo y cantidad de anzuelos). Se caracteriza el esfuerzo en términos de tamaño de la flota, número de viajes con pesca (vcp) y días fuera del puerto o caleta (dfp). Además, se analizó la captura y rendimiento de pesca a escala interanual por zona y recurso.

La composición de la flota que reportaron pesca de raya volantín fue mayoritariamente botes (>81%), excepto en el periodo 2011-2013 de la zona al norte de la unidad de pesquería (NUP), la cual el 75% (n=15) fueron lanchas. En general, los botes fueron de mayor tamaño en la zona NUP, abarcando entre los 6,8 y 11,9 m con un promedio de 9,0 m de eslora, mientras que los botes entre zona UP y SUP fueron de tamaños similares, con una media de eslora en los 7,0 y 8,0 m, respectivamente. Los tamaños de las embarcaciones que reportaron capturas de raya espinosa también fueron distintivos espacialmente. El tamaño de los botes fue mayor en la zona NUP, con un promedio de 10,2 m de eslora, mientras que en la zona SUP fue de menor tamaño, con una media de 8,1 m de eslora.

En la pesquería de la raya volantín con red de enmalle de la zona NUP y UP, la longitud de red promedio alcanzó los 1244 y 969 m, respectivamente. Una relación positiva y significativa entre la longitud de la red y número de paños fue obtenida ( $P < 0,05$ ,  $r^2 = 0,56$ ). La captura de este recurso con espinel en la zona SUP indicó que el promedio de la longitud de la línea madre abarcó entre los 2475 y 4615 m, sin mostrar un patrón temporal. A medida que incrementa la longitud de la línea madre mayor cantidad de anzuelos serán caladas, verificada con la relación significativa entre ambas variables ( $P < 0,05$ ,  $r^2 = 0,38$ ).

En la pesquería de raya espinosa, la longitud de red (1472 m) y número de paños ( $n=83$ ) fueron mayores en la zona NUP en comparación a la zona UP. Al igual que en raya volantín, una relación positiva y significativa entre la longitud de la red y número de paños fue obtenida en raya espinosa ( $P < 0,05$ ,  $r^2 = 0,56$ ). Respecto al arte de pesca espinel sobre raya espinosa, en término temporal su uso se concentró principalmente en la zona SUP y secundariamente en UP.

El análisis de busca de patrones en los datos que nos permitan una aproximación a las tácticas de pesca se realizó mediante tres técnicas diferentes; una semi-cuantitativa derivada de las curvas de Biseau, otra mediante análisis de componente principales (ACP) y una técnica más bien experimental desde técnicas de aprendizaje automático. El método Biseau reveló que el recurso fue capturado como especie intermedia y objetivo. En la zona SUP, la actividad extractiva disminuyó a partir de 2005, manteniendo valores bajos durante los periodos de vedas decretada entre agosto 2009-2011 y 2013-2015 y reflejado en la curva de intencionalidad de pesca. Los análisis derivados de ACP para espinel identificaron alrededor de 6 componentes, con tres de ellas explicando más del 60% de la varianza. La primera componente principal estuvo dominada por la contribución de raya volantín, y secundariamente por congrio dorado (*Genypterus blacodes*) y merluza austral (*Merluccius australis*). Una segunda componente destaca la presencia de raya espinosa.

Se desarrolla una encuesta dirigida, con el objetivo de recopilar información cualitativa desde un grupo de usuarios que permitiera identificar los factores que afectan las tasas de captura en la pesquería de rayas. La encuesta se elaboró en base a los siguientes puntos: 1) Actividades que conducen a cambios operacionales en la pesquería de rayas. 2) Factores que afectan los rendimientos en la pesquería de raya. 3) Estimaciones de fechas y cifras que den cuenta de la

calidad de información. 4) Aspectos socio-económicos y preguntas de caracterización del entrevistado. 5) Preguntas de control con fines de validación de entrevistado. Se entrevistaron a un total de 77 pescadores artesanales de rayas entre la Región del Maule (VII) y la Región de Magallanes (XII). Los resultados de las encuestas evidencian problemas sobre la gestión del recurso, donde la veda y las cuotas otorgadas son constantemente criticadas por los encuestados. Por otro lado, se determinó la “*Utilización de diferentes artes de pesca*”, “*El efecto de la veda biológica del 2014*”, “*La estación del año en que se pesca*” y la influencia de “*Otras zonas geográficas de pesca*” como los cuatro principales factores que podrían afectar la captura de ambas Rayas

Durante abril del 2022 se realizaron dos viajes de pesca en la localidad de Hualaihué (región de los Lagos) con un observador científico a bordo del bote espinelero “Calipso”. Se pusieron a prueba los protocolos de muestreo con el objetivo de proponer un sistema de muestreo que permita la generación de índices de abundancia en las pesquerías de rayas. El protocolo de muestreo consistía en registrar las características operacionales de los lances, contabilizar la captura de rayas, fauna acompañante y la relación longitud-peso de rayas. En cada viaje de pesca se calaron un total de 3500 anzuelos en cada viaje con tiempos de reposo que variaron entre 19 y 27 horas. Se capturaron un total de 68 y 41 especímenes de raya volantín en cada viaje. Solo un individuo de raya espinosa fue capturado en el segundo viaje. La fauna acompañante esta principalmente conformada por congrio dorado, chancharro (*Helicolenus lengerichi*) y pintaroja (*Schroederichthys chilensis*). Los resultados de esta experiencia nos permiten determinar que es posible recopilar datos relevantes para la generación de un índice de abundancia en la pesquería de rayas con un observador a bordo de embarcaciones artesanales. Un muestreador tendría la capacidad de muestrear hasta 100 individuos por viaje de pesca. Las características necesarias mínimas a ser muestreadas son: el número de anzuelos, la profundidad de pesca, captura total (en número y peso) y una relación longitud-peso.

La generación de índices de abundancia fue realizada con dos metodologías diferentes. Se aplicaron modelos aditivos generalizados mixtos (GAMM), y también exploraron una aplicación experimental de modelos generalizados de depleción (MGD). Para el uso del GAMM en espineleros, se implementaron dos unidades de esfuerzo como lo son días fuera de puerto (DFP) y el número de anzuelo calados. En el caso del enmalle sólo DFP fue considerada debido a que otra medida más fina del esfuerzo (e.g número de paños) solo se encuentra registrado en un

número muy reducido de registros. Los modelos fueron separados en dos periodos uno antes y otro desde el 2014 cuyas estimaciones fueron independientes. Para el caso de raya volantín espinel, la mayoría de los efectos anuales son significativos ( $p < 0.05$ ), lo que indica que son diferentes a la media y por lo tanto muestran alguna tendencia, lo que puede ser interpretable como una señal de índice de abundancia. Sin embargo, en el caso de raya espinosa, donde los datos son extremadamente fragmentados, no se observa un efecto anual significativo. En ambas especies, el usar la embarcación como un efecto aleatorio no ayudó en general al desempeño de los modelos. La categorización del barco respecto del tamaño de eslora resulta relevante en la mayoría de los modelos. De la misma forma, en ambas especies la profundidad resulta relevante para el modelo. La unidad de medida de número de anzuelos calados es más fina y de mayor utilidad en la estandarización de esfuerzo, en comparación con los días fuera de puerto. Se recomienda también descartar los datos provenientes del enmalle para la generación de un índice de abundancia. Es posible la obtener índices de abundancia desde modelos aditivos para el caso de raya volantín entre 1999 a 2019. Para su uso en la evaluación de stock este índice debiese estar dividido en tres periodos diferentes de capturabilidad. En el caso de raya espinosa, el índice construido entre 2004 y 2019 no presenta una tendencia clara. En esta especie se recomienda analizar los índices de abundancia en conjunto con algún modelo poblacional para evaluar la utilidad del índice.

Los modelos de depleción generalizados producen dos índices de abundancia relativa, un índice de reclutamientos anuales y otro índice de abundancia mensual. Los índices de reclutamiento y de abundancia fueron construidos para raya volantín flotas de botes y de lanchas y raya espinosa flota de botes, mientras que la pesca de raya espinosa flota de lanchas es demasiado esporádica para generar índices de abundancia. Los estimados de los parámetros de la operatividad pesquera de los modelos de depleción generalizados estimados para la pesca de raya volantín por parte de ambas flotas revelan que en la segunda (desde el 2014) etapa hubo un notable incremento de la eficiencia de pesca. En raya espinosa flota de botes las tendencias del índice de reclutamiento y del índice de abundancia indican incrementos del stock desde 2016. Los modelos generalizados de depleción entregan una herramienta promisoriosa para la generación de índices de abundancia en la pesquería de rayas, particularmente después del 2014 donde la operación se concentra en ventanas temporales acotadas.

## EXECUTIVE SUMMARY

This project contains four specific objectives which are related to: (i) the analysis of the artisanal fleet operations catching yellownose skate (*Zearaja chilensis*) and roughskin skate (*Dipturus trachyderma*) (ii) the factor affecting the catch rates in these both species (iii) the development of a sampling protocol for data acquisition and (iv) the estimation of abundance indices in both skate species.

We analysed the historical information provided by the Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) regarding the artisanal fleet operating with longlines and gillnets as fishing gears. Data corresponded fishing operations reported in the centre-south and the austral zone off Chile from 1997 to 2019. The first step consisted in conducting a validation of the available data regarding operation characteristics of the fishing trips and literature revision.

Using the validated database, we conducted a characterisation of the fishing trips by type of vessel (boats and small-scale), vessel length, gillnet fishing gear (size and number of nets) and longlines (length of the main line, number of hooks). Effort is characterised in terms of the fleet size, number of fishing trips, days out of harbour. In addition, catches and catch rates were analysed in an inter-annual scale by zone and skate species.

Yellownose skate was mainly fished by boats (>81%), except during 2011-2013 in the north fishing area (NUP) in which catches were 75% (n=15) reported by small-scale vessels. In general, boats were bigger in the NUP, which sizes varied between 6,8 and 11,9 m of length (average of 9,0 m), while boats in the fishing unit area (UP) and south fishing unit area (SUP) were similar with an average length of 7,0 and 8,0 m, respectively. In the case of the roughskin skate, boats also differ among zones. The boat length was bigger in the NUP, with an average of 10,2 m of length, whereas in the SUP the average only reached 8,1 m of length.

Length of the net in the gillnet fleet operating over yellownose skate was in average of 1.244 m in the NUP, and 960 m on the UP. A positive relationship was found between length and the number of nets used ( $P < 0,05$ ,  $r^2 = 0,56$ ). The lengths of the main fishing line vary between 2.475 and 4.615 m in the SUP, without showing a temporal pattern. As expected, the length of line and

the number of soaked hooks is linearly related ( $P < 0,05$ ,  $r^2 = 0,38$ ). In the case of roughskin skate, the length of the net (1.472 m) and the number of nets ( $n = 83$ ) were larger in the N UP in comparison with the UP. A positive relationship was found between the length of the net and the number of nets used ( $P < 0,05$ ,  $r^2 = 0,56$ ). Longlines in roughskin skate is mainly used in the SUP and secondarily on the UP.

Fishing tactics were analysed using three different techniques: (i) semi-quantitative derived from the Biseau curves, (ii) using multivariate statistics with the application of principal component analysis (PCA) and (iii) using an experimental technique based on machine learning. The Biseau method revealed that yellownose skate is captured with high and medium targeting intention. Fishing activity was low since 2005 in the SUP and maintaining low levels of catches during the fishing closures in August 2009-2011 and 2013-2015. Multivariate analyses derived from PCA identified 6 components in which the first three explained over the 60% of variance. The first component is related with yellownose skate and secondarily with pink cusk-eel (*Genypterus blacodes*) and southern hake (*Merluccius australis*). In the second component, roughskin skate became an important species on the variance explanation.

A formal interview to fishermen was developed with the objective to gather qualitative information regarding factors which influence the catch rates on the skate fishery. The interview considered the following topics: 1) fishing activities enabling operational changes; 2) factors affecting the catch rates; 3) estimation of dates and quantities to account for information quality; 4) socio-economic aspects to characterise the interviewed; 5) control questions for the interview validation. A total of 77 artisanal skate fishermen were interviewed between the El Maule and Magallanes regions. Results of the interviews showed fishing resource management issues where the closures and the quotas were usually criticised by the interviewed fishermen. In addition, the main factors affecting catch rates in the skate fisheries were fishing gears, closures since 2014, fishing seasons and geographic zones.

During April 2002, two fishing trips were sampled in the locality of Hualaihué (Los Lagos region) with a scientific observer onboard the “El Calipso” longline boat. Sampling protocols for the generation of abundance indices on the skate fishery were tested. The sampling protocols required the record of operational characteristics of hauls, counting the skate catch, bycatch and length-at-weight relationship. On each fishing trip a total of 3.500 hooks were soaked for times

varying between 19 and 27 hours. A total of 68 and 41 yellownose skates were fished on the first and second fishing trips, respectively. Only one individual of roughskin skate was caught during the second trip. Bycatch was mainly composed by pink cusk-eel, rockfish (*Helicolenus lengerichi*) and dogfish (*Schroederichthys chilensis*). Results from this experience allow us to determine the plausibility of collecting data for indices of abundance from artisanal vessels operating on the skate in Chile. A scientific observer has the capacity to sample up to 100 skates per fishing trip. The minimum characteristics to be sampled are: number of soaked hooks, depth of fishing, total catch (in number and weight) and the length at weight relationship.

Abundance indices were constructed using two different methodologies. Firstly, with the application of generalized additive mixed models (GAMM) and secondly, using generalized depletion models (GDM). Results from the application of GAMM in longlines used days out of harbour (DOH) and number of soaked hooks as units of effort. In the case of gillnets, only DOH were used as unit of effort given the information regarding net characteristics is highly fragmented. Models were separated in 2014 and estimation was conducted independently. In the case of yellownose skate, the year effects were usually significant ( $p < 0,05$ ), with the presence of different means and temporal trend. However, for roughskin skate data is highly fragmented and the annual effects are not significant ( $p > 0,05$ ). In both species, the use of vessels as random effects did not make a clear effect on the resulting abundance indices. However, categorising vessels according to their length is relevant in the majority of the applied models. Likewise, depth of fishing is an important predictor in modelling the CPUE. Measuring effort in number of soaked hooks is more appropriated for the construction of an abundance index in both species of skates in comparison with the use of DOH. We do not recommend the use of information coming from gillnets for constructing abundance indices. The use of GAMM allows to have an abundance index in yellownose skate from 1999 to 2019. With the aim of using these results in a stock assessment, we recommended to divide the abundance index in three different periods for catchability. In the case of roughskin skate, the abundance index constructed between 2004 and 2019 did not shows a trend thought time. On this species we recommend to analyse the abundance index together with a population model to assess the reliability of the index.

The generalized depletion models provide two indices of abundance, one from annual recruitments and other from monthly abundances. The recruitment and abundance indices were constructed for yellownose skate for boats and small-scale vessels, whereas in roughskin skate

these indices were only constructed considering boats. Estimated parameters indicates a notable increment in fishing power for the second period (since 2014) in yellownose skate. In roughskin skate, recruitment and abundance indices show increments since 2016. Generalized depletion models provide a promising tool for the generation of abundance indices on the skate fisheries in Chile, particularly since 2014 where fishing operation is concentrated in short temporal windows.

## INDICE GENERAL

RESUMEN EJECUTIVO .....	2
EXECUTIVE SUMMARY .....	6
INDICE GENERAL .....	10
INDICE FIGURAS .....	12
1.- OBJETIVOS .....	27
2.- ANTECEDENTES .....	28
3.- METODOLOGIA DE TRABAJO .....	37
3.1- OBJETIVO ESPECIFICO 1 .....	37
3.1.1. Solicitud y validación de los datos históricos .....	37
3.1.2. Medidas administrativas .....	39
3.1.3. Características operacionales de la flota artesanal .....	42
3.1.4. Búsqueda de Patrones. ....	43
3.2- OBJETIVO ESPECIFICO 2 .....	51
3.2.1. Predictores de captura y esfuerzo. ....	51
3.2.2. Desarrollo de una encuesta. ....	53
3.2- OBJETIVO ESPECIFICO 3 .....	56
3.3- OBJETIVO ESPECIFICO 4 .....	58
3.2.1. Estandarización de CPUE mediante modelos aditivos mixtos. ....	58
4 RESULTADOS .....	64
4.1- OBJETIVO ESPECIFICO 1 .....	64
4.1.1. Características operacionales de la flota artesanal .....	64
4.1.2. Capturas y rendimientos .....	71
4.1.3. Identificación de patrones .....	77
4.2- OBJETIVO ESPECIFICO 2 .....	113
4.2.1. Predictores de captura y esfuerzo. ....	113
4.2.2. Encuestas. ....	128
4.2- OBJETIVO ESPECIFICO 3 .....	161
4.3- OBJETIVO ESPECIFICO 4 .....	170
4.2.1. Estandarización de CPUE mediante modelos aditivos mixtos. ....	170
SOBRE OFERTA. Reglas empíricas para el manejo. ....	232

Opciones para el manejo.....	234
Modelo empírico.....	235
ESTADO ACTUAL .....	237
5.- DISCUSION DE RESULTADOS.....	240
6.- CONCLUSIONES.....	249
7.- REFERENCIAS.....	253
8. ANEXOS .....	258

## INDICE FIGURAS

Figura 1. Mapa de la izquierda muestra la distribución de Raya volatín ( <i>Zearaja chilensis</i> ) en Sudamérica, y mapa de la derecha la distribución de Raya espinosa ( <i>Dipturus trachyderma</i> ). Cada mapa está acompañado por una imagen de una hembra y macho de cada especie. Los números corresponden a los registros documentados de <i>Z. chilensis</i> y <i>D. trachyderma</i> que corresponden a 30 y 19 respectivamente. (Diagrama elaborado a partir de las imágenes publicadas en Vargas-Caro et al. 2015).....	30
Figura 2. Desembarque de raya en la NUP, UP Y SUP y cuotas de captura en cada zona. (Extraído de Pérez et al., 2017).....	33
Figura 3. Distribución espacial de la pesquería de Raya en Chile. Cuadro A corresponde Norte de la Unidad de Pesquería (NUP) desde el límite Norte de la IV región. B indica la Unidad de Pesquería (UP) y C indica el Sur de la Unidad de Pesquería (SUP). Los puntos rojos indican los puertos de desembarque de Raya en Chile. (Extraído de Pérez et al. 2017). ....	33
Figura 4. Resumen de las medidas administrativas aplicada para la pesquería artesanal de raya volatín y raya espinosa entre 2006 y 2019, por periodo y zona.....	42
Figura 5. El mapa de la izquierda muestra la zona de la pesquería demersal austral de raya volatín. En el cuadro negro se destaca la costa de Hualaihué, donde se realizaron los lances para raya volatín y espinosa. El mapa de la derecha muestra los cuatro lances realizados en la zona en las dos faenas descritas previamente. Los círculos azules marcan las caladas y los rojos las viradas. El número indica el lance correspondiente para cada faena, donde los naranjos corresponden a los realizados durante la segunda operación.....	57
Figura 6. Composición de la flota artesanal que reportaron captura de raya volatín por bloque de periodos y zona. ....	67
Figura 7. Composición de la flota artesanal que reportaron captura de raya espinosa la zona NUP y UP. ....	68
Figura 8. Composición de la flota artesanal que reportaron captura de raya espinosa por bloque de periodos en la zona SUP. ....	68
Figura 9. Variabilidad interanual de los indicadores operacionales de la flota artesanal con pesca de raya volatín y raya espinosa que operó en NUP. ....	69
Figura 10. Variabilidad interanual de los indicadores operacionales de la flota artesanal con pesca de raya volatín y raya espinosa que operó en UP.....	70
Figura 11. Variabilidad interanual de los indicadores operacionales de la flota artesanal con pesca de raya volatín y raya espinosa que operó en SUP. ....	71

Figura 12. Resumen espacial de la variabilidad interanual de la captura de raya volantín por la flota artesanal por arte de pesca y de la biomasa total del recurso estimada por evaluación de stock (línea Global: Pérez et al., 2019; línea SUP: Pérez et al., 2017). .....	72
Figura 13. Variación mensual de la captura de raya volantín por la flota artesanal entre 1997 y 2019 por zona. Los colores están en escala logarítmica y en la leyenda se indica su correspondiente unidad. ....	73
Figura 14. Variación mensual del rendimiento de pesca de raya volantín por la flota artesanal entre 1997 y 2019 por zona. Los colores están en escala logarítmica y en la leyenda se indica su correspondiente unidad. ....	74
Figura 15. Variabilidad interanual de la captura de raya espinosa por la flota artesanal por arte de pesca y zona. ....	75
Figura 16. Variación mensual de la captura de raya espinosa por la flota artesanal entre 1997 y 2019 por zona. Los colores están en escala logarítmica y en la leyenda se indica su correspondiente unidad. ....	76
Figura 17. Variación mensual del rendimiento de pesca de raya espinosa por la flota artesanal entre 1997 y 2019 por zona. Los colores están en escala logarítmica y en la leyenda se indica su correspondiente unidad. ....	77
Figura 18. Variación del error de OOB con el número de predictores seleccionados aleatoriamente para la raíz y cada nodo (rama) y árboles construidos en la modelación de la captura de la zona NUP.....	78
Figura 19. Importancia de los predictores seleccionados en la modelación de la captura de la zona NUP. ....	79
Figura 20. Variación de la captura modelada con Random Forest. ....	80
Figura 21. Variación del error de OOB con el número de predictores seleccionados aleatoriamente y árboles construidos en la modelación de los DFP. ....	81
Figura 22. Importancia de los predictores seleccionados en la modelación de DFP. ....	82
Figura 23. Variación de DFP modelada con Random Forest. ....	83
Figura 24. Variación del error de OOB con el número de predictores seleccionados aleatoriamente y árboles construidos en la modelación de la captura de raya volantín de la zona SUP. ....	84
Figura 25. Importancia de los predictores seleccionados en la modelación de la captura. ....	85
Figura 26. Variación de la captura modelada con Random Forest. ....	86
Figura 27. Variación del error de OOB con el número de predictores seleccionados aleatoriamente y árboles construidos en la modelación de DFP. ....	87
Figura 28. Importancia de los predictores seleccionados en la modelación de DFP. ....	88

Figura 29. Variación de DFP modelada con Random Forest .....	89
Figura 30. Variación mensual de la composición promedio de la raya volantín en la captura total del viaje en la flota artesanal por zona, entre 1997 y 2019. ....	90
Figura 31. Intencionalidad del esfuerzo y captura de raya volantín de la flota artesanal por periodo en la zona NUP.....	91
Figura 32. Comparación de la intencionalidad del esfuerzo y captura de raya volantín de la flota artesanal entre periodo con y sin medida administrativa (veda biológica tipo 2 & veda extractiva) en la zona UP. ....	92
Figura 33. Comparación de la intencionalidad del esfuerzo y captura de raya volantín de la flota artesanal entre periodo con y sin medida administrativa (veda biológica tipo 2 & veda extractiva) en la zona SUP. ....	93
Figura 34. Variación mensual de la composición promedio de la raya espinosa en la captura total del viaje en la flota artesanal por zona, entre 1997 y 2019. ....	94
Figura 35. Intencionalidad del esfuerzo y captura de raya espinosa de la flota artesanal en la zona NUP, periodo 2007-2019.....	95
Figura 36. Comparación de la intencionalidad del esfuerzo y captura de raya espinosa de la flota artesanal en la zona UP, periodo 2002-2019. ....	96
Figura 37. Comparación de la intencionalidad del esfuerzo y captura de raya espinosa de la flota artesanal entre periodo con y sin medida administrativa (veda biológica tipo 2 & veda extractiva) en la zona SUP. ....	97
Figura 38. Composición de especies en la captura de rayas entre 1997 y el 2019 – Espinel. ....	98
Figura 39. Composición de especies en la captura de rayas entre 2005 y el 2019 – Enmalle.....	99
Figura 40. Análisis de componentes principales (ACP) para la pesquería de rayas – Espinel.....	100
Figura 41. Contribución específica a las componentes principales C1, C2 y C3 para la pesquería de rayas – Espinel .....	101
Figura 42. Análisis de componentes principales (ACP) para la pesquería de rayas – Enmalle .....	102
Figura 43. Contribución específica a las componentes principales C1, C2 y C3 para la pesquería de raya – Espinel .....	103
Figura 44. Raya volantín – Espinel. Proporción de especies en la captura. ....	104
Figura 45. Raya volantín – Enmalle. Proporción de especies en la captura. ....	105
Figura 46. Raya espinosa – Espinel. Proporción de especies en la captura. ....	106
Figura 47.- Diagrama de Olmsted-Tuckey .....	107

Figura 48. Histogramas de las variables explicatorias. ....	108
Figura 49. Árbol multivariado de regresión. Las variables seleccionadas y el valor de corte se muestra a la izquierda de la rama. Año (year), Pesquería (enmalle o palangre), Estación (season), Eslora y días fuera de Puerto (DFP) fueron escogidas para los cortes. Los números en lila indican la hoja que nombra a cada rama terminal del árbol y representa un conjunto de lances con una composición similar de la captura. El “n” indica el número de viajes que se agrupa en cada hoja. ....	109
Figura 50. Mapa con los lances agregados de cada hoja según el árbol multivariado. Se incluye información sobre los años en los que se realizaron los lances. Ver Figura 49 para las etiquetas. ....	110
Figura 51. Rendimiento de raya volantín (kg/Días fuera de puerto) para cada una de los grupos definidos en el árbol multivariado. Ver Figura 49 para las etiquetas. ....	111
Figura 52. Rendimiento de raya espinosa (kg/Días fuera de puerto) para cada una de los grupos definidos en el árbol multivariado. Ver Figura 49 para las etiquetas. ....	112
Figura 53. Diagnóstico de normalidad y homocedasticidad de los residuos de la captura de raya volantín modelada con GAM_9. ....	115
Figura 54. Comparación con diagrama de Taylor de la precisión entre modelos GAM y RF en la estimación de la captura de raya volantín. ....	116
Figura 55. Variación del error de OOB con el número de predictores seleccionados aleatoriamente y árboles construidos en la modelación de la captura de raya volantín. ....	117
Figura 56. Importancia de los predictores seleccionados en la modelación de la captura de raya volantín. ....	118
Figura 57. Variación de la captura de raya volantín modelada con Random Forest (RF_3). ....	119
Figura 58. Variación espacial de la captura modelada con Random Forest, RF_3 (izquierda) y ubicación de los lances con pesca de raya volantín (derecha). ....	120
Figura 59. Diagnóstico de normalidad y homocedasticidad de los residuos de la CPUE de raya volantín modelada con GAM_8. ....	122
Figura 60. Comparación con diagrama de Taylor de la precisión entre modelos GAM y RF en la estimación de la CPUE de raya volantín. ....	123
Figura 61. Variación del error de OOB con el número de predictores seleccionados aleatoriamente y árboles construidos en la modelación de la CPUE de raya volantín. ....	124
Figura 62. Importancia de los predictores seleccionados en la modelación de la CPUE de raya volantín. ....	125
Figura 63. Variación de la CPUE de raya volantín modelada con Random Forest (RF_3). ....	126

- Figura 64. Variación espacial de la CPUE modelada con Random Forest, RF\_3 (izquierda) y ubicación de los lances con pesca de raya volantín (derecha) ..... 127
- Figura 65. Nube de palabra del número de menciones que otorgaron los entrevistados con respecto a lo que piensan sobre la pesquería de la raya volantín y raya espinosa (El tamaño de las palabras es proporcional al número de menciones). ..... 141
- Figura 66. Diagrama de cajas agrupadas sobre los puntajes otorgados por los pescadores artesanales de cuanto creen que están definidos los caladeros de pesca para ambas Rayas. La puntuación va desde el 1, “No existen en Absoluto”; hasta el 7, “Existen definitivamente”. A) Definición de caladeros de pesca para la Raya Espinosa y Raya Volantín por Macrozona Norte y Sur. B) Definición de caladeros para ambas Rayas en todo el sitio de Estudio. Los subíndices muestran significancia o no de las variables mediante la prueba no paramétrica de U de Mann-Whitney, mientras que las rayas negras indican las medias. .... 144
- Figura 67. Razón de por qué existen o no lugares de pesca definidos para la pesquería de ambas rayas  
A) Nube de palabras del número de menciones (El tamaño de las palabras es proporcional al número de menciones). B) Número de menciones de cada concepto/palabra identificada. .... 145
- Figura 68. Diagrama de cajas agrupadas sobre los puntajes de los pescadores artesanales en cuanto está asociada la pesquería de rayas con otras especies objetivos. La puntuación va desde el 1, “Nada Asociado”; hasta el 7, “Muy Asociado”. A) Resultados asociados por Macrozona Norte y Sur. B) Resultado asociado a todo el sitio de Estudio. Los subíndices muestran significancia o no de las variables mediante la prueba no paramétrica de U de Mann-Whitney, mientras que las rayas negras indican las medias. .... 146
- Figura 69. Razón de por qué se asocia o no se asocia la pesquería de raya con otras especies objetivos.  
A) Nube de palabras del número de menciones (El tamaño de las palabras es proporcional al número de menciones). B) Número de menciones de los conceptos/palabras identificadas. .... 147
- Figura 70. Porcentaje de respuestas sobre la asociación de la captura de Raya Volantín y Raya Espinosa con la pesquería del Congrio Dorado. .... 148
- Figura 71. Porcentaje de capturas que se identifican de raya volantín y de raya espinosa en un año promedio, antes de los noventa y actualmente ..... 149
- Figura 72. Diagrama de cajas agrupadas ante los puntajes otorgados por los pescadores artesanales sobre qué tan comunes son algunas prácticas que pueden alterar algunas áreas de pesca o pueden resultar no estar definidas. La puntuación va desde el 1, “Poco Común”; hasta el 7, “Muy Común”. A) Practicas en la Macrozona Norte (N=9) para la Raya Espinosa y Raya Volantín. B) Practicas en la Macrozona Sur (N=68). C) Todo el sitio de estudio y ambas Rayas juntas (N=77). Los subíndices muestran significancia o no de las variables mediante la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis y prueba a posteriori de Dunn, mientras que las rayas negras indican las medias. .... 151

- Figura 73. Diagrama de cajas agrupadas de los puntajes declarados por los pescadores artesanales ante la afección de las siguientes prácticas en la captura de Raya Volantín y Raya Espinosa. La puntuación va desde el 1, “Afecta Nada”; hasta el 7, “Afecta Mucho”. A) Puntuación de cuan afecta estos factores en la Raya Espinosa y Raya Volantín en la Macrozona Norte (N=9). B) Puntuación de cuan afecta estos factores en la Raya Espinosa y Raya Volantín en la Macrozona Sur (N=68). C) Puntuación de cuan afecta estos factores en ambas rayas en todo el sitio de Estudio (N=77). Los subíndices muestran significancia o no de las variables mediante la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis y prueba a posteriori de Dunn, mientras que las rayas negras indican las medias. .... 155
- Figura 74. Diagrama de cajas agrupadas sobre las puntuaciones declaradas por los pescadores artesanales con relación a cuanto creen que el reflejo de las estadísticas oficiales sea concordante con las que se declaran oficialmente en la pesquería de la raya. La puntuación va desde el 1, “No reflejan la realidad en absoluto”; hasta el 7, “Reflejan Completamente”. A) Resultados asociados por Macrozona Norte y Sur. B) Resultado asociado a todo el sitio de Estudio. Los subíndices muestran significancia o no de las variables mediante la prueba no paramétrica de U de Mann-Whitney, mientras que las rayas negras indican las medias. .... 156
- Figura 75. Razón del por qué las estadísticas de rayas se reflejan o no se reflejan en la realidad. A) Nube de palabras sobre el número de menciones (El tamaño de las palabras es proporcional al número de menciones). B) Número de menciones de cada concepto/palabra identificada. .... 157
- Figura 76. Diagrama de cajas sobre las puntuaciones declaradas por los pescadores artesanales en cómo se han declarado las capturas de la Raya Volantín y Raya Espinosa en distintas etapas de la historia de la pesquería de la raya. La puntuación va desde el 1, “Sub-Reporte”; 4, “Se declara lo que se pesca”; y el 7, “Sobre-Reporte”. Los subíndices muestran significancia o no de las variables mediante la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis y prueba posteriori de Dunn, mientras que las rayas negras indican las medias. .... 158
- Figura 77. Nube de palabras del número de menciones respecto a la explicación de los pescadores artesanales de por qué cree que se produjo sub o sobre reporte en A) Periodo de Libre acceso hasta 1994. B) Zonificación de unidades pesqueras Norte y Sur. C) Establecimiento de vedas extractivas desde el 2014 al presente (El tamaño de las palabras es proporcional al número de menciones).. 159
- Figura 78. Los paneles superiores muestran el ajuste del modelo no lineal para la relación longitud–peso total y los inferiores, el ajuste del modelo lineal para talla-longitud del disco. Los puntos grises representan los valores observados. La línea negra corresponde al ajuste del modelo, el área azul y líneas punteadas rojas a los intervalos de confianza del ajuste y los valores predichos, respectivamente..... 162
- Figura 79. Fotografías de la experiencia de terreno en Hualaihué. Arriba fotos del bote espinelero “el Calipso” y abajo a la izquierda un individuo de raya volantín, y a la derecha un individuo de raya espinosa..... 165

Figura 80. Boxplot de la log(CPUE) en Días Fuera de Puerto (DFP) a través de los años y pesquerías para raya volantín. ....	170
Figura 81. Boxplot de la log(CPUE) en Días Fuera de Puerto (DFP) a través de los años, pesquerías y zonas de pesca en raya volantín. UP define a la unidad de pesquería, S es al sur y N es al norte de la UP. ....	171
Figura 82. Boxplot de la log(CPUE) en Días Fuera de Puerto (DFP) a través de los meses, pesquerías y zonas de pesca en raya volantín. UP define a la unidad de pesquería, S es al sur y N es al norte de la UP. ....	172
Figura 83. Boxplot de la log(CPUE) en Días Fuera de Puerto (DFP) a través de los años, tipo de embarcación y zonas de pesca en raya volantín. UP define a la unidad de pesquería, S es al sur y N es al norte de la UP. ....	173
Figura 84. Proporción de datos existentes por año, zona de pesca y tipo de pesquería, para raya volantín. ....	174
Figura 85. Proporción de datos existentes por año, zona de pesca y tipo de pesquería, para raya volantín. ....	175
Figura 86. Proporción registros por año, y arte de pesca que tienen información de profundidad, para raya volantín. ....	176
Figura 87. Proporción registros por año, y arte de pesca que tienen información de numero de anzuelos para el espinel, o número de paños en el caso de enmalle. Pesquería de raya volantín. ....	177
Figura 88. Funciones suavizadas de log(CPUE) en Días Fuera de Puerto (DFP) y profundidad por tipo de embarcación espinelera en la pesquería de raya volantín. ....	178
Figura 89. Observaciones de captura por unidad de esfuerzo nominales (en puntos) y CPUE estandarizada (en líneas) respecto de los modelos aplicados en la flota espinillera de raya volantín. El esfuerzo esta medido en días fuera de puerto (DFP). Todas las series se encuentran relativas a su máximo y para el periodo 1. ....	182
Figura 90. Observaciones de captura por unidad de esfuerzo nominales (en puntos) y CPUE estandarizada (para el mejor modelo) en la flota espinelera de raya volantín. El esfuerzo esta medido en días fuera de puerto (DFP). Todas las series se encuentran relativas a su máximo y separadas para la unidad de pesquería (UP) y al sur de la unidad de pesquería (SUP). ....	183
Figura 91. Observaciones de captura por unidad de esfuerzo nominales (en puntos) y CPUE estandarizada (en líneas) respecto de los modelos aplicados para flota espinelera en raya volantín. La unidad de esfuerzo usada es número de anzuelos calados. Todas las series se encuentran relativas a su máximo. ....	184
Figura 92. Observaciones de captura por unidad de esfuerzo nominales (en puntos) y CPUE estandarizada (para el mejor modelo) para la flota espinelera en raya volantín. El esfuerzo esta medido en número	

de anzuelos calados. Todas las series se encuentran relativas a su máximo y separadas para la unidad de pesquería (UP) y al sur de la unidad de pesquería (SUP). .....	185
Figura 93. Observaciones de captura por unidad de esfuerzo nominales (en puntos) y CPUE estandarizada (en líneas) en la flota espinelera en raya volantín. El esfuerzo es medido como numero de anzuelos calados. Todas las +series se encuentran relativas a su máximo. ....	186
Figura 94. Observaciones de captura por unidad de esfuerzo nominales (en puntos) y CPUE estandarizada (en líneas) respecto de los modelos de contribución relativa de la flota espinelera de raya volantín. La unidad de esfuerzo esta medida en número de anzuelos calados. Todas las series se encuentran relativas a su máximo. ....	188
Figura 95. CPUE estandarizada (en puntos) respecto al mejor modelo en cada período para la flota espinelera en raya volantín. En líneas se presenta un suavizador y el área gris el intervalo del 95% de confianza para el periodo 2002-2013. La unidad de esfuerzo esta medida en número de anzuelos. Todas las series se encuentran relativas a su máximo. ....	189
Figura 96. Análisis de residuales para el mejor modelo implementando en raya volantín espinel periodo 1. ....	191
Figura 97. CPUE estandarizada (en puntos) respecto al mejor modelo en cada período para la flota espinelera en raya volantín usando la data completa o sólo objetivo de la pesquería. En líneas se presenta un suavizador y el área gris el intervalo del 95% de confianza para el período 2002-2013. La unidad de esfuerzo está medida en número de anzuelos calados. Todas las series se encuentran relativas a su máximo. ....	192
Figura 98. Observaciones de captura por unidad de esfuerzo nominales (en puntos) y CPUE estandarizada (en líneas) para la flota de enmalle en raya volantín. La unidad de esfuerzo está medida en días fuera de puerto (DFP). Todas las series se encuentran relativas a su máximo. ....	193
Figura 99. Boxplot de la log(CPUE) en Días Fuera de Puerto (DFP) a través de los años y pesquerías para raya espinosa.....	194
Figura 100. Boxplot de la log(CPUE) en Días Fuera de Puerto (DFP) a través de los años, pesquerías y zonas de pesca en raya espinosa. UP define a la unidad de pesquería, S es al sur y N es al norte de la UP. ....	195
Figura 101. Boxplot de la log(CPUE) en Días Fuera de Puerto (DFP) a través de los meses, pesquerías y zonas de pesca en raya espinosa. UP define a la unidad de pesquería, S es al sur y N es al norte de la UP. ....	196
Figura 102. Boxplot de la log(CPUE) en Días Fuera de Puerto (DFP) a través de los años, tipo de embarcación y zonas de pesca en espinosa. UP define a la unidad de pesquería, S es al sur y N es al norte de la UP. ....	197

Figura 103. Proporción de datos existentes por año, zona de pesca y tipo de pesquería, para raya espinosa. .....	198
Figura 104. Proporción de datos existentes por año, zona de pesca y tipo de pesquería, para raya espinosa. .....	199
Figura 105. Proporción registros por año, y arte de pesca que tienen información de profundidad, para raya espinosa.....	200
Figura 106. Proporción de registros por año, y arte de pesca que tienen información de número de anzuelos para el espinel, o número de paños en el caso de enmalle. Pesquería de raya espinosa. ....	201
Figura 107. Funciones suavizadas de log(CPUE) en Días Fuera de Puerto (DFP) para espinel y profundidad por tipo de embarcación en la pesquería de raya espinosa.....	202
Figura 108. Observaciones de captura por unidad de esfuerzo nominales (en puntos) y CPUE estandarizada (en líneas) para la flota espinelera en raya espinosa. El esfuerzo está medido en días fuera de puerto (DFP). Todas las series se encuentran relativas a su máximo. ....	205
Figura 109. Observaciones de captura por unidad de esfuerzo nominales (en puntos) y CPUE estandarizada (en líneas) de la flota espinelera de raya espinosa. El esfuerzo está medido en número de anzuelos calados. Todas las series se encuentran relativas a su máximo.....	206
Figura 110. Observaciones de captura por unidad de esfuerzo nominales (en puntos) y CPUE estandarizada (en líneas) de la flota espinelera de raya espinosa. El esfuerzo está medido en número de anzuelos calados. Todas las series se encuentran relativas a su máximo. Segundo periodo. ...	207
Figura 111. Análisis de residuales para el mejor modelo implementando en raya espinosa.....	208
Figura 112. Observaciones de captura por unidad de esfuerzo nominales (en puntos) y CPUE estandarizada (en líneas) respecto de los modelos de contribución relativa de la flota espinelera en raya espinosa. La unidad de esfuerzo está medida en número de anzuelos. Todas las series se encuentran relativas a su máximo. ....	209
Figura 113. CPUE estandarizada (en puntos) respecto al mejor modelo en cada periodo para la flota espinelera en raya espinosa. En líneas se presenta un suavizador y el área gris el intervalo del 95% de confianza para el periodo 2002-2013. La unidad de esfuerzo está medida en número de anzuelos. Todas las series se encuentran relativas a su máximo.....	210
Figura 114. Vectores de pesos medios mensuales en la pesca espinelera de raya volantín y raya espinosa en Chile sur-austral por parte de la flota de botes, 2004 a 2019. Los puntos rojos en el panel superior son los pesos medios en los datos de raya volantín flota de lanchas.....	214
Figura 115. Ajuste del MDG a los datos de captura mensual en número y esfuerzo de pesca en número de lances para stock de raya volantín de la flota de botes SUP. La captura que se indica corresponde a la captura total en los 16 años de datos.....	215

Figura 116. Ajuste del MDG a los datos de captura mensual en número y esfuerzo de pesca en número de lances para stock de raya volantín de la flota de lanchas, en la pesca espinelera de SUP. La captura que se indica corresponde a la captura total en los 16 años de datos. .... 216

Figura 117. Ajuste del MDG a los datos de captura mensual en número y esfuerzo de pesca en número de lances para stock de raya espinosa de la flota de botes, en la pesca espinelera de SUP. La captura que se indica corresponde a la captura total en los 16 años de datos. .... 217

Figura 118. Ajuste del MDG a los datos de captura mensual en número y esfuerzo de pesca en número de lances para stock de raya volantín de la flota de botes, 2004 a 2013, en la pesca espinelera SUP. La captura que se indica corresponde a la captura total en los 10 años de datos. .... 220

Figura 119. Ajuste del MDG a los datos de captura mensual en número y esfuerzo de pesca en número de lances para stock de raya volantín de la flota de botes, 2014 a 2019, en la pesca espinelera SUP. La captura que se indica corresponde a la captura total en los 6 años de datos. .... 221

Figura 120. Ajuste del MDG a los datos de captura mensual en número y esfuerzo de pesca en número de lances para stock de raya volantín de la flota de lanchas, 2004 a 2013, en la pesca espinelera SUP. La captura que se indica corresponde a la captura total en los 10 años de datos. .... 222

Figura 121. Ajuste del MDG a los datos de captura mensual en número y esfuerzo de pesca en número de lances para stock de raya volantín de la flota de lanchas, 2014 a 2019, en la pesca espinelera SUP. La captura que se indica corresponde a la captura total en los 6 años de datos. .... 223

Figura 122. Ajuste del MDG a los datos de captura mensual en número y esfuerzo de pesca en número de lances para stock de raya espinosa de la flota de botes, 2004 a 2013, en la pesca espinelera SUP. La captura que se indica corresponde a la captura total en los 10 años de datos. .... 224

Figura 123. Ajuste del MDG a los datos de captura mensual en número y esfuerzo de pesca en número de lances para stock de raya espinosa de la flota de botes, 2014 a 2019, en la pesca espinelera SUP. La captura que se indica corresponde a la captura total en los 6 años de datos. .... 225

Figura 124. Índice de abundancia relativa de rayas de Chile sur-austral derivados de los estimados de reclutamientos para las tres divisiones de los datos y según los dos escenarios del ajuste: serie de tiempo completa simultáneamente, suponiendo constancia de los parámetros de la operatividad pesquera, versus ajuste de serie de tiempo en dos etapas, suponiendo cambios en la operatividad pesquera debido a la introducción de vedas. Cada índice está dividido por su máximo. La línea azul separa las dos etapas..... 229

Figura 125. Índice de abundancia relativa de rayas SUP derivados de los estimados de abundancia del stock completo para las tres divisiones de los datos. Cada índice está dividido por su máximo. La línea azul separa las dos etapas. En la división raya espinosa flota de botes se presentan los resultados del ajuste a todos los años simultáneamente..... 231

- Figura 126. Estimaciones de CPUE obtenidas por los modelos de evaluación para el periodo 2010-2018 (líneas) y contraste con la CPUE nominal observada (círculos) en la evaluación del año 2018. .... 233
- Figura 127. Evolución temporal de la biomasa desovante para el período 1979-2018 reportado por las evaluaciones de stock de la última década. .... 234
- Figura 128. Relación entre los días fuera de puerto (DFP) de las embarcaciones que utilizan enmalle y espinel como aparejos de pesca. .... 237

## INDICE TABLAS

Tabla 1. Cuadro resumen de los eventos que influyen (o afectan) el desembarque pesquero artesanal e industrial de Raya volantín y Raya espinosa en las costas de Chile (Lamilla et al. 2010; Vargas-Caro et al. 2017; Perez et al. 2017; Chong et al. 2018). .....	36
Tabla 2. Resumen de medidas administrativas sobre raya volantín y raya espinosa. mod, modifica decreto exento. ....	41
Tabla 3. Características operacionales de la flota artesanal por recurso, zona y periodo. Los valores de la red enmalle y espinel están en promedios. “-“, sin registro.....	66
Tabla 4. Resumen estadístico de la modelación de la captura de raya volantín (n=1445 registros) con modelos aditivo generalizado (GAM) y Random Forest (RF). Devianza, porcentaje de la devianza explicada; GCV, validación cruzada generalizada; MSE, media cuadrada del residuo. Zona gris corresponde al modelo seleccionado. ....	114
Tabla 5. Resumen estadístico de la modelación de la CPUE de raya volantín (n=1445 registros) con modelos aditivo generalizado (GAM) y Random Forest (RF). Devianza, porcentaje de la devianza explicada; GCV, validación cruzada generalizada; MSE, media cuadrada del residuo. Zona gris corresponde al modelo seleccionado. ....	121
Tabla 6. Promedios y Desviaciones Estándar sobre la caracterización de los entrevistados y el arte de pesca de Rayas en Chile.....	137
Tabla 7. Porcentajes de la carnada que se utilizó hace 5 años atrás, actualmente y los próximos 5 años en la Pesquería de raya volantín y espinosa en Chile. ....	139
Tabla 8. Número de menciones de cada concepto/palabra identificada por los entrevistados respecto a la pesquería de la raya volantín y raya espinosa. ....	141
Tabla 9. Promedios y Desviación estándar sobre aspectos de operaciones y tiempo de pesca de Raya Volantín y Espinosa antes y después de la Veda Biológica del 2014.....	143
Tabla 10. Número de menciones de cada concepto/palabra identificada con respecto a los factores que influyen en el rendimiento de capturas de rayas. También se muestra el porcentaje de afección de estos factores antes del 2004 para la raya volantín y la raya espinosa.....	152
Tabla 11. Número de menciones de cada concepto/palabra identificada con respecto al por qué cree que se produjo Sub o Sobre-reporte en los tres periodos de la pesquería de rayas.....	159
Tabla 12. En esta tabla se observan las características generales de cada viaje y faena realizada en Hualaihue, región de los Lagos. ....	161

Tabla 13. Parámetros estimados por el modelo relación talla–peso con los errores estándar mostrado en paréntesis. El valor de $R^2$ muestra la calidad del ajuste para cada modelo. Nivel de significancia para los parámetros estimados: (‘***’ $p < 0.001$ , ‘**’ $p < 0.01$ , ‘*’ $p < 0.05$ , ‘.’ $p < 0.1$ ‘’, $p < 1$ ).....	163
Tabla 14. Parámetros estimados por el modelo relación longitud del disco–talla con los errores estándar mostrado en paréntesis. El valor de $R^2$ muestra la calidad del ajuste para cada modelo. Nivel de significancia para los parámetros estimados: (‘***’ $p < 0.001$ , ‘**’ $p < 0.01$ , ‘*’ $p < 0.05$ , ‘.’ $p < 0.1$ ‘’, $p < 1$ ).....	163
Tabla 15. Fauna acompañante de la pesquería artesanal de raya volantín. La captura esta expresada en porcentaje capturado cada 1.000 anzuelos.....	164
Tabla 16. Resultados de los modelos aplicados para CPUE en raya volantín en espinel y enmalle. Las zonas grises indican el efecto que fue significativo ( $p < 0.05$ ), las zonas azules aquellos efectos no significativos ( $p > 0.05$ ) y con “X” se marcan los efectos que no corresponden al tipo de modelo. La CPUE calculada en base a Días Fuera de Puerto (DFP) y Numero de Anzuelos (ANZ). GCV corresponde al valor de validación cruzada generalizada, Dev es la explicación de devianza en porcentaje, y R-adj, es el R cuadrado ajustado.....	180
Tabla 17. Comparación de modelos aplicados para la estandarización de CPUE en raya volantín usando número de anzuelos calados como unidad de esfuerzo. En gris se presenta el modelo seleccionado para cada periodo. DEV es la devianza explicada en porcentaje, y GCV es el valor generalizado de correlación cruzada.....	187
Tabla 18. Comparación de modelos para contribución relativa de predictores en la estandarización de CPUE en raya volantín usando número de anzuelos como unidad de esfuerzo. DEV es la devianza explicada en porcentaje, y GCV es el valor generalizado de correlación cruzada. ....	187
Tabla 19. Estimaciones de CPUE estandarizada (media) y su coeficiente de variación en raya volantín. La zona gris indica la aplicación de modelos independientes.....	190
Tabla 20. Resultados de los modelos aplicados para CPUE en raya espinosa en espinel y enmalle. Las zonas grises indican el efecto que fue significativo ( $p < 0.05$ ), las zonas azules aquellos no significativos ( $p > 0.05$ ) y con “X” se marcan los efectos que no corresponden al tipo de modelo. La CPUE calculada en base a Días Fuera de Puerto (DFP) y Número de Anzuelos (ANZ). GCV corresponde al valor de validación cruzada generalizada, Dev es la explicación de devianza en porcentaje, y R-adj, es el R cuadrado ajustado. ....	203
Tabla 21. Comparación de modelos aplicados para la estandarización de CPUE en raya espinosa usando número de anzuelos como unidad de esfuerzo. En gris se presenta el modelo seleccionado para cada periodo. DEV es la devianza explicada en porcentaje, y GCV es el valor generalizado de correlación cruzada. ....	208

Tabla 22. Comparación de modelos relativos aplicados para la estandarización de CPUE en raya espinosa usando número de anzuelos como unidad de esfuerzo. DEV es la devianza explicada en porcentaje, y GCV es el valor generalizado de correlación cruzada.....	209
Tabla 23. CPUE estandarizada (media) para raya espinosa y coeficiente de variación.....	211
Tabla 24. Estimados de los parámetros de los MDG y su coeficiente de variación (CV) en el ajuste con todos los años simultáneamente, en la pesca espinelera de rayas SUP. Timing es el mes en que ocurrió el reclutamiento según la variación de catch spike statistic (Roa-Ureta, 2015). Cuando no aparece, el CV no pudo ser evaluado por el método de optimización. ....	218
Tabla 25. Estimados de los parámetros de los MDG y su coeficiente de variación (CV) en el ajuste con dos etapas, 2004-2013 y 2014-2019, en la pesca espinelera de raya volantín botes de SUP. Timing es el mes en que ocurrió el reclutamiento según la variación de catch spike statistic (Roa-Ureta, 2015). Cuando no aparece, el CV no pudo ser evaluado por el método de optimización. ....	219
Tabla 26. Estimados de los parámetros de los MDG y su coeficiente de variación (CV) en el ajuste con dos etapas, 2004-2013 y 2014-2019, en la pesca espinelera de raya volantín lanchas de SUP. Timing es el mes en que ocurrió el reclutamiento según la variación de catch spike statistic (Roa-Ureta, 2015). Cuando no aparece, el CV no pudo ser evaluado por el método de optimización. ....	226
Tabla 27. Estimados de los parámetros de los MDG y su coeficiente de variación (CV) en el ajuste con dos etapas, 2004-2013 y 2014-2019, en la pesca espinelera de raya espinosa botes de SUP. Timing es el mes en que ocurrió el reclutamiento según la variación de catch spike statistic (Roa-Ureta, 2015). Cuando no aparece, el CV no pudo ser evaluado por el método de optimización. ....	227

## INDICE ANEXOS

8.1. Anexo 1. Cartas solicitud base de datos e información relacionada a IFOP y respuesta respectiva de IFOP.....	259
8.2. Anexo 2. Reunión de Coordinación Equipo de trabajo CAPES-UC / FIPA y Contraparte Técnica SUBPESCA. ....	264
8.3. Anexo 3. Bitácoras de muestreo experiencia terreno.....	275
8.4. Anexo 4. Asignación de horas hombre por objetivo específico.....	288
8.5. Anexo 5. Taller de difusión de resultados. ....	293

## 1.- OBJETIVOS

---

### 1.1. Objetivo General

Desarrollar índices de abundancia relativa para la pesquería de raya volantín y raya espinosa entre la región de Ñuble a la región de Magallanes y la Antártica chilena.

### 1.2. Objetivos Específicos

- i. Analizar la composición y régimen operacional de las flotas artesanales que operan en la pesquería de raya volantín y raya espinosa.
- ii. Determinar la unidad de esfuerzo y los factores que inciden directamente en el poder de pesca de las unidades extractivas artesanales.
- iii. Desarrollar un protocolo de toma de información y diseño para estimar indicadores de abundancia relativa.
- iv. Estimar indicadores de abundancia relativa para el periodo histórico más largo posible.

## 2.- ANTECEDENTES

---

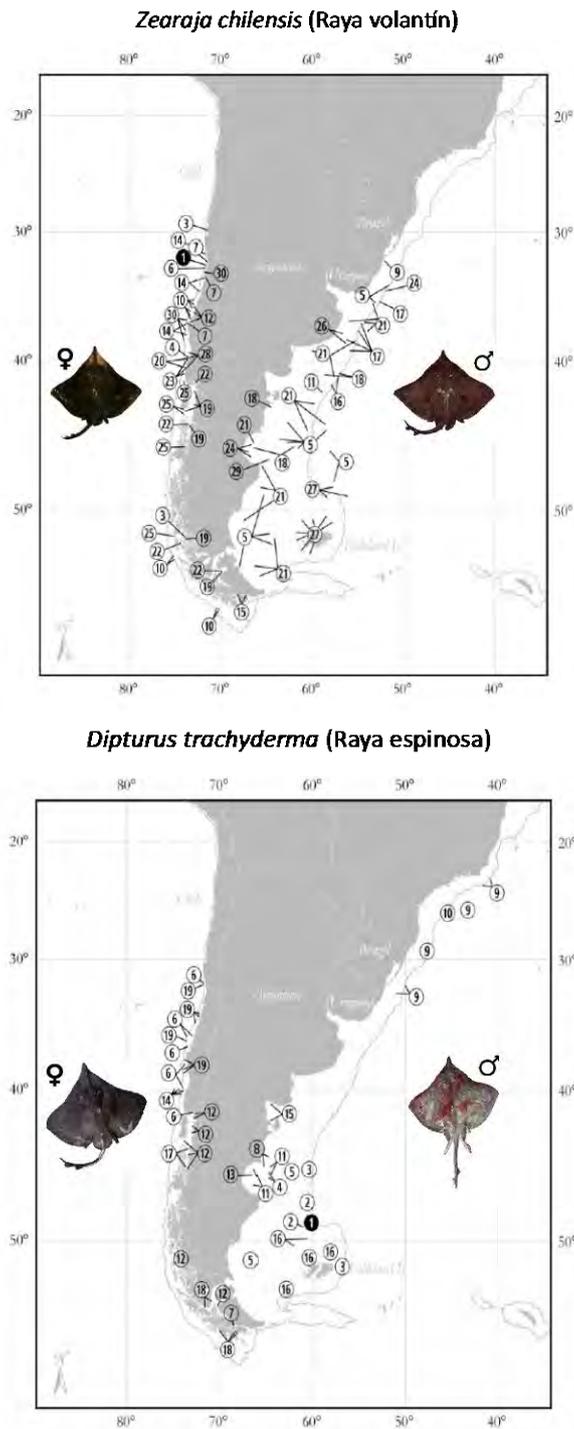
La familia Rajidae forma uno de los grupos más grandes de batoides con 27 géneros y más de 245 especies en todo el mundo (Ebert & Compagno, 2007). Los rajidos habitan principalmente desde las zonas sublitorales hasta profundidades mayores a los 3.000 m, exhibiendo una gran diversidad de especies en altas latitudes y aguas profundas. De los 27 géneros que comprende la familia Rajidae, cinco de ellos se encuentran presentes en el Mar Chileno, y corresponden a *Amblyraja*, *Dipturus*, *Gurgesiella*, *Rajella* y *Zearaja* (McEachran & Miyake, 1990; Lamilla et al. 2010; Vargas-Caro, 2010). De estos cinco géneros dos constituyen especies de importancia comercial en Chile, *Zearaja chilensis* (raya volantín) y *Dipturus trachyderma* (raya espinosa) (Lamilla et al. 2010; Vargas-Caro et al. 2017).

En términos de su distribución en Sudamérica, ambas especies se distribuyen desde Chile central (29.5°S) hasta la zona central de Argentina (40°S), incluyendo las islas Malvinas (**Figura 1**), aunque raya volantín podría extender su distribución más allá del Norte del Río de La Plata (40°S) (Bustamante et al. 2014; Vargas-Caro et al. 2017). En el Pacífico Sureste, Vargas-Caro et al. (2015) señalaron que *Z. chilensis* en Chile ocurre en aguas templadas-frías entre los 32°S y los 56°S, aunque existe registros que datan desde alrededor del 1900 que señalan su ocurrencia desde los 29°S. En el caso de *D. trachyderma*, los primeros registros son documentados para el centro-sur de Chile, actualmente incluye la Patagonia y Chile austral (Bustamante et al. 2014). En el Atlántico Suroeste, la presencia de *Z. chilensis* se documenta a lo largo de la costa argentina desde los 34°S a los 54°S, incluyendo las Islas Malvinas. En el caso de *D. trachyderma*, según Vargas-Caro et al (2015) registros temprano indicaban estar restringida a aguas argentinas, sin embargo, actualmente se le describe co-ocurriendo con *Z. chilensis* alrededor de las Islas Malvinas. También se le ha descrito hacia el Sur de Brasil, sin embargo, los autores discuten que en esta zona podría estar siendo confundida con la especie *D. menni*.

Respecto de la distribución batimétrica, la *Z. chilensis* puede localizarse principalmente entre profundidades de 150-350 m, mientras que *D. trachyderma* entre los 180 y 350 m (Quiroz et al. 2009). Importante es señalar el estudio de Vargas-Caro et al. (2017), quienes encuentran evidencia (variación genética) que sugiere que la especie *Z. chilensis* constituiría tres unidades distintas en Chile, frente a las costas de San Antonio y Valdivia, Mar Interior de Chiloé, y Punta Arenas recomendando un manejo pesquero

distinto para cada unidad. Los mismos autores, sin embargo, no encuentran ninguna evidencia de diferenciación poblacional para el caso de *D. trachyderma*.

En general, las rayas se caracterizan por un crecimiento lento, madurez tardía, baja fecundidad, mayor longevidad y baja mortalidad natural, sin embargo, tanto el conocimiento de su biología como ecología todavía son limitados a nivel mundial (Frisk et al. 2001; Dulvy et al. 2014). En el caso de *Z. chilensis* y *D. trachyderma* se cuenta con estimaciones de parámetros de historia de vida, como crecimiento, madurez, fecundidad, los cuales coinciden con las tendencias observadas para otras especies. En el caso del crecimiento, las primeras estimaciones corresponden a las contenidas en reportes técnicos (Bahamondes et al. 1996; Gili et al. 1999) donde se implementa la identificación de la edad a través del conteo de anillos de calcio depositados en vértebras dorsales. Según estudios indican que las longitudes asintóticas ( $L_{\infty}$ ) estimadas para las hembras de *Z. chilensis* ocurren entre un valor mínimo de 128,3 cm (Licandeo et al. 2006) y 149,6 cm (Licandeo & Cerna, 2007), en tanto para machos el valor mínimo estimado ha sido 107,8 cm (Licandeo et al. 2006) y máximo de 124,88 cm (Céspedes et al. 2005). Para el caso de la tasa de crecimiento,  $k$ , en hembras el valor mínimo estimado fue 0,084 año<sup>-1</sup> (Céspedes et al., 2005) y máximo de 0,112 año<sup>-1</sup> (Licandeo et al. 2006). En el caso de los machos se registran valores de 0,0972 año<sup>-1</sup> (Céspedes et al. 2005) y 0,116 año<sup>-1</sup> (Licandeo & Cerna, 2007) como mínimo y máximo, respectivamente. Para la especie *D. trachyderma* existe la estimación de Licandeo et al. (2007) con longitud asintóticas mayores a raya volantín de 265 cm para hembras y  $k$  de 0,079 año<sup>-1</sup> y en el caso de los machos de 246,5 cm y  $k$  de 0,087 año<sup>-1</sup>. Estos estudios indican que *D. trachyderma* sería una especie más longeva y de crecimiento más lento que *Z. chilensis* (Licandeo et al., 2007).



**Figura 1.** Mapa de la izquierda muestra la distribución de Raya volatín (*Zearaja chilensis*) en Sudamérica, y mapa de la derecha la distribución de Raya espinosa (*Dipturus trachyderma*). Cada mapa está acompañado por una imagen de una hembra y macho de cada especie. Los números corresponden a los registros documentados de *Z. chilensis* y *D. trachyderma* que corresponden a 30 y 19 respectivamente. (Diagrama elaborado a partir de las imágenes publicadas en [Vargas-Caro et al. 2015](#)).

Respecto de la reproducción, importante destacar que todos los miembros de la familia Rajidae son ovíparos. Su estrategia reproductiva se basa en producir un pequeño número de huevos grandes y el tiempo de gestación va desde unos pocos meses a sobre un año (Carriers et al., 2004). Para *Z. chilensis* los estudios indican que la longitud de madurez en raya volantín se encuentra en  $103,9 \pm 3,4$  cm para las hembras (Quiroz et al., 2009), lo que coincide con Licandeo y Cerna (2007) quienes estimaron una madurez en los 103 cm. Los machos, sin embargo, poseen una madurez más temprana entre 82,2 y 87,94 cm (Céspedes et al., 2005; Licandeo & Cerna, 2007). Para la especie *D. trachyderma*, Licandeo & Cerna (2007) estimaron un  $L_{50\%}$  en los 215 cm para las hembras y 195 cm en los machos, mostrando la misma diferencia en madurez entre sexos que en el caso de raya volantín. Además, la raya espinosa tendría una madurez más tardía en ambos sexos respecto a *Z. chilensis*.

Respecto de las estimaciones de mortalidad natural ( $M$ ) de raya volantín y raya espinosa, estudios indican una baja  $M$  particularmente para *D. trachyderma*. Quiroz et al. (2010) mediante métodos indirectos estimaron un  $M$  para raya volantín entre 0,12-0,15 año<sup>-1</sup> en hembras y 0,14-0,18 año<sup>-1</sup> en machos, en tanto para raya espinosa, considerando sexos combinados fluctuaron entre 0,09 y 0,15 año<sup>-1</sup>, valores inferiores en comparación a los estimados para *Z. chilensis*. estas estimaciones de los rasgos de historia de vida de ambas especies son similares a la reportadas para otros batidos, lo que las hacen especialmente susceptibles a ser sobreexplotadas (Dulvy et al. 2014).

La explotación pesquera de estas especies en Chile comenzó en el año 1977 como fauna acompañante de la flota industrial espinelera con bajos rendimientos de pesca (Pérez et al. 2017). Los autores señalaron que la pesquería comenzó el año 1979 con *Z. chilensis* como especie objetivo, sin embargo, hasta el año 2004 al menos seis especies incluyendo *Z. chilensis* y *D. trachyderma* fueron desembarcadas bajo la categoría general de 'raya' (Vargas-Caro et al. 2015). Pérez et al. (2017) discute que al considerar la captura de raya volantín y raya espinosa por separado, desde el año 2004 a la actualidad, se puede observar que la raya espinosa no es una fracción importante de las capturas, estimándose un porcentaje máximo el año 2016 de un 6,3% del desembarque. Sin embargo, debe considerarse que la captura de raya volantín comienza a ser declarada una vez que su cuota extractiva anual se ha completado, influenciando posiblemente la composición específica del desembarque.

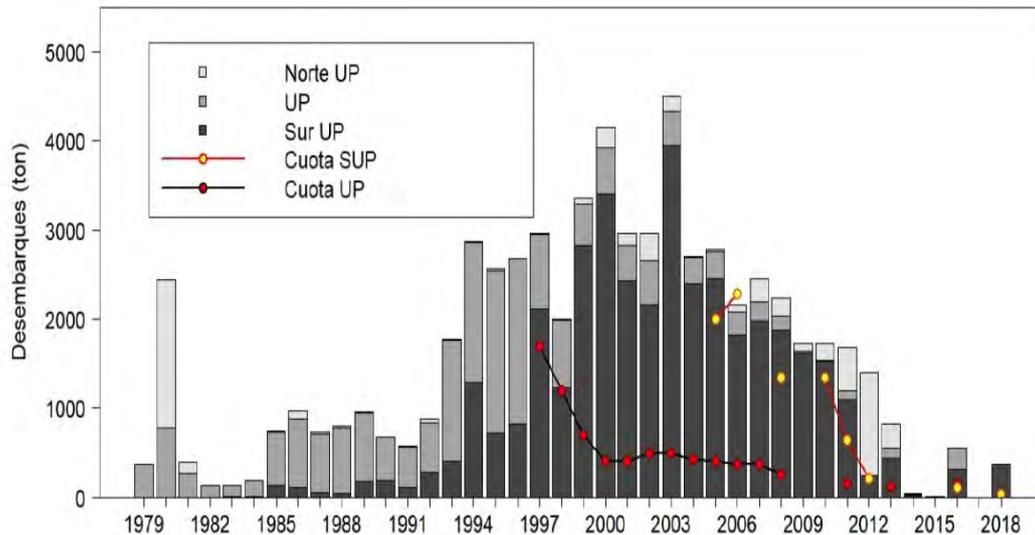
Los desembarques de raya reportados entre los años 1993 y 1999 aumentaron (**Figura 2**) debido a una mayor demanda de los mercados asiático, principalmente por la

incorporación de Corea del Sur (Pérez et al. 2017). Además, el nivel de participación en esta pesquería entre el sector artesanal e industrial varió con el tiempo. En los últimos años, los mayores desembarques de raya fueron reportados por la flota artesanal (Pérez et al. 2017). El tamaño de la flota artesanal que participaron de la pesca de raya alcanzó a 1.900 naves, dando cuenta del 70% del desembarque en el año 1997, mientras que solo 5 naves industriales de arrastre desembarcaron rayas como fauna acompañante (Vargas-Caro et al. 2015).

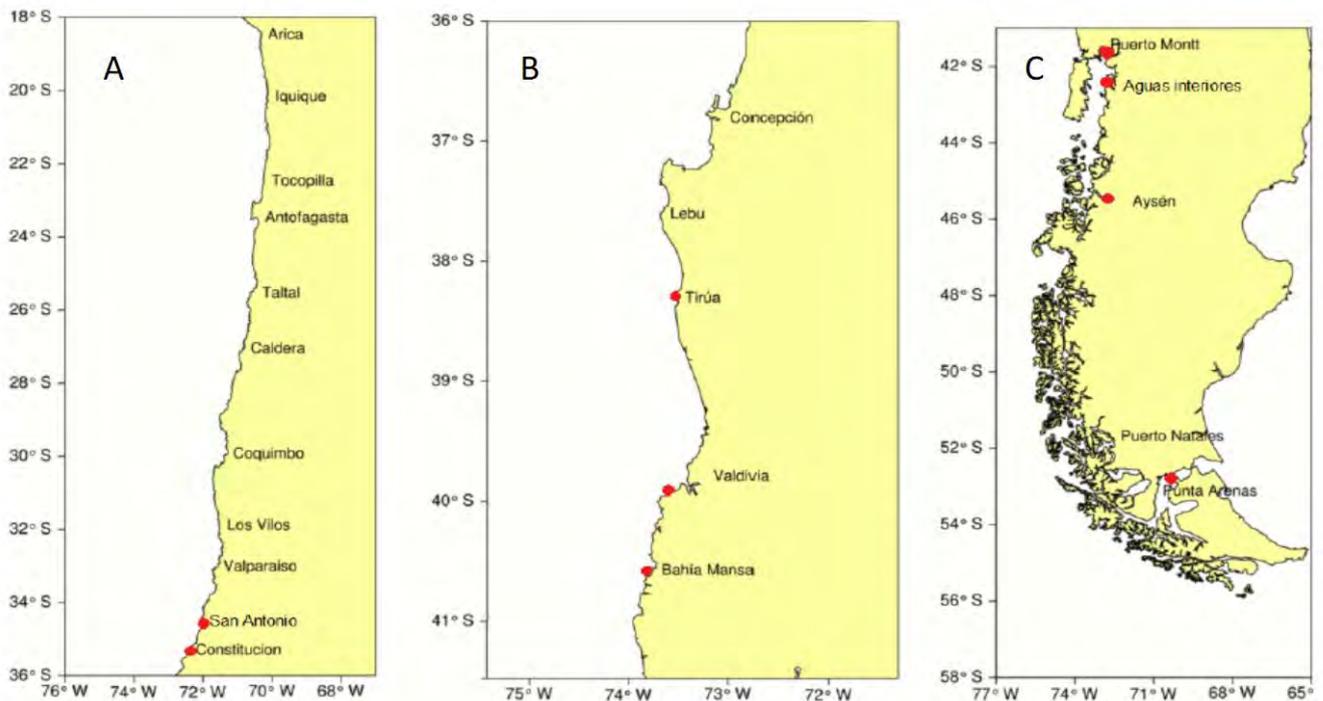
Por otro lado, el año 1996 se constituyó la Unidad de Pesquería de la raya (UP) entre el límite norte de la VIII Región y los 41°28,6'S (Figura 3), estableciéndose la primera cuota de captura. Se distingue también, el área Norte de la Unidad de Pesquería (NUP) que comprende el área marítima desde la región de Coquimbo hasta la región del Maule y el área al Sur de la Unidad de Pesquería (SUP) que comprende el área entre los 41°28'S y el límite de la región de Magallanes. El año 2000, ocurre un nuevo cambio en las condiciones del mercado de destino que trae como consecuencia un nuevo incremento del protagonismo de la flota artesanal en el desembarque de raya, alcanzando un máximo histórico cercano a las 5 mil toneladas en las tres áreas de pesca a nivel nacional en el año 2003 (Figura 2), aunque la mayoría de los desembarques provienen principalmente del área SUP. Después de este máximo histórico del año 2003 se estableció la primera veda biológica para diciembre 2006 hasta 15 de enero de 2007 (D.Ex. N°1432-2006). Posteriormente, los desembarques comenzaron a disminuir sostenidamente hasta el año 2012, registrando otra abrupta caída de este indicador a partir de 2013 (Chong et al. 2018). Por tal motivo se establecieron una serie de veda biológica entre 2009-2012 en la UP para la raya volantín y raya espinosa (D.Ex. N° 04-2009, 1963-2009, 1469-2010, 100-2012, MINECON). Posteriormente se aplicó veda extractiva para ambas especies de rayas en las tres áreas de pesca durante 2014-2015 y veda biológica en 2017 (D. Ex. N° 21-2014, 216-2017, MINECON). En los últimos años de la serie anual, los desembarques fueron inferiores a los 400 t, aunque éstos superaron las cuotas anuales establecidas. Los cambios descritos anteriormente en la pesquería de raya se han resumido en el **Tabla 1**.

Respecto a antecedentes de descarte o subreporte, Pérez et al. (2017) señaló que en esta pesquería se efectuó aleteo sobre individuos mayores a los 20 kg, y descarte de ejemplares bajo los 3 kg, sin embargo, estas capturas no se consideraron en las estadísticas oficiales. Respecto a la captura de individuos < 3 kg, se ha estimado valores máximos de descarte de 47% (peso) y 4% en la X y XI regiones entre 2004-2012, respectivamente. Para la zona UP el valor máximo sería 8% (peso) y para la NUP se

presume que no fue mayor que la reportada en la zona SUP. Posterior al 2012 la flota artesanal dejó de llevar ejemplares menores a los 3 kilos a puerto.



**Figura 2.** Desembarque de raya en la NUP, UP Y SUP y cuotas de captura en cada zona. (Extraído de Pérez et al., 2017).



**Figura 3.** Distribución espacial de la pesquería de Raya en Chile. Cuadro A corresponde Norte de la Unidad de Pesquería (NUP) desde el límite Norte de la IV región. B indica la Unidad de Pesquería (UP) y C indica el Sur de la Unidad de Pesquería (SUP). Los puntos rojos indican los puertos de desembarque de Raya en Chile. (Extraído de Pérez et al. 2017).

Como se mencionó anteriormente, la pesquería de raya viene siendo administrada con cuotas de capturas desde el año 1997. Las estimaciones de capturas llevan implícito una metodología de estimación de abundancia y biomasa, que en el caso de la raya volatín corresponde a un modelo de evaluación integrado (Maunder & Punt, 2013), sin embargo, en el caso raya espinosa estas metodologías no pueden utilizarse debido a la carencia de información (Pérez et al., 2017).

Los modelos de evaluación integrados corresponden a un análisis estadístico de toda la información disponible de un stock (Maunder et al. 2006). En el caso de raya volatín, si bien la dinámica poblacional ocurre en edades, se utiliza un clave talla-edad modelada. Para el ajuste estadístico se cuenta con información exclusivamente proveniente del monitoreo de la pesca, entre las que se cuentan: i) desembarque de raya, ii) composición de tallas del desembarque, iii) proporción sexual, iv) pesos medio por sexo, v) parámetros de historia de vida ( $k$ ,  $L_{inf}$ ,  $t_0$ ,  $M$ ) y vi) captura por unidad de esfuerzo (CPUE) (Pérez et al. 2017). Esta última fuente de información (CPUE) es una de las piezas más relevantes en la evaluación por cuanto es un indicador de la abundancia poblacional, lo cual lleva el supuesto implícito que la CPUE es proporcional (capturabilidad) a la abundancia (Harley et al. 2001). Por lo tanto, la CPUE es una de las piezas de información clave para una precisa e insesgada estimación del estado de explotación de una especie comercial, la cual debe representar la tendencia relativa de los niveles de abundancia a través del tiempo. Estos índices, en general pueden ser clasificados como: i) índices independientes de la pesquería, al ser obtenidos por métodos directos de medición de la abundancia o biomasa; y ii) índices dependientes de la pesquería, por ser una medida indirecta de la abundancia que se asume contenida en la información recopilada de las operaciones de pesca comerciales. Por tanto, uno de los análisis más importantes previos a la evaluación de stock propiamente tal, es la estimación de la CPUE, proceso denominado “estandarización de la captura por unidad de esfuerzo” o “análisis de las tasas de captura”. Este proceso debe asegurar, entre otros, que la capturabilidad pueda asumirse constante entre años (Maunder et al. 2006). Sin embargo, algunos de los cambios observados en la CPUE pueden deberse a otros factores que influyen en las tasas de capturas, y no necesariamente asociados a cambios reales en la abundancia de los stocks, esto es particularmente cierto cuando la información utilizada para la construcción de la CPUE proviene de la actividad pesquera.

Factores tales como cambios en la composición de la flota, la estación del año, zonas de pesca, las especies objetivos, el ambiente, entre otros pueden enmascarar los cambios en la abundancia (Hinton & Maunder, 2004; Maunder et al. 2006; Tascheri et

al. 2010; San Martín et al. 2011). El proceso de estandarización de la CPUE apunta entonces a remover los factores que influyen en las tasas de capturas, y a la generación de un indicador de abundancia relativa (o CPUE) que represente los cambios de abundancia del stock (Maunder & Punt, 2004). Para llevar a cabo el análisis de CPUE se dispone de distintas metodologías tanto de minería de datos, particularmente importante en pesquerías demersales (Wiff et al. 2020), como metodologías de estimación de CPUE y la consideración de la variable espacial (Thorson et al. 2020).

Desde el punto de vista de la pesquería de raya, según Pérez et al. (2017) actualmente no se cuenta con una serie de CPUE estandarizada, es decir, un análisis que filtre los factores que influyen en las tasas de captura de raya, y se discute si esta ausencia de análisis podría ser una de las causas del débil ajuste de la CPUE en los enfoques de evaluación implementados en este recurso.

Como se mencionó previamente, las operaciones de pesca sobre raya han estado sujetas a múltiples cambios (**Tabla 1**), tales como la falta de claridad histórica respecto a la composición específica, existencia de una o más poblaciones, tipo de flota, captura como fauna acompañante, zonas de pesca, establecimiento de vedas, entre otros. Mas aún, las recientes vedas a las cuales ha sido sometida la pesquería han llevado a una reducción en la colecta de la información biológico-pesquera disponible, siendo el muestreo de carácter oportunidad (Pérez et al., 2017). En este contexto el Center of Applied Ecology and Sustainability (CAPES-UC) ha desarrollado este proyecto, con el objetivo de generar índices de abundancia relativa de raya volatín y raya espinosa, que por un lado den cuenta de una identificación de los factores que modulan las tasas de capturas, y por otro, representen los cambios de abundancia de la población, contribuyendo así a disminuir la incertidumbre en la evaluación de stock de raya volatín y raya espinosa.

**Tabla 1.** Cuadro resumen de los eventos que influyen (o afectan) el desembarque pesquero artesanal e industrial de Raya volantín y Raya espinosa en las costas de Chile (Lamilla et al. 2010; Vargas-Caro et al. 2017; Perez et al. 2017; Chong et al. 2018).

Eventos	Años											
	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	
1. Captura como fauna acompañante												
2. Captura como especie objetivo, 1979												
3. Ingresa Corea del Sur al mercado asiático de raya												
4. Creación Unidad Pesquería: Límite norte-VIII y 41°28,6'S, 1996												
5. A partir de 1997 se establece cuota de captura												
6. Máximo histórico del desembarque en SUP, 2003												
7. Inicio de la identificación de la presencia de raya espinosa, 2004												
8. Información de descarte (ejemplares <3 kilos)												
9. Cuota raya espinosa, 2012												
10. Veda biológica en SUP, 2006												
11. Veda biológica en UP, 2009-2012												
12. Veda extractiva en las tres áreas (NUP,UP y SUP), 2014-2015												
13. Veda biológica en las tres áreas (NUP,UP y SUP), 2017												

### 3.- METODOLOGIA DE TRABAJO

---

#### 3.1- OBJETIVO ESPECIFICO 1

*“Analizar la composición y régimen operacional de las flotas artesanales que operan en la resquería de raya volantín y raya espinosa”*

##### 3.1.1. Solicitud y validación de los datos históricos

Una vez adjudicado el proyecto por parte del Consejo de Investigación Pesquera y de Acuicultura (CIPA) al Centro CAPES-UC (Carta FIPA N° 261), se solicitó oficialmente al Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), mediante carta formal con fecha 27 de octubre de 2020, las bases de datos e información relacionada con el proyecto **“Seguimiento de las Pesquerías Demersales y Aguas Profundas”** en sus secciones: Pesquería Demersal Centro Sur y Pesquería Demersal Sur Austral Artesanal (Sección III) y Pesquería Demersal Sur Austral Industrial (Sección IV), que son ejecutados periódicamente por IFOP. Lamentablemente, dicha solicitud por razones ajenas a CAPES-UC no permitió recibir dichas bases de datos, por lo que se debió reiterar la solicitud en una nueva carta a IFOP fechada el 16 de marzo de 2021, la cual fue respondida satisfactoriamente por parte de IFOP con fecha 22 de marzo de 2021 adjuntando las bases de datos requeridas (**Ver ANEXO 1**).

Las características operacionales y régimen de pesca sobre la raya volantín y raya espinosa fueron analizadas para tres zonas: al norte de la unidad de pesquería (NUP, IV – VII Región), unidad de pesquería (UP, VIII – 41°28,6'S) y al sur de la unidad de pesquería (SUP, 41°28,6'S – XII Región).

El presente proyecto recibió la información histórica disponible de la pesquería artesanal que operaron con espinel o red de enmalle sobre ambos recursos de rayas en la zona centro-sur y sur-austral desde 1997 hasta 2019. Estos registros históricos fueron obtenidos en terreno (a bordo o en tierra) por observadores científicos (OC) del Instituto de Fomento Pesquero (IFOP).

Antes de análisis descriptivos y aspectos de adentrarse en aspectos de modelación, es importante conocer el balance de la matriz de datos histórica para evitar sesgo en los resultados de las variables de interés. Para la obtención de una matriz definitiva en la

pesquería de rayas, la información disponible pasó por una serie de validación que consistió en:

- La selección de los campos principales de la base de datos IFOP, siendo estos: código de la nave, fecha-hora de recalada, código de pesquería, puerto de recalada, número del lance (o viaje) y fecha del lance (o viaje).
- A partir del punto anterior, se identificaron los viajes con pesca de raya volantín y raya espinosa.
- Todos aquellos viajes que registraron pesca de ambas rayas, pero con captura cero fueron eliminadas.
- A continuación, se seleccionaron las restantes especies que fueron capturadas juntas con ambos recursos de rayas.
- Se determinó los días fuera del puerto de cada viaje, tomando como criterio que la diferencia entre la fecha recalada y del zarpe sea al menos de un día.
- Revisión de las características del arte de pesca red de enmalle (longitud de red, tamaño de malla, número de paños y profundidad) y espinel (longitud línea madre, número anzuelo, cantidad de anzuelo y profundidad).
- Identificación del tipo de nave (bote y lancha) con pesca de rayas.
- Revisar y completar la posición geográfica de los puertos (o caletas) de recalada con captura de ambos recursos de rayas.
- Hacer un cruzamiento de los datos con las características de la nave (eslora, capacidad de bodega y potencia de motor).
- Revisar aquellos viajes que contengan la posición geográfica del lance con capturas de rayas.

Finalmente, se recopilaron un total de 15.977 registros de capturas entre rayas y otras especies distribuidos en 7.336 viajes en la serie anual 1997-2019. Una vez validados los datos, la base se redujo hasta 15.477 registros distribuidos en 7.162 viajes. A pesar de esta validación, la matriz de datos aún no quedó bien balanceada para la modelación, dado el escaso o nulo registro de viajes con pesca a nivel mensual en algunas zonas, principalmente en raya espinosa.

### 3.1.2. Medidas administrativas

Como anticipamos en la sección de antecedentes, las medidas administrativas tendrán un papel primordial en la forma cómo nos acercamos a la generación de un índice de abundancia derivados de la data comercial en pesquerías de rayas.

La alta variabilidad temporal de las operaciones de la flota artesanal debido a la demanda del mercado asiático y el nivel captura de los recursos obligaron aplicar un total de 24 normativas efectivas con sus respectivas modificaciones entre 2006 y 2021, siendo estas: veda biológica, veda extractiva y definición de periodo de capturas con fines de resguardar los procesos reproductivos, reclutamientos, disminuir la tasa de explotación y ordenamiento pesquero (**Tabla 2, Figura 4**).

A partir de 2006 se hizo efectivo decreto de veda biológica tipo 1 (reproductiva) que rigió entre 1 de diciembre hasta 15 de enero para toda el área marítima nacional incluidas aguas interiores sur-austral (D. Ex. N°1432-2006 mod. 1241-2006; 239-2006), cuyo periodo fue extendido a partir de 2016, abarcando desde 1 de diciembre hasta 31 de marzo (D. Ex. N° 14-2016 mod. 1432-2006; 1241-2006; 239-2006). Además, una serie de normativas de veda biológica tipo 2 (reproductivo-reclutamiento) para ambas especies fueron decretadas entre 2009-2012 y 2017 en la zona UP y solo 2017 en SUP (D. Ex. N° 04-2009; 1963-2009; 1469-2010; 100-2012; 216-2017). Finalmente, en la zona UP, una veda extractiva fue aplicada entre 2014-2015 (D. Ex. N° 21-2014) y dos vedas en la zona SUP, abarcando entre agosto de 2009-2011 y 2013-2015 (D. Ex. N° 1228-2009; 113-2013).

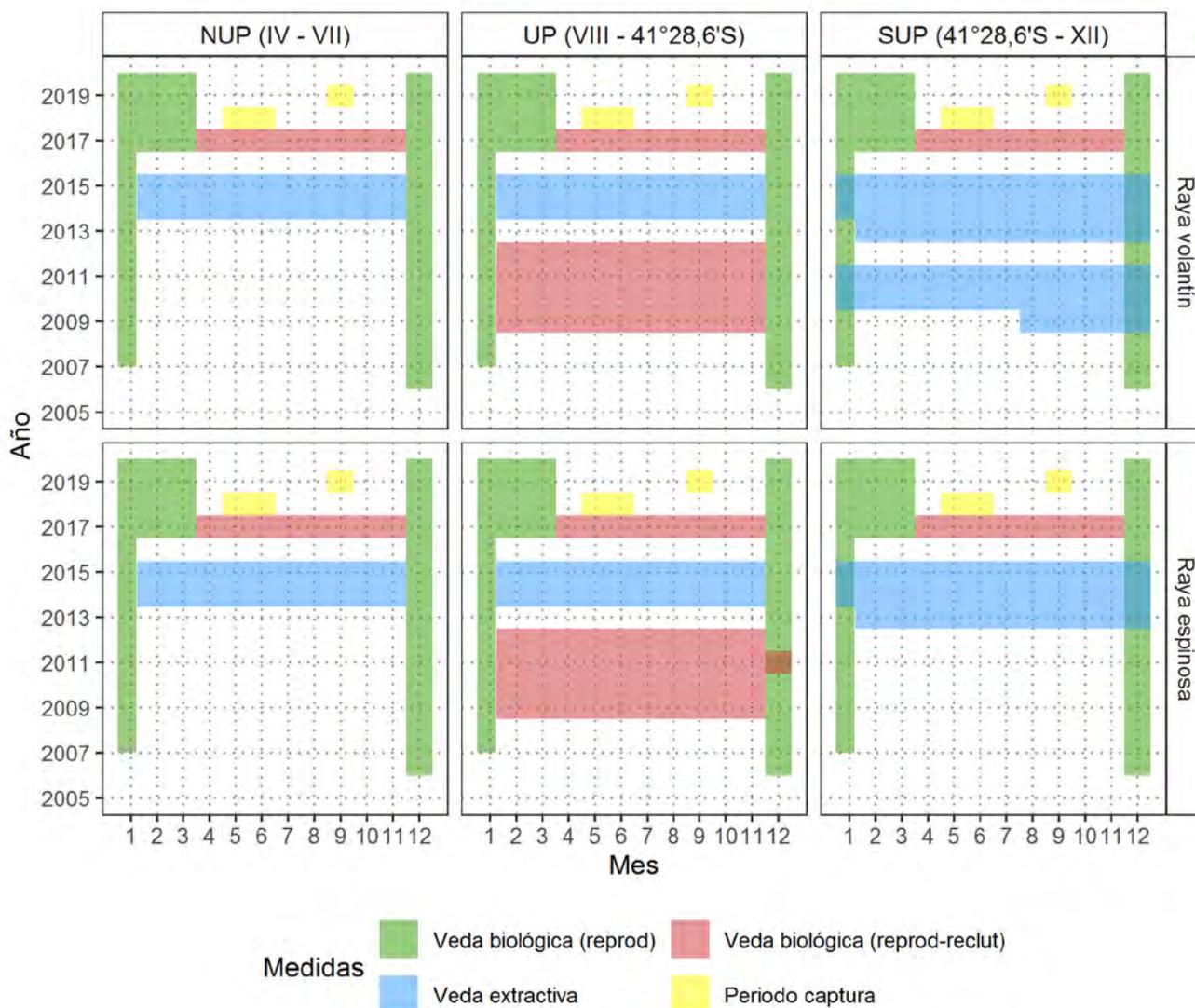
Un total de 2 decretos exentos fueron aplicados sólo para raya volantín, 1 para raya espinosa y 12 decretos para ambas especies (**Tabla 2**). En resumen, la historia de esta pesquería atravesó por periodos con extracciones intensas sobre estos elasmobranchios y otras limitadas por normativas que resultaron disímiles entre las zonas y especie (**Tabla 2, Figura 4**).

La información validada todavía queda desbalanceada en términos de cantidad de datos y discontinuidad temporal. Por lo tanto, para una caracterización de la data se adoptó la siguiente estrategia:

- En raya volantín, la información de la zona UP y SUP fue agrupada por bloques de periodos con o sin medidas administrativas basadas en la veda biológica tipo 2 y extractiva, mientras que en la zona NUP al no haber tenido estas dos medidas, los datos fueron agrupados basados por la fluctuación interanual de la captura del recurso.
  
- En raya espinosa, la información de la zona NUP y UP es bastante limitada por lo que se analizaron en un solo bloque global para cada uno, mientras que sólo los datos de la zona SUP fueron agrupados por bloques con o sin medidas administrativas previamente mencionadas.

Tabla 2. Resumen de medidas administrativas sobre raya volantín y raya espinosa. mod, modifica decreto exento.

Especies	Medida	Consideración	Periodo	Area	Normativa	Fecha publicación
Dipturus sp	Veda biológica tipo 1	Proteger la reproducción	01 dic - 15 ene	I-XII Regiones & Aguas interiores sur-austral	1432-2006 mod 1241-2006; 239-2006	06-12-2006
Dipturus sp	Veda biológica tipo 2	Proteger la reproduccción & reclutamiento	16 ene - 30 nov 2009	VIII Región - 41°28.6'S	04-2009	14-01-2009
<i>Dipturus chilensis</i>	Veda extractiva	Proteger & conservar la biomasa	14 ago 2009 - 31 dic 2011	41°28.6'S - XII Región	1228-2009	13-08-2009
Ambas especies	Veda biológica tipo 2	Proteger la reproduccción & reclutamiento	16 ene - 30 nov 2010	VIII Región - 41°28.6'S	1963-2009	30-12-2009
<i>Zearaja chilensis</i>	Veda biológica tipo 2	Proteger la reproduccción & reclutamiento	16 ene - 30 nov 2011	VIII Región - 41°28.6'S	1469-2010	29-12-2010
<i>Dipturus trachiderma</i>	Veda biológica tipo 2	Proteger la reproduccción & reclutamiento	01 ene - 31 dic 2011	VIII Región - 41°28.6'S	1469-2010	29-12-2010
Ambas especies	Veda biológica tipo 2	Proteger la reproduccción & reclutamiento	25 ene - 30 nov 2012	VIII Región - 41°28.6'S	100-2012	25-01-2012
Ambas especies	Veda extractiva	Disminuir la tasa de explotación	22 ene 2013 - 31 dic 2015	41°28.6'S - XII Región	113-2013	22-01-2013
Ambas especies	Veda extractiva	Velar por la conservación por el estado del recurso	16 ene - 30 nov 2014 & 2015	IV Región - 41°28.6'S	21-2014	22-01-2014
Ambas especies	Veda biológica tipo 1	Proteger la fracción desovante	01 dic - 31 mar	I-XII Regiones & Aguas interiores sur-austral	14-2016 mod 1432-2006; 1241-2006; 239-2006	11-01-2016
Ambas especies	Veda biológica tipo 2	Proteger la reproduccción & reclutamiento	01 abr - 30 nov 2017	I-XII Regiones & Aguas interiores sur-austral	216-2017	30-03-2017
Ambas especies	Periodo de captura	Ordenamiento de la pesquería & garantizar monitoreo científico	30 may - 15 jun 2018	IV - XII Regiones	1638-2018 mod 1077-2018	27-04-2018
Ambas especies	Periodo de captura	Ordenamiento de la pesquería & garantizar monitoreo científico	24 - 30 sept 2019	IV - XII Regiones	1013-2019	21-03-2019
Ambas especies	Periodo de captura	Ordenamiento de la pesquería & garantizar monitoreo científico	13 - 24 oct 2020	IV - XII Regiones	2059-2020 mod 953-2020; 715-2020	22-09-2020
Ambas especies	Periodo de captura	Ordenamiento de la pesquería & garantizar monitoreo científico	15 - 30 ago 2021	IV - XII Regiones	1010-2021 mod 498-2021	08-04-2021



**Figura 4.** Resumen de las medidas administrativas aplicada para la pesquería artesanal de raya volantín y raya espinosa entre 2006 y 2019, por periodo y zona.

### 3.1.3. Características operacionales de la flota artesanal.

A partir de la matriz validada se realizó análisis descriptivos de las operaciones artesanales por bloques de periodos, zonas y recurso, considerando los siguientes campos:

- Embarcación: tipo (bote o lancha) y tamaño (eslora) de la embarcación.
- Arte de pesca: característica del arte de pesca red de enmalle (longitud de red, tamaño y n° paños) y espinel (longitud línea madre, número del anzuelo y cantidad de anzuelo).

- Esfuerzo: tamaño de la flota, número de viajes con pesca (vcp) y días fuera del puerto o caleta (dfp).

Además, se analizó la captura y rendimiento de pesca a escala interanual por zona y recurso. En este informe se consideró el esfuerzo viaje con pesca (vcp) para evaluar el rendimiento (kg/vcp).

#### **3.1.4. Búsqueda de Patrones.**

En las pesquerías multiespecíficas muchas especies son capturadas a la vez por una misma operación de pesca (unidad de esfuerzo) en un área determinada debido a que ellas pertenecen a la comunidad ecológica que reside en el área. A su vez, en la misma área pueden producirse interacciones tecnológicas entre flotas, esto es, flotas que explotan los mismos stocks y/o una misma comunidad.

La pesquería de rayas es parte de la pesquería multiespecífica demersal centro-sur, y sur-austral de Chile siendo capturada como especie objetivo o como fauna acompañante (bycatch). Estos aspectos, dificultan la identificación de la intencionalidad de pesca, aspecto central para la construcción de un índice de abundancia basado en capturas comerciales. Así, cuando la información proviene exclusivamente de la actividad pesquera, la intencionalidad de pesca o captura puede sólo ser inferida desde la composición de la captura (Biseau, 1998).

La intencionalidad de pesca o captura se determina usualmente asignando a cada lance o viaje con pesca una particular táctica de pesca. Para efectos de este trabajo definiremos táctica de pesca, siguiendo la definición usada por Wiff et al (2020; 2008) la cual dice relación con la decisión tomada por el pescador o capitán de pesca antes que la operación de pesca tome lugar. Esta operación está influenciada por varios factores tales como, especie(s) objetivo (s), la localidad o zona de pesca, arte de pesca, condiciones del mercado, entre otros. A su vez, estos factores podrían incluso variar a nivel estacional y espacial (Pelletier & Ferraris 2000; Wiff et al. 2020). En resumen, una táctica de pesca corresponderá a las decisiones en términos de que especie objetivo

pesca, arte de pesca a utilizar, y localidad de pesca, dependiendo tal vez de la estación del año o mes (Pelletier & Ferraris 2000).

Desde el punto de vista de la minería de datos, la identificación de las tácticas de pesca se ha asociado con el reconocimiento de agrupaciones de operaciones de pesca que tienen especies similares (Lewy & Vinther 1994; Wiff et al 2008; 2020). Sin embargo, Pelletier & Ferraris (2000) señalan que las tácticas de pesca no son definidas exclusivamente por la composición de la captura, más aún la táctica de pesca, podría no estar definida por la composición de especies. Los autores señalan que idealmente la táctica de pesca debería estar caracterizada por la(s) especie(s) objetivo, el arte, localidad de pesca, y época del año.

El primer paso fue un refinamiento de los datos para descartar datos dudosos respecto de la procedencia. Luego se exploran tres alternativas diferentes para la definición de patrones de o tácticas de pescas, las cuales varían en supuestos y complejidad. La primera, se trata de una técnica visual, llamada Curvas de Biseau, el segundo tiene que ver con análisis multivariado de la composición de captura y el último, un método más bien experimental que está basado en técnicas de aprendizaje automático (Machine Learning).

#### 3.1.4.1. Refinamiento de datos: Random forest.

A partir de 1998, Quiroz & Wiff (2007) observaron un comportamiento disímil de los desembarques anuales de raya volantín entre la zona UP y SUP, Ellos supusieron que la cuota anual asignada a la zona UP generó que la flota de SUP cambiara su área de explotación, es decir reportaron capturas del recurso que procedían de la zona UP. Las curvas de Biseau reportadas en el informe de avance también revelaron niveles de captura importantes en la zona NUP, coincidiendo con las vedas y cuotas anuales aplicadas para la UP. Por este motivo para la depuración de la información es importante considerar las medidas administrativas para evaluar el comportamiento de las capturas y días fuera del puerto (DFP).

La pesquería artesanal de raya volantín es una pesquería de data pobre, con información desbalanceada en términos espacio-temporal y con la bitácora incompleta en varios viajes, por lo tanto, la aplicación de Random Forest (RF) de Machine Learning (Aprendizaje Automático) resulta una herramienta ideal y flexible para este tipo de fuente de información, dado que no requiere de supuestos estadísticos clásicos (e.g., la colinealidad, presencia de outliers, normalidad, etc.).

En esta sección, este algoritmo RF es implementado con el aprendizaje supervisado, es decir, intervenimos para indicarle que la matriz de datos tiene una variable respuesta (Y) y predictores (X), tal que el modelo es entrenado para predecir (Breiman, 2001). RF ensambla la variabilidad de árboles de decisión, alterando la construcción de cada uno de ellos mediante la selección aleatoria tanto de los datos como de los predictores, cuyos árboles resultantes se combinan para construir la decisión final con un alto poder predictivo (Genuer & Poggi, 2020). Esto la convierte en una herramienta no paramétrica muy atractiva por su simplicidad e interpretación.

En este estudio, un RF de regresión fue usado con el paquete randomForest v.4.6-14 del R-cran (Liaw y Wiener, 2002), dado que las variables respuestas captura del viaje y DFP son continuas. El DFP también fue seleccionado como predictor continuo para modelar la captura, y se incluyeron los predictores categóricos el Año y la estación del año. Además, cuando se modeló ambas variables de interés para la zona NUP y SUP, se incluyó la medida administrativa como predictor categórico (i.e., actividad extractiva permitida o prohibida) aplicada a su respectiva zona y también paralelamente aplicada a la zona UP, de esta manera el modelo RF de regresión queda descrito como:

$$\text{Captura}_z \sim \text{Año}_z + \text{Estación}_z + \text{DFP}_z + \text{AE}_z + \text{AE}_{UP}$$

$$\text{DFP}_z \sim \text{Año}_z + \text{Estación}_z + \text{AE}_z + \text{AE}_{UP}$$

donde z corresponde la zona NUP o SUP y el predictor AE es la actividad extractiva.

El error out of bag (OOB) evalúa la calidad de los modelos de regresión. Este es un tipo de validación cruzada que cuando alcanza el valor mínimo y la estabilización del error OOB determina el número de predictores aleatorio seleccionado para la construcción de un árbol y la cantidad de árboles de decisión para el ensamble, respectivamente.

Para la estimación del OOB, un proceso de muestreo con reemplazo (bootstrap) utiliza el 2/3 de las observaciones para la construcción de un árbol único y así ajustar el modelo. Los datos restantes (1/3) son muestras OOB que se utilizan para calcular el error del árbol. La estimación OOB de cada bosque aleatorio (i.e., bosque con diferente número de árboles) es la tasa de error media de todos los árboles. Además, la varianza explicada por el RF de regresión fue el otro indicador usado para seleccionar el modelo óptimo.

La importancia relativa de las variables que influyen en la predicción es determinada mediante permutaciones sin reemplazo. Este método baraja de los valores de un predictor de la muestra OOB (denominado “schuffling”), dejando intacto los valores de las restantes variables. Este procedimiento estima OOB y determina qué tan imprecisa resulta la predicción del modelo, o en otras palabras, que tanto pierde el modelo RF al excluir un predictor específico, jerarquizando su importancia o influencia en la predicción de la variable respuesta.

#### 3.1.4.2. Metiers mediante Curvas de Biseau.

La intencionalidad de pesca fue analizada por bloques de periodos, zona y recurso. De este modo, la información incrementó para cada bloque, la cual contiene su propia historia de la pesquería conforme a la condición del recurso y resoluciones decretadas.

La teoría de Metiers apunta a clasificar los datos en distintos grupos de acuerdo a la intencionalidad y comportamiento de la operación de pesca. En este caso se usó un método semicuantitativo conocido como las curvas de Biseau (Biseau, 1998). Este

método analiza el esfuerzo y captura para describir el grado de intencionalidad de pesca del recurso, siguiendo los siguientes criterios:

- Captura relativa acumulada del recurso comparada a su contribución porcentual en la captura total del viaje, la que muestra el grado de especialización y el nivel de eficiencia en las capturas del recurso considerado en estos viajes.
- El esfuerzo de pesca (vcp) relativo acumulado del recurso comparado a su contribución porcentual en la captura total del viaje, la que muestra la importancia de la especialización de cada viaje en términos de esfuerzo dirigido y no solamente en términos de capturas.

#### 3.1.4.2. Metiers mediante análisis multivariado

La identificación de las tácticas de pesca ha sido abordada mediante el análisis estadístico de conglomerados. Este análisis permite identificar estructuras (o patrones) dentro de los datos que permiten caracterizar eventos de pesca individuales (por ejemplo, viaje con pesca) de un particular grupo (Metiers) permitiendo así la segregación o separación de los datos a una resolución más fina ([Pelletier & Ferrari 2000](#); [Parsa et al. 2020](#)). Varias metodologías han sido empleadas a través del tiempo para identificar y definir los metiers, la más simple consiste en seleccionar viajes de pesca o lances donde se excede una cierta proporción de captura de especies objetivo. Otro enfoque consiste en realizar análisis multivariados sobre la composición de especies en los datos de captura por viaje u operación de pesca (lo que se conoce como perfiles de captura o desembarques) y luego agrupar perfiles de captura similares. La agrupación puede ser visual (lo más básico) o estadísticamente a través del análisis de cluster ([Deportes et al 2012](#)). Para la agrupación estadística se han aplicado diversas técnicas y softwares, tales como, el Hierarchical agglomerative clustering, K-means clustering y otros ([Parsa et al 2020](#)). En Chile y en particular en la pesquería demersal sur austral se ha utilizado una combinación de Análisis de Componente Principales y agrupamiento jerárquico aglomerativo ([Wiff et al. 2008, 2020](#)).

Estos análisis multivariados han sido principalmente utilizados en la identificación de las tácticas de pesca basada en especies (Wiff et al. 2020), pero también en la identificación de las tácticas de pesca que considera tanto la composición de la captura como variables asociadas al esfuerzo de pesca (Petellier & Ferrari 2000; Maynou et al. 2011; Ziegler 2012). Para incorporar el esfuerzo a la táctica de pesca la literatura muestra dos enfoques, el primero identifica los clúster de especies, y desde estas agrupaciones identifica patrones en el esfuerzo de pesca (Petellier & Ferrari 2000), o alternativamente analiza ambos componentes especies y esfuerzo simultáneamente (Maynou et al. 2011).

Para el presente informe final se presentan aspectos exploratorios orientados a identificar la(s) táctica de pesca en la pesquería de raya usando técnicas multivariadas, específicamente derivado de Análisis de Componentes Principales. Para ello hemos seguido la aproximación de Petellier & Ferrari (2000), es decir primero identificamos los clúster de especies y su variabilidad en el tiempo, y desde estas agrupaciones exploramos potenciales patrones del esfuerzo de pesca asociado a esta pesquería.

#### 3.1.4.3. Metiers con Aprendizaje Automático.

Tal como explicamos en la sección anterior. el uso de técnicas multivariadas de exploración de datos se ha basado históricamente en la reducción de dimensionalidad mediante proyección de las variables en nuevos ejes que capturen la varianza de los datos (ej. Análisis de Componentes Principales). Estas técnicas permitían en un escenario de escaso poder de cómputo resolver las ecuaciones de la rotación y simplificar el problema (e.g. Legendre & Legendre, 2012). Con el aumento del poder de cómputo, se ha avanzado en técnicas de agrupamiento de datos multivariados modernos (e.g. k-medias, agrupamiento jerárquico divisivo, entre otros). En algunos de los casos, existen ciertos supuestos de las distribuciones que se deben cumplir para que los grupos resultantes tengan sentido. En otros, el punto de corte para definir los grupos es *a posteriori* y agrega espacio para la subjetividad. Más recientemente, han surgido técnicas que se basan en un fuerte poder de cómputo para realizar agrupamientos y que no adolecen de los problemas mencionados anteriormente (ej. árboles multivariados de clasificación y regresión, De' Ath, 2002). Es más, en términos de gestión, es esperable que la clasificación en grupos homogéneos de especies

capturadas pueda ser realizada utilizando variables fáciles de registrar (e.g. puerto de salida, duración del viaje, eslora, arte de pesca, entre otras; e.g. [Vögler et al. 2020](#)).

Los árboles de clasificación y regresión ([De' Ath, 2002](#)) realizan la partición binaria de los datos en grupos que son más homogéneos que su nodo madre, utilizando para la partición la mejor de una serie de covariables explicatorias (matriz X). Este método, originalmente aplicado a datos de respuesta univariados ha sido extendido para datos de respuesta multivariados (Y= matriz; [De' Ath, 2002](#)). El método es robusto y puede lidiar bien con desbalances, valores faltantes, relaciones no lineales e interacciones de alto orden ([De' Ath, 2002](#)). Este método es ideal para explorar la homogeneidad en las capturas de una flota pesquera en un período de tiempo determinado pues permite definir grupos de lances con capturas más similares entre sí, en función de una serie de covariables de fácil registro.

#### Variables utilizadas y generadas

##### *Variables explicativas (X- características de la pesquería)*

Se generó la variable “día Juliano- *doy*”, natural que va de 1 a 365 e indica el día del año comenzando el primero de enero.

Se generó la variable “estación del año- *season*” categórica que separa en las estaciones Verano, Otoño, Invierno y Primavera utilizando los meses “Enero, Febrero y Marzo”, “Abril, Mayo, Junio”, “Julio, Agosto, Septiembre” y “Octubre, Noviembre y Diciembre” respectivamente.

Las variables descriptoras de las embarcaciones tuvieron una gran cantidad de datos faltantes. Por ejemplo, capacidad de bodega o TRG presentaron 6731 y 6143 datos faltantes, respectivamente. La eslora de las embarcaciones presentó 1837 datos faltantes y fue la variable más completa que describe las embarcaciones. Entre estas variables se registró una fuerte correlación positiva. Se utilizaron como variables explicativas (X): "PESQUERÍA", "DFP", "FECHA\_LANCE", "season", "doy", "ESLORA", "Año".

##### *Variables de respuesta (Y- composición de la captura)*

Se separó la matriz de capturas (kg) de especies. Esta se compuso de un total de 82 especies.

Se realizó un gráfico de Olmsted-Tuckey para explorar la estructura de la comunidad de especies capturadas. En este gráfico se evalúa la frecuencia de ocurrencia (FO, %) y la Biomasa capturada (Kg). La FO se calcula como el cociente del número de veces que aparece registrada una especie sobre el total de lances evaluados expresado como porcentaje. La Biomasa capturada es la suma de las biomásas capturadas de cada especie. Este análisis permite de una forma rápida identificar especies dominantes, raras, frecuentes y ocasionales según el cuadrante en el que se encuentren.

#### *Árbol multivariado de regresión*

Se construyó un árbol de regresión multivariado con la abundancia de las 6 especies más importantes como variable de respuesta. Las abundancias fueron transformadas en logaritmo en base 10 y se le agregó uno para los valores de captura que fueron cero. Como variables explicativas se utilizaron:

PESQUERÍA+DFP+season+doy+year+ESLORA

Se realizó una estimación del error por validación cruzada utilizando 50 permutaciones.

El árbol escogido fue por la regla de 1 desvío estándar (1se), que escoge al árbol más pequeño (menor cantidad de hojas) incluido dentro del error estándar del mejor árbol calculado en base al error estimado por validación cruzada. Esta opción tiende a generar agrupaciones más pequeñas mientras que mantiene un error mínimo. Se utilizó el paquete `{mvpart}` dentro del software R para realizar el análisis.

### 3.2- OBJETIVO ESPECIFICO 2

*Determinar la unidad de esfuerzo y los factores que inciden directamente en el poder de pesca de las unidades extractivas artesanales.*

#### 3.2.1. Predictores de captura y esfuerzo.

En la Oferta Técnica se propuso identificar factores que influyen sobre la captura (kg) y CPUE (kg/dfp) de las especies objetivos, tales como aspecto operacional (*i.e.*, tipo de embarcación, tipo de arte y DFP), temporal (*i.e.*, año y estación), espacial (*i.e.*, latitud y longitud del lance con pesca) y ambiental (*i.e.*, temperatura superficial del mar). Es importante señalar que la modelación en esta sección se ejecutó cómo exploración de los datos para identificar predictores o patrones importantes, en la cual se incluyó la variable ambiental, pero no fue realizada para llevar cabo una estandarización de esfuerzo para la obtención de un índice de abundancia. En el objetivo 4 se encuentran la modelación para la obtención del índice de abundancia.

Se analizó la variación espacio-temporal de la captura (kg) y CPUE (kg/dfp) solo para la raya volantín, porque a partir de 7003 lances con pesca, 1445 (21%) tuvieron la bitácora completa, es decir aspecto operacional, temporal y espacial mencionado previamente. En este análisis se descartó la raya espinosa dado que sólo 125 lances (20%) de un total de 611 cumplieron con la bitácora completa.

#### **Variable ambiental: temperatura superficial del mar**

Se consideraron datos satelitales de la temperatura superficial del mar (TSM, °C) disponible en ERDDAP-NOAA (<https://coastwatch.pfeg.noaa.gov/>), ya que esta variable tuvo mayor cobertura espacial y temporal, necesaria para evaluar su posible influencia sobre la extracción de raya volantín. Los datos de la TSM desde 1997 hasta 2019 con una resolución espacial de 0,25° se extrajeron desde la SST, Aqua MODIS source NPP, at a spatial resolution of 0.025 degrees, recorded in the Pacific Ocean in the daytime from 2006-present (14-day composite), Lon+/-180. Los datos de TSM fueron expresados en términos de anomalías estandarizadas (denominada en las tablas y figuras como anomSST2), calculadas como  $(X_{ijz} - m_z)/de_z$ , donde  $X_{ijz}$  es el valor de la TSM en la longitud  $i$  y latitud  $j$  del mes  $z$ , y  $m_z$  ( $de_z$ ) es el valor promedio (desviación estándar) de la serie 1997-2019.

## **Modelación**

Un análisis con modelo aditivo generalizado (GAM) y Random Forest (RF) fueron aplicados para modelar la captura (kg) y CPUE (kg/dfp). Dependiendo del modelo, los predictores el año, estación (1=verano, 2=otoño, 3=invierno y 4=primavera), zona (NUP, UP y SUP), tipo de embarcación (bote y lancha) y tipo de arte de pesca (enmalle y espinel) fueron considerados como categóricos, mientras que el DFP, latitud del lance, longitud del lance y anomalía de la TSM (anomSST2) fueron considerados como continua.

### ***Modelación con GAM***

En GAM una serie de modelos fueron desarrollados, considerando todas las posibles combinaciones e interacciones de los predictores y reajustes. Dado que la distribución de los valores de la captura y CPUE fue asimétrica, se evaluó la precisión del modelo considerando la familia Gama con la función de enlace log. La selección del modelo se basó en el menor valor de validación cruzada generalizada (GCV), el porcentaje de la devianza explicada y el diagnóstico de los residuos (normalidad y homocedasticidad), siguiendo a [Wood \(2006\)](#) y usando el paquete mgcv v.1.8-35 del R-cran ([www.rproject.org](http://www.rproject.org)). Previo análisis se probó que los GAMs con familia Gausiana (enlace log) obtuvieron valores de GCV superiores comparativamente, por lo tanto, fueron descartados de los análisis posteriores.

### ***Modelación con RF***

Un algoritmo RF de regresión con el aprendizaje supervisado fue aplicado para modelar ambos indicadores usando el paquete randomForest v.4.6-14 del R-cran ([Liaw y Wiener, 2002](#)). El número de predictores seleccionados para construir el árbol y el tamaño del bosque (número de árboles) fueron determinados cuando el valor del error out of bag (OOB) resulta mínimo y estable, respectivamente ([Breiman, 2001](#)).

Para la estimación del OOB, un proceso de muestreo con reemplazo (bootstrap) utiliza el 2/3 de las observaciones para la construcción de un árbol único y así ajustar el modelo. Los datos restantes (1/3) son muestras OOB que se utilizan para calcular el error del árbol. La estimación OOB de cada bosque aleatorio (i.e., bosque con diferente número de árboles) es la tasa de error media de todos los árboles. La varianza explicada

por el RF de regresión fue el indicador usado para seleccionar el modelo óptimo (Genuer & Poggi, 2020).

La importancia relativa de las variables que influyen en la predicción fue determinada mediante permutaciones sin reemplazo. Este método baraja de los valores de un predictor de la muestra OOB (denominado “schuffling”), dejando intacto los valores de las restantes variables. Este procedimiento estima OOB y determina qué tan imprecisa resulta la predicción del modelo, o en otras palabras, que tanto pierde el modelo RF al excluir un predictor específico, jerarquizando su importancia o influencia en la predicción de la variable respuesta.

Finalmente, se llevó a cabo una comparación de la precisión en la estimación de la captura y CPUE entre los modelos GAM y RF. En este caso, se usó un diagrama de Taylor, ilustrando tres indicadores estadísticos complementarios que evaluó el desempeño del modelo tales como, el coeficiente de correlación, la desviación estándar y el error cuadrático medio (RMSE) entre el valor estimado y observado.

### 3.2.2. Desarrollo de una encuesta.

#### **Identificación de Macrozonas mediante encuestas**

Para el levantamiento de datos provenientes de la percepción de los pescadores artesanales de raya volantín y raya espinosa, se utilizaron encuestas de tipo cuestionario y preguntas directas. Estas encuestas fueron tomadas individualmente a cada encuestado por un equipo científico-técnico de CAPES-UC, en las regiones de Chile donde existe pesquería de estas especies y a la mayor cantidad de pescadores disponibles inscritos en la pesquería de Rayas con su RPA actualizado.

#### **Diseño e implementación de encuestas.**

La información histórica de la pesquería analizada desde el Objetivo Específico 1 y la modelación de factores que afectan la CPUE, fueron piezas claves para desarrollo e

implementación de una encuesta dirigida a pescadores que operan en la pesquería de raya.

Para este objetivo, se desarrolla un diseño de muestreo para encuestas dirigidas (entrevistas), que posibilite la recopilación de información cualitativa sobre la dinámica de las áreas de operación y factores que inciden en el poder de pesca de la pesquería de raya volantín y raya espinosa. La idea detrás de este diseño es que la información cualitativa recopilada desde el universo de usuarios permita identificar una figura base de la operación histórica y los factores que influyen en la CPUE, que al ser contrastados con la información cuantitativa obtenida y examinada en el Objetivo Específico 1, facilite identificar indicadores de sesgo que impacten la definición a priori de completitud y dimensiones de los factores que influyen en el poder de pesca en ambas especies de rayas.

La metodología general está basada en encuestas semiestructuradas, con salidas categorizables que ofrezcan una base cuantitativa adecuada para el análisis estadístico. La encuesta tipo fue diseñada con el objetivo de encontrar información cualitativa y cuantitativa que ayudara a complementar las cifras estudiadas a partir del análisis estadístico de modelo para las estimaciones de indicadores de abundancia.

La encuesta fue construida usando medidas de escalas, las que son frecuentemente utilizadas para la medición de actitudes. El término “actitud” se define como la suma total de inclinaciones y sentimientos, prejuicios o distorsiones, nociones preconcebidas, ideas, temores, amenazas y convicciones de un individuo acerca de cualquier asunto específico. En este contexto, la actitud se expresa por medio de opiniones. Por ejemplo, un usuario de la pesquería en particular puede expresar su opinión respecto de la existencia o no de factores que afectan las tasas de captura en rayas. Esta opinión, refleja una actitud específica hacia los hechos referidos. En una escala de actitudes, no interesa propiamente tal la opinión que pueda tener la persona entrevistada, sino más bien, la importancia radica en la actitud de quien opina. Las actitudes pueden medirse a través de diferentes tipos de escalas y en este proyecto fueron seleccionados los enunciados de valorización de tipo Likert ([Likert 1932](#)), debido a que ha entregado buenos resultados en problemáticas relacionadas con recursos naturales ([Gelcich et al. 2014](#)).

La escala de Likert mide actitudes o predisposiciones individuales en contextos sociales particulares. Se le conoce como escala sumada debido a que la puntuación de cada unidad de análisis se obtiene mediante la sumatoria de las respuestas obtenidas en cada ítem. Esta escala se construye en función de una serie de ítems que reflejan una actitud positiva o negativa acerca de un estímulo o referente.

En términos generales, una encuesta basada en valorización de Likert se construye en base a los siguientes pasos:

1. Definición de la variable a medir.
2. Operacionalización de la variable, es decir, se determina como se habrá de medir y se construyen los indicadores respectivos.
3. Diseño de una cantidad suficiente de ítems favorables y desfavorables a la variable que se pretende medir.
4. Depuración de la encuesta por medio de un estudio piloto con el propósito de seleccionar los ítems que habrán de integrarse a la versión final de la escala.
5. Administración de la versión final de la escala a las unidades de análisis que integran la unidad muestral del estudio.
6. Asignación de una puntuación a cada ítem de acuerdo con el procedimiento descrito con anterioridad.
7. Obtención de la puntuación total de cada unidad muestral, reflejando la actitud global hacia la variable medida.

La encuesta está basada en las siguientes escalas: 1) Escala de uno a siete, donde uno era la opción más en desacuerdo con el enunciado y siete, la opción donde se estaba más de acuerdo con este. 2) Escalas porcentuales de diez a cien por ciento, con la opción abierta de indicar cero por ciento. A las respuestas se les asigna una medida de seguridad, de acuerdo con lo que el encuestador percibe, y luego esta es transformada en una medida de incertidumbre que es ponderada en los resultados. El análisis de los diferentes aspectos de las encuestas es luego tratado de manera cuantitativa siguiendo estratigráficos de descripción (por ejemplo. media, moda, varianza), y a través de pruebas de docima de hipótesis.

### 3.2- OBJETIVO ESPECIFICO 3

*Desarrollar un protocolo de toma de información y diseño para estimar indicadores de abundancia relativa.*

#### 3.2.1 Características de la operación

El muestreo de raya volantín y espinosa se llevó a cabo en la zona de Hualaihué (Región de los Lagos) con un observador a bordo del bote espinero “Calipso”. Durante la operación se realizaron dos viajes de pesca, con dos tripulantes y un observador a bordo, la embarcación utilizada fue un bote de nueve metros de eslora y la operación se realizó a 13 millas desde la costa en dirección al sur oeste (**Figura 5**). Se calaron un total de cuatro lances distribuidos en dos faenas individuales de calado y virado (**Figura 5**). Los primeros dos calados se realizaron el día 28 de abril del 2022 y se viraron el 29 del mismo mes y año. En la segunda faena los calados se realizaron el primero de mayo del 2022 y se viraron el día dos del mismo mes y año. Como la cantidad de anzuelos calados supera los 3000, la operación dura aproximadamente 10 horas desde el zarpe hasta la recalada. El virado se realiza con una polea hidráulica ubicado en la proa de la embarcación.

#### 3.2.2. Medición de la talla, longitud del disco y peso

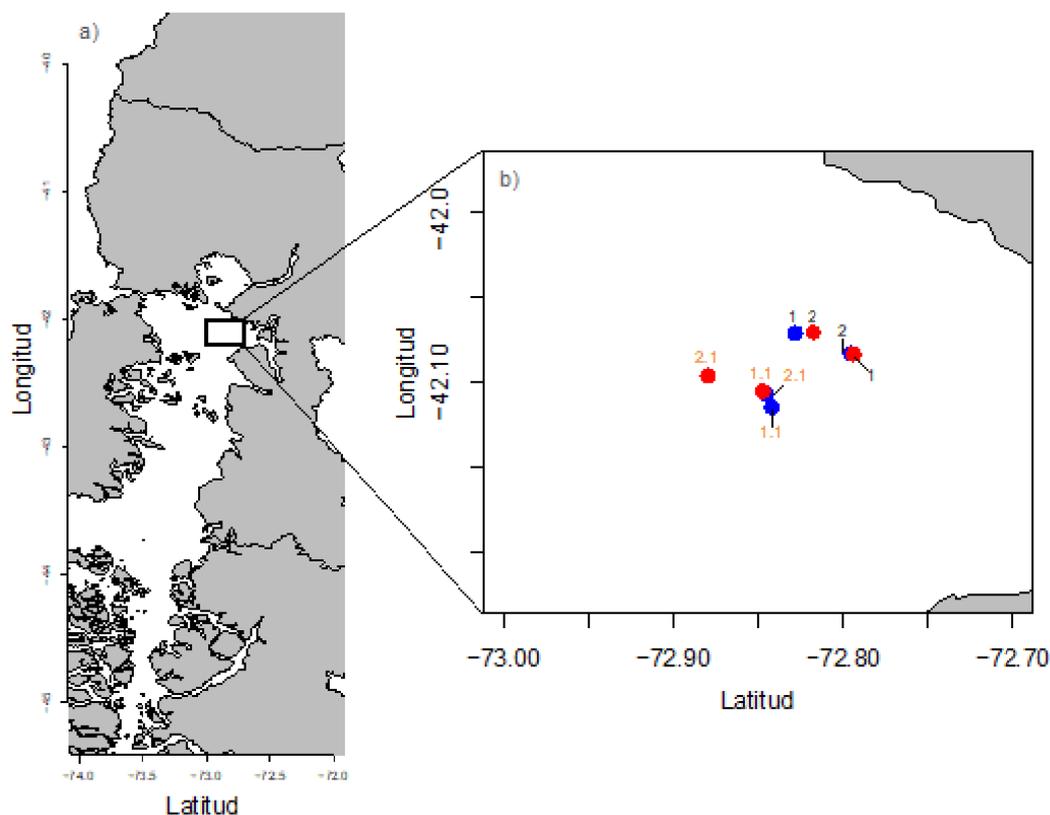
Se cuantificó el total de la captura objetivo y fauna acompañante. La fauna acompañante se identificó al nivel taxonómico más bajo posible. Las mediciones de talla, longitud del disco y peso total de raya volantín y espinosa se realizaron en la cubierta de la embarcación (ver bitácoras de muestreo en **ANEXO III**). Cada espécimen se midió en posición ventral con una huincha flexible, de dos metros de longitud, graduada en centímetros. El peso de los individuos se hizo colgándolos del hocico en el gancho de una balanza portátil con capacidad máxima de 50kg tipo “scale hook” con 1 g de precisión.

#### 3.2.3 Estimación de la relación talla–peso y talla–disco

La relación longitud total – peso total fue estimada con el modelo potencial LW (Length at weight) por sus siglas en ingles con la siguiente ecuación:

$$W = a * L^b$$

Donde  $W$  es el peso total y  $L$  la longitud total del espécimen. El modelo de longitud peso fue ajustado con la función “ $nls$ ” en R (R [develope core-team 2022](#)), y los parámetros estimados por el método de máxima verosimilitud asumiendo distribución normal del error. Por otro lado, la relación talla–longitud del disco se estimó con una regresión lineal simple. Se ajusto un total de seis modelos, tres de potencial talla–peso para la captura total, machos y hembras respectivamente, y tres para la relación longitud total–longitud del disco separados en captura total y genero de los individuos.



**Figura 5.** El mapa de la izquierda muestra la zona de la pesquería demersal austral de raya volantín. En el cuadro negro se destaca la costa de Hualaihué, donde se realizaron los lances para raya volantín y espinosa. El mapa de la derecha muestra los cuatro lances realizados en la zona en las dos faenas descritas previamente. Los círculos azules marcan las caladas y los rojos las viradas. El número indica el lance correspondiente para cada faena, donde los naranjos corresponden a los realizados durante la segunda operación.

### 3.3- OBJETIVO ESPECIFICO 4

*Estimar indicadores de abundancia relativa para el periodo histórico más largo posible*

Este objetivo está basado en la modelación de la data disponible con miras hacia la generación de índices de abundancia y está dividido en dos subsecciones a saber: (i) la modelación histórica de la CPUE mediante modelos aditivos mixtos, (ii) modelación de la data de captura y esfuerzo mediante modelos generalizados de depleción

#### 3.2.1. Estandarización de CPUE mediante modelos aditivos mixtos.

El primer paso para la estandarización de CPUE mediante modelos mixtos fue determinar gráficamente cuál es la suficiencia de datos a través de las especies, unidades de pesquerías, años y meses. Tomando en cuenta luego esta suficiencia de datos, se proponen 4 formas genéricas de modelos para ser aplicados y tener una visión holística de los predictores. Luego de esta visión generalizada se construyen modelos específicos para cada especie, cuya finalidad es la inferencia para estandarización de CPUE.

Para modelar los factores que afectan la CPUE de rayas, utilizamos modelos aditivos mixtos generalizados (GAMM, [Wood 2017](#)). Este tipo de modelos permite acomodar factores categóricos, como el arte de pesca, años, zonas, como también variables continuas como puede ser días fuera de puerto, número de anzuelos/paños, tiempos de reposo, profundidad, los cuales pueden comportarse de manera no-lineal con la CPUE. Además, los GAMM permiten tener efectos aleatorios, como podrían ser en este caso las embarcaciones. Por otra parte, la modelación por GAMM permite determinar el efecto relativo que tiene cada predictor en la contribución del modelo a través de la devianza. Esto es de importancia, ya que se pueden hacer inferencias a qué factores están influyendo en las tasas de capturas y cuánto están influyendo. Por último, la modelación por GAMM permite probar diferentes distribuciones de error para la variable respuesta, entregando mucha plasticidad en la modelación.

Una expresión general de un GAMM es como sigue:

$$E[Y]=g^{-1}[\beta_0 + \sum_j \beta_j(X_j) + \sum_i S_i(X_i) + Zu]$$

donde  $E[Y]$  es el valor esperado de la CPUE,  $g$  es una función de enlace que define la relación entre la variable respuesta y el predictor  $[\beta_0 + \sum_j \beta_j(X_j) + \sum_i S_i(X_i) + Zu]$ .  $\beta_0$  es el intercepto y  $X_k$  corresponde a la  $k$ -th covariable  $\beta$  son los parámetros para efectos fijos (o categóricos), y  $S_k(\circ)$  es una función de suavizado para la  $k$ -th covariable.  $Z$  es una matriz de diseño para los efectos aleatorios  $u$ .

Para el análisis global de la CPUE se usaron como factores categóricos al año, mes, unidad de pesquería, y tipo de embarcación (bote, lancha). Para el caso de espinel se exploraron las unidades de esfuerzo de Días Fuera de Puerto (DFP), como también, número de anzuelos calados y un suavizador para la profundidad, dependiente ya sea de la unidad de pesquería o del tipo de embarcación. En un tipo de modelo (M2), también se asume el barco como un efecto aleatorio. Para el caso de enmalle sólo se utilizó el DFP como unidad de medida, debido a que otras unidades de medida de esfuerzo (e.g. número de paños) solo se encuentra informados en un número reducido de lances. Por la misma razón, para enmalle no se usa un suavizador de la profundidad.

Los modelos implementados, que representan a sí mismo, diferentes hipótesis de factores que afectan las tasas de captura, son enumerados a continuación,

M1: CPUE = Intercepto+ Año+ MES + Unidad+ Barco

M2: CPUE = Intercepto+ Año+ MES + Unidad+ s(Barco, aleatorio)

M3: CPUE = Intercepto+ Año+ MES + Unidad+ Barco+ S(Prof, by=Barco)

M4: CPUE = Intercepto+ Año+ MES + Unidad+ Barco+ S(Prof, by=Unidad)

Donde “S” representa un suavizador, ya sea para el efecto aleatorio para las embarcaciones en M2, o un suavizador para la profundidad dependiente del tipo de barco (M3) o la unidad de pesquería (M4). Análisis exploratorios nos indicaron que la función gamma es la más adecuada para dar cuenta de la CPUE.

En el caso de raya espinosa, y dada la falta de datos de profundidad, sólo se implementaron los Modelos M1 y M2.

Para el caso de los modelos específicos en cada especie se utilizó además una categorización de las embarcaciones de acuerdo con el tamaño de eslora y como un efecto fijo. Se hicieron tres categorizaciones para botes ( $< 7\text{m}$ ,  $\leq 7 \ \& \ < 9$ ,  $\geq 9\text{m}$ ) y dos categorías para lanchas ( $< 15\text{m}$ ,  $\geq 15\text{m}$ ). Esta modelación específica también es separada en dos periodos de tiempo independientes entre ellos. Un primer periodo que abarca hasta el 2013 (P1) y un segundo periodo desde el 2014 al 2019. Análisis preliminares de distribución de error en los modelos de estandarización de CPUE indican que la distribución de error más apropiada es la gamma.

### **3.1.2. Modelos generalizados de depleción.**

La estandarización de esfuerzo mediante modelos aditivos se basa en la premisa que es posible filtrar el efecto anual, el cual es entendido como un índice de abundancia. Por lo general, el éxito de la estandarización de esfuerzo está condicionado a la cantidad de predictores que se puedan tener, así como también, como la homogeneidad de la operación de pesca en términos espaciales y temporales. La pesquería de raya después del 2013 se vuelve una actividad bastante puntual y esporádica lo que hace que los modelos aditivos de estandarización de esfuerzo como los presentados en la sección anterior, sean menos exitosos en filtrar una serie anual como índice de abundancia.

Si bien no estaba incluido en nuestra propuesta, decidimos explorar una ruta alternativa al acercamiento de un índice de abundancia, especialmente en el periodo de 2013 a 2019. Esta alternativa a los índices de abundancia proviene de la aplicación de un modelo de depleción generalizado. Este tipo de modelo puede ser relevante en la construcción de un índice de abundancia en pesquería de datos limitados y donde la operación de pesca es puntual en el tiempo.

Dentro de los modelos de evaluación de stocks, los modelos de depleción convencionales sólo podían ser aplicados a casos muy especiales debido a presunciones muy restrictivas. La principal restricción de estos modelos era que suponían que el stock era cerrado, es decir, que no recibía entradas de abundancia

nueva y que sólo cambiaba por depleción de la abundancia inicial debido a la pesca y a la mortalidad natural. Esta presunción hacía imposible estimar la magnitud de los reclutamientos anuales que ocurren con periodicidad anual en series de tiempo largas de datos pesqueros.

Estas limitaciones quedaron superadas con el advenimiento de los modelos de depleción generalizados (MDG, [Roa-Ureta 2012](#)), que permiten tanto entradas como salidas de abundancia, además de procesos no lineales en la relación entre capturas como resultado, y esfuerzo de pesca y abundancia del stock como causas. Los MDG existen en dos variedades: intra-anuales y multi-anuales. Los MDG intra-anuales se aplican a los datos de temporadas pesqueras separadamente y requieren de datos pesqueros agregados a paso de tiempo diario o semanal. Ejemplos de aplicaciones de estos MDG en la literatura científica son [Roa-Ureta \(2012\)](#), [Roa-Ureta et al. \(2015\)](#), [Lin et al. \(2017\)](#), [Lin & Tzeng \(2018\)](#), [Lin & Jessop \(2020\)](#), y [Roa-Ureta et al. \(2021\)](#). Los MDG multi-anuales se aplican a series de tiempo que cubren varios años simultáneamente y corren a paso de tiempo mensual. Ejemplos de aplicaciones de los MDG multi-anuales en la literatura científica son [Roa-Ureta \(2015\)](#), [Maynou \(2015\)](#), [Roa-Ureta et al. \(2019\)](#), [Roa-Ureta et al. \(2020\)](#), [Maynou et al. \(2020\)](#), [Meissa et al. \(2021\)](#), [Rabaoui et al. \(2022\)](#) y [Moltó et al. \(2022\)](#).

En todos los casos anteriores los MDG se han implementado para obtener estimaciones de *abundancia absoluta* del stock (así como varias otras variables y parámetros de interés) con fines de determinar el estatus de explotación. Esto se ha logrado directamente desde los resultados del MDG ([Moltó et al., 2022](#)) o en combinación con modelos de dinámica poblacional a través de un sistema jerárquico de inferencia estadística presentado previamente en la literatura estadística ([Roa-Ureta, 2010](#)). En este estudio en cambio, dada la gran discontinuidad en los datos pesqueros y el objetivo principal del proyecto, hemos implementado MDG multi-anuales para obtener índices de *abundancia relativa* que sirvan de información para modelos de dinámica poblacional para las dos especies de rayas capturadas en Chile sur-austral.

### *Modelos de depleción*

Los MDG multi-anuales han sido descritos en varios artículos ([Roa-Ureta, 2015](#); [Roa-Ureta et al., 2019](#); [Roa-Ureta et al., 2020](#); [Meissa et al., 2021](#); [Rabaoui et al., 2022](#); [Moltó et al., 2022](#)). Esencialmente, una población inicial en enero de 2004 decae por mortalidad natural y por pesca hasta que en un mes entra un pulso de reclutamiento a

la abundancia disponible para los pescadores. Existe un pulso por año y al tener 16 años de datos el modelo tiene 16 reclutamientos que re-inician la depleción desde un valor más alto de abundancia, constituido por la suma de abundancia remanente y la abundancia del reclutamiento.

El modelo, descrito de manera explícita, es el siguiente:

$$C_t = \sum_{f=1}^{f=Q} k_f E_{f,t}^{\alpha_f} (N_0 e^{-Mt} - e^{-\frac{M}{2}} (\sum_{i=1}^{i=t-1} C_{f,i} e^{-M(t-i-1)}) + \sum_{j=1}^{j=P} R_{p_{j,f}} e^{-M(t-p_{j,f})}) \beta_f e^{-\frac{M}{2}} \quad (1)$$

donde:

- $C_t$  es la captura predicha en número por el modelo en el mes  $t$ .
- $Q$  es el número de flotas, que en este caso es 1, pues cada división de los datos se analiza por separado para producir índices de abundancia,
- $k$  es el escalamiento, un parámetro parecido a la capturabilidad, con unidades (unidad de esfuerzo)<sup>-1</sup>,
- $E$  es el esfuerzo de pesca observado en número de lances,
- $\alpha$  es la respuesta al esfuerzo ( $\alpha \approx 1$  es proporcionalidad,  $\alpha > 1$  es sinergia, y  $\alpha < 1$  es saturabilidad),
- $N_0$  es la abundancia inicial (inicio de enero 2004),
- $M$  es la tasa instantánea de mortalidad natural,
- $R$  es la magnitud de los pulsos de reclutamiento que han ocurrido hasta el mes  $t$ ,
- $\beta$  es la respuesta a la abundancia ( $\beta \approx 1$  es proporcionalidad,  $\beta > 1$  es hiper-depleción, y  $\beta < 1$  es hiper-estabilidad).

Estos modelos estiman directamente un índice de abundancia relativa que corresponde a un índice de reclutamiento: los estimados de los 16 reclutamientos desde 2004 a 2019. Además, estos modelos predicen la abundancia y la biomasa para cada mes de los 192 meses de la serie de tiempo. De estas series de tiempo también se pueden obtener índices de abundancia relativa que representan al conjunto de la población disponible para la pesca.

En el período de 2004 a 2019 la pesca de rayas en Chile sur-austral ha pasado por dos etapas: 2004 a 2013 y 2014 a 2019. Estas dos etapas se distinguen porque en la primera

etapa no se implantaban vedas periódicas mientras que en la segunda etapa la introducción de vedas periódicas y extensas ha producido una gran concentración del esfuerzo de pesca en breves períodos de tiempo. Esto sugiere ajustar MDG con los datos de la primera etapa separadamente del ajuste de MDG con los datos de la segunda etapa. Así se pueden detectar cambios de la operatividad pesquera entre estos dos períodos debidos a la concentración del esfuerzo en la segunda etapa. En este estudio hemos ajustado MDG para las tres divisiones de los datos suponiendo:

- que no existe cambio de la operatividad pesquera entre las dos etapas y, por lo tanto, utilizando todos los datos (192 meses) simultáneamente,
- que existe cambio de la operatividad pesquera entre las dos etapas y, por lo tanto, utilizando todos los datos del período 2004 a 2013 (120 meses) separadamente de datos del período 2014 a 2019 (72 meses).

Los MDG se ajustaron a datos de captura observada en número por mes y esfuerzo de pesca por mes de las matrices descritas en la subsección anterior, es decir para raya volantín flota de botes, raya volantín flota de lanchas, y raya espinosa flota de botes.

La inferencia consistió en estimación máxima verosímil de los parámetros del modelo suponiendo funciones de verosimilitud normal aproximada (apn, 21 parámetros), lognormal aproximada (apln, 21 parámetros), normal exacta (22 parámetros) y lognormal exacta (22 parámetros). Sus fórmulas están descritas en la Tabla 2 de [Roa-Ureta et al. \(2019\)](#). Además, exploramos tres métodos de optimización numérica disponibles en *R*: *CG*, *spg* y *Nelder-Mead*. La combinación de modelo de verosimilitud y método numérico dio lugar al ajuste de múltiples modelos para un mismo conjunto de datos. El mejor modelo fue seleccionado según criterios numéricos y estadísticos, a saber: gradientes numéricos más bajos, correlaciones entre estimados más concentradas en 0, y menores errores estándar. El manejo de datos, análisis exploratorio, ajuste de modelos, y post-proceso de los resultados se realizó en el paquete de *R CatDyn* v. 1.1-1 ([Roa-Ureta, 2018](#)).

## 4 RESULTADOS

---

### 4.1- OBJETIVO ESPECIFICO 1

#### 4.1.1. Características operacionales de la flota artesanal

##### 4.1.1.1 Embarcación

A partir de la información disponible, la composición de la flota que reportó pesca de raya volantín fue mayoritariamente botes (>81%), excepto en el periodo 2011-2013 de la zona NUP, la cual el 75% (n=15) fueron lanchas (**Figura 6 a 9**). En general, los botes fueron de mayor tamaño en la zona NUP, abarcando entre los 6,8 y 11,9 m con un promedio de 9,0 m de eslora, mientras que los botes entre zona UP y SUP fueron de tamaños similares, con una media de eslora en los 7,0 y 8,0 m, respectivamente (**Tabla 3**). Respecto a las embarcaciones de lanchas fueron de mayor tamaño en la zona UP, con una eslora promedio de 16,1 m, y de menor tamaño en la zona SUP con una media de eslora de 14,4 m (**Tabla 3**).

Los tamaños de las embarcaciones que reportaron capturas de raya espinosa también fueron distintivos espacialmente. El tamaño de los botes fue mayor en la zona NUP, con un promedio de 10,2 m de eslora, mientras que en la zona SUP fue de menor tamaño, con una media de 8,1 m de eslora (**Tabla 3**). Por otro lado, el tamaño de las lanchas en la zona UP fue de mayor tamaño, con una media de 15,9 m de eslora, mientras que este tipo de naves fue de menor tamaño en la zona NUP y SUP, alcanzando una media de 14,4 y 14,7 m de eslora, respectivamente (**Tabla 3**).

##### 4.1.1.2 Arte de pesca

Este indicador operacional forma parte de una fracción de la flota artesanal registrada por OC-IFOP, por lo tanto, debido a su limitada cobertura espacio-temporal se recomienda tomar con cautela una comparación descriptiva de sus características entre zonas y años.

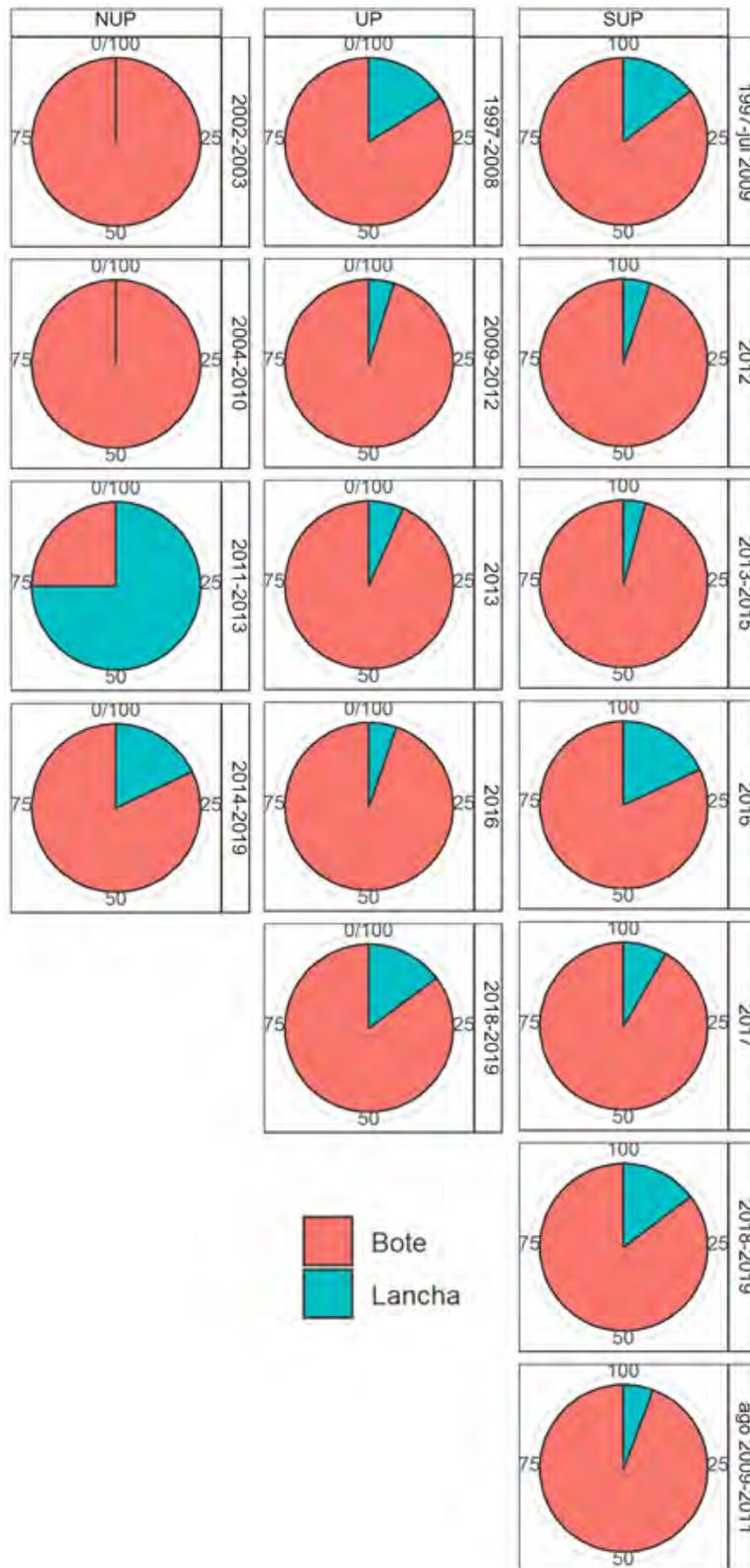
En la pesquería de la raya volantín con red de enmalle de la zona NUP y UP, la longitud de red promedio alcanzó los 1244 y 969 m, respectivamente. Una relación positiva y

significante entre la longitud de la red y número de paños fue obtenida ( $P < 0,05$ ,  $r^2 = 0,56$ ), aunque mediante Ancova, estas difirieron entre zona, con mayor número de paños a una longitud de red dada en la zona NUP. No obstante, el tamaño de la malla fue mayor en la zona UP con un promedio de 10,5 pulgadas en comparación a las 8,9 pulgadas de la zona NUP (**Tabla 3**). La captura de este recurso con espinel en la zona SUP indicó que el promedio de la longitud línea madre abarcó entre los 2475 y 4615 m, sin mostrar un patrón temporal. El número de anzuelo abarcó entre 6 y 8 con una media de 7 (**Tabla 3**). A medida que se incrementa la longitud de la línea madre mayor cantidad de anzuelos serán caladas, verificada con la relación significativa entre ambas variables ( $P < 0,05$ ,  $r^2 = 0,38$ ).

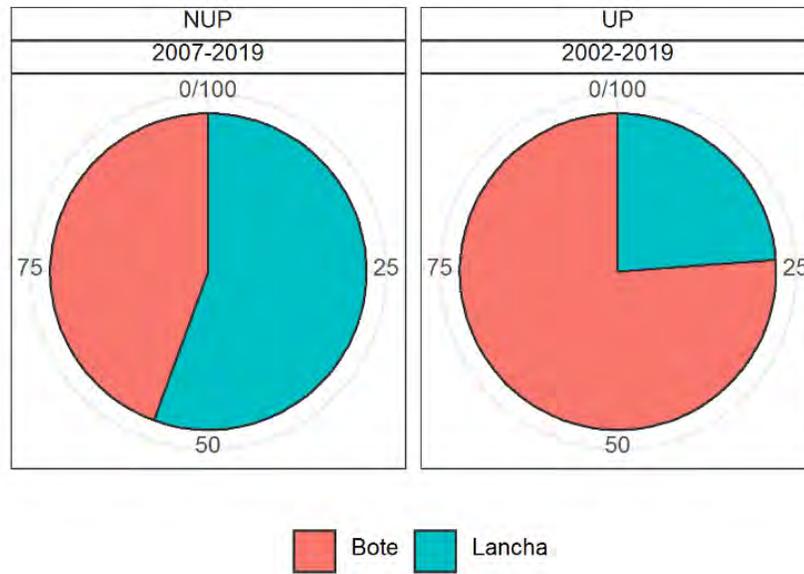
En la pesquería de raya espinosa, la longitud de red (1472 m) y número de paños ( $n=83$ ) fueron mayores en la zona NUP en comparación a la zona UP (**Tabla 3**). Al igual que en raya volantín, una relación positiva y significativa entre la longitud de la red y número de paños fue obtenida en raya espinosa ( $P < 0,05$ ,  $r^2 = 0,56$ ) y, que mediante Ancova éstas difirieron entre zonas, estimando mayor número de paños a una longitud de red específica para la zona NUP. El tamaño de la malla también fue mayor en la zona NUP con un promedio de 11,5 pulgadas en comparación a las 10,0 pulgadas de la zona NUP (**Tabla 3**). Respecto el arte de pesca espinel sobre raya espinosa, en término temporal su uso se concentró principalmente en la zona SUP y secundariamente en UP. El número de anzuelo abarcó entre 5 y 9 con una media de 7 (**Tabla 3**). La relación entre la longitud línea madre y la cantidad de anzuelos fue significativa ( $P < 0,05$ ,  $r^2 = 0,39$ ), lo cual es esperable, es decir, que la dimensión de este tipo de arte esté en correlato con la cantidad de carnadas para la presa.

**Tabla 3.** Características operacionales de la flota artesanal por recurso, zona y periodo. Los valores de la red enmalle y espinel están en promedios. “-”, sin registro.

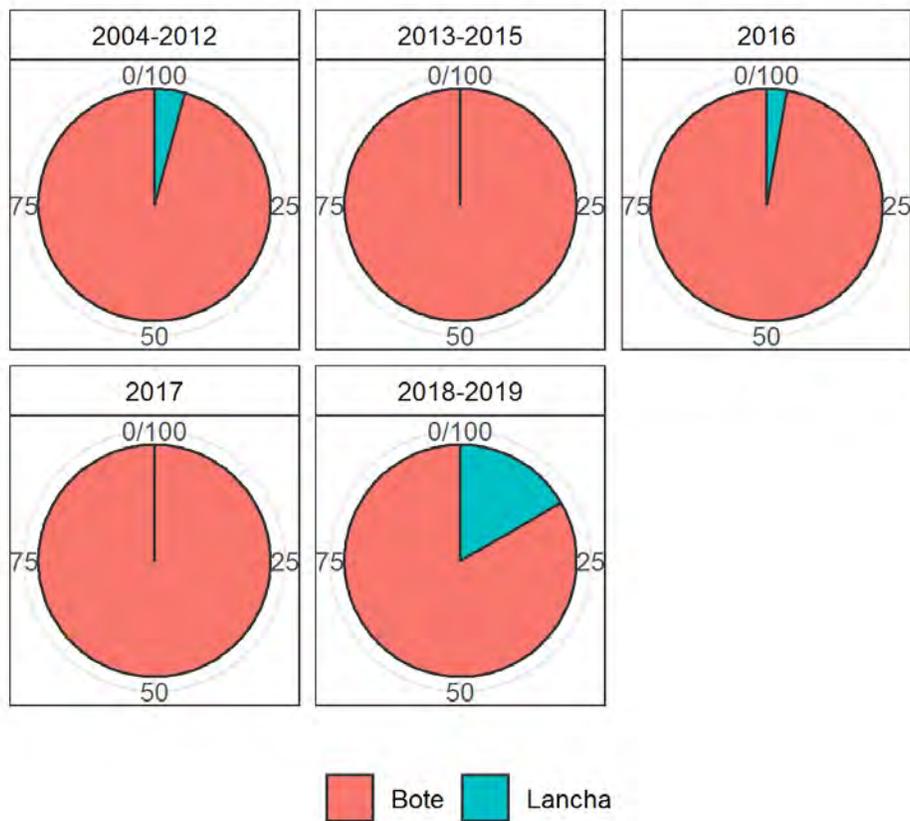
Recurso	Zona	Periodo	Eslora de botes		Eslora de lanchas		Red de enmalle				Espinel			
			Rango	Promedio	Rango	Promedio	Longitud red (m)	Tamaño (pulgada)	Paños (n)	Prof. (m)	Longitud línea madre (m)	Número anzuelo	Cantidad anzuelo	Prof. (m)
	NUP	2002 - 2003	6.8 - 9.4	7.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		2004 - 2010	7.4 - 10.9	8.1	-	-	1078	6.9	30	63	-	-	-	-
		2011 - 2013	7.1 - 11.9	10.9	14.0 - 18.0	15.9	1427	8.5	126	299	-	-	-	-
		2014 - 2019	7.6 - 11.9	9.1	14.0 - 15.6	14.2	1228	11.4	56	-	4000	6	1000	1260
Raya volantín	UP	1997 - 2008	5.7 - 11.9	7.8	12.0 - 18.0	14.7	684	8.1	16	83	-	-	-	-
		2009 - 2012	6.1 - 10.9	8.0	14.7 - 16.3	15.9	848	10.9	24	102	4766	6.4	2528	416
		2013	6.1 - 9.5	8.0	16.3 - 16.3	16.3	634	10.7	18	110	7000	6	4000	340
		2016	6.1 - 9.5	7.9	17.4 - 17.4	17.4	1446	11.0	49	-	-	-	-	-
		2018 - 2019	6.1 - 11.9	7.8	13.3 - 18.0	16.2	1234	11.9	25	-	5250	7.3	11150	325
	SUP	1997- jul 2009	4.3 - 11.9	7.4	12.0 - 17.9	15.0	-	-	-	-	-	7.4	2326	273
		ago 2009 - 2011	4.0 - 11.9	7.9	13.0 - 18.0	14.1	-	-	-	-	4411	6.3	2459	602
		2012	5.4 - 11.9	8.2	14.6 - 14.6	14.6	-	-	-	-	3008	6.4	1947	237
		2013 - 2015	6.0 - 11.3	7.9	13.0 - 13.0	13.0	-	-	-	-	2922	6.6	2002	243
		2016	6.0 - 11.9	9.1	12.0 - 18.0	15.0	-	-	-	-	4615	7.5	3130	281
		2017	5.5 - 9.3	8.0	-	-	-	-	-	-	2475	7	1500	226
		2018 - 2019	6.0 - 11.9	8.5	12.0 - 18.8	14.6	-	-	-	-	4264	6.9	4243	261
Raya espinosa	NUP	2007 - 2019	7.6 - 11.8	10.2	14.0 - 17.5	14.4	1472	11.5	83	248	2674	6	631	1512
		UP	2002 - 2019	7.6 - 10.9	8.8	13.3 - 16.3	15.9	881	10.0	24	96	4825	6.5	3625
	SUP	2004 - 2012	4.3 - 11.9	7.8	13.0 - 14.0	13.3	-	-	-	-	3701	6.6	2340	443
		2013 - 2015	6.0 - 11.3	6.9	-	-	-	-	-	-	2299	6.9	1652	215
		2016	6.0 - 11.9	9.5	16.0 - 16.0	16.0	-	-	-	-	4563	7.7	3027	308
		2017	7.7 - 7.9	7.8	-	-	-	-	-	-	2751	7	1267	186
2018 - 2019	6.0 - 11.9	8.6	12.0 - 18.8	14.7	-	-	-	-	3794	6.9	4186	238		



**Figura 6.** Composición de la flota artesanal que reportaron captura de raya volantín por bloque de periodos y zona.



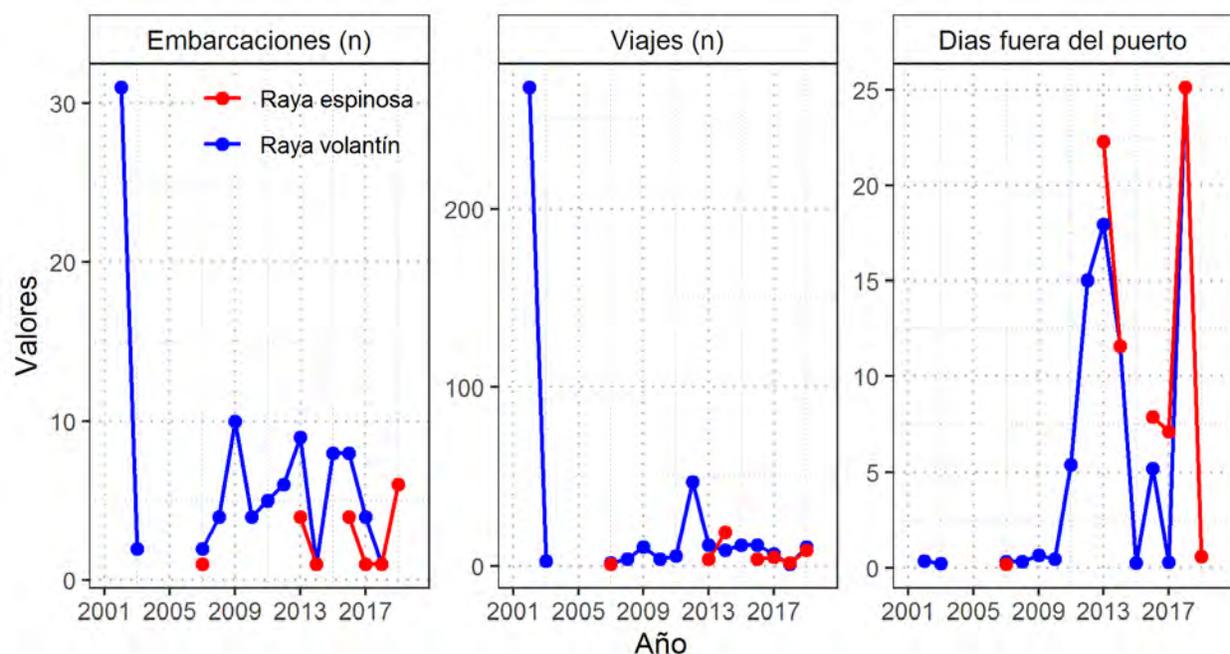
**Figura 7.** Composición de la flota artesanal que reportaron captura de raya espinosa la zona NUP y UP.



**Figura 8.** Composición de la flota artesanal que reportaron captura de raya espinosa por bloque de periodos en la zona SUP.

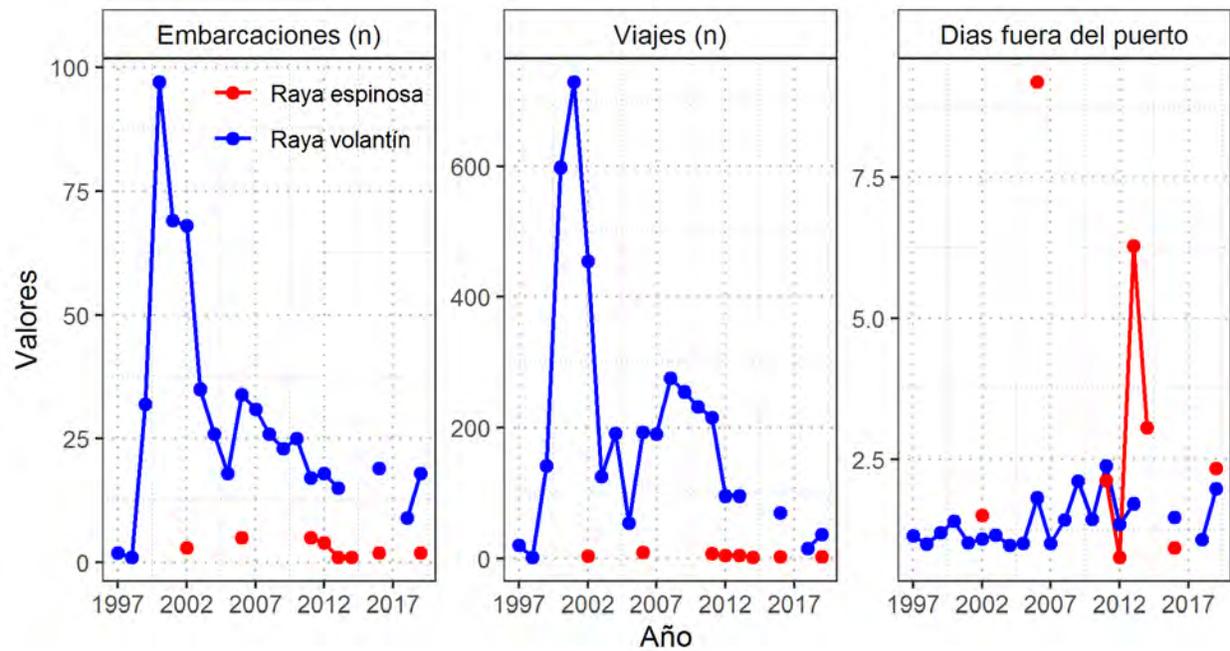
#### 4.1.1.3 Esfuerzo de pesca

En la zona NUP, las fluctuaciones interanuales de los indicadores de esfuerzo fueron similares entre la pesquería de raya volantín y raya espinosa (**Figura 9**). La mayor cantidad de embarcaciones ( $n > 30$ ) y viajes con pesca (VCP,  $n > 250$ ) de raya volantín se registró en el 2002, sin embargo, los días fuera del puerto (dfp) fue una de las inferiores de la serie anual (**Figura 9**). Entre los años 2010 y 2013 se reportaron mayor duración de viaje con pesca principalmente de raya volantín, abarcando entre 5 y 18 dfp. Respecto a la raya espinosa, el periodo con mayor duración de operación de la flota se registró a partir de 2013, con viajes  $> 20$  dfp (**Figura 9**).



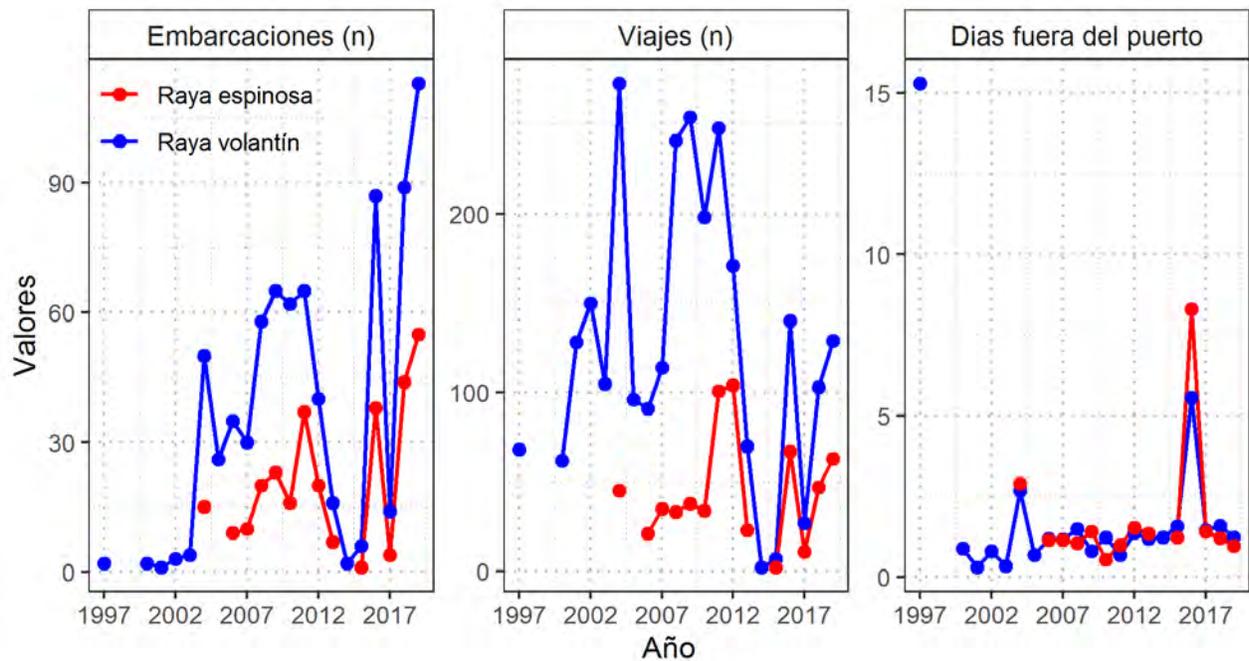
**Figura 9.** Variabilidad interanual de los indicadores operacionales de la flota artesanal con pesca de raya volantín y raya espinosa que operó en NUP.

En la zona UP, el tamaño de flota artesanal y vcp de raya volantín se concentró entre 1999 y 2002, reportando un máximo cercano a las 100 embarcaciones el año 2001 y 700 viajes en el 2002 (**Figura 10**). Posteriormente, estos indicadores fluctuaron en torno a las 25 naves con 250 viajes entre 2003 y 2011. El indicador dfp no mostró un patrón claro, sólo un leve incremento entre 2006 y 2013, con valores que abarcaron entre 1,25 y 2,5 dfp. En raya espinosa, los indicadores de esfuerzo no fluctuaron notoriamente, excepto la duración de los vcp de 2006 y 2013 que superaron los 5 dfp (**Figura 10**).



**Figura 10.** Variabilidad interanual de los indicadores operacionales de la flota artesanal con pesca de raya volantín y raya espinosa que operó en UP.

En la pesquería de raya volantín en la zona SUP, el tamaño de flota artesanal y la cantidad de vcp mostraron una tendencia creciente y decreciente en la serie anual, respectivamente (**Figura 12**). Entre los años 2004 y 2012, la flota superó levemente las 60 naves que realizaron más de 160 vcp anuales. Posteriormente a 2015, ambos indicadores variaron inversamente, con un incremento del tamaño de la flota ( $n > 75$ ) y disminución de vcp ( $n < 150$ ). A pesar de estas fluctuaciones inversas entre ambos indicadores, la variación de la duración de los viajes fue relativamente estable en la serie 1997-2019, no superando los 2 dfp (**Figura 11**). En raya espinosa, los indicadores de esfuerzos también fluctuaron similarmente, pero con menor magnitud de la cantidad de naves y vcp comparativamente, no así los dfp anuales que estuvo dentro de los rangos (**Figura 11**).

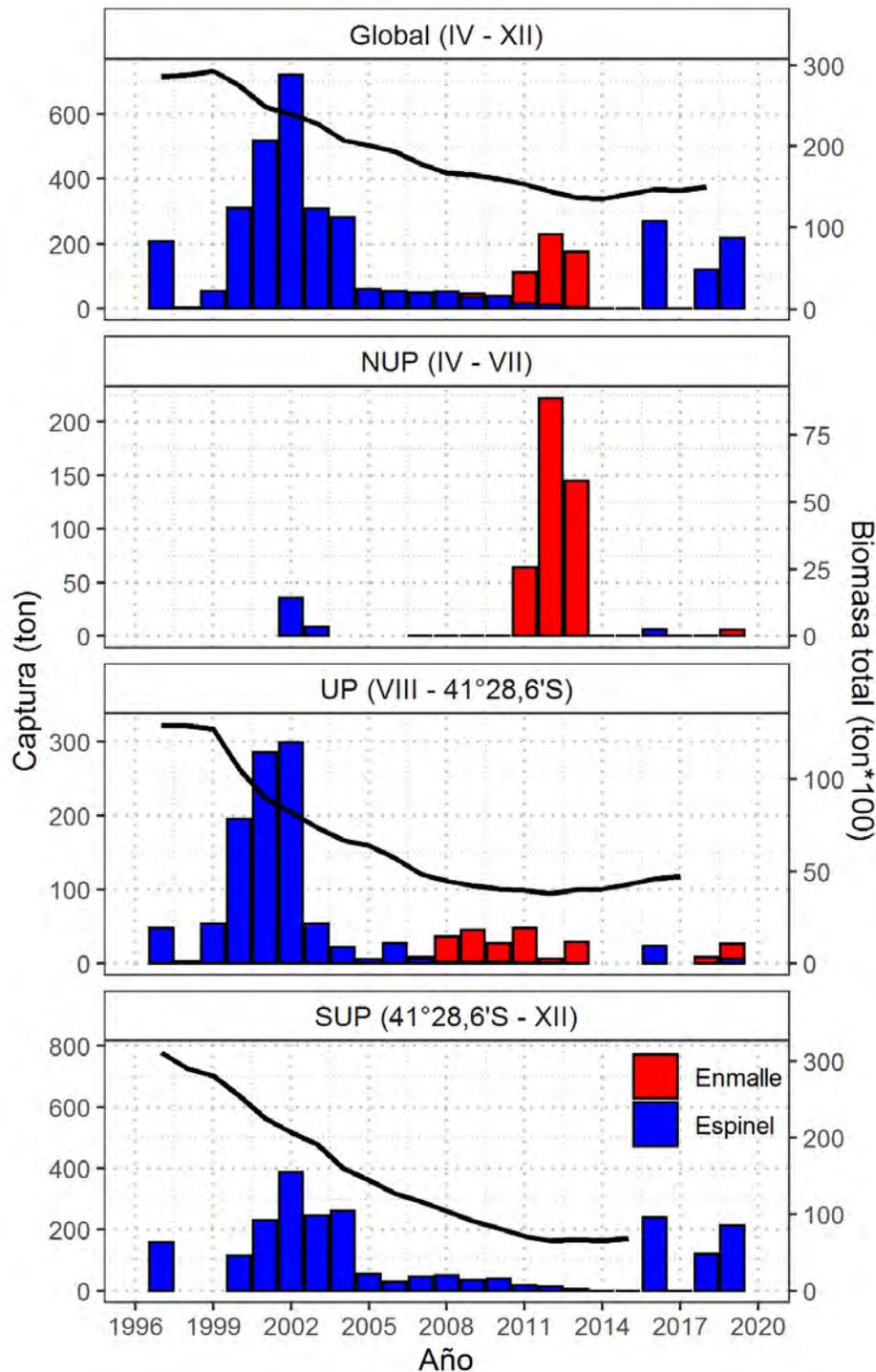


**Figura 11.** Variabilidad interanual de los indicadores operacionales de la flota artesanal con pesca de raya volantín y raya espinosa que operó en SUP.

#### 4.1.2. Capturas y rendimientos

##### Raya Volantín

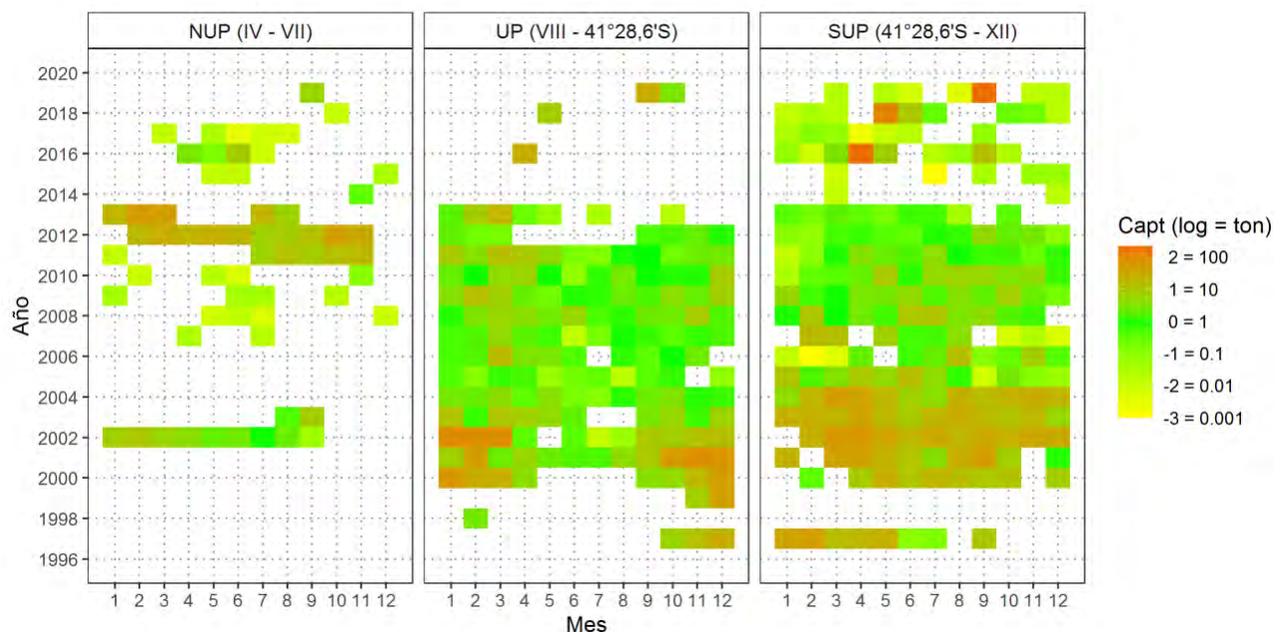
La mayor actividad extractiva de raya volantín se reportó entre 2000 y 2004, capturada con espinel que superó las 200 toneladas anuales, alcanzando un máximo en torno a las 700 toneladas en 2002, concentrados en la zona UP y SUP (**Figura 12**). A partir de 2005, los niveles de extracción no superaron las 100 toneladas, declinando notoriamente y estando en correspondencia con la disminución de biomasa total del recurso, excepto entre los años 2011 y 2013, cuyo incremento de las capturas con red de enmalle se registró en la zona NUP (**Figura 12**). Finalmente, se reportó un leve incremento de captura con espinel a partir de 2016 en la zona SUP, con niveles en torno a las 200 toneladas (**Figura 12**).



**Figura 12.** Resumen espacial de la variabilidad interanual de la captura de raya volantín por la flota artesanal por arte de pesca y de la biomasa total del recurso estimada por evaluación de stock (línea Global: Pérez et al., 2019; línea SUP: Pérez et al., 2017).

En término mensual, se observó mayor grado de dispersión de las actividades extractivas en la zona NUP y posterior a 2003 en las restantes zonas (**Figura 13**). A pesar de lo anterior, la captura mensual en la zona NUP y UP mostró un leve patrón estacional en algunos años, con cuadrículas >10 ton (ver color escala de la leyenda) frecuentando entre verano-otoño y primavera, mientras aquellas <0,1 ton en invierno (**Figura 13**).

En la zona SUP, los mayores niveles de extracción (>10 ton) se reportaron casi continuamente entre 2000 y 2004, sin mostrar una señal estacional. Entre 2005-2013, la actividad se mantuvo casi todo el año, pero con niveles mayoritariamente entre los 0,1 y 1 ton mensuales. Además, en esta zona se reportó más de 100 ton de este recurso concentrado en dos meses de 2016 y un mes de 2018-2019 (**Figura 13**).

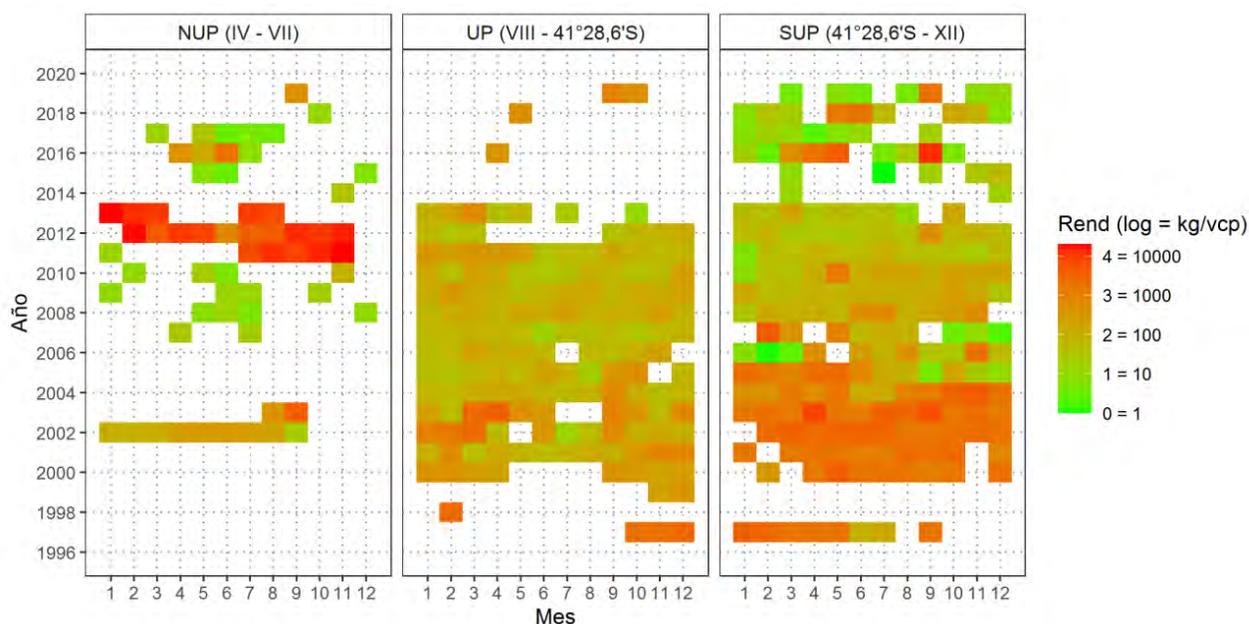


**Figura 13.** Variación mensual de la captura de raya volántin por la flota artesanal entre 1997 y 2019 por zona. Los colores están en escala logarítmica y en la leyenda se indica su correspondiente unidad.

En la zona NUP, los mayores rendimientos de pesca se concentraron entre 2011 y 2013, con valores mensuales que superaron en su mayoría los 10.000 kg/vcp, mientras que en los restantes periodos fueron inferiores a los 1.000 kg/vcp (**Figura 14**).

En la zona UP, las cuadrículas con niveles 100 kg/vcp y 1.000 kg/vcp se concentraron entre el periodo primaveral y estival, siendo más notorio desde 2001 hasta 2005 (**Figura 14**).

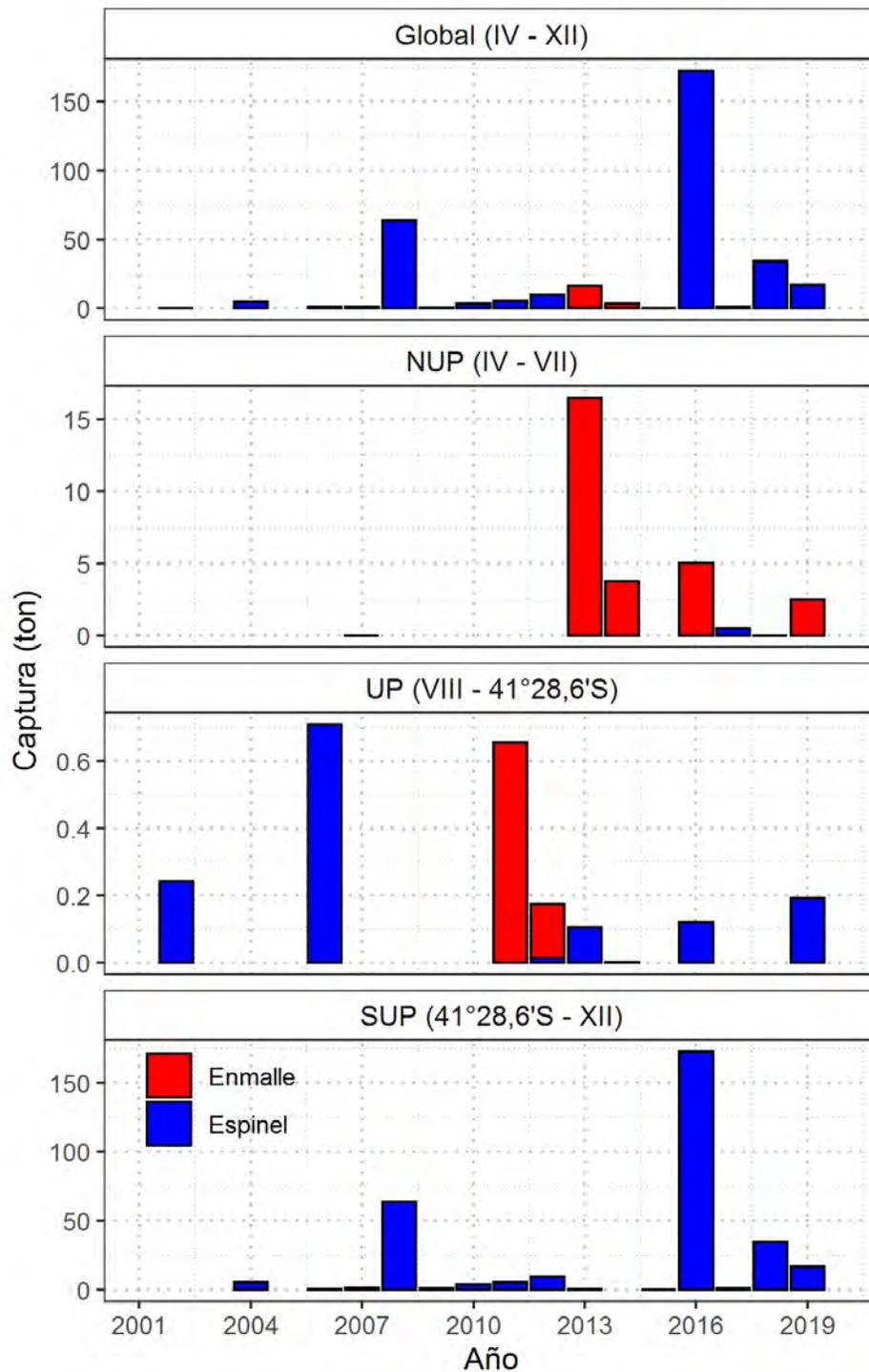
En la zona SUP, los valores de rendimiento de pesca fueron continuamente altos entre 1997 y 2005, superando los 1.000 kg/vcp mensual. Entre 2006 y 2013, este indicador fluctuó entre los 1 kg/vcp y 100 kg/vcp en la mayoría de los meses, posteriormente superó los 1.000 kg/vcp en algunos meses entre 2016 y 2019 (Figura 14).



**Figura 14.** Variación mensual del rendimiento de pesca de raya volantín por la flota artesanal entre 1997 y 2019 por zona. Los colores están en escala logarítmica y en la leyenda se indica su correspondiente unidad.

## Raya espinosa

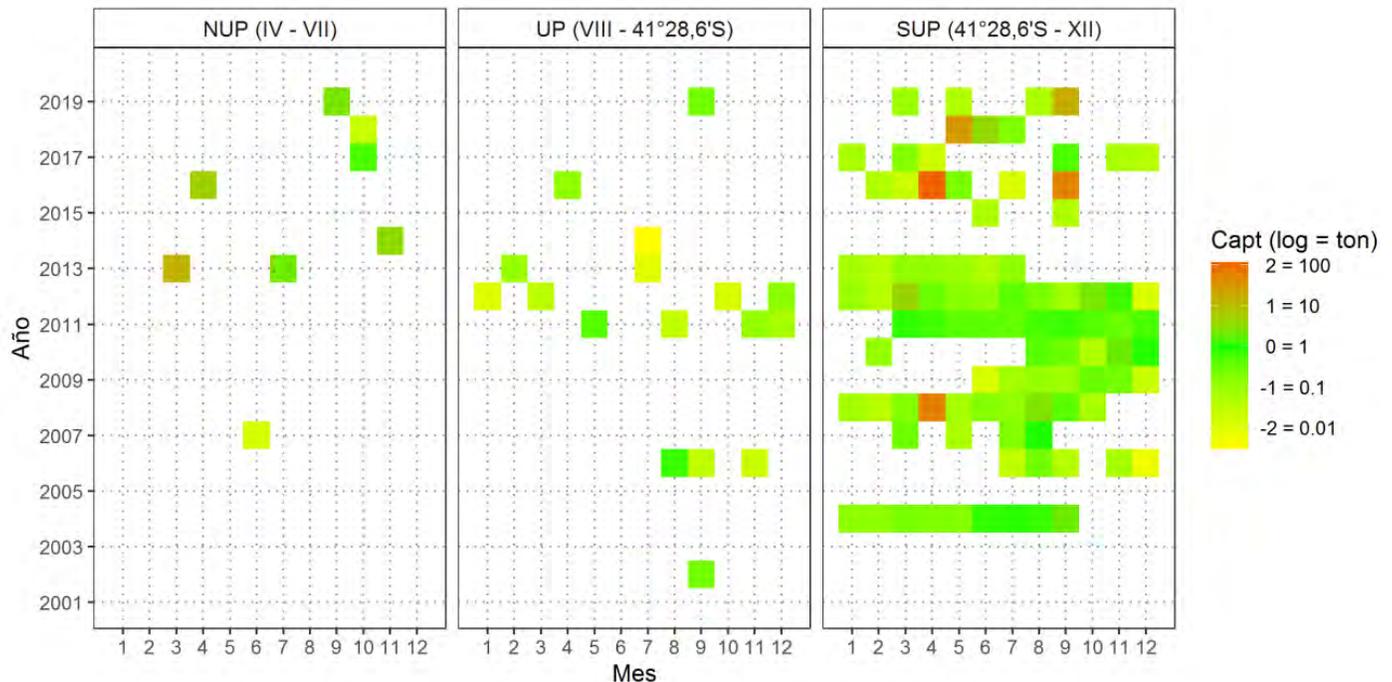
La raya espinosa ha sido capturada principalmente con espinel en la zona UP y SUP y con red enmalle en la zona NUP (Figura 15). Las mayores capturas se registraron en la zona SUP, con niveles máximos que alcanzaron los 64 ton en 2008 y 172 ton en 2016 (Figura 15). En la zona UP, las capturas anuales del recurso no superaron la tonelada, mientras que las capturas en la zona NUP se registraron con frecuencia a partir de 2013, pero con niveles que no superaron las 5 toneladas, excepto en 2013 que alcanzó las 16,5 toneladas anual (Figura 16).



**Figura 15.** Variabilidad interanual de la captura de raya espinosa por la flota artesanal por arte de pesca y zona.

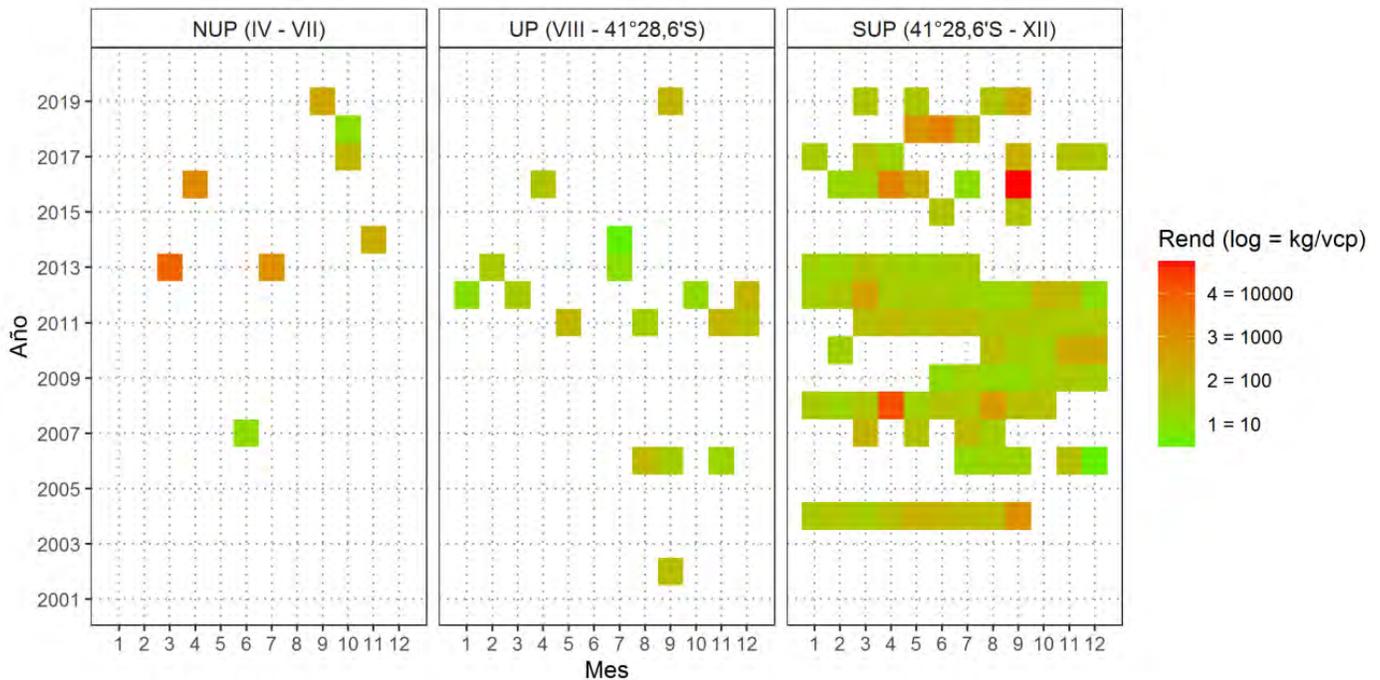
A escala mensual, las actividades extractivas en la zona NUP y UP fueron dispersas, pero con niveles que superaron las 10 toneladas (**Figura 16**). En la zona SUP, la extracción mensual de raya espinosa no mostró un patrón estacional, con actividades relativamente continuas entre

2004 y 2013, en la cual la mayoría de los niveles de extracción no superaron la tonelada. A partir de 2015, la actividad fue más dispersa, pero frecuentaron cuadrículas >10 ton en abril y septiembre de 2016, mayo de 2018 y septiembre de 2019 (**Figura 16**).



**Figura 16.** Variación mensual de la captura de raya espinosa por la flota artesanal entre 1997 y 2019 por zona. Los colores están en escala logarítmica y en la leyenda se indica su correspondiente unidad.

A pesar de la poca información de la actividad extractiva sobre raya espinosa en la zona NUP, tuvo mayores rendimientos con pesca comparativamente que la zona UP, valores que superaron los 100 kg/vcp (**Figura 17**). En la zona SUP, los rendimientos mensuales fueron relativamente estables, la mayoría con valores que abarcaron entre los 10 y 1.000 kg/vcp. Aunque en septiembre de 2016, este indicador superó los 10.000 kg/vcp (**Figura 17**).



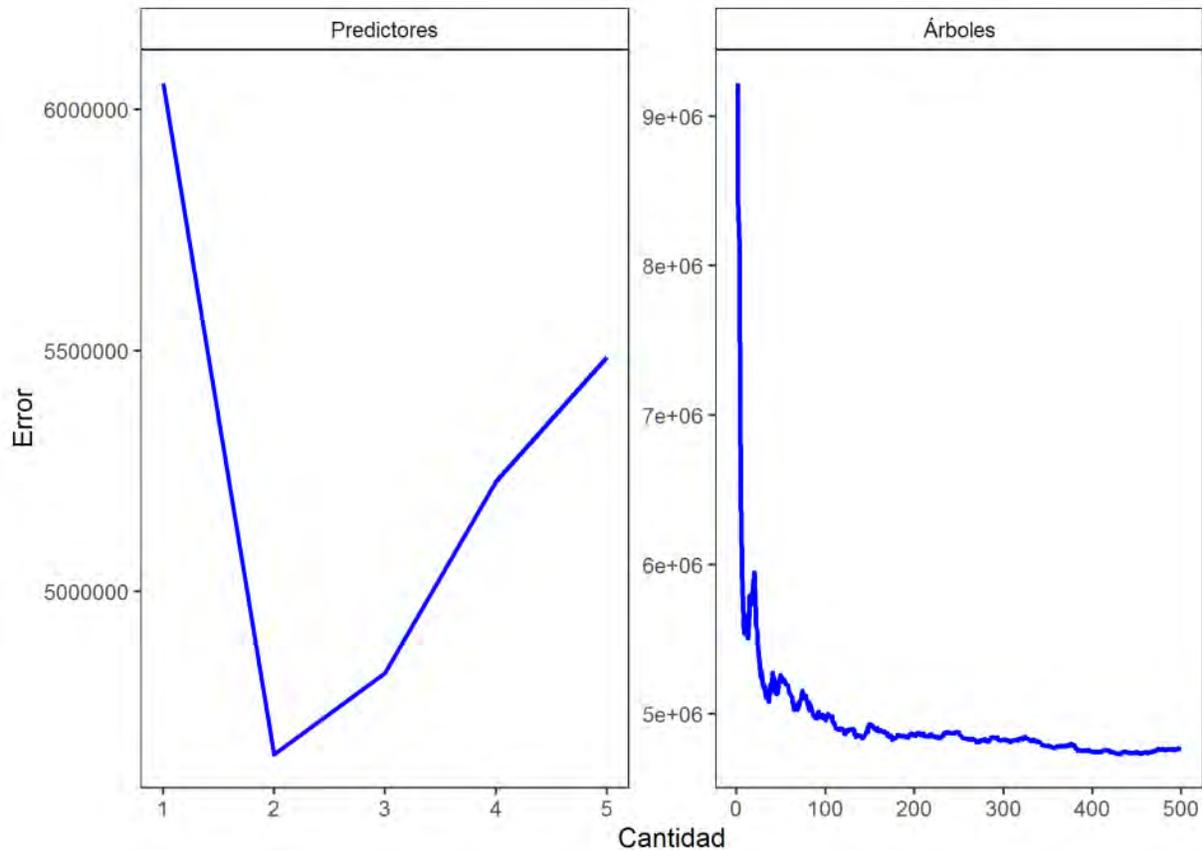
**Figura 17.** Variación mensual del rendimiento de pesca de raya espinosa por la flota artesanal entre 1997 y 2019 por zona. Los colores están en escala logarítmica y en la leyenda se indica su correspondiente unidad.

### 4.1.3. Identificación de patrones

#### 4.1.3.1. Refinamiento de datos: Random forest.

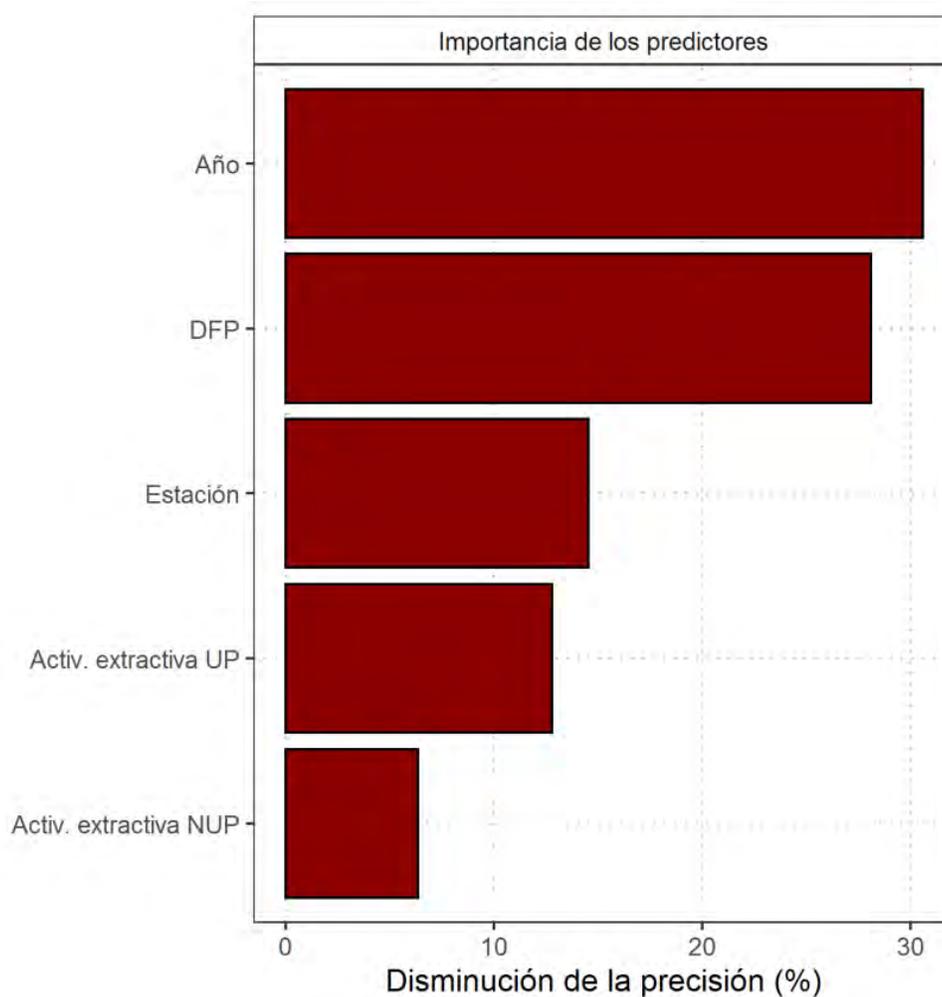
#### Norte de la unidad de pesquería (NUP)

La **Figura 18** revela la evolución del error OOB para determinar un modelo RF óptimo. Un error OOB mínimo es alcanzado cuando se selecciona al azar 2 variables predictoras para la raíz y cada nodo del árbol, pero con una cantidad distinta el árbol resulta inestable e impreciso. Además, este error se estabiliza al incrementar el número de árboles. Por lo tanto, para este modelo especificamos la selección aleatoria de 2 variables predictoras y la construcción de 500 árboles de decisión para una mayor precisión en la predicción de la captura de raya volantín en la zona NUP.



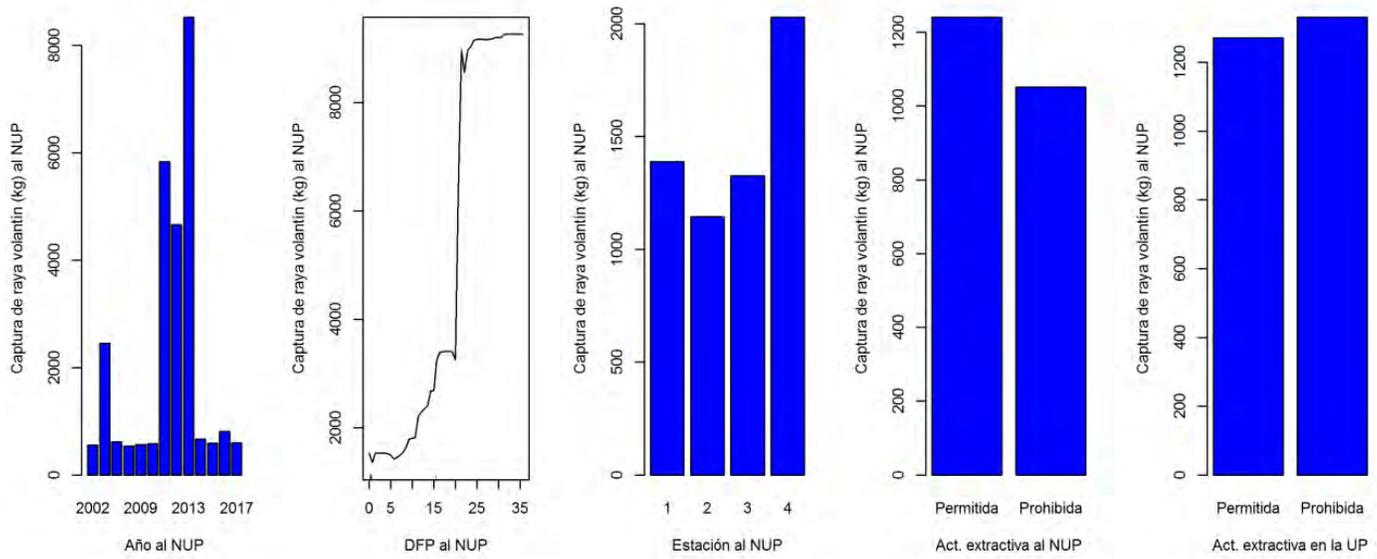
**Figura 18.** Variación del error de OOB con el número de predictores seleccionados aleatoriamente para la raíz y cada nodo (rama) y árboles construidos en la modelación de la captura de la zona NUP.

La media del cuadrado residual fue de 4664820 y el modelo RF explicó el 66,43% de la variación de la captura. El año y DFP fueron los predictores más importantes para este modelo (>27%), es decir, al excluir una de estas variables, la precisión del modelo disminuyó notablemente (**Figura 19**). Los siguientes predictores por orden de importancia fueron la estación del año (15%) y las medidas administrativas aplicada para la zona UP (13%). Es interesante notar que las normativas aplicadas en la zona NUP tuvieron la menor influencia sobre la predicción de las capturas de su misma zona (<10%).



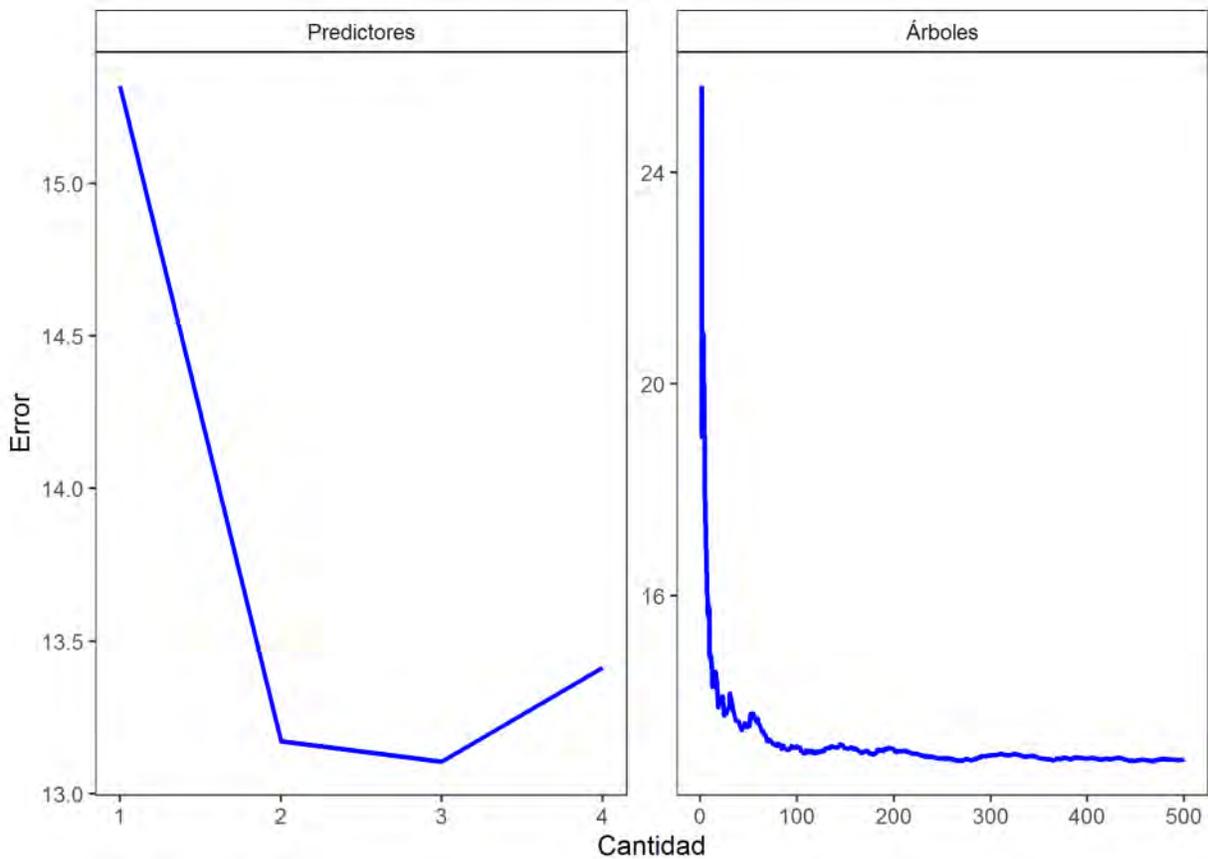
**Figura 19.** Importancia de los predictores seleccionados en la modelación de la captura de la zona NUP.

En la zona NUP, los gráficos de la dependencia parcial mostraron que las mayores capturas de raya volantín se concentraron entre 2011 y 2013, mientras que en los restantes años los niveles resultaron bajos y estables (**Figura 20**). Esta variable respuesta mostró una relación no-lineal con los DFP, incrementando significativamente su nivel cuando el esfuerzo de la flota NUP superó los 5 DFP (**Figura 20**). Además, las capturas del recurso variaron estacionalmente, estimando su mayor y menor nivel durante primavera y otoño, respectivamente. Respecto a las medidas administrativas, la captura disminuyó cuando estuvo prohibida la actividad extractiva en la zona NUP, no obstante, éste incrementó levemente durante las vedas aplicadas en la zona UP (**Figura 20**).



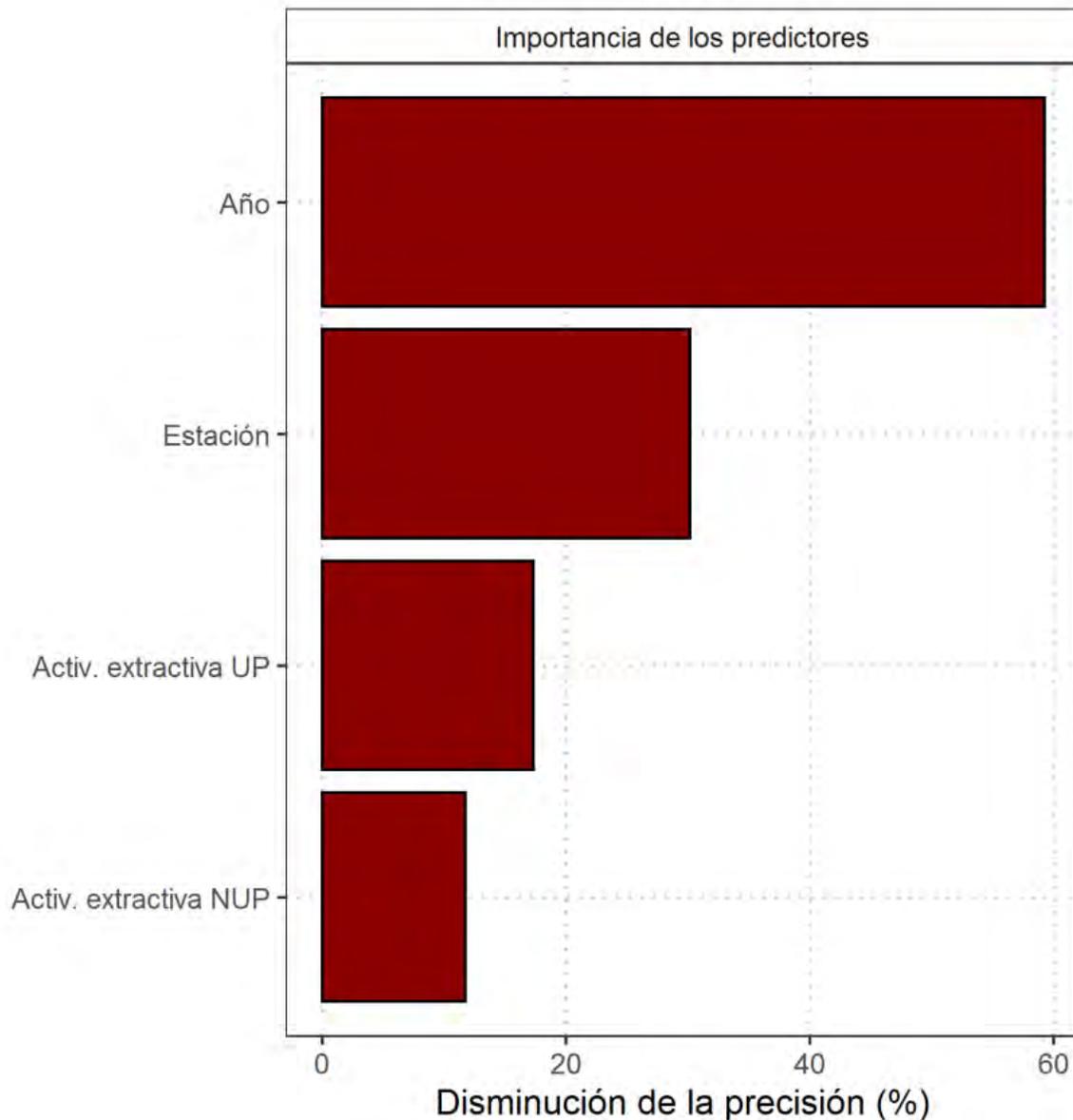
**Figura 20.** Variación de la captura modelada con Random Forest.

Para modelar DFP de la zona NUP, al seleccionar al azar 3 variables predictores se alcanza un error OOB mínimo, pero con un número distinto de predictores resulta un árbol impreciso, Además, este error OOB se estabiliza a partir de un bosque con 100 árboles (**Figura 21**). En este caso, especificamos la selección de 3 variables predictores y la construcción de 500 árboles de decisión para modelar los DFP de la flota artesanal en la pesca de raya volantin de la zona NUP.



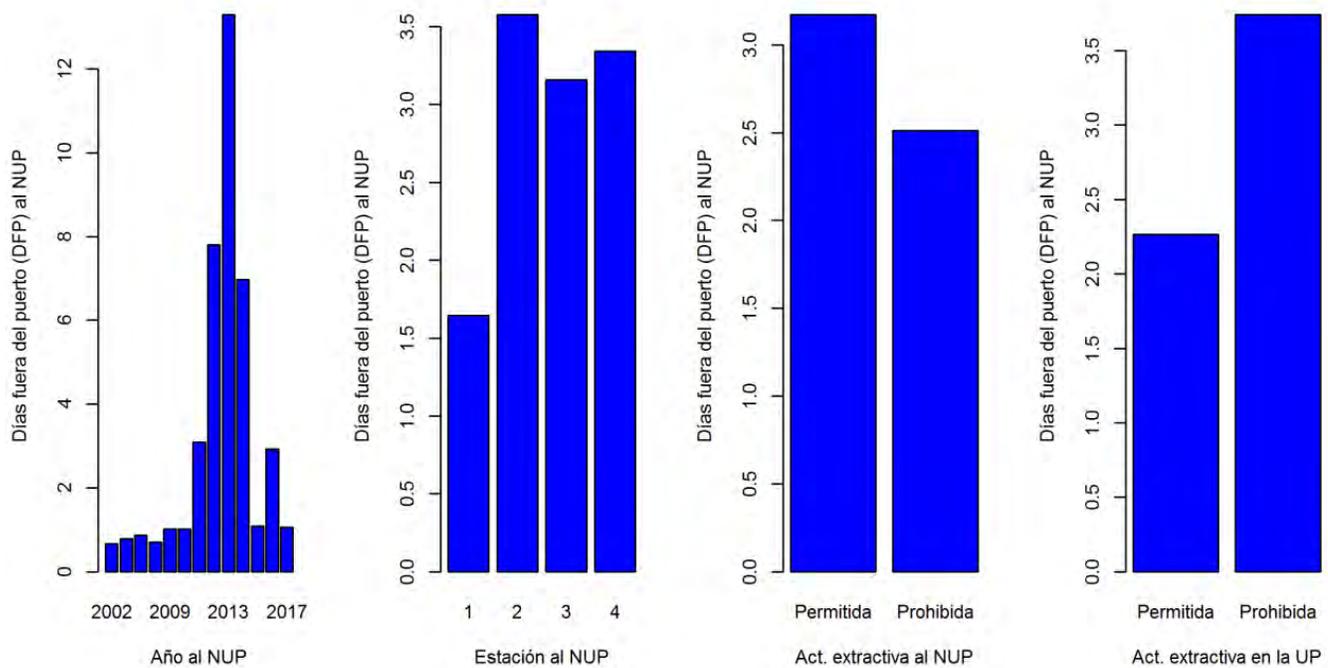
**Figura 21.** Variación del error de OOB con el número de predictores seleccionados aleatoriamente y árboles construidos en la modelación de los DFP.

El modelo RF óptimo alcanzó la media del cuadrado residual de 12,853, explicando el 71,40% de la variación de los DFP. En la modelación de los DFP de la muestra OOB (i.e., datos no seleccionados en la construcción del árbol), el año se mantuvo como el predictor más influyente, es decir, la precisión del modelo disminuyó más del 57% al excluir esta variable (**Figura 22**). La estación del año y las medidas administrativas aplicadas para la zona UP fueron las siguientes variables importantes, con un 29% y 18%, respectivamente. Al igual que con la modelación de la captura (**Figura 18**), las medidas aplicadas en la zona NUP también tuvieron menor influencia en la predicción de los DFP de su zona, disminuyendo solo 15% la precisión del modelo (**Figura 5**).



**Figura 22.** Importancia de los predictores seleccionados en la modelación de DFP.

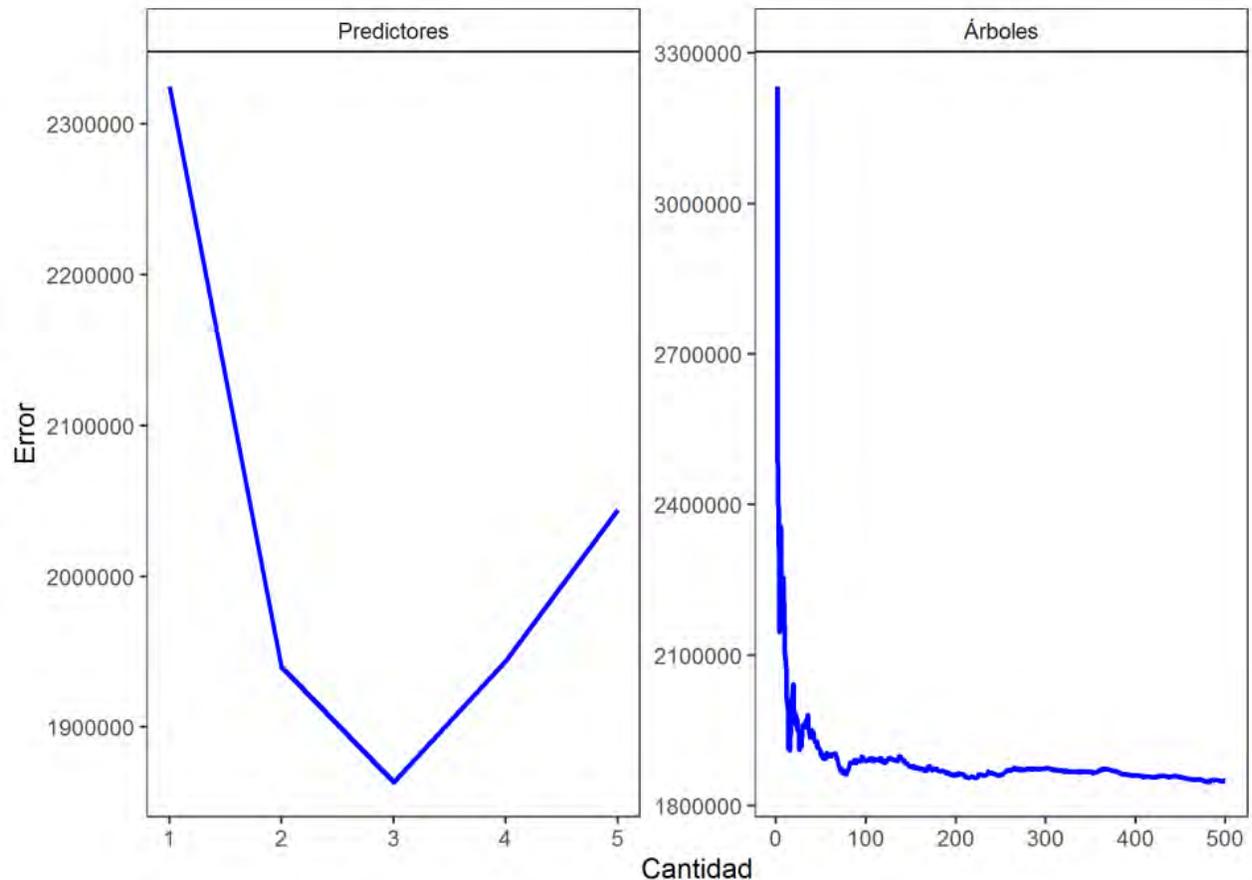
La **Figura 23** representa la dependencia parcial de los DFP de la zona NUP. Al igual que la captura, los mayores niveles del esfuerzo de la flota artesanal de NUP se concentraron entre 2011 y 2013. En términos estacional, la flota artesanal al NUP mostró su mayor actividad entre otoño y primavera. El comportamiento del esfuerzo frente a las medidas administrativas fue disímil entre zonas, es decir, los DFP de la zona NUP disminuyeron durante las vedas aplicadas en su zona, pero esta misma flota incrementó notablemente sus operaciones cuando estuvo prohibida la actividad en la zona UP (**Figura 23**).



**Figura 23.** Variación de DFP modelada con Random Forest.

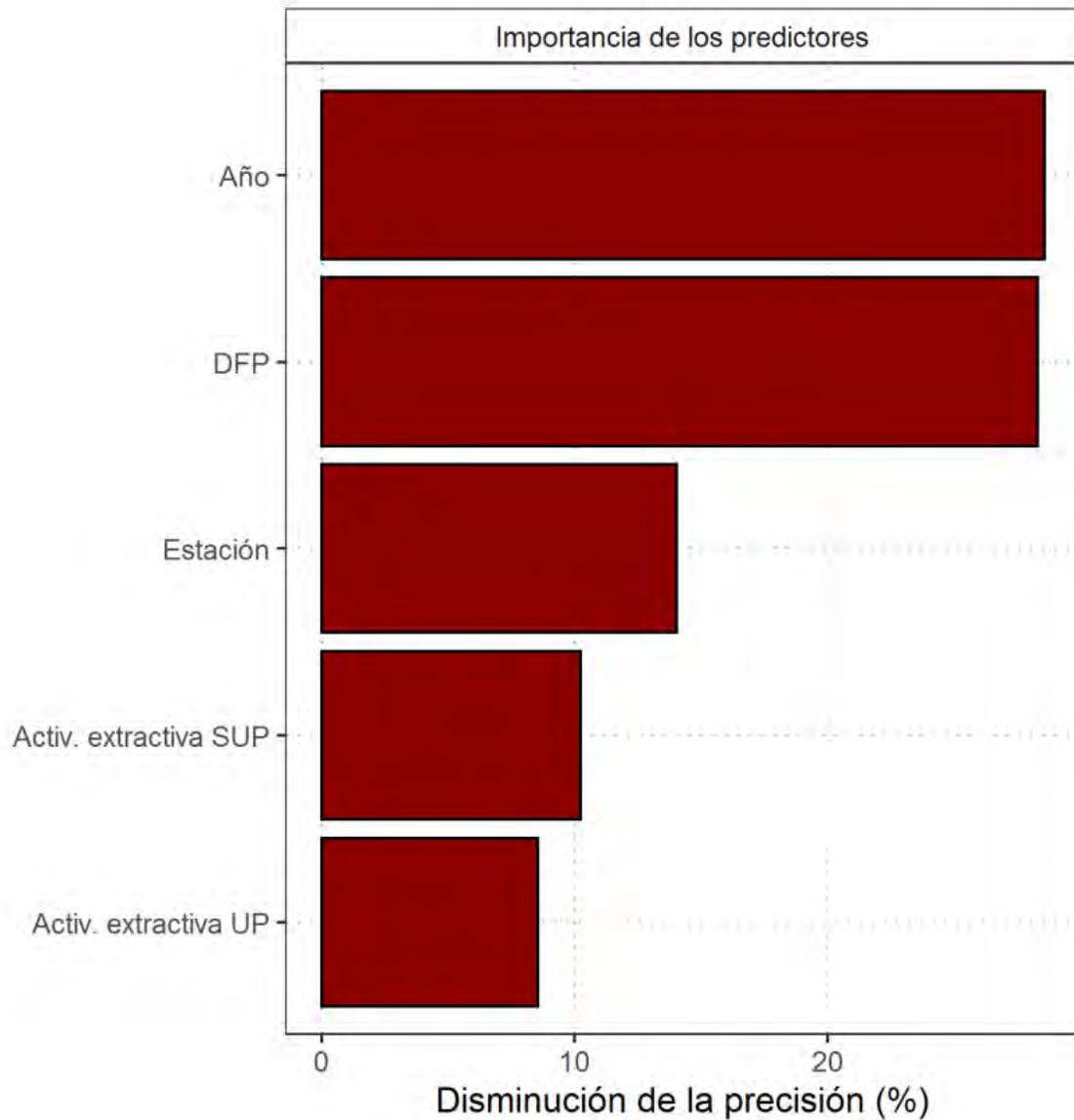
### Sur de la unidad de pesquería (SUP)

En la validación cruzada, un valor de error OOB mínimo es obtenido al seleccionar aleatoriamente 3 predictores de la muestra bootstrap, permitiendo la construcción de un árbol estable y preciso. En la determinación del tamaño del bosque, este error se estabiliza a partir de 100 árboles (**Figura 24**). Por lo tanto, para este modelo RF especificamos la selección aleatoria de 3 variables predictoras y la construcción de 500 árboles de decisión para una mayor precisión en la predicción de la captura del recurso.



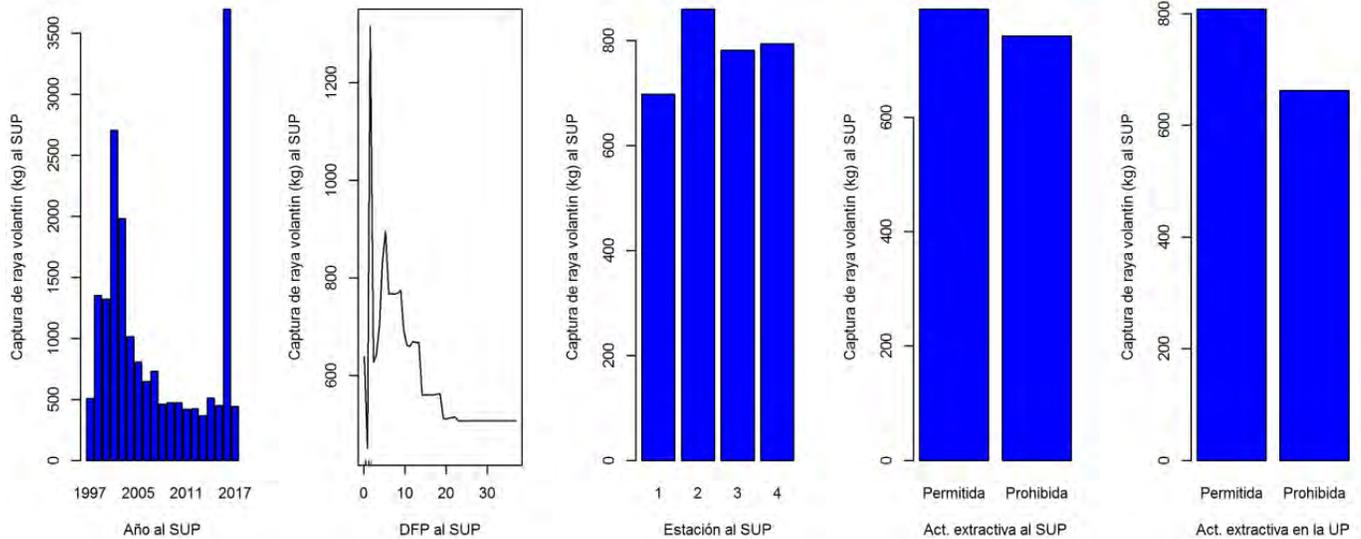
**Figura 24.** Variación del error de OOB con el número de predictores seleccionados aleatoriamente y árboles construidos en la modelación de la captura de raya volantín de la zona SUP.

El modelo RF explicó el 43,12% de la variación de la captura, con una media del cuadrado residual de 1822526. En esta zona SUP, el año y DFP fueron los predictores más importantes para predecir la captura, con una pérdida >28% de la precisión del modelo al excluir una de estas variables (**Figura 25**). Los siguientes predictores de importancia fueron la estación del año (16%) y las medidas aplicadas para su misma zona SUP (10%). Mientras que las medidas aplicadas en la zona UP mostraron el nivel más bajo de importancia relativa, alcanzando un 8% de error del modelo (**Figura 25**).



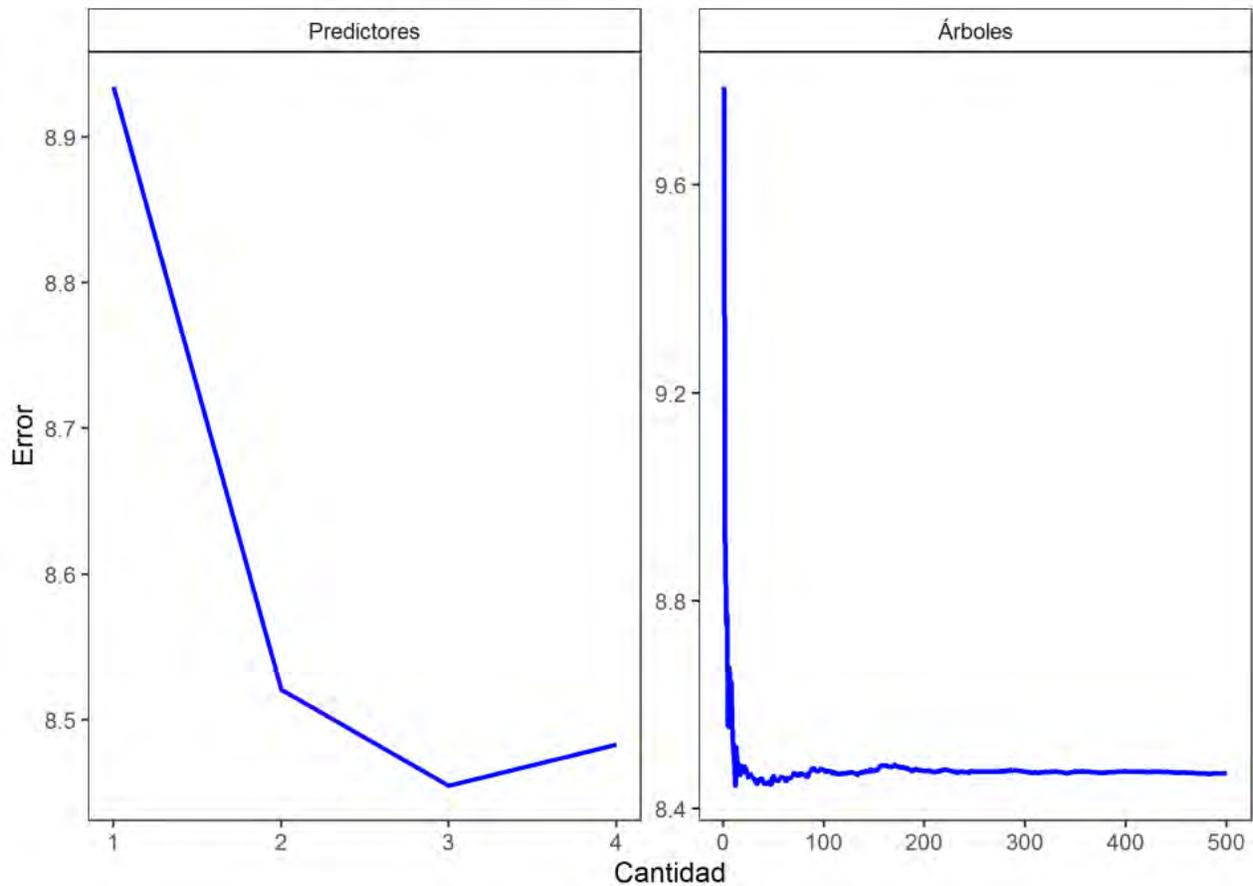
**Figura 25.** Importancia de los predictores seleccionados en la modelación de la captura.

En la zona SUP, los mayores niveles de capturas de raya volantín se estimaron entre 2000 y 2004, aunque su valor máximo se estimó para el año 2016 (**Figura 26**). Este modelo estimó que la flota artesanal obtuvo mayor captura cuando su operación fue inferior a los 15 DFP (**Figura 26**). Además, las capturas fueron altas entre otoño y primavera. Finalmente, las medidas administrativas influyeron en la disminución de las capturas del recurso cuando estuvo prohibida la captura en la zona SUP, tendencia extractiva de esa flota que se mantuvo cuando se aplicó estas medidas para la zona UP (**Figura 26**).



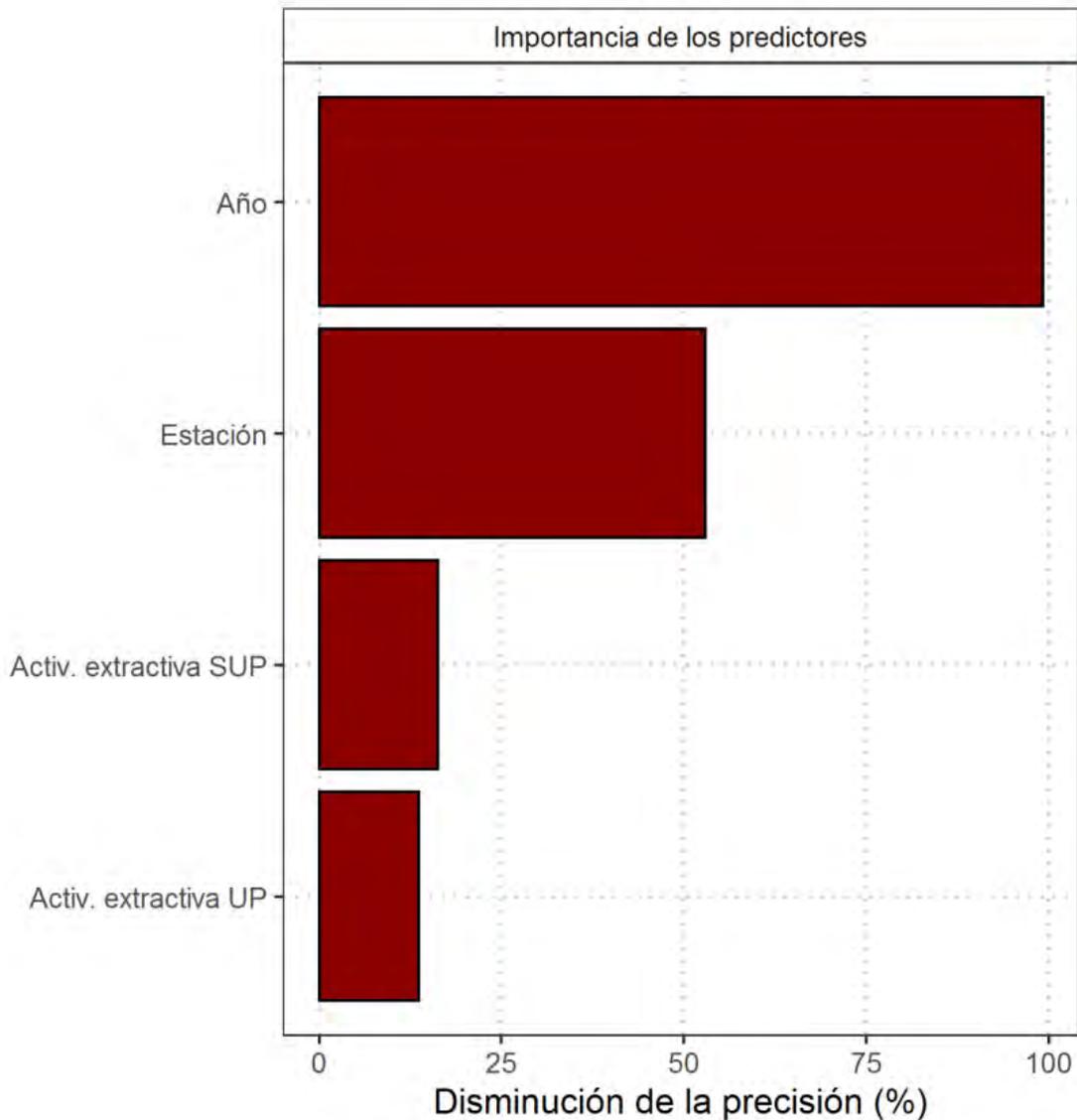
**Figura 26.** Variación de la captura modelada con Random Forest.

Para modelar DFP, al seleccionar al azar 3 variables predictores se alcanza un error OOB mínimo, pero con un número diferente de predictores varía la construcción del árbol, resultando impreciso. Además, este error OOB se estabiliza al incrementar el número de árboles (**Figura 27**). En este caso, especificamos la selección de 3 variables predictores y la construcción de 500 árboles de decisión para modelar los DFP de la flota artesanal en la pesca de raya volantin de la zona SUP.



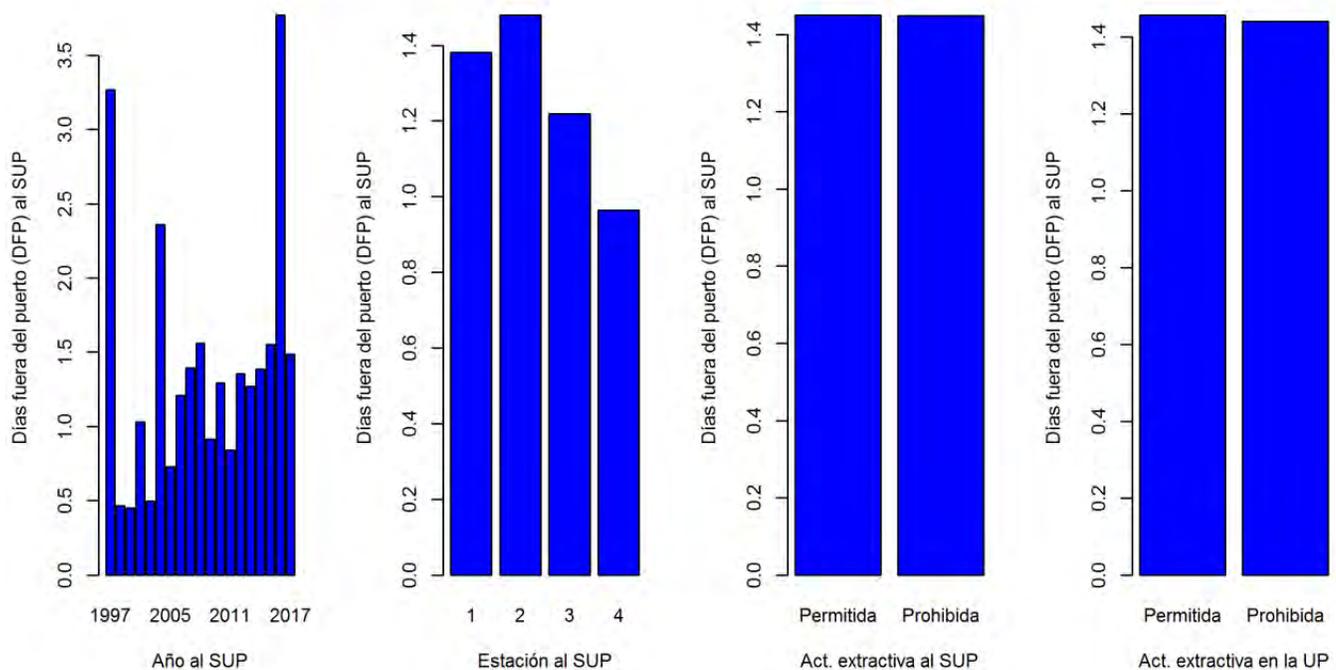
**Figura 27.** Variación del error de OOB con el número de predictores seleccionados aleatoriamente y árboles construidos en la modelación de DFP.

En el modelo RF seleccionado, la media del cuadrado residual fue de 8,467 y explicó el 17,36% de la variación de los DFP. El año mostró el mayor nivel de importancia (>95%) en la modelación de los DFP de la muestra OOB (**Figura 28**). La estación del año fue el siguiente predictor más influyente, disminuyendo significativamente el poder predictivo del modelo (>50%). Las medidas aplicadas en ambas zonas tuvieron similar importancia en la modelación de los DFP, superando levemente el 10% (**Figura 28**).



**Figura 28.** Importancia de los predictores seleccionados en la modelación de DFP.

La variación interanual de los DFP mostró una tendencia inversa respecto a las capturas en la zona SUP, aunque los mayores esfuerzos de la flota fueron estimados para el año 1997, 2004 y 2016 (**Figura 26 y 29**). Además, el modelo estimó que el esfuerzo fue mayor entre verano y otoño, disminuyendo considerablemente en primavera. Finalmente, el comportamiento de los DFP de la flota SUP fueron relativamente similares frente a las medidas administrativas aplicada tanto para su zona como a la UP (**Figura 29**).

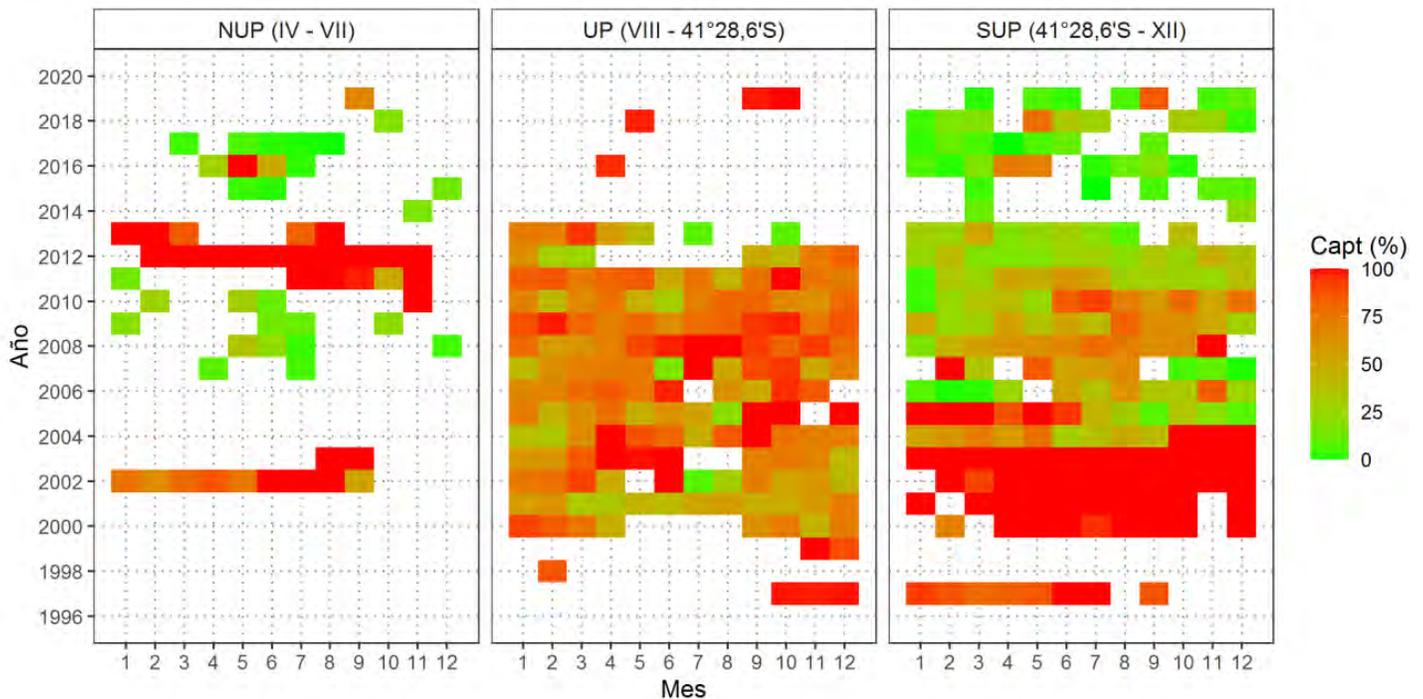


**Figura 29.** Variación de DFP modelada con Random Forest.

#### 4.1.3.2. Curvas de Biseau

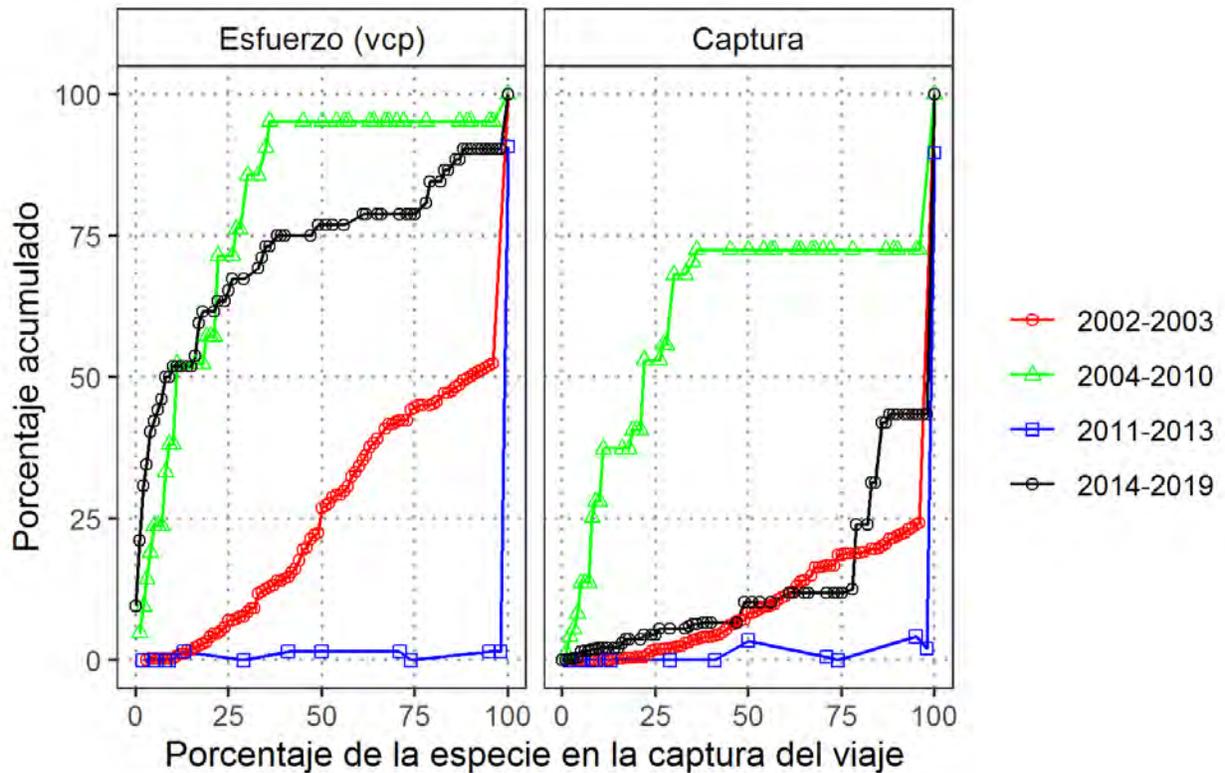
##### **Raya Volantín**

En la **Figura 30** se observan las fluctuaciones temporales de la representación porcentual promedio de raya volantín en las capturas. Las cuadrículas con valores promedios >75% frecuentaron en el 2002 y 2011-2013 en la zona NUP y entre 1997 y 2000-2004 en la zona SUP. En cambio, la incidencia de cuadrículas >50% se observó en la mayoría de los meses de la serie anual en la zona UP (**Figura 30**). En la mayoría de los meses desde 2005 hasta 2019 de la zona SUP, la representación promedio de raya volantín fue inferior al 50% de la captura total del viaje. Estos resultados que en conjunto con los otros indicadores (captura y rendimiento) y medidas administrativas revelaron el grado de intencionalidad de pesca sobre este recurso.



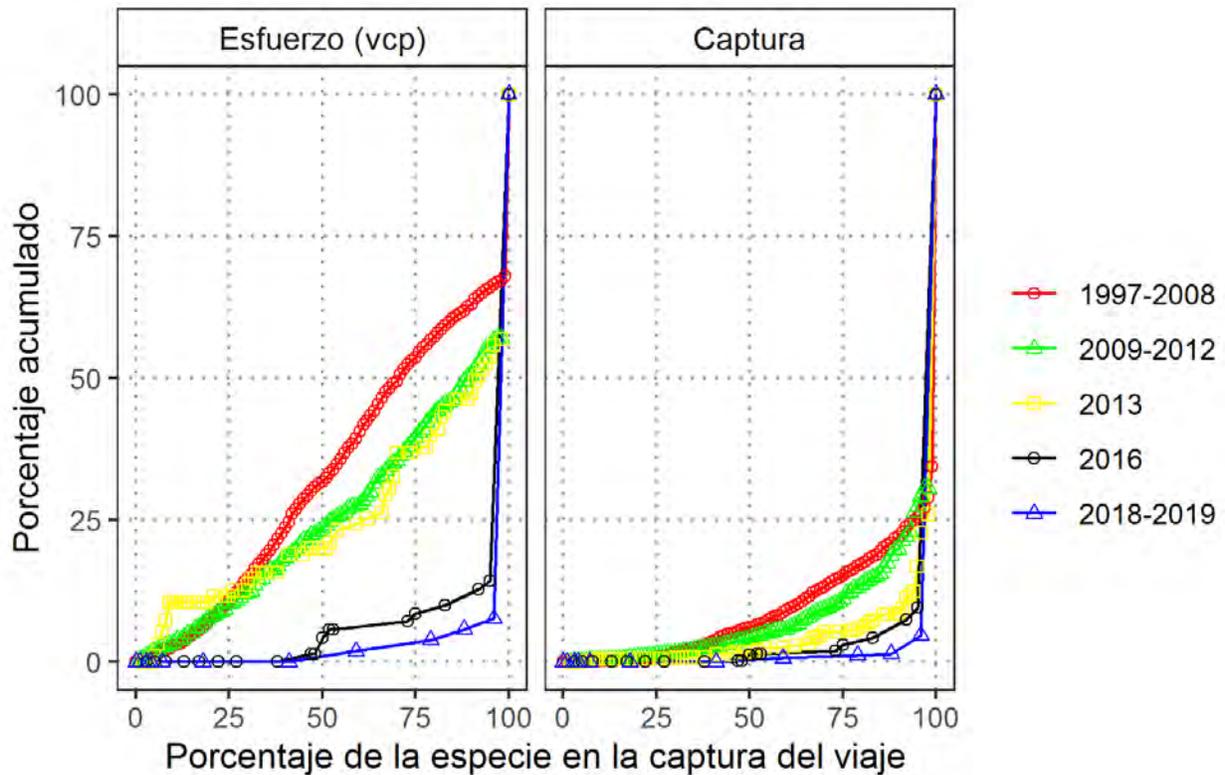
**Figura 30.** Variación mensual de la composición promedio de la raya volantín en la captura total del viaje en la flota artesanal por zona, entre 1997 y 2019.

En la zona NUP, el periodo 2011-2013 mostró claramente que, al menor esfuerzo y captura acumulada, el recurso representó más del 50% de la captura total del vcp, por lo tanto, pasó a ser una especie objetivo de la flota artesanal analizada. En el periodo 2004-2010, ambas curvas tipo asintótica indicaron que la especie pasó a ser capturada incidentalmente (o fauna acompañante). Finalmente, raya volantín resultó ser una especie intermedia en el periodo 2002-2003, cuya figura casi lineal indicó que este recurso en algunos viajes fue capturado como especie objetivo y en otras como fauna acompañante (**Figura 31**).



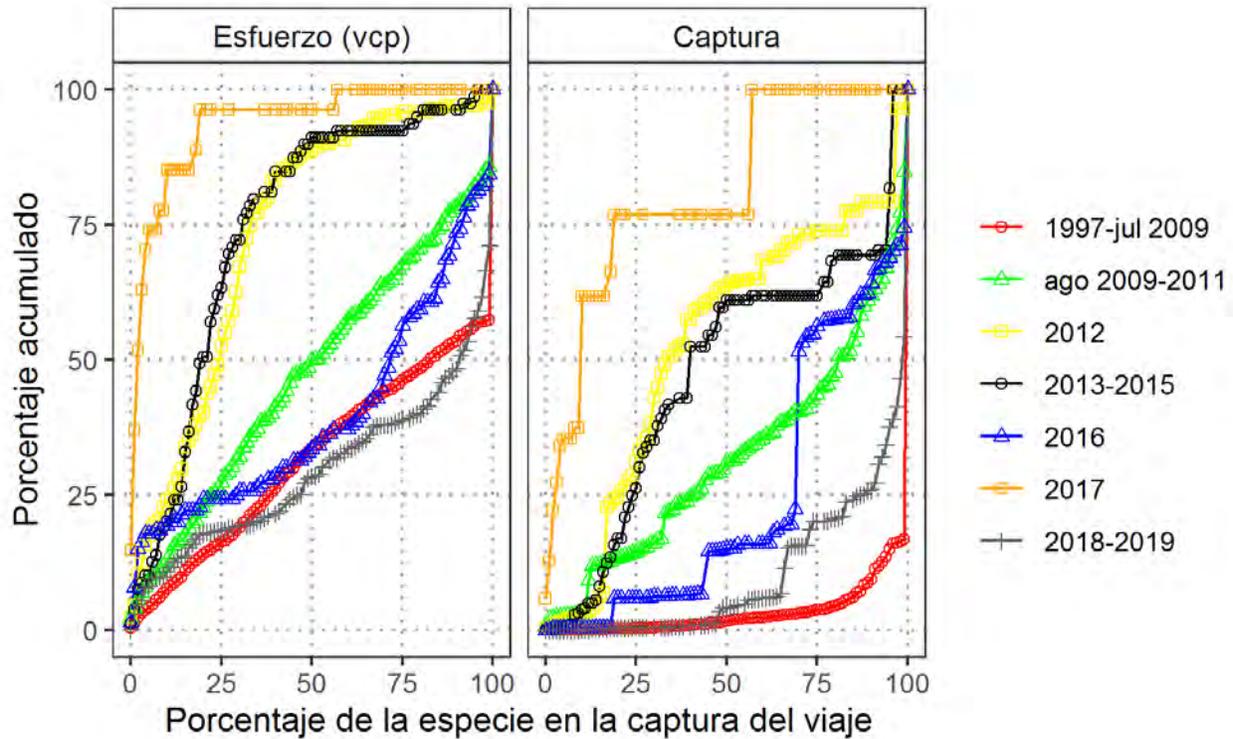
**Figura 31.** Intencionalidad del esfuerzo y captura de raya volantín de la flota artesanal por periodo en la zona NUP.

En la zona UP, el esfuerzo acumulado indicó que el recurso pasó de ser especie intermedia en los bloques de periodos entre 1997 hasta 2013 a especie objetivo a partir de 2016 (**Figura 32**). Mientras que la captura acumulada reveló que raya volantín fue especie objetivo de la flota artesanal.



**Figura 32.** Comparación de la intencionalidad del esfuerzo y captura de raya volantín de la flota artesanal entre periodo con y sin medida administrativa (veda biológica tipo 2 & veda extractiva) en la zona UP.

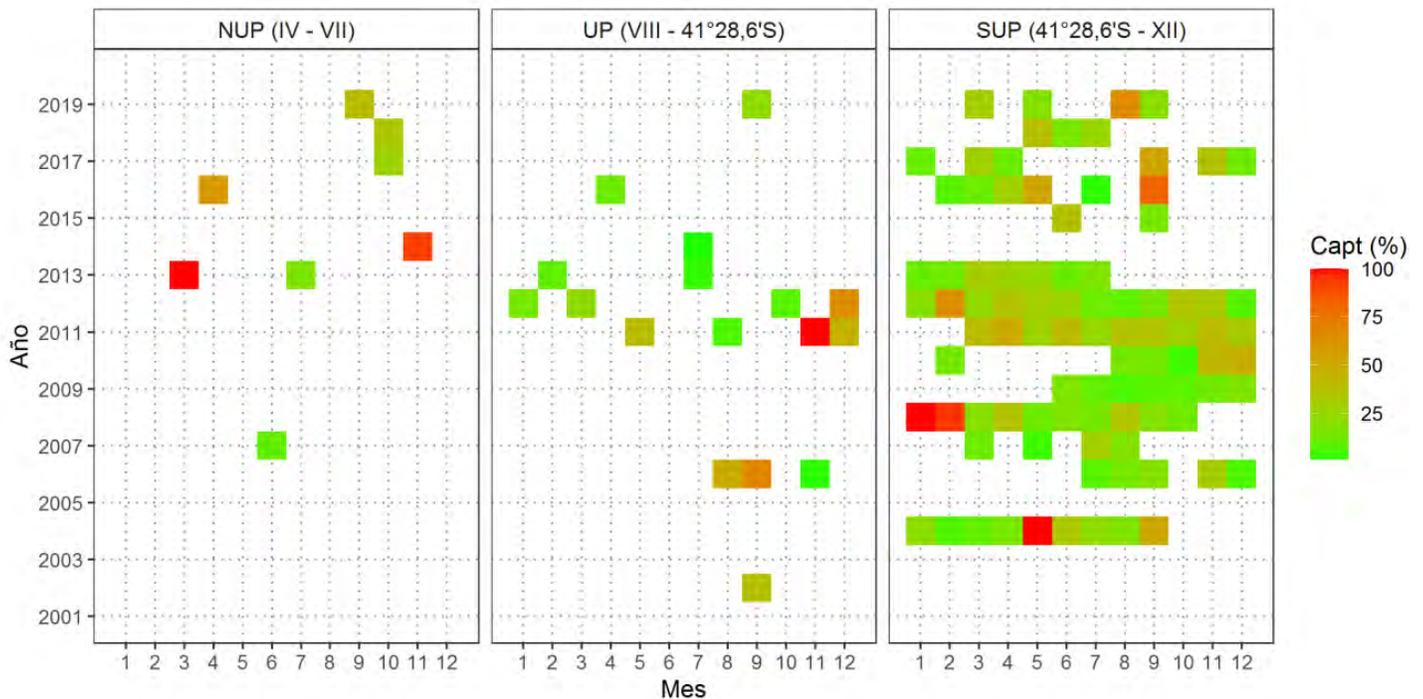
En la **Figura 33** de la zona SUP, el esfuerzo acumulado reveló que este recurso pasó de ser especie intermedia (1997-jul 2009, ago 2009-2011, 2016 y 2018-2019) a ser capturada como fauna acompañante (2012, 2013-2015 y 2017). No obstante, este recurso resultó como especie objetivo de la flota que operó en los periodos 1997- ago 2009, 2016 y 2018-2019 (**Figura 33**).



**Figura 33.** Comparación de la intencionalidad del esfuerzo y captura de raya volantín de la flota artesanal entre periodo con y sin medida administrativa (veda biológica tipo 2 & veda extractiva) en la zona SUP.

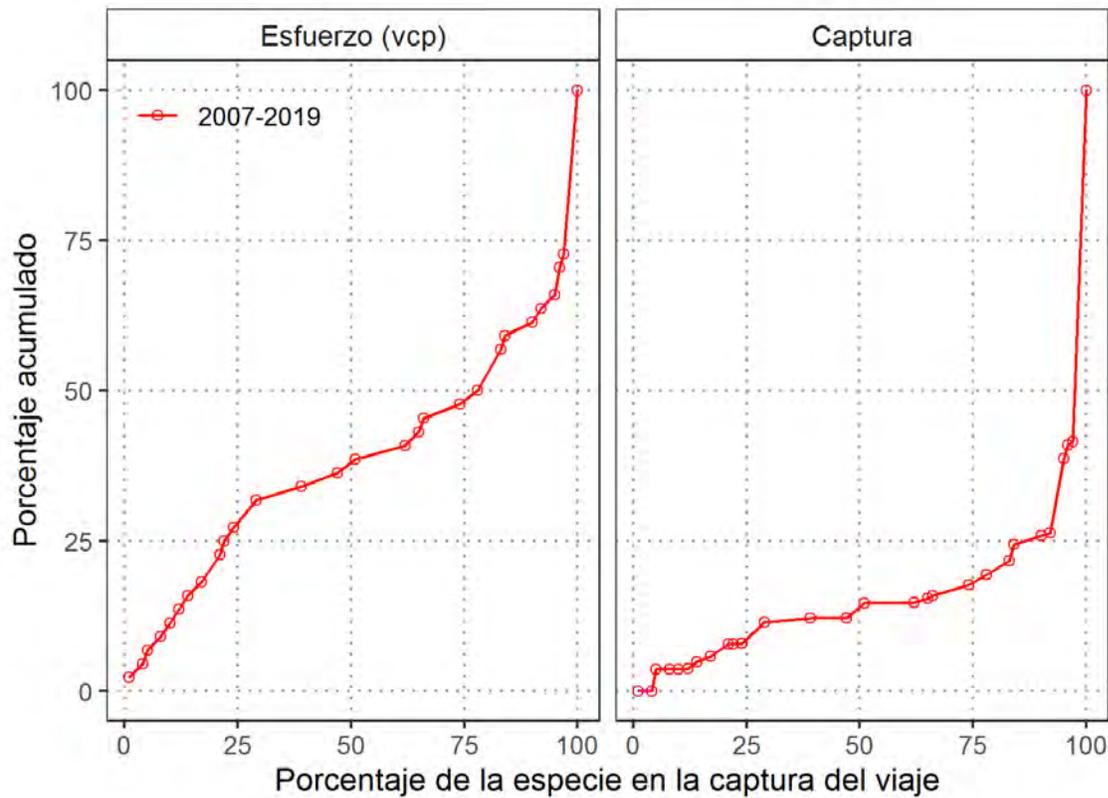
### Raya Espinosa

En algunos meses de la zona NUP y UP, la composición promedio de raya espinosa superó el 50% de la captura total del viaje y en otros fue inferior al 25% de la captura total (**Figura 34**). En la zona SUP, la variación mensual de la composición de este recurso fue heterogénea, con periodos que superó el 50% de la captura y en otros que fueron inferiores al 25% (**Figura 34**).



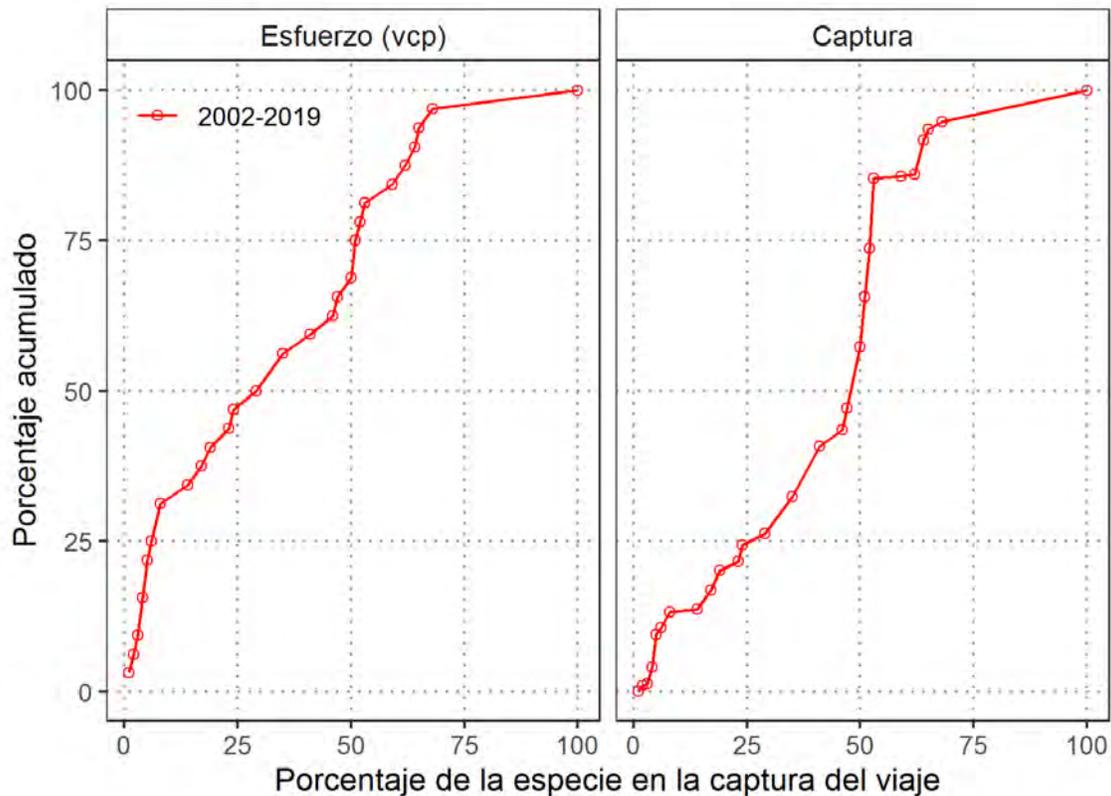
**Figura 34.** Variación mensual de la composición promedio de la raya espinosa en la captura total del viaje en la flota artesanal por zona, entre 1997 y 2019.

En la zona NUP, el tipo de la curva del esfuerzo (vcp) acumulado y captura acumulada indicó que la raya espinosa pasó desde ser una especie intermedia hacia un grado de intencionalidad en el periodo 2007-2019 (**Figura 35**). Esto es debido que el recurso ya representó más del 75% de la captura total del viaje cuando el esfuerzo y la captura sólo alcanzaron el 50% y 25% del total acumulado, respectivamente (**Figura 35**).



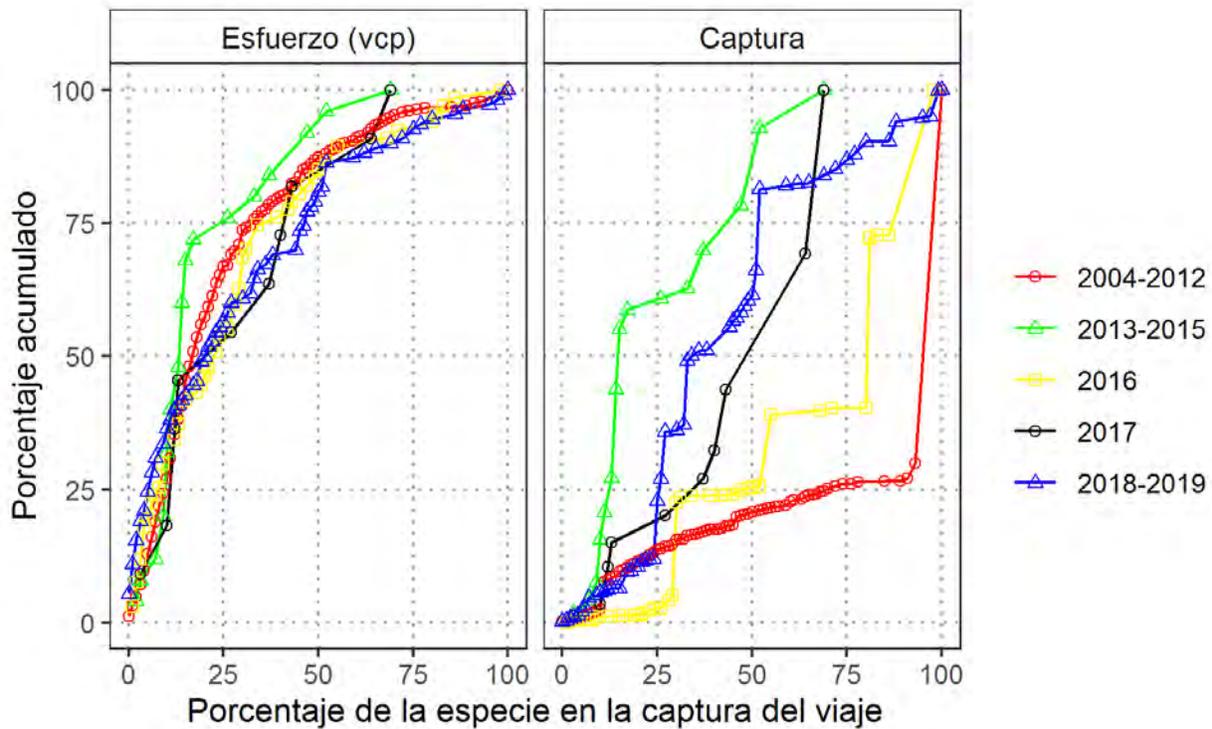
**Figura 35.** Intencionalidad del esfuerzo y captura de raya espinosa de la flota artesanal en la zona NUP, periodo 2007-2019.

El tipo de la curva asintótica del esfuerzo acumulado y captura acumulada en la zona UP, indicó que este recurso pasó desde ser una especie intermedia hacia ser capturada como incidental o fauna acompañante en el periodo 2002-2019 (**Figura 36**). Cuando la curva alcanzó el 50% del esfuerzo y captura acumulada, el recurso no representó más del 30% y 50% de la captura total del viaje, respectivamente (**Figura 36**).



**Figura 36.** Comparación de la intencionalidad del esfuerzo y captura de raya espinosa de la flota artesanal en la zona UP, periodo 2002-2019.

En la zona SUP, el tipo de curva asintótica del esfuerzo acumulado indicó que el recurso tuvo más posibilidad de ser capturado como fauna acompañante, no obstante, la curva de la captura acumulada mostró cierta discrepancia en algunos bloques de periodos (**Figura 37**). El tipo de curva asintótica de la captura en los periodos 2013-2015, 2017 y 2018-2019 concordaron con el esfuerzo, es decir, cuando la captura acumulada alcanzó el 50%, el recurso no representó más del 50% de la captura total del viaje, incluso no representó más del 20% en 2013-2015, indicando que raya espinosa fue capturada mayoritariamente como fauna acompañante (**Figura 37**). En tanto, que la curva tipo j de los periodos 2004-2012 y 2016, mostró que cuando la captura acumulada alcanzó el 25%, el recurso ya representó el 50% de la captura del viaje, indicando mayor intencionalidad de pesca sobre raya espinosa (**Figura 37**).



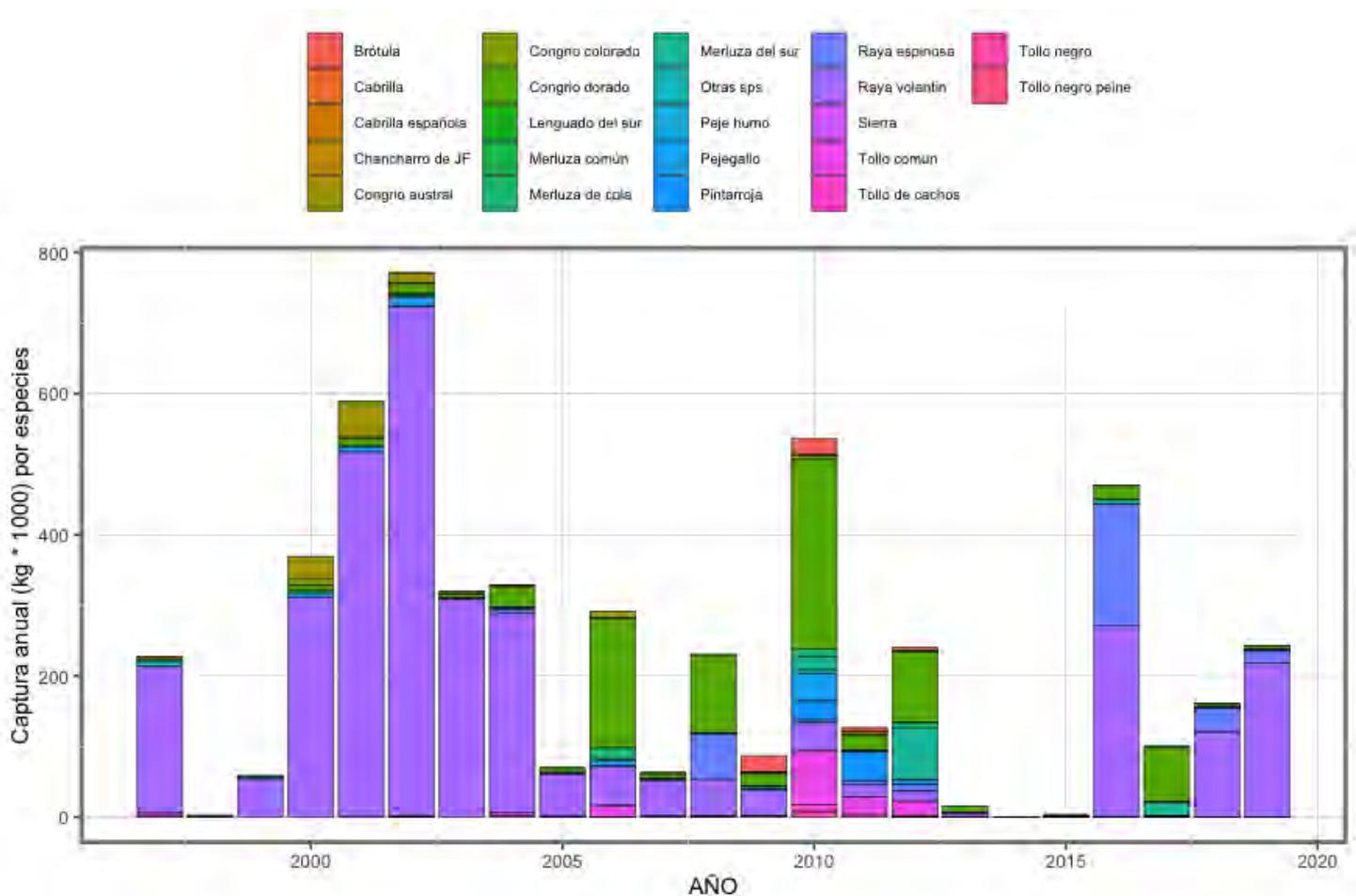
**Figura 37.** Comparación de la intencionalidad del esfuerzo y captura de raya espinosa de la flota artesanal entre periodo con y sin medida administrativa (veda biológica tipo 2 & veda extractiva) en la zona SUP.

#### 4.1.3.2. Metiers con análisis multivariado.

Para explorar la ocurrencia de especies en las capturas de rayas registradas en las bitácoras de pesca, se hizo primero una división de las bases de datos, la primera conteniendo las embarcaciones que operaron con espinel y la segunda con enmalle. Se cuantificó la ocurrencia de las distintas especies asociadas a la captura de rayas, tanto para las bitácoras de enmalle, como de espinel. Un total de 70 especies se asociaron a las capturas de rayas con espinel entre 1997 y el 2019, y en el caso del enmalle 39 especies entre el 2005 y el 2019. Se observó que existe en las bitácoras una gran cantidad de especies que no tiene una alta ocurrencia en las capturas de rayas considerando el largo de las series de tiempo de cada arte. Utilizando un umbral de ocurrencia  $>10$  lances de pesca para cada arte, se tiene que para el caso del espinel 47 especies o el 67% de ellas ocurrieron en menos de 10 lances de capturas de rayas entre 1997 y 2019 y ellas correspondieron al 0,16% de la captura acumulada total en el período de estudio. Para el caso del enmalle este valor es de 30 especies que ocurren en menos de 10 lances en la serie de tiempo, lo que corresponde al 77% de las especies. En términos de capturas estas 30 especies dan cuenta del 0,2% de la captura total acumulada en el periodo 2005-2019. Dada la

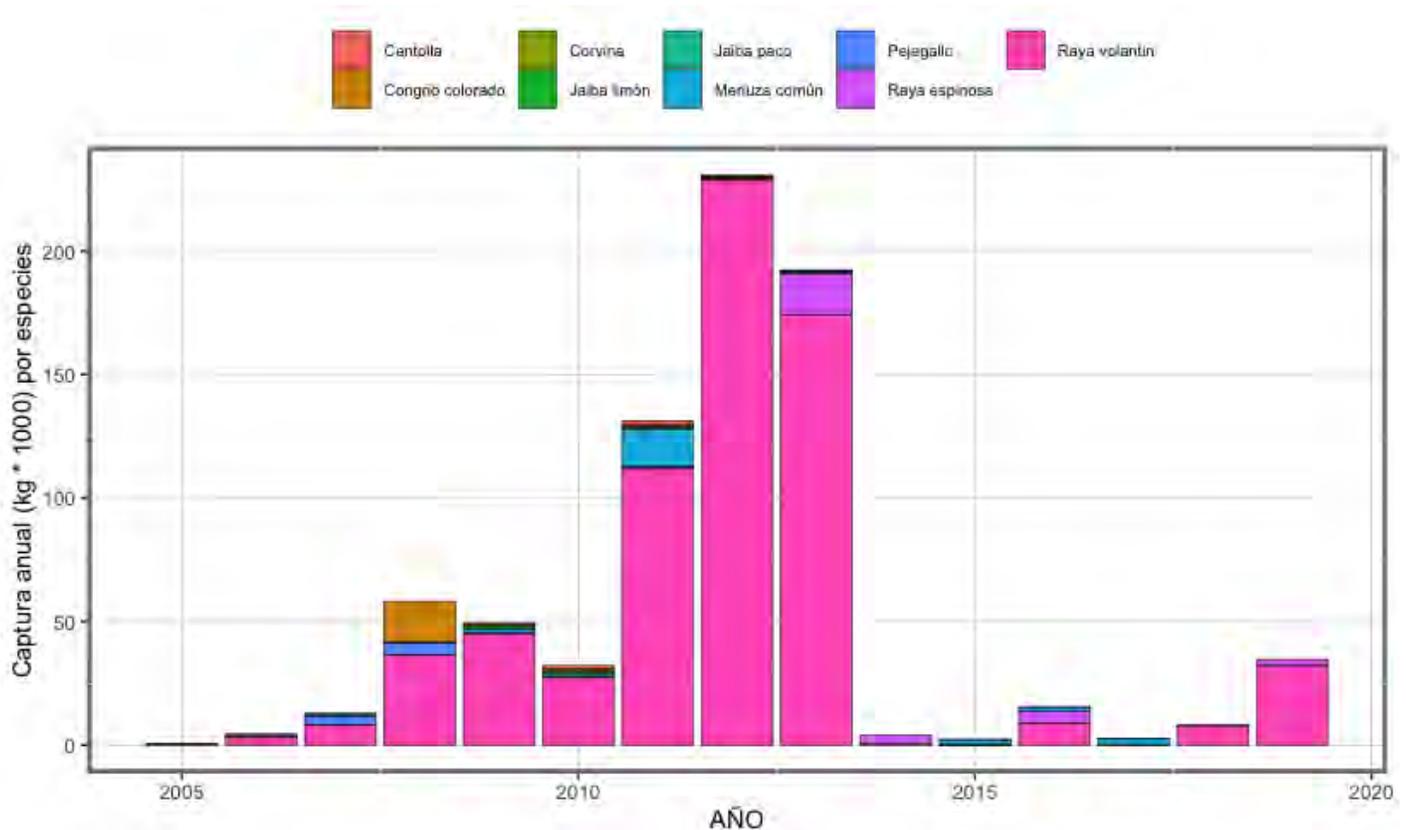
baja ocurrencia de estas especies en las capturas de rayas y su bajo aporte en captura, ellas fueron omitidas del estudio.

Las **Figura 38** y **Figura 39** muestran las capturas anuales por especies asociadas a la captura de raya para los dos artes de pesca. En el caso del espinel (**Figura 38**) se observa que entre 1997 y el 2004 la captura acumulada fue mayoritariamente de raya volántín. A partir del año 2005, se reducen las capturas de rayas y la composición de especies se diversifica en forma importante. Especies como congrio dorado, tollo común, raya espinosa, merluza del sur aparecen en forma importante asociados al espinel. Posterior al 2015, las capturas de raya volántín y espinosa vuelven a reaparecer en forma importante. Los años 1998, 2014, 2015 prácticamente no existen registros de captura de rayas en las bitácoras de pesca de espinel.



**Figura 38.** Composición de especies en la captura de rayas entre 1997 y el 2019 – Espinel.

Las capturas realizadas con enmalle (**Figura 39**), en términos de composición de especies, es distinta, destacando la ‘pureza’ de la captura de rayas obtenidas con red de enmalle, siendo la raya volantín la principal especie de raya capturada en la operación de pesca a diferencia de lo que se observa en espinel. Destacan también la merluza común y congrio colorado como las principales especies asociadas a la captura de rayas con red de enmalle.



**Figura 39.** Composición de especies en la captura de rayas entre 2005 y el 2019 – Enmalle.

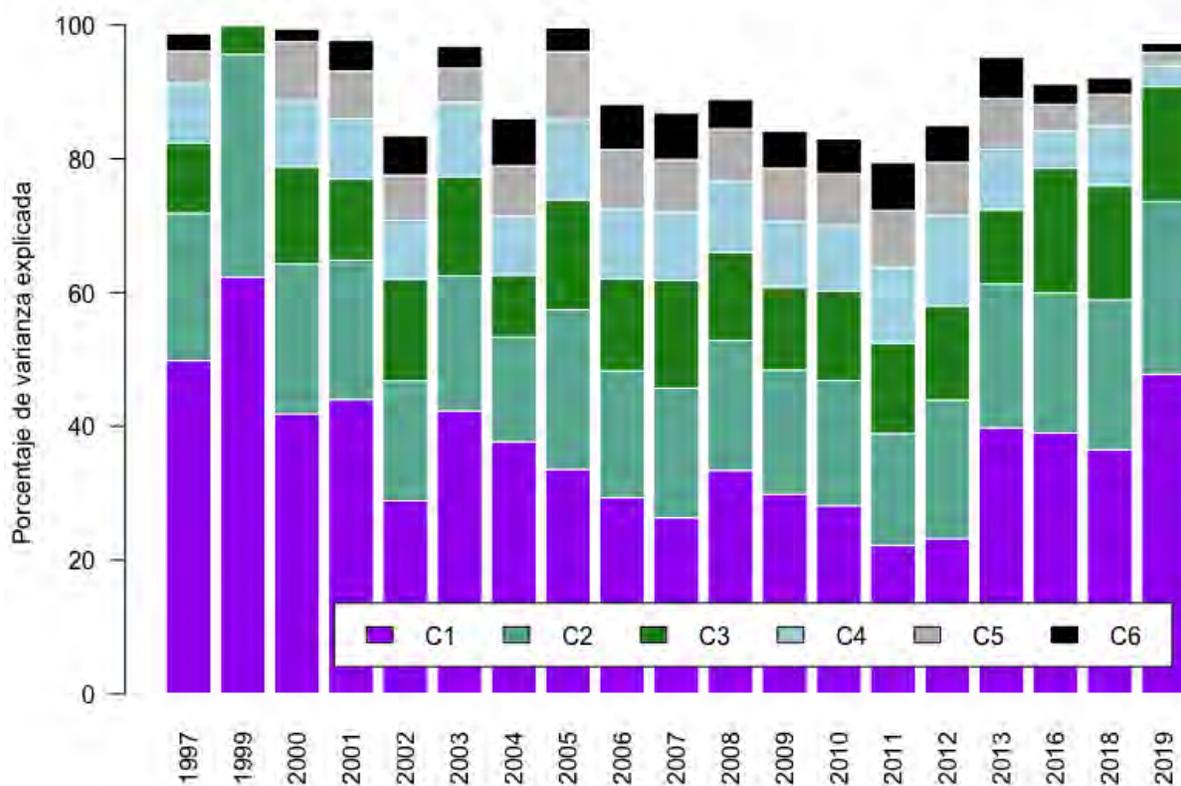
### Análisis de componentes principales (ACP).

Un aspecto importante en el ACP es la necesidad de contar con un número de observaciones (en este caso lances) superior al número de especies que se desea analizar. Por tal razón inicialmente exploramos si a nivel del año se cuenta con un número suficiente de registros para realizar el análisis. En efecto, en la serie de espinel los años 1998, 2014 y 2015 se contó solamente con 1, 3 y 8 registros (lances), respectivamente, siendo el número de especies a analizar de 22. En la serie de enmalle los años 2005 y 2017 contaron con 4 y 7 registros siendo

9 las especies a considerar. Estos años se dejaron fuera del análisis.

### Espinel

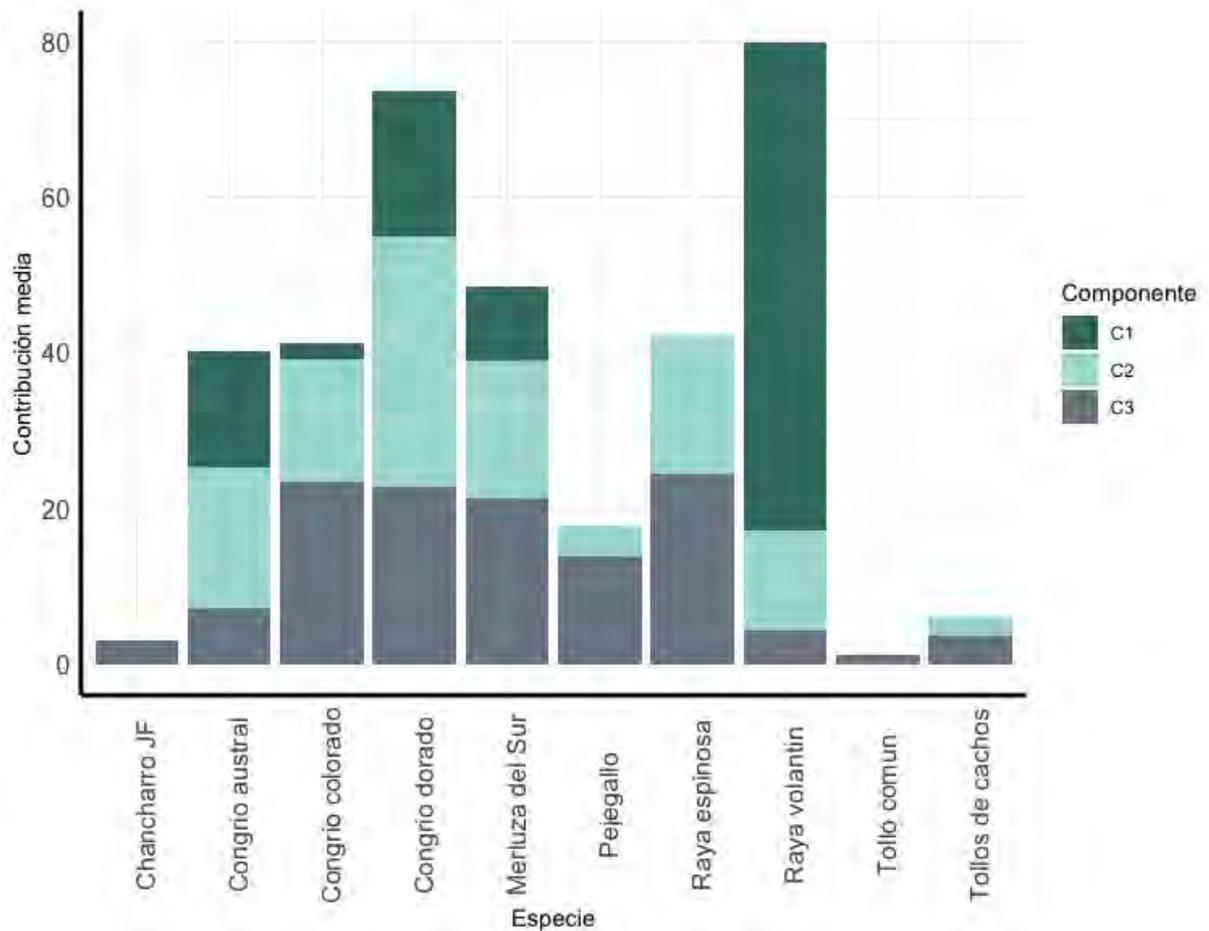
La **Figura 40** muestra las componentes principales identificadas para cada año de la serie de espinel y la varianza asociada a cada uno. Se observa en general que las C1, C2 y C3 explican en general más del 60% de la varianza. Los principales componentes son C1 y C2, sin embargo, la importancia relativa de ambas en particular disminuye en aquellos años donde la ocurrencia de especies en la captura de raya aumenta.



**Figura 40.** Análisis de componentes principales (ACP) para la pesquería de rayas – Espinel

Lo anterior se observa mejor cuando se disgrega la contribución de las especies a cada una de las componentes. La **Figura 41** muestra la contribución promedio de las especies que ocurren en la captura de rayas para cada componente en el periodo 1997 - 2019. La especie que contribuye más al C1 es raya volantín seguida por el congrio dorado y austral. En la componente C2, la especie de mayor contribución es el congrio dorado, seguido por congrio austral y merluza de sur. Congrio colorado y raya espinosa también son especies importantes,

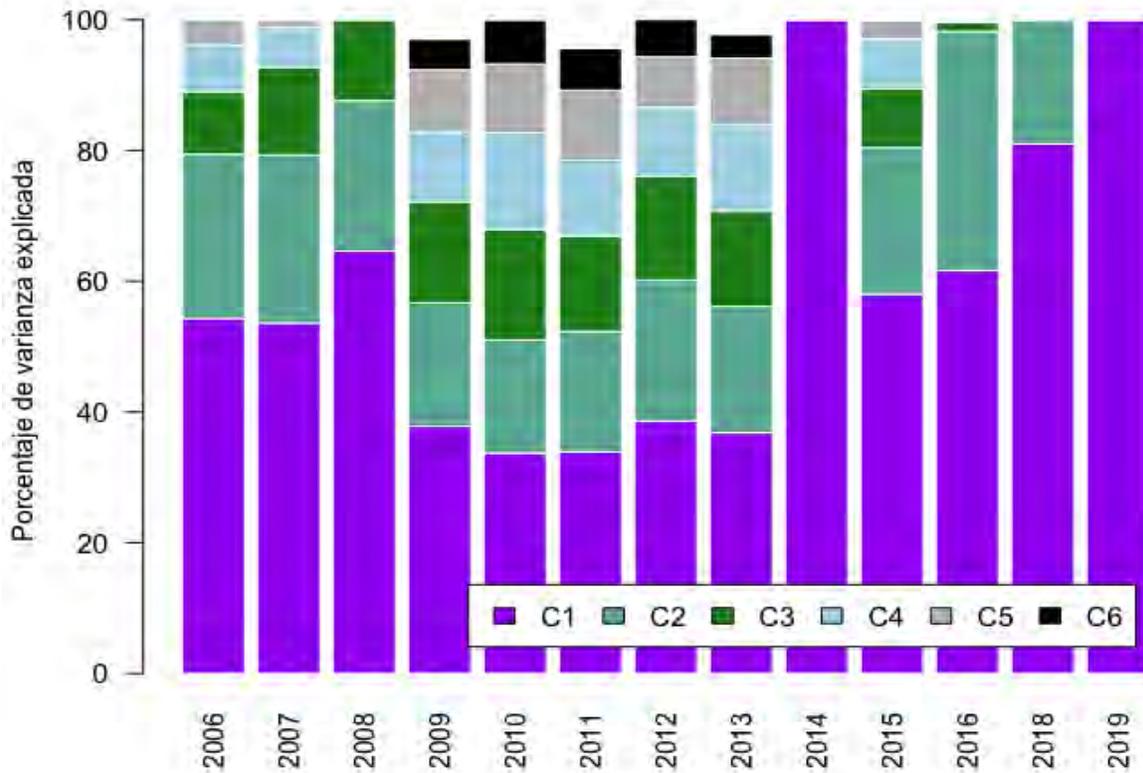
sin embargo, raya volatín tiene una baja contribución en relación a lo observado en la C1. La componente C3 es similar a la C2, pero destaca la presencia de pejegallo y la importante disminución de raya volatín y congrio austral respecto de las componentes C1 y C2.



**Figura 41.** Contribución específica a las componentes principales C1, C2 y C3 para la pesquería de rayas – Espinel

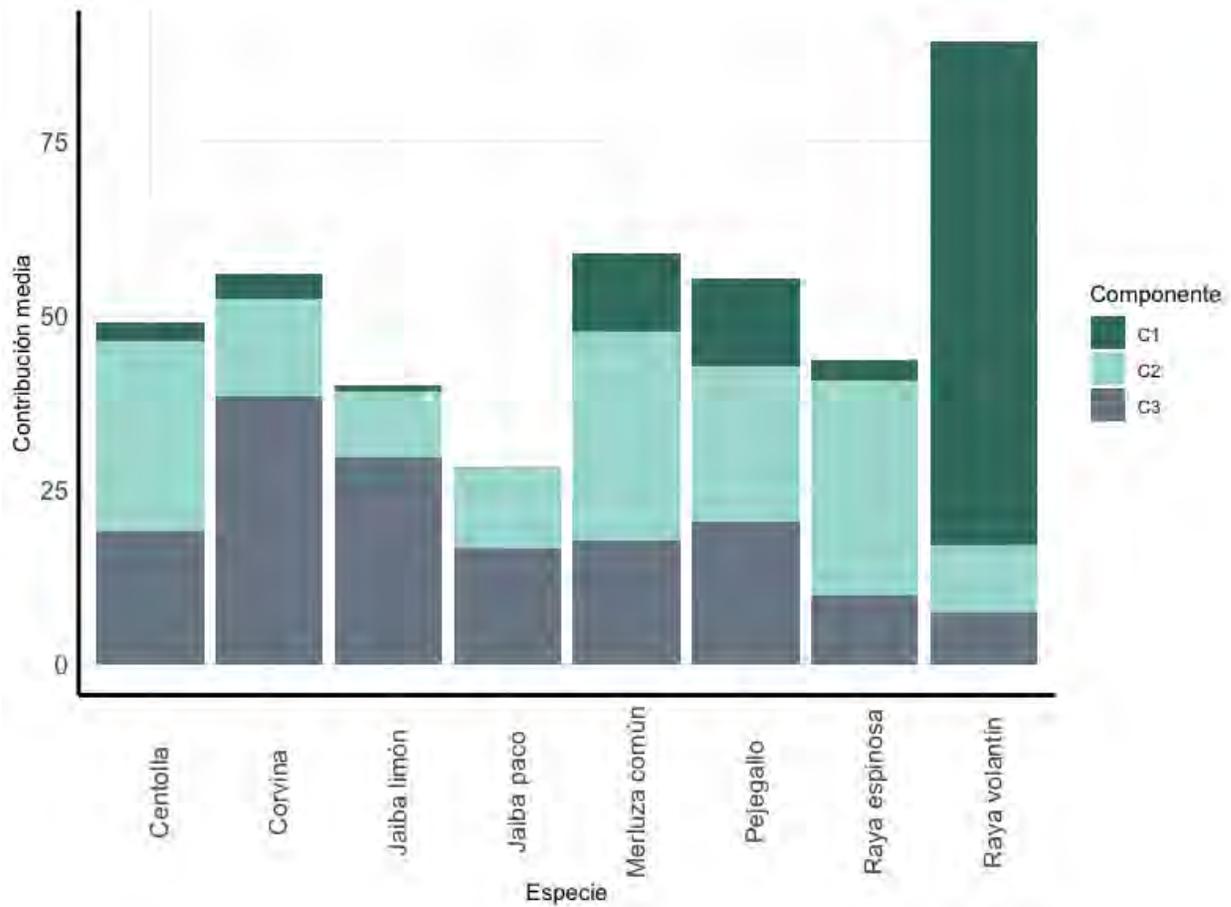
### *Enmalle*

La **Figura 42** muestra los componentes principales identificadas para cada año en la serie de enmalle y el aporte en la varianza. Se observa también que, en general, las C1, C2 y C3 explican más del 60% de la varianza. Los componentes principales con mayor contribución son C1 y C2, sin embargo, la importancia relativa de ambos incrementa hacia el 2019, en particular de C1. Los años 2014 y 2019 son distintos al resto de los años, ya que sólo se registraron capturas de raya volatín y espinosa solamente.



**Figura 42.** Análisis de componentes principales (ACP) para la pesquería de rayas – Enmalle

La **Figura 43** muestra la contribución promedio de las especies que ocurren en la captura de rayas para cada componente en el periodo 2006 al 2019. La especie que contribuye más en la C1, al igual que en espinel, es raya volantín seguida por merluza común y el pejegallo. Una contribución más bien marginal tiene la raya espinosa, corvina, centolla y jaiba limón en la C1. En la componente C2, son cuatro especies que tienen una contribución similar e importante, raya espinosa, merluza común, pejegallo y centolla, y en la componente C3 destaca la corvina y jaiba limón, el aporte de raya volantín y espinosa es reducido en esta componente.



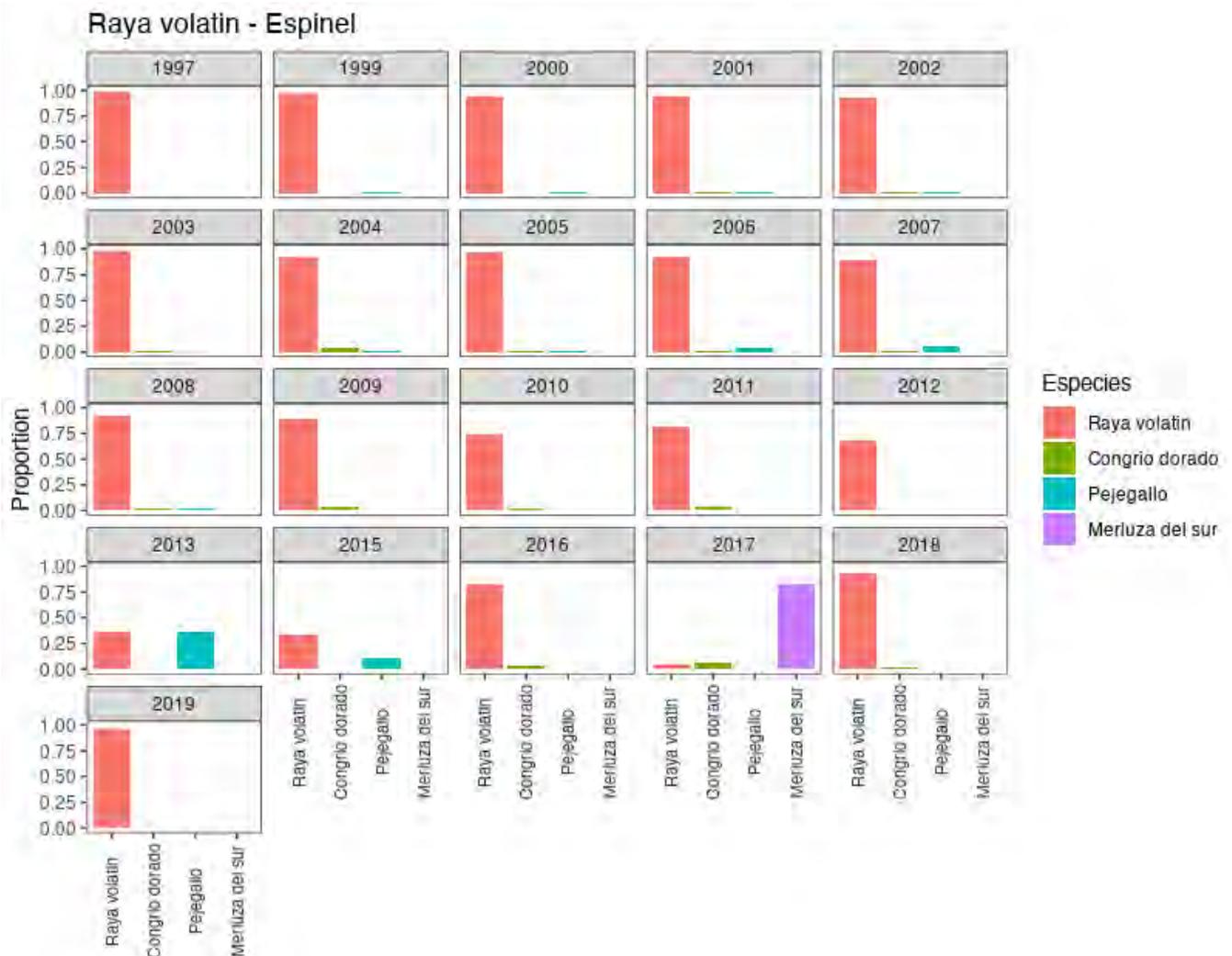
**Figura 43.** Contribución específica a las componentes principales C1, C2 y C3 para la pesquería de raya – Espinel

### Análisis Jerárquico por Conglomerado (AJC)

El uso del ACP permitió reducir el número de variables (en este caso especies) a componentes (conjunto de especies) reduciendo la dimensionalidad (el número de especies) de variables a analizar en las bitácoras. El AJC considerando los resultados del ACP permite explorar agrupación de observaciones (lances de pesca) que puedan estar asociados a una táctica o estrategia de captura de raya volatín o raya espinosa. En esta tercera etapa se dividió la base datos por especie, esto es, en raya volatín y raya espinosa. La separación por especies de rayas de las bitácoras se llevó a cabo considerando una captura de raya volatín o espinosa superior al 50% de la captura total del lance. Para cada especie el AJC se realizó por arte de pesca, espinel y enmalle y se llevó a cabo en forma independiente. Sin embargo, en el caso raya espinosa capturada con enmalle este no pudo ser realizado debido al reducido número de observaciones disponibles. Todos los análisis fueron llevados a cabo con las bitácoras filtradas por días fuera de puerto desde la sección: *Refinamiento de datos: Random forest*.

### Raya volatín - Espinel

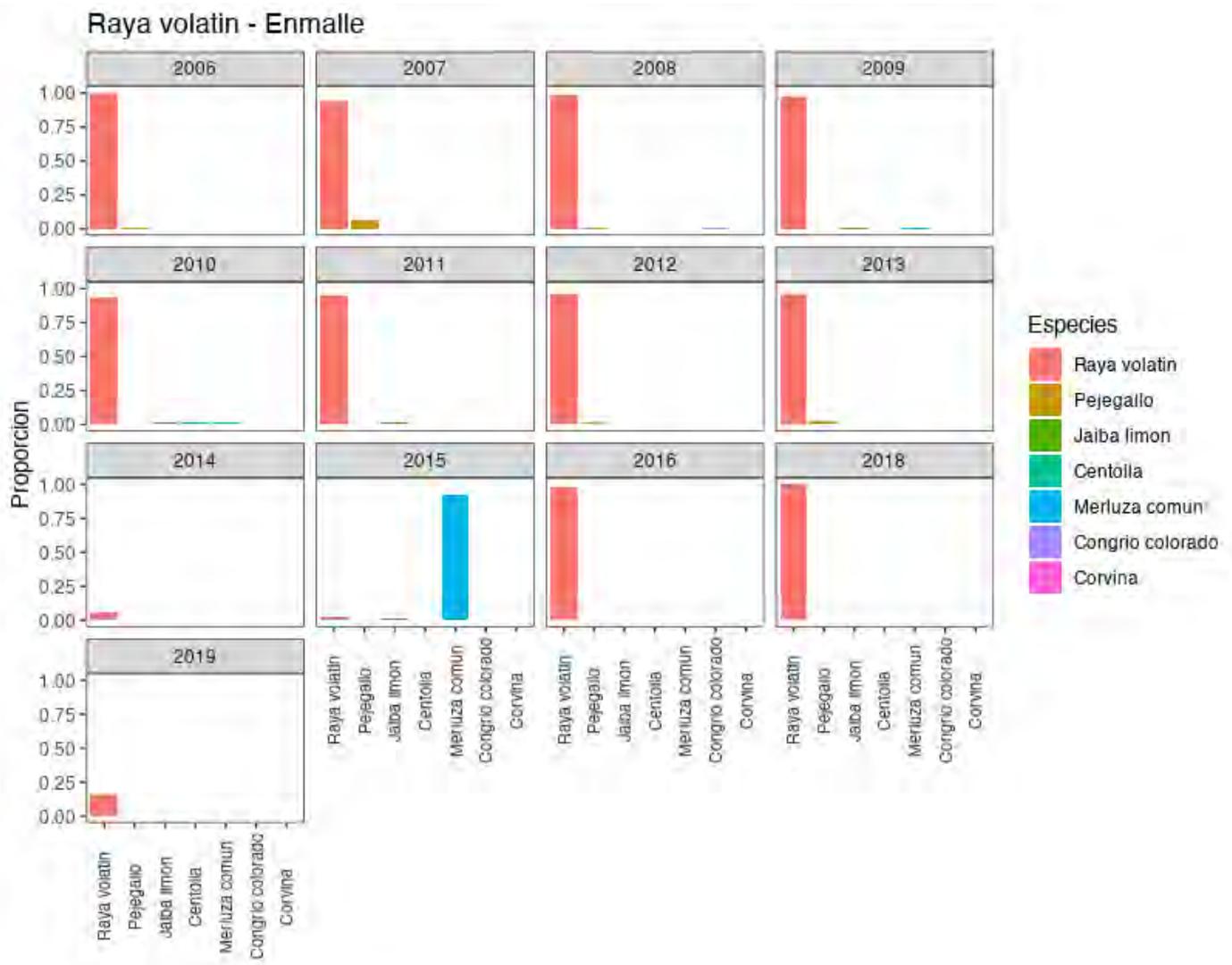
En la **Figura 44** se muestra el clúster 1, el más relevante y que concentró el número más alto de observaciones (lances) de pesca de las bitácoras asociadas a raya volatín. En este caso se observa que el clúster 1 dio cuenta de más del 50% de los lances de pesca. Entre 1997 y 2007 se observó una clara táctica de pesca hacia raya volatín, especie con mayor presencia en el clúster 1. Sin embargo, desde el año 2007 se observa que la intencionalidad hacia la raya volatín cambia y se combina con intencionalidad hacia especies como merluza del sur y congrio dorado. En efecto, los años 2007, 2013 y 2017 se caracterizan porque la raya volatín efectivamente parece ser más bien fauna acompañante y no una especie objetivo. Se observa que en el periodo 1997 al 2019 la táctica de pesca hacia la raya volatín es más marcada, con excepción del año 2017 donde hubo una intencionalidad clara hacia merluza del sur. El año 2013 no es posible identificar si hay una táctica de pesca hacia raya volatín o pejegallo.



**Figura 44.** Raya volatín – Espinel. Proporción de especies en la captura.

### Raya volatín - Enmalle

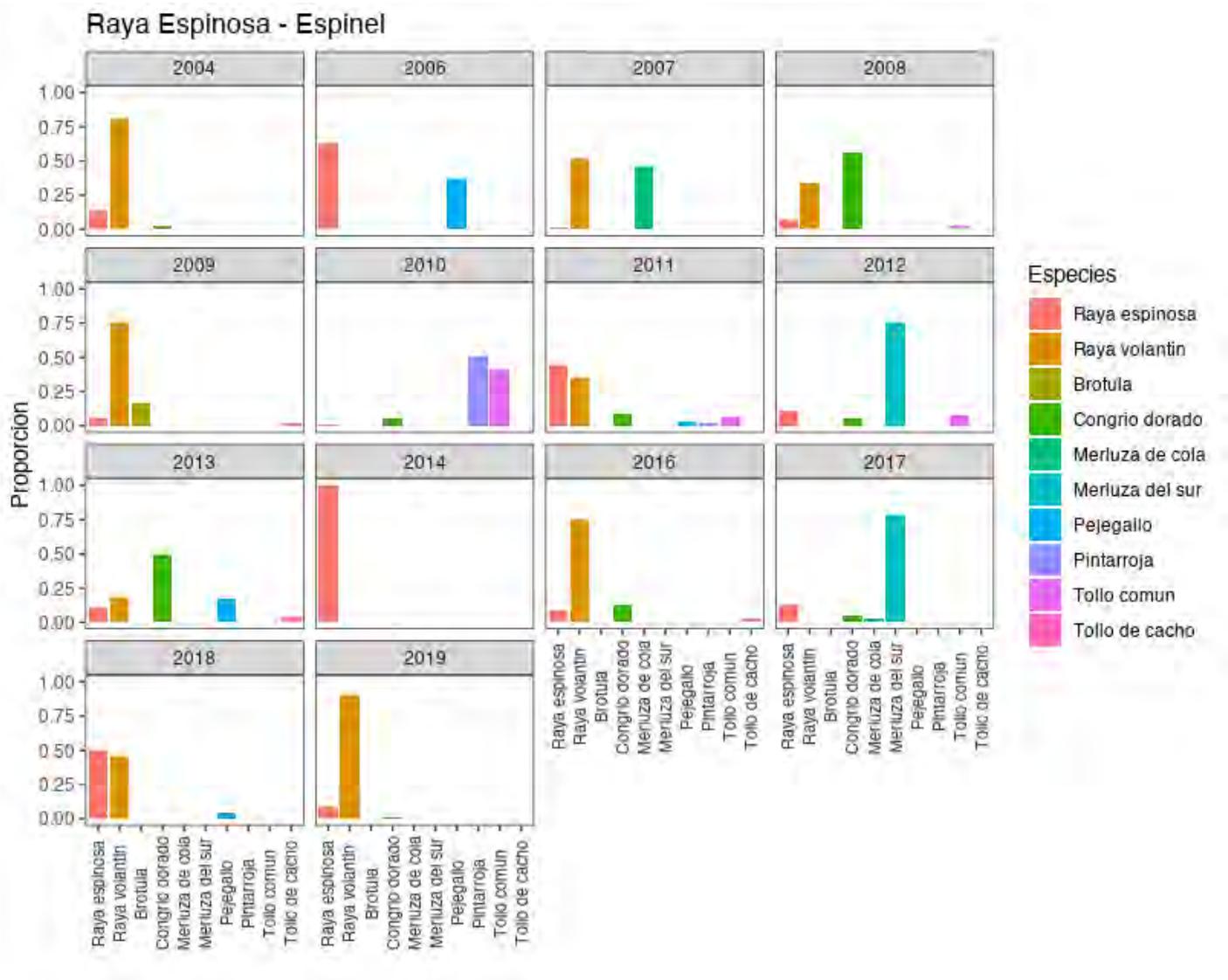
Desde la **Figura 45** se muestra el mismo análisis anterior, pero para las observaciones asociadas a las capturas de raya volatín con enmalle. La **Figura 45** muestra una serie de tiempo más limitada, donde no se identifica una clara intencionalidad hacia la raya volatín con excepción del año 2007. Más aún, los años 2006, 2010, y 2015 prevalecen otras especies como pejegallo, merluza del sur y jaiba limón pasando la raya volatín a ser más bien fauna acompañante. En general, se observa una táctica de pesca hacia raya volatín más clara, con excepción del año 2015, donde se intencionó hacia la merluza común.



**Figura 45.** Raya volatín – Enmalle. Proporción de especies en la captura.

### Raya espinosa-Espinel

El mismo análisis realizado para raya volatín se llevó a cabo para raya espinosa. En el caso de la raya espinosa es difícil detectar una clara táctica de pesca hacia las especies cuando no se realizan filtros de información (**Figura 46**). En efecto, el análisis muestra una intención más clara en el año 2014, y potencialmente los años 2006, y 2011. El resto indica que raya espinosa parece ser más bien fauna acompañante.

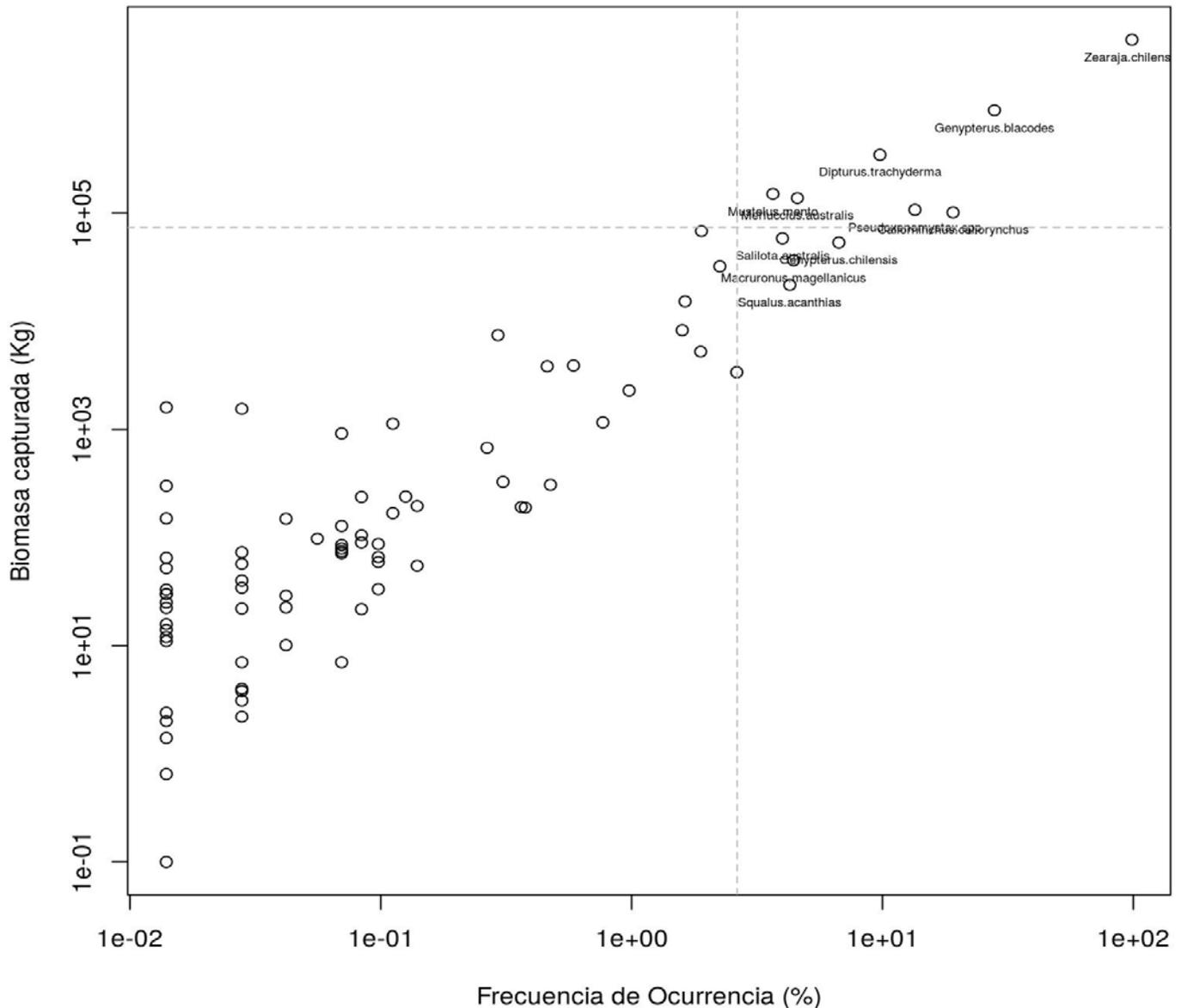


**Figura 46.** Raya espinosa – Espinel. Proporción de especies en la captura.

#### 4.1.3.3. Metiers con Aprendizaje automático.

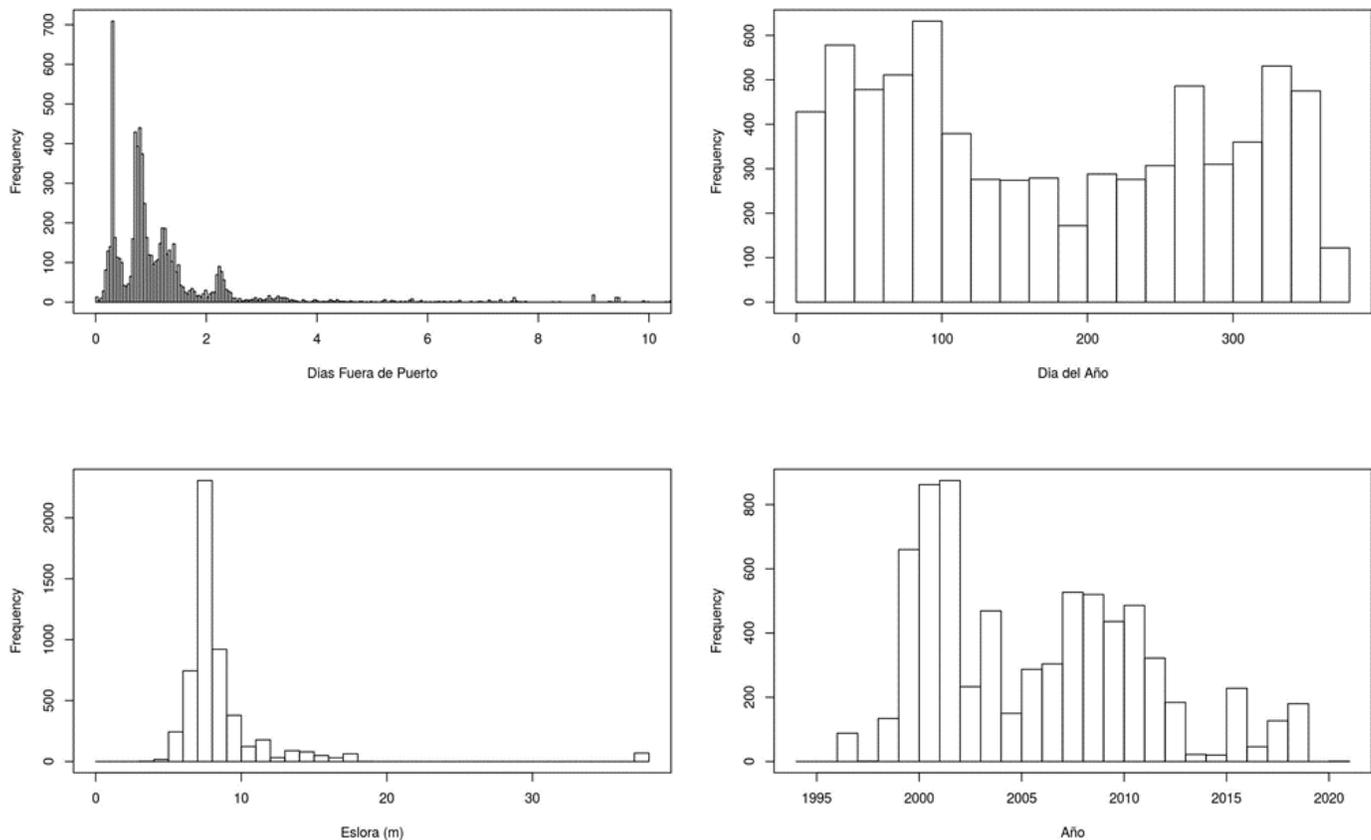
De las 82 especies capturadas, sólo 17 presentaron una frecuencia de ocurrencia (FO) mayor al 1% y sólo 6 especies tuvieron una FO mayor a 5%. Para caracterizar la estructura de la comunidad de especies capturadas se utilizó la matriz conteniendo aquellas especies con FO mayor a 5% (**Figura 47**).

Estas especies fueron *Callorhynchus callorhynchus*, *Dipturus trachyderma*, *Genypterus blacodes*, *Genypterus chilensis*, *Pseudoxenomystax.spp*, *Zearaja chilensis*.



**Figura 47.-** Diagrama de Olmsted-Tuckey

En la **Figura 48**, se presenta un análisis exploratorio de la distribución de las variables explicatorias.

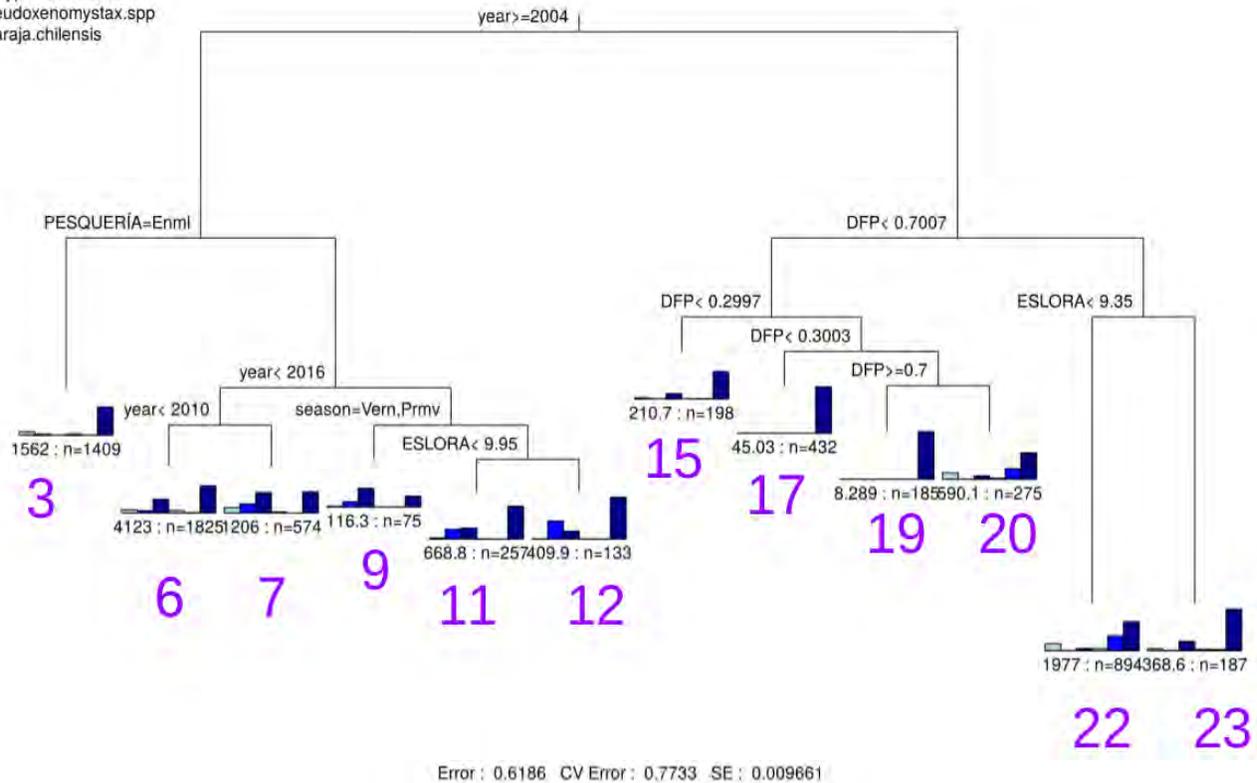


**Figura 48.** Histogramas de las variables explicatorias.

### Arboles Multivariados.

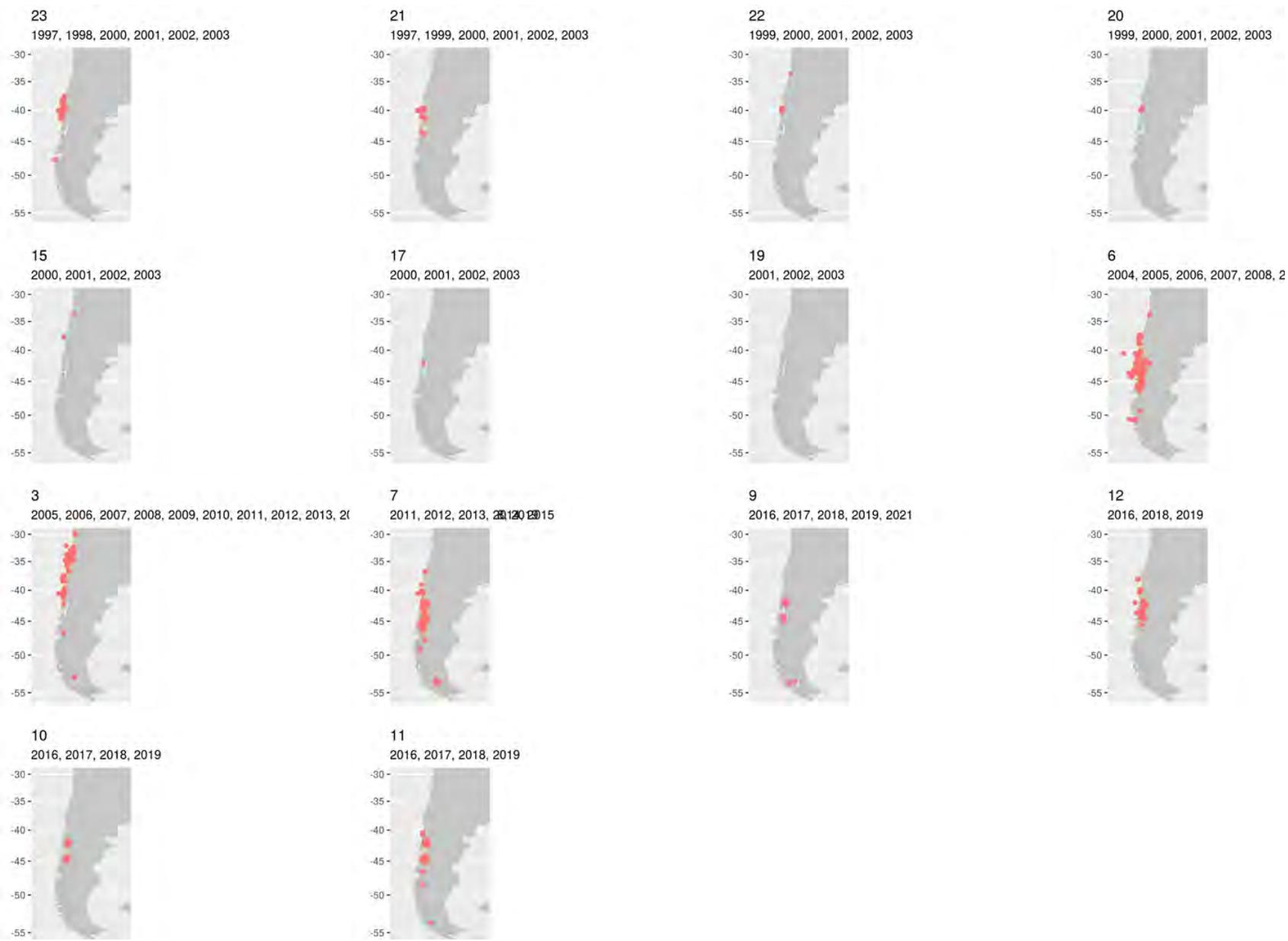
El árbol multivariado seleccionado presentó un error de 0,62 y un error por validación cruzada de 0,77 con un error estándar de 0,00967 (**Figura 49**). El árbol multivariado utilizó las variables “Año”, “PESQUERÍA”, “season”, “DFP” y “ESLORA” para separar las comunidades capturadas asociadas a cada lance (**Figura 49**).

- Callorhynchus.callorynchus
- Dipturus.trachyderma
- Genypterus.blacodes
- Genypterus.chilensis
- Pseudoxenomystax.spp
- Zearaja.chilensis



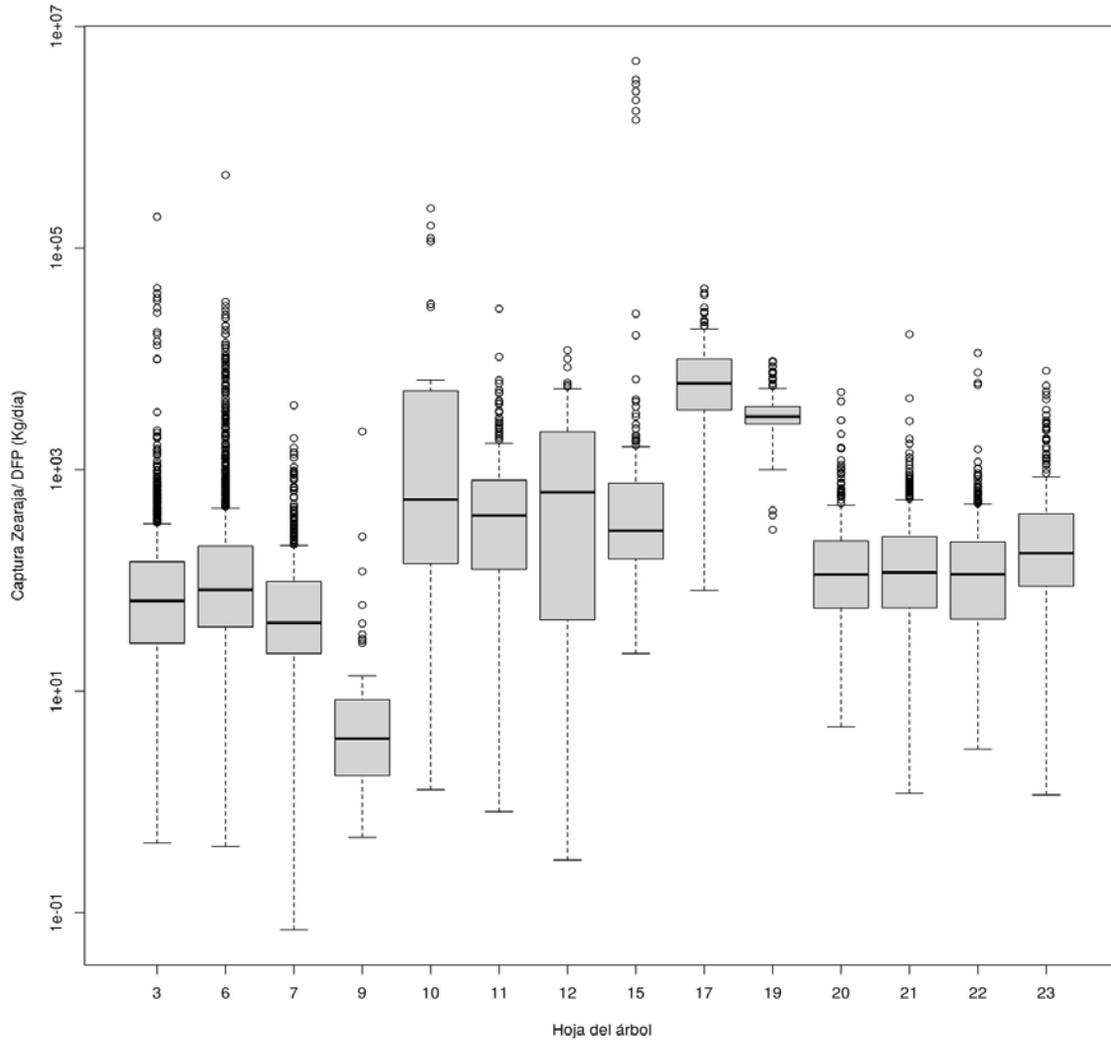
**Figura 49.** Árbol multivariado de regresión. Las variables seleccionadas y el valor de corte se muestra a la izquierda de la rama. Año (year), Pesquería (enmalle o palangre), Estación (season), Eslora y días fuera de Puerto (DFP) fueron escogidas para los cortes. Los números en lila indican la hoja que nombra a cada rama terminal del árbol y representa un conjunto de lances con una composición similar de la captura. El “n” indica el número de viajes que se agrupa en cada hoja.

Luego se proyectaron espacialmente los lances de cada hoja para visualizar su distribución espacio-temporal (**Figura 50**). Es importante mencionar que no se incluyeron en el árbol variables de corte espacial (puerto o Lat-Lon) con el fin de explorar el potencial del método de identificar años/regiones con capturas similares.

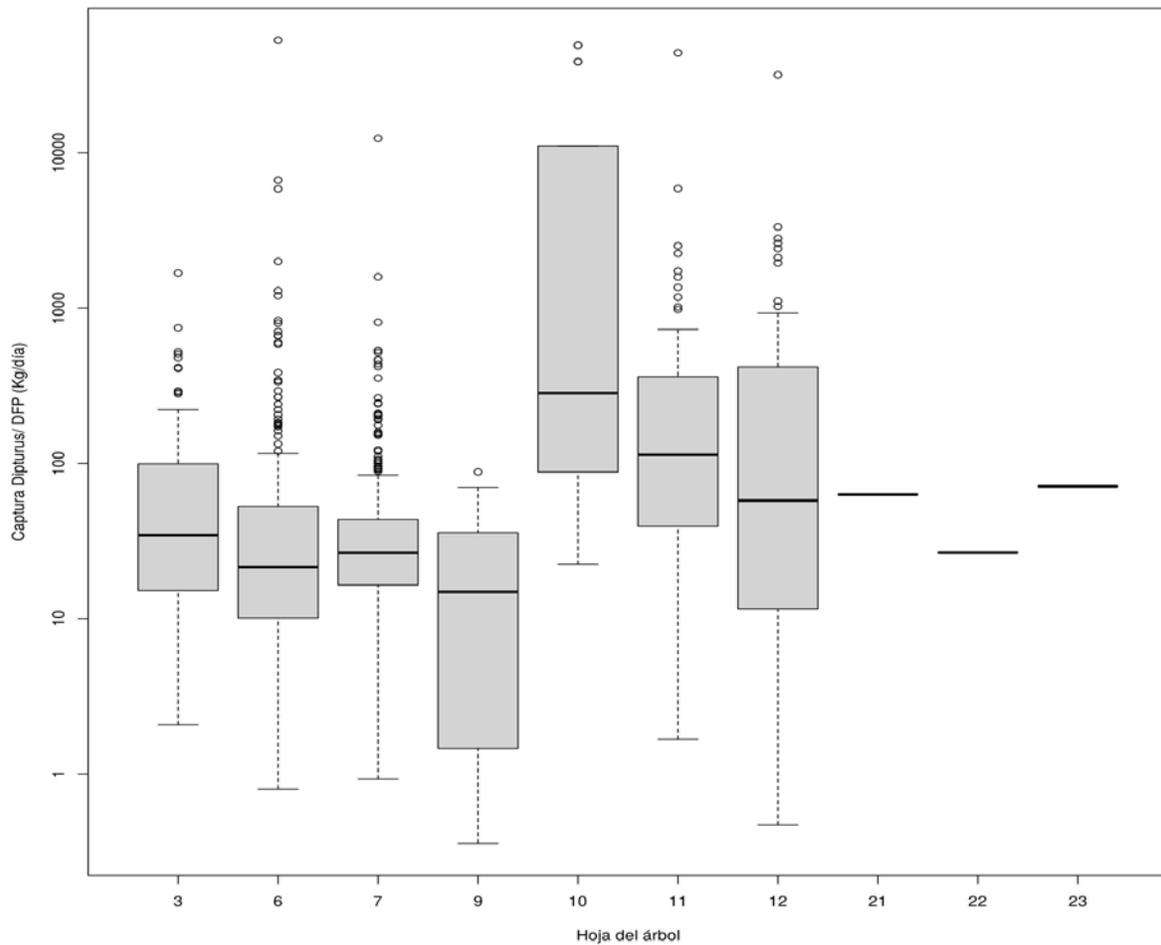


**Figura 50.** Mapa con los lances agregados de cada hoja según el árbol multivariado. Se incluye información sobre los años en los que se realizaron los lances. Ver **Figura 49** para las etiquetas.

Exploramos los patrones de captura de raya volantín y raya espinosa por grupo formado en el árbol. Se muestran diferencias en el rendimiento para las capturas de ambas especies entre hojas (Figura 51 y 52).



**Figura 51.** Rendimiento de raya volantín (kg/Días fuera de puerto) para cada una de los grupos definidos en el árbol multivariado. Ver **Figura 49** para las etiquetas.



**Figura 52.** Rendimiento de raya espinosa (kg/Días fuera de puerto) para cada una de los grupos definidos en el árbol multivariado. Ver **Figura 49** para las etiquetas.

## 4.2- OBJETIVO ESPECIFICO 2

*Determinar la unidad de esfuerzo y los factores que inciden directamente en el poder de pesca de las unidades extractivas artesanales.*

### 4.2.1. Predictores de captura y esfuerzo.

#### **Modelación de la captura (kg) de raya volantín**

En la modelación de la captura con GAM, se consideró primero los términos temporales, luego en los siguientes modelos se añadió secuencialmente los indicadores operacionales, la variable espacial y ambiental. Un total de 11 modelos fueron evaluados. La devianza explicada abarcó entre los 28,9% y 49,0%, mientras que los valores de GCV abarcaron entre 1,297 y 1,695 (**Tabla 4**). El GAM\_9 para la captura modelada fue seleccionado por su valor mínimo de GCV, mayor devianza explicada y validación del supuesto de normalidad y homocedasticidad de los residuos (ver **Figura 53**).

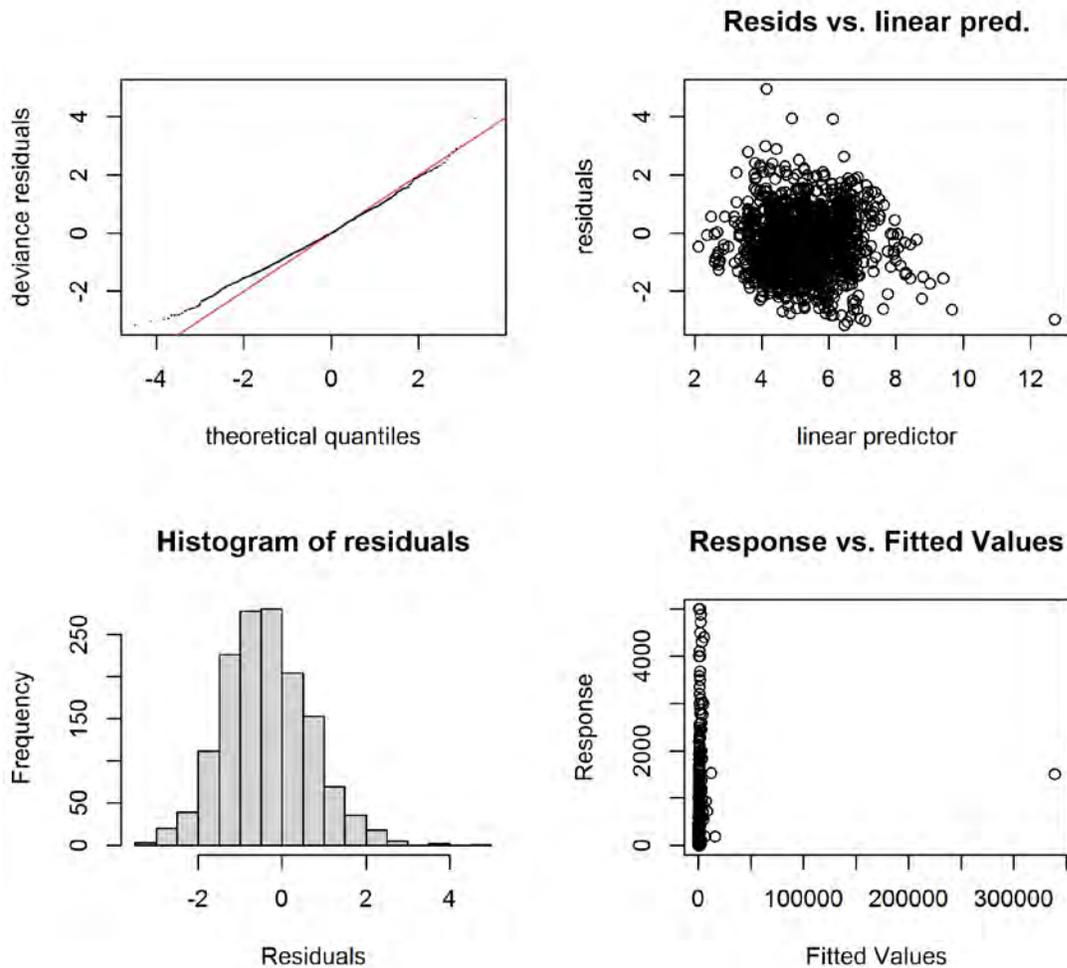
En la aplicación de RF, cuatro modelos fueron evaluados en la modelación de la captura. El primer modelo consideró los términos temporales y operacionales, luego en los siguientes tres modelos se añadió secuencialmente la variable espacial y ambiental. La varianza explicada abarcó entre 42,7% y 47,7%, mientras que el MSE abarcó entre los 224891,9 y 205275,1. El modelo RF\_3 fue seleccionado por su mejor desempeño en la predicción de la captura, por su mayor varianza explicada y menor error (**Tabla 4**).

**Tabla 4.** Resumen estadístico de la modelación de la captura de raya volantín (n=1445 registros) con modelos aditivo generalizado (GAM) y Random Forest (RF). Devianza, porcentaje de la devianza explicada; GCV, validación cruzada generalizada; MSE, media cuadrada del residuo. Zona gris corresponde al modelo seleccionado.

Modelo: familia Gama (enlace = log)	Devianza (%)	GCV
GAM_1: CAPT ~ fAÑO + FESTACION	28.9	1.695
GAM_2: CAPT ~ fAÑO + FESTACION + FARTE	31.2	1.643
GAM_3: CAPT ~ fAÑO + FESTACION + FARTE + fTIPO_BARCO	36.1	1.527
GAM_4: CAPT ~ fAÑO + FESTACION + FARTE + fTIPO_BARCO + s(DFP)	40.0	1.452
GAM_5: CAPT ~ fAÑO + FESTACION + FARTE + fTIPO_BARCO + s(DFP) + s(LAT)	41.2	1.438
GAM_6: CAPT ~ fAÑO + FESTACION + FARTE + fTIPO_BARCO + s(DFP) + s(LAT) + s(LON)	43.0	1.413
GAM_7: CAPT ~ fAÑO + FESTACION + FARTE + fTIPO_BARCO + s(DFP) + s(LAT) + s(LON) + s(anomSST2)	45.1	1.368
GAM_8: CAPT ~ fAÑO + FESTACION + FARTE + fTIPO_BARCO + s(DFP) + s(LON, LAT)	47.0	1.324
GAM_9: CAPT ~ fAÑO + FESTACION + FARTE + fTIPO_BARCO + s(DFP) + s(LON, LAT) + s(anomSST2)	49.0	1.297
GAM_10: CAPT ~ fAÑO + FESTACION + FARTE + fTIPO_BARCO + s(DFP) + fZONA	40.5	1.442
GAM_11: CAPT ~ fAÑO + FESTACION + FARTE + fTIPO_BARCO + s(DFP) + fZONA + s(anomSST2)	42.8	1.403

Modelo	Varianza (%)	MSE
RF_1: CAPT ~ fAÑO + FESTACION + FARTE + fTIPO_BARCO + DFP	42.7	224892
RF_2: CAPT ~ fAÑO + FESTACION + FARTE + fTIPO_BARCO + DFP + LON + LAT	46.9	208355
RF_3: CAPT ~ fAÑO + FESTACION + FARTE + fTIPO_BARCO + DFP + LON + LAT + anomSST2	47.7	205275
RF_4: CAPT ~ fAÑO + FESTACION + FARTE + fTIPO_BARCO + DFP + ZONA + anomSST2	45.7	212993

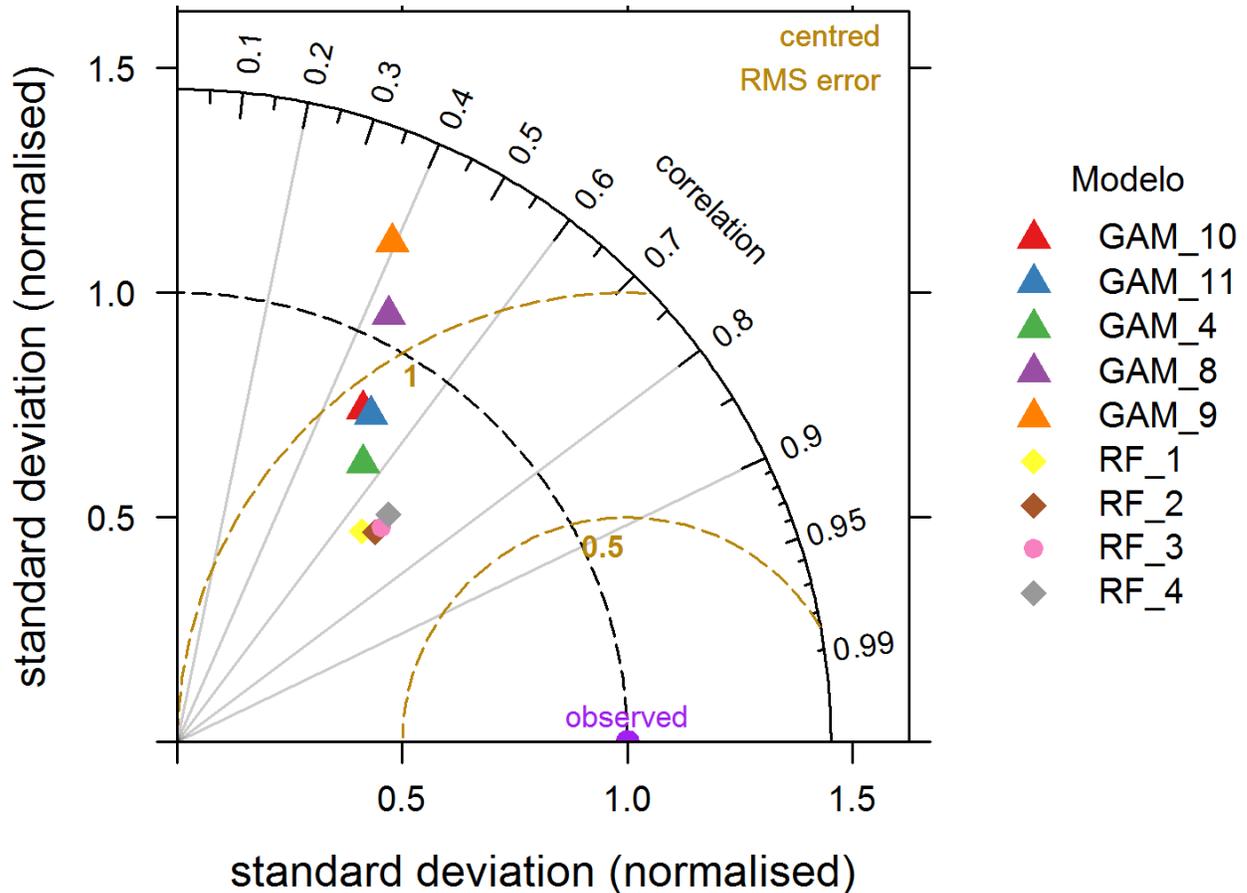


**Figura 53.** Diagnóstico de normalidad y homocedasticidad de los residuos de la captura de raya volantín modelada con GAM\_9.

El diagrama de Taylor permitió comparar la precisión de los modelos GAM y RF. En este caso se seleccionaron cinco modelos GAM los que fueron GAM\_4 que incluye sólo predictores temporales y operacionales; GAM\_8 con los mismos predictores anteriores más la interacción de la variable espacial latitud y longitud; GAM\_9 se le añadió el término ambiental. El GAM\_10 y GAM\_11 son similares a GAM\_8 y GAM\_9, pero la variable espacial fue reemplazada por la zona como término categórico.

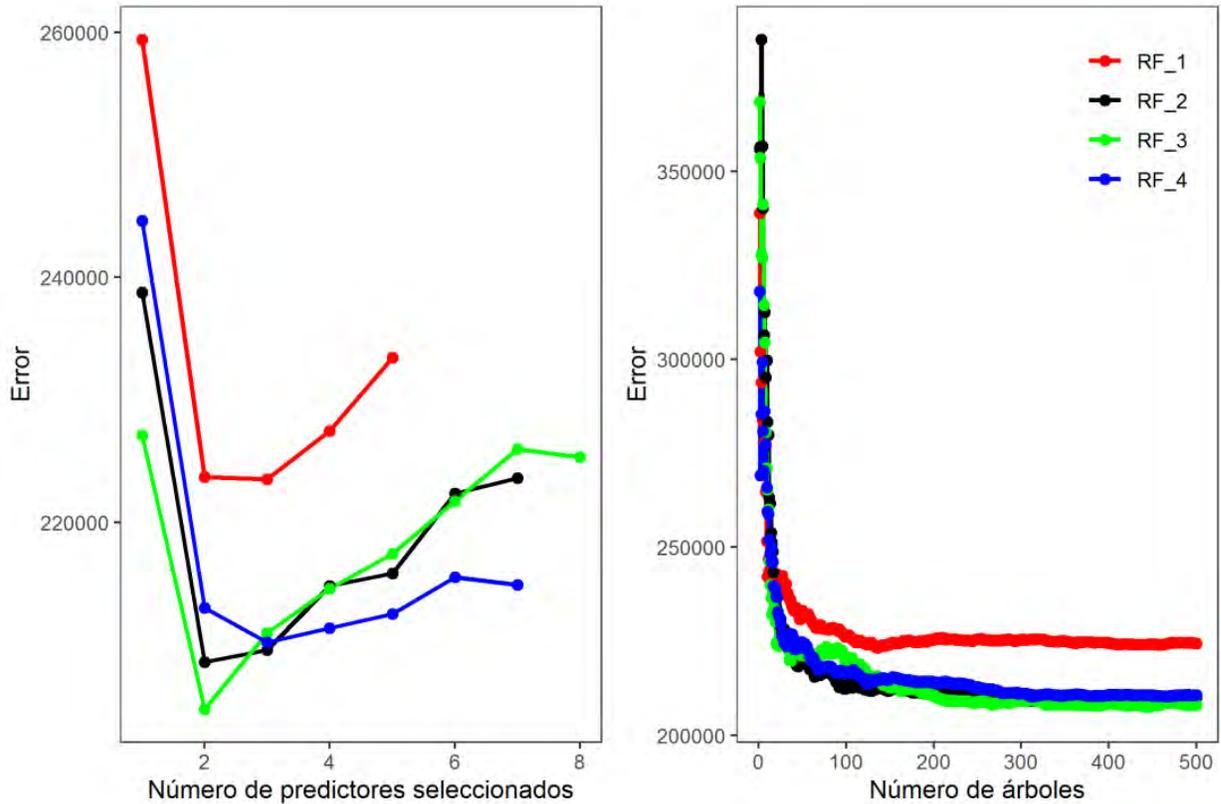
Las correlaciones entre la captura observada y estimada de los cinco modelos GAM se ubicaron entre los 0,3 y 0,6, con valores de MSE entre los 0,8 y 1,2. Mientras que la precisión

de los cuatro modelos RF fue mayor en comparación a los GAMs, donde la correlación de cada uno se ubicó en los 0,65 y con MSE inferior a los 0,8, resultando con mejor desempeño el modelo RF\_3 (**Figura 54**).



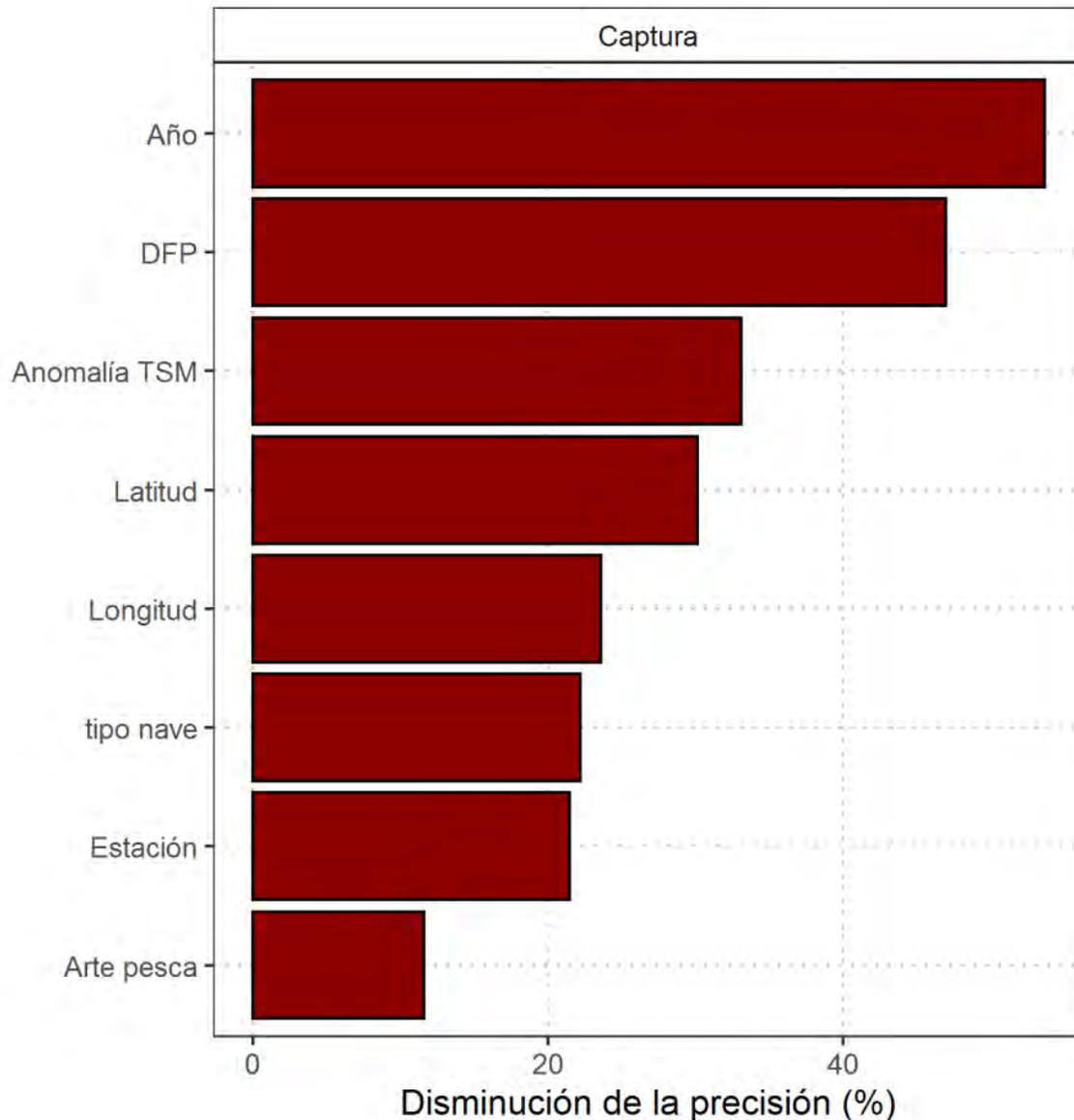
**Figura 54.** Comparación con diagrama de Taylor de la precisión entre modelos GAM y RF en la estimación de la captura de raya volantín.

La **Figura 55** reveló la evolución del error OOB para determinar el número de predictores y tamaño del bosque para cada modelo RF. Un error OOB mínimo es alcanzado cuando se selecciona al azar dos variables predictoras para la raíz y cada nodo del árbol en todos los modelos, excepto el RF\_4 que su árbol resulta estable al seleccionar tres predictores, Además, este error se estabiliza con un bosque al menos con 300 árboles en los cuatro modelos (**Figura 55**).



**Figura 55.** Variación del error de OOB con el número de predictores seleccionados aleatoriamente y árboles construidos en la modelación de la captura de raya volantín.

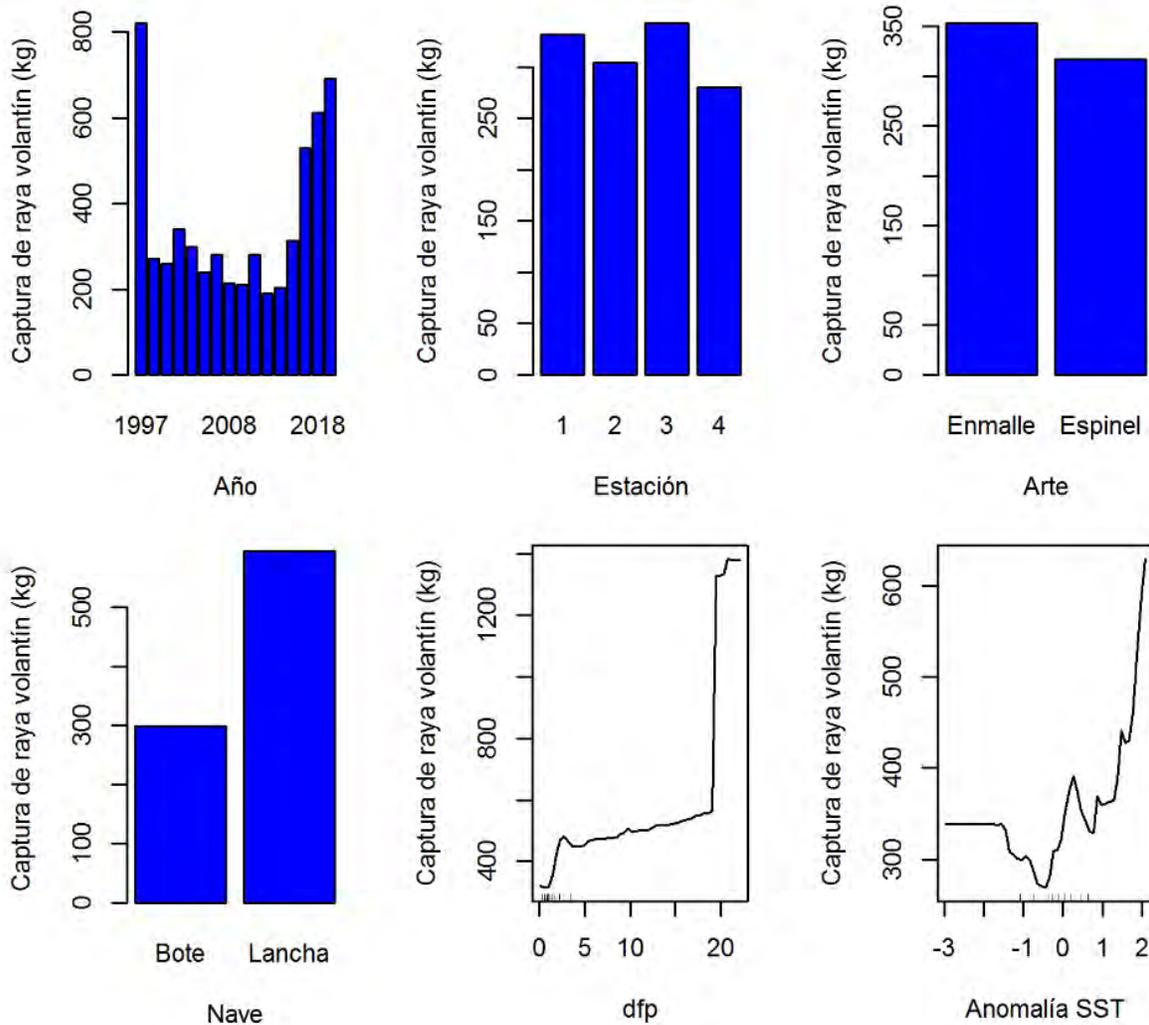
El modelo RF\_3 tuvo una media residual de 205275,1 y explicó el 47,7% de la variación de la captura. El año y DFP fueron los predictores más importantes para este modelo, dado que al excluir cualquiera de estos, el modelo pierde más del 40% de precisión (**Figura 56**). Los siguientes predictores por orden de importancia fueron la anomalía de TSM y la latitud (>30%). El arte de pesca tuvo menor influencia sobre la predicción de las capturas (<20%).



**Figura 56.** Importancia de los predictores seleccionados en la modelación de la captura de raya volantín.

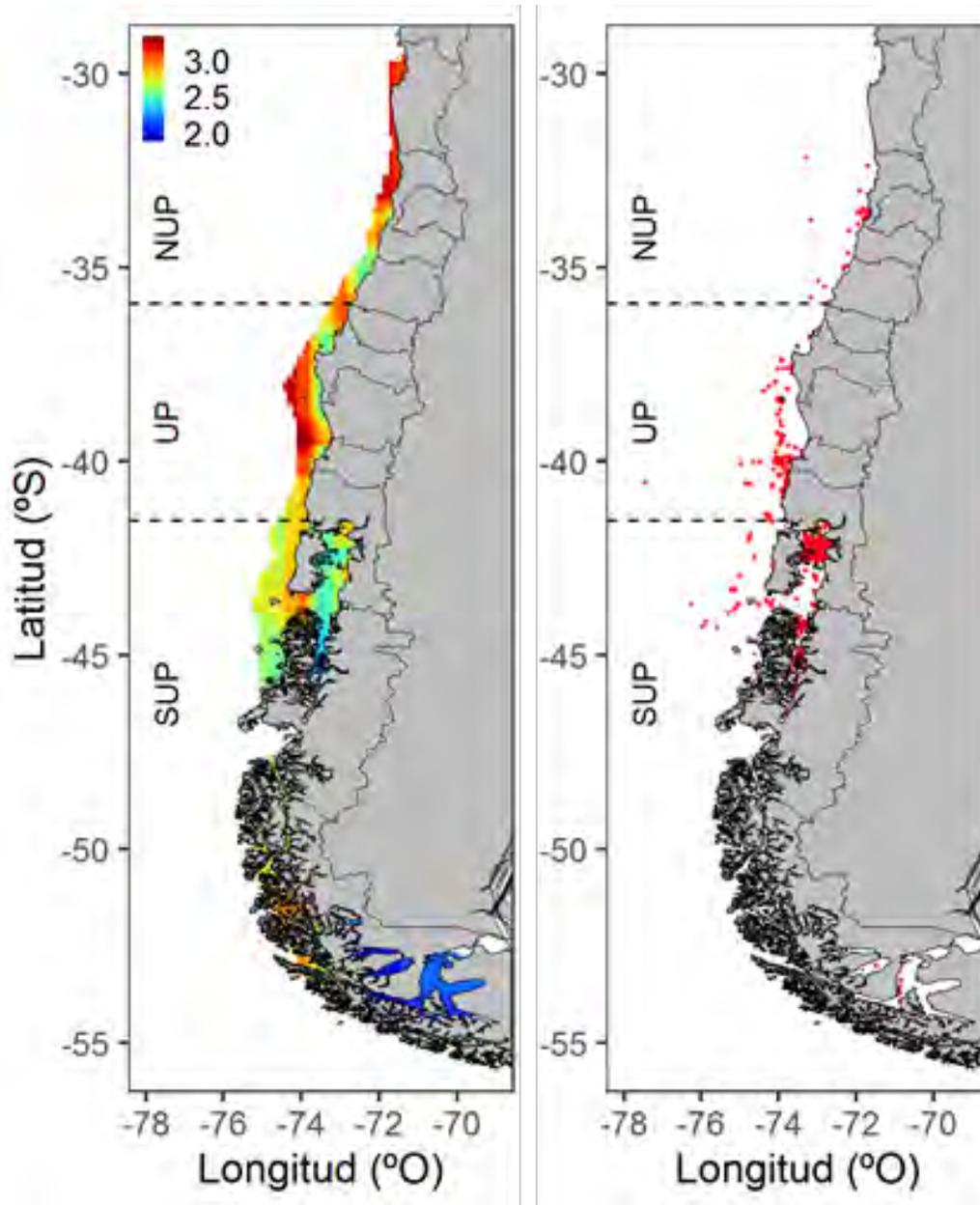
La dependencia parcial mostró que las mayores capturas de raya volantín se concentraron en 1997 y posterior a 2014, mientras que en los restantes años los niveles resultaron bajos y estables (**Figura 57**). En término estacional, las capturas en verano e invierno fueron ligeramente mayores. Además, el modelo indicó que los pescadores artesanales que operaron con red de enmalle y en lancha obtuvieron mayores capturas del recurso. Esta variable mostró una relación no-lineal con el esfuerzo, incrementando significativamente su nivel cuando la marea de la flota superó los 5 DFP (**Figura 57**). La anomalía de TSM también

reveló una asociación no lineal con la captura, indicando un aumento de la extracción del recurso durante condiciones más cálidas (anomalía > 0.5, **Figura 58**).



**Figura 57.** Variación de la captura de raya volador modelada con Random Forest (RF\_3).

El mapa de la captura estimada con el modelo RF\_3 reveló tres focos principales, una en la zona NUP (Región de Valparaíso) y dos focos en la zona UP entre la Región de Ñuble y Los Ríos. Mientras que en la zona SUP, los mayores valores se concentraron en aguas exteriores e interiores de la Región de Los Lagos (**Figura 58**).



**Figura 58.** Variación espacial de la captura modelada con Random Forest, RF\_3 (izquierda) y ubicación de los lances con pesca de raya volantín (derecha).

### Modelación de la CPUE (kg/dfp) de raya volantín

Para modelar la CPUE con GAM, en el desarrollo y combinación de los predictores se consideró el mismo criterio usado en la modelación de la captura, la cual obtuvo 10 modelos. La devianza explicada abarcó entre los 31,4% y 45,0%, mientras que los valores de GCV abarcaron entre 1,152 y 1,720 (**Tabla 5**). El GAM\_8 fue seleccionado por su valor mínimo

de GCV, mayor devianza explicada y validación del supuesto de normalidad y homocedasticidad de los residuos (ver **Figura 59**).

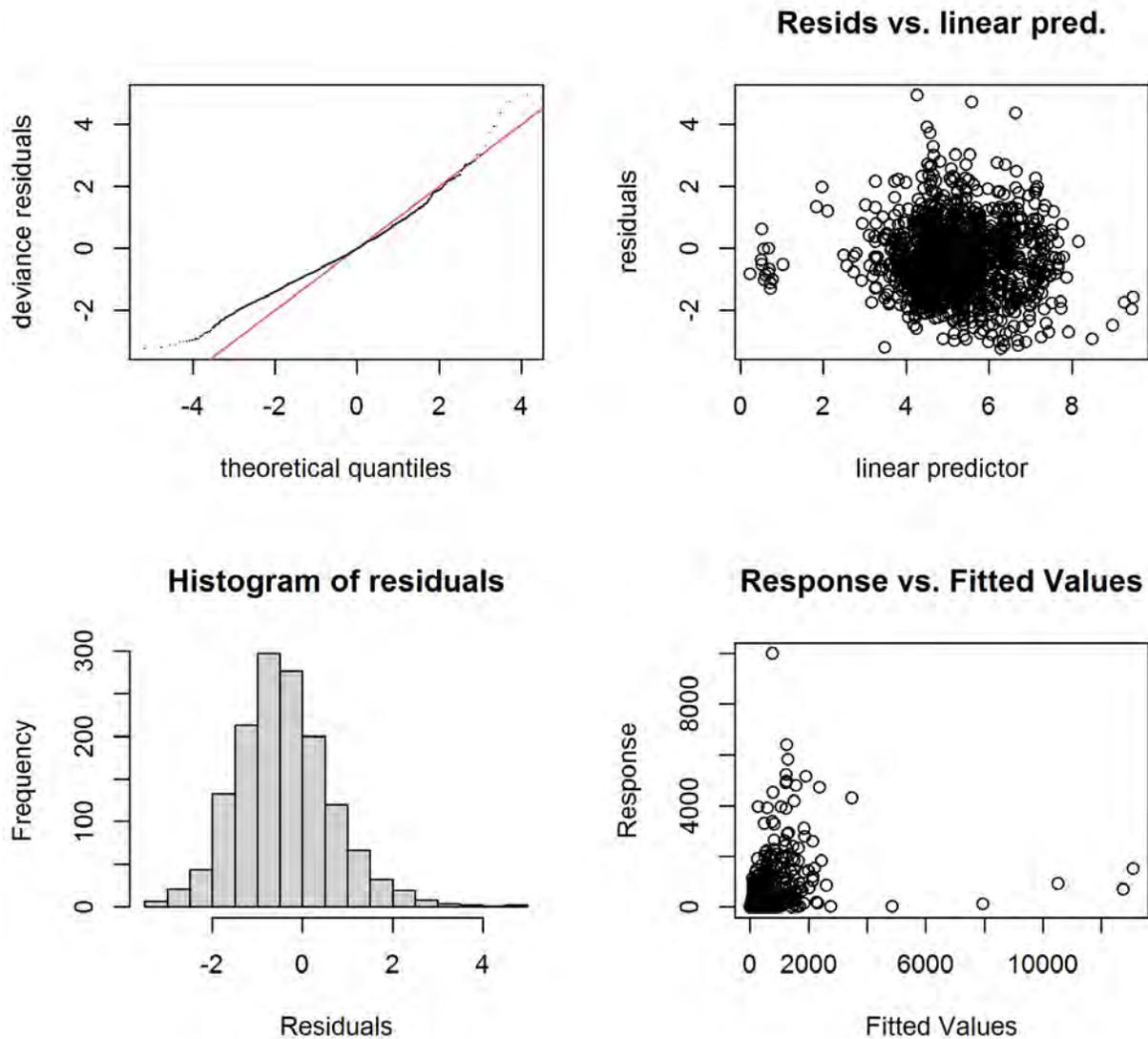
En la modelación de la CPUE con RF, la varianza explicada abarcó entre 24,6% y 29,1%, mientras que el MSE abarcó entre los 327860.2 y 348536.1. El modelo RF\_3 fue seleccionado por su mejor desempeño en la predicción de la captura, por su mayor varianza explicada y menor error (**Tabla 5**).

**Tabla 5.** Resumen estadístico de la modelación de la CPUE de raya volantín (n=1445 registros) con modelos aditivo generalizado (GAM) y Random Forest (RF). Devianza, porcentaje de la devianza explicada; GCV, validación cruzada generalizada; MSE, media cuadrada del residuo. Zona gris corresponde al modelo seleccionado.

Modelo: familia Gama (enlace = log)	Devianza (%)	GCV
GAM_1: CPUE_DFP ~ fAÑO + fESTACION	0.31	1.719
GAM_2: CPUE_DFP ~ fAÑO + fESTACION + fARTE	0.31	1.720
GAM_3: CPUE_DFP ~ fAÑO + fESTACION + fARTE + fTIPO_BARCO	0.32	1.716
GAM_4: CPUE_DFP ~ fAÑO + fESTACION + fARTE + fTIPO_BARCO + s(LAT)	0.36	1.635
GAM_5: CPUE_DFP ~ fAÑO + fESTACION + fARTE + fTIPO_BARCO + s(LAT) + s(LON)	0.38	1.604
GAM_6: CPUE_DFP ~ fAÑO + fESTACION + fARTE + fTIPO_BARCO + s(LAT) + s(LON) + s(anomSST2)	0.40	1.555
GAM_7: CPUE_DFP ~ fAÑO + fESTACION + fARTE + fTIPO_BARCO + s(LON, LAT)	0.43	1.500
GAM_8: CPUE_DFP ~ fAÑO + fESTACION + fARTE + fTIPO_BARCO + s(LON, LAT) + s(anomSST2)	0.45	1.452
GAM_9: CPUE_DFP ~ fAÑO + fESTACION + fARTE + fTIPO_BARCO + fZONA	0.33	1.681
GAM_10: CPUE_DFP ~ fAÑO + fESTACION + fARTE + fTIPO_BARCO + fZONA + s(anomSST2)	0.35	1.642

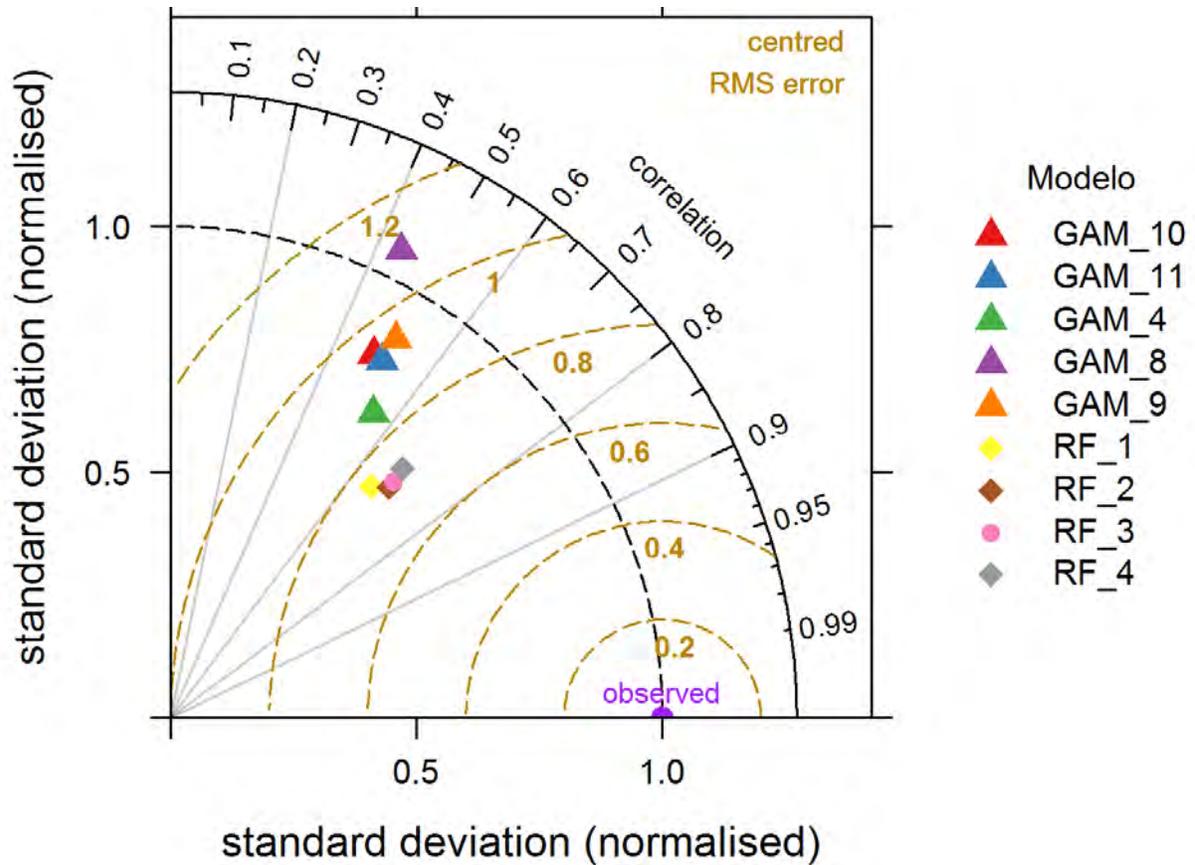
  

Modelo	Varianza (%)	MSE
RF_1: CPUE_DFP ~ fAÑO + fESTACION + fARTE + fTIPO_BARCO	24.6	348536
RF_2: CPUE_DFP ~ fAÑO + fESTACION + fARTE + fTIPO_BARCO + LON + LAT	28.4	330799
RF_3: CPUE_DFP ~ fAÑO + fESTACION + fARTE + fTIPO_BARCO + LON + LAT + anomSST2	29.1	327860
RF_4: CPUE_DFP ~ fAÑO + fESTACION + fARTE + fTIPO_BARCO + ZONA + anomSST2	28.1	332455



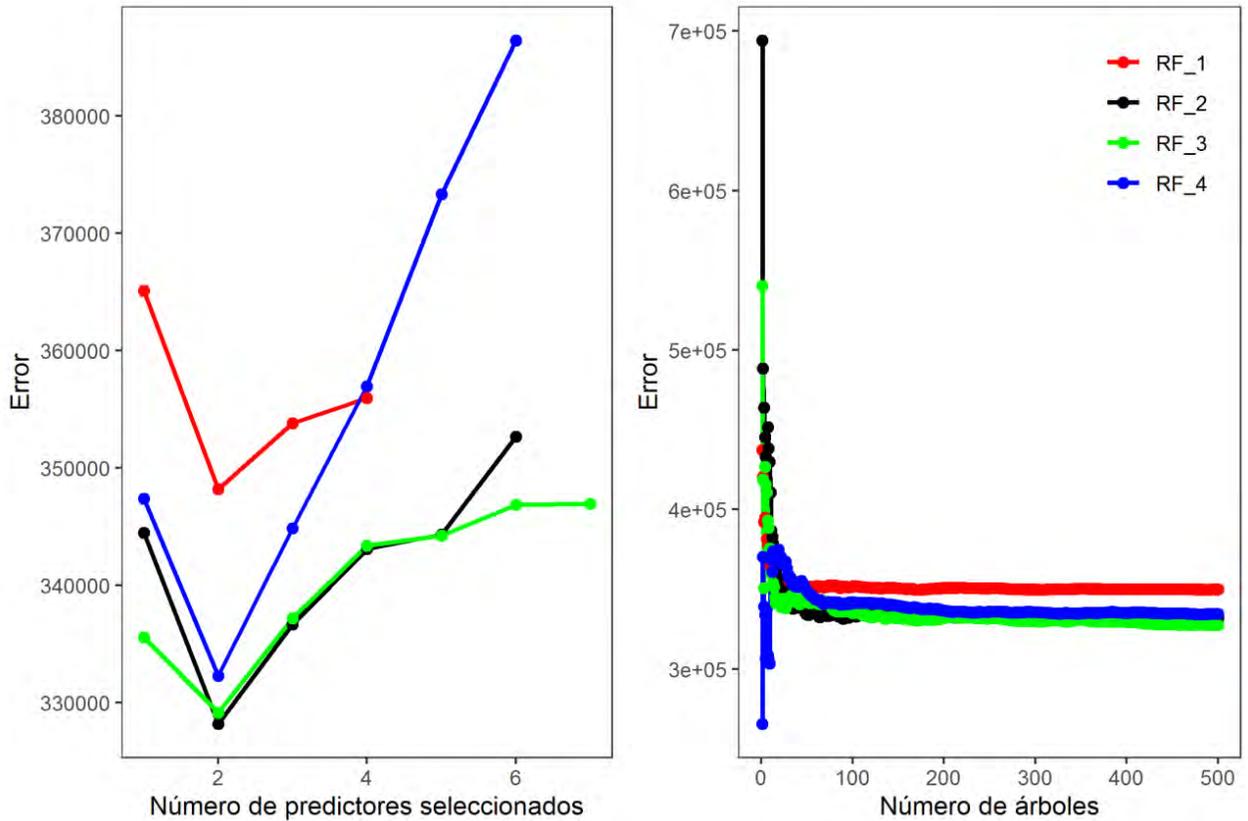
**Figura 59.** Diagnóstico de normalidad y homocedasticidad de los residuos de la CPUE de raya volantín modelada con GAM\_8.

La selección de cinco modelos GAM (GAM\_4 y GAM\_8-10) para el diagrama de Taylor está basada por los componentes predictores ya explicado en la sección anterior. Las correlaciones de los modelos GAM se ubicaron entre los 0,4 y 0,6, con valores de MSE entre los 0,8 y 1,2 (**Figura 60**). Los cuatros modelos RF se desempeñaron mejor que los GAMs, con valores de correlación y MSE próximo a 0,65 y 0,7, respectivamente (**Figura 60**). El modelo RF3 fue seleccionado para identificar factores influyentes en la CPUE de raya volantín.



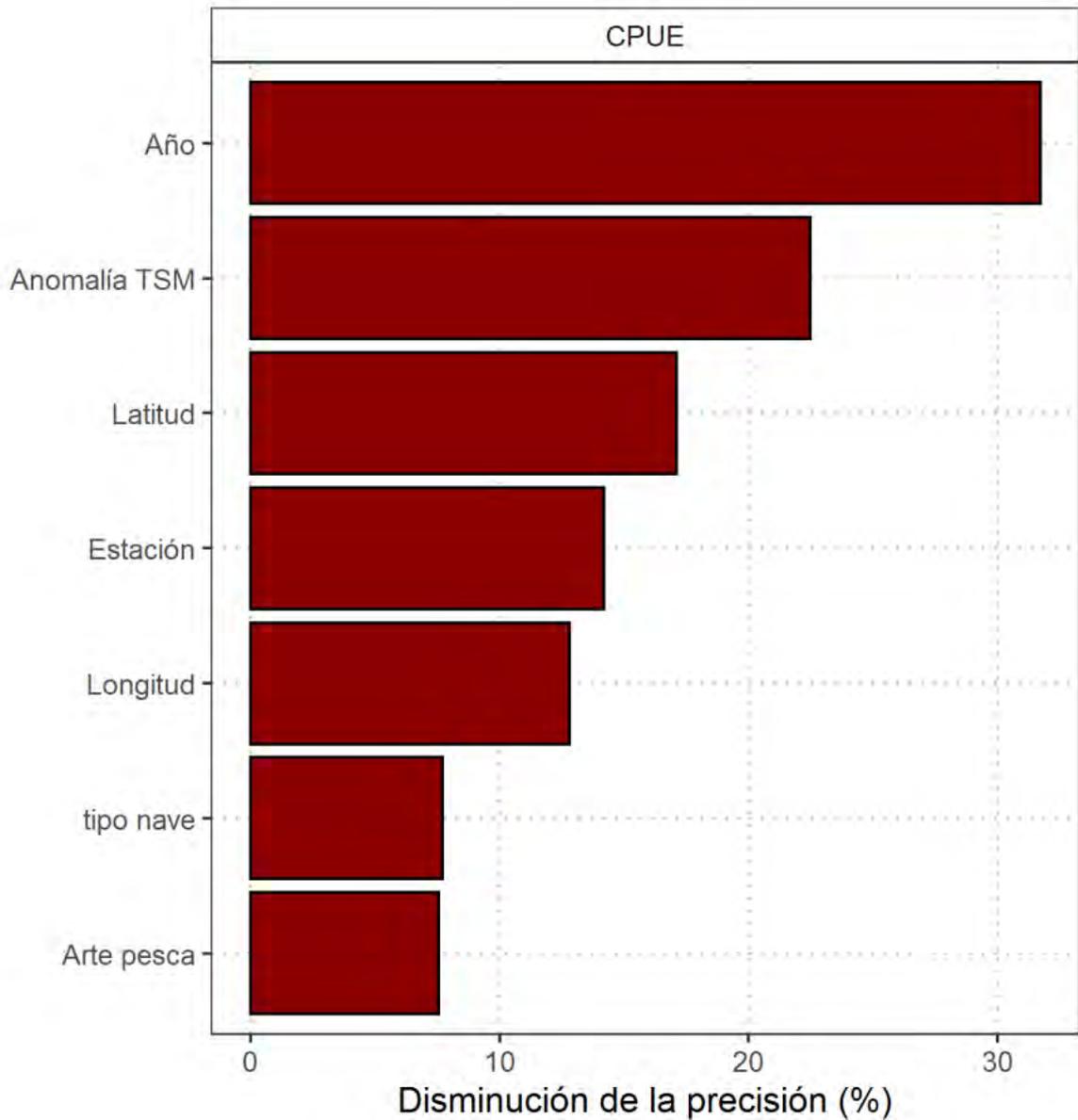
**Figura 60.** Comparación con diagrama de Taylor de la precisión entre modelos GAM y RF en la estimación de la CPUE de raya volantín.

En los cuatro modelos se observó que la evolución del error OOB para determinar el número de predictores y tamaño del bosque alcanzó su valor mínimo al seleccionar aleatoriamente dos variables predictoras y se estabiliza cuando el tamaño del bosque alcanzó los 200 árboles (**Figura 61**).



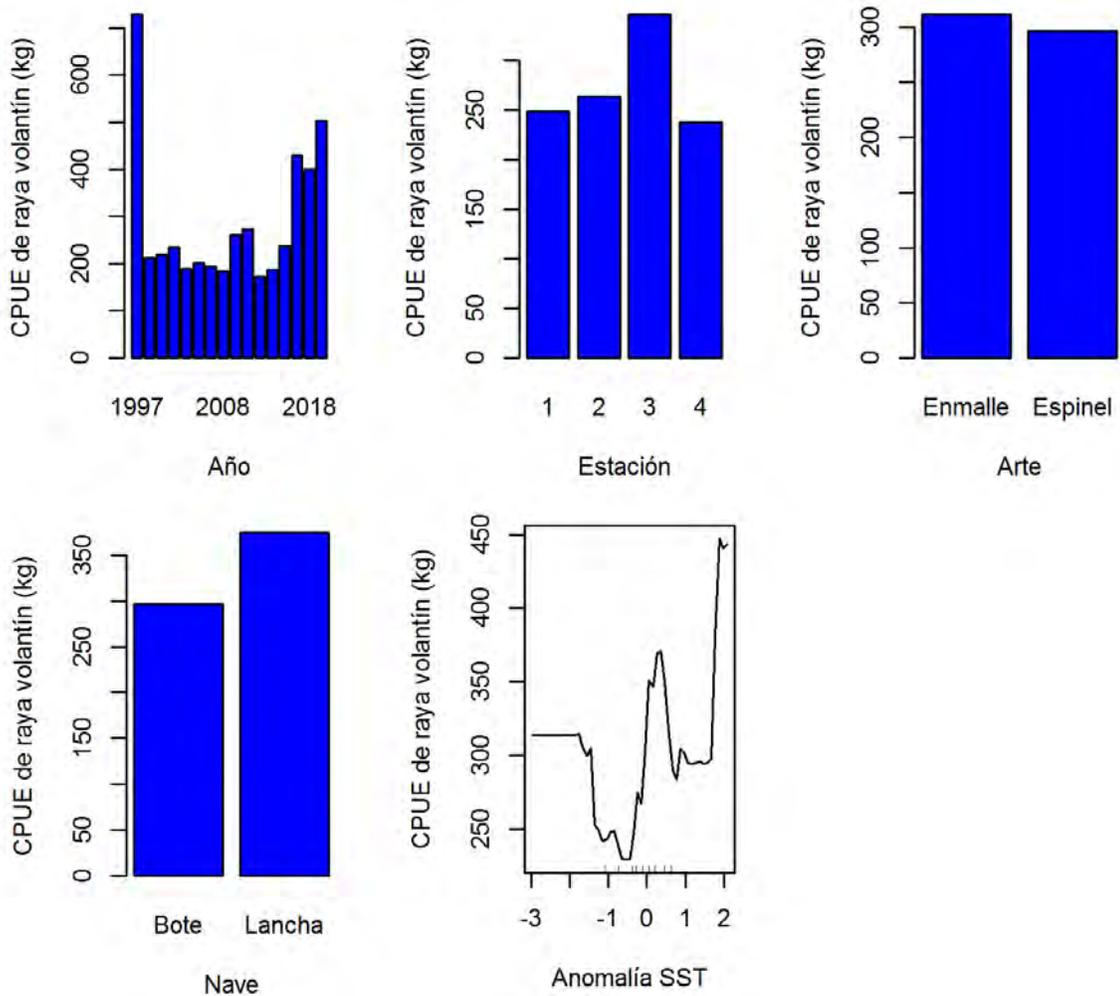
**Figura 61.** Variación del error de OOB con el número de predictores seleccionados aleatoriamente y árboles construidos en la modelación de la CPUE de raya volantín.

El modelo RF\_3 tuvo una media residual de 327860,2 y explicó el 29,1% de la variación de la CPUE. El año fue el predictor más influyente para este modelo, dado que, al excluirlo, el modelo pierde más del 30% de precisión (**Figura 62**). La anomalía de TSM fue la segunda variable de importancia, dado que la precisión del modelo disminuye más del 20% si se excluye ese predictor. El arte de pesca tuvo menor influencia sobre la CPUE (<10%, **Figura 62**).



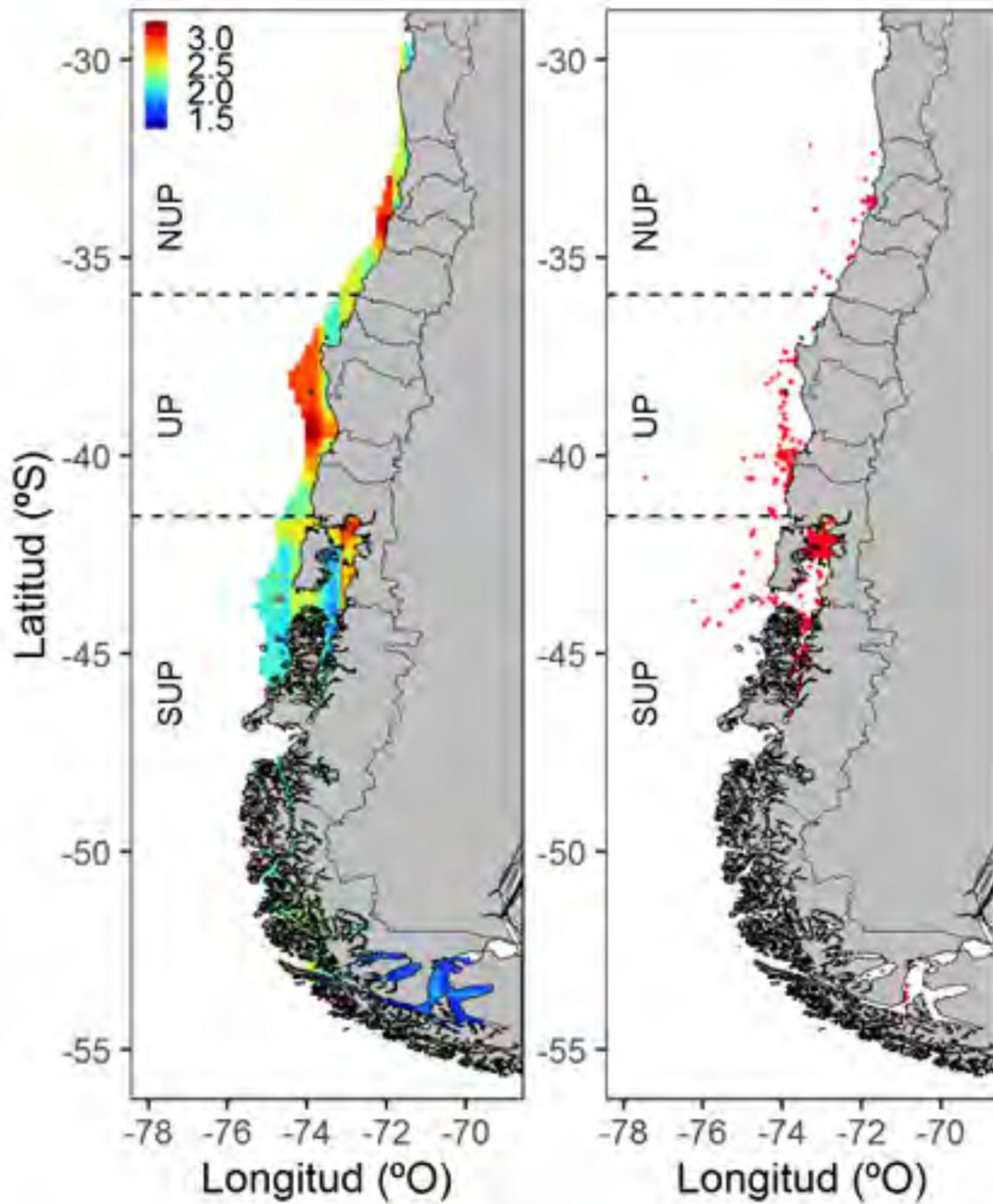
**Figura 62.** Importancia de los predictores seleccionados en la modelación de la CPUE de raya volantín.

La tendencia interanual de la CPUE fue similar a la captura de raya volantín, con valores altos en 1997 y posterior a 2014 (**Figura 63**). Los mayores rendimientos se estimaron en primavera, resultando estables en las restantes estaciones. Cuando los pescadores operaron con red de enmalle y en lancha obtuvieron mayores CPUE del recurso (**Figura 63**). Además, los valores de este indicador incrementaron significativamente cuando el recurso fue capturado durante condiciones más cálidas (anomalía > 0.5).



**Figura 63.** Variación de la CPUE de raya volantín modelada con Random Forest (RF\_3).

Finalmente, el mapa de la CPUE estimada por RF\_3 reveló tres focos, uno en la zona NUP (Región de Valparaíso), otro en la zona UP entre la Región del Biobío y Los Ríos, y en aguas interiores de la Región de Los Lagos de la zona SUP (**Figura 64**).



**Figura 64.** Variación espacial de la CPUE modelada con Random Forest, RF\_3 (izquierda) y ubicación de los lanzes con pesca de raya volantín (derecha)

#### **4.2.2. Encuestas.**

Operativamente, estas encuestas fueron tomadas individualmente por un equipo científico-técnico de CAPES-UC, en cuatro regiones (VII, VIII, IX y XIV) de la Macrozona Norte y tres regiones (X, XI y XII) de la Macrozona Sur, a la mayor cantidad de actores relevantes posibles de la pesquería de rayas, en este caso pescadores artesanales.

A través de un piloto, realizado en la V región, se procedió a realizar un proceso de depuración, donde se le permitió a los entrevistados expresar palabras, conceptos o cifras por ellos mismos y se desarrolló una conversación libre en cierta medida, pero conducida hacia una dirección por la estructura de la encuesta. Con este piloto se realizaron correcciones en cuanto a conceptos, lenguaje, extensión de la encuesta y análisis de la información.

Con objeto de recopilar información cualitativa sobre los factores que afectan las tasas de captura en la pesquería artesanal de rayas, parte del grupo de trabajo centró los esfuerzos para incorporar en una encuesta dirigida los siguientes seis temas relevantes:

- 1. Preguntas de caracterización de entrevistado y la pesquería de Rayas en Chile**
- 2. Actividades y factores que conducen cambios en las operaciones de pesca de la raya.**
- 3. Factores que afectan los rendimientos de capturas en ambas especies de rayas**
- 4. Consulta sobre el reporte de capturas ante diferentes hitos de la pesquería de raya.**
- 5. Características socioeconómicas de los usuarios envueltos en las operaciones de pesca**

#### **Preguntas de control con fines de validación de entrevistado**

Para responder el primer tema sobre la *“Caracterización del entrevistado y la pesquería de Rayas”*, se utilizaron preguntas directas, donde se les consultó a los entrevistados el tiempo que lleva en la pesca, tipo de embarcación, tipo de arte de pesca que utiliza y de su configuración. Estas preguntas se realizaron de manera abierta de modo que el entrevistado se sintiera en libertad de indicar con seguridad y bajo su percepción y contexto las variables consultadas.

Se agregaron algunas preguntas abiertas con el fin de recoger la opinión de los pescadores respecto a aspectos operacionales como la carnada y su evolución temporal, específicamente cómo era hace 5 años, cuál es la carnada actual y cómo piensan que será la carnada en los próximos 5 años. También se hizo una comparación de aspectos de pesca como cantidad de viajes y su tiempo, profundidad de arte de pesca y cómo era su reposo antes y después de la veda biológica de estas especies.

Por otro lado, para el segundo tema *“Actividades y factores que conducen cambios en las operaciones de pesca de la raya.”*, se utilizó la escala Likert del 1 al 7 para saber qué tan definidos son los caladeros de pesca y qué tan asociado está la pesquería de rayas en la captura de otras especies objetivo. Adicionalmente, se agregaron preguntas porcentuales de 0 a 100% para saber cuánto está asociado a la captura de congrio dorado y sobre el porcentaje de identificación entre ambas especies de raya antes de los años 90' y en la actualidad.

También en esta sección se consultó mediante escala Likert del 1 al 7 que tan comunes son algunas prácticas, tal como, irregularidades en la declaración de datos, pesca en lugares sin autorización, variaciones de precios que no hacen rentable la captura de estas especies y la interacción de otras flotas en los lugares de pesca.

Con respecto al tercer tema, *“Factores que afectan los rendimientos de capturas en ambas especies de rayas”*, a través de preguntas de escala Likert del 1 al 7, se preguntó en primer lugar qué tanto reflejan en la realidad las estadísticas oficiales de pesca para estas especies de rayas; y en segundo lugar se les preguntó sobre la incidencia de factores que podrían afectar la captura de ambas rayas, como la utilización de diferentes artes de pesca, su

profundidad, la estacionalidad de pesca, la influencia de otras zonas geográficas, la hora del día en que se pesca, el tipo de carnada, la configuración del arte de pesca y la pesca ilegal.

En relación con el penúltimo tema, “*Consulta sobre el reporte de capturas ante diferentes hitos de la pesquería de la raya*”, nuevamente y mediante la escala Likert del 1 al 7, se les preguntó cómo se han declarado estas capturas en tres etapas de la historia de la pesquería de las rayas. El objetivo de estas preguntas es identificar si en estas etapas hubo, épocas de sub-reporte o sobre-reporte de la captura de la raya espinosa y la raya volantín.

Finalmente, y con respecto al último tema, “*Preguntas de control con fines de validación del entrevistado*”, a través de preguntas orientadas y escalas de actitud se buscó que el encuestador definiera la seriedad con la que respondió el encuestado, su atención sobre la encuesta y posibles factores que pudiesen haber alterado la respuesta del encuestado, como la presencia de más personas durante la encuesta, etc. Cabe hacer notar que esta encuesta tuvo la aprobación ética del Centro de Ecología Aplicada y Sustentabilidad (CAPES).

A continuación, la encuesta finalmente aplicada en la pesquería de rayas.

FOLIO (N° ENCUESTA)			 <p><b>Centro UC</b> CAPES - Center of Applied Ecology &amp; Sustainability</p>
ESTADO <input type="checkbox"/> Completa 2) <input type="checkbox"/> Incompleta 3) <input type="checkbox"/> Nula [Llenado por Supervisor]			
ENCUESTADOR (Nombre)	DIGITADOR		
FECHA(DD/MM/AAAA)	HORA INICIO	HORA TERMINO	
LUGAR DE ENCUESTAJE (SECTOR DE APLICACION)			

## ENCUESTA INDICES ABUNDANCIA PESQUERIA RAYA VOLANTIN Y RAYA ESPINOSA

SECCIÓN A. PRESENTACION DE LA ENCUESTA Y PREGUNTAS DE CARACTERIZACION DEL ENTREVISTADO																			
<p>Hola, mi nombre es _____ y estoy aplicando una encuesta de la <b>Pontificia Universidad Católica de Chile, del Centro de Ecología Aplicada y Sustentabilidad (CAPES)</b>. Mediante esta encuesta se busca investigar la recopilación de variables que permitan desarrollar índices de abundancia relativa para la raya volantín y raya espinosa. Es importante que sepa que no hay respuestas correctas o incorrectas, simplemente deseamos obtener su honesta opinión. <b>[Selección del Entrevistado: La persona puede ser cualquier actor involucrado en el proceso de captura de la raya volantín y raya espinosa y debe disponer de aprox. 30 minutos]</b></p> <p>A-1 ¿Hace cuántos años lleva siendo pescador? _____</p> <p>A-2. ¿Usted actualmente pesca Rayas en la actualidad? <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO A-2 b)Hace cuánto que se encuentra involucrado en la pesquería de raya volantín y/o raya espinosa? _____ (años/meses)</p> <p>A-3. ¿Cuál es la principal caleta o puerto de desembarque en que usted trabaja? _____</p> <p>A-4. ¿Cuántas generaciones de su familia, anteriores a usted, se han dedicado al sector pesquero? _____</p> <p>A-5. ¿En qué región/es de Chile se concentra las capturas (desembarques) de estas especies? _____</p> <p>A-6. Pregunta abierta: indique las 3 primeras palabras que le vengan a la mente al escuchar sobre las pesquerías de raya volantín y/o raya espinosa (gestión, historia de la pesquería, eventos relevantes...) <b>[Por favor identifique 3 palabras clave]</b></p> <table border="1" style="width: 100%; height: 20px;"> <tr> <td style="width: 33%;"></td> <td style="width: 33%;"></td> <td style="width: 33%;"></td> </tr> </table>				<p>A-7 b) Indique tamaño y potencia de su embarcación: _____</p> <p>A-7 c) ¿Cuántas embarcaciones trabajan en la extracción de estas especies? _____</p> <p>A-8. ¿Qué tipo de arte de pesca utiliza en la pesca de la raya? 1. <input type="checkbox"/> Red de Enmalle 2. <input type="checkbox"/> Espinel 3. <input type="checkbox"/> Palangre 4. <input type="checkbox"/> Ambos</p> <p>A-8 a) En el caso de que utilice Red de enmalle, indique: -Dimensión de red: _____ -Número de paños: _____ -Tamaño de la malla: _____</p> <p>A-8 b) En el caso de que utilice espinel, indique: -Tipo de espinel (vertical o horizontal): _____ -Longitud de la Línea Madre: _____ -Número y tamaño de anzuelos: _____ -Tipo de Carnada: _____</p> <p>A-9. ¿Qué carnada (o número de Paños) utiliza para la pesca de rayas? Hace 5 años Actualmente Próximos 5 años (idea o estimación)</p> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>Hace 5 años</th> <th>Actualmente</th> <th>Próximo 5 años (estimación)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> <td style="height: 20px;"></td> </tr> </tbody> </table> <p>A-10. Con respecto a la veda biológica de Rayas del 2014, ¿qué ha cambiado antes y después en relación a los siguientes aspectos?</p> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>Aspectos</th> <th>Antes</th> <th>Después</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Cantidad de viajes que realiza por mes.</td> <td style="width: 50px;"></td> <td style="width: 50px;"></td> </tr> <tr> <td>Cantidad de días y horas en un viaje de pesca.</td> <td style="width: 50px;"></td> <td style="width: 50px;"></td> </tr> </tbody> </table>	Hace 5 años	Actualmente	Próximo 5 años (estimación)				Aspectos	Antes	Después	Cantidad de viajes que realiza por mes.			Cantidad de días y horas en un viaje de pesca.		
Hace 5 años	Actualmente	Próximo 5 años (estimación)																	
Aspectos	Antes	Después																	
Cantidad de viajes que realiza por mes.																			
Cantidad de días y horas en un viaje de pesca.																			

A-7. ¿En qué tipo de embarcaciones trabajó o trabajan en la extracción de rayas? 1. <input type="checkbox"/> Lancha 2. <input type="checkbox"/> Bote 3. <input type="checkbox"/> Ambos	Profundidad que opera el arte de pesca.		
	Cantidad de horas de reposo que opera el arte de pesca.		

**SECCIÓN B. ACTIVIDADES QUE CONDUCEN A CAMBIOS EN LAS OPERACIONES DE PESCA DE LA RAYA.**

B-1 a) ¿Cree que existen caladeros de pesca definidos para raya en las regiones donde opera? [En una escala del 1-7 donde 1 es "no existen en absoluto" y 7 es "existen definitivamente"]

	1	2	3	4	5	6	7
<b>Raya Volantín</b>							
<b>Raya Espinos</b>							

B-1 b) ¿Puede explicar su respuesta? (Por qué cree que existen/no existen caladeros definidos):

b) ¿Está asociada la operación de pesca de raya a la captura de otras especies objetivo que si pudieran ser las que definen potenciales caladeros de pesca?

B-1 b) ¿Puede explicar su respuesta? (¿Cuáles otras especies

y por qué?

	1	2	3	4	5	6	7
<b>Otras especies objetivo</b>							

B-2 ¿En qué porcentaje está asociada la captura de la pesca de raya volantín y/o espinosa con la pesquería de congrio dorado, merluza del sur u otra?

	10 %	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %	80 %	90 %	100 %
<b>Raya Volantín</b>										
<b>Raya espinosa</b>										

B-3 a) Antes de los años 90's ¿Qué porcentaje de captura identificaría que era de Raya Volantín y de Raya Espinosa en un año promedio?

	10 %	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %	80 %	90 %	100 %
<b>Raya Volantín</b>										
<b>Raya espinosa</b>										

b) ¿y en este momento?

	10 %	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %	80 %	90 %	100 %
<b>Raya Volantín</b>										
<b>Raya espinosa</b>										

B-4) ¿Qué tan comunes son las prácticas por las cuales las áreas de pesca o caladeros se ven alteradas o pueden resultar no ser bien definidos? [Indicar en una escala del 1 al 7 que tan comunes son estas prácticas, donde 1 corresponde a "poco común" y 7 a "muy común".

Práctica	Raya Volantín							Raya Espinosa						
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
Irregularidades en la declaración artesanal. (No-reporte, alteración de los DA, desembarques nocturnos, traspaso de pesca en el mar, etc.)														
Pesca en zonas/regiones sin autorización de pesca.														
Variaciones en los precios que no hacen rentable la <b>captura de raya</b>														
Interacción en la operación de otras flotas en los caladeros <b>de raya</b>														
El efecto de la veda biológica impuesta desde el año 2014														
Otras (señalar): _____														

**SECCIÓN C. FACTORES QUE AFECTAN LOS RENDIMIENTOS DE CAPTURAS EN AMBAS ESPECIES DE RAYAS.**

C-1 a) ¿Puede mencionar eventos en la historia donde la pesca de estas especies haya disminuido o aumentado? **[anotar, junto con la fecha, si es que disminuyó o aumentó]**

C-1 b) ¿Cuál fue la razón que causó este aumento/disminución de las pesquerías (causado por el hombre / causas naturales)?

C-2 a) ¿Puede mencionar los factores que cree que influyen en el rendimiento de captura de Rayas? **[anotar, junto con la fecha, si es que disminuyó o aumentó]**

C-2 b) ¿Antes del 2004 estos factores afectan a la Raya Volantín? SI NO C-2 c) ¿y para la Raya Espinosa? SI NO

C-2 d) ¿En qué porcentaje está asociada estos factores para ambas rayas?

	10 %	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %	80 %	90 %	100 %
<b>Raya Volantín</b>										
<b>Raya espinosa</b>										

C-3 a) ¿qué tanto cree que reflejan las capturas reales las estadísticas oficiales de pesca? **[En una escala del 1-7 donde 1 es "no reflejan la realidad en absoluto" y 7 es "la reflejan completamente"]**

	1	2	3	4	5	6	7
<b>Raya Volantín</b>							
<b>Raya Espinos</b>							

C-3 b) ¿Puede explicar su respuesta? (Por qué cree que las estadísticas reflejan/no reflejan la realidad, cuál cree que es la causa más común por la cual los registros de pesca se ven alterados...)

C-4) ¿Cuál es el grado en que los siguientes factores podrían afectar el rendimiento de capturas de ambas rayas? **[Indicar en una escala del 1 al 7 que tanto afectan, donde 1 corresponde a "afecta nada" y 7 a "afecta mucho".**

Práctica	Raya Volantín							Raya Espinosa						
	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	7
Utilización de artes de pescas														
Profundidad de Pesca														

Estacionalidad de Pesca														
Macrozona de Pesca														
Hora del día en que se pesca														
Tipo de Carnada														
Configuración de la pesca (Pesos, número de anzuelo, longitud de malla)														
Pesca ilegal														

**SECCIÓN D. ESTIMACIONES, FECHAS Y CIFRAS**

D-1 Que usted recuerde, ¿en qué periodos en la historia de las pesquerías de raya volantín y raya espinosa, las estadísticas oficiales de pesca pueden haberse visto más alteradas respecto a las capturas reales (periodos de sub- o sobre- reporte)? **[Pregunta abierta, los entrevistados deben dar su respuesta sin ser alterada por explicaciones previas, por ejemplo, con el posterior gráfico]**

---



---

D-2a. De una escala del 1 al 7, ¿Que tanto representa el sub o sobre reporte de capturas en su caleta con respecto a los siguientes eventos históricos que influyen en el desembarque pesquero artesanal e industrial de la Raya Volantín y Raya Espinosa?

Periodo de Libre acceso hasta 1997		1 Sub-reporte	2	3	4	5	6	7 Sobre-reporte
	Raya Volantín							
	Raya Espinosa							

¿Por qué cree que se produjo el sub- o sobre-reporte en este periodo? **[Indicar la causa. Una palabra o concepto.]**

Zonificación de unidades pesqueras Norte y sur		1 Sub-reporte	2	3	4	5	6	7 Sobre-reporte
	Raya Volantín							
	Raya Espinosa							

¿Por qué cree que se produjo el sub- o sobre-reporte en este periodo? **[Indicar la causa. Una palabra o concepto.]**

Establecimiento de vedas extractivas desde 2014 al presente		1 Sub-reporte	2	3	4	5	6	7 Sobre-reporte
	Raya Volantín							
	Raya Espinosa							

¿Por qué cree que se produjo el sub- o sobre-reporte en este periodo? **[Indicar la causa. Una palabra o concepto.]**

D-3 La información proporcionada corresponde a: **[Nota: se puede marcar más de una, pero indicando el orden de importancia]**

1.  Vivencias propias
2.  Narraciones de terceros
3.  Información escrita

4.  Otras fuentes

**SECCION E. CARACTERISTICAS SOCIOECONOMICAS**

E-1. ¿En qué mes y año nació usted?  /   
Mes / Año

E-2. ¿Cuál es su nivel de escolaridad? **[A partir de esta información marcar código de escolaridad con una cruz]**

Nivel	Código
Sin Educación Formal	0
Básica Incompleta	1
Básica Completa	2
Media Incompleta	3
Media Completa	4
Técnica o Universitaria Incompleta	5
Técnica o Universitaria Completa	6
Postgrado Incompleto (Diplomado, Magister, Doctorado)	7
Postgrado Completo (Diplomado, Magister, Doctorado)	8

E-3. Indique su sexo

1.  M
2.  F

E-4. ¿Tiene algún comentario de la encuesta?

**[No olvidar agradecer al encuestado por su tiempo y por ayudarnos con sus opiniones]**

SECCION F. PREGUNTAS DE CONTROL (RESPONDER ENCUESTADOR)						
F-1. ¿Cuál fue la actitud del encuestado cuando usted presentó las distintas preguntas de la encuesta?						
	EXTREMADAMENTE	MUCHO	ALGO	UN POCO	PARA NADA	NS/NR
a) ¿Qué tan distraído estaba el encuestado?	1	2	3	4	5	8
b) ¿Qué tan atento estaba el encuestado?	1	2	3	4	5	8
c) ¿Qué tan interesado estaba el encuestado?	1	2	3	4	5	8
F-2. ¿El encuestado señaló de alguna forma tener dificultad en entenderlos?						
1) <input type="checkbox"/> Si. Por favor, describa las dificultades _____						
2) <input type="checkbox"/> No						
F-3. Cuando explicó el ejercicio de estimación, ¿Notó que el encuestado estaba impaciente por terminar la entrevista?						
1) <input type="checkbox"/> Si						
2) <input type="checkbox"/> No [Pasar a E-5]						
3) <input type="checkbox"/> No está seguro [Pasar a E-5]						
F-4. ¿Cuán impaciente estaba el encuestado?						
1) <input type="checkbox"/> Muy impaciente						
2) <input type="checkbox"/> Algo impaciente						
3) <input type="checkbox"/> Un poco impaciente						
4) <input type="checkbox"/> No muy impaciente						
5) <input type="checkbox"/> No está seguro						
F-5. ¿Qué tan seria fue la actitud del encuestado al revelar sus respuestas?				1) <input type="checkbox"/> Extremadamente serio 2) <input type="checkbox"/> Muy serio 3) <input type="checkbox"/> Algo serio 4) <input type="checkbox"/> Poco serio 5) <input type="checkbox"/> Para nada serio 6) <input type="checkbox"/> No está seguro		
F-6. Sin incluirse usted ni al encuestado, ¿Había alguien de 13 años de edad o mayor cuando el encuestado respondió?				1) <input type="checkbox"/> Si 2) <input type="checkbox"/> No [Pasar a E-8] 3) <input type="checkbox"/> Otros entraban y salían [Pasar a E-8]		
F-7. ¿Cree que las otras personas afectaron las respuestas del ejercicio de estimación del encuestado?				1) <input type="checkbox"/> Si 2) <input type="checkbox"/> No 3) <input type="checkbox"/> No está seguro		
F-8. ¿Tiene algún otro comentario acerca de esta entrevista?				_____ _____ _____ _____ _____		

La encuesta fue aplicada individualmente y en persona, a distintos actores involucrados en la pesquería de raya volantín y raya espinosa. En total se realizaron 77 encuestas, ejecutadas durante agosto del 2021 y abril del 2022, participando pescadores de siete regiones de interés. Estos pescadores tenían que dedicarse a la pesquería de rayas y que contaban con una RPA vigente al momento de realizar las encuestas. De estas, para la VII Región las caletas visitadas fueron: Caleta Pellines y Muelle Barrosa con un total de 2 encuestas. Para la VIII Región la caleta visitada fue Lebu con un total de 2 encuestas. Para la IX Región la caleta visitada fue Queule con un total de 2 encuestas. Para la XIV Región la caleta visitada fue Caleta Amargo con un total de 3 encuestas. Para la X Región las caletas visitadas fueron Bahía Mansa, Carelmapu, Hualaihué, El manzano, Pichicolo, Contao, Hornopiren, Dalcahue, Castro, Tenaun y Achao con 35 encuestas. Para la XI Región la

caleta visitada fue Puerto Gala con un total de 23 encuestas y para la XII Región, las caletas visitadas fueron Barranco Amarillo, Aguas Frescas, Bahía Mansa y Puerto Natales con un total de 10 encuestas.

### Caracterización de los entrevistados en la pesquería de Rayas en Chile

El 77,9% del total de pescadores entrevistados, declararon estar actualmente involucrados en la pesquería de la raya, mientras que el 22,1% lo hicieron en algún momento de su vida. De los que se dedican actualmente, llevan en promedio 23 años pescando estos recursos con un promedio de 2 generaciones en su familia (**Tabla 6**).

### Arte de pesca y Carnada

El 97,4% del total de los encuestados declara utilizar el espinel horizontal para extraer la raya volantín y/o espinosa en todo el sitio de estudio, teniendo una longitud de línea madre promedio de 2.945 metros, un número total de 3.956 anzuelos y con un tamaño de anzuelo que varía entre el número 7 y 6 (**Tabla 6**). Cabe mencionar que es la Macrozona Sur, la zona en que menos longitud tiene la línea madre, como también el número de anzuelos que, en promedio, utilizan en comparación a la Macrozona Norte (**Tabla 6**).

**Tabla 6.** Promedios y Desviaciones Estándar sobre la caracterización de los entrevistados y el arte de pesca de Rayas en Chile.

	Macrozonas	Promedio y DE
<b>Años que lleva en la pesquería de Rayas</b>	Macrozona Norte	20 ± 15
	Macrozona Sur	23 ± 10
	Todo Sitio de Estudio	23 ± 10
<b>Número de generación en la pesca de Raya</b>	Macrozona Norte	2 ± 1
	Macrozona Sur	2 ± 1
	Todo Sitio de Estudio	2 ± 1

<b>Arte de Pesca</b>	Espinel	97.4%
	Red de Enmalle	1.3%
	Palangre	1.3%
<b>Longitud de Línea Madre del Espinel</b>	Macrozona Norte	3500 ± 2991
	Macrozona Sur	2880 ± 2229
	Todo Sitio de Estudio	2945 ± 2229
<b>Número de Anzuelos del Espinel</b>	Macrozona Norte	6280 ± 4883
	Macrozona Sur	3651 ± 3211
	Todo Sitio de Estudio	3956 ± 3211
<b>Tamaño del Anzuelo del Espinel</b>	Macrozona Norte	7 ± 1
	Macrozona Sur	6 ± 1
	Todo Sitio de Estudio	6 ± 1

La principal carnada que se utiliza en la extracción de rayas en la macrozona norte es la Sardina (83%), en donde hace 5 años atrás se utilizaba en menor porcentaje ante una mayor variedad de alternativas como la jibia, jurel, merluza común y sierra con el 56% de las menciones (**Tabla 7**). Con respecto a los próximos 5 años, la sardina sería, según los entrevistados, aún la principal carnada, pero diversificándose la utilización de otras alternativas como la jibia, jurel y sierra al 50% de su utilización (**Tabla 7**).

Por otro lado, y con respecto a la Macrozona Sur, se observa en primer lugar una lista más diversa de alternativas y, en segundo lugar, sigue siendo la sardina la principal carnada para la extracción de rayas (47%) (**Tabla 7**). La sardina ha ido incrementando paulatinamente su utilización hace 5 años atrás, ya que se ocupaba un 37%, pero se espera que a futuro incremente a un 50% manteniendo otras carnadas para la extracción de estas rayas (**Tabla**

7). Estos resultados son concordantes cuando se analizan los datos de todo el área de estudio, ya que la utilización de la sardina como carnada para la extracción de estos recursos se ha ido incrementando desde el pasado y se espera que aumente en los próximos 5 años (Tabla 7).

**Tabla 7.** Porcentajes de la carnada que se utilizó hace 5 años atrás, actualmente y los próximos 5 años en la Pesquería de raya volantín y espinosa en Chile.

Macrozona	Hace 5 años		Actualmente		Próximos 5 años	
	Carnada	%	Carnada	%	Carnada	%
Macrozona Norte	Sardina	44	Sardina	<b>83</b>	Sardina	<b>50</b>
	Jibia	22	Jibia	<b>17</b>	Jibia	<b>25</b>
	Jurel	12		Jurel	13	
	Merluza	11		Sierra	13	
	Sierra	11				
Macrozona Sur	Sardina	37	Sardina	47	Sardina	50
	Pejerrey	27	Pejerrey	16	Pejerrey	17
	Robalo	14	Jibia	12	Jibia	12
	Jibia	11	Robalo	12	Robalo	9
	Chancharro	2	Anchoveta	1	Chancharro	2
	Brótula	2	Blanquillo	1	Brótula	1
	Blanquillo	1	Brótula	1	No pescó	9
	No pescó	6	Chancharro	1		
			Jurel	1		
		No pescó	8			

Todo el sitio de estudio	Sardina	<b>38</b>	Sardina	<b>50</b>	Sardina	<b>51</b>
	Pejerrey	25	Pejerrey	15	Pejerrey	16
	Robalo	13	Jibia	12	Jibia	13
	Jibia	12	Robalo	11	Robalo	8
	Brótula	1	Anchoveta	1	Chancharro	2
	Chancharro	1	Blanquillo	1	Brótula	1
	Blanquillo	1	Brótula	1	Jurel	1
	Jurel	1	Chancharro	1	Sierra	1
	Merluza	1	Jurel	1	No pescó	7
	Sierra	1	No pescó	7		
	No pescó	6				

### Percepción de los pescadores artesanales sobre la Pesquería de Rayas en Chile

En cuanto a la percepción de los entrevistados acerca de la pesquería de la raya, estos mencionaron las 3 primeras palabras o conceptos que viniesen a su mente al escuchar “Pesquería de Raya Volantín y/o Espinosa”. Los resultados se jerarquizaron según el orden de menciones, siendo los conceptos mayormente mencionados: la “*Abundancia Económica*” que les proporciona con 52 menciones, seguido por la existencia de “*Problemas de Gestión y Veda*” con 43 menciones, una “*Abundancia de Rayas*” con 35 menciones y la existencia de una “*Cuota deficiente de extracción*” con 20 menciones (**Figura 65, Tabla 8**).



**Figura 65.** Nube de palabra del número de menciones que otorgaron los entrevistados con respecto a lo que piensan sobre la pesquería de la raya volantín y raya espinosa (El tamaño de las palabras es proporcional al número de menciones).

**Tabla 8.** Número de menciones de cada concepto/palabra identificada por los entrevistados respecto a la pesquería de la raya volantín y raya espinosa.

Concepto/Palabra	N° de Menciones
Abundancia Económica	52
Problemas de Gestión y Veda	43
Abundancia de Rayas	35
Cuota deficiente de extracción	20
Conocimiento de fauna acompañante, arte de pesca y hábitat.	13
Falta de Comprador	13
Sometida al Clima	11
Sobrexplotada	11
Pesca Ocasional	6
Pesca Ilegal	1
Pesca Industrial	1

## Caracterización del arte de pesca antes y después de la veda biológica del 2014.

- **Macrozona Norte**

Dentro de los cuatro aspectos estudiados en este ítem, fue “*La cantidad de viajes que realizan por mes*” la que obtuvo diferencias significativas con respecto a ambos periodos (**Tabla 9**,  $P=0,04$ ). Este aspecto indica que antes del 2014, realizaban un promedio de 4 viajes por mes a la pesca de la raya, mientras que después, realizaban un promedio de 2 viajes por mes (**Tabla 9**,  $P=0,04$ ). Por otro lado, se evidencia que la cantidad de horas que los pescadores le dedican al viaje de pesca varía de 109 horas antes del 2014 y 96 horas posterior a este año; además la profundidad que se opera el espinel varía de 249 m hasta 266 m de profundidad y 11 a 12 horas de reposo con respecto a antes y el después de establecer la veda biológica a estos recursos (**Tabla 9**).

- **Macrozona Sur**

Con respecto a la Macrozona Sur, los resultados de cómo podrían variar las operaciones y tiempos de pesca antes y después a la veda biológica del 2014, sólo obtiene diferencias significativas “*La cantidad de viajes que realizan por mes*” con respecto a ambos periodos (**Tabla 9**,  $P=0,00$ ). Este aspecto indica que antes realizaban un promedio de 6 viajes por mes mientras que después, realizan un promedio de 2 viajes (**Tabla 9**,  $P=0,00$ ). Por otro lado, se evidencia que la cantidad de horas que los pescadores le dedican al viaje desde su caleta al caladero de rayas varía de 58 horas antes del 2014 y 39 horas posterior a esta fecha; además la profundidad que opera el espinel varía de 280 m hasta 286 m de profundidad y 13 horas de reposo, con respecto a antes y después de establecer la veda biológica a estos recursos (**Tabla 9**).

Cabe mencionar que el 15% de los encuestados en esta macrozona (N=10 correspondiente a los pescadores de la XII Región) no pudieron responder con respecto a estos aspectos posterior al 2014 ya que indicaron que, durante este tiempo, no pudieron extraer estos recursos.

- **Todo el área de estudio**

En resumen, solo el atributo de “*La cantidad de viajes que realizan por mes*” tiene diferencias significativas entre ambos periodos de tiempo, evidenciándose una notable disminución de

los viajes, ya que antes de la veda biológica, se realizaba en promedio 6 viajes por mes, mientras que después del 2014 ha disminuido a sólo 2 viajes (**Tabla 9**,  $P=0,00$ ). Con respecto a los otros aspectos, se evidencia que la cantidad de horas que los pescadores le dedican al viaje desde su caleta al caladero de rayas ha variado de 58 horas a 39 horas; la profundidad en que se opera el espinel ha variado de 280 m hasta 286 m y la cantidad de horas de reposo del espinel es de 13 horas con respecto a antes y después del 2014, respectivamente (**Tabla 9**).

Cabe mencionar que el 13% de los encuestados en esta macrozona (N=10 correspondiente a los pescadores de la XII Región) no pudieron responder con respecto a estos aspectos posterior al 2014 ya que indicaron que, durante este tiempo, no pudieron extraer estos recursos.

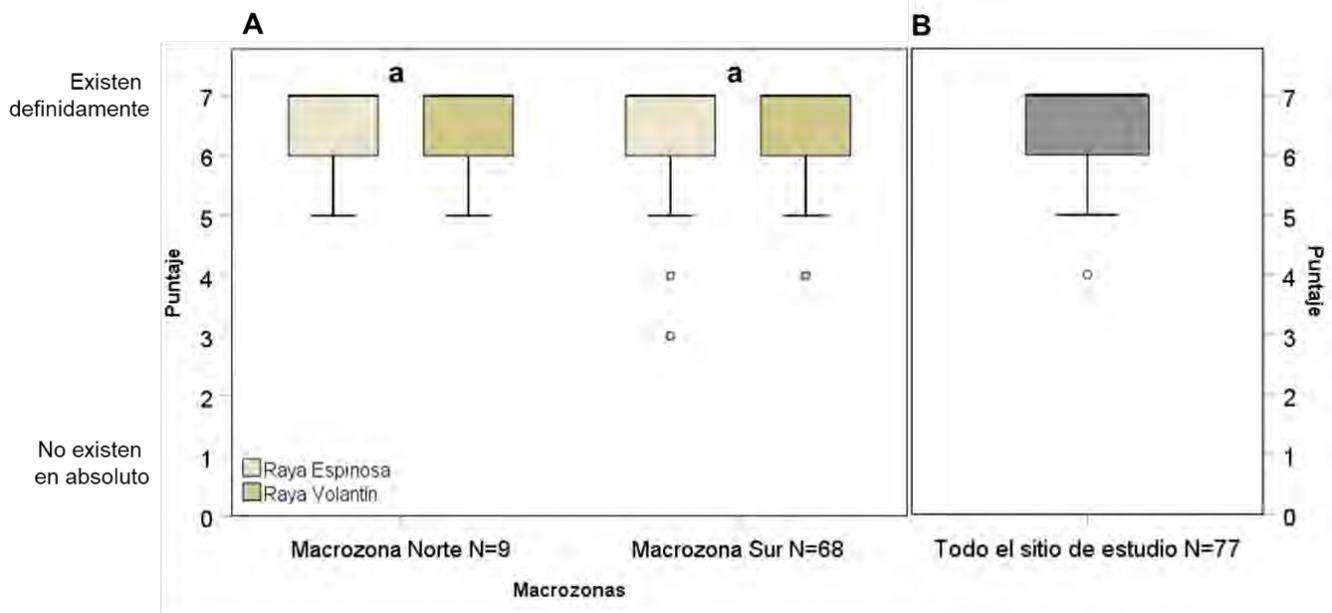
**Tabla 9.** Promedios y Desviación estándar sobre aspectos de operaciones y tiempo de pesca de Raya Volantín y Espinosa antes y después de la Veda Biológica del 2014.

Aspectos	Macrozonas	Antes	Después	P
Cantidad de viajes que realiza por mes	Macrozona Norte	4 ± 2	2 ± 1	0.04*
	Macrozona Sur	6 ± 6	2 ± 5	0.00*
	Todo el sitio de estudio	6 ± 6	2.2 ± 2.2	0.00*
Cantidad de horas en un viaje de pesca	Macrozona Norte	109 ± 83	96 ± 98	0.41
	Macrozona Sur	58 ± 84	39 ± 61	0.54
	Todo el sitio de estudio	58 ± 84	39.3 ± 60.6	0.49
Profundidad que opera el arte de pesca	Macrozona Norte	249 ± 108	266 ± 102	0.16
	Macrozona Sur	280 ± 94	286 ± 96	0.54
	Todo el sitio de estudio	280 ± 94	286.2 ± 96.2	0.51
Cantidad de horas de reposo que opera el arte de pesca	Macrozona Norte	11 ± 11	12 ± 11	0.78
	Macrozona Sur	13 ± 7	13 ± 8	0.21
	Todo el sitio de estudio	13 ± 7	12.7 ± 8.5	0.31

Asteriscos \* en P indican diferencias significativas según la Prueba No Paramétrica de U Mann-Whitne

### Existencia de caladeros de pesca para la raya volatín y raya espinosa.

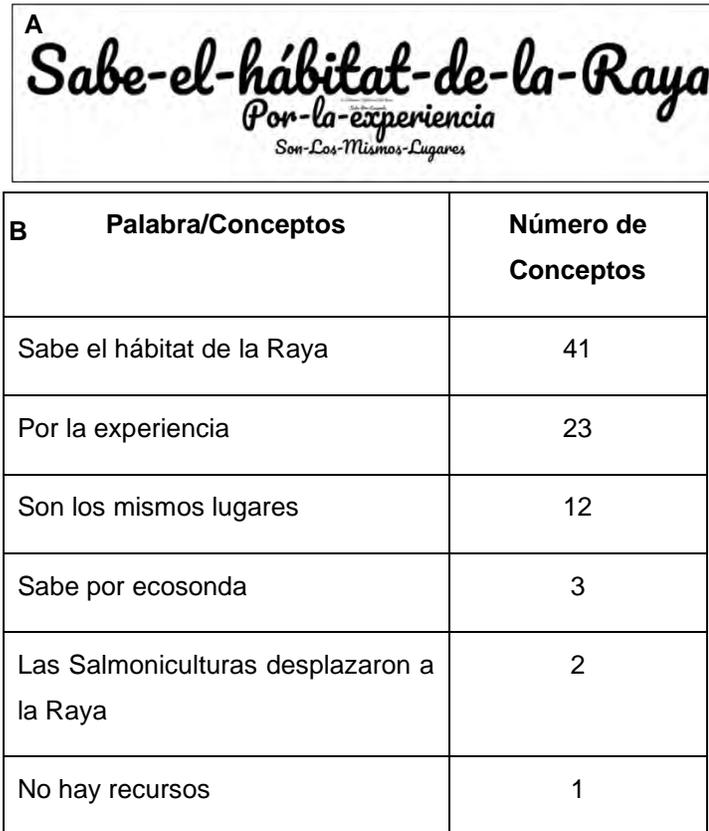
En general, los pescadores artesanales muestran bastante seguridad con respecto a la definición de caladeros de pesca para ambas especies de raya en sus respectivas zonas. Esto es consistente para ambas macrozonas y para todo el área de estudio, debido a que la gran mayoría de los encuestados consideran que estos lugares están muy bien definidos, teniendo medias de 7 en la escala Likert (“Existen Definitivamente”) y con rangos de respuestas que van desde el 6 al 7, no obteniendo diferencias significativas tras la prueba no paramétrica de U de Mann-Whitney (**Figura 66**,  $P > 0.05$ ).



**Figura 66.** Diagrama de cajas agrupadas sobre los puntajes otorgados por los pescadores artesanales de cuanto creen que están definidos los caladeros de pesca para ambas Rayas. La puntuación va desde el 1, “No existen en Absoluto”; hasta el 7, “Existen definitivamente”. A) Definición de caladeros de pesca para la Raya Espinosa y Raya Volatín por Macrozona Norte y Sur. B) Definición de caladeros para ambas Rayas en todo el sitio de Estudio. Los subíndices muestran significancia o no de las variables mediante la prueba no paramétrica de U de Mann-Whitney, mientras que las rayas negras indican las medias.

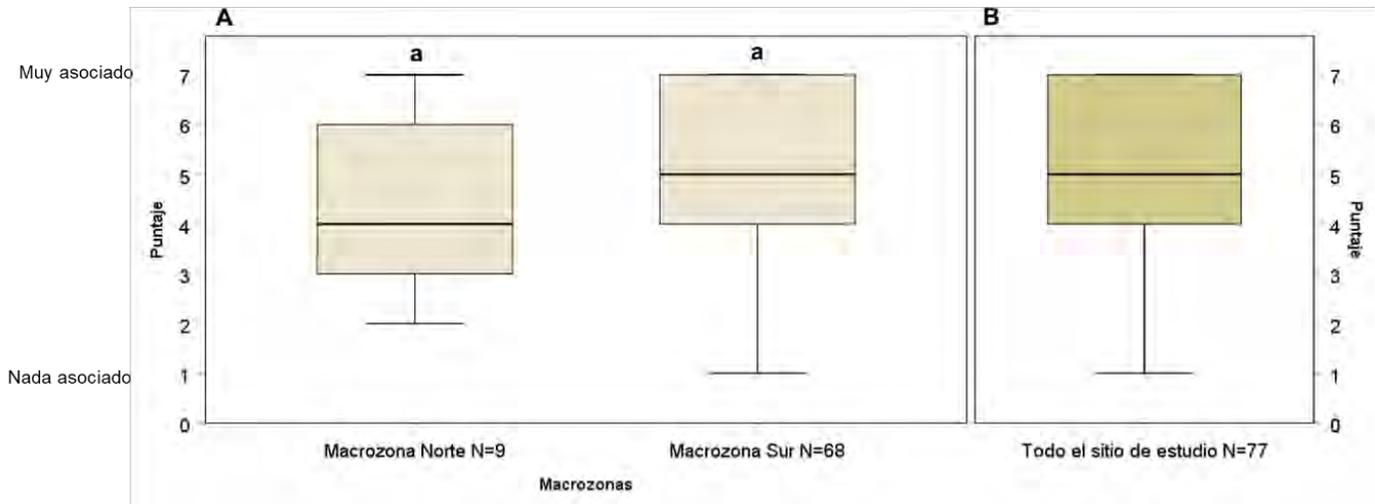
Los resultados anteriores, fueron justificados por los mismos pescadores artesanales, pidiéndoles que expliquen en sus respuestas de manera abierta la razón del puntaje otorgado. Estas opiniones fueron jerarquizadas mediante conceptos o términos en los cuales la gran mayoría expresa que están definidos los lugares de pesca ya que “*Saben el hábitat de la Raya*” con 41 menciones, “*Saben estos lugares por la Experiencia*” con 23 menciones y que “*Siempre son los mismos lugares*” con 12 menciones (**Figura 67**).

**Figura 67.** Razón de por qué existen o no lugares de pesca definidos para la pesquería de ambas rayas A) Nube de palabras del número de menciones (El tamaño de las palabras es proporcional al número de menciones). B) Número de menciones de cada concepto/palabra identificada.



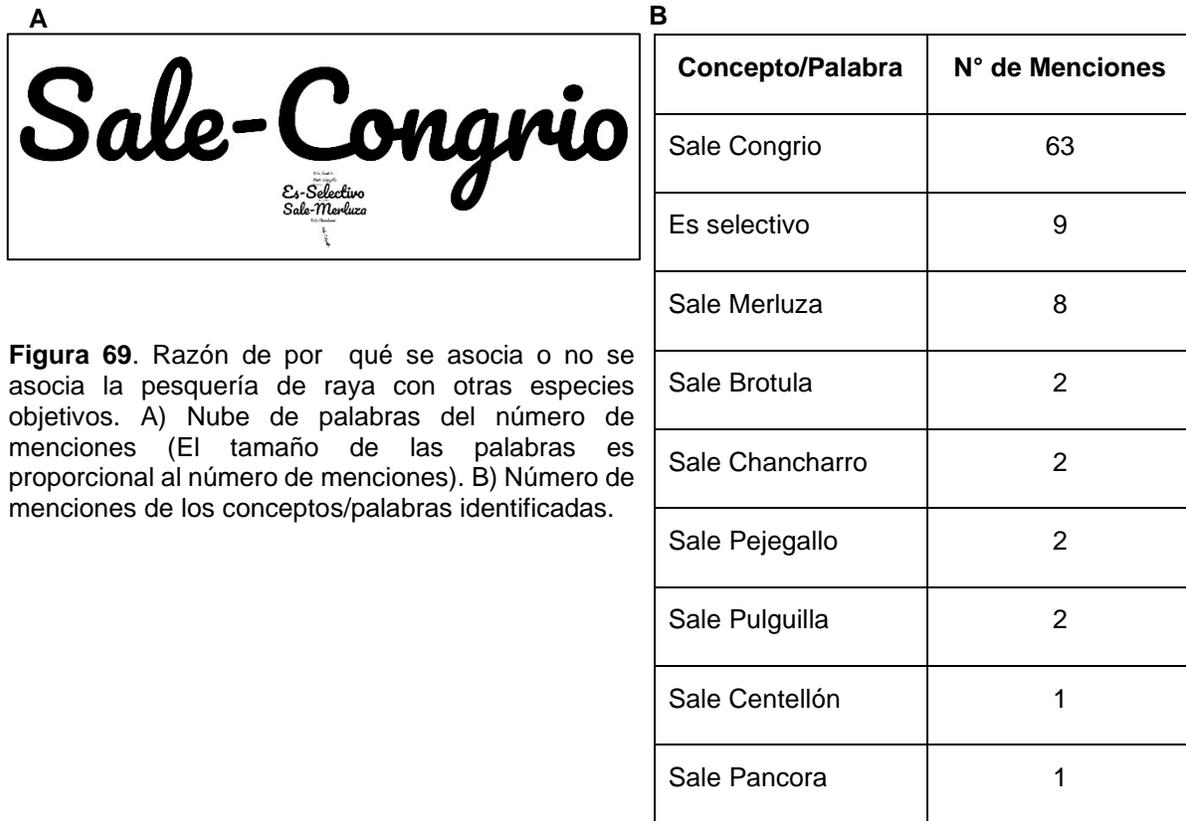
### Asociación de la pesquería de Rayas con otras especies objetivo

Los pescadores artesanales señalan asociación entre la pesca de la raya con otras especies objetivo, siendo la Macrozona Sur la que más se asocia, ya que obtiene una media de 5 con rangos de respuestas de 4 a 7, siendo el punto más alto en comparación de la Macrozona Norte; sin embargo, no obtienen diferencias significativas entre ambas macrozonas (**Figura 68A**,  $P=0,18$ ). Estos resultados a escala global resultan ser más evidentes, debido a que una amplia mayoría de los encuestados sostiene que esta pesquería está asociada en una media de 5 (“Asociado”) y con rangos de respuestas que van desde el 4 al 7 (**Figura 68B**).



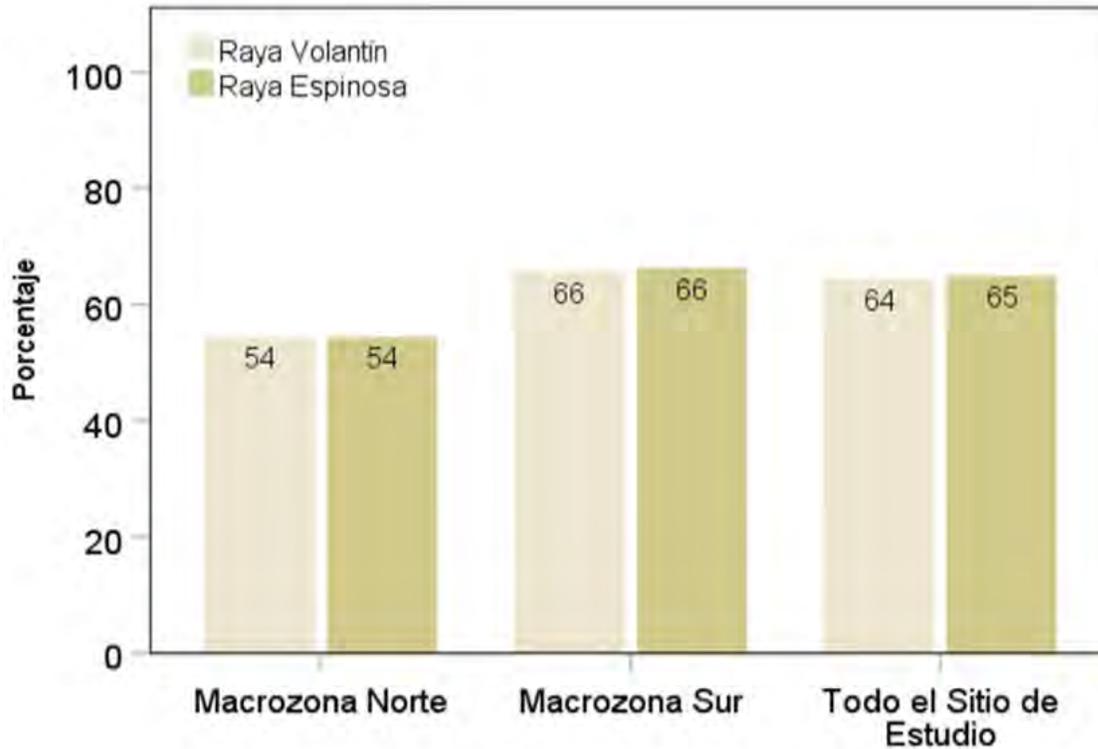
**Figura 68.** Diagrama de cajas agrupadas sobre los puntajes de los pescadores artesanales en cuanto está asociada la pesquería de rayas con otras especies objetivos. La puntuación va desde el 1, “Nada Asociado”; hasta el 7, “Muy Asociado”. A) Resultados asociados por Macrozona Norte y Sur. B) Resultado asociado a todo el sitio de Estudio. Los subíndices muestran significancia o no de las variables mediante la prueba no paramétrica de U de Mann-Whitney, mientras que las rayas negras indican las medias.

Los resultados anteriores, son justificados por los mismos pescadores artesanales ya que se les pidió explicar sus respuestas de manera abierta, por lo que estas opiniones fueron jerarquizadas mediante conceptos o términos en las cuales la gran mayoría expresa que la pesca de la raya, en general, está asociada a la pesca del “*Congrio Dorado*” con 63 menciones (**Figura 69 A-B**).



**Figura 69.** Razón de por qué se asocia o no se asocia la pesquería de raya con otras especies objetivos. A) Nube de palabras del número de menciones (El tamaño de las palabras es proporcional al número de menciones). B) Número de menciones de los conceptos/palabras identificadas.

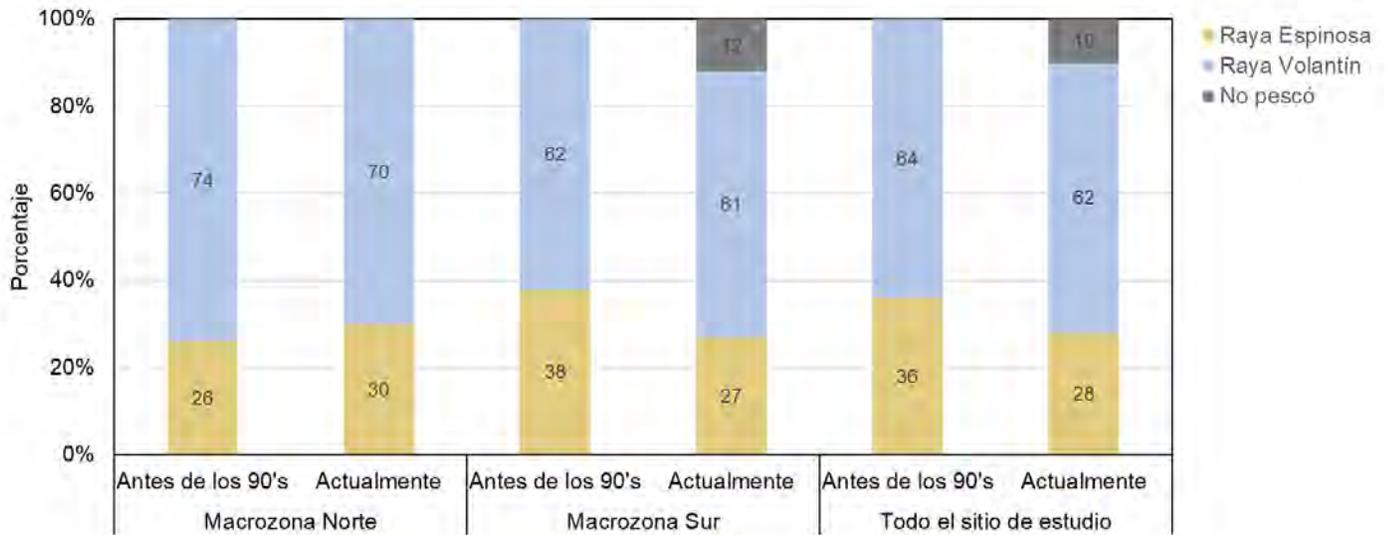
Es más, cuando se les pregunta a los pescadores el porcentaje que creen que está asociada la captura de ambas rayas con la pesquería del congrio dorado, los resultados indican que un 54% está asociado en la Macrozona Norte, 66% en la Macrozona Sur y entre un 64 y 65% en todo el área de estudio. Cabe mencionar que no hubo diferencias entre los porcentajes a la raya rolanín con la raya espinosa entre las mismas macrozonas (**Figura 70**).



**Figura 70.** Porcentaje de respuestas sobre la asociación de la captura de Raya Volantín y Raya Espinosa con la pesquería del Congrio Dorado.

#### Identificación de la raya volantín y la raya espinosa en un año promedio de pesca.

En torno al porcentaje de captura que los pescadores artesanales identifican en un año promedio de ambas rayas, los resultados indican que en ambas macrozonas, como en todo el sitio de estudio, identifican en mayor porcentaje a la raya volantín que a la raya espinosa (**Figura 71**). Esto es concordante a través de los años, ya que para todo el área de estudio y antes de los noventa, identifican a la raya volantín con el 64% de las capturas en un año y en la actualidad con el 62% (**Figura 71**). Cabe mencionar que alrededor del 10% de los encuestados (correspondientes a la XII Región) no pudieron otorgar alguna respuesta debido a que no se pesca raya en la actualidad.



**Figura 71.** Porcentaje de capturas que se identifican de raya volantín y de raya espinosa en un año promedio, antes de los noventa y actualmente

#### Prácticas que pueden alterar las áreas de pesca de ambas Rayas.

- **Macrozona Norte**

En esta zona, los pescadores artesanales identifican la “*Pesca Illegal*” como principal práctica que podría alterar las áreas de pesca, ya que obtienen una media de 7 y puntajes máximos de ocurrencia, mientras que la “*Interacción con otras flotas en los lugares de pesca de la raya*” es la segunda práctica que ocurre, obteniendo una media de 6 y un rango de respuestas que van desde el 6 al 7, catalogándose ambas prácticas como “muy común” en esta zona (**Figura 72A**). Por otro lado, las “*Variaciones de precios que no hacen rentable la captura de la raya*” es la tercera práctica que ocurre, ya que ésta obtiene una media de 6 y un rango de respuestas un poco más amplias que van del 4 al 7 (**Figura 72A**).

En relación con las “*Irregularidades en la declaración de la pesca*” y “*La pesca en lugares sin autorización*”, estas se posicionan como prácticas que ocurren en menor medida, debido a que obtienen una media de 1=Poco Común, pero con rangos de respuestas más diversas hacia la neutralidad (**Figura 72A**). Cabe mencionar que no hubo diferencias de puntajes entre ambas rayas.

- **Macrozona Sur**

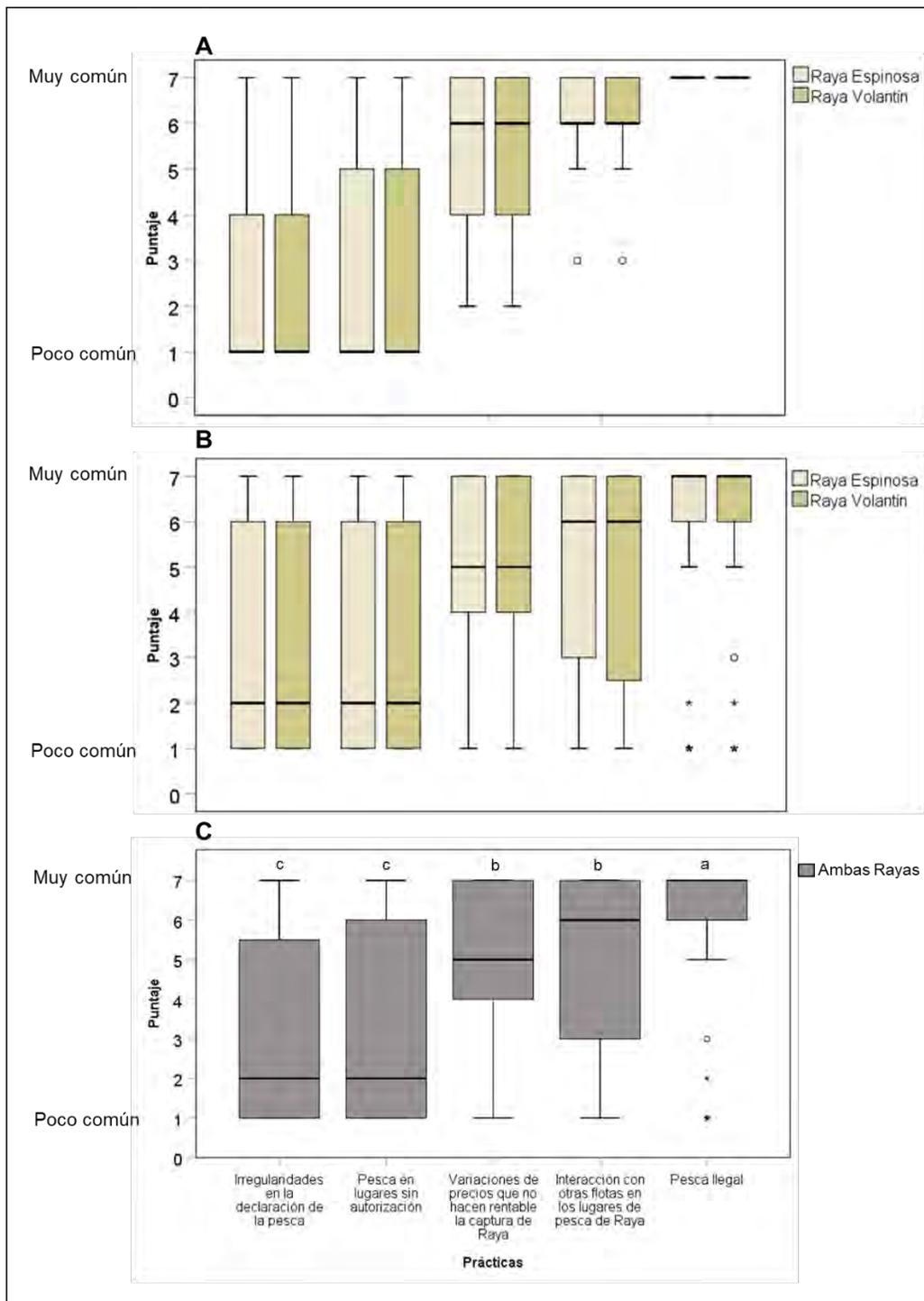
Con respecto a esta zona, los pescadores artesanales identifican también a la “*Pesca Ilegal*” como principal práctica que podría alterar las áreas de pesca, ya que obtienen una media de 7 y rangos de respuesta entre un 6 y un 7; mientras que la “*Variaciones de precios que no hacen rentable la captura de la pesca*” es la segunda práctica que ocurre en esta macrozona, obteniendo una media de 5, con rangos de respuestas de 4 al 7 (**Figura 72B**). Por otro lado, “*La interacción con otras flotas en los lugares de pesca de raya*” es la tercera práctica que más ocurre, obteniendo una media de 6 y con rangos de respuestas que van del 3 al 7 (**Figura 72B**).

Las demás prácticas como las “*Irregularidades en la declaración de la pesca*” y la “*Pesca en lugares sin autorización*”, son menos comunes según los entrevistados en esta macrozona, obteniendo ambas prácticas una media de 3, con rangos de respuestas del 1 al 6 (**Figura 72B**). Cabe mencionar que no hubo diferencias entre los puntajes para ambas rayas.

- **Todo el área de estudio**

Los resultados son consistentes a cada macrozona estudiada, identificando tres prácticas que son recurrentes en todo el área de estudio, siendo en primer lugar, la “*Pesca Ilegal*”, en segundo lugar, se ubica la “*Interacción con otras flotas en los lugares de pesca de la raya*” y en tercer lugar las “*Variaciones de precios que no hacen rentable la captura de raya*” (**Figura 72C**,  $P=0,00$ ). De estas, la “*Pesca Ilegal*” es la que más se hace presente obteniendo diferencias significativas con éstas y las siguientes prácticas (**Figura 72C**,  $P=0,00$ ).

Por otro lado, las prácticas como “*Las irregularidades en la declaración de la pesca*” y “*La pesca en lugares sin autorización*” son la cuarta y quinta práctica que menos ocurre en todo el área de estudio, ya que ambas obtienen una media de 2 y rangos de respuestas de 1 a 6 para la “*Pesca en lugares sin autorización*” y 1 al 5 para las “*Irregularidades en la declaración de la pesca*”, no obteniendo diferencias significativas entre ellas, pero sí con todas las prácticas anteriores (**Figura 72C**,  $P=0,00$ ).



**Figura 72.** Diagrama de cajas agrupadas ante los puntajes otorgados por los pescadores artesanales sobre qué tan comunes son algunas prácticas que pueden alterar algunas áreas de pesca o pueden resultar no estar definidas. La puntuación va desde el 1, “Poco Común”; hasta el 7, “Muy Común”. A) Prácticas en la Macrozona Norte (N=9) para la Raya Espinosa y Raya Volantín. B) Prácticas en la Macrozona Sur (N=68). C) Todo el sitio de estudio y ambas Rayas juntas (N=77). Los subíndices muestran significancia o no de las variables mediante la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis y prueba a posteriori de Dunn, mientras que las rayas negras indican las medias.

## Factores que afectan los rendimientos de capturas en ambas especies de rayas.

En general, los pescadores artesanales identifican que son mayoritariamente los “Factores Climáticos”, el factor que más influye a la hora de capturar rayas, obteniendo un total de 42 menciones por parte de los entrevistados y afectando de igual manera a las dos especies de rayas antes del 2004 con el 44% (**Tabla 10**).

**Tabla 10.** Número de menciones de cada concepto/palabra identificada con respecto a los factores que influyen en el rendimiento de capturas de rayas. También se muestra el porcentaje de afección de estos factores antes del 2004 para la raya volántín y la raya espinosa.

Factores que influyen en la captura de Rayas		Antes del 2004, estos factores afectaron a:			
		Raya Volántín		Raya Espinosa	
Concepto/Palabra	N° de Menciones	% SI	% NO	% SI	% NO
Factores Climáticos	42	44	15	44	15
Pesca Industrial	8	7	4	7	4
Carnada	4	6	0	6	0
Sobreexplotación	5	3	4	3	4
Arte de Pesca	3	4	0	4	0
Estacionalidad	3	4	0	4	0
Historia de vida de Raya	5	6	1	6	1
Depredación Natural	2	3	0	3	0
Falta de Compradores	2	3	0	3	0
Falta de Equipamiento	3	4	0	4	0
Veda	2	3	0	3	0
Usurpación de Caladeros	1	1	0	1	0

Sin embargo, existen otros factores que podrían afectar las capturas de ambas rayas que serán expuestos a continuación.

- **Macrozona Norte**

El factor que más se distingue como condicionante a la captura de rayas según los encuestados, es el “*Efecto de la veda biológica del 2014*”, obteniendo una media de 6 y un rango de respuestas de 6 a 7, considerado estos resultados dentro de los intervalos de “afección alta” a la captura de estos recursos (**Figura 73A**). Adicionalmente, “*La utilización de diferentes artes de pesca*” resulta ser el segundo factor que más afecta a la captura en esta macrozona, obteniendo una media de 5 y un rango de respuestas de 5 a 6 (**Figura 73A**).

Por otro lado, la “*Profundidad de Pesca*” es el tercer factor que afecta a la captura de estas rayas según los entrevistados, ya que se obtiene una media de 6, con rangos de respuestas de 2 a 7; mientras que “*La estación del año en que se pesca*”, como las “*Otras zonas geográficas de pesca*” y la “*Configuración de la pesca*”, son factores que ocupan un cuarto lugar, obteniendo una media de 5 y un rango de respuestas de 3 a 6, respectivamente (**Figura 73A**). Con respecto al “*Tipo de Carnada*”, es el quinto factor que se identifica por parte de los pescadores como condicionante en la captura de estas dos rayas.

Finalmente, la “*Hora del día en que se pesca*” es el sexto factor que, por lejos, es el que menos afecta a la captura de rayas, obteniendo una media y rangos de respuestas de 1, por lo que los entrevistados indican que este factor no “afecta en nada” en la captura de ambas rayas (**Figura 73A**). Cabe mencionar que no hubo diferencias de puntajes ante la comparación de ambas rayas.

- **Macrozona Sur**

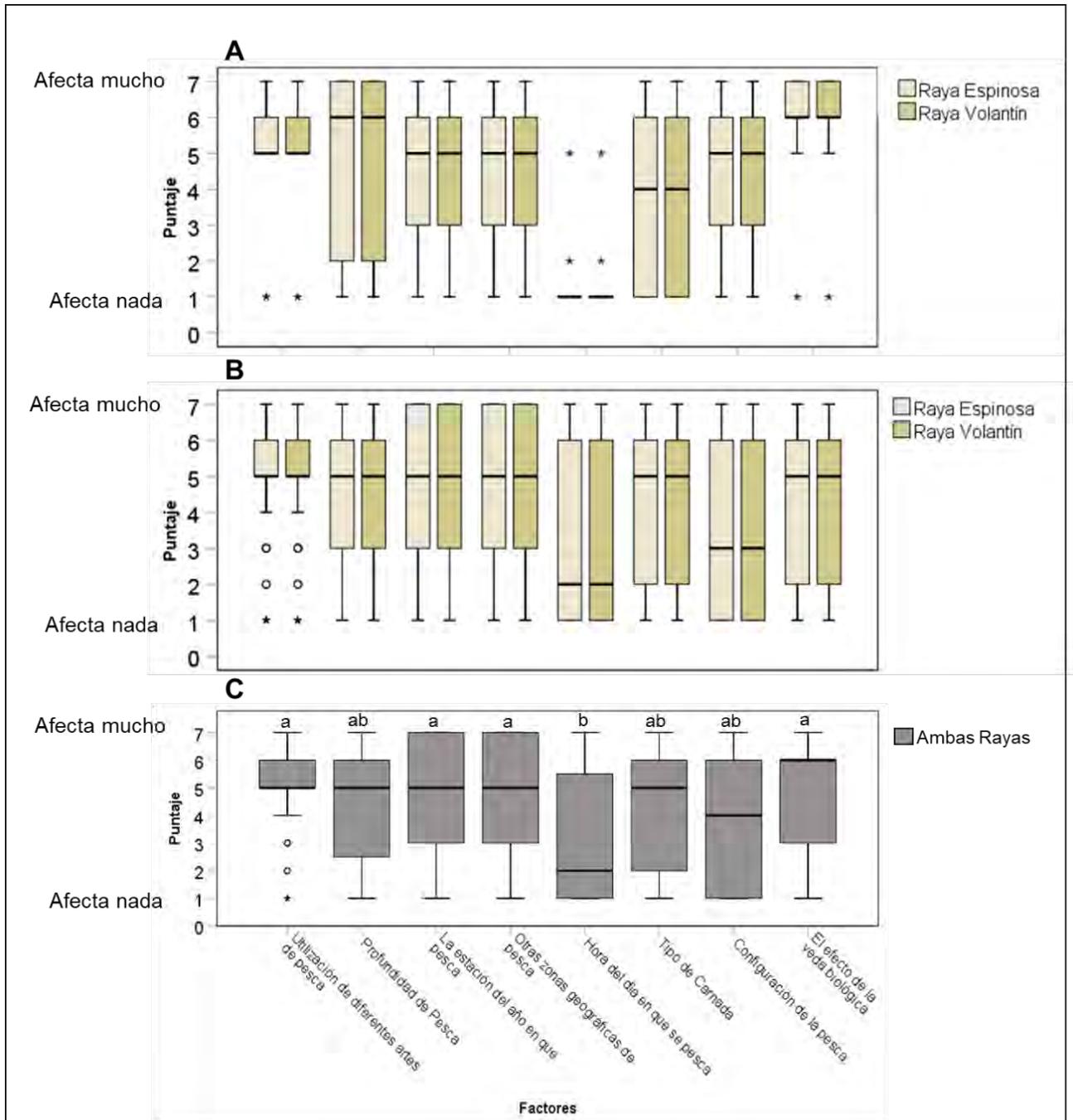
El factor que más afecta en primer lugar a la captura de raya en esta Macrozona es la “*Utilización de diferentes artes de pesca*”, obteniendo una media de 6 y un rango de respuestas de 5 a 6, por lo que estos resultados indican una alta afección para la captura de estos recursos (**Figura 73B**). Adicionalmente, “*La estación del año en que se pesca*” y la influencia de “*Otras zonas geográficas de pesca*”, ocupan el segundo lugar en la escala de “afección” ya que ambas obtienen una media de 5, con intervalos de respuestas de 3 a 7; mientras que el tercer lugar, lo ocupa “*La Profundidad de la Pesca*”, obteniendo un intervalo de respuesta de 3 a 6, pero manteniendo la media con un 5 al igual que los factores anteriores (**Figura 73B**).

Por otro lado, los factores de *“El efecto de la veda biológica del 2014”* y el *“Tipo de Carnada”* ocupan el cuarto lugar en cuanto afectan a la captura de estos recursos, ya que los rangos de respuestas albergan puntajes hacia la “no afección” pero con medias de 5 (**Figura 73B**). Finalmente, *“La hora del día en que se pesca”* y la *“Configuración de la Pesca”* son factores que menos afectan, en comparación a los demás, sobre la captura de estos recursos, ya que a pesar de que ambas tienen intervalos de respuestas iguales de 1 a 6, sus medias indican una afección menor que todas las demás (**Figura 73B**). Cabe mencionar que no hubo diferencias de puntajes ante la comparación de ambas rayas.

- **Todo el área de Estudio**

Cuando se analizan los resultados de todo el área de estudio, se observan cuatro principales factores, siendo la *“Utilización de diferentes artes de pesca”* el factor que más afecta la captura de ambas rayas al tener una media de 5 y un intervalo de respuestas de 5 a 6 (**Figura 73C**). En segundo lugar, lo ocupa *“El efecto de la veda biológica”* obteniendo una media de 6, pero con intervalos de respuestas de 3 a 6, mientras que *“La estación del año en que se pesca”* en conjunto con las *“Otras zonas geográficas de pesca”*, obtienen el tercer lugar, ya que tienen una media de 5, con intervalos de respuestas de 3 a 7. Estos factores, no obtienen diferencias significativas entre sí, convirtiéndose en los factores que más afectan la captura de rayas en Chile (**Figura 73C**,  $P=0,00$ ).

Por otro lado, los demás factores como *“La Profundidad de Pesca”*, *“El tipo de Carnada”* y *“La configuración de la pesca”*, obtienen rangos de respuestas más amplios hacia la neutralidad y en parte a la no afección en la captura de estas rayas, pero que no alcanzan a obtener diferencias significativas entre sí, como tampoco con los factores anteriores, convirtiéndose en factores que ocupan el cuarto lugar en la escala de afección (**Figura 74C**,  $P=0,00$ ). Finalmente, para el factor de la *“Hora del día en que se pesca”*, los resultados indican que, según los encuestados, es el factor que menos podría afectar a la captura de rayas en comparación a todas las demás, obteniendo una media de 2, con rangos de respuestas que van desde el 1 al 5, mostrando diferencias significativas con los primeros factores analizados (**Figura 73C**,  $P=0,00$ ).

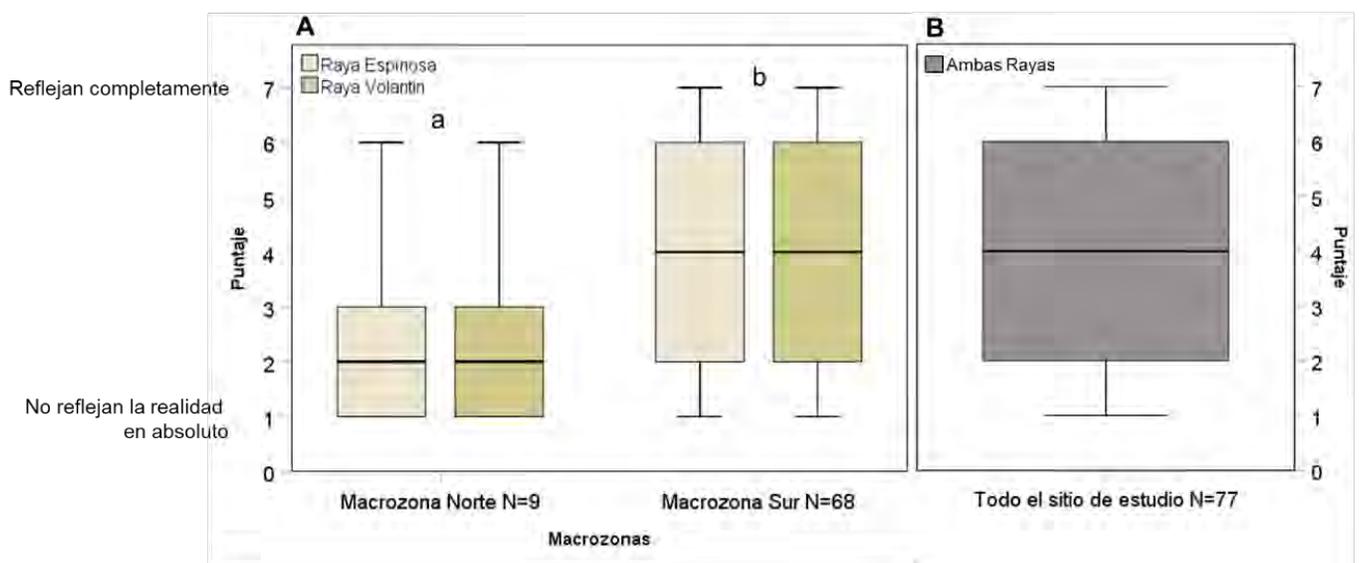


**Figura 73.** Diagrama de cajas agrupadas de los puntajes declarados por los pescadores artesanales ante la afección de las siguientes prácticas en la captura de Raya Volantín y Raya Espinosa. La puntuación va desde el 1, “Afecta Nada”; hasta el 7, “Afecta Mucho”. A) Puntuación de cuan afecta estos factores en la Raya Espinosa y Raya Volantin en la Macrozona Norte (N=9). B) Puntuación de cuan afecta estos factores en la Raya Espinosa y Raya Volantin en la Macrozona Sur (N=68). C) Puntuación de cuan afecta estos factores en ambas rayas en todo el sitio de Estudio (N=77). Los subíndices muestran significancia o no de las variables mediante la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis y prueba a posteriori de Dunn, mientras que las rayas negras indican las medias.

### Estimaciones sobre el reporte de capturas ante diferentes hitos de la pesquería de la raya en Chile.

La estimación por parte de los pescadores artesanales sobre sí las estadísticas oficiales se ven reflejadas con las que se declaran, obtienen diferencias significativas entre ambas macrozonas, por lo que los resultados indican que en la Macrozona Norte creen que estas estadísticas “No reflejan en la realidad en absoluto,” ya que obtiene una media de 2, con rangos de respuestas del 1 al 3 (**Figura 74A**,  $P=0,003$ ). Mientras que, para la Macrozona Sur, existen opiniones más positivas y neutrales en comparación a la macrozona Norte, obteniendo una media de 4 (Neutral) y un rango de respuestas de 2 a 6 (**Figura 74A**,  $P=0.003$ ).

Ahora bien, al analizar todo el área de estudio, los resultados son concordantes a los obtenidos a la macrozona sur, pues mantiene el rango de respuestas de un 2 al 6, como también su media de 4, por lo que los resultados obtenidos indican que, por lo general, los pescadores artesanales se inclinan a que “no pueden confiar, pero tampoco desconfiar” de que los reportes de la declaración de la pesca de rayas se reflejen en las estadísticas oficiales (**Figura 74B**).



**Figura 74.** Diagrama de cajas agrupadas sobre las puntuaciones declaradas por los pescadores artesanales con relación a cuanto creen que el reflejo de las estadísticas oficiales sea concordante con las que se declaran oficialmente en la pesquería de la raya. La puntuación va desde el 1, “No reflejan la realidad en absoluto”; hasta el 7, “Reflejan Completamente”. A) Resultados asociados por Macrozona Norte y Sur. B) Resultado asociado a todo el sitio de Estudio. Los subíndices muestran significancia o no de las variables mediante la prueba no paramétrica de U de Mann-Whitney, mientras que las rayas negras indican las medias.

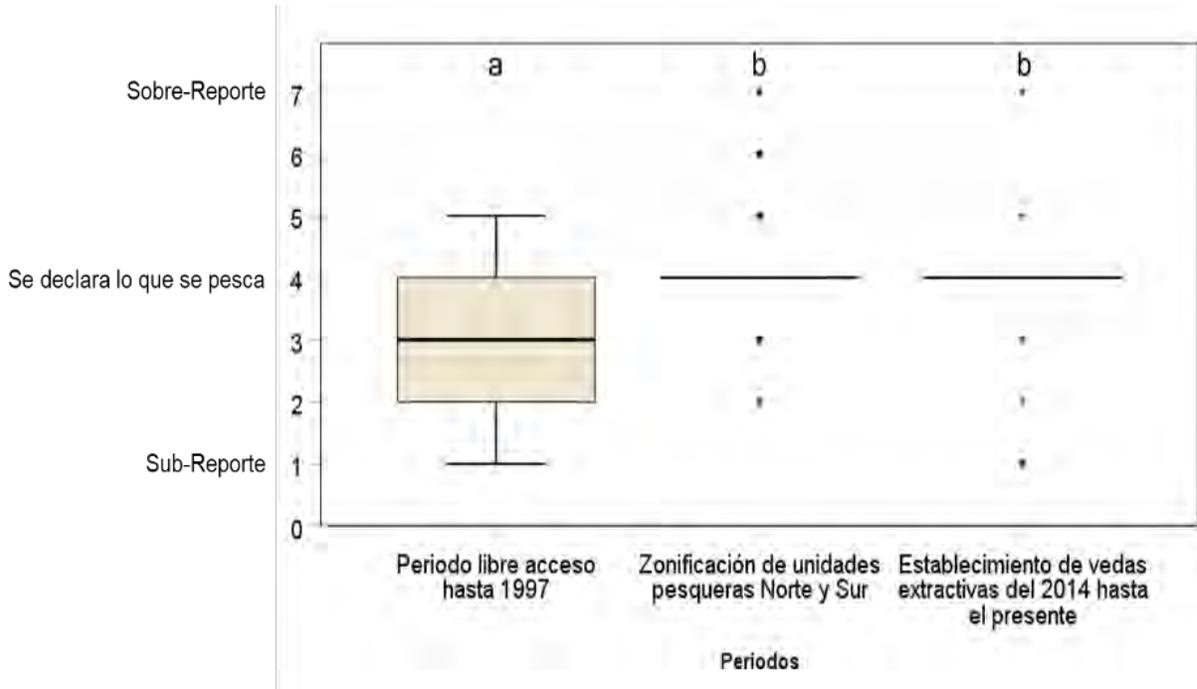
Los resultados anteriores, son justificados por los mismos pescadores artesanales debido a que se les pidió explicar sus respuestas de manera abierta, preguntándoles la razón del puntaje otorgado. Estas opiniones fueron jerarquizadas mediante conceptos o términos en los cuales una parte expresa que confían que las estadísticas oficiales se reflejen “*Por una eficiente fiscalización*” con 32 menciones; mientras que por otra parte, declaran desconfianza porque sostienen que existen “*Cifras Manipuladas*” con 26 menciones, estadísticas alteradas “*Por robo de otras flotas*” con 12 menciones y “*Por falta de fiscalización*” con 7 menciones (Figura 75).



**Figura 75.** Razón del por qué las estadísticas de rayas se reflejan o no se reflejan en la realidad. A) Nube de palabras sobre el número de menciones (El tamaño de las palabras es proporcional al número de menciones). B) Número de menciones de cada concepto/palabra identificada.

Por otra parte, cuando a los pescadores artesanales se les pregunta cómo se han declarado estas capturas en distintas etapas de la historia de la pesquería de la raya en Chile, los resultados indican que es el “*periodo de libre acceso*” la época que ocurre un evidente “Sub-reportaje” (es decir, declararon menos que la captura real), obteniendo diferencias significativas con la etapa de “*La zonificación de unidades pesqueras*” y el “*Establecimiento de vedas extractivas hasta el presente*” (Figura 76,  $P=0,000$ ). Estos dos últimos periodos,

no obtienen diferencias significativas entre sí, obteniendo puntajes neutros con una media y rango de respuestas de 4, indicando así que en estos periodos no hubo Sub-Reporte ni Sobre-Reporte, sino que “Se declaraba lo que se pescaba” (Figura 76,  $P=0,000$ ).



**Figura 76.** Diagrama de cajas sobre las puntuaciones declaradas por los pescadores artesanales en cómo se han declarado las capturas de la Raya Volantín y Raya Espinosa en distintas etapas de la historia de la pesquería de la raya. La puntuación va desde el 1, “Sub-Reporte”; 4, “Se declara lo que se pesca”; y el 7, “Sobre-Reporte”. Los subíndices muestran significancia o no de las variables mediante la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis y prueba posteriori de Dunn, mientras que las rayas negras indican las medias.

Estos resultados, son justificados por los mismos pescadores artesanales debido a que se les pidió explicar sus respuestas de manera abierta, preguntándoles la razón del puntaje otorgado. Estas opiniones fueron jerarquizadas mediante conceptos o términos en los cuales para el “Periodo de libre acceso hasta 1997”, hubo “sub-reporte” debido a que sostienen que “No había Fiscalización” con 24 menciones y porque “Se pescaba más de lo que se declaraba” con 18 menciones o “Se declaraba lo que se pescaba” con 17 menciones (Figura 77A, Tabla 11). Por otro lado, para el periodo de “Zonificación de unidades pesqueras de Norte y Sur”, los pescadores expresan que no hubo ni Sub-Reporte ni Sobre-Reporte, ya que existió una mayor “Fiscalización y Control” de la pesquería con 50 menciones (Figura 77B, Tabla 11). Finalmente, para el periodo de “Establecimiento de vedas extractivas desde el 2014 al presente” los pescadores también indican que no hubo

Sub-Reporte ni Sobre-reporte debido a que hay “Fiscalización y Control” de la pesquería con 65 menciones (Figura 77C, Tabla 11).



Figura 77. Nube de palabras del número de menciones respecto a la explicación de los pescadores artesanales de por qué cree que se produjo sub o sobre reporte en A) Periodo de Libre acceso hasta 1994. B) Zonificación de unidades pesqueras Norte y Sur. C) Establecimiento de vedas extractivas desde el 2014 al presente (El tamaño de las palabras es proporcional al número de menciones).

Tabla 11. Número de menciones de cada concepto/palabra identificada con respecto al por qué cree que se produjo Sub o Sobre-reporte en los tres periodos de la pesquería de rayas.

Periodos	Concepto/Palabras	N° de Menciones
Periodo de libre acceso hasta 1997	<i>No había fiscalización</i>	24
	<i>Se pescaba más de lo que se declaraba</i>	18
	<i>Se declaraba lo que se pescaba</i>	17
	Poco mercado	5
	La Raya tenía mayor precio, se pescaba más	4
	Pesca abundante	3
	Para tener más cuotas	2
	No sabe	1
	No trabajaba	1
	<b><i>Fiscalización y Control</i></b>	<b>50</b>

Zonificación de unidades pesqueras Norte y Sur	Se declara lo que se pesca	6
	Mayor organización	4
	Se pescaba más de lo que se declaraba	4
	No sabe	3
	Por establecimiento de Cuotas	2
	Abundancia de Rayas, se pescó más	1
	Disminución de Rayas	1
	Pesca Ilegal	1
	Se pescaba menos de lo que se declara	1
Establecimiento de vedas extractivas desde el 2014 al presente	<b>Fiscalización y Control</b>	<b>65</b>
	No se pescó por falta de mercado	6
	Se declara lo que se pesca	2
	Pesqueras Grandes pescan más	1
	Se pesca más de lo que se reporta	1

#### 4.2- OBJETIVO ESPECIFICO 3

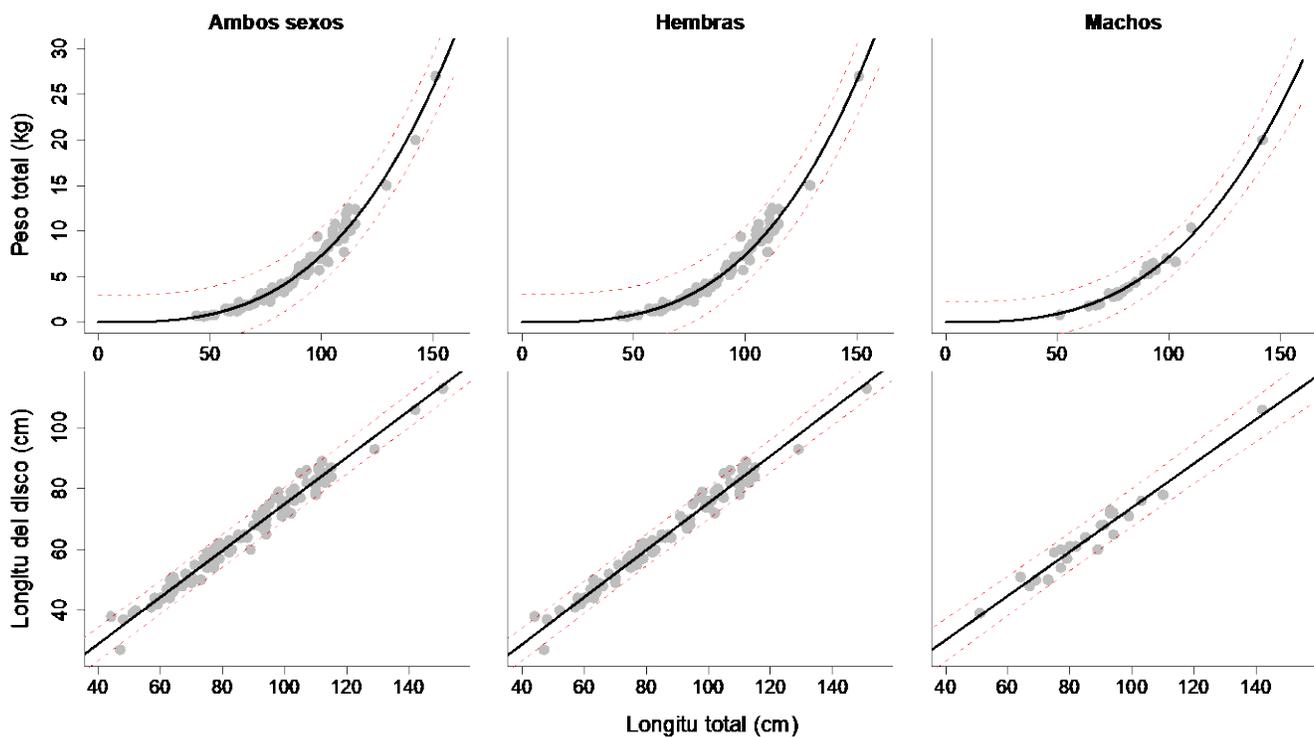
*Desarrollar un protocolo de toma de información y diseño para estimar indicadores de abundancia relativa.*

En total se extrajeron y muestrearon 109 rayas volantín y 1 raya espinosa. Durante la primera faena se capturó un total de 68 rayas volantín, de éstas, 25 se capturaron en el primer lance de 1.400 anzuelos y las 43 restantes en el lance de 2.100 anzuelos. Durante la segunda faena, se capturó 41 especímenes de raya volantín y 1 de raya espinosa, con 26 en el lance de 2.100 anzuelos y 15 en el lance de 1.400 anzuelos. Las bitácoras de muestreo se encuentran en **ANEXO III**. Se capturó un total de 581 kg de raya volantín y 0.6 kg de raya espinosa. Las características de los espineles para las dos faenas se presentan en **Tabla (12)**.

**Tabla 12.** En esta tabla se observan las características generales de cada viaje y faena realizada en Hualaihue, región de los Lagos.

Características faena	la	Viaje 1		Viaje 2	
		Faena 1	Faena 2	Faena 1	Faena 2
Carnada		Pejerrey	Pejerrey	Pejerrey	Pejerrey
Conservación		Salado	Salado	Salado	Salado
Hora calada		11:50:24	12:30:20	15:52:48	16:26:11
Hora virada		11:29:37	15:09:53	11:28:17	15:50:37
Horas de reposo		23:39:13	27:39:33	19:35:29	23:24:26
Latitud calada		-42.0712	-42.0832	-42.1148	-42.1073
Longitud calada		-72.8288	-72.7956	-72.8424	-72.8454
Latitud virada		-42.0834	-42.0707	-42.1052	-42.0962
Longitud virada		-72.7942	-72.8178	-72.8477	-72.8801
No de anzuelos		1400	2100	2100	1400
Numero de Rayas volantín	Rayas	25	43	26	15
Numero Rayas espinosa	Rayas	0	0	0	1
Peso total Rayas volantín (kg)	Rayas	97.1	285.1	116.1	83.7
Peso total Rayas espinosa (kg)	Rayas	0	0	0	0.6

Los modelos de potencia talla–peso para raya volantín muestran una relación no lineal característico de este rasgo de historia de vida. En el caso de los modelos talla–longitud del disco, estos muestran una característica relación lineal. Los modelos en general se ajustan consistentemente con lo esperado para la especie, con una varianza explicada por sobre el 95% para todos los modelos (**Figura 78, Tablas 13 y 14**).



**Figura 78.** Los paneles superiores muestran el ajuste del modelo no lineal para la relación longitud–peso total y los inferiores, el ajuste del modelo lineal para talla-longitud del disco. Los puntos grises representan los valores observados. La línea negra corresponde al ajuste del modelo, el área azul y líneas punteadas rojas a los intervalos de confianza del ajuste y los valores predichos, respectivamente.

**Tabla 13.** Parámetros estimados por el modelo relación talla–peso con los errores estándar mostrado en paréntesis. El valor de R<sup>2</sup> muestra la calidad del ajuste para cada modelo. Nivel de significancia para los parámetros estimados: (\*\*\*\**p* < 0.001, \*\*\**p* < 0.01, \*\**p* < 0.05, \**p* < 0.1, *p* < 1)

Modelo Talla–Peso	<i>a</i>			<i>b</i>			R <sup>2</sup>
Ambos sexos	4.67E-06	(<0.01)	***	3.098	(0.05)	***	0.97
Hembras	3.63E-06	(<0.01)	***	3.154	(0.06)	***	0.97
Machos	8.83E-06	(<0.01)	**	2.954	(0.07)	***	0.98

**Tabla 14.** Parámetros estimados por el modelo relación longitud del disco–talla con los errores estándar mostrado en paréntesis. El valor de R<sup>2</sup> muestra la calidad del ajuste para cada modelo. Nivel de significancia para los parámetros estimados: (\*\*\*\**p* < 0.001, \*\*\**p* < 0.01, \*\**p* < 0.05, \**p* < 0.1, *p* < 1).

Modelo Talla–Ancho del disco	<i>Intercepto</i>		<i>L</i>			R <sup>2</sup>
Ambos sexos	-1.64	(1.11)	0.77	(0.01)	***	0.97
Hembras	-2.18	(1.18)	0.77	(0.01)	***	0.97
Machos	1.20	(2.98)	0.72	(0.03)	***	0.95

### Fauna acompañante

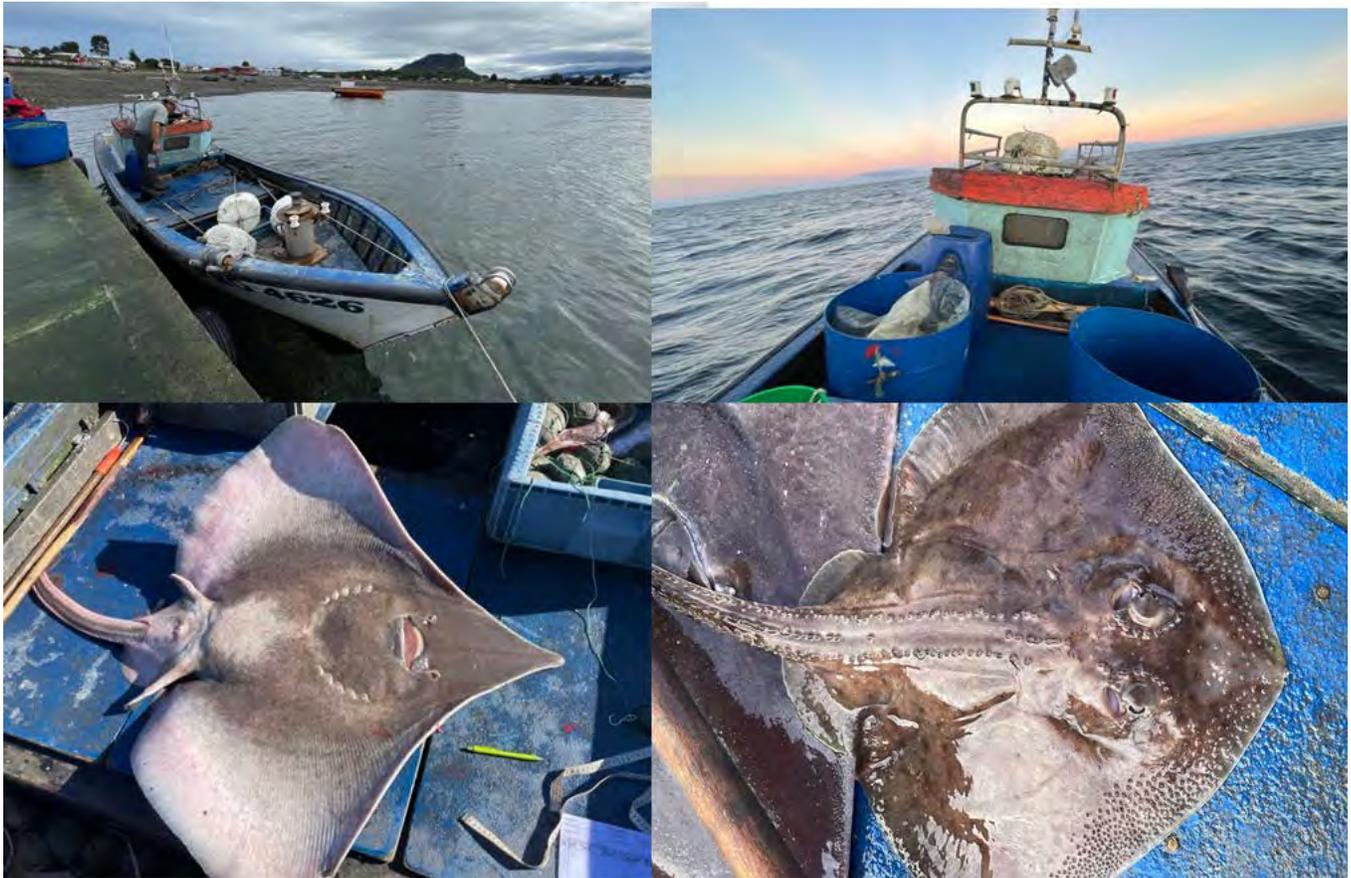
La fauna acompañante de la pesquería artesanal de raya volantín está caracterizada, en su mayoría, por peces óseos y cartilaginosos. Además, existe la presencia de especies raras como el tiburón fume, esponjas y corales de profundidad (**Tabla 15**). Las especies observadas son características de la pesquería de espinel demersal sur austral a profundidades mayores de 300 m (Quiroz et al. 2008). El porcentaje de congrio dorado observado como fauna acompañante fue similar a lo observado en cruceros de pesca para la pesquería de rayas en aguas interiores de la región de los Lagos (Quiroz et al. 2008).

**Tabla 15.** Fauna acompañante de la pesquería artesanal de raya volantín. La captura esta expresada en porcentaje capturado cada 1.000 anzuelos.

Grupo	Nombre común	Especie	% CPUE
Peces	Congrio dorado	<i>Genypterus blacodes</i>	36.2%
Peces	Chancharro	<i>Helicolenus lengerichi</i>	21.9%
Condrictios	Pinta roja	<i>Schroederichthys chilensis</i>	21.1%
Condrictios	Tollo	<i>Mustelus mento</i>	15.6%
Condrictios	Peje gallo	<i>Callorhinchus callorynchus</i>	2.9%
Condrictios	Tiburón fume	<i>Hexanchus griseus</i>	1.1%
Peces	Brótula	<i>Salilota australis</i>	0.9%
Porífera	Esponja	Sin identificar	0.2%
Cnidaria	Coral	Sin identificar	0.2%

En general, cuando el viento es somero, el oleaje permite realizar mediciones de talla y peso de la especie objetivo en la cubierta de la pequeña embarcación. Bajo estas condiciones, un único observador, puede cuantificar, medir y pesar hasta 100 individuos de rayas por viaje de pesca. Sin embargo, cuando el viento sur se intensifica, el oleaje dificulta el trabajo en cubierta por el exceso de bamboleo, lo que limita el muestreo en cubierta. En este contexto, si la captura es mayor a 100 rayas o las condiciones de oleaje no son adecuadas, se recomienda medir y pesar los individuos de raya una vez desembarcados.

A continuación, en la **Figura 79** se presentan algunas imágenes de la experiencia de muestreo experimental descrito para la pesquería de rayas. Las bitácoras originales de muestreo se encuentran en el **ANEXO III**.



**Figura 79.** Fotografías de la experiencia de terreno en Hualaihué. Arriba fotos del bote espinero “el Calipso” y abajo a la izquierda un individuo de raya volantín, y a la derecha un individuo de raya espinosa.

## Protocolo de muestreo

### Objetivo

Registro de las características operacionales de lances de pesca espinero artesanal dirigidos a raya.

### Sobre las zonas y caladeros de pesca

Zona de pesca: Corresponde a un cierto sector, delimitado por accidentes geográficos (puntas, islas, canales, otros), al interior de la cual se realizan habitualmente faenas de pesca de Rayas en lugares específicos.

Caladeros: Corresponden a lugares específicos, ubicados dentro de la zona de pesca, los cuales están definidos por factores como la profundidad, tipo de fondo, resguardo de corrientes o vientos, en donde se realiza el calado de las líneas de pesca.

#### Aspectos previos al inicio del viaje de pesca

- Los viajes de pesca, en cada zona de pesca, se realizarán en algunos caladeros, cuya cantidad y ubicación serán definidos previamente al inicio de las operaciones. Debido a que se trata de un monitoreo de la actividad de pesca comercial, el patrón entonces pescará en el lugar que él decida.
- Se entenderá por línea de pesca al espinel delimitado y demarcado por dos flotadores señalizadores en sus extremos. Previo a la salida de pesca se deberá consultar al armador la configuración de arte de pesca, esto es longitud de la línea madre, reinales, cantidad de pesos y flotadores, tamaño y número de anzuelos a calar como También tipo de carnada a usar y presentación de la misma.
- Se deberá preparar todo el material de trabajo a utilizar durante el viaje de pesca. Incluyendo formularios, huinchas de medición, balanzas de gancho, GPS, cámaras de filmación, ropa de trabajo, chalecos salvavidas.
- Para las tareas a bordo, se requieren un observador científico el cual debiese tener las certificaciones que requiere la autoridad marítima para embarque al día.

#### Ejecución de los viajes de pesca

- Se deberá operar siempre tomando las medidas de seguridad necesarias a bordo (uso de chaleco salvavidas), con ropa de agua y botas. Se debe prestar siempre atención a las instrucciones del patrón de pesca tratando de interferir lo mínimo posible en la faena de pesca y actuando conforme a lo indicado en el presente protocolo.

### Calado de líneas

- Se deberá registrar la posición inicial y final del calado tanto en el formulario como en el GPS, además de la totalidad de los aspectos operacionales indicados en el formulario respectivo.
- Se deberá registrar la profundidad inicial y final de calado como también el tipo de sustrato donde se ha calado. Esta información debería ser entregada por el patrón de pesca. Se deberá indicar siempre la unidad de medida para la profundidad (en metros)
- El tiempo de reposo (tiempo en que la línea está calada) se deberá registrar la hora de inicio y fin de calado y la hora de inicio y fin de virado de cada línea
- Se debe indicar la carnada usada (Ej: pejerrey entero fresco en hielo, troncos de róbalo en hielo, sardina entera congelada, sardina fresca salada entera, trozos de aletas de jibia (indicar aleta, manto, tentáculos) fresca sin hielo de 10 cm de largo app.)

### Virado de líneas y registro de captura

- Se debe registrar la posición de inicio y fin de virado de la línea, tanto en el formulario como en el GPS.
- En el campo de observaciones deberá registrarse si hay o no presencia de mamíferos marinos durante el virado (diferenciando entre lobos marinos, cetáceos), señalando, de ser posible, algún estimador de número.
- La tarea de registro de captura deberá ser llevada a cabo por el observador científico de modo tal que se registre cuidadosamente la totalidad de la información contenida en el formulario.

### Muestreo de tallas y peso

- La tarea de registro de captura deberá ser llevada a cabo por el observador científico de modo tal que se registre cuidadosamente la totalidad de la información contenida en el formulario.
- El observador científico deberá situarse al costado de la línea virada con el fin de separar las capturas a medida que sean subidas a bordo. Las capturas serán dispuestas en bandejas, separadamente por especie.
- La totalidad de la captura deberá ser subida a bordo con el fin de llevar a cabo su conteo.
- Una vez finalizado el virado y después de tener separadas las capturas en cajas, se procederá a la medición de tallas y pesos de las rayas capturadas.
- Para la medición de tallas de rayas, se deberá medir y registrar la longitud total y de disco por el lado ventral, con un máximo de 100 ejemplares de raya indicado a que especie pertenece cada una.
- De la misma forma, se deberá pesar cada ejemplar de raya, para lo cual se debe registrar el peso total con un máximo de 100 ejemplares de raya indicado a que especie pertenece cada una.
- Debido a la dificultad de pesas a bordo rayas de mas de 10 kg, se debiese separar una muestra de estas rayas y pesarlas en tierra. Anotar que se pesaron individuos en tierra en la sección de observaciones de la bitácora.
- Si se capturan más de 100 individuos de raya, se deberá de todas maneras contabilizar la captura total por especie.
- Se deberá registrar la Fauna acompañante separadas por especie y en un conteo censal.

### Respaldo de información

La información generada durante los cruceros deberá ser respaldada mediante:

- Fotografía de cada uno de los formularios llenados en el crucero.
- Traspaso de memorias de cámaras a computador en tierra.
- Traspaso de waypoints de GPS a computador en tierra.

### Formularios de muestreo

En el Anexo III se presentan los formularios utilizados durante el muestreo.

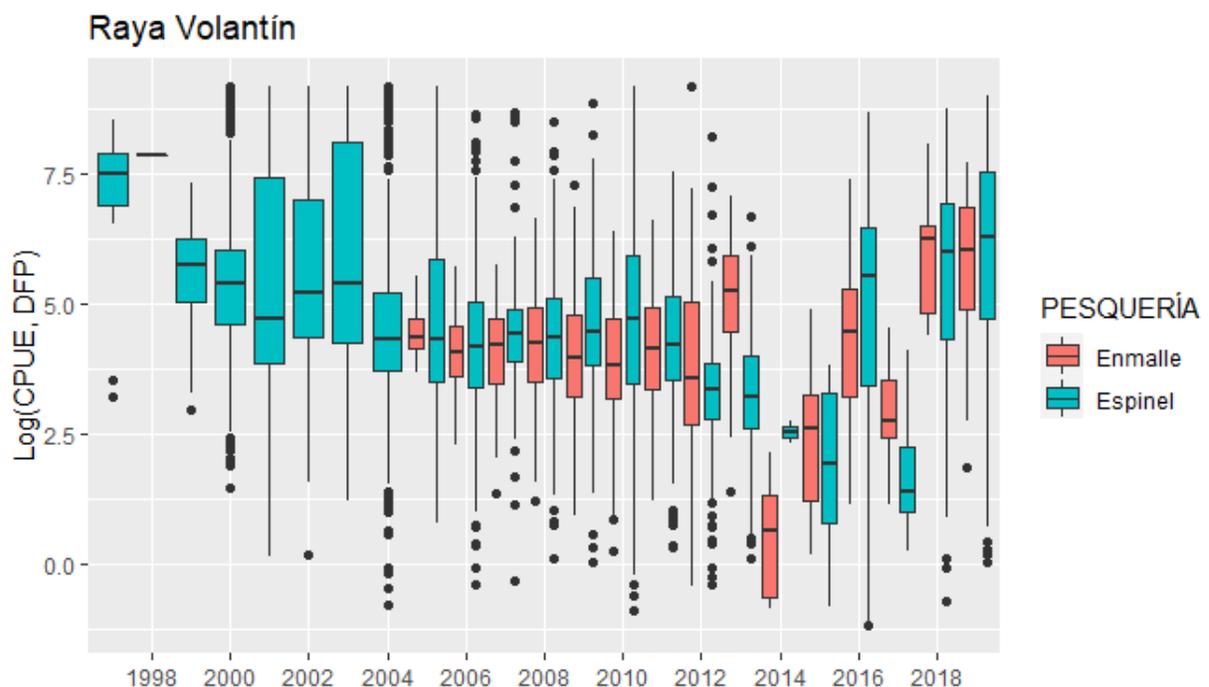
#### 4.3- OBJETIVO ESPECIFICO 4

*Estimar indicadores de abundancia relativa para el periodo histórico más largo posible*

##### 4.2.1. Estandarización de CPUE mediante modelos aditivos mixtos.

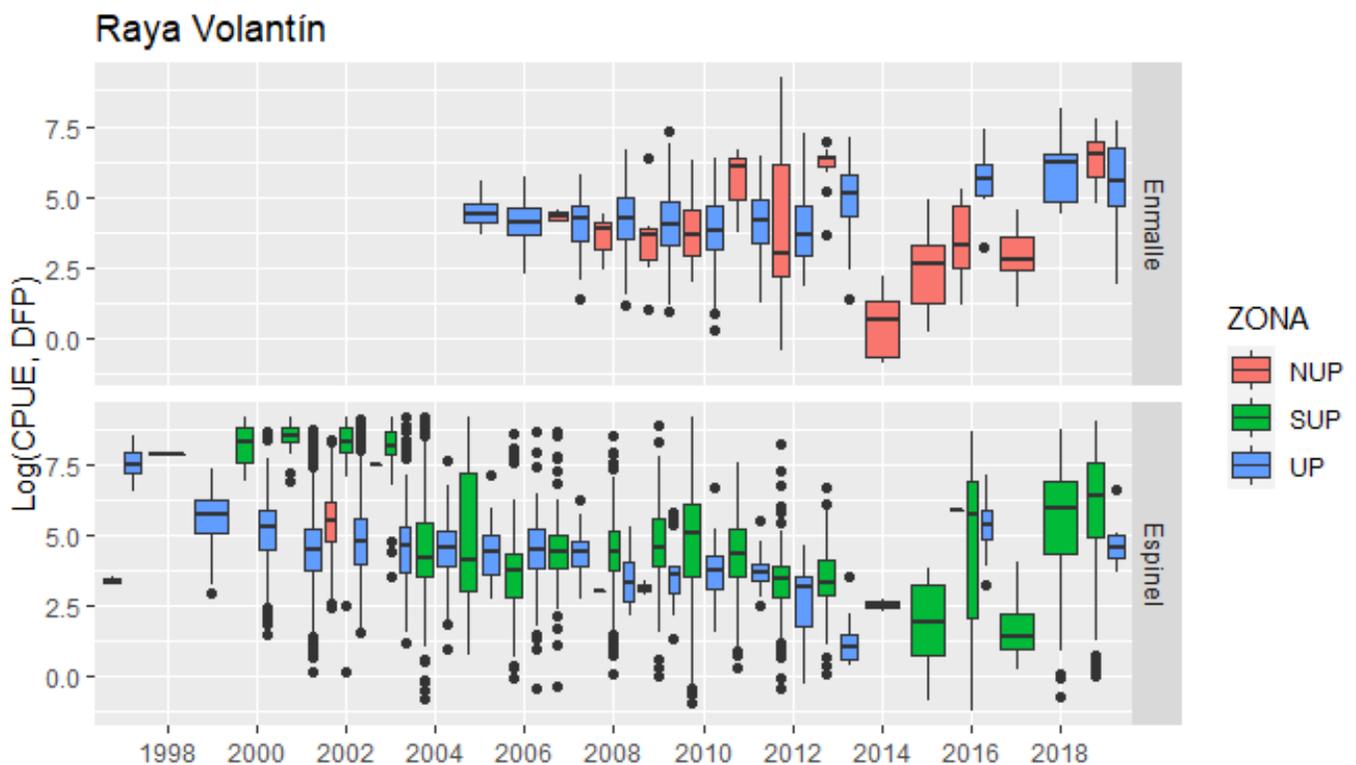
#### Raya Volantín

Para el caso de raya volantín, los datos de espinel comienzan en 1997 y se hacen disponibles para este proyecto hasta el año 2019. Para el caso del enmalle, la serie de tiempo es más corta, iniciándose en el año 2005. En ambos artes de pesca, los rendimientos en días fuera de puerto (DFP) muestran importantes diferencias a través del tiempo. En el caso del espinel, se encuentra una cierta estabilidad, aunque gran variabilidad, entre el año 1999 y 2003, luego un periodo de estabilidad de los rendimientos y menor variabilidad entre 2004 y 2012, para luego caer a un periodo de relativos bajos rendimientos entre el 2013 y 2017. Algo similar se observa en el enmalle, con una relativa estabilidad al inicio de la serie entre 2005 y 2012, para luego pasar a un periodo de bajos rendimientos 2014 y 2015. Ambas pesquerías en los últimos tres años de la serie muestran rendimientos más altos que el promedio de sus respectivas series (**Figura 80**).



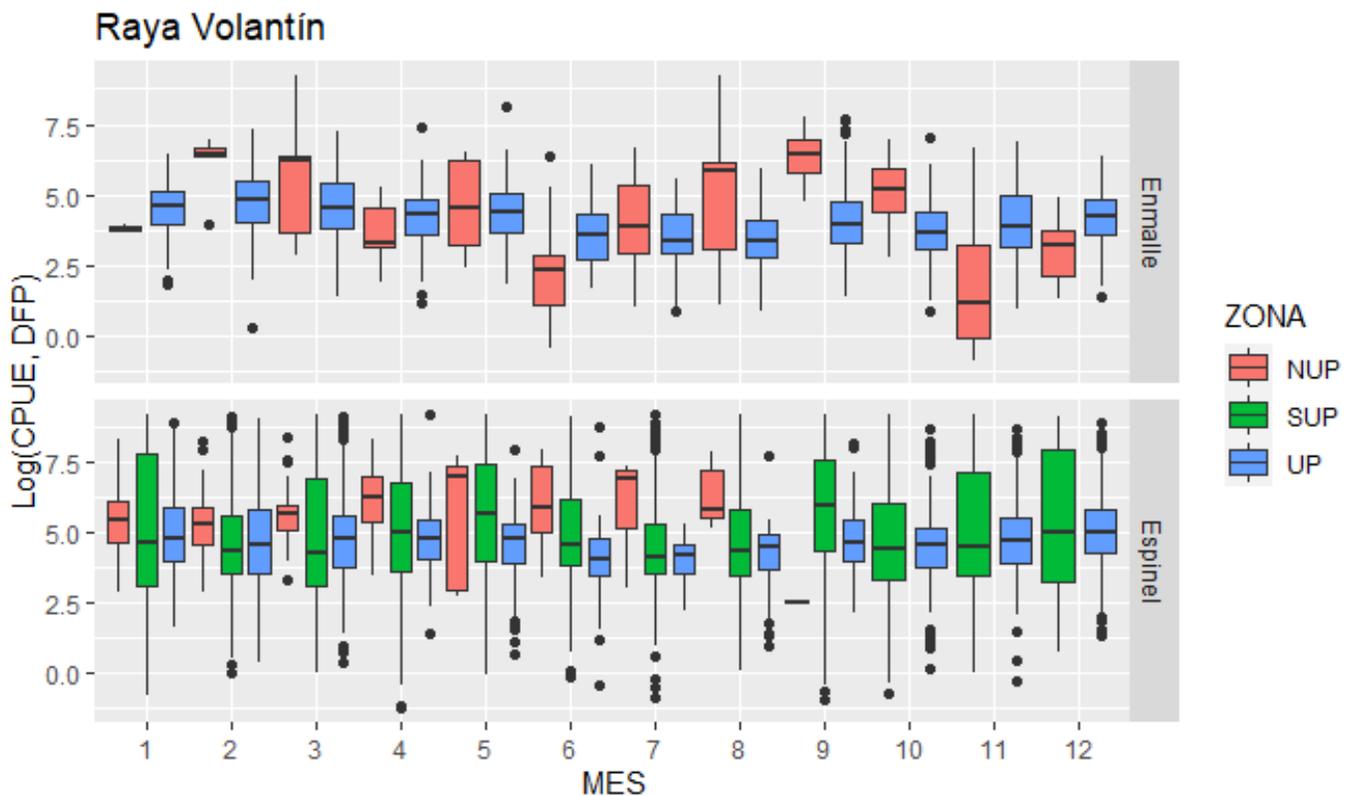
**Figura 80.** Boxplot de la log(CPUE) en Días Fuera de Puerto (DFP) a través de los años y pesquerías para raya volantín.

Cuando se analizan los rendimientos por unidad de pesquería en la **Figura 81**, se puede observar que la serie más completa se encuentra en espinel, ya sea en la Unidad de Pesquería (UP) o al sur de la misma (SUP). Ambas unidades de pesquería muestran una tendencia al decrecimiento desde el 2000 al 2013, para del año 2014 en adelante, mostrar un periodo de alta variabilidad en los rendimientos, haciéndose alto en los últimos dos años de la serie. Note además que al norte de la unidad de pesquería (NUP), solo en el año 2002 se tienen registros para espinel. Debido a que no se pesca con enmalle al sur de la unidad de pesquería (SUP), este arte de pesca sólo tiene información en UP o en la (NUP). A diferencia del espinel, en enmalle no se puede apreciar una tendencia clara en los rendimientos, que son más bien constantes entre el 2005 y 2013 para tener un periodo de bajos rendimientos entre 2014 y 2017 en la NUP y levemente más altos que el promedio en la UP.



**Figura 81.** Boxplot de la log(CPUE) en Días Fuera de Puerto (DFP) a través de los años, pesquerías y zonas de pesca en raya volantín. UP define a la unidad de pesquería, S es al sur y N es al norte de la UP.

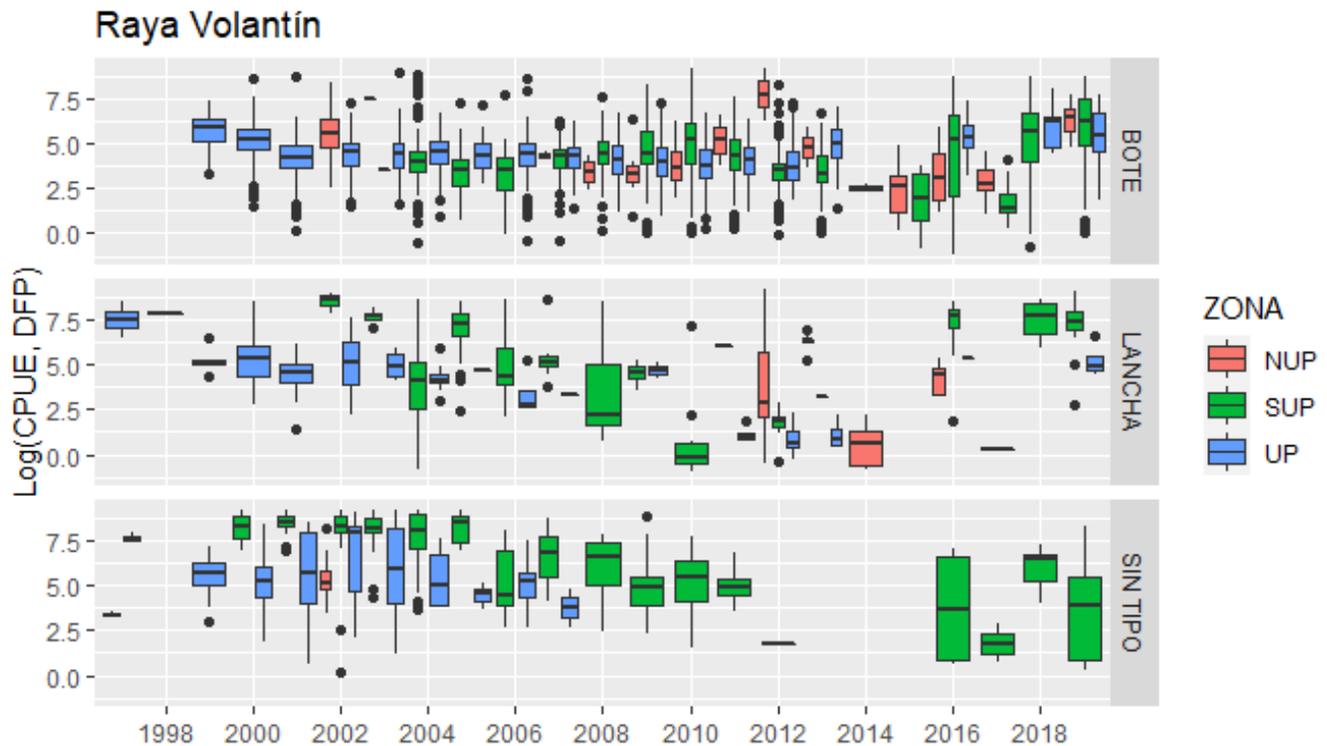
Cuando se analizan los rendimientos de forma mensual, llama la atención que éstos no sean de un carácter muy estacional (**Figura 82**). Salvo el caso particular de los rendimientos de espinel en la NUP (que sólo corresponden al año 2020), se tiene operación a través de todos los meses en ambos artes de pesca. Los rendimientos mensuales en espinel, tanto en la UP como en la SUP, tienden a ser bastante homogéneos a través de los meses. En el caso del emalle, algo más de variabilidad se encuentra en la NUP, pero en la UP son bastante similares los rendimientos a través de los meses.



**Figura 82.** Boxplot de la log(CPUE) en Días Fuera de Puerto (DFP) a través de los meses, pesquerías y zonas de pesca en raya volantín. UP define a la unidad de pesquería, S es al sur y N es al norte de la UP.

La información analizada por tipo de embarcación, nos indica que son sólo los botes los que tienen una participación frecuente en las tres unidades de pesquería (**Figura 83**). Las lanchas son mucho más esporádicas con cierta participación más frecuente al inicio de la serie, antes del año 2008. Note que en la base de datos existen también registros que no

tienen la categoría de embarcación y que son más frecuentes de encontrar antes del año 2010.



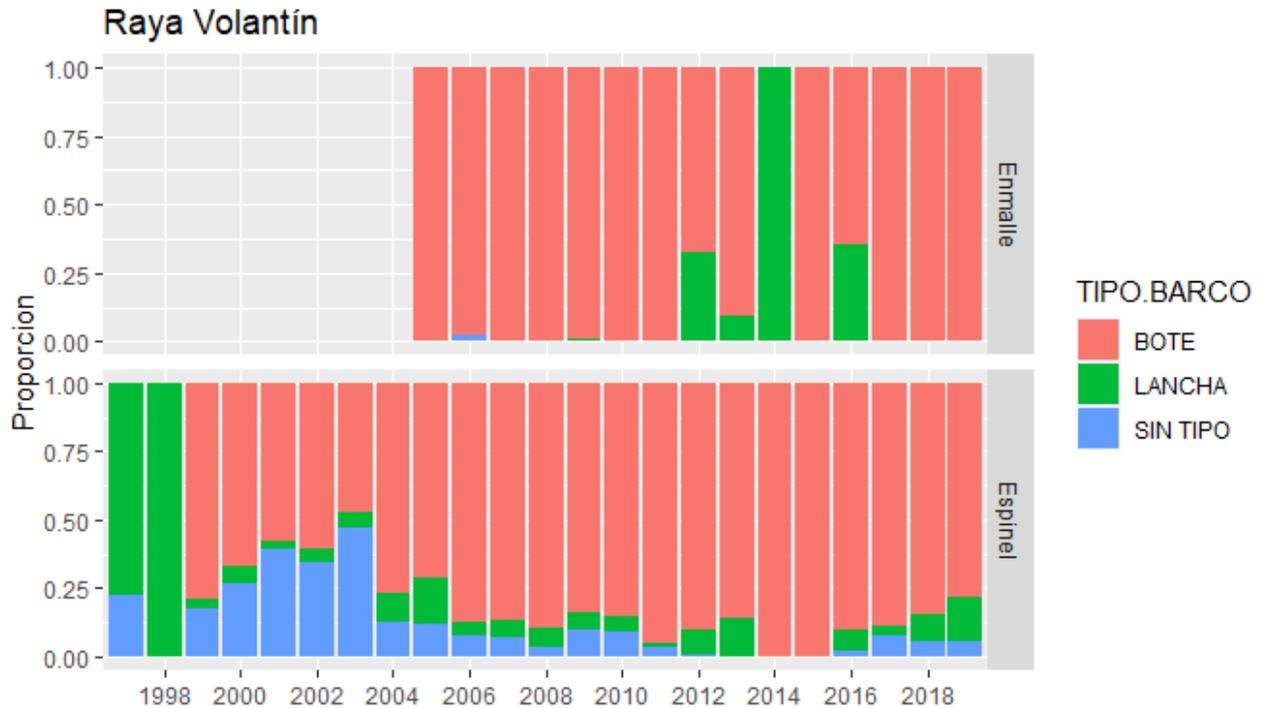
**Figura 83.** Boxplot de la log(CPUE) en Días Fuera de Puerto (DFP) a través de los años, tipo de embarcación y zonas de pesca en raya volantín. UP define a la unidad de pesquería, S es al sur y N es al norte de la UP.

Como una forma de analizar la importancia en la frecuencia que tiene el arte de pesca para raya volantín en las tres unidades de pesquera, la **Figura 84** nos indica la proporción de lances por año. Acá se puede apreciar, algo similar a los gráficos anteriores por cuanto la SUP es solamente operada por espineleros, mientras que al revés, la NUP es principalmente referente a enmalle. En la UP ha habido un cambio gradual, donde antes de 2004 era solamente dominada por espineleros, con un periodo entre 2005 y 2008 de transición hacia la pesquería de enmalle que es más común hoy en día, salvo el año 2016.



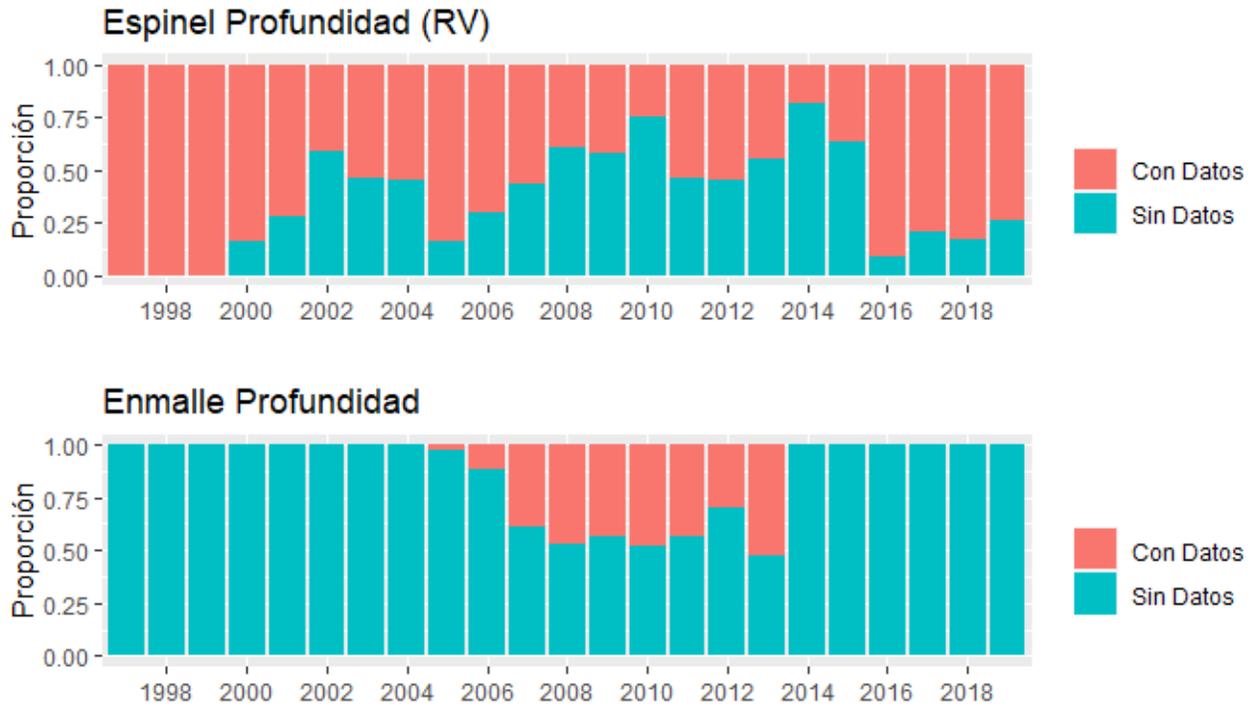
**Figura 84.** Proporción de datos existentes por año, zona de pesca y tipo de pesquería, para raya volantín.

Corroborando la información anterior, la pesquería de raya volantín es, en su gran mayoría, de botes donde las lanchas sólo se hacen importantes en los dos primeros años de la serie de espinel y entre los años 2012 y 2014 en el enmalle. La proporción de lances sin identificación del tipo de embarcación es importante antes del 2003 con una proporción de alrededor de 30% de lances sin asignación de tipo de embarcación. Desde el año 2004 en adelante se tiene una asignación de embarcación en la mayoría de los lances (**Figura 85**).



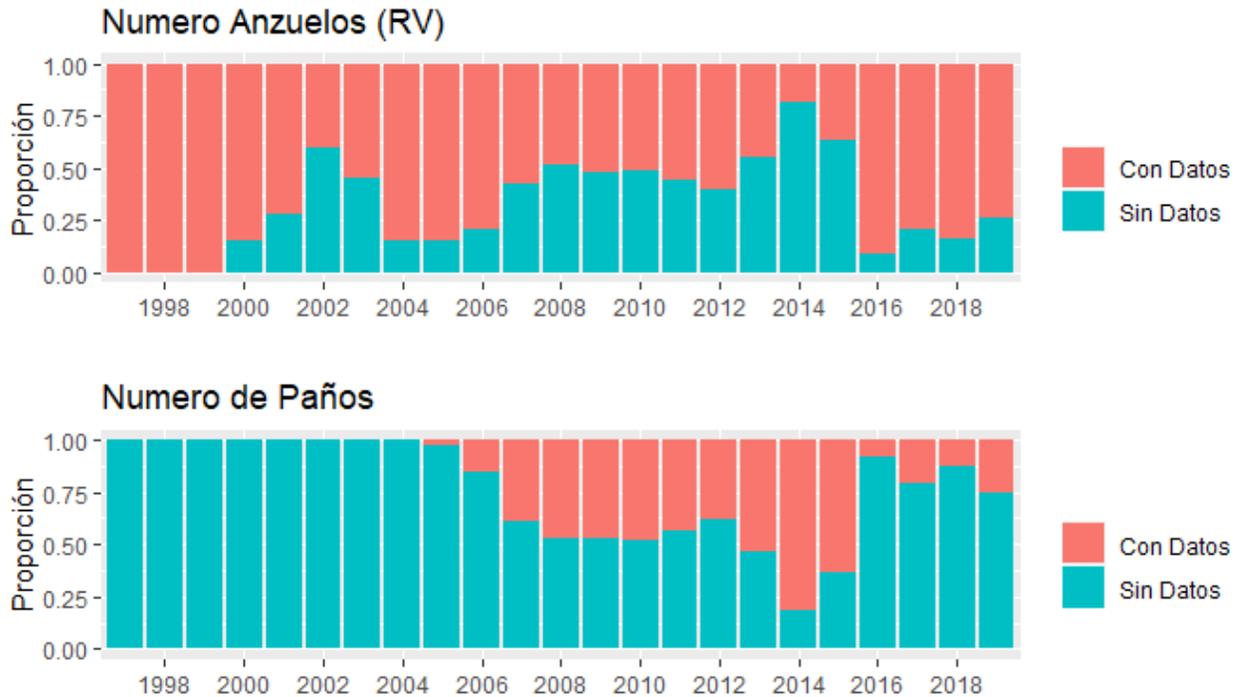
**Figura 85.** Proporción de datos existentes por año, zona de pesca y tipo de pesquería, para raya volantín.

Los rendimientos de raya volantín y espinosa son fuertemente dependientes de la profundidad (Quiroz et al. 2008), por lo tanto, la exploración de la base de datos en cuanto a registros de lances con profundidad es importante. Como se puede apreciar en la **Figura 86**, para el caso del enmalle, sólo datos entre el año 2005 y 2013, tienen algunos registros de profundidad, pero en ningún caso supera al 50% de los lances. En los últimos años, desde el 2014 en adelante, ninguno de los registros contiene datos de profundidad. Para el caso del espinel es diferente, se observa que todos los viajes contienen profundidad en los tres primeros años de la serie. Desde el 2016 al 2019, más del 80% de los viajes tiene datos de profundidad en sus registros. Entre el año 2000 y 2015 la proporción de lances con registros de profundidad es variable con una media de alrededor del 50% de registros que contienen esta información.



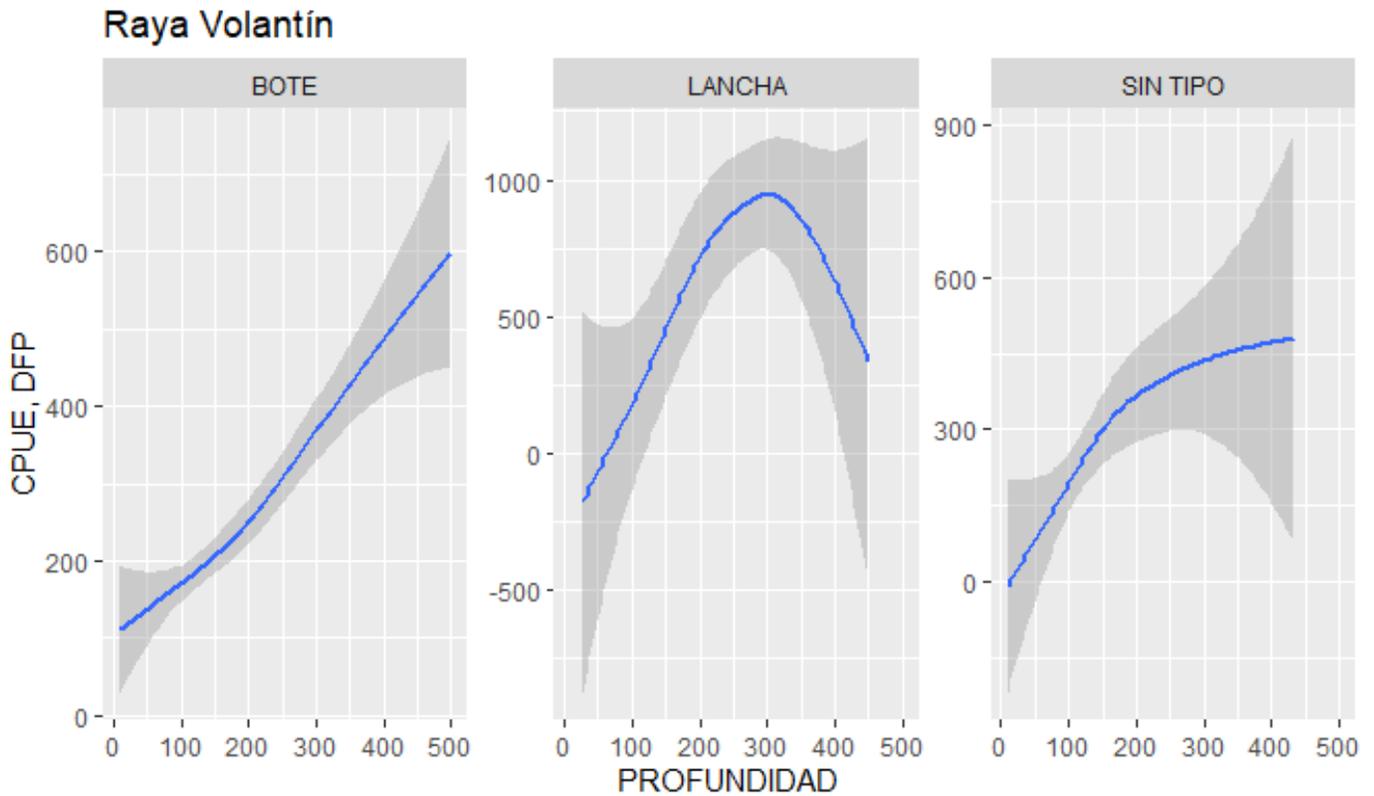
**Figura 86.** Proporción registros por año, y arte de pesca que tienen información de profundidad, para raya volantín.

De una forma similar al gráfico anterior, los lances que contienen información más fina para definir una unidad de esfuerzo, como lo son el número de anzuelos en el caso del espinete o número de paños en el caso del enmalle, sufre variaciones a través de los años. En el caso del espinete, lo regular es que los registros con profundidad también contengan información del número de anzuelos calados. En el caso del número de paños de enmalle, son sólo pocos registros con dicha información hacia el final de la serie. Antes del año 2016 son menos del 50% de los lances que presenta información del número de lances en enmalle (**Figura 87**).



**Figura 87.** Proporción registros por año, y arte de pesca que tienen información de numero de anzuelos para el espinel, o número de paños en el caso de enmalle. Pesquería de raya volantín.

Cuando se analiza la relación de los rendimientos con profundidad, la **Figura 88** nos revela que ambos tipos de embarcaciones (espineleros) presentan diferencias en su comportamiento con la profundidad. Por una parte, los botes parecen aumentar los rendimientos en profundidad y en las lanchas ocurre una forma de domo, en donde los rendimientos se maximizan alrededor de los 300 metros. En el caso de las embarcaciones sin asignación de tipo ocurre una curva mezclada, lo que nos puede estar dando indicios que en esa categoría hay tanto botes como lanchas.



**Figura 88.** Funciones suavizadas de  $\log(\text{CPUE})$  en Días Fuera de Puerto (DFP) y profundidad por tipo de embarcación espinelera en la pesquería de raya volantín.

En la **Tabla 16** se presenta una primera aproximación gruesa para la determinación de factores que están influyendo en las tasas de captura de raya volantín en ambas pesquerías. Como se puede apreciar en espinel, tanto la unidad de medida de días fuera de puerto (DFP) como el número de anzuelo (ANZ) indican que la gran mayoría de los años son significativos. Esto demuestra que los efectos anuales son diferentes de la media y por lo tanto pueden entregar una tendencia en la CPUE. Por otra parte, como ya se había observado en la **Figura 82**, los rendimientos son poco variables entre meses y, por lo tanto, la mayoría de estos efectos no son significativos ( $p > 0,05$ ), salvo algunos meses particulares. En los modelos 1 y 2, la unidad de pesquería es significativa en los rendimientos con DFP, como también los suavizadores para la profundidad. El modelo que utiliza al número de anzuelo como unidad de medida son similares en desempeño al uso del DFP, aunque los suavizadores de profundidad tienden a tener menor significancia. Lo mismo sucede con el modelo mixto que considera un efecto aleatorio para la embarcación, este se hace significativo en DFP, pero no lo es cuando se usan número de anzuelos. Lo anterior, podría estar indicando que los

rendimientos se hacen más homogéneos cuando se utilizan número entre embarcaciones. Note que la comparación de modelos sólo es válida entre pares que contengan el mismo número de datos. En este sentido, el mejor modelo en términos de explicación de devianza, también es el más simple (M1) y en general se aumenta la explicación de devianza en aquellos modelos que utilizan número de anzuelo y suavizadores (M3 y M4).

Para el caso del enmalle no se incluye la profundidad en los modelos dado el bajo número de registros existentes y por lo tanto sólo se compara la estructura de modelo 1 y 2. En el caso del enmalle se observan aspectos diferentes, donde el efecto año antes del 2013 no es significativo, lo que quiere decir que no es diferente de la media. Desde el año 2014, algunos de los años se hacen diferente de la media, salvo el 2016 y 2018, en ambos modelos. Para el enmalle, el efecto que tienen los meses es más relevante que para el espinel donde los meses de junio a octubre son significativamente diferentes a la media. El efecto aleatorio de embarcación no fue significativo ni tampoco el efecto fijo de barco en el modelo 1.



Tomando en cuenta los modelos preliminares presentados en la **Tabla 16**, se plantearon 6 modelos específicos para la inferencia de CPUE de espinel en raya volantín.

M1: Año+MES+ZONA+TIPO BARCO+ S(Prof)

M2: Año+MES+ZONA+TIPO BARCO+ S(Prof)+ Aleat(Barco)

M3: Año+MES+ZONA+TIPO BARCO+ S(Prof)+ CAT BARCO

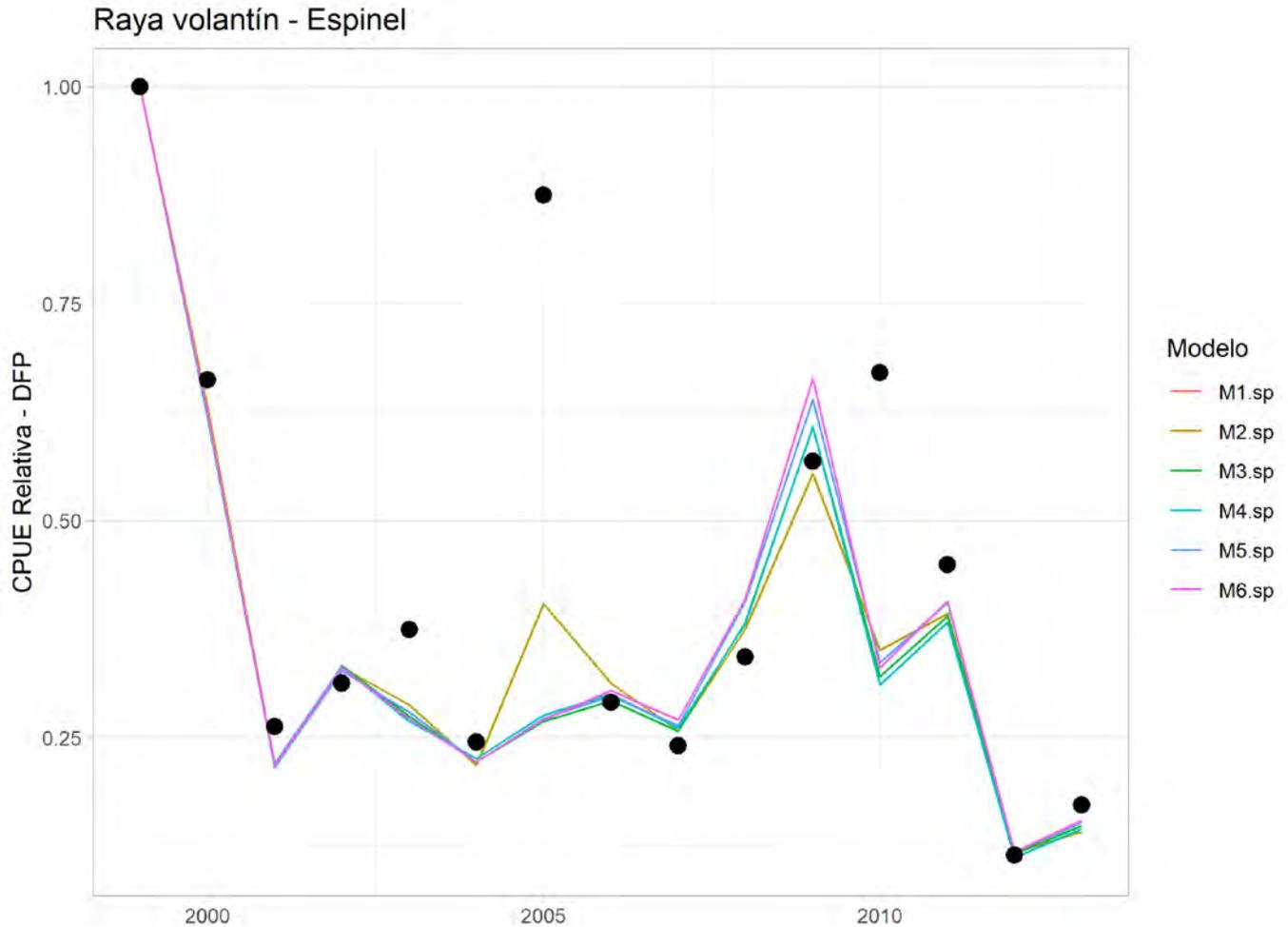
M4: Año+MES+ZONA+TIPO BARCO+ S(Prof, by=ZONA)+ CAT BARCO

M5: Año+MES+ZONA+TIPO BARCO+ S(Prof, by=TIPO BARCO)+CAT BARCO

M6: Año+MES+ZONA+TIPO BARCO+ S(Prof, by=TIPO BARCO)+S(Prof, by=ZONA)+CAT BARCO

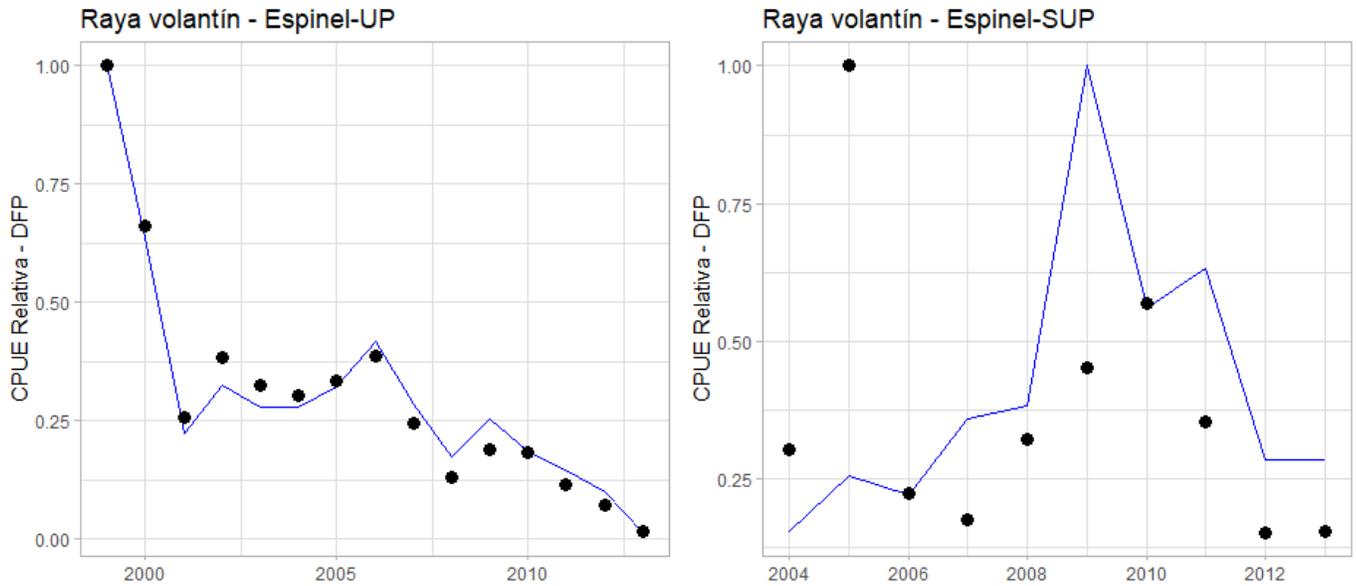
Estos 6 modelos fueron implementados usando días fuera de puerto (DFP), como también el número de anzuelos calados (ANZ). Por otra parte, se eliminaron los registros que no tenían categoría de barco.

La **Figura 89**, muestra los resultados para la CPUE estandarizada (en términos relativos) y la CPUE nominal (observaciones) usando DFP como unidad de esfuerzo. Se puede apreciar que los modelos aplicados no difieren en la tendencia global que tiene la CPUE, pero se presentan diferencias entre la CPUE nominal y la estandarizada particularmente en el año 2005, 2010 y 2011.



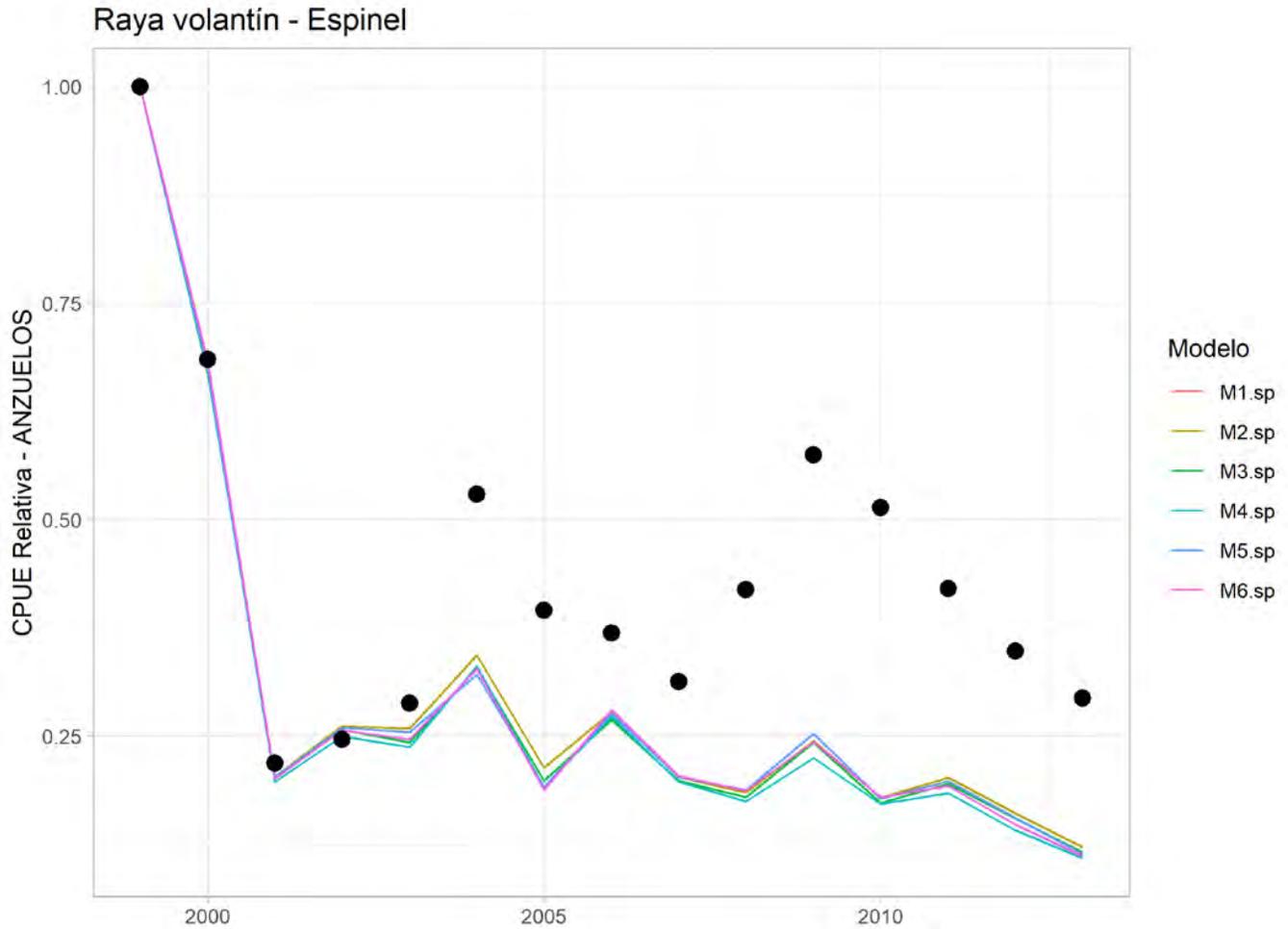
**Figura 89.** Observaciones de captura por unidad de esfuerzo nominales (en puntos) y CPUE estandarizada (en líneas) respecto de los modelos aplicados en la flota espinillera de raya volantín. El esfuerzo esta medido en días fuera de puerto (DFP). Todas las series se encuentran relativas a su máximo y para el periodo 1.

Quando separamos la estandarización de esfuerzo en las dos zonas que tiene mayor cantidad de datos, como lo son UP y SUP, queda de manifiesto la tendencia diferente que presenta la CPUE entre estas zonas (**Figura 90**). Tanto las observaciones de CPUE nominal como la estandarizada, presentan un decrecimiento constante a través del tiempo para la UP. Sin embargo, al analizar la SUP, ésta presenta un crecimiento de los rendimientos entre 2004 y 2010.



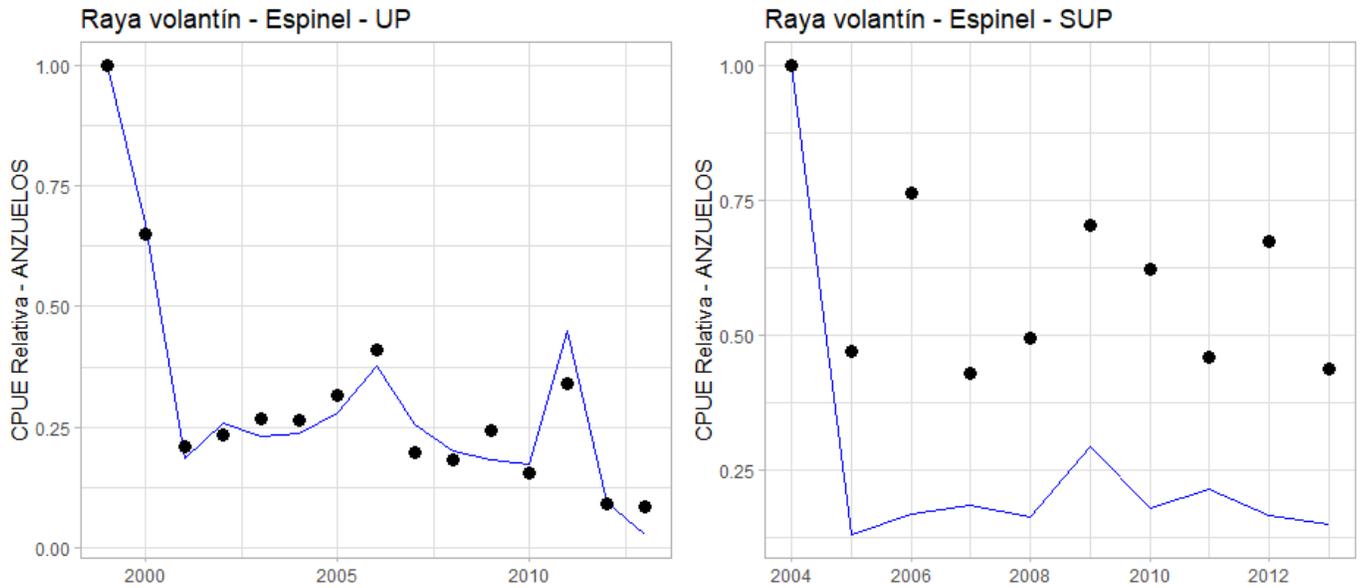
**Figura 90.** Observaciones de captura por unidad de esfuerzo nominales (en puntos) y CPUE estandarizada (para el mejor modelo) en la flota espinelera de raya volantín. El esfuerzo esta medido en días fuera de puerto (DFP). Todas las series se encuentran relativas a su máximo y separadas para la unidad de pesquería (UP) y al sur de la unidad de pesquería (SUP).

Quando se analiza la CPUE utilizando el número de anzuelos calados como unidad de esfuerzo, se puede apreciar que tanto la CPUE nominal, como también las series estandarizadas muestran un abrupto decrecimiento en los primeros tres años de la serie (1999-2001), para luego presentar un decrecimiento constante entre los años 2002 y 2013 (**Figura 91**). Desde el año 2004 a 2013, la CPUE estandarizada difiere en su tendencia, lo que indica que el modelo está filtrando algunos efectos no anuales y por lo tanto es más interpretable como un índice de abundancia, en comparación con el uso de días fuera de puerto como unidad de esfuerzo.



**Figura 91.** Observaciones de captura por unidad de esfuerzo nominales (en puntos) y CPUE estandarizada (en líneas) respecto de los modelos aplicados para flota espinelera en raya volantín. La unidad de esfuerzo usada es número de anzuelos calados. Todas las series se encuentran relativas a su máximo.

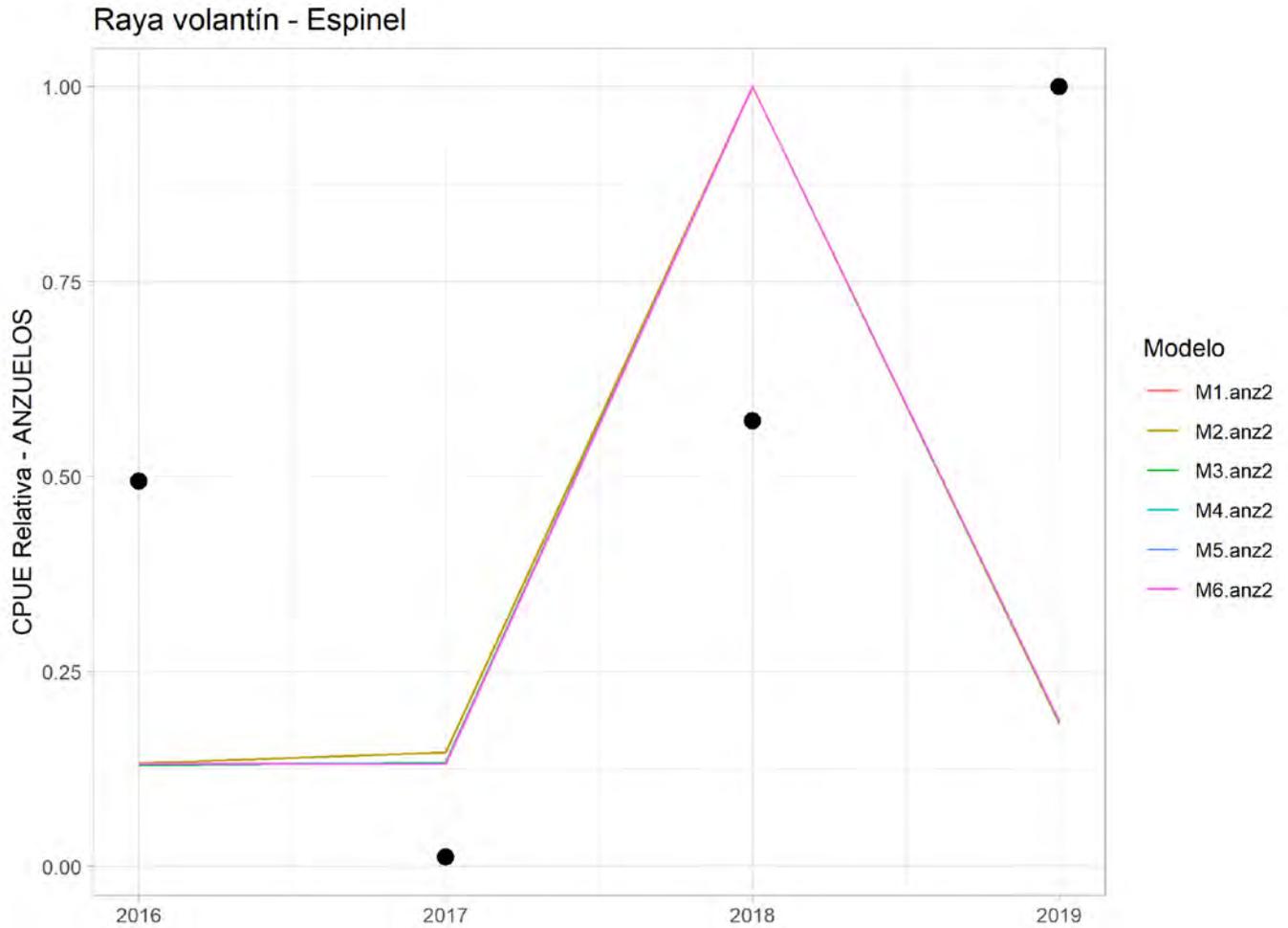
Al analizar la CPUE estandarizada por zona, se puede observar que a diferencia de cuando se usa DFP como unidad de esfuerzo. Al utilizar el número de anzuelos como medida de esfuerzo ambas zonas presentan una tendencia similar en la CPUE estandarizada (**Figura 92**).



**Figura 92.** Observaciones de captura por unidad de esfuerzo nominales (en puntos) y CPUE estandarizada (para el mejor modelo) para la flota espinelera en raya volatín. El esfuerzo esta medido en número de anzuelos calados. Todas las series se encuentran relativas a su máximo y separadas para la unidad de pesquería (UP) y al sur de la unidad de pesquería (SUP).

Las estimaciones de CPUE nominal y estandarizada para el segundo periodo de análisis (2014-2019), se presentan en la **Figura 93**. Tanto la CPUE nominal como las series estandarizadas no muestran una tendencia clara a través de los años. También se puede notar que la CPUE estandarizada presenta diferencias mínimas entre modelos.

En raya volatín la unidad de esfuerzo de número de anzuelos calados entrega mejores modelos de estandarización de esfuerzo respecto del uso de días fuera de puerto. El uso de numero de anzuelos como unidad de medida de esfuerzo entrega un mejor filtro de la señal anual (interpretada como índice de abundancia) cuando se usan las zonas combinadas.



**Figura 93.** Observaciones de captura por unidad de esfuerzo nominales (en puntos) y CPUE estandarizada (en líneas) en la flota espinelera en raya volantín. El esfuerzo es medido como número de anzuelos calados. Todas las series se encuentran relativas a su máximo.

El mejor modelo seleccionado cambia entre periodos (**Tabla 17**). Para el primer periodo, el modelo más complejo (M6) resultó ser el más apropiado (menor valor de GCV), mientras que para el segundo periodo, el modelo (M1) fue seleccionado para la estandarización de esfuerzo.

**Tabla 17.** Comparación de modelos aplicados para la estandarización de CPUE en raya volantín usando número de anzuelos calados como unidad de esfuerzo. En gris se presenta el modelo seleccionado para cada periodo. DEV es la devianza explicada en porcentaje, y GCV es el valor generalizado de correlación cruzada.

Raya Volantin Espinel	P1		P2	
	DEV	GCV	DEV	GCV
M1: Año+MES+ZONA+TIPO BARCO+ S(Prof)	31.5	0.948	41.9	1.080
M2: Año+MES+ZONA+TIPO BARCO+ S(Prof)+ Aleat(Barco)	31.5	0.948	41.9	1.080
M3: Año+MES+ZONA+TIPO BARCO+ S(Prof)+ CAT BARCO	31.8	0.947	43.1	1.088
M4: Año+MES+ZONA+TIPO BARCO+ S(Prof, by=ZONA)+ CAT BARCO	32.6	0.941	43.4	1.091
M5: Año+MES+ZONA+TIPO BARCO+ S(Prof, by=TIPO BARCO)+CAT BARCO	32.3	0.941	43.5	1.090
M6: Año+MES+ZONA+TIPO BARCO+ S(Prof, by=TIPO BARCO)+S(Prof, by=ZONA)+CAT BARCO	33.6	0.932	43.7	1.094

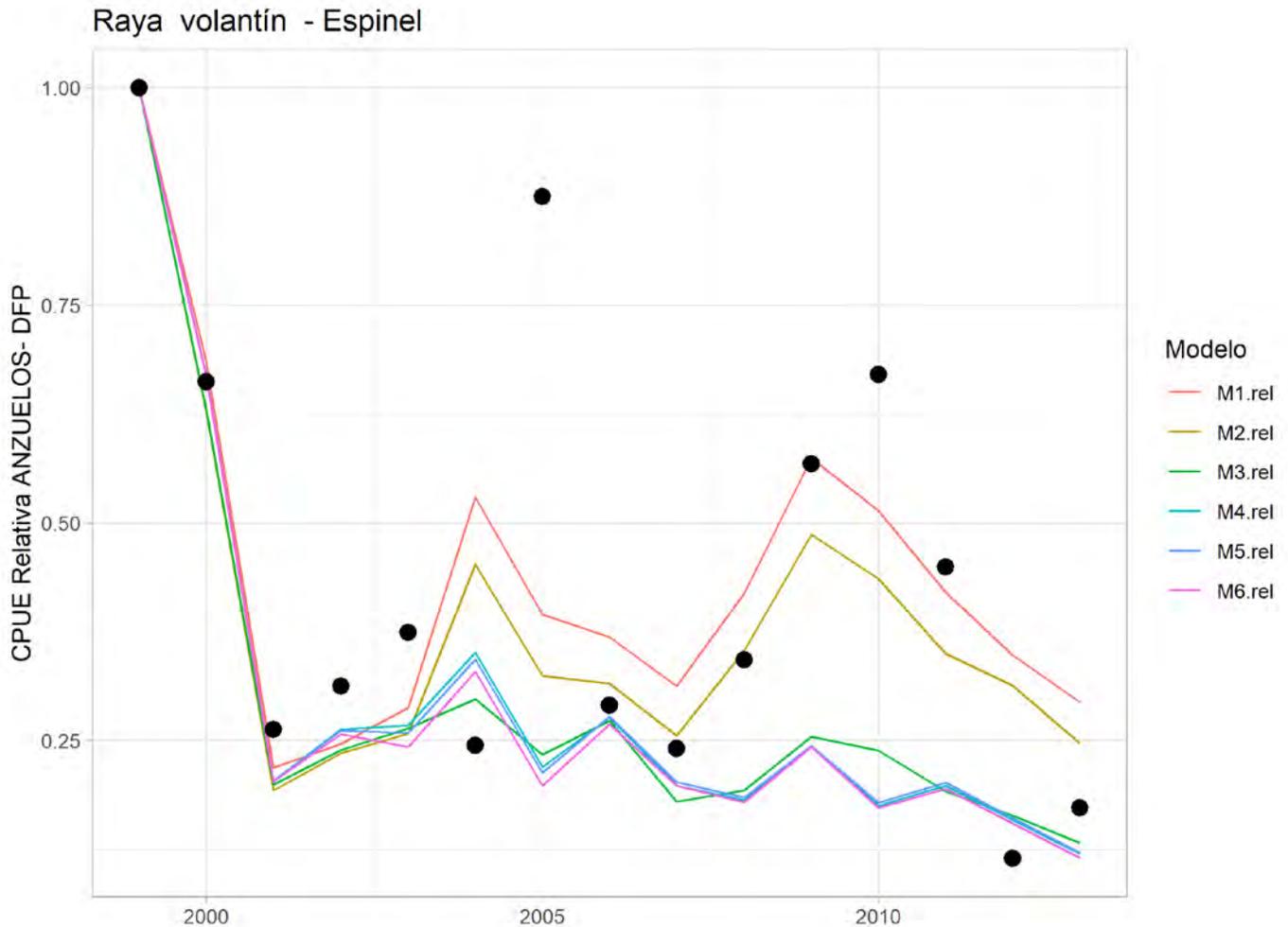
Un análisis siempre recomendable cuando se estandariza esfuerzo es estudiar la contribución relativa de cada predictor haciendo modelos desde el más simple al más completo, para esto, se plantearon los modelos relativos que se encuentran en la **Tabla 18**.

**Tabla 18.** Comparación de modelos para contribución relativa de predictores en la estandarización de CPUE en raya volantín usando número de anzuelos como unidad de esfuerzo. DEV es la devianza explicada en porcentaje, y GCV es el valor generalizado de correlación cruzada.

Raya Volantin Espinel	Importancia Relativa	DEV	GCV
M1: Año		22.6	1.028
M2: Año+MES		23.5	1.022
M3: Año+MES+ZONA		26.4	0.985
M4: Año+MES+ZONA+S(Prof)		31.2	0.952
M5: Año+MES+ZONA+ S(Prof)+TIPO BARCO		31.5	0.948
M6: Año+MES+ZONA+ S(Prof)+TIPO BARCO+CAT BARCO		31.8	0.947

Como puede observarse tanto en la caída del valor de GCV (**Tabla 18**), como en la forma que toma el índice de abundancia (**Figura 94**), la incorporación del efecto zona y profundidad son de importancia en la estandarización de CPUE en raya volantín. Los modelos que no incorporan a la zona (M1 y M2) hacen que el índice de abundancia no tenga una tendencia clara entre 2002 y 2013. Sin embargo, cuando se incorpora la zona (M3 al M6) el índice toma

una tendencia clara (**Figura 94**). La incorporación de la profundidad actúa en una escala menor haciendo que el índice de abundancia se comporte de forma más homogénea en el tiempo (M4 al M6).

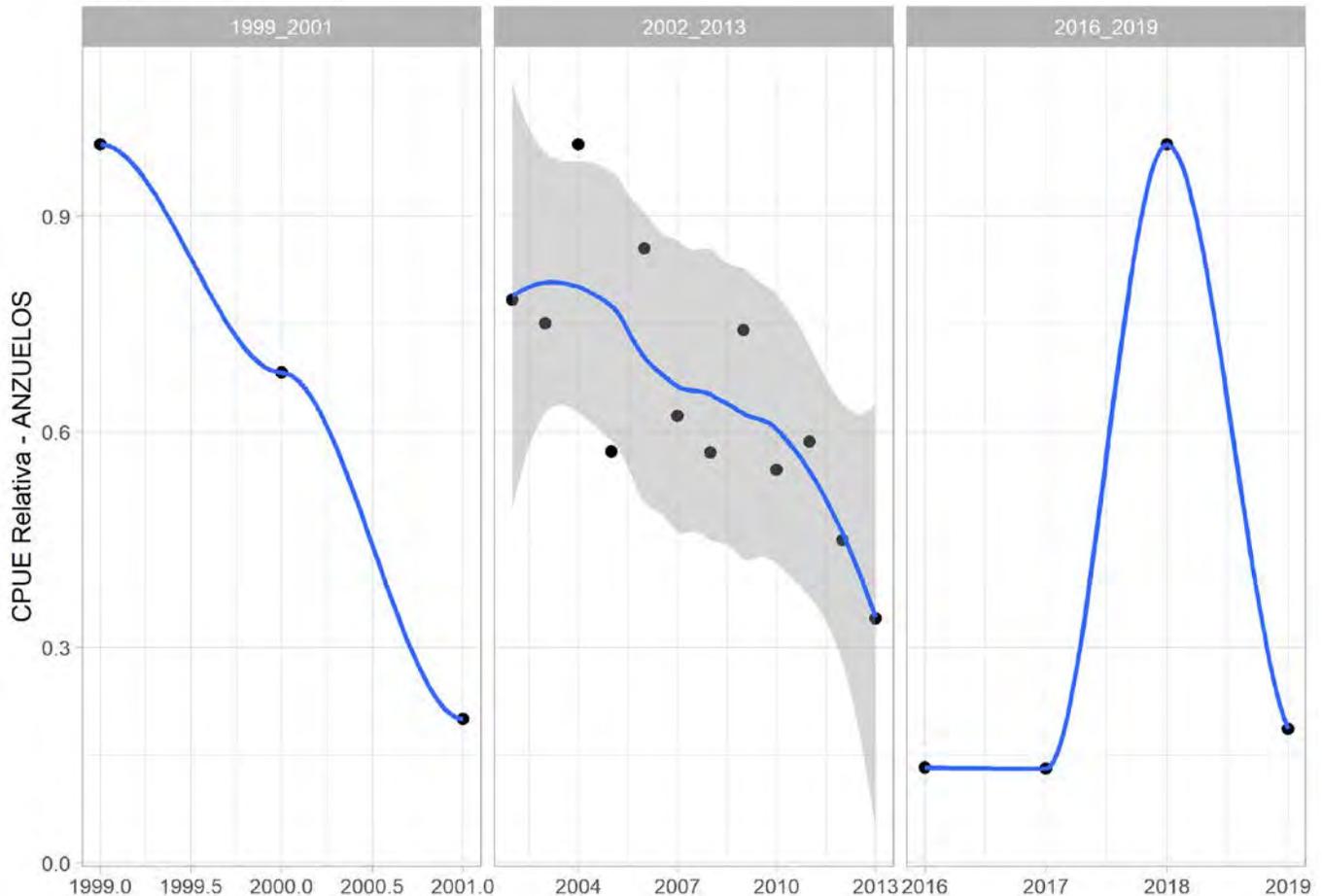


**Figura 94.** Observaciones de captura por unidad de esfuerzo nominales (en puntos) y CPUE estandarizada (en líneas) respecto de los modelos de contribución relativa de la flota espinelera de raya volantín. La unidad de esfuerzo esta medida en número de anzuelos calados. Todas las series se encuentran relativas a su máximo.

Para el uso de la CPUE estandarizada como índice de abundancia en raya volantín se observan claramente tres períodos. Un período al inicio de la serie entre 1999-2001 con una abrupta caída del índice, para luego pasar a un período entre 2002 y 2013, donde se observa un decrecimiento casi lineal del índice, para luego pasar a un tercer período marcado por fluctuaciones y un rendimiento alto en el año 2018 (**Figura 95**). Por esto es recomendable

para su uso en la evaluación de stock dividir la serie en tres períodos diferentes de capturabilidad.

### Raya volantín - Espinel



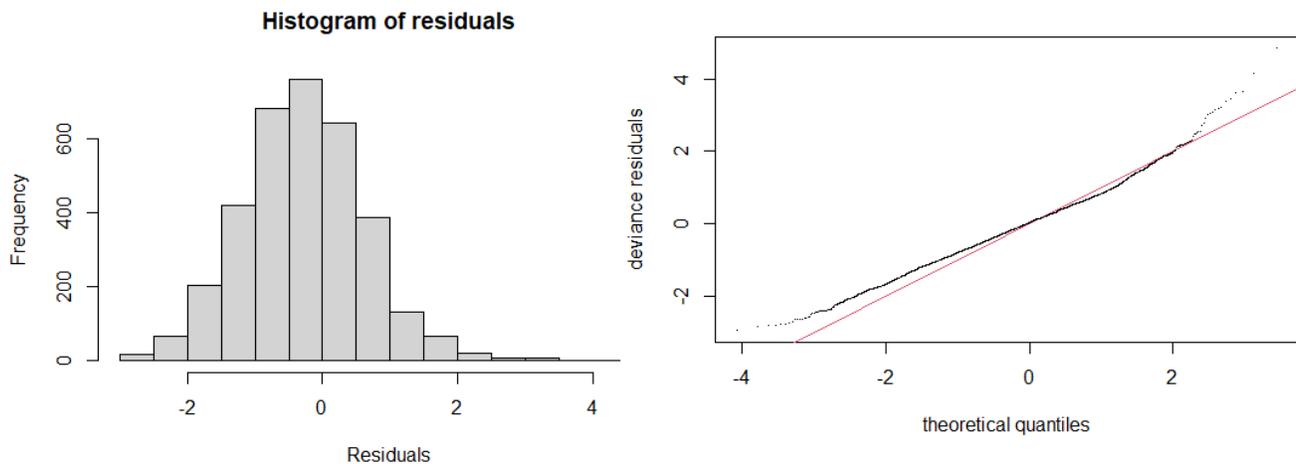
**Figura 95.** CPUE estandarizada (en puntos) respecto al mejor modelo en cada período para la flota espinelera en raya volantín. En líneas se presenta un suavizador y el área gris el intervalo del 95% de confianza para el periodo 2002-2013. La unidad de esfuerzo esta medida en número de anzuelos. Todas las series se encuentran relativas a su máximo.

Respecto del mejor modelo seleccionado en cada período se presenta la CPUE estandarizada para raya volantín en la **Tabla 19**, con su respectiva medida de error presentado como coeficiente de variación. La recomendación es usar un índice de abundancia que use número de anzuelos como unidad de esfuerzo y que se encuentre dividido en dos periodos de estimación (dos modelos diferentes) para el periodo 1999-2013 y 2014-2019.

**Tabla 19.** Estimaciones de CPUE estandarizada (media) y su coeficiente de variación en raya volantín. La zona gris indica la aplicación de modelos independientes.

Raya volantín		
	CPUE (Kg/1000 anz)	CV
1999	66.66	0.10
2000	44.91	0.28
2001	13.49	0.07
2002	17.31	0.09
2003	16.98	0.11
2004	21.43	0.12
2005	12.76	0.09
2006	18.40	0.11
2007	13.51	0.09
2008	12.52	0.09
2009	16.83	0.11
2010	11.82	0.09
2011	13.19	0.09
2012	10.36	0.08
2013	7.56	0.08
2016	5.50	0.18
2017	5.44	27.51
2018	41.43	0.15
2019	7.73	1.08

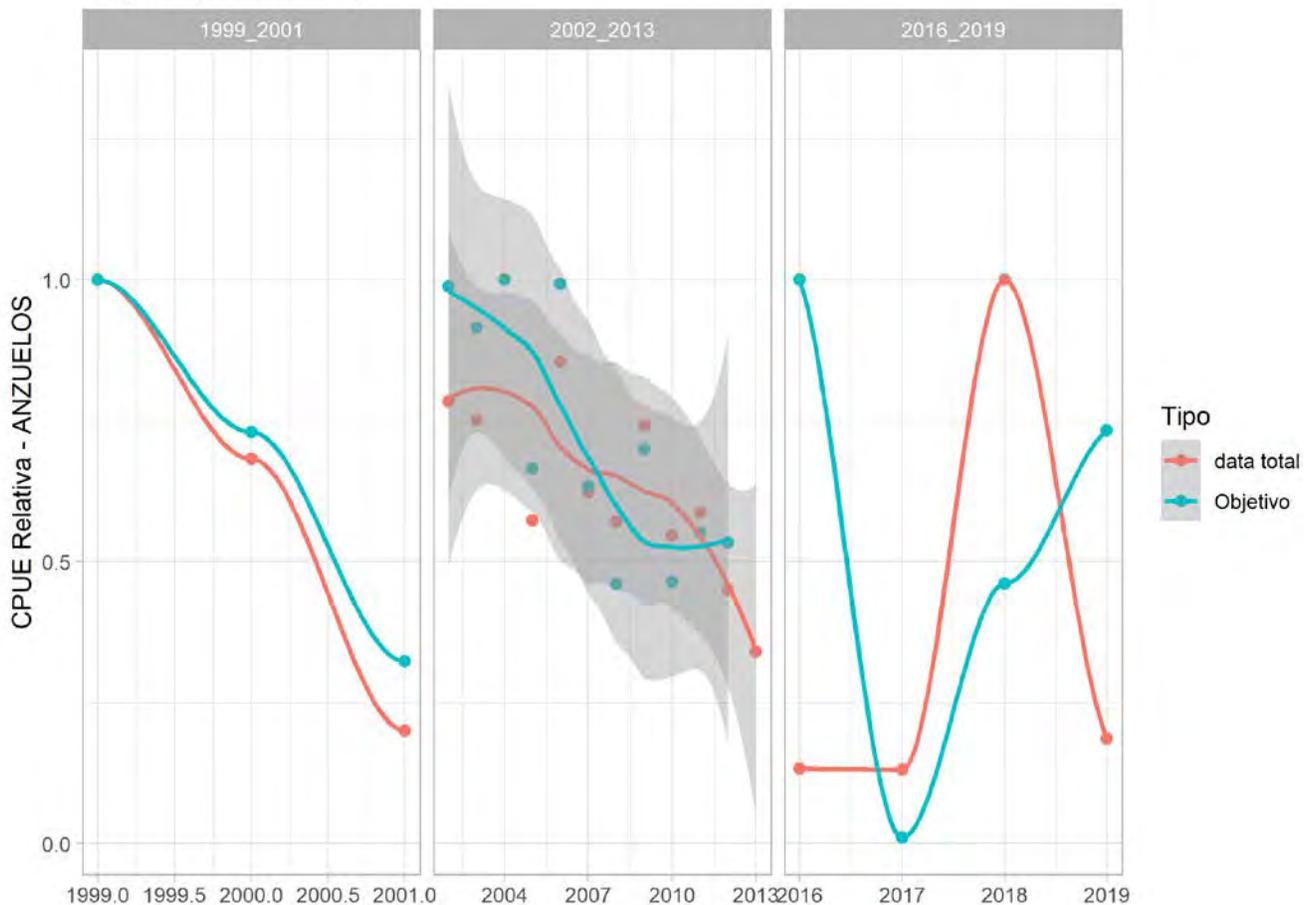
En general, el mejor modelo seleccionado para estandarización de esfuerzo en raya volantín tiene un adecuado comportamiento estadístico de los residuales (**Figura 96**), esto indica que la construcción del modelo y la selección de la distribución de error (gamma) son adecuados.



**Figura 96.** Análisis de residuales para el mejor modelo implementando en raya volantín espinel periodo 1.

Como análisis de sensibilidad en raya volantín, hemos tomado el mejor modelo para cada período descrito anteriormente y hemos hecho una estandarización de esfuerzo sólo considerando los lances objetivos derivados del análisis de clúster entregados en el Objetivo Específico 1. En la **Figura 97** se presentan las diferencias del índice de abundancia cuando se utiliza la data total o sólo respecto de los lances objetivo de la pesquería. En general, sólo el último período resulta con diferencias considerables en la tendencia del índice.

## Raya espinosa - Espinel

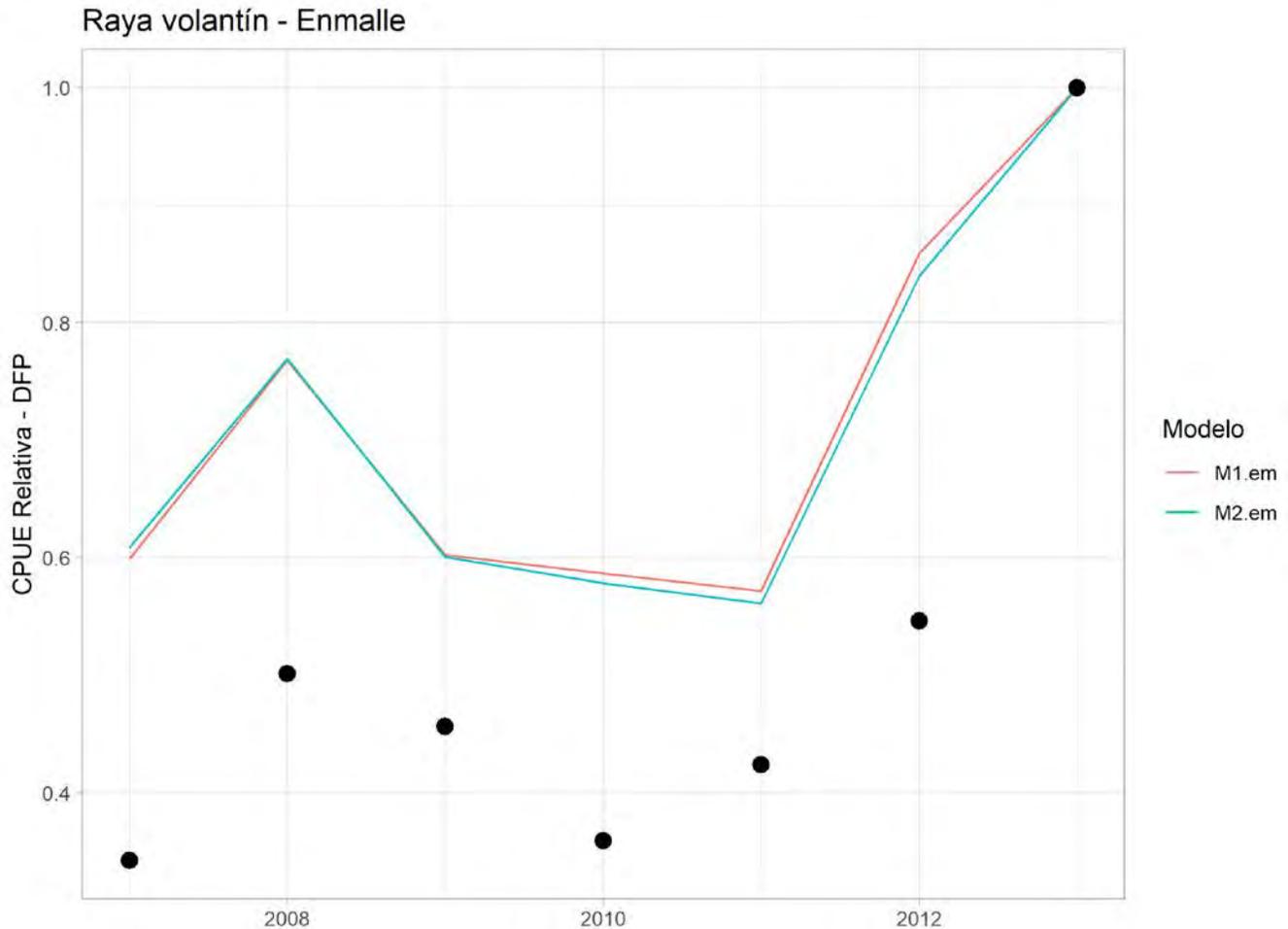


**Figura 97.** CPUE estandarizada (en puntos) respecto al mejor modelo en cada período para la flota espinelera en raya volantín usando la data completa o sólo objetivo de la pesquería. En líneas se presenta un suavizador y el área gris el intervalo del 95% de confianza para el período 2002-2013. La unidad de esfuerzo está medida en número de anzuelos calados. Todas las series se encuentran relativas a su máximo.

A modo de un análisis exploratorio también se implementaron dos modelos para estandarización de esfuerzo en raya volantín usando el enmalle como arte de pesca. Como da cuenta el análisis exploratorio, los datos de enmalle están más fragmentados espacialmente, escasamente tienen datos de profundidad o de alguna medida fina de esfuerzo (e.g número de paños calados). Por lo mismo, se implementaron dos modelos simples de estandarización de esfuerzo que tienen el efecto año, mes, zona, tipo de barco (M1) y con un efecto aleatorio en el barco (M2).

Como se puede apreciar en la **Figura (98)**, entre 2007 y 2013 la serie de enmalle no presenta una tendencia clara y por lo tanto es difícilmente interpretable como índice de abundancia.

Debido a los puntos indicados anteriormente recomendamos no utilizar el enmalle como para la construcción de índices de abundancia en raya volantín.



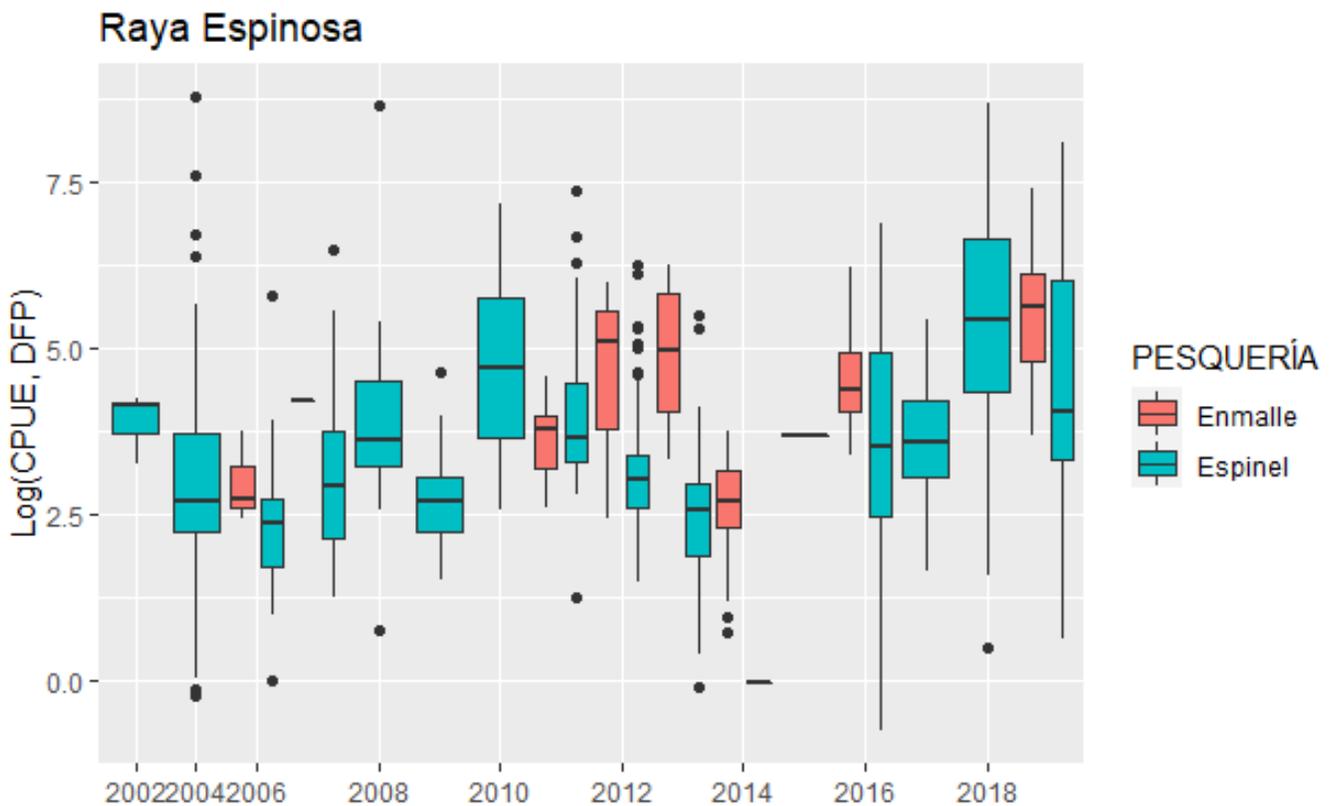
**Figura 98.** Observaciones de captura por unidad de esfuerzo nominales (en puntos) y CPUE estandarizada (en líneas) para la flota de enmalle en raya volantín. La unidad de esfuerzo está medida en días fuera de puerto (DFP). Todas las series se encuentran relativas a su máximo.

### Raya Espinosa

El caso de raya espinosa sólo tiene alrededor del 10% de lances en la base de datos disponible, respecto de los que existen disponibles para raya volantín. Por lo mismo los datos en raya espinosa contienen una cobertura espacial y temporal bastante fragmentada. Sólo en años posteriores a 2006, se tienen una cierta regularidad en espinel, con años como 2015

y 2016 prácticamente nulos en ambas pesquerías. En enmalle los datos son aún más fragmentados con registros continuos sólo entre el 2013 y 2014 (**Figura 99**).

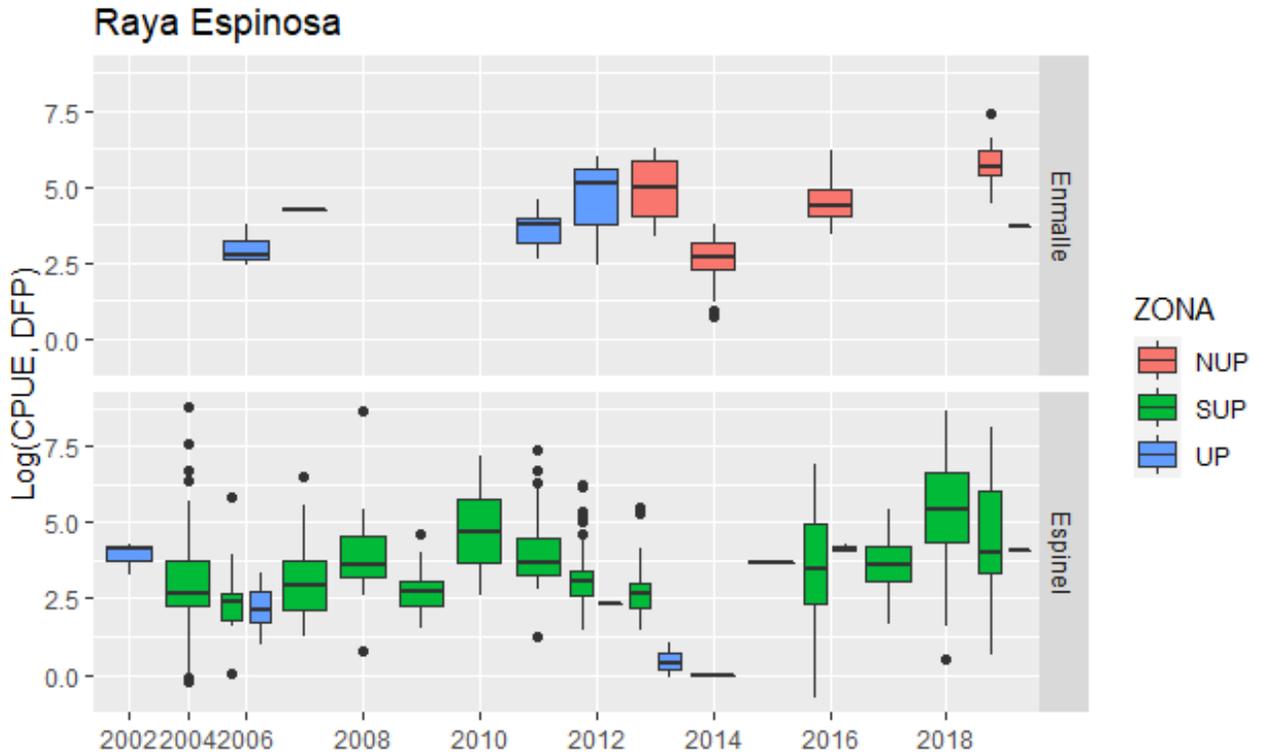
Cuando se analizaron los rendimientos por pesquería en términos de días fuera de puerto (DFP), no se observó una tendencia anual clara en espinel, así como tampoco en enmalle, aunque si rendimientos más altos, pero con mayor variabilidad hacia los últimos dos años de la serie, especialmente para el espinel (**Figura 99**).



**Figura 99.** Boxplot de la log(CPUE) en Días Fuera de Puerto (DFP) a través de los años y pesquerías para raya espinosa.

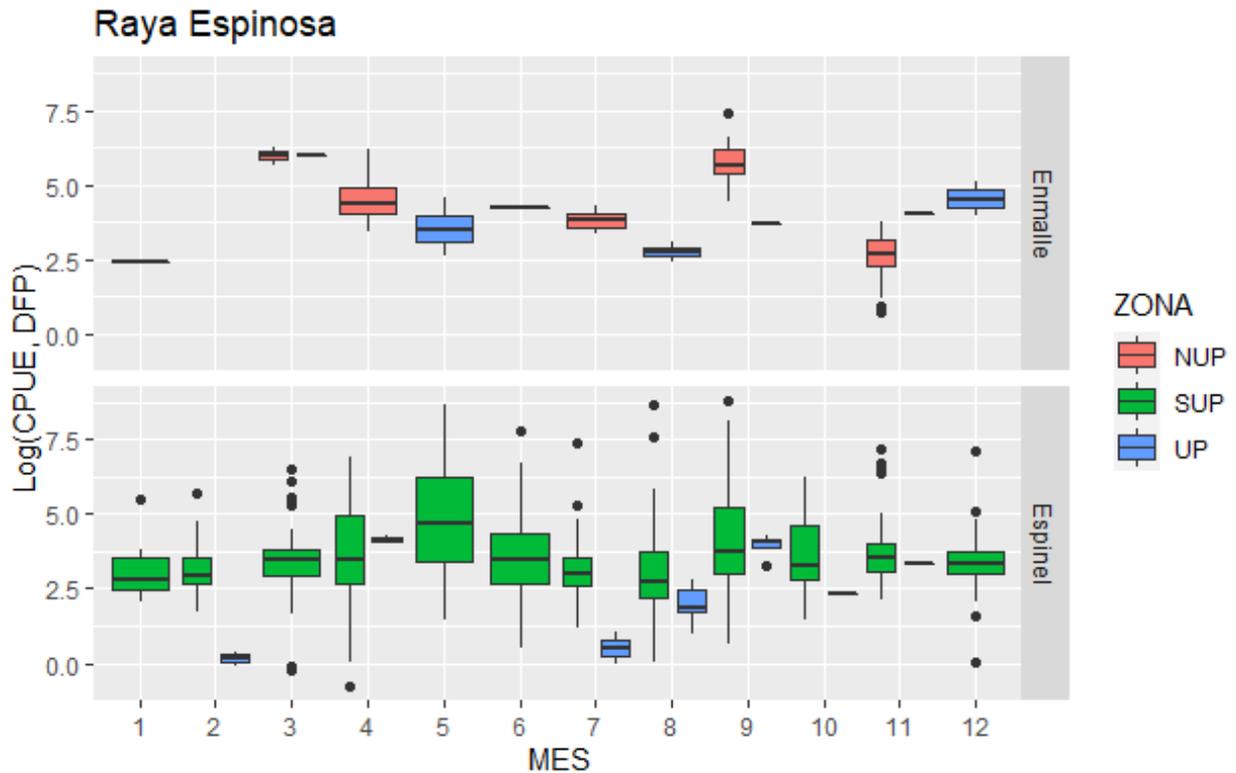
Cuando los rendimientos se analizan por unidad de pesquería, como es de esperar, se observan aún mayores fragmentaciones de la información. Registros continuos y con alguna poca señal temporal es sólo observable para espinel SUP. Para enmalle, la información por

unidad de pesquería se observa antes del año 2012 en la UP y luego algunos años en la NUP (Figura 100).



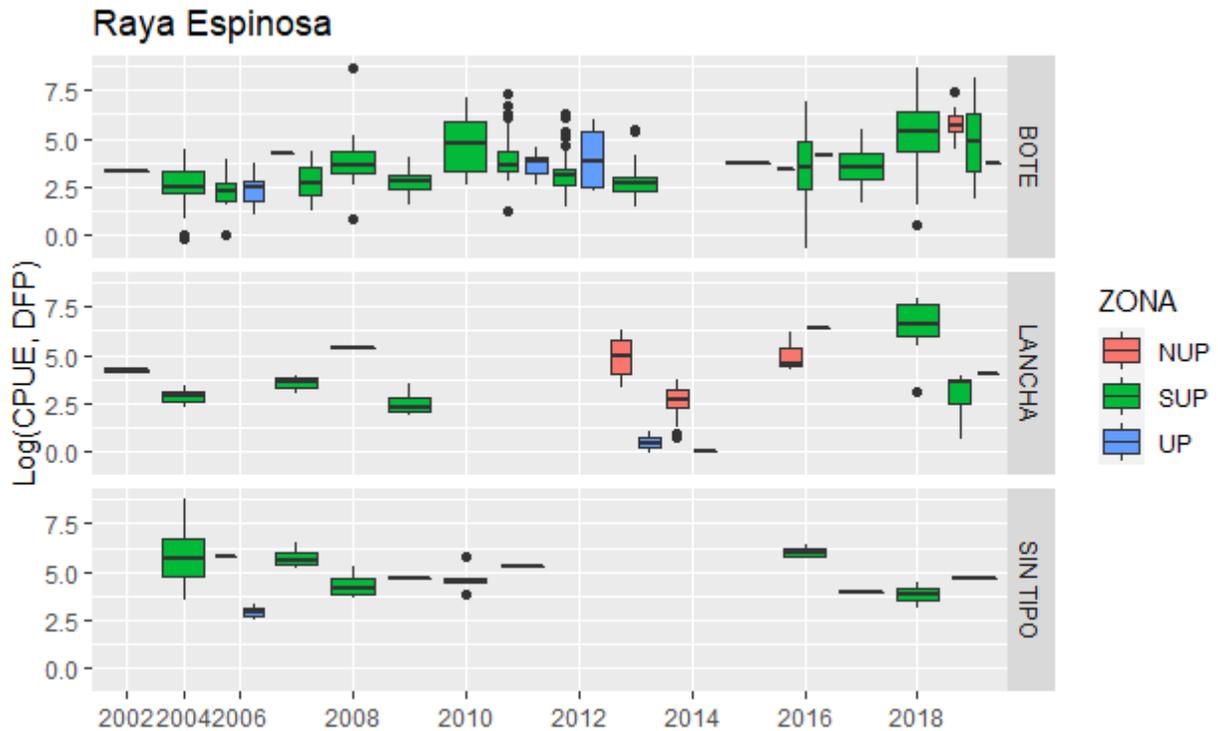
**Figura 100.** Boxplot de la log(CPUE) en Días Fuera de Puerto (DFP) a través de los años, pesquerías y zonas de pesca en raya espinosa. UP define a la unidad de pesquería, S es al sur y N es al norte de la UP.

Solo en la SUP, la cobertura mensual está completa, donde los mayores rendimientos se observan en el mes de mayo, y tiende a mostrar un leve comportamiento estacional para el espinel (Figura 101).



**Figura 101.** Boxplot de la log(CPUE) en Días Fuera de Puerto (DFP) a través de los meses, pesquerías y zonas de pesca en raya espinosa. UP define a la unidad de pesquería, S es al sur y N es al norte de la UP.

La información analizada al nivel de tipo de embarcación, queda en evidencia que sólo los botes en la SUP son los que contienen información relativamente completa para la serie anual de raya espinosa. Las lanchas que operan en la SUP también aportan con algunos datos de rendimientos, pero de manera mucho más esporádica. Los datos sin información de embarcación provienen casi en su totalidad desde la SUP. Las otras zonas, UP y NUP prácticamente están sin información en raya espinosa (**Figura 102**).



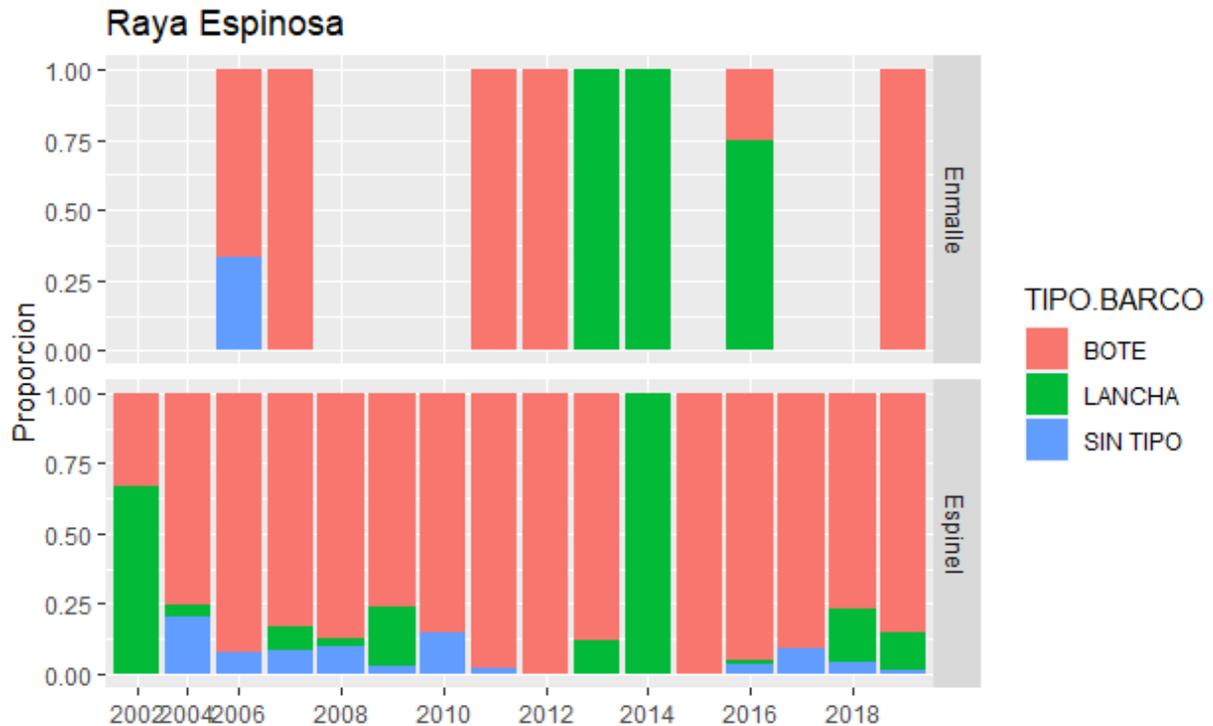
**Figura 102.** Boxplot de la log(CPUE) en Días Fuera de Puerto (DFP) a través de los años, tipo de embarcación y zonas de pesca en espinosa. UP define a la unidad de pesquería, S es al sur y N es al norte de la UP.

Otra forma de visualizar la información de raya espinosa, es mirando la proporción de registros con información por arte de pesca y unidades de pesquería, como está presentado en la **Figura 103**. Aquí se corroboran algunos aspectos indicados anteriormente, por cuanto la información relativamente completa está dada por el espinel en la SUP. El enmalle es exclusivo de la NUP, aunque con muy bajo número de registros y más bien esporádicos en el tiempo. Lo mismo sucede en la UP, aunque acá se observa también algunos datos de enmalle en algunos años particulares.



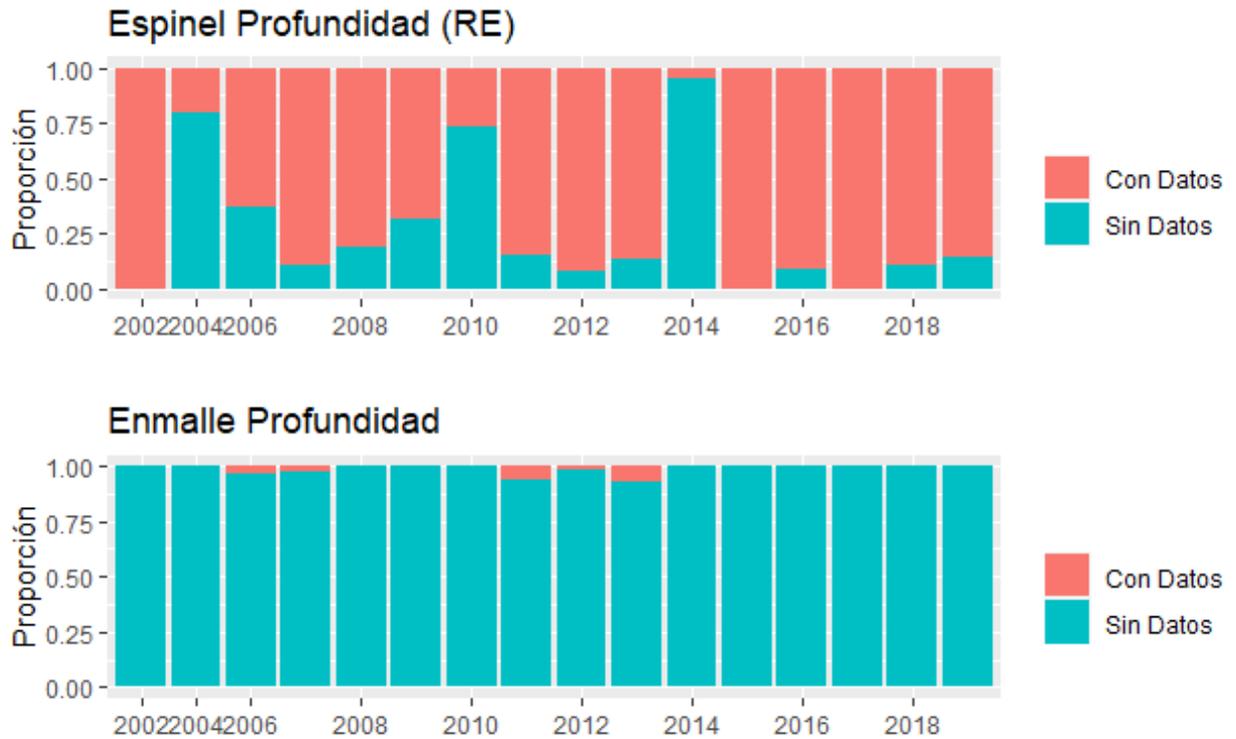
**Figura 103.** Proporción de datos existentes por año, zona de pesca y tipo de pesquería, para raya espinosa.

Quando se analiza la información por tipo de embarcación, podemos señalar que la gran proporción de información proviene de botes, donde las lanchas sólo se hacen relevantes en el año 2014 en ambos tipos de artes de pesca. Sólo una proporción menor de lances se encuentran sin asignación de tipo de embarcación y son más comunes de encontrar antes del año 2010 (**Figura 104**).



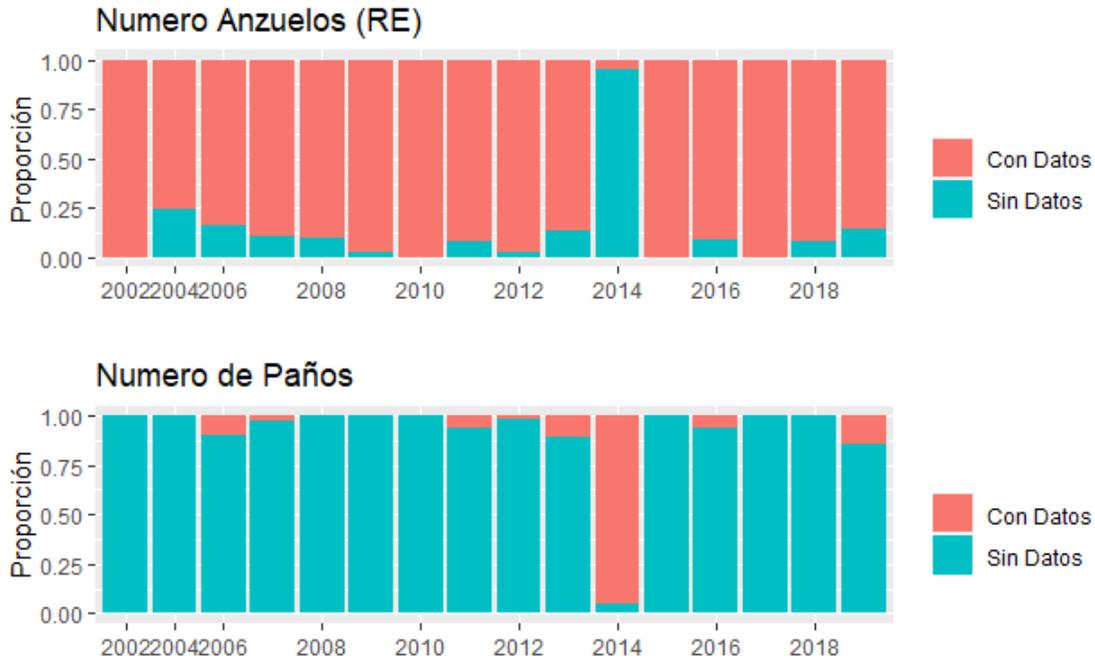
**Figura 104.** Proporción de datos existentes por año, zona de pesca y tipo de pesquería, para raya espinosa.

Con respecto a los registros que tienen información de profundidad, en la **Figura 105** se puede observar que los datos provenientes de enmalle en casi su totalidad, no registran información de profundidad. En el caso del espinel es al revés, la mayoría de los registros contiene información de profundidad, salvo años puntuales como el 2002, 2010 y 2014 donde se tiene menos de la mitad de los lances con profundidad.



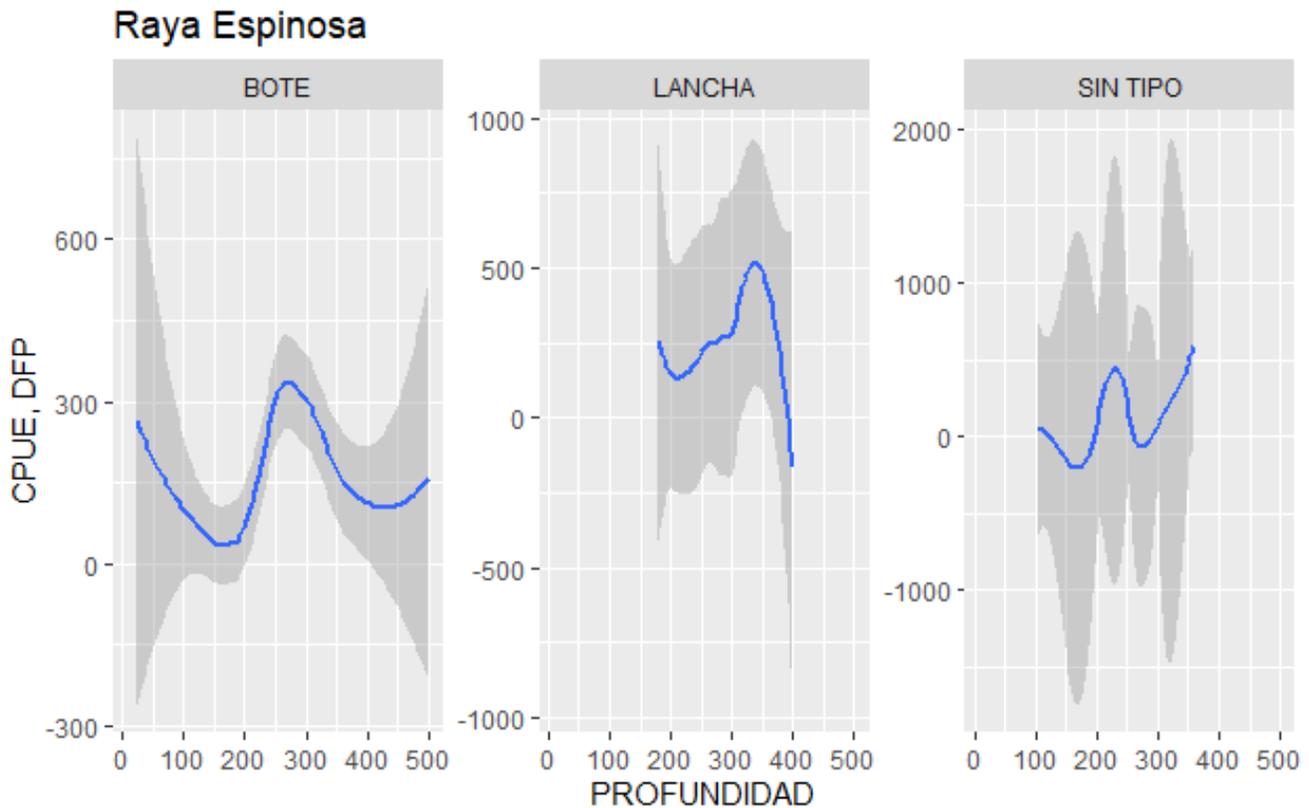
**Figura 105.** Proporción registros por año, y arte de pesca que tienen información de profundidad, para raya espinosa.

Similar al caso anterior, para el enmalle (salvo el año 2014), los registros son casi nulos en informar una medida más fina de esfuerzo, como el número de paños. En el caso del espinel la gran mayoría de registros si contiene número de anzuelos, salvo el año 2014 (**Figura 106**).



**Figura 106.** Proporción de registros por año, y arte de pesca que tienen información de número de anzuelos para el espinel, o número de paños en el caso de enmalle. Pesquería de raya espinosa.

Para raya espinosa capturada con espinel, se observa que los mayores rendimientos para los botes tienen un comportamiento de domo, con mayores rendimientos alrededor de los 250 m. de profundidad. En el caso de las lanchas se maximizan los rendimientos alrededor de los 350 m (**Figura 107**), pero con mucho error, dado el bajo número de registros que presenta este tipo de embarcaciones.



**Figura 107.** Funciones suavizadas de  $\log(\text{CPUE})$  en Días Fuera de Puerto (DFP) para espinel y profundidad por tipo de embarcación en la pesquería de raya espinosa.

En la **Tabla 20** se presentan los resultados preliminares para los modelos que dan cuenta de predictores para los rendimientos de raya espinosa, usando Día fuera de Puerto para el caso de espinel y enmalle y número de anzuelos como unidades de medida en el caso de espinel. A diferencia de lo que se pudo observar en el caso de raya volantín, para raya espinosa son pocos los efectos que son significativos a través de los distintos modelos aplicados. La mayoría de los efectos no son significativos al usar DFP como unidad de esfuerzo, aunque los modelos tienden a mejorar algo usando los suavizadores de profundidad (M3 y M4). El uso de la unidad de medida de número de anzuelos mejora en algo los modelos haciendo que los efectos años se hagan significativos, particularmente hacia los últimos de la serie. El enmalle en general no encuentra casi ninguna componente significativa en la modelación de rendimientos, salvo la unidad de pesquería. Estos resultados están respondiendo a la gran fragmentación que presentan los datos de enmalle en la pesquería de raya espinosa.

**Tabla 20.** Resultados de los modelos aplicados para CPUE en raya espinosa en espinel y enmalle. Las zonas grises indican el efecto que fue significativo ( $p < 0.05$ ), las zonas azules aquellos no significativos ( $p > 0.05$ ) y con "X" se marcan los efectos que no corresponden al tipo de modelo. La CPUE calculada en base a Días Fuera de Puerto (DFP) y Número de Anzuelos (ANZ). GCV corresponde al valor de validación cruzada generalizada, Dev es la explicación de devianza en porcentaje, y R-adj, es el R cuadrado ajustado.

ESPINEL		DFP				ANZ				ENMALLE		
		M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4	DFP		
										M1	M2	
Intercep										Intercep		
2004											X X	
2005		X	X	X	X	X	X	X	X		X X	
2006												
2007										2007		
2008										2008	X X	
2009										2009	X X	
2010										2010	X X	
2011										2011		
2012										2012		
2013										2013		
2014										2014		
2015										2015	X X	
2016										2016		
2017										2017	X X	
2018										2018	X X	
2019										2019		
MES												
2										2	X X	
3										3		
4										4	X X	
5										5		
6										6		
7										7		
8										8		
9										9		
10										10	X X	
11										11		
12										12		
U Pesq.										UP		
	SUP											
	UP										X X	
Tipo Barco	LANCHA		X				X			LANCHA		
Com. Alea	BARCO	X		X		X		X	X	BARCO	X	
Suavizador	PROF (NUP)	X	X		X	X	X		X		X X	
	PROF (UP)	X	X		X	X	X		X		X X	
	PROF (SUP)	X	X		X	X	X		X		X X	
	PROF (BOTE)	X	X	X		X	X	X			X X	
	PROF (LANCHA)	X	X	X		X	X	X			X X	
Salidas	N	652	652	514	514	598	598	513	513	N	51	51
	GCV	1.76	1.96	1.6	1.6	1.6	1.6	1.2	1.2	GCV	1.16	1.04
	R-adj	-1.8	0.04	0.08	0.08	0.01	0.01	0.16	0.17	R-adj	0.17	0.2
	Dev (%)	46.7	40.2	51.7	52.7	30	29.4	42.7	43.5	Dev (%)	80.5	78.8

Tomando en cuenta los modelos preliminares en **Tabla 20**, se plantearon 3 modelos específicos para la inferencia de CPUE de espinel en raya espinosa.

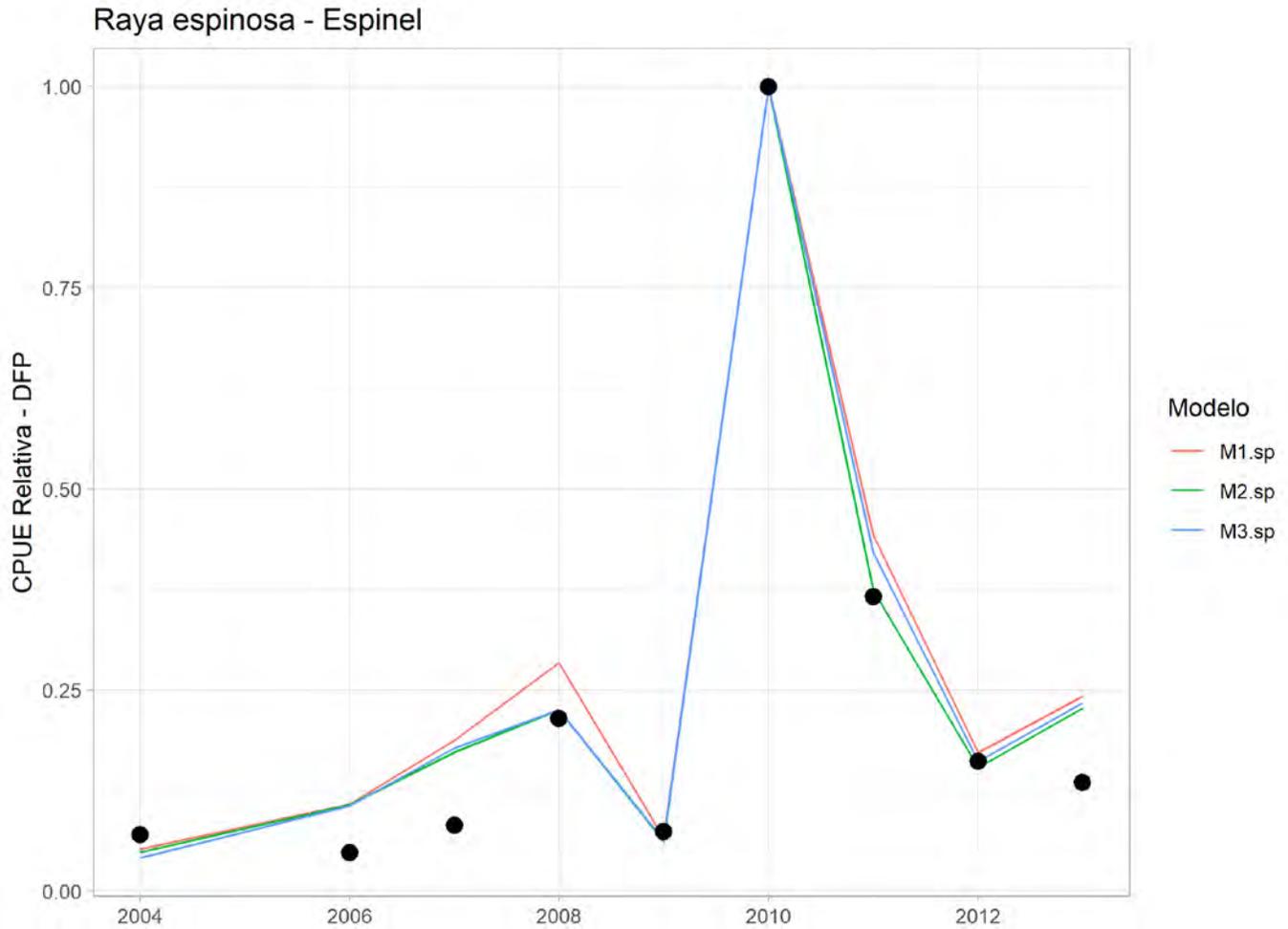
M1: Año+MES+ S(Prof)

M2: Año+MES+S(Prof)+ Aleat(Barco)

M3: Año+MES+ S(Prof)+ CAT BARCO

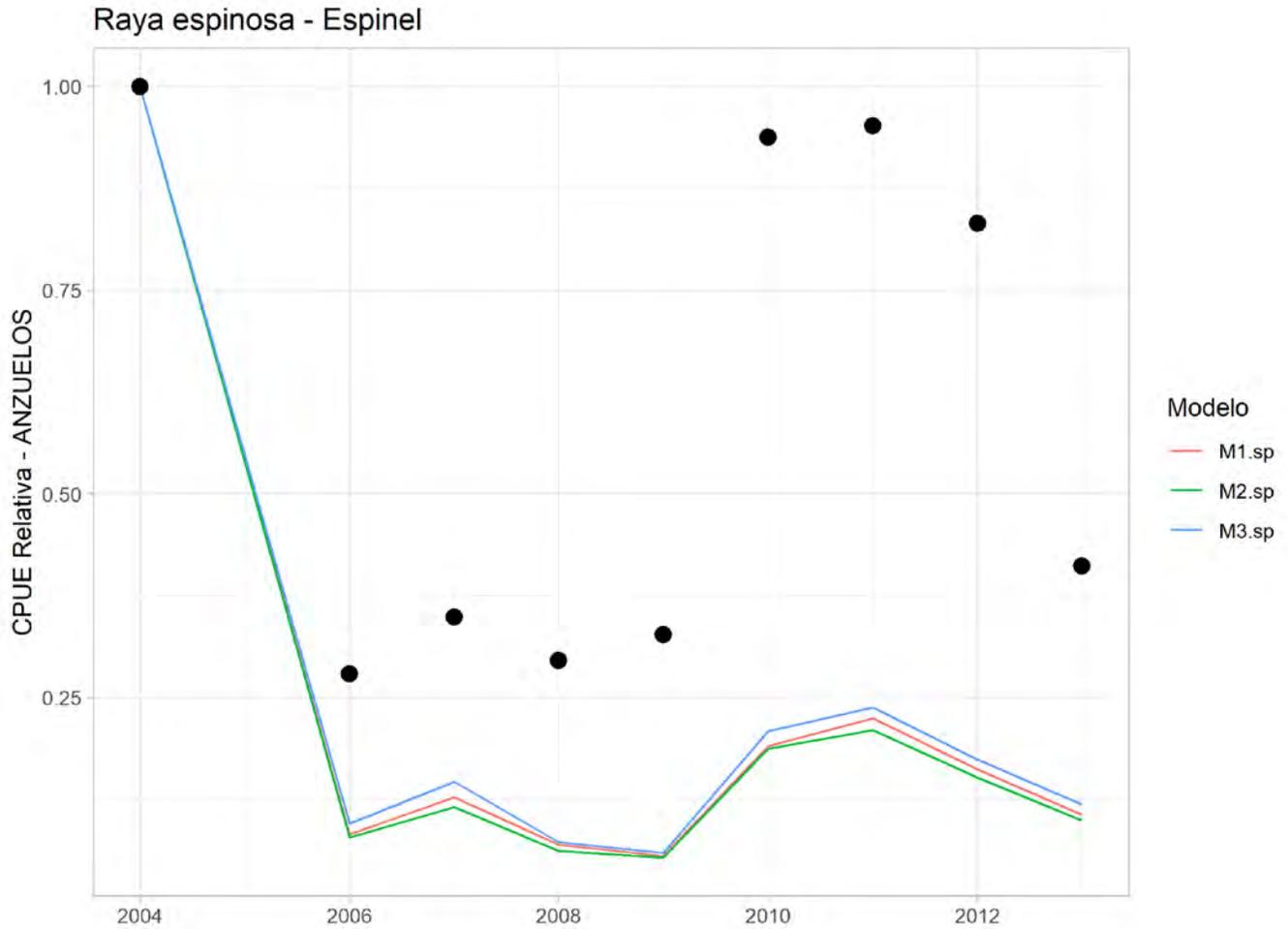
Estos 3 modelos fueron implementados usando días fuera de puerto (DFP), así como también el número de anzuelos calados (ANZ) como unidad de esfuerzo. En raya espinosa sólo se utilizaron los botes y la SUP para la estandarización de esfuerzo, que es donde se concentra la mayor cantidad de datos. En este contexto, los modelos de estandarización que se pueden aplicar son más simples que en raya volantín.

La **Figura 108**, muestra los resultados para la CPUE estandarizada (en términos relativos) y las CPUE nominal (observaciones) usando días fuera de puerto (DFP) como unidad de esfuerzo en raya espinosa. Se puede apreciar que los modelos aplicados no difieren en la tendencia global que tiene la CPUE. En general para raya espinosa tanto CPUE nominal como estandarizada no presenta una tendencia clara para el periodo 2004 a 2013.



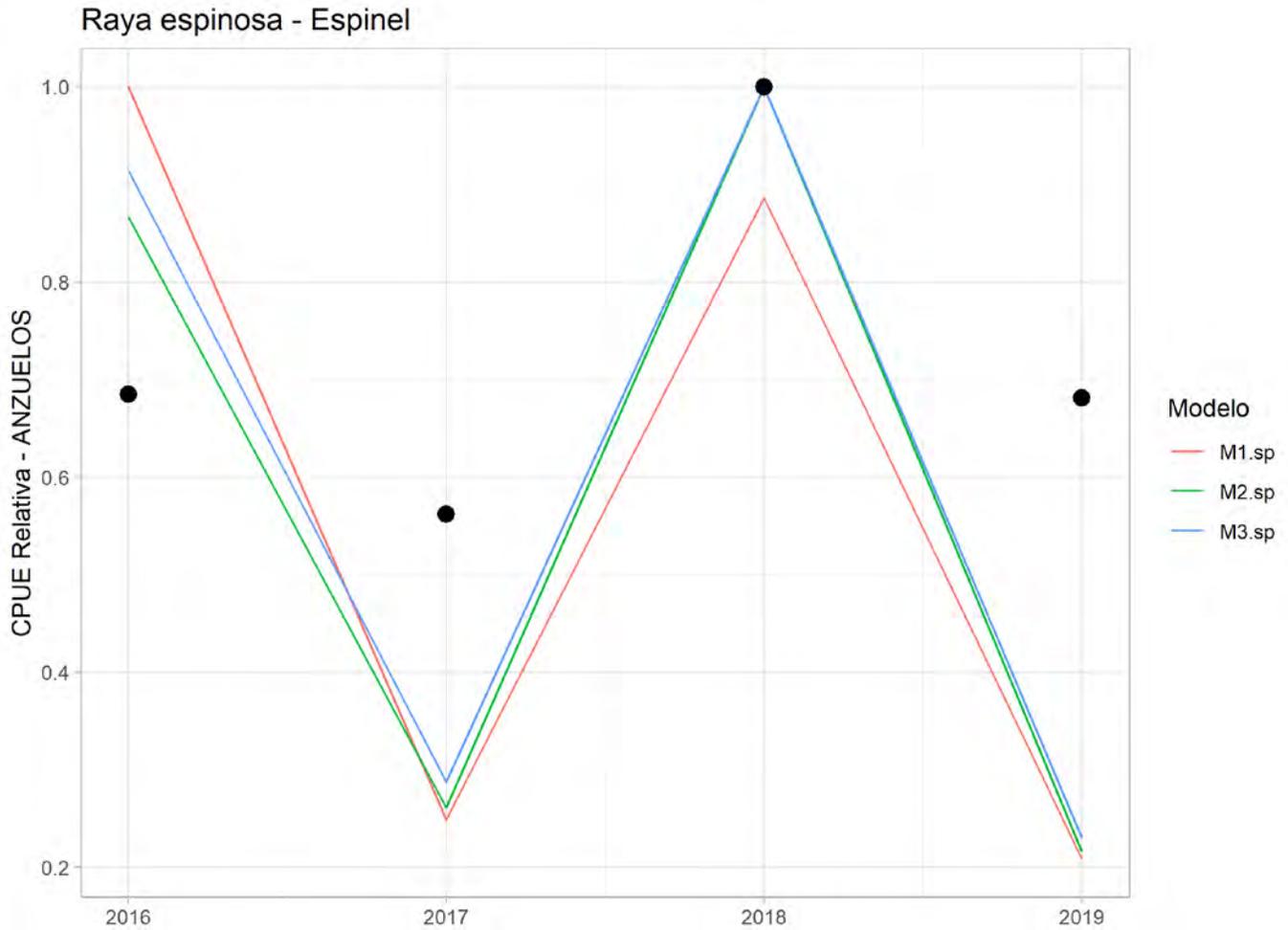
**Figura 108.** Observaciones de captura por unidad de esfuerzo nominales (en puntos) y CPUE estandarizada (en líneas) para la flota espinelera en raya espinosa. El esfuerzo está medido en días fuera de puerto (DFP). Todas las series se encuentran relativas a su máximo.

Para el caso de usar el número de anzuelos calados como unidad de esfuerzo, tanto la CPUE nominal como estandarizada presentan diferencias respecto al uso de DFP. En efecto, los tres modelos de estandarización muestran una abrupta caída entre el año 2004 y 2006, para luego mantenerse oscilando alrededor de una media entre los años 2006 y 2013 (Figura 109).



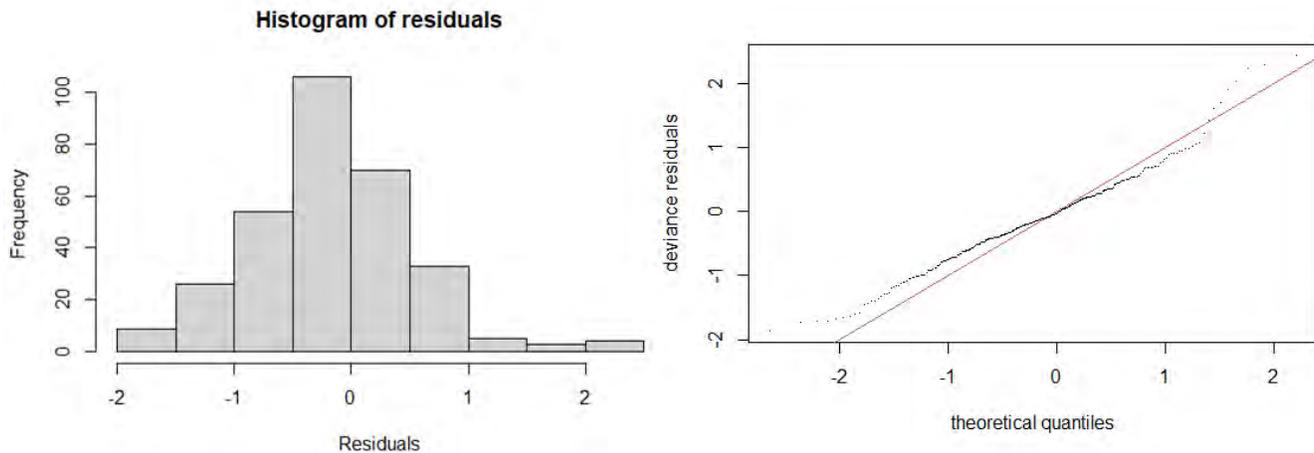
**Figura 109.** Observaciones de captura por unidad de esfuerzo nominales (en puntos) y CPUE estandarizada (en líneas) de la flota espinelera de raya espinosa. El esfuerzo está medido en número de anzuelos calados. Todas las series se encuentran relativas a su máximo.

Los modelos de estandarización para el segundo periodo (2016 a 2019) y los rendimientos nominales en raya espinosa no muestran una tendencia clara a través del tiempo (**Figura 110**).



**Figura 110.** Observaciones de captura por unidad de esfuerzo nominales (en puntos) y CPUE estandarizada (en líneas) de la flota espinelera de raya espinosa. El esfuerzo está medido en número de anzuelos calados. Todas las series se encuentran relativas a su máximo. Segundo periodo.

En general el mejor modelo seleccionado para estandarización de esfuerzo en raya espinosa tiene un adecuado comportamiento estadístico de los residuales (**Figura 111**). Esto indica que la construcción del modelo y la selección de la distribución de error (gamma) son adecuadas.



**Figura 111.** Análisis de residuales para el mejor modelo implementando en raya espinosa.

El mejor modelo seleccionado cambia entre periodos (**Tabla 21**). Para el primer periodo, el modelo que contiene un efecto aleatorio para el barco resultó mejor (M3), mientras que para el segundo periodo, el modelo (M3) fue seleccionado para estandarización de esfuerzo, el cual considera una categorización de las embarcaciones respecto del tamaño de eslora.

**Tabla 21.** Comparación de modelos aplicados para la estandarización de CPUE en raya espinosa usando número de anzuelos como unidad de esfuerzo. En gris se presenta el modelo seleccionado para cada periodo. DEV es la devianza explicada en porcentaje, y GCV es el valor generalizado de correlación cruzada.

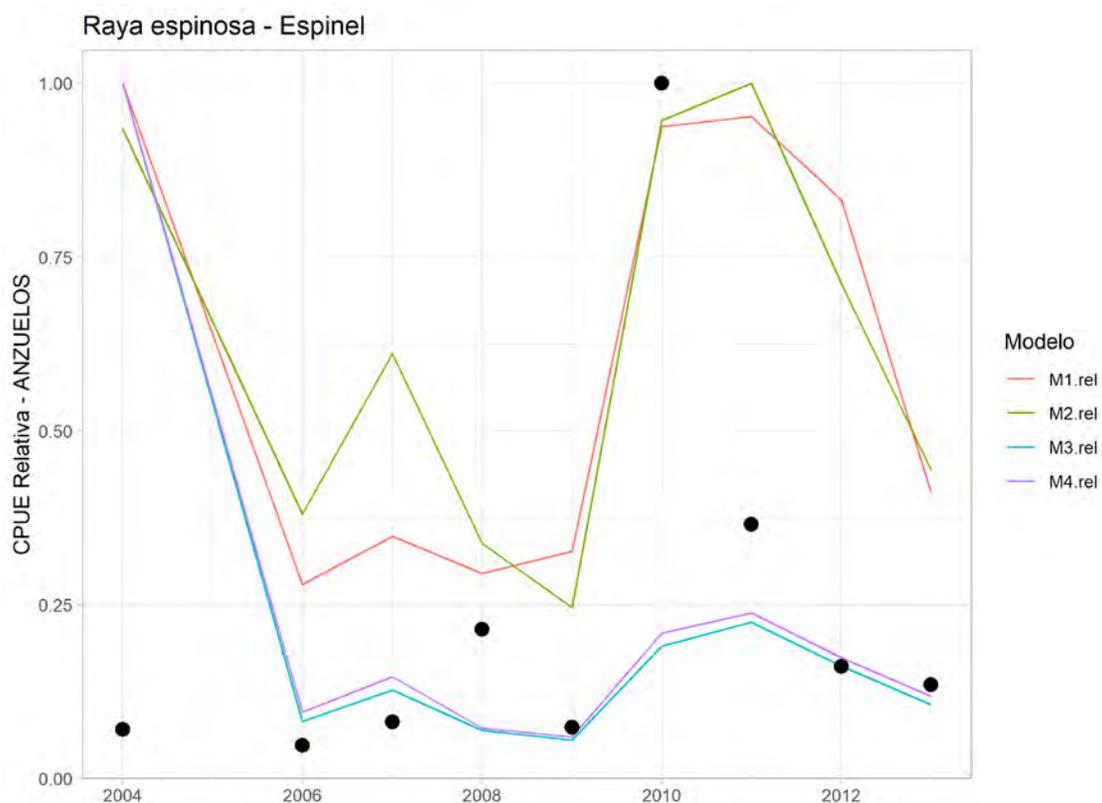
Raya espinosa Espinel	P1		P2	
	DEV	GCV	DEV	GCV
M1: Año+MES+ S(Prof)	44.5	0.606	14.5	1.665
M2: Año+MES+S(Prof)+ Aleat(Barco)	45.6	0.597	16.3	1.641
M3: Año+MES+ S(Prof)+ CAT BARCO	45.3	0.611	19.3	1.624

La contribución relativa de cada predictor se realizó utilizando modelos de distinta complejidad presentados en la **Tabla 22**.

**Tabla 22.** Comparación de modelos relativos aplicados para la estandarización de CPUE en raya espinosa usando número de anzuelos como unidad de esfuerzo. DEV es la devianza explicada en porcentaje, y GCV es el valor generalizado de correlación cruzada.

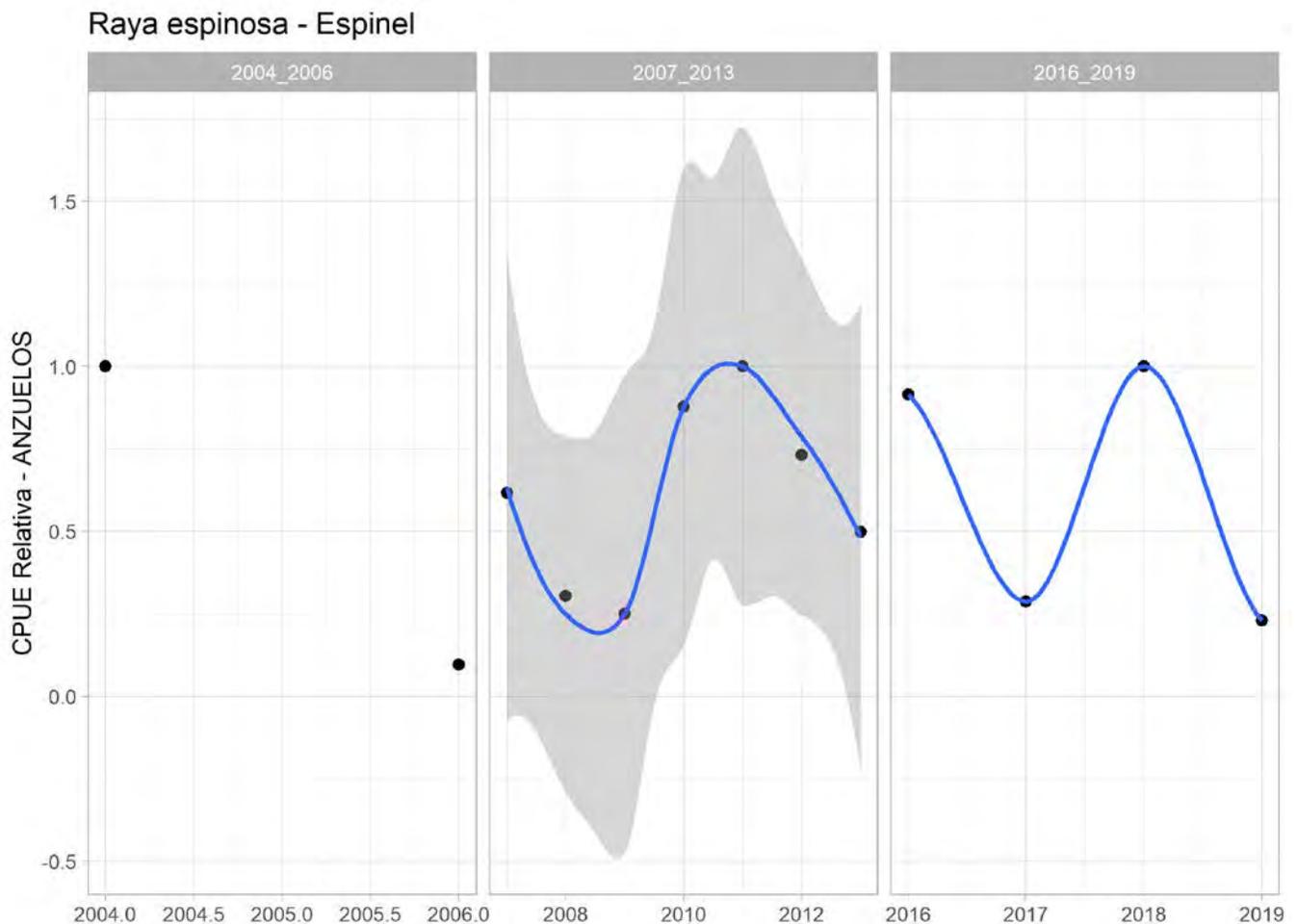
Raya espinosa	Importancia Relativa	DEV	GCV
M1: Año		19.5	0.866
M2: Año+MES		28.3	0.814
M3: Año+MES+S(Prof)		44.5	0.606
M4: Año+MES+ S(Prof)+CAT BARCO		45.3	0.611

Como puede observarse tanto en la caída del valor de GCV (**Tabla 22**), como en la forma que toma el índice de abundancia (**Figura 112**), la incorporación del efecto de la profundidad es de importancia en la estandarización de CPUE.



**Figura 112.** Observaciones de captura por unidad de esfuerzo nominales (en puntos) y CPUE estandarizada (en líneas) respecto de los modelos de contribución relativa de la flota espinelera en raya espinosa. La unidad de esfuerzo está medida en número de anzuelos. Todas las series se encuentran relativas a su máximo.

Para el uso de la CPUE estandarizada como índice de abundancia en raya espinosa se puede separar también en tres períodos. Al inicio de la serie entre 2004-2006 se observa una abrupta caída del índice, para luego pasar a un período entre 2002 y 2013 donde se observan oscilaciones del índice. La misma oscilación casi idéntica se observa para el tercer período (Figura 113). Por lo anterior, es recomendable en raya espinosa para su uso en la evaluación de stock dividir la serie en tres períodos diferentes de capturabilidad, de la misma forma a lo recomendado en raya volantín.



**Figura 113.** CPUE estandarizada (en puntos) respecto al mejor modelo en cada período para la flota espinelera en raya espinosa. En líneas se presenta un suavizador y el área gris el intervalo del 95% de confianza para el período 2002-2013. La unidad de esfuerzo está medida en número de anzuelos. Todas las series se encuentran relativas a su máximo.

Respecto de el mejor modelo seleccionado en cada período se presenta la CPUE estandarizada para raya espinosa en la **Tabla 23**, con su respectiva medida de error presentada como coeficiente de variación. La recomendación es utilizar un índice de abundancia que use el número de anzuelos como unidad de esfuerzo y que se encuentre dividido en dos períodos de estimación (dos modelos diferentes), el período 1999-2013 y 2014-2019.

**Tabla 23.** CPUE estandarizada (media) para raya espinosa y coeficiente de variación.

	Raya espinosa	
	CPUE (Kg/1000 anz)	CV
2004	73.70	0.10
2005	7.02	0.18
2006	10.81	0.22
2007	5.32	0.15
2008	4.38	0.15
2009	15.39	0.33
2010	17.54	0.26
2011	12.83	0.21
2012	8.74	0.19
2013		
2016	32.82	0.25
2017	10.32	0.59
2018	35.91	7.70
2019	8.26	0.51

#### 4.1.2. Modelos generalizados de depleción.

Se implementaron los modelos de depleción generalizados para los datos provenientes del SUP y sólo la flota espinelera en ambas especies de rayas. Los índices de abundancia fueron extraídos para las siguientes flotas:

- 1) *Flota de botes y capturas de raya volantín*
- 2) *Flota de lanchas y capturas de raya volantín*
- 3) *Flota de botes y capturas de raya espinosa*

Los datos entre 1997 y 2003 carecen de la información sobre la flota, por lo que es imposible distinguir entre botes y lanchas. Además, la especie raya espinosa tampoco aparece registrada antes de 2004 y puede ser posible que los registros entre 1997 y 2003 contengan ambas especies mezcladas, así como ambos tipos de embarcaciones mezclados. Por lo tanto, por razones de prudencia con el uso de los datos nuestro análisis se inicia en el año 2004 y se extiende hasta el año 2019, es decir 192 meses. Por otro lado, entre 2004 y 2019 sólo se registran 11 meses (de entre los 192 meses de la serie de tiempo) con capturas de raya espinosa desde la flota de lanchas, y estos 11 meses están esparcidos entre 2004 y 2019, con muchos años enteros sin capturas. Por lo tanto, no es posible obtener un índice de abundancia relativo para raya espinosa desde la flota de lanchas y nuestro análisis para obtener índices de abundancia relativa se enfoca exclusivamente en las divisiones 1) a 3) indicadas arriba y marcadas con letras cursivas.

Para la aplicación de los MDG es necesario contar con datos de esfuerzo de pesca que tengan una buena conexión con las capturas. La base de datos de bitácoras permite calcular tres medidas de esfuerzo pesquero: número de lances de pesca por mes, número de días de pesca por mes, y número de anzuelos calados por mes. En los tres casos de estudio, la mejor conexión entre esfuerzo como causa y captura como efecto ocurre con el número de lances. Por lo tanto, en este análisis utilizamos el número de lances por mes como medida de esfuerzo para los tres casos.

Para la aplicación de los MDG es necesario que las capturas estén registradas en número de individuos capturados, pero las bases de datos de bitácoras de pesca registran las capturas en peso. Sin embargo, la base de datos biológica contiene registros de pesos de raya volantín en las muestras biológicas desde la flota de botes para casi todos los meses desde Enero 2004 a Diciembre 2019. En cambio, la base de datos biológica de raya volantín desde la flota de lanchas sólo contiene datos en 6 de los 192 meses de la serie de tiempo. Por lo tanto, hemos tenido que suponer que el vector de pesos medios mensuales obtenidos desde la flota de botes es aplicable también a la flota de lanchas. En el caso de los datos biológicos de raya espinosa, las bases de datos sólo contienen datos de peso de rayas en la captura para 83 de los 192 meses de la serie de tiempo. En este caso no es posible

simplemente emparejar los datos de peso medio por mes con los datos de esfuerzo y capturas pues quedarían muchos meses con capturas y esfuerzos, pero sin pesos medios. Para resolver esta deficiencia en los datos biológicos de raya espinosa ajustamos un modelo *spline* (funcion *loess* de *R*) a los datos de peso medio por mes ignorando el año de la muestra (es decir agregando todos los datos disponibles para cada uno de los 12 meses del año). Este modelo generó un peso medio estimado y su error estándar para cada uno de los 12 meses del año. Finalmente realizamos un muestreo Monte Carlo con funciones normales truncadas en el paquete *Runuran* de *R* para generar un vector re-muestreado de pesos medios para cada mes de los 192 meses de la serie de tiempo. Esta metodología ha sido descrita en [Roa-Ureta \(2015\)](#). Los resultados de estos análisis para generar el vector de pesos medios se muestran en la **Figura 114**, y como se aprecia, no hay evidencia fuerte que los datos de la flota de botes no sean representativos de la composición de pesos medios de los datos de la flota de lanchas, en la pesca de raya volantín.

Con estos procedimientos construimos una base de datos de evaluación de stock con MDG multi-anales para cada una de las tres divisiones de los datos; raya volantín botes, raya volantín lanchas, y raya espinosa botes. En cada una de esas divisiones, formamos una matriz de 6 columnas: Año, Mes, capturas en kg por mes, esfuerzos de pesca en número de lances por mes, y peso medio por mes.

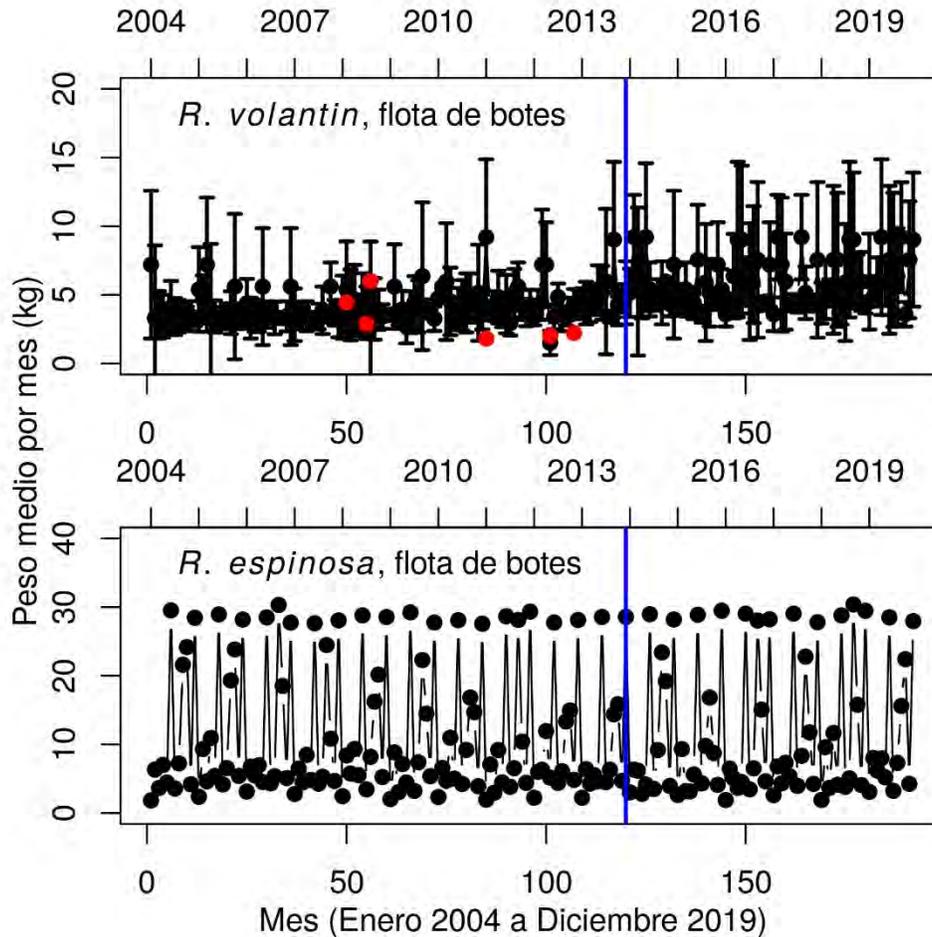


Figura 114. Vectores de pesos medios mensuales en la pesca espinelera de raya volantín y raya espinosa en Chile sur-austral por parte de la flota de botes, 2004 a 2019. Los puntos rojos en el panel superior son los pesos medios en los datos de raya volantín flota de lanchas.

#### *Análisis simultáneo de toda la serie de tiempo 2004 a 2019*

El mejor ajuste del modelo a los datos se muestra en las **Figuras 115, 116 y 117** para cada una de las tres divisiones de los datos, junto con paneles de diagnóstico de los residuos del modelo. El modelo para la pesca de raya volantín de la flota de botes (**Figura 115**) es bastante adecuado en todos los aspectos, excepto en el plot de cuantiles (panel inferior derecho) respecto de 4 meses con capturas demasiado altas para los lances de pesca registrados (puntos bajo la diagonal). En el caso del modelo de la pesca de raya volantín de la flota de lanchas (**Figura 116**) también se observa un ajuste apropiado, excepto que la

dispersión de los residuos (panel inferior central) es mucho mayor en los meses más antiguos. Finalmente, en el modelo de la pesca de raya espinosa de la flota de botes (Figura 117) se aprecian buenas propiedades en general, aunque el residuo de la semana 52 es muy alto.

Fleet = II, Perturbations = 16, Distribution = ApInormal, Numerical algorithm = CG

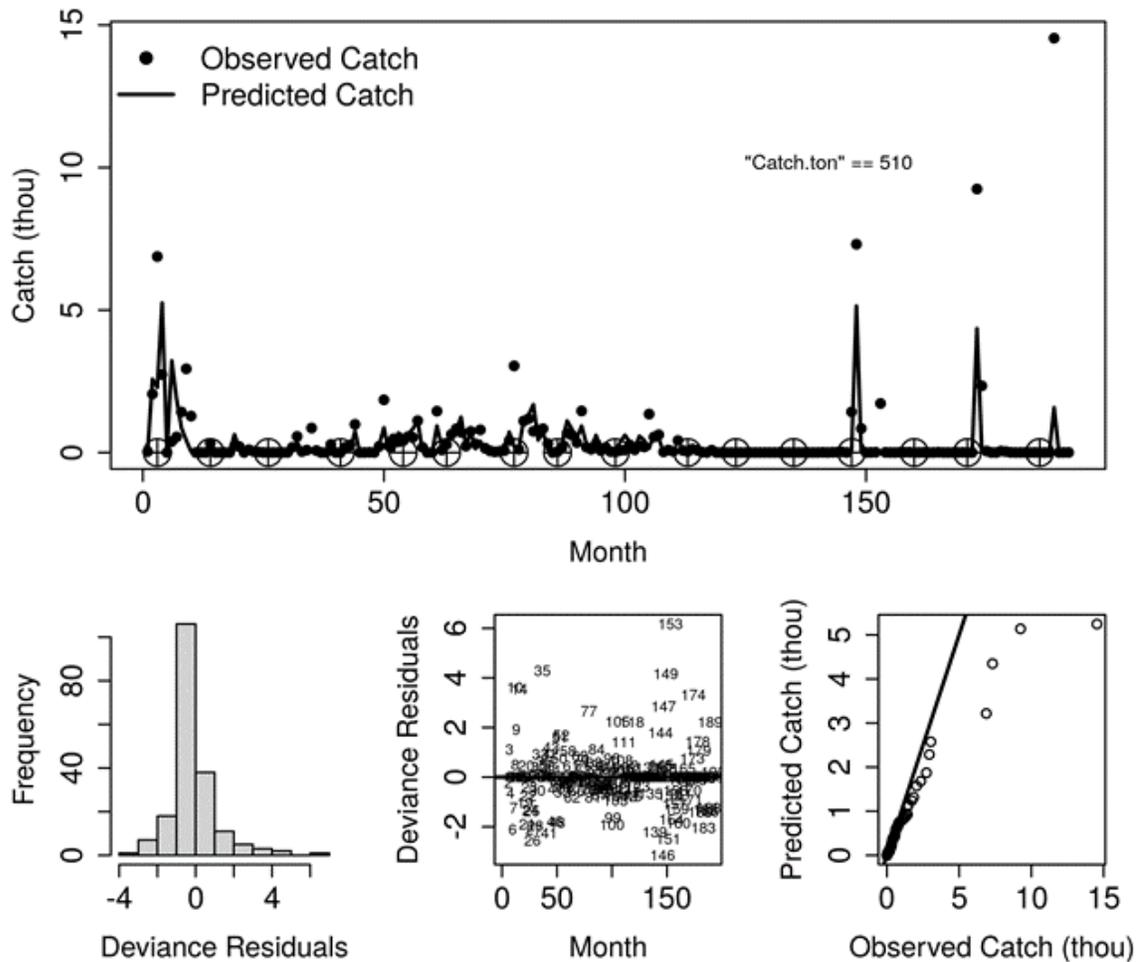


Figura 115. Ajuste del MDG a los datos de captura mensual en número y esfuerzo de pesca en número de lances para stock de raya volantín de la flota de botes SUP. La captura que se indica corresponde a la captura total en los 16 años de datos.

Fleet = II, Perturbations = 16, Distribution = Normal, Numerical algorithm = CG

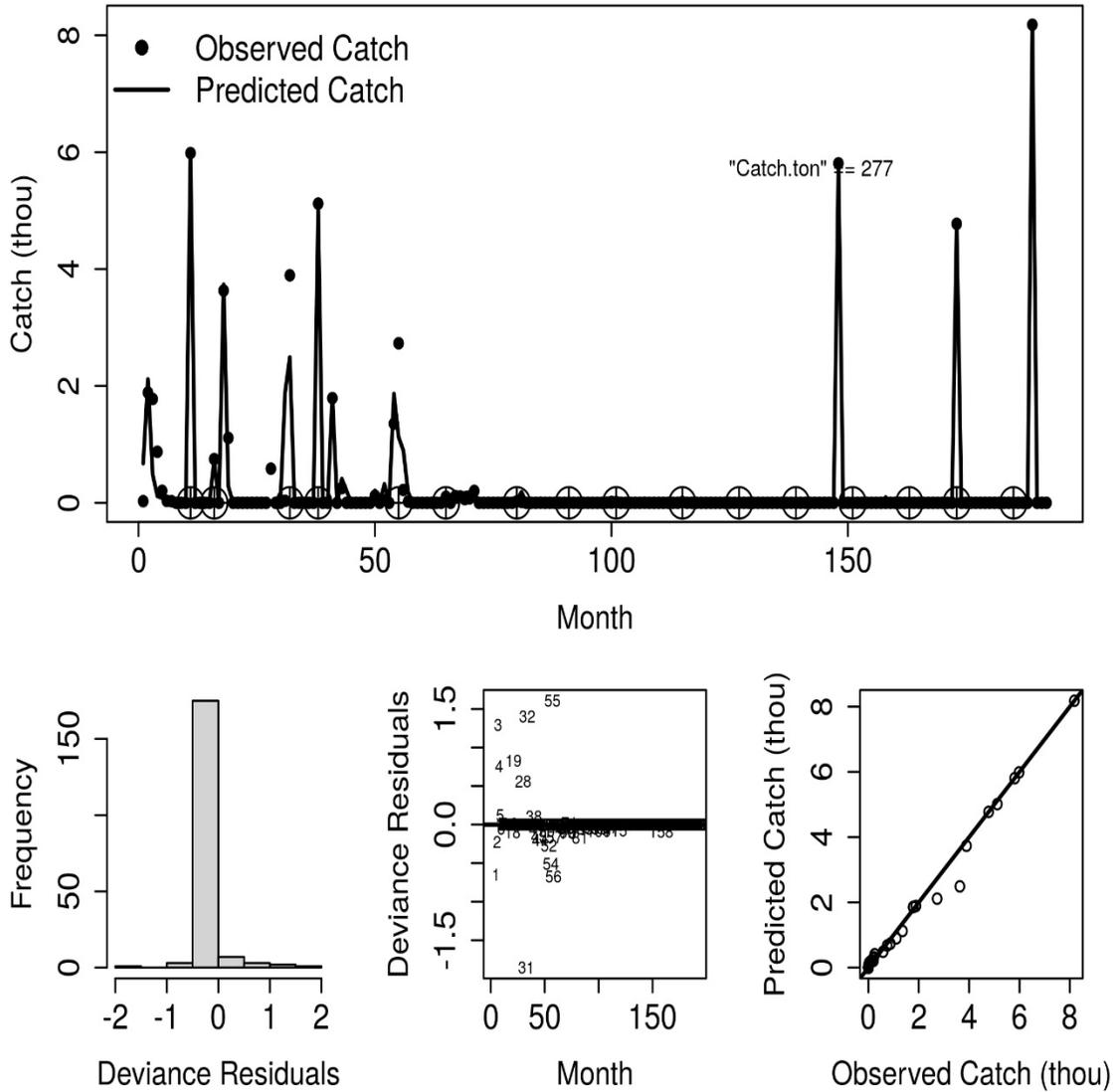


Figura 116. Ajuste del MDG a los datos de captura mensual en número y esfuerzo de pesca en número de lances para stock de raya volantín de la flota de lanchas, en la pesca espinelera de SUP. La captura que se indica corresponde a la captura total en los 16 años de datos.

Fleet = II, Perturbations = 16, Distribution = Apnormal, Numerical algorithm = Nelder-Mead

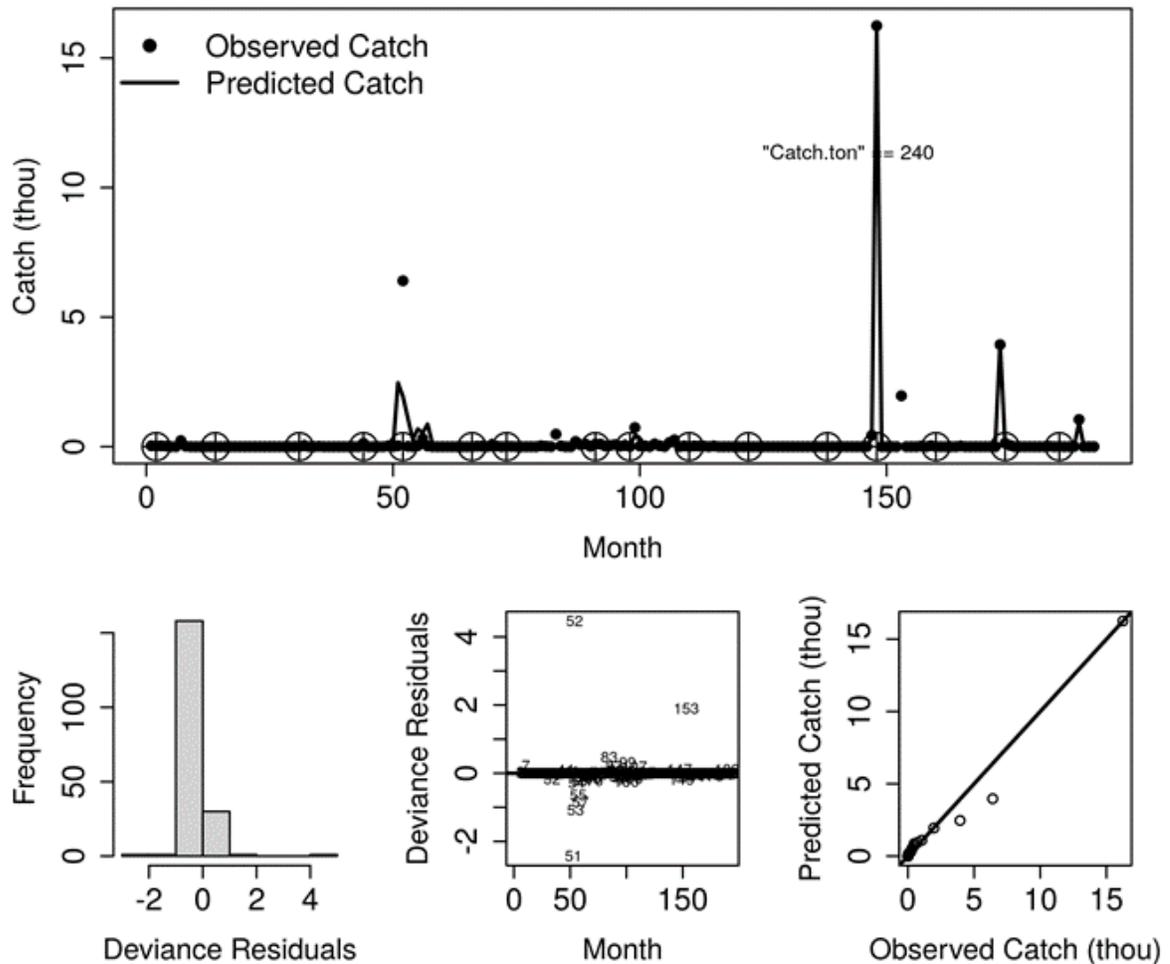


Figura 117. Ajuste del MDG a los datos de captura mensual en número y esfuerzo de pesca en número de lances para stock de raya espinosa de la flota de botes, en la pesca espinelera de SUP. La captura que se indica corresponde a la captura total en los 16 años de datos.

Los estimados de los parámetros por los MDG se presentan en la **Tabla 24**. Los estimados de mortalidad natural por mes del stock de raya volantín que provienen de ambas flotas parecen muy apropiados respecto de la historia de vida de las rayas (anualizados son 0,1872 y 0,2448, flotas de botes y de lanchas, respectivamente), pero esto no ocurre en el caso de raya espinosa que es un estimado demasiado alto. En general, en los tres casos los estimados de los reclutamientos son bastante imprecisos, excepto en 2004, 2007, 2012 y 2019 en raya volantín flota de botes, 2004 a 2008 en raya volantín flota de lanchas, y 2006, 2008, 2011, 2016, 2018 y 2019 en raya espinosa flota de botes.

**Tabla 24.** Estimados de los parámetros de los MDG y su coeficiente de variación (CV) en el ajuste con todos los años simultáneamente, en la pesca espinelera de rayas SUP. Timing es el mes en que ocurrió el reclutamiento según la variación de catch spike statistic (Roa-Ureta, 2015). Cuando no aparece, el CV no pudo ser evaluado por el método de optimización.

Parámetro	R. volantín flota de botes			R. volantín flota de lanchas			R. espinosa flota de botes		
	Timing	Estimados	CV (%)	Timing	Estimados	CV (%)	Timing	Estimates	CVpCent
M (1/mes)		0.0156	23		0.0204	40.5		0.129	21.1
N0 (miles)		86.81			10.74	17.7		46.40	
Reclutamiento (miles) 2004	2004-3	60.66	35.5	2004-11	12.06	12.4	2004-2	2.00	
Reclutamiento (miles) 2005	2005-2	0.02		2005-3	3.29	17.1	2005-2	5.49	
Reclutamiento (miles) 2006	2006-1	0.03		2006-7	8.65	12.7	2006-7	97.54	81.5
Reclutamiento (miles) 2007	2007-4	16.92	56	2007-1	10.33	12.8	2007-7	2.85	
Reclutamiento (miles) 2008	2008-6	49.18		2008-6	6.64	18.7	2008-3	560.87	9.7
Reclutamiento (miles) 2009	2009-3	10.25	140.5	2009-5	0.53	146.5	2009-6	81.75	99.8
Reclutamiento (miles) 2010	2010-5	41.69		2010-8	0.64	158	2010-1	5.48	
Reclutamiento (miles) 2011	2011-2	0.02		2011-6	1.27	168.6	2011-6	81.91	66.7
Reclutamiento (miles) 2012	2012-1	29.09	18.4	2012-4	1.03	192.8	2012-1	116.85	50.3
Reclutamiento (miles) 2013	2013-4	8.18	156.6	2013-7	2.08	161.7	2013-1	47.70	346.6
Reclutamiento (miles) 2014	2014-3	5.60	357.8	2014-7	10.92	274.8	2014-1	73.61	
Reclutamiento (miles) 2015	2015-3	14.58	116.8	2015-7	3.08	750.2	2015-6	0.48	
Reclutamiento (miles) 2016	2016-3	34.43	19.9	2016-7	2.22	169.3	2016-4	415.96	2.6
Reclutamiento (miles) 2017	2017-4	0.01		2017-7	5.52		2017-4	37.20	348.5
Reclutamiento (miles) 2018	2018-3	48.73		2018-4	3.27		2018-6	208.58	15.3
Reclutamiento (miles) 2019	2019-6	0.02		2019-4	8.38	22.6	2019-4	100.21	54.4
k (1/Nº Lances)		1.09E-10			3.46E-05	81.1		6.20E-06	3.2
$\alpha$		1.467	7		0.7214	15.5		1.042	4.9
$\beta$		3.940			3.9910	4.7		1.853	0.7
Dispersión					0.0663	10.3			

### *Análisis por etapas 2004 a 2013 y 2014 a 2016*

En el caso de raya volantín flota de botes, el ajuste de los MDG a los datos de las dos etapas mantiene sus características diagnósticas que en general son adecuadas (**Figuras 118 y 119**). En cambio, los modelos ajustados a los datos de las dos etapas por separado en raya volantín flota de lanchas y raya espinosa flota de botes se deterioran especialmente con los datos de la segunda etapa, con unos pocos residuos muy dispersos (**Figuras 120, 121, 122 y 123**)

Los parámetros estimados se presentan en las **Tablas 25 a 27**. En el caso de la pesca de raya volantín flota de botes, se pierden todos los CV de estimación excepto para la respuesta al esfuerzo  $\alpha$ . Las estimaciones de mortalidad natural  $M$  son bastante consistentes entre las dos etapas y los parámetros de la operatividad pesquera se mantienen estables excepto el escalamiento  $k$ , que sube un orden de magnitud en la segunda etapa (**Tabla 25**), sugiriendo

un incremento de la escala de las operaciones pesqueras, con artes de pesca que abarcan una mayor área.

**Tabla 25.** Estimados de los parámetros de los MDG y su coeficiente de variación (CV) en el ajuste con dos etapas, 2004-2013 y 2014-2019, en la pesca espinelera de raya volantín botes de SUP. Timing es el mes en que ocurrió el reclutamiento según la variación de catch spike statistic (Roa-Ureta, 2015). Cuando no aparece, el CV no pudo ser evaluado por el método de optimización.

Parámetro	R. volantín flota de botes 2004-2013			R. volantín flota de botes 2014-2019		
	Timing	Estimados	CV (%)	Timing	Estimados	CV (%)
M (1/mes)		0.055			0.082	
N0 (miles)		2198.9			250.5	
Reclutamiento (miles) 2004	2004-3	6661.7				
Reclutamiento (miles) 2005	2005-2	0.3				
Reclutamiento (miles) 2006	2006-1	0.2				
Reclutamiento (miles) 2007	2007-4	1008.4				
Reclutamiento (miles) 2008	2008-6	4516.9				
Reclutamiento (miles) 2009	2009-3	713.3				
Reclutamiento (miles) 2010	2010-5	4061.7				
Reclutamiento (miles) 2011	2011-2	0.3				
Reclutamiento (miles) 2012	2012-1	2460.6				
Reclutamiento (miles) 2013	2013-4	551.9				
Reclutamiento (miles) 2014				2014-3	64.9	
Reclutamiento (miles) 2015				2015-3	188.2	
Reclutamiento (miles) 2016				2016-3	317.2	
Reclutamiento (miles) 2017				2017-4	0.0	
Reclutamiento (miles) 2018				2018-3	471.6	
Reclutamiento (miles) 2019				2019-6	0.1	
k (1/Nº Lances)		3.32E-07			2.28E-06	
$\alpha$		1.376	8.5		1.700	12.1
$\beta$		1.263			1.357	

Fleet = II, Perturbations = 10, Distribution = Apnormal, Numerical algorithm = CG

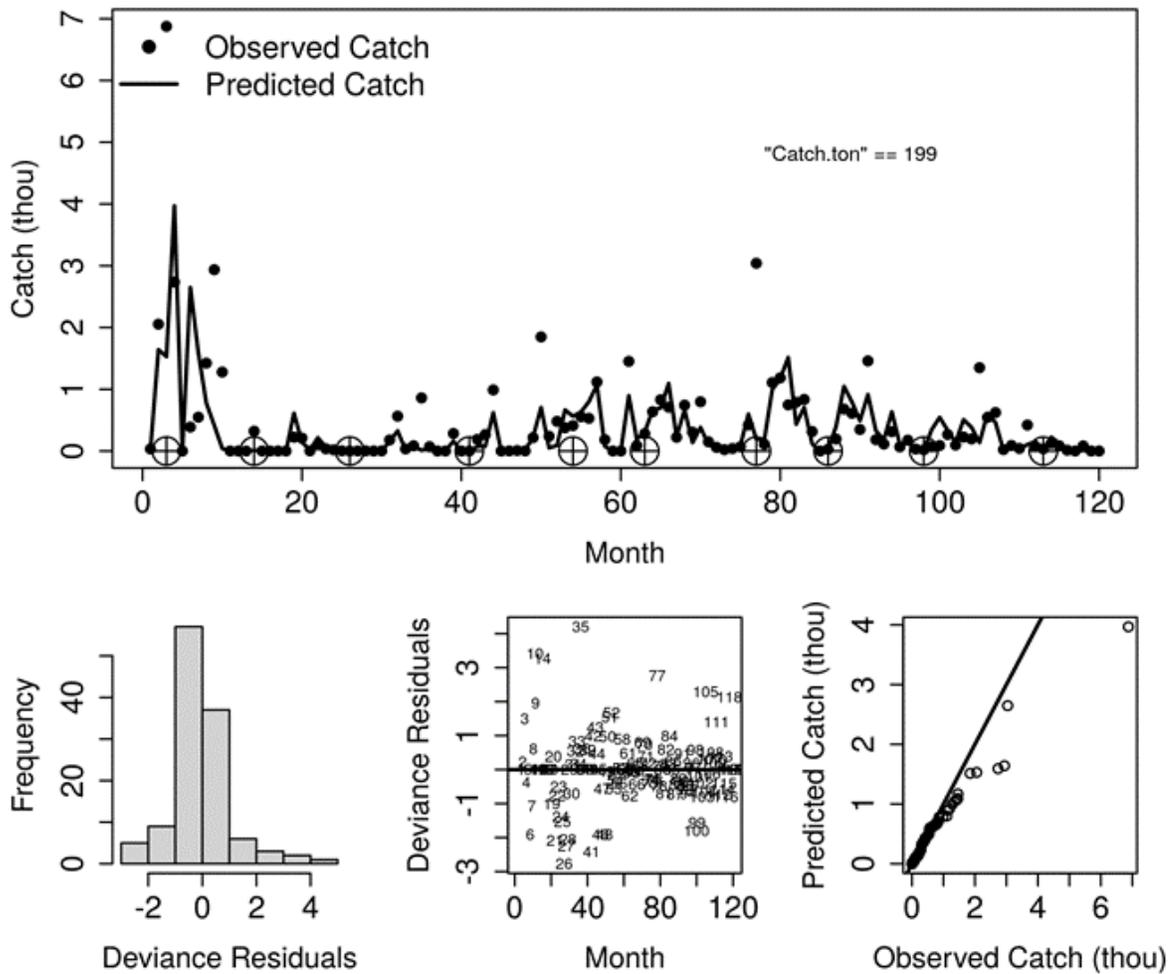


Figura 118. Ajuste del MDG a los datos de captura mensual en número y esfuerzo de pesca en número de lances para stock de raya volantín de la flota de botes, 2004 a 2013, en la pesca espinelera SUP. La captura que se indica corresponde a la captura total en los 10 años de datos.

Fleet = II, Perturbations = 6, Distribution = ApInormal, Numerical algorithm = CG

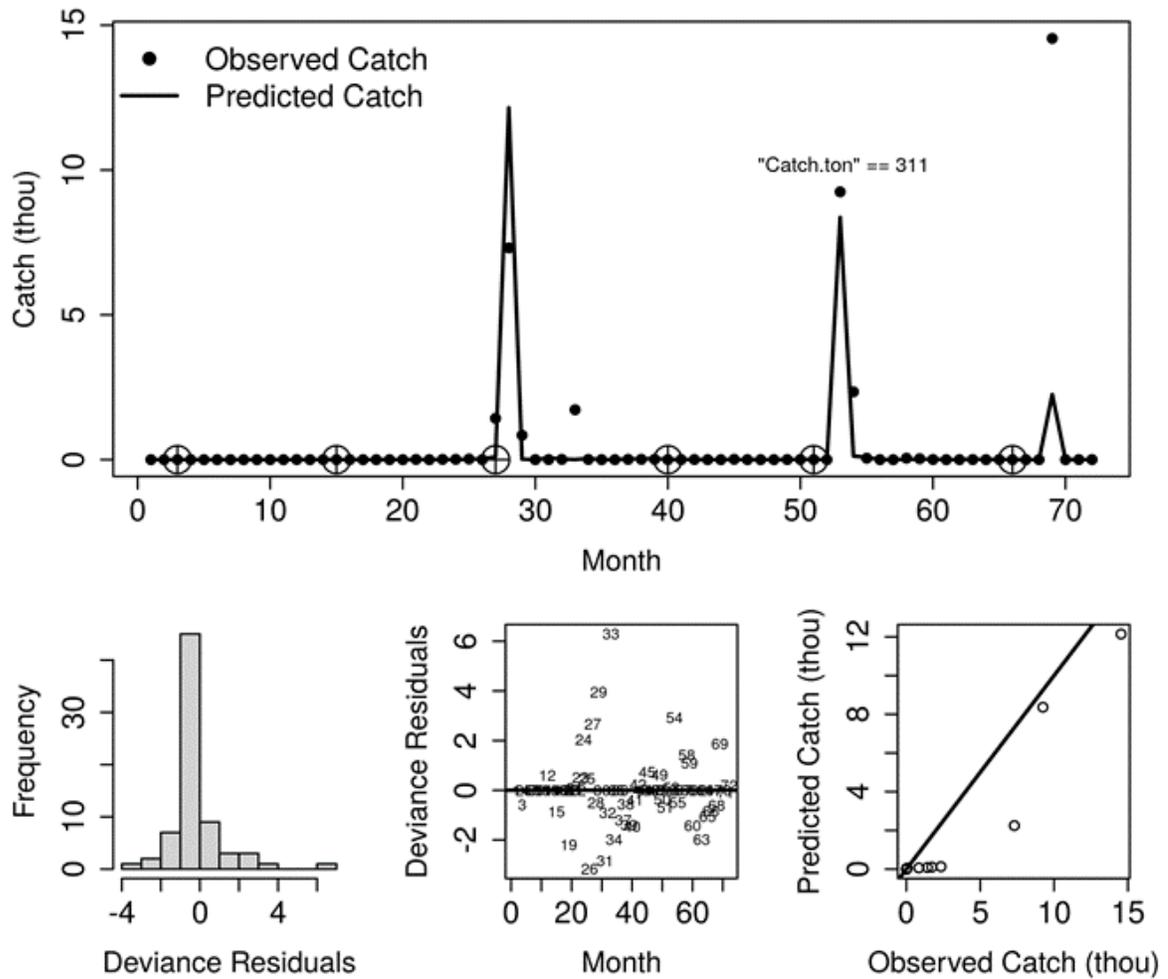


Figura 119. Ajuste del MDG a los datos de captura mensual en número y esfuerzo de pesca en número de lances para stock de raya volantín de la flota de botes, 2014 a 2019, en la pesca espinelera SUP. La captura que se indica corresponde a la captura total en los 6 años de datos.

Fleet = II, Perturbations = 10, Distribution = Normal, Numerical algorithm = spg

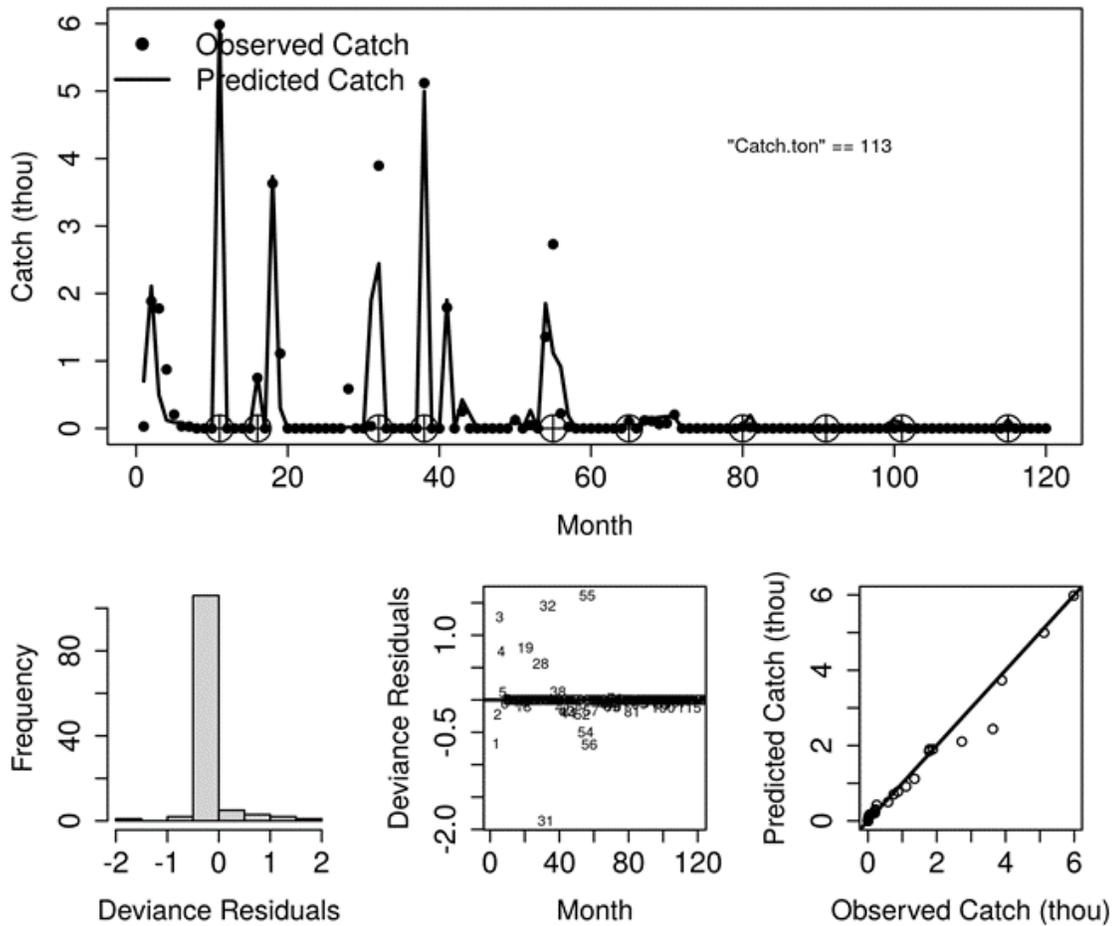


Figura 120. Ajuste del MDG a los datos de captura mensual en número y esfuerzo de pesca en número de lances para stock de raya volantín de la flota de lanchas, 2004 a 2013, en la pesca espinelera SUP. La captura que se indica corresponde a la captura total en los 10 años de datos.

Fleet = II, Perturbations = 6, Distribution = Normal, Numerical algorithm = CG

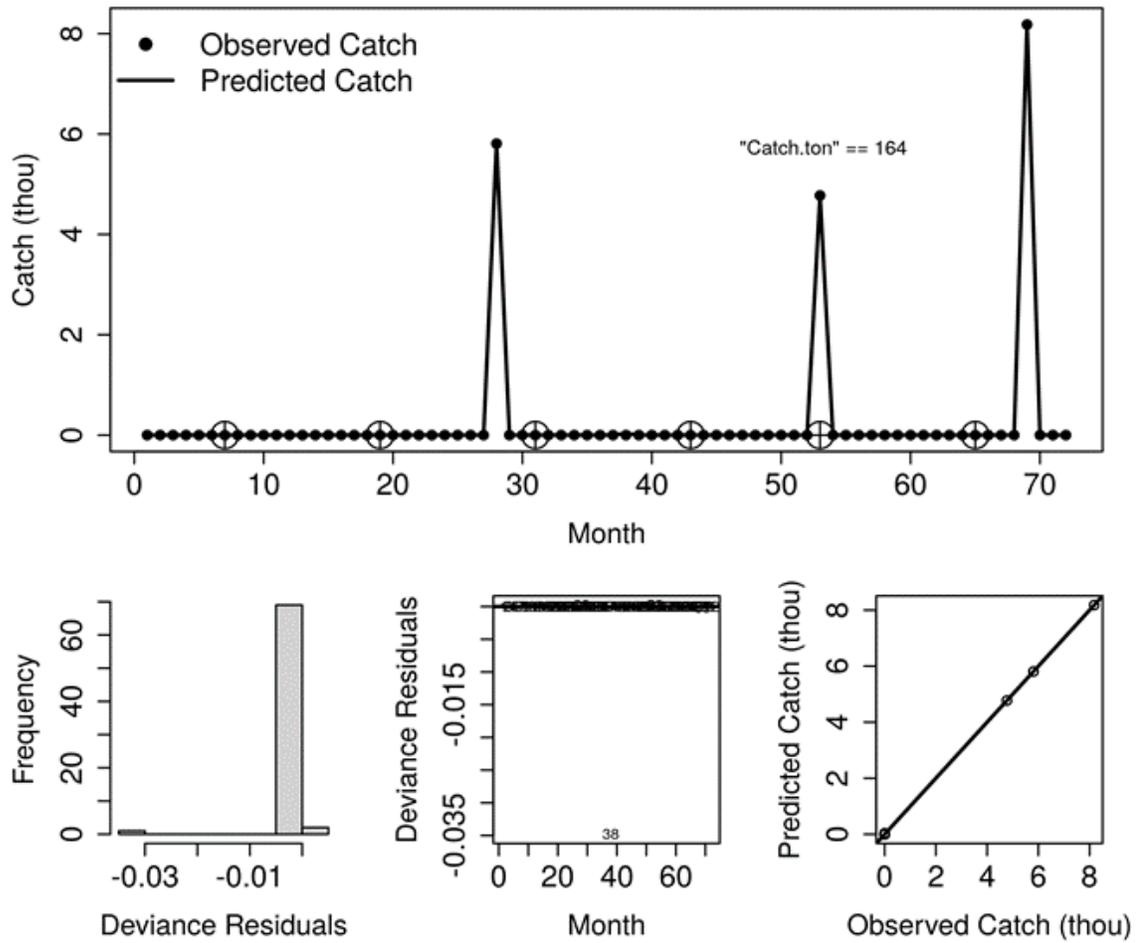


Figura 121. Ajuste del MDG a los datos de captura mensual en número y esfuerzo de pesca en número de lances para stock de raya volantín de la flota de lanchas, 2014 a 2019, en la pesca espinelera SUP. La captura que se indica corresponde a la captura total en los 6 años de datos.

Fleet = II, Perturbations = 10, Distribution = Anormal, Numerical algorithm = spg

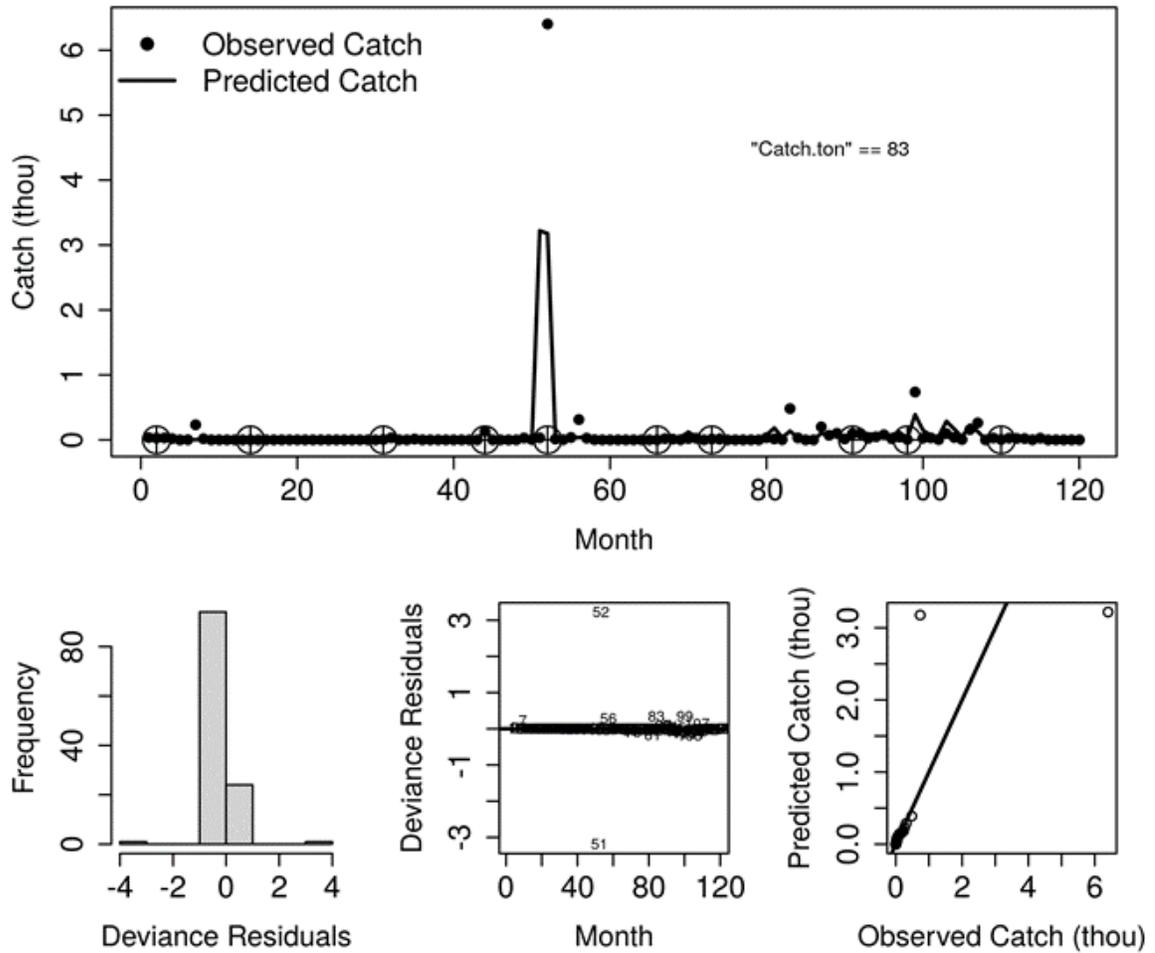


Figura 122. Ajuste del MDG a los datos de captura mensual en número y esfuerzo de pesca en número de lances para stock de raya espinosa de la flota de botes, 2004 a 2013, en la pesca espinelera SUP. La captura que se indica corresponde a la captura total en los 10 años de datos.

Fleet = II, Perturbations = 6, Distribution = Apnormal, Numerical algorithm = spg

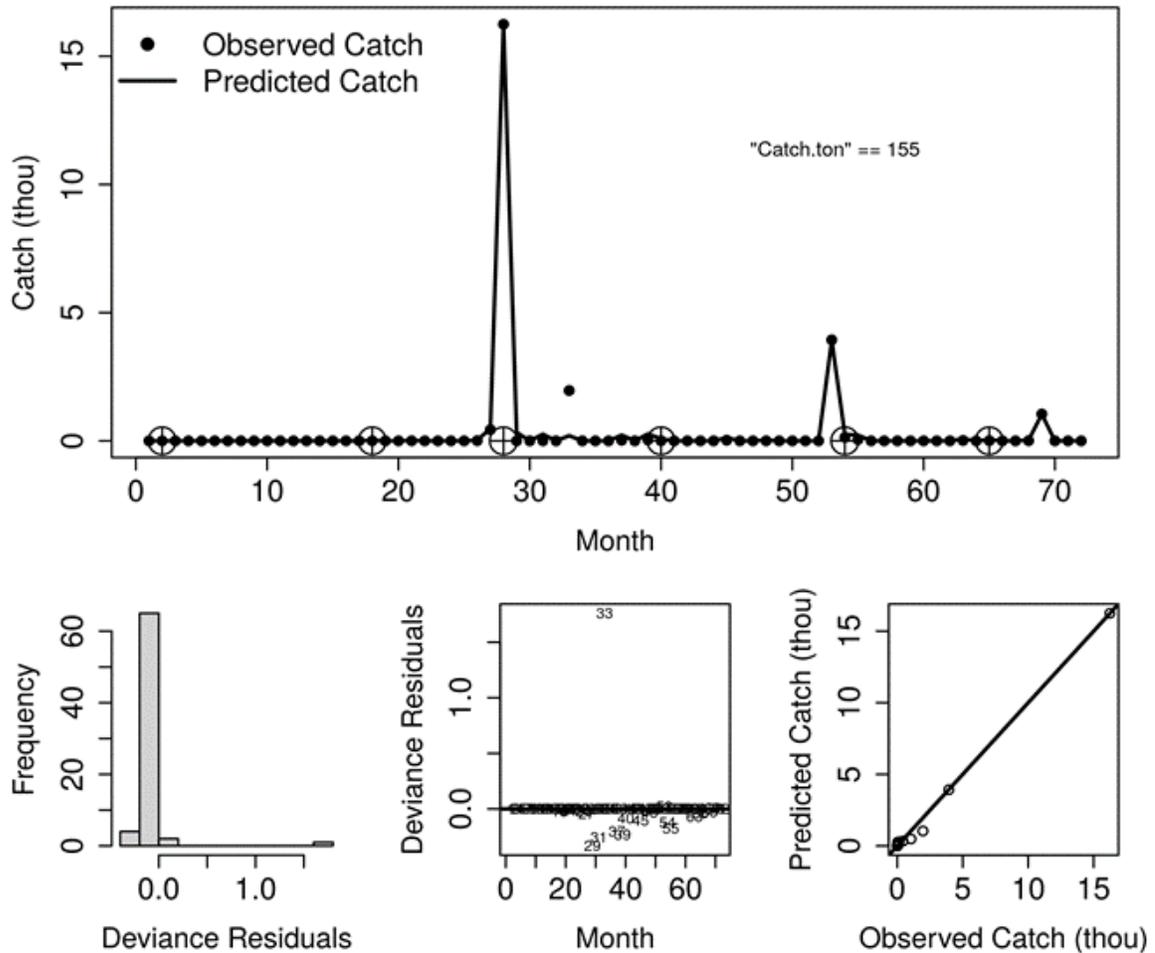


Figura 123. Ajuste del MDG a los datos de captura mensual en número y esfuerzo de pesca en número de lances para stock de raya espinosa de la flota de botes, 2014 a 2019, en la pesca espinelera SUP. La captura que se indica corresponde a la captura total en los 6 años de datos.

En el caso de la pesca de raya volantín flota de lanchas, se obtienen mejores resultados estadísticos con varios estimados de reclutamiento que tienen CVs razonables en la primera etapa. Las estimaciones de mortalidad natural  $M$  también son consistentes entre las dos etapas y los parámetros de la operatividad pesquera cambian radicalmente (**Tabla 26**). El escalamiento  $k$  aumenta más de un orden de magnitud, la respuesta al esfuerzo  $\alpha$  pasa de saturable a ligeramente sinérgico, y la respuesta a la abundancia  $\beta$  pasa de hiperdeplecionada a hiper-estable desde la primera a la segunda etapa, todos claros efectos de mejoras de la eficiencia pesquera.

**Tabla 26.** Estimados de los parámetros de los MDG y su coeficiente de variación (CV) en el ajuste con dos etapas, 2004-2013 y 2014-2019, en la pesca espinelera de raya volantín lanchas de SUP. Timing es el mes en que ocurrió el reclutamiento según la variación de catch spike statistic (Roa-Ureta, 2015). Cuando no aparece, el CV no pudo ser evaluado por el método de optimización.

Parámetro	R. volantín flota de lanchas 2004-2013			R. volantín flota de lanchas 2014-2019		
	Timing	Estimados	CV (%)	Timing	Estimados	CV (%)
M (1/mes)		0.027	45.4		0.050	
N0 (miles)		11.0	25.2		417.9	
Reclutamiento (miles) 2004	2004-11	13.0	17.7			
Reclutamiento (miles) 2005	2005-3	3.6	23.8			
Reclutamiento (miles) 2006	2006-7	9.3	18.4			
Reclutamiento (miles) 2007	2007-1	11.3	18.4			
Reclutamiento (miles) 2008	2008-6	7.4	25.5			
Reclutamiento (miles) 2009	2009-5	1.1	126.4			
Reclutamiento (miles) 2010	2010-8	1.2	136.1			
Reclutamiento (miles) 2011	2011-6	2.0	143			
Reclutamiento (miles) 2012	2012-4	1.5	159.5			
Reclutamiento (miles) 2013	2013-7	2.9	121.3			
Reclutamiento (miles) 2014				2014-7	73.9	
Reclutamiento (miles) 2015				2015-6	5.2	
Reclutamiento (miles) 2016				2016-7	35.3	
Reclutamiento (miles) 2017				2017-7	60.5	
Reclutamiento (miles) 2018				2018-5	196.7	
Reclutamiento (miles) 2019				2019-5	24.7	99.8
k (1/Nº Lances)		5.05E-05	147.6		1.01E-03	367.3
$\alpha$		0.712	18.9		1.806	
$\beta$		3.818	9.6		0.779	27.5
Dispersión		0.108	13.1		0.000122	

Finalmente, en el caso de raya espinosa flota de botes, pocos reclutamientos son estimados con precisión y existe inconsistencia en el estimado de mortalidad natural  $M$  entre las dos etapas. Sin embargo, los parámetros de la operatividad pesquera son en general estimados con precisión e indican un aumento del escalamiento  $k$  de casi un orden de magnitud, mantenimiento de la respuesta al esfuerzo  $\alpha$  cerca de la proporcionalidad, y una reducción fuerte en la hiper-depleción de la respuesta a la abundancia  $\beta$  (**Tabla 27**). Estos son también cambios que indican una substancial mejora de la eficiencia de la operación pesquera.

**Tabla 27.** Estimados de los parámetros de los MDG y su coeficiente de variación (CV) en el ajuste con dos etapas, 2004-2013 y 2014-2019, en la pesca espinelera de raya espinosa botes de SUP. Timing es el mes en que ocurrió el reclutamiento según la variación de catch spike statistic (Roa-Ureta, 2015). Cuando no aparece, el CV no pudo ser evaluado por el método de optimización.

Parámetro	R. espinosa flota de botes 2004-2013			R. espinosa flota de botes 2014-2019		
	Timing	Estimados	CV (%)	Timing	Estimados	CV (%)
M (1/mes)		0.000127			0.091	18.1
N0 (miles)		0.8			71.7	
Reclutamiento (miles) 2004	2004-2	0.8				
Reclutamiento (miles) 2005	2005-2	0.6				
Reclutamiento (miles) 2006	2006-7	0.5				
Reclutamiento (miles) 2007	2007-7	0.5				
Reclutamiento (miles) 2008	2008-3	7.5	66.9			
Reclutamiento (miles) 2009	2009-6	0.2				
Reclutamiento (miles) 2010	2010-0	0.7				
Reclutamiento (miles) 2011	2011-6	0.2				
Reclutamiento (miles) 2012	2012-1	1.6	83			
Reclutamiento (miles) 2013	2013-1	0.4				
Reclutamiento (miles) 2014				2014-2	48.6	
Reclutamiento (miles) 2015				2015-6	4.7	
Reclutamiento (miles) 2016				2016-4	245.2	1
Reclutamiento (miles) 2017				2017-4	3.4	
Reclutamiento (miles) 2018				2018-6	94.7	18.1
Reclutamiento (miles) 2019				2019-5	10.6	
k (1/Nº Lances)		7.52E-05	124		2.70E-04	1.2
$\alpha$		1.124	113.3		0.919	4.9
$\beta$		3.962	4.7		1.378	0.7

Los índices de abundancia relativa derivados de los estimados de reclutamiento se muestran en la **Figura 124**. En raya volantín flota de botes, que es la división con más datos de pesca, los índices bajo el escenario de análisis simultáneo de todos los años y de análisis en dos etapas muestran resultados casi idénticos en la primera etapa y grandes diferencias en la segunda etapa (**Figura 124**). Bajo el escenario de dos etapas en los datos, el reclutamiento no sube en los últimos años, contrario a lo que aparece bajo el escenario de análisis simultáneo de todos los datos. Lo anterior, es consistente con el aumento de la escala de las operaciones de esta flota que resulta del incremento del escalamiento en sus parámetros de la operatividad pesquera (**Tabla 25**). Este aumento de la eficiencia de la pesca no es tomado en cuenta en el modelo que se ajusta a la serie de tiempo completa, mientras que sí es evaluado cuando se ajustan los modelos separadamente a los datos de las dos etapas. Por lo tanto, el escenario del ajuste de MDH con los datos separados en dos etapas es más confiable y dice que el reclutamiento para la flota de lanchas se mantiene en un nivel bajo durante la segunda etapa.

En el caso de raya volantín flota de lanchas los resultados son opuestos a los obtenidos en raya volantín flota de botes. Los dos escenarios (serie de tiempo completa versus dos etapas) difieren en los resultados de la primera etapa y se asemejan en la segunda etapa. Como todos los parámetros de la operatividad pesquera en este caso (**Tabla 26**) cambian mucho desde la primera a la segunda etapa, el escenario de datos en dos etapas es más confiable, y este dice que el reclutamiento al stock disponible para la flota de botes ha ido aumentando en la etapa más reciente.

Los resultados mostrando diferencias en las tendencias recientes del índice de reclutamiento de raya volantín para las flotas de botes y de lanchas pueden deberse a que estas flotas ocupan distintos caladeros. En efecto, la flota de botes opera en general más cerca de la costa y la flota de lanchas opera más mar adentro. Por lo tanto, considerando los resultados de los índices de reclutamiento bajo el escenario de dos etapas en la serie de tiempo y la disposición espacial de los caladeros de las flotas de botes y lanchas, queda claro que el reclutamiento al stock de raya volantín en los caladeros de la flota de botes se ha mantenido en un nivel bajo de abundancia en años recientes, mientras que el stock en los caladeros de la flota de lanchas ha ido en general creciendo en los últimos años.

En el caso de la pesca de raya espinosa flota de botes, los índices de reclutamiento bajo los dos escenarios de uso de datos, serie de tiempo completa o dos etapas, coinciden muy bien en todos los años excepto en 2008 (**Figura 124**). Esta coincidencia se manifiesta particularmente en la segunda etapa, y sugiere que el reclutamiento de raya espinosa al stock disponible para la flota de botes ha ido en promedio creciendo ligeramente durante la segunda etapa.

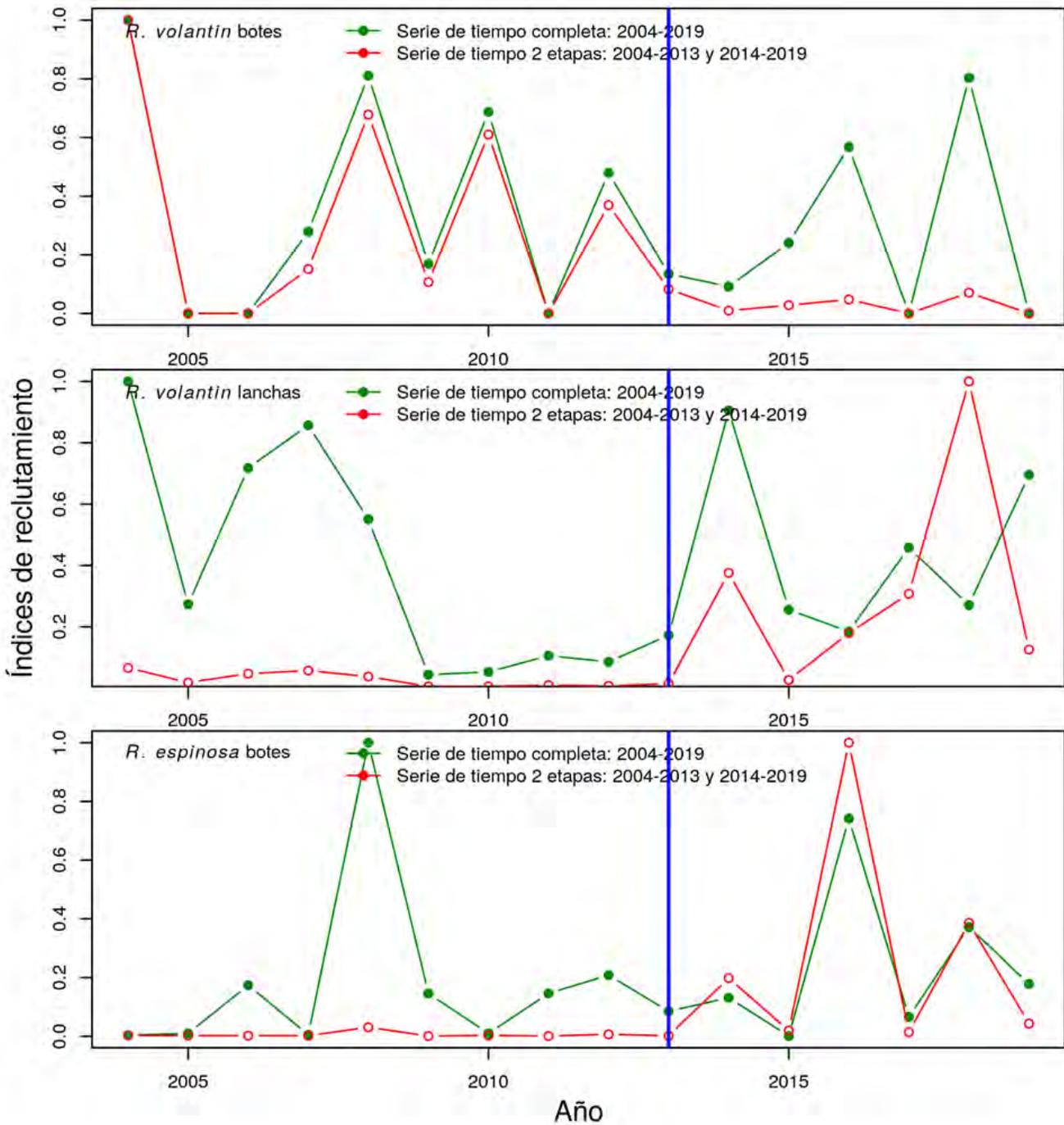


Figura 124. Índice de abundancia relativa de rayas de Chile sur-austral derivados de los estimados de reclutamientos para las tres divisiones de los datos y según los dos escenarios del ajuste: serie de tiempo completa simultáneamente, suponiendo constancia de los parámetros de la operatividad pesquera, versus ajuste de serie de tiempo en dos etapas, suponiendo cambios en la operatividad pesquera debido a la introducción de vedas. Cada índice está dividido por su máximo. La línea azul separa las dos etapas.

Considerando lo planteado anteriormente, los índices de reclutamiento a ser retenidos para cada división de los datos son:

- Raya volantín flota de botes: unión de los índices de la etapa 2004-2013 y 2014-2019.
- Raya volantín flota de lanchas: unión de los índices de la etapa 2004-2013 y 2014-2019.
- Raya espinosa flota de botes: índice único proveniente de la serie de tiempo completa 2004-2019.

Los índices de abundancia relativa derivados de los estimados de abundancia se muestran en la **Figura 125**. Para este resultado hemos seguido las conclusiones obtenidas a partir del índice de reclutamiento, es decir reteniendo los resultados de la unión de los modelos en dos etapas para el caso de la pesca de raya volantín flotas de botes y de lanchas y los resultados del ajuste a la serie de tiempo completa en el caso de la pesca de raya espinosa flota de botes.

Para el caso de la raya volantín flota de botes (**Figura 125**), el índice de abundancia relativa muestra una situación de estabilidad en las tendencias, en particular desde 2008, aunque con fuertes fluctuaciones intra-anales.

En el caso de la raya volantín flota de lanchas (**Figura 125**), operan en general más mar afuera que la flota de botes, el índice de abundancia relativa muestra que la abundancia aumentó al inicio de la segunda etapa, 2014 a 2019, pero ha decaído desde entonces y actualmente se encuentra cercano al promedio de largo plazo.

Finalmente, en el caso de la raya espinosa flota de botes (**Figura 125**), parecen ocurrir incrementos fuertes esporádicamente (2008 y 2016) que se corresponden con fuertes entradas de reclutas (**Figura 124**) y en los años más recientes (posterior a 2016) ocurren varios pulsos de abundancia que mantienen el promedio del índice un poco más alto que en períodos previos.

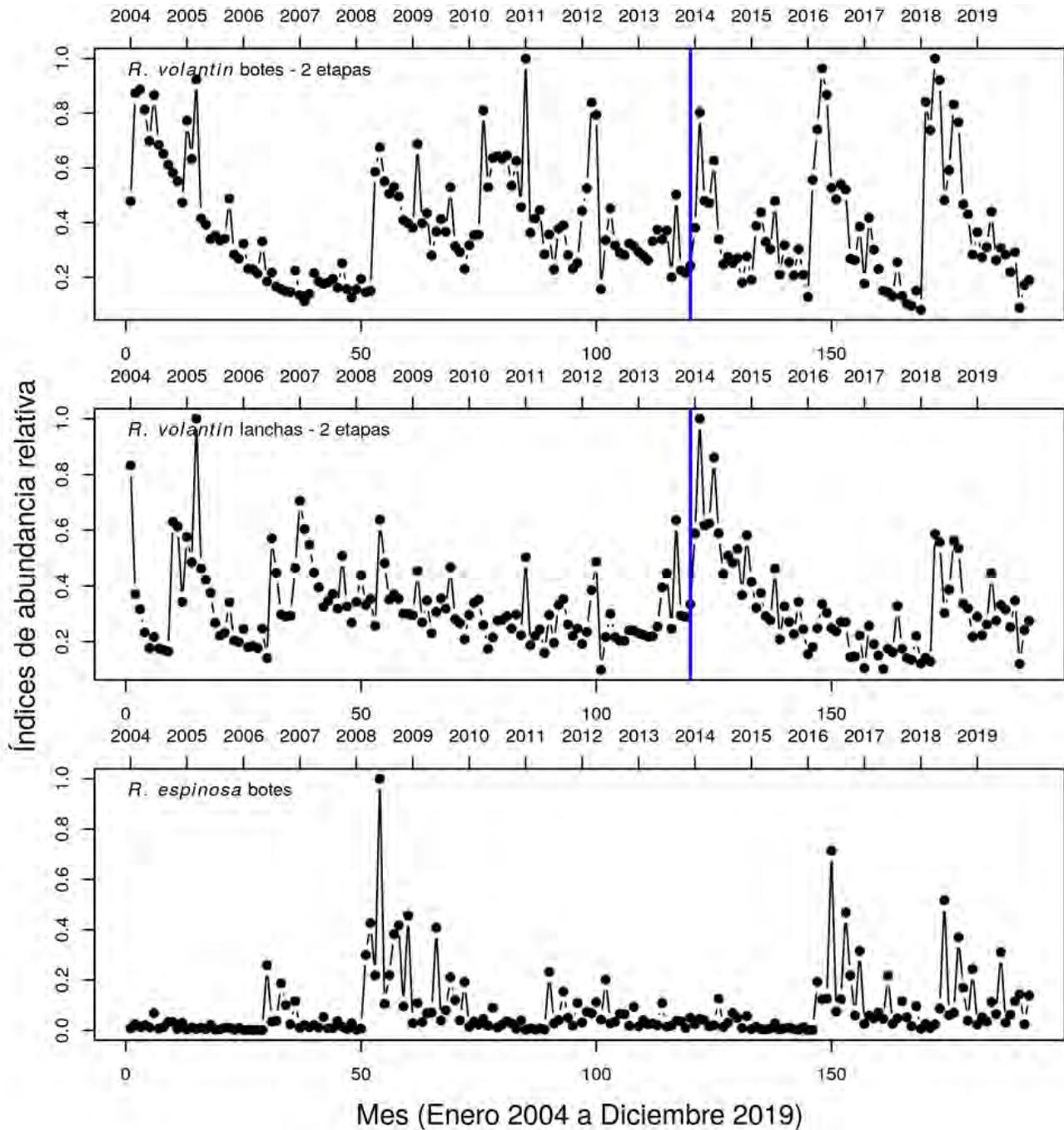


Figura 125. Índice de abundancia relativa de rayas SUP derivados de los estimados de abundancia del stock completo para las tres divisiones de los datos. Cada índice está dividido por su máximo. La línea azul separa las dos etapas. En la división raya espinosa flota de botes se presentan los resultados del ajuste a todos los años simultáneamente.

## **SOBRE OFERTA. REGLAS EMPÍRICAS PARA EL MANEJO.**

### **Mecanismos para ordenar y manejar la pesquería de rayas**

Durante los últimos 7 años la evaluación de la población de raya volantín se ha caracterizado por importantes niveles de incertidumbre debido a la carencia de información pesquera. El levantamiento de datos desde la pesquería se ha conformado particularmente complejo, impactando de manera directa la asesoría científica que proporciona el Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) al Comité Científico Técnico (CCT). El rol del CCT se centra en la toma de decisiones respecto de medidas de manejo (e.g., cuota de pesca) y la adopción de los planes de investigación en raya volantín y raya espinosa<sup>1</sup>, por tanto, la disponibilidad de información relevante para alimentar un esquema de evaluación cuantitativo es importante.

Si bien, el monitoreo de los índices de abundancia relativos resulta clave para la evaluación de la condición de la población (Salthaug & Godø 2001), las vedas extractivas establecidas en los años 2014, 2015 y 2017, generan desafíos importantes para construir índices de abundancia confiables para un correcto seguimiento de la evolución temporal del tamaño de las poblaciones de rayas explotadas en Chile (Quiroz 2008). Además, las reducidas cuotas de captura establecidas en los años 2016 y 2018 provocaron una carrera olímpica que redujo la estación de pesca, generando rendimientos de pesca altos y variables no comparables a los obtenidos en años previos al 2014. Esta particularidad se observa en la exploración de datos del Objetivo Específico 2 y la estandarización de esfuerzo del Objetivo Específico 4, donde se observa para los años más reciente un patrón totalmente diferente al periodo previo a la implementación de las vedas extractivas.

Además de ausencia de datos independientes de la pesquería (i.e., cruceros, marcaje-recaptura), durante el período 2014-2020 la construcción de un indicador de abundancia es complejo para el actual modelo edad-estructurado (Pérez et al. 2017), situación que acrecienta las debilidades detectadas en el proceso de estandarización de CPUE previo al año 2014 (Quiroz & Wiff, 2007). Esta debilidad se debe al impreciso proceso de identificación de covariables que expliquen las variaciones interanuales en las tasas de captura.

Durante las últimas asesorías científicas se han implementado otros enfoques de evaluación (e.g., modelos de dato pobre, modelos regionalizados), obteniendo resultados similares a

---

<sup>1</sup> <https://www.subpesca.cl/portal/616/w3-propertyvalue-51144.html>

los entregados por el modelo de evaluación utilizado en la asesoría científica. Esta similitud responde a la incapacidad de los enfoques para ajustarse a la serie de CPUE nominal (**Figura 126**), induciendo a que la tendencia en las variables de estado (e.g., biomasa desovante) responda principalmente a los niveles de captura.

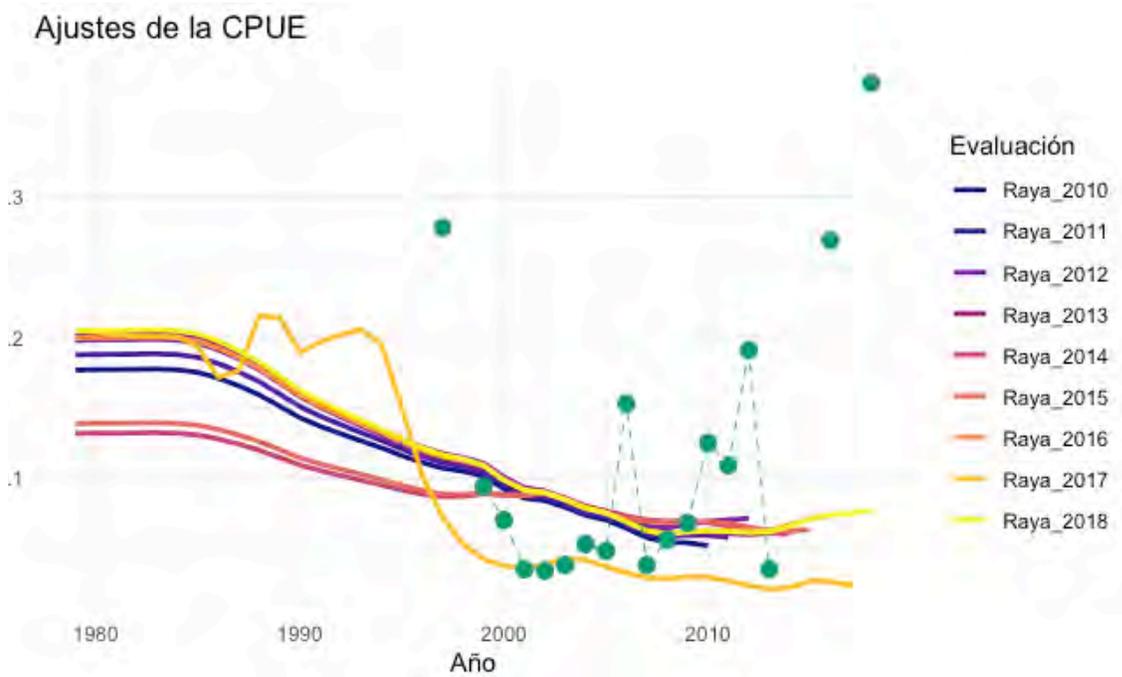
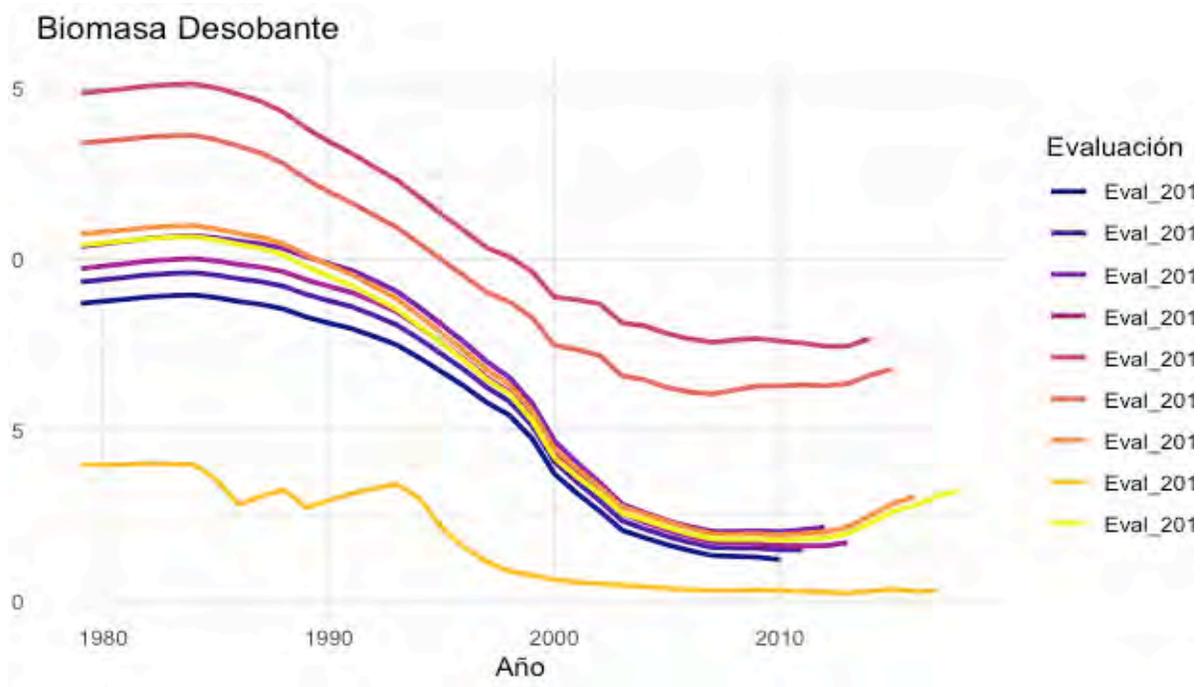


Figura 126. Estimaciones de CPUE obtenidas por los modelos de evaluación para el periodo 2010-2018 (líneas) y contraste con la CPUE nominal observada (círculos) en la evaluación del año 2018.

Aunque la remoción por pesca ha disminuido considerablemente en los últimos años y el modelo de evaluación ha mostrado un leve aumento en la biomasa desovante posterior al año 2014 (**Figura 127**), los argumentos respecto de la insuficiencia de datos y su impacto en la baja robustez de las estimaciones del modelo de evaluación (e.g., cambios significativos en la biomasa media entre evaluaciones), la imposibilidad de obtener índices de CPUE estandarizados y la relevancia de las capturas en los estimados de biomasa desovante, hacen impreciso la utilización del modelo de evaluación para fines de recomendaciones de capturas límites basadas en algún punto de referencia.



**Figura 127.** Evolución temporal de la biomasa desovante para el período 1979-2018 reportado por las evaluaciones de stock de la última década.

### Opciones para el manejo

Teniendo en vista las dificultades expuestas en las secciones previas, es razonable explorar alternativas diferentes a aquellas modelo-basada para fines de recomendaciones de capturas límites, requiriendo un sustituto que podría ser una aproximación empírica-basada. Las siguientes secciones desarrollan un conjunto de análisis adicionales del proyecto (**Sobreoferta**), que busca contribuir a las dificultades de manejo que esta atravesando la pesquería de rayas, basado específicamente en los resultados de los objetivos del proyecto que se orientan a estimar índices de abundancia relativa.

Durante el desarrollo del proyecto, la exploración de datos pesqueros con fines de describir las características operacionales de las flotas que capturan rayas (sección 4.1.1) y la exploración de los patrones temporales y espaciales del esfuerzo de pesca o la CPUE (Sección 4.2.1), han dejado ver algunas características que son promisorias para identificar niveles de referencia desde los datos pesqueros históricos (previo al año 2014), los cuales pueden ser vinculados a tamaños del stock de raya confiables, y a su vez, contrastados con

los datos pesqueros más recientes (posterior al año 2014) obtenidos por el monitoreo de la pesquería.

Sin embargo, es necesario atender algunas condiciones antes de abordar la problemática actual (*i.e.*, la reducción y variabilidad interanual de los datos pesqueros para el período más reciente), que parten por: *i)* asegurar un monitoreo anual mínimo que permita recolectar la información suficiente para un asesoría científica con fines de manejo basado en datos empíricos, *ii)* establecer los requerimientos de datos mínimos que satisfaga de mejor forma los potenciales modelos empíricos, y *iii)* proponer un conjunto de modelos empíricos explícitos para el proceso decisional que utilicen variables pesqueras recolectadas por el monitoreo de la pesquería (e.g., CPUE o esfuerzo). Este enfoque no analítico podría ser un escenario plausible estableciendo cantidades de manejo límites que ayuden a asegurar la sostenibilidad de la pesquería y la salud de los stocks de rayas.

## MODELO EMPÍRICO

Una aproximación empírica conlleva incorporar el conocimiento que nace de la observación y la experimentación (*i.e.*, los resultados de este proyecto) para predecir un resultado que no es parte de las suposiciones ni de las deducciones lógicas. Varias de estas aproximaciones se han implementado en pesquerías para sustentar mayormente los procesos decisionales sobre medidas de manejo ([Canales & Cubillos 2021](#); [Punt et al. 2012](#); [Dowling et al. 2015](#); [Hoshino et al. 2020](#)).

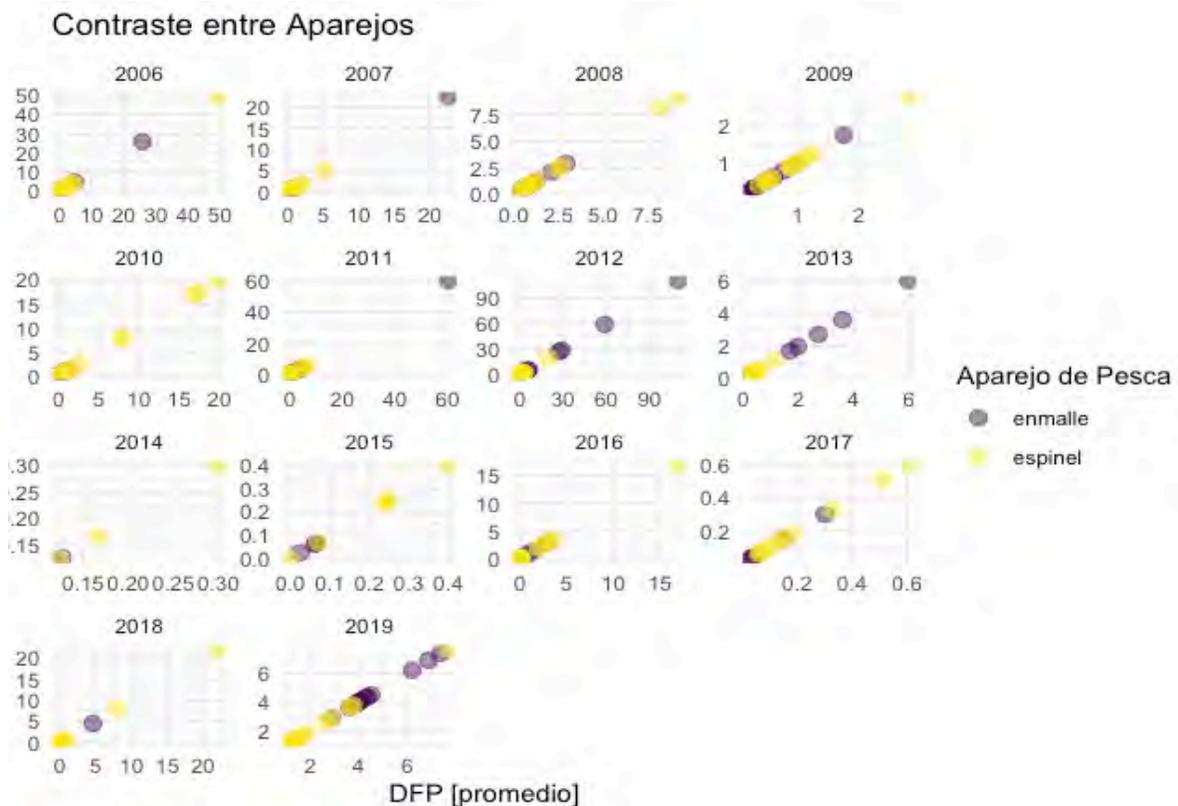
Una primera etapa en la identificación de un modelo empírico para fines de manejo en pesquerías de rayas, es definir el estrato de datos (e.g., tipos de flotas, unidades de esfuerzo, tasas de capturas) que serán considerados para indicar niveles de referencia (e.g., puntos biológicos u operativos para definir estatus de explotación) que puedan ser contrastados con observaciones obtenidas experimentalmente (e.g., datos desde un monitoreo bajo un diseño de muestreo). La segunda etapa es adaptar el modelo empírico de forma que sea flexible para entregar recomendaciones de medidas de manejo (e.g., capturas límites) en función a objetivos de la pesquería. En este informe se abordaron aspectos parciales de la primera etapa.

## Estratos de datos

La idea detrás de un modelo empírico es definir dos tipos de datos, uno de referencia y otros de contraste. Por ejemplo, es posible en el caso de la pesquería de raya volantín que observaciones de CPUE previas al año 2014 sean robustas para definir un tamaño de la población (e.g., la CPUE que debería ocurrir cuando la población se ha reducido a un 40% de su estado sin pesca), las que posteriormente pueden ser comparadas con CPUE recientes (posterior al 2014) para inferir empíricamente un probable estado de reducción de la población. Teniendo en cuenta la relación entre el esfuerzo de pesca y la captura en los indicadores de CPUE, es posible controlar una de estas variables al considerar fija la otra.

Sin embargo, es crucial identificar un estrato de datos de CPUE robusto y que permita el contraste. Los resultados en la sección de resultados Objetivo Específico 2, han dejado ver que la unidad de esfuerzo basada en días fuera de puerto (DFP) es más frecuente y estable que el número de anzuelos, por ejemplo. Por otro lado, se observa una mayor frecuencia de datos de DFP y cobertura de captura desde la flota de pesca compuesta de botes. En efecto, las lanchas muestran observaciones no periódicas y con altos sesgos en cuanto a credibilidad.

Asumiendo como base una unidad de esfuerzo (DFP) y un sector de la flota (botes), resta definir otras variables como los tipos de aparejos de pesca. La raya es capturada por medio de espineles y enmalles (ver Antecedentes, sección 2), sin embargo, los valores promedios por mes y zona, indican que botes utilizando enmalle ejercen mayor esfuerzo de pesca (**Figura 128**).



**Figura 128.** Relación entre los días fuera de puerto (DFP) de las embarcaciones que utilizan enmalle y espinel como aparejos de pesca.

Lo anterior implica que no es posible construir un indicador combinado de aparejos de pesca (e.g., CPUE de enmalle y espinel) para implementar en el modelo empírico, y por tanto, es necesario desagregar datos (por tipo de aparejo) bajo el riesgo de que el número reducido de registros de pesca dificulten la implementación del modelo empírico.

## ESTADO ACTUAL

Durante los últimos años las regulaciones sobre la pesquería de rayas se han traducido en acciones de manejo a través de cuotas de captura y vedas biológicas a lo largo de tres zonas

administrativas de pesca<sup>2</sup>, con mayor intensificación en la zona sur de la unidad de pesquería (SUP) donde se concentra la mayor captura y despliegue de esfuerzo pesquero.

El año 2020, el Comité Científico Técnico (CCT) que asesora esta pesquería sugirió incrementar la captura límite (para la CBA del año 2021) en aproximadamente 3 veces la CBA del 2020, debido a que las CBA antes del año 2020 restringían la estación de pesca a no más de 2 o 3 semanas, dificultando la recopilación de datos pesqueros y biológicos por parte de los programas de monitoreo conducidos por IFOP. Este mismo criterio se implementó el año 2021 (para la CBA del año 2022), manteniendo el mismo criterio de triplicar la CBA respecto del año 2020.

La decisión de aumentar la captura límite buscó incrementar la posibilidad de recopilación de datos para la evaluación de stock o la implementación de indicadores de desempeño sobre la cosecha de rayas, que junto al fraccionamiento de la cuota anual de captura por regiones (entre Coquimbo y Magallanes, y que asigna no menos de un 50% de la cuota a la SUP), permitiría la recopilación de datos para fines de manejo.

Sin embargo, varios hitos mostraron que la estrategia de aumentar la captura no logró el objetivo buscado. Durante el año 2021, el desembarque fue de 540 t para la especie raya volantín y de 41,7 t para raya espinosa, muy por debajo de la cuota de pesca de 1.328 toneladas (Volantín: 1.146 ton, Espinosa: 236 ton). A pesar que la SUP concentró un 67% del desembarque total y la UP experimentó un aumento del 40% en relación a la temporada anterior, los niveles de muestreo fueron reducidos debido a la infrecuencia de las operaciones de pesca, las cuales al cubrir un amplio período del año dificultó el sincronismo con el monitoreo de IFOP (años previos la operación de pesca se centró en sólo algunas semanas). Esta situación se agravó debido a que la zona NUP experimentó un descenso en los desembarques del 63%.

---

<sup>2</sup> <sup>2</sup> NUP: Norte de Unidad de Pesquería; UP: Unidad de Pesquería; SUP: Al sur de la Unidad de Pesquería.

Hasta la fecha de este informe, no se han obtenido datos respecto a la dinámica pesquera de captura de la cuota de pesca 2022. Sin embargo, información circunstancial con investigadores de IFOP señala que durante la temporada de pesca 2022 la cobertura de muestreo fue reducida imposibilitando la toma de datos para los propósitos del CCT y el manejo de la pesquería.

Si bien, los datos recopilados entre los años 2021 y 2022 son reducidos y posiblemente de baja calidad (sesgados e imprecisos), la propuesta de buscar una estrategia de explotación empírica desde datos de la pesquería sigue siendo una vía razonable para regular, ordenar y manejar la pesquería de rayas en Chile.

## 5.- DISCUSION DE RESULTADOS

---

### Minería de datos

Para aplicar análisis robustos espacio-temporal a los datos históricos con el objeto de entender la dinámica operacional de la flota artesanal, es necesario contar con una matriz de información balanceada para evitar sesgos en las modelaciones. La información recopilada desde 1997 hasta 2019 pasó por una serie de validaciones, tales como, los días fuera del puerto, tipo de embarcación, tamaño de eslora, característica del arte de pesca, tamaño y número de anzuelos, entre otros. Para hacer dichas validaciones, se tomaron como referencias los valores reportados por diversos estudios en estos elasmobranchios ([Saavedra & Bahamonde, 1999](#); [Céspedes et al., 2005](#); [Quiroz et al., 2008](#); [Chong et al., 2012](#); [Gálvez & González, 2012](#); [Chong et al., 2019](#)).

Si bien, los Observadores Científicos de IFOP han realizado un gran esfuerzo para recopilar información en terreno, para la matriz validada en el presente proyecto persiste un desbalance debido al historial propio de la pesquería en términos de intencionalidad de pesca. Por ejemplo, la duración promedio de los viajes (DFP) fue mayor a los 15 días entre 2012-2013 en la zona NUP, cuya flota fue mayoritariamente lanchas (75%), que operaron con red de enmalle y a una profundidad promedio de 296 m, mientras que la zona UP estuvo en veda biológica tipo 2 durante el año 2012, lo cual hace suponer que durante ese periodo, la raya volantín fue capturada en una zona y reportada en otra, táctica operacional que ya ha sido reportada a partir de 1998 entre la zona UP y SUP ([Quiroz & Wiff, 2007](#)).

Por otro lado, para una modelación espacial, registros que tuvieron la posición geográfica de la captura sólo representó entre 1% y 35% del total de viajes reportados entre 1999 y 2009, aunque a partir de 2011 hubo un incremento sustancial de estos registros en la bitácora, alcanzado hasta el 90% de los viajes el año 2019. Estos son uno de los ejemplos que nos obliga a continuar revisando los registros históricos para seleccionar las variables de interés en la modelación de la captura, rendimiento e intencionalidad de pesca de ambas especies de rayas.

La fragmentación que tiene la información de esta pesquería es un desafío mayor para poder entender a la CPUE como un indicador de abundancia. Esto, particularmente debido al poco

contraste que se puede generar en los datos, lo que últimamente causa desbalance en las matrices de observaciones y posteriores problemas de aplicación de un modelo de estandarización de esfuerzo. Lo anterior, nos conduce a la inevitable compensación que existe entre usar toda la base de datos disponible con datos fragmentados, o concentrarse en sólo un subconjunto de datos que entregue más información a la construcción del índice de abundancia.

Es imposible el entendimiento de la CPUE en rayas, como índice de abundancia, sin el conocimiento acabado de los cambios administrativos que esta pesquería ha sufrido a lo largo de su historia. Es por esto, que se direccionaron esfuerzos hacia generar una mirada sintética a los cambios administrativos. En este estudio, se adoptó la idea de agrupar la información de cada zona por bloques de periodos con o sin medidas administrativas basadas en la veda biológica tipo 2 y veda extractiva. Lo anterior, nos permitió incrementar la información para entender la intencionalidad de pesca sobre raya volantín y raya espinosa. El entender la serie de rendimientos a la luz de las medidas administrativas es crucial en la pesquería de rayas.

### **Patrones Generales en los datos**

El método Biseau reveló que el recurso fue capturado como especie intermedia y objetiva. En la zona SUP, la actividad extractiva disminuyó a partir de 2005, manteniendo valores bajos durante los periodos de vedas decretadas entre agosto 2009-2011 y 2013-2015 y reflejado en la curva de intencionalidad de pesca, la cual indicó que la raya volantín pasó de especie intermedia a ser capturada como fauna acompañante, mientras aquellos periodos sin veda, fue considerada especie objetivo por la flota artesanal. En el caso de raya espinosa, el interés por parte de los pescadores varió principalmente de intermedia hacia formar parte de la fauna acompañante. Estos resultados revelaron que cada bloque de periodo tiene su propia historia de pesquería sobre estos elasmobranquios, regulada por las vedas o periodos de pesca, así como también por tácticas operacionales. Estos resultados permiten decidir cuál es la escala temporal apropiada para futuras modelaciones complejas sobre pesquería con data-pobres.

Los análisis multivariados para la determinación de las tácticas de pesca (Metiers) nos indican que el número de especies en la captura puede ser reducido a 3 componentes

principales que entregan entre sí una alta explicación de varianza (más del 60% en promedio). Esto indica que son sólo unas pocas especies las que están dominando la explicación de la captura observada, un hecho que ya había sido observado en otras pesquerías demersales como es el caso de congrio dorado ([Wiff et al. 2020](#)).

Las técnicas de aprendizaje automático, debiesen ser entendidas como técnicas experimentales, toda vez que son pocos los ejemplos de estas técnicas aplicadas en el contexto de estandarización de esfuerzo (e.g [Parsa et al. 2020](#)). Las técnicas aquí aplicadas y derivadas de la teoría de árbol multivariado permiten separar en grupos homogéneos la captura de la pesquería de rayas utilizando variables de fácil registro. Se evidenciaron cambios en la comunidad definidos por el periodo de tiempo en el cual se analiza la pesca, en particular, con un quiebre en el año 2004 coincidente con el comienzo de la pesquería de emalle. Luego del año 2004, el tipo de arte de pesca utilizado define la estructura de la captura.

Para la pesca del espinel parece haber un efecto del período de pesca y luego en lo que respecta a la estación del año donde se realiza la pesquería y la eslora de la embarcación. Previo al año 2004, el esfuerzo pesquero, medido como días fuera de puerto y la eslora de la embarcación definen la estructura de la captura. En términos espaciales se aprecia una diferenciación entre los grupos. El rendimiento pesquero de las dos especies de rayas muestra diferencias entre los grupos. El método parece ser adecuado para separar estrategias de pesca diferentes. Nuevas validaciones comparando este método con los métodos clásicos son necesarias, previo a su incorporación al proceso de estandarización de esfuerzo.

Este estudio utilizó Machine Learning para identificar patrones de pesca por los siguientes factores. Primero, la operación de la flota artesanal sobre la raya volantín y raya espinosa se caracteriza por ser una pesquería de data pobre. A pesar que la información recopilada por Observadores Científicos de IFOP abarcó desde 1997 hasta 2019, estos registros no cubrieron el universo de la flota artesanal, quedando una matriz de datos desbalanceada en términos espacio-temporal y con bitácoras incompletas en varios viajes. Segundo, la naturaleza de esta información puede generar sesgo en la estimación con el uso de modelaciones más complejas, tales como GLM, GAMM, etc. Tercero, para la aplicación de la estadística clásica se deben cumplir ciertos requisitos previos, como la exploración de

datos para determinar la distribución de la variable de interés, revisar la colinealidad entre predictores, presencia de outliers, validar la normalidad y homogeneidad de los residuos, entre otros (Zuur et al., 2010), lo que conlleva en ocasiones a agrupar información o eliminar algunas variables para la obtención de una matriz completa. Mientras que Random Forest, es un algoritmo ideal y flexible para aplicarlo a fuentes de data pobre o desbalanceada, sin requerimientos de supuestos estadísticos tradicionales (Genuer and Poggi, 2020). Esta herramienta no paramétrica basada esencialmente en el muestreo aleatorio de los datos y variables predictoras resultó confiable, estimando con mayor precisión la captura y DFP en comparación a los modelos GAM.

En la revisión de los desembarques e intencionalidad de pesca sobre raya volantín sugirieron tácticas operacionales atípicas (capturas y esfuerzo de pesca) en algunos periodos y zonas que pudieron estar influenciadas por las medidas administrativas (i.e., vedas, cuotas anuales o periodos de capturas), lo que hizo suponer que la flota artesanal cambiaría su área de explotación (Quiroz & Wiff, 2007, este estudio). Existen antecedentes sobre la migración de la flota artesanal hacia otras zonas. Saavedra & Bahamonde (1999) reportaron la presencia de la flota de la V Región en aguas interiores sur-austral debido a la apertura y demanda del mercado internacional de la merluza del sur. Céspedes et al. (2005) también constataron la presencia de lanchas provenientes de Lebu, San Vicente y Niebla operando sobre bacalao de profundidad, raya y congrio dorado en la Región de Los Lagos.

La captura y los DFP de la flota en la zona NUP disminuyeron durante los periodos con prohibición de la extracción del recurso, sin embargo, estos indicadores de la misma flota NUP incrementaron durante las vedas aplicadas en la zona UP. Estos comportamientos de los indicadores en la zona NUP se observaron entre 2011 y 2013, y pueden ser explicados por los siguientes factores. Primero, en ese período no había medida administrativa decretada para la zona NUP, excepto la cuota anual asignada para 2013, pero en paralelo coincidió con la veda biológica 1 y 2 aplicada 2010-2012 y la cuota anual asignada en 2013 para la zona UP, siendo esta última consumida a inicios de febrero, entrando automáticamente en veda para los restantes meses de la temporada. Segundo, esas medidas y consumo prematuro de la cuota en la zona UP pudieron condicionar que la flota NUP incrementara su esfuerzo por capturar el recurso. No obstante, los altos niveles de los DFP reportados por las embarcaciones de lanchas se alejaron de la señal anual histórica de la zona NUP, lo que nos hace suponer que éstas operaron probablemente en la zona vecina

de la UP. Estos factores sugirieron que una fracción importante de los registros operacionales reportados entre 2011 y 2013 por la flota de NUP pudo corresponder a otra zona y, por lo tanto, fue necesario depurar la información para evaluar sus efectos en la estimación del índice de abundancia del recurso.

En la flota artesanal de la zona SUP no se pudo identificar patrones operacionales atípicos, dado que los niveles de captura y DFP fueron similares durante los períodos con permiso o prohibición de extracción, tanto en su zona como en la UP. Esto puede ser explicado por la tendencia similar de la biomasa total del recurso entre ambas zonas, aunque estimada con diferentes niveles (Pérez et al. 2017). Además, la similitud de la escala temporal de las medidas administrativas aplicadas a partir de 2007 al SUP y UP pudo limitar que las flotas extendieran sus operaciones hacia zonas ajenas para evadir sanciones. Aunque no se descarta la presencia de tácticas atípicas entre ambas zonas, pero que pudieron ser en menor grado, lo que no fue necesario depurar la información para la estimación del índice de abundancia.

### **Factores que afectan las tasas de capturas.**

Este estudio exploró la influencia de componentes operacionales de la pesquería, temporal, espacial y ambiental sobre la CPUE de raya volantín. Se incluyó la temperatura superficial del mar obtenida de fuentes satelitales lo que implicó que los viajes o lances de pesca tuvieran la coordenada geográfica, reduciendo más del 80% de los datos históricos disponibles. Por este motivo, se recomienda cautela al comparar estos resultados para la generación de un índice de abundancia, dado la diferencia de cobertura de registros y variables analizadas.

Si bien, históricamente la flota artesanal que capturó raya volantín entre las regiones de Coquimbo y Magallanes estuvo compuesta principalmente de botes (Chong et al., 2019), el modelo indicó que la flota de lanchas obtuvo los mayores rendimientos de pesca comparativamente. Esta flota opera principalmente en la zona UP y SUP, no obstante, ese tipo de nave también reportaron desembarques importantes entre 2011 y 2013 en la zona NUP. Además, los rendimientos de pesca se incrementaron con el esfuerzo (DFP), asociado a la actividad de la flota de lanchas. Existen tres aspectos que pueden explicar la diferencia del régimen operacional entre la flota artesanal que opera sobre estos elasmobranquios.

Primero, el buen estado de la captura exigida por la planta procesadora o el remitente. Segundo, la duración de los viajes que difiere entre botes y lanchas. Tercero, el tamaño de la embarcación (bodega). Los botes pueden operar entre 1 y 2 días, mientras que las lanchas operan entre 7 y 10 días (Céspedes et al. 2005), aunque algunas lanchas con mayor capacidad de bodega y abundante hielo pueden mantener en buen estado los ejemplares de raya hasta un máximo de 12 a 13 días (Saavedra et al. 1998). Esto puede explicar las mayores CPUE obtenidas por parte de la flota lanchera. No obstante, en algunos periodos se ha reportado que los botes de la X-XI también fueron más activos en la pesca, mientras que las lanchas realizaron labores de acopio y acarreo de pesca (Saavedra & Bahamonde, 1999), lo cual pudiera explicar una fracción del incremento de su CPUE.

La variable ambiental también fue otro factor que influyó en la CPUE de la raya volantín. Un aspecto limitante en este análisis es el uso de la TSM en especies demersales. No obstante, análisis previos llevados a cabo con datos oceanográficos in situ mostró una correlación positiva entre la temperatura superficial (15 m) y de fondo (250 m), señalando que TSM puede ser usado como variable *proxy* de la condición ambiental a mayor profundidad (Gallardo et al. 2017; Flores et al. 2021). Por lo tanto, la variación interanual de la CPUE del recurso también puede estar asociada a eventos ambientales. El leve incremento de la CPUE en anomalías neutras entre 0 y +0,5 correspondería a periodos estivales, lo cual puede ser explicado por la migración estacional reproductiva de la raya volantín. Es sabido que las hembras de este recurso portan huevos durante todo el año, pero que la mayor ovulación y deposición de huevos ocurren en el verano (Licandeo & Cerna, 2007), probablemente como estrategia de elasmobranquios para reducir la tasa de desarrollo embrionario en aguas con mayor temperatura (Wheeler et al. 2020). Esa estrategia implicaría que la especie migre a zonas más costeras y, por lo tanto, más vulnerables a la pesca. Aunque el mayor rendimiento (CPUE) observado en 1997 y posterior a 2014 pudo estar asociada a eventos cálidos extremos como El Niño 1997/1998 y 2015/2016, dado que también coincidió con anomalías térmicas por sobre el umbral de +0,5. La influencia de la TSM sobre otras especies de elasmobranquios también ha sido observada, siendo vinculada indirectamente con la sincronía de la producción primaria y por ende la oferta alimenticia en su rango de distribución espacial y temporal (Guirhem et al. 2021).

Dada la escasa información sobre el efecto ambiental en aspectos reproductivos o fisiológicos en esta especie, es evidente que surge la necesidad de más estudios para

comprender su conducta frente a cambios de las condiciones de su hábitat y por ende su presencia reiterada en áreas que probablemente responda a un carácter de filopatría asociada a las especies de elasmobranquios (Vargas-Caro et al. 2017).

Este estudio fue un primer paso para explorar los factores que afectan la variación espacial y temporal de la CPUE de raya volantín. Queda claro la importancia de considerar los aspectos operacionales y ambiental en las modelaciones, no obstante, obtener esos registros en pesquerías resulta difícil por el desbalance de los datos, bitácoras incompletas, en las que en la mayoría de los viajes con pesca no se tiene la posición geográfica de la operación, esencial para vincular a la temperatura, clorofila o producción primaria de fuentes remotas. Por este motivo, surge la necesidad de realizar estudios de investigación independientes de la pesquería que permitan complementar la información existente y avanzar en el conocimiento de la respuesta de la especie frente a la explotación y cambios ambientales.

### **Experiencia de Terreno**

La operación de muestreo de raya volantín en la zona de hualaihué en un bote espinelero se llevó a cabo con éxito. Se logró caracterizar la captura total de rayas y fauna acompañante con un observador a bordo de una embarcación. Sin embargo, ante un rendimiento de pesca más alto que el observado, muestrear sobre 100 individuos puede ser un desafío para un sólo observador a bordo, sobre todo si las condiciones climáticas no son óptimas y la embarcación cuenta con poco espacio para trabajar en cubierta sin riesgos de caer al agua. En general, para la determinación de un índice de abundancia los datos principales a ser recopilados son el número de anzuelos calados, la profundidad de pesca, así como también la captura total en número, o en su defecto la relación longitud-peso que nos permita estimar captura en número desde la captura total. Esto último es de relevancia para la aplicación de modelos generalizados de depleción, mientras que las unidades más finas de esfuerzo (e.g número de anzuelos) y covariables relevantes en la operación (e.g profundidad) son necesarias para la estandarización de esfuerzo mediante modelos aditivos. Debido a las características climáticas típicas de la zona austral de Chile y poca habitabilidad de botes que operan en raya, el monitoreo podría ser llevado a cabo en tierra por observadores científicos. Un adecuado trabajo con los pescadores para poder disponer de la captura para ser muestreada sería recomendable en este caso.

### **Índice de abundancia.**

Para la generación de un índice de abundancia en la pesquería de rayas se utilizaron dos aproximaciones. La primera desde el uso de modelo aditivos generalizados mixtos (GAMM, [Wood 2017](#)), y el segundo mediante modelos de depleción generalizados (MDG). Respecto de la aplicación de GAMM, La alta fragmentación de los datos impone desafíos mayores al entendimiento de los factores que afectan las tasas de captura y la posterior propuesta de un modelo de estandarización de esfuerzo. Sin embargo, algunas conclusiones generales se pueden obtener.

Para el caso de raya volantín, la mayoría de los efectos anuales son significativos ( $p < 0,05$ ), lo que indica que son diferentes a la media y por lo tanto muestran alguna tendencia, lo que puede ser interpretable como una señal de índice de abundancia. Sin embargo, en el caso de raya espinosa, donde los datos son extremadamente fragmentados, no se observa un efecto anual significativo. En ambas especies, el usar la embarcación como un efecto aleatorio no ayudó en general al desempeño de los modelos. Sin embargo, la categorización de las embarcaciones de acuerdo de su eslora es de ayuda en el modelo. Esto nos puede estar indicando que el poder de pesca de las diferentes embarcaciones sea mejor entendido como diferentes niveles o categorías fijas (e.g. [Gatica & Cubillos, 2002](#)). De la misma forma, en ambas especies la profundidad resulta relevante para el modelo, lo cual confirma resultados previos en donde este factor es clave en la determinación de las tasas de capturas en rayas ([Quiroz et al. 2008](#)).

El uso de modelos aditivos en raya volantín y el uso de número de anzuelos, como medida de esfuerzo, permite la obtención de una señal que puede ser interpretada como índice de abundancia, particularmente para el periodo 2004 a 2013. Se debe mirar con cautela estimados desde el año 1999 a 2003 donde los rendimientos tanto nominales como estandarizados presentan una abrupta caída, posiblemente respondiendo a efectos de hiperagotamiento en la CPUE. De la misma forma el periodo desde 2014 a 2019 debiese ser incorporado en modelos de estimación de abundancia asumiendo una capturabilidad propia dado los cambios sufridos en la forma de pesca desde el 2014 en adelante.

En el caso de raya espinosa los modelos de estandarización tienen un comportamiento estadístico adecuado en cuanto a su explicación de devianza y residuales. Sin embargo, el grueso de la serie estandarizada de CPUE no presenta ninguna tendencia. Esto puede tener dos explicaciones posibles. Una explicación posible es que los datos son insuficientes para la generación de un índice de abundancia. En efecto los registros de raya espinosa son muy fragmentados y la mayoría de los años no resultó ser objetivo de la pesquería, de acuerdo al análisis de clúster. Además, las encuestas indican que esta pesquería es secundaria respecto de raya volantín. La otra explicación es que en realidad esta población este haciendo ciclos sin mostrar una tendencia clara, ésto estaría avalado por los resultados obtenidos desde los modelos de depleción generalizados.

En cuanto a la aplicación de modelos de depleción generalizados, se puede señalar que son muy promisorios para la obtención de un índice de abundancia y reclutamiento, particularmente desde el 2014 en adelante y en una pesquería muy fragmentada como raya espinosa. Los modelos de depleción generalizados han demostrado ser de mucha utilidad en pesquerías de datos pobres donde la actividad pesquera se concentra en espacios reducidos de tiempo ([Roa-Ureta \(2015\)](#), [Maynou \(2015\)](#), [Roa-Ureta et al. \(2019\)](#), [Roa-Ureta et al. \(2020\)](#), [Maynou et al. \(2020\)](#), [Meissa et al. \(2021\)](#), [Rabaoui et al. \(2022\)](#) y [Moltó et al. \(2022\)](#)). El monitoreo de datos necesarios para su implementación podría hacerse incluso con observadores apostados en tierra, haciendo de esta forma un muestro costo-efectivo y eficiente de la actividad pesquera.

## 6.- CONCLUSIONES

- La serie anual 1997-2019, reveló que los mayores niveles de extracción de raya volantín (>200 ton) se reportaron entre 1997-2004, siendo capturada con espinel en la zona UP y SUP. A partir de 2011, se reportó un leve incremento de capturas de raya volantín (>100 ton), principalmente en la zona NUP con red de enmalle y SUP con espinel.
- La captura anual de raya espinosa fue inferior en comparación a raya volantín, con una distribución temporal heterogénea y con niveles anuales que no superaron las 70 ton, excepto en la zona SUP que reportó capturas sobre las 150 ton en el 2016.
- La raya volantín resultó ser especie intermedia a especie objetivo durante periodos sin vedas, aunque en el periodo de veda biológica tipo 2 decretada en el 2009-2012 resultó ser objetivo en la zona UP. La intencionalidad de pesca de raya espinosa resultó ser, por lo general, especie intermedia a ser capturada como fauna acompañante en las tres zonas.
- Dos artes de pesca, Enmalle y Espinel son utilizados para capturar rayas existiendo diferencias espaciales (zonas de pesca) en su uso. Espinel es escasamente utilizado al NUP, en tanto Enmalle es principalmente utilizado al NUP y en UP, sin observarse operación de este arte al SUP. Tanto lanchas como botes son el principal tipo de nave utilizado, ya sea en espinel como enmalle. Naves industriales capturan raya solo al SUP.
- La composición de especies de la captura de raya para espinel se caracteriza por una alta ocurrencia de especies (70) de la cuales sólo 33% han ocurrido en toda la serie de tiempo y tiene un aporte relevante a la captura total. Si bien una tendencia similar se observa en enmalle la ocurrencia de especies es menor, y sólo un 23 % de las especies están presentes en toda la serie de tiempo con aporte importante a las capturas totales.
- Para espinel el ACP identificó alrededor de 6 componentes, con tres componentes explicando más del 60% de la varianza. La componente principal C1 estuvo

dominada por la contribución de raya volantín, y secundariamente por congrio dorado y merluza austral. Una segunda componente destaca la presencia de raya espinosa.

- Para enmalle el ACP identificó alrededor de 6 componentes por año. Dos conglomerados de especies explican sobre el 60% de la varianza. La componente principal C1 estuvo dominada al igual que en espinel por raya volantín, y menormente por merluza común y pejegallo. En la segunda componente destaca la contribución de raya espinosa, merluza común, pejegallo y centolla.
- Las técnicas de aprendizaje automático derivados del uso del arboles multivariados identificó 11 grupos homogéneos en la totalidad de la data, con una fuerte división en el año 2004, donde comienzan los datos de enmalle. Esta técnica se presenta como una promisoría herramienta para agrupar viajes en tácticas de pesca.
- Los resultados de las encuestas evidencian problemas sobre la gestión del recurso, donde la veda y las cuotas otorgadas son constantemente criticadas por los encuestados. Se determinó a la *“Pesca Ilegal”*, *“La interacción con otras flotas en los lugares de pesca”* y *“Las variaciones de precios que no hacen rentable la captura de la raya”*, las tres principales prácticas que podrían alterar las áreas de pesca de la raya volantín y raya espinosa. Por otro lado, se determinó la *“Utilización de diferentes artes de pesca”*, *“El efecto de la veda biológica del 2014”*, *“La estación del año en que se pesca”* y la influencia de *“Otras zonas geográficas de pesca”* como los cuatro principales factores que podrían afectar la captura de ambas rayas.
- Los resultados de las encuestas revelan que durante el periodo de libre acceso hasta 1997, existe un “sub-reporte” de las capturas, debido a la escasa fiscalización, que posibilitaba pescar más de lo que se declaraba; mientras que el periodo de *“Zonificación de unidades pesqueras”* hasta el periodo de *“Establecimiento de vedas extractivas del 2014 hasta el presente”*, se declaraba lo que se pescaba debido a una mayor fiscalización del recurso *in situ*.
- Es posible recopilar datos relevantes para la generación de un índice de abundancia en la pesquería de rayas con un observador a bordo de embarcaciones artesanales. Un Observador Científico tendría la capacidad de muestrear hasta 100 individuos por viaje de pesca. Las características necesarias mínimas a ser muestreadas son: el número de anzuelos, la profundidad de pesca, captura total (en número y peso) y una relación longitud-peso. Un adecuado trabajo con los pescadores podría facilitar

la captura para hacer este muestreo en tierra, permitiendo una mayor cobertura de muestreo de la flota.

- Los modelos de estandarización de esfuerzo nos indican que el efecto año es importante en raya volantín, así como también la unidad de pesquería y profundidad de pesca para el caso del espinel. El efecto mensual es muy marginal indicando que no existe en los datos gruesos una estacionalidad de captura en ambos artes de pesca. En raya espinosa los datos son muy fragmentados y la mayoría de los efectos fijos o aleatorios, resultaron no significativos, al menos en esta escala gruesa de análisis.
- La unidad de medida de número de anzuelos calados es más fina y de mayor utilidad en la estandarización de esfuerzo, en comparación con los días fuera de puerto. Se recomienda también descartar los datos provenientes del enmalle para la generación de un índice de abundancia.
- Es posible obtener índices de abundancia desde modelos aditivos para el caso de raya volantín. Para su uso en la evaluación de stock este índice debiese estar dividido en tres periodos diferentes de capturabilidad. En el caso de raya espinosa, el índice no presenta una tendencia clara. En esta especie se recomienda analizar los índices de abundancia en conjunto con algún modelo poblacional.
- Los modelos de depleción generalizados producen dos índices de abundancia relativa, un índice de reclutamientos anuales y otro índice de abundancia mensual. Los índices de reclutamiento y de abundancia fueron construídos para raya volantín flotas de botes y de lanchas y raya espinosa flota de botes, mientras que la pesca de raya espinosa flota de lanchas es demasiado esporádica para generar índices de abundancia.
- Los modelos de depleción generalizados para raya volantín flotas de botes, raya volantín flota de lanchas y raya espinosa flota de botes fueron construídos considerando dos posibles escenarios: toda la serie de tiempo Enero 2004 a Diciembre 2019, y serie de tiempo en dos etapas, 2004 a 2013 y 2014 a 2019, siguiendo cambios en la gestión de pesca por introducción de vedas en la segunda etapa.
- Los estimados de los parámetros de la operatividad pesquera de los modelos de depleción generalizados estimados para la pesca de raya volantín por parte de

ambas flotas revelan que en la segunda etapa hubo un notable incremento de la eficiencia de pesca, así que los índices de reclutamiento y de abundancia fueron contruidos uniendo los resultados de los modelos de depleción para la primera y segunda etapas.

- Los estimados de los parámetros de la operatividad pesquera de los modelos de depleción generalizados estimados para la pesca de raya espinosa por parte de la flota de botes también muestran incrementos de la eficiencia de pesca en la segunda etapa, pero los estimados de los índices de reclutamiento y de abundancia no difieren mucho entre los ajustes con o sin etapas, así que se han retenido los índices provenientes del ajuste a todos los datos simultáneamente.
- En raya espinosa flota de botes las tendencias del índice de reclutamiento y del índice de abundancia indican incrementos del stock desde 2016.

## 7.- REFERENCIAS

---

- Bahamonde F, Ojeda G, Leiva B, Muñoz L, & Rojas M. 1996.** Pesca exploratoria de raya volantín en la zona sur- austral. Instituto de Fomento Pesquero Informe Técnico No. 96–26. IFOP, Valparaíso.
- Biseau, A. 1998.** Definition of a directed fishing effort in a mixed-species trawl fishery, and its impact on stock assessments. *Aquatic Living Resources*. 11(3): 119-136.
- Breiman, L. 2001.** Random Forests. *Machine Learning*, 45: 5–32.
- Bustamante C, Vargas-Caro C, & Bennett MB. 2014.** Biogeographic patterns in the cartilaginous fauna (Pisces: Elasmobranchii and Holocephali) in the southeast Pacific Ocean. *PeerJ* 2:e416.
- Carrier JC, Pratt Jr HL, & Castro JI. 2004.** Reproductive biology of elasmobranchs. In: Carrier JC, Musick JA, Heithaus MR (eds) *Biology of Sharks and Their Relatives*. CRC Press, Boca Raton, pp 269–286, doi: 10.1201/9780203491317.
- Céspedes, R, Licandeo R, Toledo C, Cerna F, Donoso M, & Adasme L. 2005.** Estudio biológico pesquero y estado situación recurso raya, aguas interiores X a XII Regiones. Informe Final Proyecto FIP 2003-12. Instituto de Fomento Pesquero, 152 pp. + anexos.
- Chong L, Céspedes R, Uribe J, & Adasme L. 2012.** Prospección de los recursos Raya volantín (*Zearaja chilensis*) y Raya espinosa (*Dipturus trachyderma*) en la XI Región, año 2011. 32 p.
- Chong L, Adasme L, Ojeda V, Muñoz L, Garcés E, Villalón A, Hunt K, & Cid L. 2018.** Convenio de Desempeño 2017 Seguimiento de las Pesquerías Demersales y Aguas Profundas: Section III: Pesquerías Demersal Sur Austral Artesanal, 2017. Informe Técnico Final. 147 p + Anexos.
- Chong L, Ojeda V, Garcés V, Adasme L, Muñoz L, Villalón A, Hunt K, & Cid L. 2019.** Seguimiento de las Pesquerías Demersales y Aguas Profundas, Sección 3: Pesquería Demersal Sur Austral Artesanal, 2018. Informe Final IFOP. 166 p.
- Canales, C.M., & L.A. Cubillos. 2021.** Empirical Survey-Based Harvest Control Rules in a Transboundary Small Pelagic Fishery Under Recruitment Regime Shifts: The Case of the Northern Chilean-Southern Peruvian Anchovy. *Marine Policy* 134 (December): 104784.
- De'ath G. 2002.** Multivariate Regression Trees: A New Technique for Modeling Species-Environment relationships. *Ecology*. 83 (4): 1105-1117.
- Dulvy NK, Fowler SL, Musick JA, Cavanagh RD, Kyne PM et al. 2014.** Extinction risk and conservation of the world's sharks and rays. *eLife* 3:00590. DOI: 10.7554/eLife.00590
- Deporte N, Ulrich C, Mahévas S, Demanèche S, & Bastardie F. 2010.** Regional métier definition: a comparative investigation of statistical methods using a workflow applied to international otter trawl fisheries in the North Sea. *ICES Journal of Marine Science*. 69 (197): 331–342.
- Dowling, N. A., C. M. Dichmont, M. Haddon, D. C. Smith, A. D. M. Smith, & K. Sainsbury. 2015.** Empirical Harvest Strategies for Data-Poor Fisheries: A Review of the Literature. *Fisheries Research* 171 (November): 141–53.
- Ebert DA, & Compagno LIV. 2007.** Biodiversity and systematic of skates (Chondrichthyes: Rajiformes: Rajoidei). *Environmental Biology of Fishes*. 80: 111-124.

- Flores, A., R. Wiff, M. Ahumada, D. Queirolo, & P. Apablaza. 2021.** Coping with El Niño: phenotypic flexibility of reproductive traits in red squat lobster determines recruitment success. *ICES Journal of Marine Science*. 78: 3709-3723.
- Frisk MG, Miller TJ, & Forgarty MJ. 2001.** Estimation and analysis of biological parameters in elasmobranch fishes: a comparative life history study. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 58: 969-981.
- Gallardo, M.A., A.E. González, M. Ramos, A. Mujica, P. Muñoz, J. Sellanes, & B. Yannicelli. 2017.** Reproductive patterns in demersal crustaceans from the upper boundary of the OMZ off north-central Chile. *Continental Shelf Research*, 141, 26-37.
- Gálvez P, & González J. 2012.** Prospección de los recursos Raya volantín (*Zearaja chilensis*) y Raya espinosa (*Dipturus trachyderma*) en bahía Mansa, X Región, año 2011, 49 p.
- Gatica C, & Cubillos L. 2002.** Análisis de las tasas de captura de jurel (*Trachurus symmetricus*) en la zona centro-sur de Chile (1987-1999). *Investigaciones marinas*. 30(2)- 45-56.
- Gelcich S, Buckley P, Pinnegar J, Chilvers J, Lorenzoni I, Terry G, Guerrero M, Castilla J.C, Valdebenito A, & Duarte C. 2014.** Public awareness, concerns, and priorities about anthropogenic impacts on marine environments. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 111 (42): 15042–15047.
- Genuer, R. & J-M. Poggi. 2020.** *Random Forests with R*. Springer, Switzerland. 107 p.
- Gili R, Donoso M, Ojeda V, López A, & Miranda H. 1999.** **Parámetros** poblacionales de raya volantín VIII a X Regiones y métodos de asignación de edades. Informe Técnico FIP 97–20. IFOP, Concepción. documento <http://www.fip.cl/Proyectos.aspx>.
- Guirhem, G., H. Arrizabalaga, L. Lopetegui, H. Murua, N. L. Ochoa, S. Griffiths, J. R. Gondra, P. S. Sabarros, J. C. Baez, & M. J. Juan-Jordá. 2021.** A Preliminary Habitat Suitability Model for Devil Rays in the Western Indian Ocean. IOTC-2021-WPEB17(AS)-27. 1-54 p.
- Harley SJ, Myers RA, & Dunn A. 2001.** A meta-analysis of the relationship between catch-per-unit-effort and abundance. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 58: 1705-1772.
- Hinton M, & Maunder M. 2004.** Methods for standardizing cpue and how to select among them. *Col. Vol. Sci. Pap. ICCAT* 56 (1), 169–177.
- Hoshino, E., Hillary, R., Davies, C., Satria, F., Sadiyah, L., Ernawati, T. and Proctor, C., 2020.** Development of pilot empirical harvest strategies for tropical tuna in Indonesian archipelagic waters: Case studies of skipjack and yellowfin tuna. *Fisheries Research*, 227, p.105539.
- Lamilla J, Bustamante C, Roa R, Acuña E, Concha F, Meléndez R, López S, Aedo G, Flores H, & Vargas C. 2010.** Estimación del descarte de condriictios en pesquerías artesanales. Informe Final Proyecto del Fondo de Investigación Pesquera (F.I.P.) No 2008-60. Subsecretaría de Pesca. Universidad Austral de Chile, 259 pp +Anexos.
- Legendre P, & Legendre L. 2012.** *Numerical Ecology*. Volume 24 - 3rd Edition -pg. 990 Elsevier. ISBN: 9780444538680.
- Lewy P, & Vinther M. 1994.** Identification of Danish North Sea trawl fisheries. *ICES Journal of Marine Science*. 51: 263–272.
- Liaw, A. & M. Wiener. 2002.** Classification and regression by randomForest. *R News*, 2: 18–22.

- Licandeo R, Lamilla J, Rubilar PG, & Vega R. 2006.** Age, growth, and sexual maturity of the yellownose skate *Dipturus chilensis* in the south-eastern Pacific. *Journal of Fish Biology* 68:488–506
- Licandeo R, & Cerna F. 2007.** Geographic variation in life- history traits of the endemic kite skate *Dipturus chilensis* (Batoidea: Rajidae), along its distribution in the fjords and channels of southern Chile. *Journal of Fish Biology* 71:421– 440
- Licandeo R, Cerna F, & Céspedes R. 2007.** Age, growth, and reproduction of the roughskin skate, *Dipturus trachyderma*, from the southeastern Pacific. *ICES Journal of Marine Science* 64:141–148.
- Lin, Y. J., Tzeng, W. N., Han, Y. S., & Roa-Ureta, R. H. 2017.** A stock assessment model for transit stock fisheries with explicit immigration and emigration dynamics: application to upstream waves of glass eels. *Fisheries Research*, 195: 130–140.
- Lin, Y.-J., & Jessop, B. M. 2020.** Application of generalized depletion model to recruitment of American eel elvers and empirical support from survey data. *Transactions of the American Fisheries Society*, 149: 576–586.
- Lin, Y.-J., & Tzeng, W. N. 2018.** Modelling the bycatch of *Anguilla marmorata* using a generalized depletion model with an example from the Taiwanese glass eel fisheries for *Anguilla japonica*. *Fisheries Research*, 208: 210–218.
- Maunder M, & Punt A. 2004.** Standardizing catch and effort data: a review of recent approaches. *Fisheries Research*, 70: 141-159.
- Maunder M, Sibert J, Fonteneau A, Hampton J, Kleiber P, & Harley SP. 2006.** Interpreting catch per unit effort data to assess the status of individual stocks and communities. *ICES Journal of Marine Science*, 63: 1373-1385.
- Maynou, F. 2015.** Application of a multi-annual generalized depletion model of a data-limited coastal fishery in the western Mediterranean. *Scientia Marina*, 79: 157–168
- Maynou, F., Demestre, M., Martín, P., & Sánchez, P. 2021.** Application of a multi-annual generalized depletion model to the Mediterranean sandeel fishery in Catalonia. *Fisheries Research*, 234: 105814.
- Maynou F, Recasens L, & Lombarte A. 2011.** Fishing tactics dynamics of a Mediterranean small-scale coastal fishery. *Aquatic Living Resources*. 24: 149–159.
- McEachran JD, & Miyake T. 1990.** Zoogeography and bathymetry of skates (Chondrichthyes, Rajoidei). In: HL Pratt, SH Gruber & T Taniuchi. *Elasmobranchs as Living Resources: Advances in the Biology, Ecology, Systematics, and the Status of the Fisheries* (eds). Technical report National Marine Fisheries Service, no. 90, National Oceanic & Atmospheric Administration, Washington, D. C., 305–326 pp.
- Meissa B, Dia M, Baye BC, Bouzouma M, Beibou E & Roa-Ureta RH. 2021.** A Comparison of Three Data-Poor Stock Assessment Methods for the Pink Spiny Lobster Fishery in Mauritania. *Front. Mar. Sci.* 8:714250.
- Moltó V, ICatalán IA, Ospina-Álvarez A, & Roa-Ureta RH. 2022.** A multiannual five-fleet generalized depletion model for the stock assessment of the Mediterranean dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) fishery. *ICES Journal of Marine Science*, 2022, 0, 1–16.
- Parsa M, Emery TJ, Williams AJ, & Nicol S. 2020.** A Robust Métier-Based Approach to Classifying Fishing Practices Within Commercial Fisheries. *Frontiers in Marine Science*.7: 552391.
- Pelletier D, & Ferraris J. 2000.** A Multivariate approach for defining fishing tactics from commercial catch and effort data. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*. 57: 51-65

- Pérez MC, Gálvez P, Garcés E, & González J. 2017.** Estatus y posibilidad de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales 2018: Raya volantín, 2018. Informe 2 Estatus. Convenio de Desempeño Subsecretaría de Economía y EMT / IFOP, Chile: 139 pp.
- Pérez MC, Gálvez P, Garcés E, & González J. 2019.** Estatus y posibilidades de explotación biológicamente sustentables de los principales recursos pesqueros nacionales, 2020: Raya volantín regional, 2020. Informe Final IFOP. 85 p.
- Punt, AE., R. McGarvey, A. Linnane, J. Phillips, L. Triantafillos, & J. Feenstra. 2012.** Evaluating Empirical Decision Rules for Southern Rock Lobster Fisheries: A South Australian Example. *Fisheries Research* 115-116 (March): 60–71.
- Quiroz JC, & Wiff R. 2007.** Evaluación de stock y CTP de raya volantín VIII y X Regiones, 2007. Informe final, IFOP-Subpesca, código BIP 30043826-0. 42 p.
- Quiroz JC, Wiff R, Gatica C, & Leal E. 2008.** Composición de especies, tasas de captura y estructura de tamaño de peces capturados en la pesquería espinelera artesanal de rayas en la zona sur-austral de Chile. *Latin American Journal of Aquatic Research*. 36(1): 15-24.
- Quiroz, J. C. 2008.** Vulnerabilidad de La Población de Raya Volantín (*Dipturus Chilensis*) a La Explotación Pesquera: Examinando Medidas de Conservación.
- Quiroz JC, Wiff R, & Céspedes R. 2009.** Reproduction and population aspects of the yellownose skate, *Dipturus chilensis* (Pisces, Elasmobranchii: Rajidae), from southern Chile. *Journal of Applied Ichthyology*. 25:72–77.
- Quiroz JC, Wiff R, & Caneco B. 2010.** Incorporating uncertainty into estimation of natural mortality for two species of Rajidae fished in Chile. *Fisheries Research* 102: 297–304.
- Rabaoui L., Yacoubi L., Lin, Y-J., Joydas TW, Qurban MA, Premlal P, Gopalan J, Nazeer Z, Vijayakumaran M, Khan SA., & Roa-Ureta RH. 2022.** Ecology, life history, and fisheries potential of the flathead lobster (*Thenus orientalis*) in the Arabian Gulf. *Fishery Bulletin* 120:125–137.
- Roa-Ureta, R. H. 2012.** Modelling in-season pulses of recruitment and hyperstability-hyperdepletion in the loligo gahi fishery around the Falkland Islands with generalized depletion models. *ICES Journal of Marine Science*, 69: 1403–1415.
- Roa-Ureta, R. H. 2015.** Stock assessment of the Spanish mackerel (*Scomberomorus commerson*) in Saudi waters of the Arabian Gulf with generalized depletion models under data-limited conditions. *Fisheries Research*, 171: 68–77.
- Roa-Ureta, R. H. 2018.** CatDyn: Fishery Stock Assessment by Catch Dynamics Models, version 1.1-1. <https://cran.r-project.org/package=CatDyn>.
- Roa-Ureta, R. H., Santos, M. N., & Leitão, F. 2019.** Modelling long-term fisheries data to resolve the attraction versus production dilemma of artificial reefs. *Ecological Modelling*, 407: 108727.
- Roa-Ureta, R. H., Henríquez, J., & Molinet, C. 2020.** Achieving sustainable exploitation through co-management in three Chilean small-scale fisheries. *Fisheries Research*, 230: 105674.
- Roa-Ureta, R. H., Fernández-Rueda, M. del P., Acuña, J. L., Rivera, A., González-Gil, R., & García-Flórez, L. 2021.** Estimation of the spawning stock and recruitment relationship of *Octopus vulgaris* in Asturias (Bay of Biscay) with generalized depletion models: implications for the applicability of MSY. *ICES Journal of Marine Science*, 78: 2256–2270.
- Saavedra, A., R. Bahamonde, J. Rivera, M.I. Ortego, E. Palta, & T. Peñailillo. 1998.** Programa de diversificación del sector pesquero artesanal de la XI Región, Informe final Proyecto IFOP. 245 p.

- Saavedra A, & Bahamonde R. 1999.** Seguimiento actividad artesanal de raya volantín en aguas interiores de la XI Región. Programa de diversificación del sector pesquero artesanal de la XI Región, Informe final proyecto IFOP-FDI. 49 p.
- Salthaug, A, & O. R Godø. 2001.** Standardisation of Commercial CPUE. *Fisheries Research* 49 (3): 271–81.
- San Martin MA, Wiff R, Saavedra-Nievas JC, Cubillos L, & Lillo S. 2011.** Relationship between Chilean hake (*Merluccius gayi gayi*) abundance and environmental conditions in the central-southern zone of Chile. *Fisheries Research*, 105: 200-214.
- Tascheri R, Saavedra-Nievas JC, & Roa-Ureta R. 2010.** Statistical models to standardize catch rates in the multi-species trawl fishery for Patagonian grenadier (*Macruronus magellanicus*) off Southern Chile. *Fisheries Research*, 105: 200-214.
- Thorson JT, Maunder M, & Punt E. 2020.** The development of spatio-temporal models of fishery catch-per-unit-effort data to derive indices of relative abundance. *Fisheries Research*, 230: 105611.
- Vargas-Caro C. 2010.** Captura incidental y descarte de peces cartilaginosos (pisces: Chondrichthyes) en la pesquería artesanal de raya volantín *Zearaja chilensis* (guichenot, 1848). Tesis para optar al Título de Biólogo Marino. Universidad Austral. Chile
- Vargas-Caro C, Bustamante C, Lamilla J, & Bennett MB. 2015.** A review of longnose skates *Zearaja chilensis* and *Dipturus trachyderma* (Rajiformes: Rajidae). *Universitas Scientiarum*, 20 (3): 321-359.
- Vargas-Caro C, Bustamante C, Bennett MB, & Ovenden JR. 2017.** Towards sustainable fishery management for skates in South America: The genetic population structure of *Zearaja chilensis* and *Dipturus trachyderma* (Chondrichthyes, Rajiformes) in the south-east Pacific Ocean. *PLoS ONE* 12(2): e0172255. doi:10.1371/journal.pone.0172255
- Vögler R, González C, & Segura AM. 2020.** Spatio-temporal dynamics of the fish community associated with artisanal fisheries activities within a key marine protected area of the Southwest Atlantic (Uruguay). *Ocean & Coastal Management*. 190, p.105175.
- Wheeler, C.R., C.R. Gervais, M.S. Johnson, S. Vance . R. Rosa, J.W. Mandelman, & J.L. Rummer. 2020.** Anthropogenic stressors influence reproduction and development in elasmobranch fishes. *Rev. Fish Biol. Fisheries*, 30: 373-386.
- Wiff R, Quiroz JC, Tascheri R, & Contreras F. 2008.** Effect of fishing tactics on the standardization of cardinalfish (*Epigonus cras-sicaudus*) catch rates in the demersal multiespecies fishery off central Chile. *Ciencias Marinas*. 34: 143-154.
- Wiff R, Gonzalez GM, Contreras F, San Martín MA, & Canales TM. 2020.** A multivariate statistical analysis to determine catch intention in the pink cusk-eel (*Genypterus blacodes*) longline fishery in southern Chile. *Scientia Marina*. 84 (1): 17-26.
- Wood S. 2017.** Generalized Additive Models: An introduction with R (2<sup>nd</sup> Ed).
- Ziegler PE. 2012.** Fishing tactics and fleet structure of the small-scale coastal scalefish fishery in Tasmania, Australia. *Fisheries Research*. 134: 52–63.
- Zuur, A.F., E.N., Ieno, & C.S., Elphick. 2010.** A protocol for data exploration to avoid common statistical problems. *Methods in Ecology and Evolution*, 1, 3-14.

## 8. ANEXOS

## 8.1. Anexo 1. Cartas solicitud base de datos e información relacionada a IFOP y respuesta respectiva de IFOP.



Valparaíso, 27 de octubre de 2020.

Señor  
Luis Parot Donoso  
Director Ejecutivo  
Instituto de Fomento Pesquero (IFOP)  
Presente

Ref.: Solicita base de datos de proyecto y años que indica.

De mi consideración:

Junto con saludarlo cordialmente, por medio de la presente, en el marco del Proyecto **FIPA 2020-29 "Desarrollo de índices de abundancia relativa en la pesquería de raya volatín y raya espinosa"** recientemente adjudicado al Centro CAPES-UC, y en virtud de lo dispuesto por la Ley 20.285 sobre acceso a la información pública, quisiera solicitar a Ud. sus gestiones para obtener copias de las bases de datos e información relacionada con el proyecto "Seguimiento de las Pesquerías Demersales y Aguas Profundas" en sus secciones: **Pesquería Demersal Centro Sur y Pesquería Demersal Sur Austral Artesanal (Sección III) y Pesquería Demersal Sur Austral Industrial (Sección IV)**, desarrollado por el Instituto de Fomento Pesquero (IFOP).

En particular respecto a:

1. Base de Datos histórica de bitácoras de pesca para raya volatín y raya espinosa en las flotas artesanal e industrial artesanal para la pesquería demersal centro-sur y pesquería demersal sur austral. Estas bases deberán estar estructuradas en coherencia con los campos de datos utilizados por el Programa de seguimiento mencionado anteriormente.
2. Base de datos histórica de fauna acompañante para la flota industrial, donde se haya registrado la captura de rayas.
3. Base de Datos histórica de muestreos de longitud y biológico para la pesquería demersal centro-sur y pesquería demersal sur austral, en particular, para las especies raya volatín y raya espinosa. Estas bases de datos deberán estar estructuradas en coherencia con los campos de datos utilizados por el Programa de seguimiento mencionado anteriormente.
4. Maestros de embarcaciones asociados al punto 1). Estas bases deberán estar estructuradas en coherencia con los campos de datos utilizados por el Programa de seguimiento mencionado anteriormente.



Atendido el mérito de lo expuesto, y lo dispuesto en el título IV de la Ley 20.285, sobre acceso a la información pública, solicito a Ud. entregar la información solicitada en medios magnéticos, y de ser posible al correo electrónico: [capespesquero@bio.puc.cl](mailto:capespesquero@bio.puc.cl)

Sin otro particular, lo saluda muy atentamente,

  
Rodrigo Wilfo  
Jefe de Proyecto  
Centro Capes UC

RWO/sgb/  
c.c.: - Sr. Sergio Lillo V., Jefe de División de Investigación Pesquera (S)  
- Archivo  
C/001



Valparaíso, 16 de marzo de 2021.

Señor  
Luis Parot Donoso  
Director Ejecutivo  
Instituto de Fomento Pesquero (IFOP)  
Presente

Ref.: Reitera solicitud base de datos de proyecto y años que indica.

De mi consideración:

Junto con saludarlo cordialmente, por medio de la presente me dirijo a Usted nuevamente, debido a que con fecha 27 de octubre de 2020 le enviamos carta solicitando bases de datos correspondientes a la pesquería de rayas espinosa y volatín, debido a que como Centro CAPES-UC nos hemos adjudicado el Proyecto **FIPA 2020-29 "Desarrollo de índices de abundancia relativa en la pesquería de raya volatín y raya espinosa"**. Sin embargo, hasta la fecha no hemos recibido noticias desde IFOP respecto a nuestra solicitud.

Por lo anterior, quisiera nuevamente solicitarle, en el marco del Proyecto **FIPA 2020-29 "Desarrollo de índices de abundancia relativa en la pesquería de raya volatín y raya espinosa"**, y en virtud de lo dispuesto por la Ley 20.285 sobre acceso a la información pública, realizar las gestiones para que se nos entregue copias de las bases de datos e información relacionada con el proyecto "Seguimiento de las Pesquerías Demersales y Aguas Profundas" en sus secciones: **Pesquería Demersal Centro Sur y Pesquería Demersal Sur Austral Artesanal (Sección III) y Pesquería Demersal Sur Austral Industrial (Sección IV)**, desarrollado por el Instituto de Fomento Pesquero (IFOP).

En particular respecto a:

1. Base de Datos histórica de bitácoras de pesca para raya volatín y raya espinosa en las flotas artesanal e industrial artesanal para la pesquería demersal centro-sur y pesquería demersal sur austral. Estas bases deberán estar estructuradas en coherencia con los campos de datos utilizados por el Programa de seguimiento mencionado anteriormente.
2. Base de datos histórica de fauna acompañante para la flota industrial, donde se haya registrado la captura de rayas.
3. Base de Datos histórica de muestreos de longitud y biológico para la pesquería demersal centro-sur y pesquería demersal sur austral, en particular, para las especies raya volatín y raya espinosa. Estas bases de datos deberán estar estructuradas en coherencia con los campos de datos utilizados por el Programa de seguimiento mencionado anteriormente.



4. Maestros de embarcaciones asociados al punto 1). Estas bases deberán estar estructuradas en coherencia con los campos de datos utilizados por el Programa de seguimiento mencionado anteriormente.

Atendido el mérito de lo expuesto, y lo dispuesto en el título IV de la Ley 20.285, sobre acceso a la información pública, solicito a Ud. entregar la información solicitada en medios magnéticos, y de ser posible al correo electrónico: [capespesquero@bio.puc.cl](mailto:capespesquero@bio.puc.cl)

Sin otro particular, lo saluda muy atentamente,

  
Rodrigo Wiffo  
Jefe de Proyecto  
Centro Capes UC

RWO/sgb/  
c.c.: - Sr. Sergio Lillo V., Jefe de División de Investigación Pesquera (S)  
- Archivo  
C/001



INSTITUTO DE  
FOMENTO  
PESQUERO

IFOP/DIP/N°047/2021/DIR N°098

Valparaíso, 22 de marzo de 2021

Señor  
Rodrigo Wiff O.  
Jefe de proyecto  
Centro Capes UC  
Presente

Estimado señor Wiff:

A través del presente, adjunto envío las bases de datos de raya volantín y raya espinosa (bitácoras, muestreos de longitud y biológicos), serie 1997-2019, datos que fueron solicitados por ese centro de investigación Capes a nuestro instituto, en carta de fecha 16 de marzo del año en curso.

El archivo va en formato access (comprimido zip) y contiene información de las flotas artesanales de espín y enmalle de toda nuestra área de monitoreo, así como los datos de la flota de arrastre.

En lo específico, contiene datos de los viajes completos en donde se capturó rayas. Asimismo, y de acuerdo a lo solicitado, se entrega un maestro de embarcaciones institucional de la flota asociada a esta información.

Hago presente a usted, la disposición de este Instituto para aclarar o complementar cualquier antecedente relacionado con la citada información.

Saluda atentamente a usted.

Signed by: Luis Parot Donoso  
Signed at: 2021-03-24 11:15:18 -03:00  
Reason: Firmado electrónicamente por

*Luis Parot Donoso*

Luis Parot Donoso  
Director Ejecutivo

e-mail: [capespesquero@bio.puc.cl](mailto:capespesquero@bio.puc.cl)

c.c.: Dirección Ejecutiva  
División Investigación Pesquera  
Departamento Evaluación de Pesquerías  
Unidad de Auditoría y Control de Proyectos  
Sr. Patricio Gálvez G.  
Crono

SLV/gnr. Signed by: Sergio Lillo Vega  
Signed at: 2021-03-24 10:04:22 -03:00  
Reason: Firmado electrónicamente por

*SLV*

**8.2. Anexo 2.** Reunión de Coordinación Equipo de trabajo CAPES-UC / FIPA y Contraparte Técnica SUBPESCA.



---

Proyecto	<b>“Desarrollo de índices de abundancia relativa en la pesquería de raya volantín y raya espinosa”. Proyecto FIPA N° 2020-29.</b>
Requirente	Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (SUBPESCA) - Fondo de Investigación Pesquera y de Acuicultura (F.I.P.A.)
Actividad	<b>Reunión de Coordinación Equipo de trabajo CAPES-UC / FIPA y Contraparte Técnica SUBPESCA</b>
Fecha	<b>08 de enero de 2020</b>

---

Jefe de Proyecto	Dr. Rodrigo Wiff Onetto CAPES-UC / Pontificia Universidad Católica de Chile Fono: 56-2-23542638 E-mail: <a href="mailto:capespesquero@bio.puc.cl">capespesquero@bio.puc.cl</a>
------------------	---

---

**ACTA**  
**Reunión de Coordinación: CAPES – PUCV / FIPA-SUBPESCA**  
**“Desarrollo de índices de abundancia relativa en la pesquería de raya volantín y raya espinosa”.**  
**Proyecto FIPA N° 2020-29**

Valparaíso, 08 de enero de 2021

**Participantes:**

FIPA:

- Malú Zavando

SUBPESCA:

- María Fernanda Mercado
- Jorge Farias

Equipo Técnico del Proyecto (CAPES-UC):

- Rodrigo Wiff (Jefe de Proyecto)
- Mariella Canales
- Andrés Flores
- Santiago Gacitúa

**Desarrollo de la Reunión:**

La reunión de coordinación se desarrolló a través de la aplicación Zoom Video Communications®, a causa de la pandemia de COVID19 que aún afecta al país y que no permite reuniones presenciales por seguridad para evitar contagios.

La reunión comenzó con una breve presentación por parte del Equipo Profesional de CAPES-UC (Jefe de Proyecto), de los hitos más importantes del proyecto (objetivo general y específicos, fechas de informes y contingencia COVID19). El jefe de proyecto plantea que la forma de abordar el objetivo principal fue pensada como una interrelación de los objetivos específicos y como las herramientas tanto cuantitativas como de encuestas podrían permitir la construcción de índices de abundancia en raya volantín y raya espinosa, dada la complejidad espacial y temporal que presentan los datos.

Además, informó como puntos abiertos a la discusión los posibles efectos de la pandemia del COVID19 para ejecutar el trabajo de terreno. Se indica que este es un proyecto en su esencia analítico, pero contiene dos partes que incluyen terreno, referido a la aplicación de encuestas estructuradas y a la validación de protocolo de muestreo con observadores de CAPES-UC a bordo de naves artesanales. La propuesta inicial de encuestas incluía un barrido de tipo censal y reuniones con pescadores artesanales inscritos en cada una de las regiones. Sin embargo, por la salud del personal y las restricciones sanitarias que posiblemente se aplicarán en cada una de las regiones del sur del país, así como a nivel comunal en muchos casos, el barrido de tipo censal inicialmente propuesto se

vería alterado por las dificultades y restricciones en el desplazamiento de observadores científicos. Se propone inicialmente tomar el catastro de pescadores inscrito en esta pesquería en cada una de las regiones, para luego calcular los números muestrales que tenga suficiencia estadística, y así, realizar un muestreo más focalizado y localizado. Se señala que este punto de estimar la suficiencia estadística mediante el número muestral a encuestar se encuentra en la misma línea de las observaciones hechas a la presente propuesta. Finalmente, precisa que en el caso del presente proyecto alrededor del 80% del trabajo corresponde a análisis de datos y sólo el 20% restante tiene labores de terreno, por lo cual no debiera existir mayores problemas para cumplir con los objetivos del proyecto.

Durante el desarrollo de la presentación surgieron una serie de inquietudes principalmente por parte del equipo de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, que fueron respondidas y/o registradas por parte del equipo técnico para ser consideradas posteriormente.

Las intervenciones que se hicieron se pueden resumir de la siguiente forma:

**M.F. Mercado**, pregunta primero si se ha pensado respecto a subir observadores a las embarcaciones artesanales, ya que actualmente incluso los observadores de IFOP tienen problemas para ser subidos a bordo a recopilar información. La segunda consulta es respecto a las encuestas, si se tiene contacto con los pescadores, ya que ha salido el tema del proyecto en el Comité de Manejo.

Se le responde que se tiene contacto particular con los pescadores de Hualaihue para subir observadores a bordo, pero por la pandemia no se han realizado contactos a otras regiones a la espera de decidir la factibilidad de recorrer el sur del país por las limitaciones de desplazamientos que se mantienen por la autoridad sanitaria.

**R. Wiff** señaló que para el caso de la prueba en terreno de los protocolos desarrollados se ha pensado en la localidad de Hualaihue para realizar varias salidas de pesca a inicios de primavera de 2021 (septiembre-octubre). Para lo anterior, no se ha contemplado la solicitud de pesca de investigación con cuota asociada debido a lo exigua de ésta los últimos años. Lo anterior, ha provocado que la temporada de pesca se haya visto reducida a 2 o 3 días, lo que claramente complica la logística para llevar observadores científicos a las zonas de pesca y lograr que los pescadores artesanales estén dispuestos a embarcarlos. En este contexto, la idea sería realizar salidas independientes de la pesca comercial, en la cual los ejemplares capturados serían devueltos al mar con vida, lo que es plenamente factible en el caso de rayas por su resistencia a los cambios de presión. De esta forma se evitaría la solicitud de pesca de investigación.

**M.F. Mercado** interviene y consulta si la prueba de los protocolos solo está contemplada hacerlo en la localidad de Hualaihue. Se responde que las pruebas de protocolos serán desde septiembre en adelante, solo si se cumple el estimado del Gobierno de tener vacunados contra el COVID19 al 80% de la población para fines del primer semestre. De este modo, podría darse la opción de tener mayor movilidad para desplazarse hacia el sur, pero se hace notar que las experiencias a bordo de las embarcaciones artesanales son solamente para probar los protocolos, por lo que se cree, como equipo técnico, no debieran existir mayores diferencias en las faenas de pesca desde Hualaihue hacia el norte. Las posibles diferencias que pudieran afectar la estandarización de los protocolos de recopilación de información, podrían darse hacia la región de Magallanes. Las pruebas en regiones/localidades diferentes a Hualaihue se evaluarán en su momento, cuándo exista seguridad de poder realizar dichos desplazamientos, particularmente por un tema de costos.

**M.F. Mercado** comentó para cerrar su intervención, que en el Comité de Manejo de la pesquería siempre está la crítica que la mayoría de los estudios se realizan en la Región de Los Lagos quedando de lado las otras regiones (Magallanes y Aysén). Este último punto, considerando la biología del recurso puede ser muy distinto a los datos que se pueden obtener en la zona centro sur del país.

**J. Farias** agradeció la presentación por la claridad. Luego hizo una acotación respecto de los cruceros y la idea de minimizar las solicitudes pesca de investigación que tenga asociada una cuota, ya que la cuota de rayas es muy mínima (6 toneladas para todo Chile). Sin embargo, hizo la aclaración que la devolución de ejemplares al mar está prohibida, y habría que pensar en una figura de pesca de investigación sin cuota asociada que autorice captura, pero que permita devolver los ejemplares al mar. J. Farias se comprometió a consultarlo con el departamento jurídico de la SUBPESCA para ver la posibilidad autorización de pesca de investigación con devolución al mar de los ejemplares capturados. Lo que avisará al equipo técnico del CAPES-UC oportunamente.

**J. Farias** destacó el punto de la propuesta respecto de la reconstrucción y generación de reglas de cosecha basadas en CPUE. Se entiende que este punto es una especie de sobreoferta del proyecto que abordará el tema y puede traer beneficios para el manejo, porque cree que los procedimientos de manejo en pesquerías de data pobre, las líneas de diseño basada y sus respectivas reglas de control en el futuro van a predominar.

**M.F. Mercado** también planteó que en el Comité de Manejo los pescadores son muy reticentes a entregar información de los caladeros, etc., por lo que consulta cómo se mide la veracidad de los datos provenientes de las encuestas.

Se señaló que los observadores científicos de CAPES-UC están capacitados en la realización de encuestas, contando con experiencia de al menos 2 proyectos anteriores, tales como congrio dorado y corrección de capturas de sardina-anchoqueta. Las encuestas están basadas en una metodología de escalas de valoración del encuestado (puntajes) respecto a ciertas características que se observan del encuestado y preguntas de control, lo que ayuda a la veracidad de las respuestas y discriminación de la información proporcionada por el encuestado. Este ítem lo ejecutará Stefan Gelcich con su equipo, quienes cuentan con vasta experiencia en la aplicación de encuestas (tipo Likert) a los pescadores artesanales. Además, la metodología de la encuesta permite pasar los datos cualitativos a cuantitativos, lo que permite a los observadores científicos aplicar criterios y/o preguntas de control para medir la coherencia de los datos proporcionados por el encuestado y cotejarlo con lo que sucede en realidad en terreno. Finalmente, se ha planteado realizar grupos focales con ciertos pescadores o actores del sector que son elegidos y considerados como “juicio experto”, por la calidad de la información que proporcionan a fin de validarlo con la información recopilada por las encuestas.

**M. Zavando** por parte del Fondo de Investigación Pesquera y de Acuicultura (FIPA), comentó el desafío y los posibles problemas por la contingencia sanitaria en la aplicación de las encuestas que serían el paso más cercano y los grupos focales para más adelante de acuerdo a lo que entiende.

Personal de CAPES-UC aclaró que la aplicación de la encuesta se pretende llevar a cabo durante los próximos meses y es lo que más pudiera estar complicado por la contingencia sanitaria. Los grupos focales pueden ser desarrollados posteriormente, por lo que en ese aspecto no debiera haber mayores problemas.

Para el caso de las encuestas se planteó que una forma de minimizar los desplazamientos a las regiones y diferentes comunas del área de estudio sería acotar los puertos de cada región a aquellos

con desembarques de raya (ejemplo: mayores a 30 toneladas), lo cual disminuiría la cantidad de lugares a visitar para realizar las encuestas, minimizando los desplazamientos. En este contexto, se plantea calcular el número muestral que entregue suficiencia estadística y de esta forma focalizar el muestreo. A su vez, se hace la salvedad que, si bien no debieran existir mayores problemas para realizar la encuestas, posiblemente su aplicación sea más extendida en el tiempo que lo planificado en la carta Gantt. Desde este punto de vista, es posible que se prolongue el periodo de visita a las caletas o puertos y que, por temas de la pandemia, haya que suspender esas actividades en terreno y realizar una segunda visita posteriormente. Esto podría afectar la entrega de los resultados comprometidos para el primer informe de avance del proyecto, con fecha de entrega para el quinto mes de ejecución (fines de mayo de 2021).

**M. Zavando** indicó que cualquier cambio a la ejecución respecto a este tópico se debe comunicar al FIPA para ser evaluada por el Consejo (CIPA). Además, informó que se debe levantar un acta resumen de la presente reunión y ser enviada al FIPA dentro de los 5 días hábiles siguientes.

Se solicitó por parte del equipo CAPES-UC a la SUBPESCA se pueda entregar una copia de la base de datos actualizada de los pescadores artesanales que operan sobre el recurso raya volantín y raya espinosa por localidad.

**M.F. Mercado** se comprometió compartir la lista del registro pesquero artesanal (RPA) que dispone la SUBPESCA para el proyecto, pero pidió que se le envíe una solicitud formal.

**M. Zavando** recuerda que se debe enviar un acta de la reunión al FIPA. **J. Farias** pidió que se le envíe copia del acta, a lo que se le responde que será enviado un borrador del acta a todos los participantes de la reunión para ser revisada y sancionada antes de ser enviada al FIPA.

Siendo cerca de las 15 horas se da por finalizada la reunión.

## Presentación Proyecto por CAPES-UC

<p> <b>Centro UC</b> CAPES - Center of Applied Ecology &amp; Sustainability</p> <p><u>FIPA 2020-29</u></p> <p>“Desarrollo de índices de abundancia relativa en la pesquería de raya volantín y raya espinosa”</p> <hr/> <p>Reunión de Coordinación Valparaíso, Enero 2021</p> 	<p>Participantes</p> <p>CAPES-UC  <b>Centro UC</b> CAPES - Center of Applied Ecology &amp; Sustainability</p> <p>TECPES-PUCV </p>
<p>Objetivo general</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollar índices de abundancia relativa para la pesquería de raya volantín y raya espinosa entre la región de Ñuble a la región de Magallanes y la Antártica Chilena.</li> </ul>	<p>Objetivos específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Analizar la composición y régimen operacional de las flotas artesanales que operan en la pesquería de raya volantín y raya espinosa.</li> <li>• Determinar la unidad de esfuerzo y los factores que inciden directamente en el poder de pesca de las unidades extractivas artesanales.</li> <li>• Desarrollar un protocolo de toma de información y diseño para estimar indicadores de abundancia relativa.</li> <li>• Estimar indicadores de abundancia relativa para el periodo histórico más largo posible.</li> </ul>

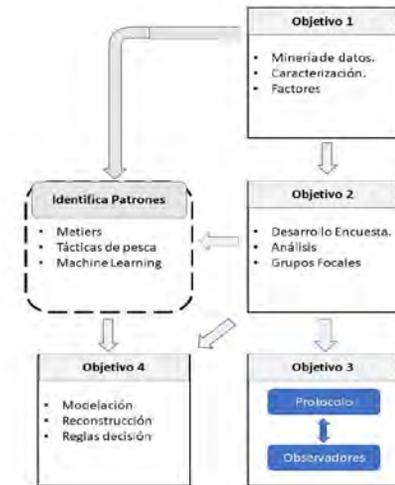
## Motivaciones

- Los cambios administrativos, operativos y calidad/cantidad de datos hace compleja la generación de un índice de abundancia desde datos de CPUE.

Eventos	Años												
	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020		
1. Captura como fauna acompañante													
2. Captura como especie objetivo, 1979													
3. Ingreso Corea del Sur al mercado asiático de raya													
4. Creación Unidad Pesquera: Límite norte-VIII y 41°28,6'S, 1996													
5. A partir de 1997 se establece cuota de captura													
6. Máximo histórico del desembarque en SUP, 2003													
7. Inicio de la identificación de la presencia de raya espinosa, 2004													
8. Información de descarte (ejemplares <3 kilos)													
9. Cuota raya espinosa, 2012													
10. Veda biológica en SUP, 2006													
11. Veda biológica en UP, 2009-2012													
12. Veda extractiva en las tres áreas (NUP,UP y SUP), 2014-2015													
13. Veda biológica en las tres áreas (NUP,UP y SUP), 2017													

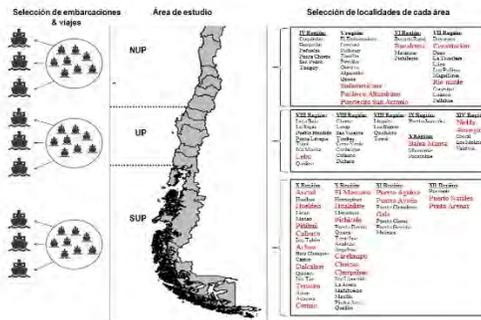
## Esquema General

- Consta de 5 pasos.
- Los 4 objetivos.
- Identificación de patrones.

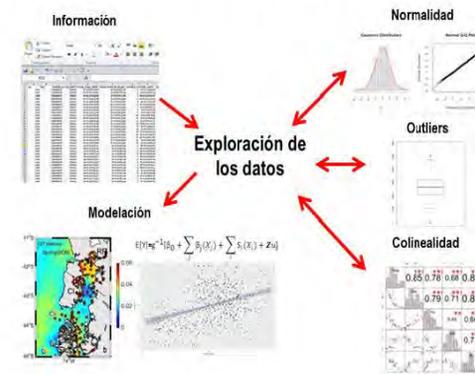


## Objetivo 1. Caracterización de la data.

Desembarque de raya volantín y/o raya espinosa reportado entre 2008-2011. Fuente Sernapesca.



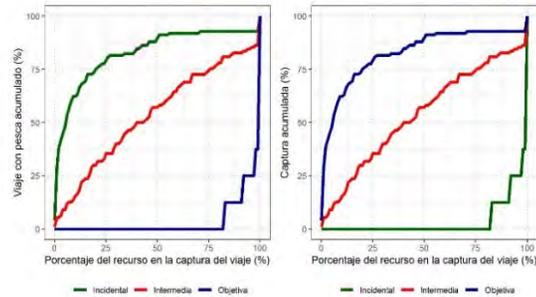
## Objetivo 1. Exploración de la data.



## Objetivo 1. Identificación de patrones

### Curvas de Biseau

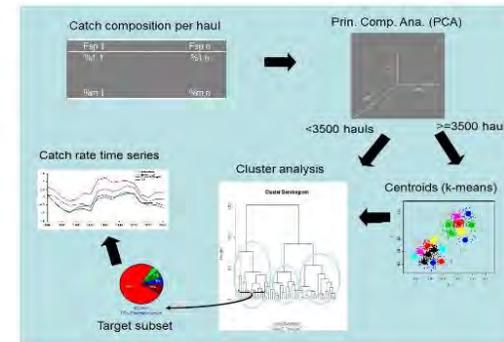
- Acercamiento gráfico a Patrones



## Objetivo 1. Identificación de patrones

### Tácticas de pesca

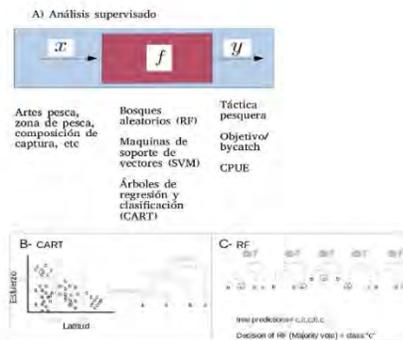
- Estadística Multivariada
- Caracterización de datos



## Objetivo 1. Identificación de patrones

### Aprendizaje Automático

- Relajar Supuestos
- Determinar Robustez



## Objetivo 2. Factores Influyentes

### Encuesta estructurada

- Factores
- Unidades
- Credibilidad dada
- Aspectos sociales
- Grupos focales

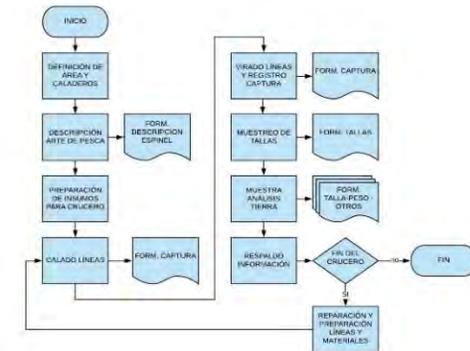
## Objetivo 2. Encuestas

- Aplicación de la encuesta en terreno por personal CAPES-UC.
- El muestreo trata como **Censo**.
- Registro del comité de manejo SSPA.
- Se contacta a la lista completa + aquellos indicados por IFOP y los mismos pescadores encuestados.
- Muestreo “puerta a puerta”.

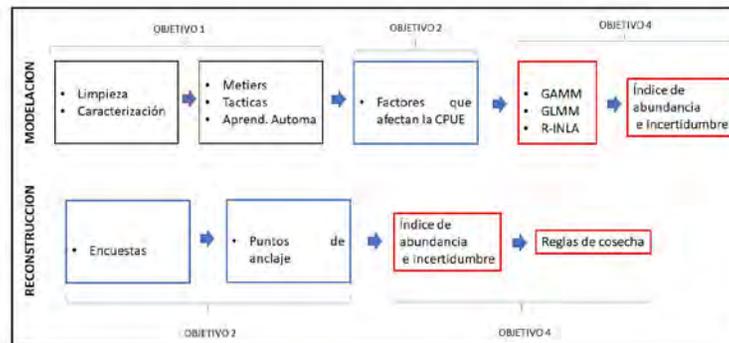


## Objetivo 3. Desarrollo de protocolos.

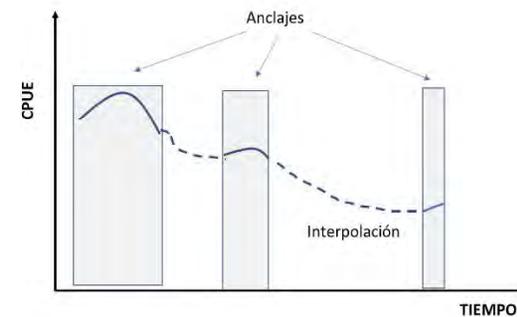
- Cruceros a bordo.
- Pesca con devolución
- Retro-alimentación
- Compatibilidad bases IFOP



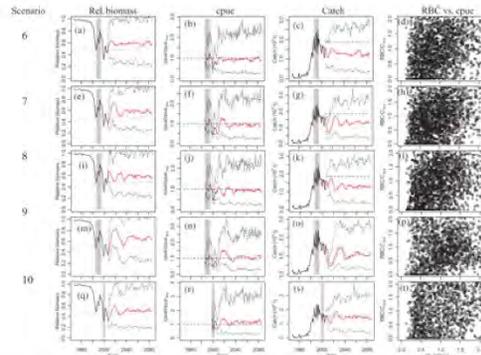
## Objetivo 4. Índice de abundancia



## Objetivo 4. Reconstrucción



## Objetivo 4. Reglas de cosecha



ICES J. Mar. Sci. Volume 68, Issue 8, September 2011, Pages 1699–1705, <https://doi.org/10.1093/icesjms/68/08/1699>  
The content of this slide may be subject to copyright; please see the slide notes for details.

OXFORD  
UNIVERSITY PRESS

## Contingencia Sanitaria

- Toma de encuesta dirigida en puertos mas importantes.
- Grupos Focales reducidos (posiblemente de forma remota).
- Viajes de pesca focalizados en una región/caleta.

## CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Objetivo	Actividades	Resultado Esperado	Meses de Actividades del proyecto																
			01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17
1	Reunión de Coordinación	Acta de reunión	■																
	Solicitud y limpieza de datos	Base de datos depurada		■															
	Caracterización de la data	Análisis espacio-temporal de la data			■														
2	Busqueda de patrones	Wenters, táticas e Iar; Artificial				■													
	Modelación Factores	Factores que inciden en la CPUE					■												
	Diseño de encuesta	Encuesta						■											
3	Toma de encuesta	Selección de datos							■										
	Análisis Encuesta	Análisis de datos								■									
	Grupos Focales	Refinamiento de encuestas									■								
4	Taller de Avance	Acta de taller									■								
	Informe de Avance	Informe de avance										■							
	Protocolo Preliminar	Preliminar Protocolo de muestreo											■						
	Muestras a Bordo	Depurado del protocolo y colecta de datos												■					
5	Protocolo Final	Final Protocolo de muestreo													■				
	Estandarización Mediante modelos	Serie de índice de abundancia y error														■			
	Estandarización con Encuestas	Serie de índ. de abundancia y error															■		
	Reglas de cosecha	Propuesta de una regla de cosecha																■	
6	Informe pre-final	Informe pre-final																■	
	Taller de Resultados	Acta de taller																■	
	Correcciones depuración de análisis	Correcciones requeridas																■	
	Informe Final	Informe Final																■	

## Informes

- 27 de Mayo 2021 Informe de Avance
- 29 de Noviembre 2021 Informe Pre-Final
- 27 de Enero de 2022 Informe Final

## Observaciones evaluador propuesta

### Objetivo 1

- Descripción y caracterización de las zonas de pesca.

### Objetivo 2

- Especificar los números muestrales de las encuestas.

### Objetivo 3

- Numero de viajes y zonas de pesca a muestrear
- Compatibilidad con bitácoras IFOP

### Objetivo 4

- Sin observaciones

GRACIAS POR SU ATENCION



### 8.3. Anexo 3. Bitácoras de muestreo experiencia terreno.



## EMBARCACION

### FIPA 2020-29: CPUE RAYAS

Nave: **CALISPO, Matricula PMO-4626**

Anotador: **José T. Montero Styles**

Fecha: **28/04/2022**

Espinel: **1**

1. Longitud de Orinque: **400 (m)**
2. Longitud línea Madre: **2100 (m)**
3. Longitud de Reinal: **0.8 (m)**
4. Numeración y Marca de Anzueloa: **Apautada N° 6**
5. Cantidad de Pesos en la línea madre: **35**
6. Cantidad de Flotadores: **Sin flotarodes**
7. Separación entre reinales: **1.5 (m)**
8. Tipo de Fondeo: **Fango**

**OBSERVACIONES: Presencia de mamíferos marinos como el lobo de mar y ballenas jorobadas en la cercanía de la faena.**



## EMBARCACION

FIPA 2020-29: CPUE RAYAS

Nave : **CALISPO, Matricula PMO-4626**

Anotador: **José T. Montero Styles**

Fecha: **4/28/2022**

Espinel: **2**

1. Longitud de Orinque: **400 (m)**
2. Longitud línea Madre: **3150 (m)**
3. Longitud de Reinal: **0.8 (m)**
4. Numeración y Marca de Anzueloa: **Apautada N° 6**
5. Cantidad de Pesos en la línea madre: **45**
6. Cantidad de Flotadores: **Sin flotarodes**
7. Separación entre reinales: **1.5 (m)**
8. Tipo de Fondeo: **Fango**

**OBSERVACIONES: Presencia de mamíferos marinos como el lobo de mar y ballenas jorobadas en la cercanía de la faena.**



## OPERACION

FIPA 2020-29: CPUE RAYAS

Nave: **Calipso** Fecha de Calado: **03/28/2022** Fecha Virado: **04/29/2022**

Anotador: **José T. Montero Styles**

ZONA/Localidad: **Hualaihue, Decima región**

CARNADA

ESPECIE: **Pejerrey (*Odontesthes regia*)**

CONSERVACION: **Salado**

CALADO 1

ESPINEL 1 (**1400 anzuelos**)

Hora (h,m): **11:50**

Numero Anzuelos: **1400**

Latitud: **-42.0**

Longitud: **-72.8**

Profundidad (m): **345**

Mamíferos marinos: **Abundante lobo marino (*Otaria flavescens*)**

VIRADO 1

Hora (h,m): **11:29**

Hora de Reposo (h,m): **23:39**

Latitud: **-42.0**

Longitud: **-72.7**

Profundidad (m): **312**

Mamíferos marinos: **dos ballenas jorobadas (*Megaptera novaeangliae*)**



**Centro UC**  
CAPES - Center of Applied  
Ecology & Sustainability

**EMBARCACION**  
**FIPA 2020-29: CPUE RAYAS**

Nave: **Calipso** Fecha de Calado: **4/28/2022** Fecha Virado: **4/29/2022**

Anotador: **José T. Montero Styles**

ZONA/Localidad: **Hualaihue, Decima región**

CARNADA

ESPECIE: **Pejerrey (*Odontesthes regia*)**

CONSERVACION: **Salado**

CALADO 2

Hora (h,m): **12:30**

Numero Anzuelos: **2100**

Latitud: **-42.08**

Longitud: **-72.79**

Profundidad (m): **345**

Mamíferos marinos: **Abundante lobo marino (*Otaria flavescens*)**

VIRADO 2

Hora (h,m): **15:09**

Hora de Reposo (h,m): **27:39**

Latitud: **-42.08**

Longitud: **-72.79**

Profundidad (m): **312**

Mamíferos marinos: **Una ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*)**

**OPERACION**  
**FIPA 2020-29: CPUE RAYAS**

Nave: **Calipso** Fecha de Calado: **01/05/2022** Fecha Virado: **02/05/2022**

Anotador: **José T. Montero Styles**

ZONA/Localidad: **Hualaihue, Decima región**

CARNADA

ESPECIE: **Pejerrey (*Odontesthes regia*)**

CONSERVACION: **Salado**

CALADO 1

Hora (h,m): **11:52**

Numero Anzuelos: **1400**

Latitud: **-42.1**

Longitud: **-72.8**

Profundidad (m): **365**

Mamíferos marinos: **Abundante lobo marino (*Otaria flavescens*)**

VIRADO 1

Hora (h,m): **11:28**

Hora de Reposo (h,m): **23:39**

Latitud: **-42.08**

Longitud: **-72.79**

Profundidad (m): **308**

Mamíferos marinos: **Dos Ballenas jorobadas (*Megaptera novaeangliae*)**



**Centro UC**  
CAPES - Center of Applied  
Ecology & Sustainability

**EMBARCACION**  
**FIPA 2020-29: CPUE RAYAS**

Nave: **Calipso** Fecha de Calado: **4/28/2022** Fecha Virado: **4/29/2022**

Anotador: **José T. Montero Styles**

ZONA/Localidad: **Hualaihue, Decima región**

CARNADA

ESPECIE: **Pejerrey (*Odontesthes regia*)**

CONSERVACION: **Salado**

CALADO 2

Hora (h,m): **16:26**

Numero Anzuelos: **2100**

Latitud: **-42.08**

Longitud: **-72.79**

Profundidad (m): **345**

Mamiferos marinos: **Abundante lobo marino (*Otaria flavescens*)**

VIRADO 2

Hora (h,m): **15:50**

Hora de Reposo (h,m): **23:24**

Latitud: **-42.0**

Longitud: **-72.8**

Profundidad (m): **345**

Mamiferos marinos: **Dos Ballenas jorobadas (*Megaptera novaeangliae*)**



**Talla-Peso**  
**FIPA 2020-29: CPUE RAYAS**

Anotador: Jose Montero

Fecha: 04/29/2022 (viaje 1, Faena 1)

**ESPECIE DE RAYA:** Raya volantin

Longitud Total (cm)	Longitud del Disco (cm)	Peso Total (kg)
68	52	1.9
64	46	1.6
80	61	3.6
64	51	1.8
48	37	0.7
65	49	1.8
64	46	1.6
76	56	2.6
51	39	0.8
71	55	2.5
70	49	2.1
110	83	10
102	72	6.8
93	67	5.2
101	76	7.7

<b>Longitud Total (cm)</b>	<b>Longitud del Disco (cm)</b>	<b>Peso Total (kg)</b>
90	68	6.1
91	71	5.8
79	57	3.3
86	64	4.3
94	65	5.7
92	69	5.8
77	56	2.3
81	61	3.5
74	56	2.4
95	75	7.2

**Talla-Peso**  
**FIPA 2020-29: CPUE RAYAS**

Anotador: Jose Montero

Fecha: 04/29/2022 (viaje 1, Faena 2)

**ESPECIE DE RAYA:** Raya volantín

Longitud Total (cm)	Longitud del Disco (cm)	Peso Total (kg)
91	68	5.3
64	46	1.6
105	85	10.1
97	77	7.2
98	79	9.4
102	79	8.3
110	78	7.7
85	64	4.4
62	47	1.6
64	49	1.9
83	60	3.3
99	74	5.7
94	68	5.6
93	73	6.5
111	87	11.9
105	77	9.6
110	82	9.7
107	82	8.9
77	55	3.2
142	106	20

<b>Longitud Total (cm)</b>	<b>Longitud del Disco (cm)</b>	<b>Peso Total (kg)</b>
79	57	3.2
103	80	8.2
75	58	3.2
85	64	3.9
61	44	1.3
107	86	9.1
106	85	10.8
63	46	1.4
89	60	5.3
59	42	1.2
67	48	1.9
77	56	3.3
63	50	2.2
77	60	3.3
88	64	4.9
151	113	27
113	85	10.1
99	71	7
58	44	1.2
70	50	2.1
112	89	12.5
110	79	9.3
115	84	10.8

**Talla-Peso**  
**FIPA 2020-29: CPUE RAYAS**

Anotador: José Montero S.

Fecha: 05/02/2022 (Viaje 2, Faena 1)

**ESPECIE DE RAYA:** Raya volantín

Longitud Total (cm)	Longitud del Disco (cm)	Peso Total (kg)
99	76	7.3
70	51	2.1
77	57	3.1
70	49	2.1
52	40	0.8
70	49	2.1
92	70	6.3
77	59	3.3
115	87	12.4
82	63	4.2
85	65	4.2
103	76	6.6
63	44	1.4
44	38	0.7
103	78	8.6
87	65	4.3
75	59	2.8
62	47	1.5
82	59	4
82	61	3.9

<b>Longitud Total (cm)</b>	<b>Longitud del Disco (cm)</b>	<b>Peso Total (kg)</b>
94	70	6.1
75	54	2.7
107	82	9.4
110	81	9.2
62	45	1.2
94	72	5.8



## Talla-Peso

**FIPA 2020-29: CPUE RAYAS**

Anotador: José Montero S.

Fecha: 05/02/2022 (Viaje 2, Faena 2)

### ESPECIE DE RAYA:

#### Raya volantín

Longitud Total (cm)	Longitud del Disco (cm)	Peso Total (kg)
57	41	1.5
93	72	6.1
111	86	11.1
66	48	1.9
78	61	3.8
129	93	15
60	44	1.5
100	74	7.3
79	62	3.6
74	57	3.1
69	50	2
77	54	2.9
113	82	10.3
73	50	3.2
110	78	10.4

#### Raya espinisa

Longitud Total (cm)	Longitud del Disco (cm)	Peso Total (kg)
47	27	0.6

#### 8.4. Anexo 4. Asignación de horas hombre por objetivo específico.

A continuación, se presentan las horas hombre (HH) por Objetivo Específico para cada uno de los integrantes del equipo técnico del proyecto, considerando 12 meses de ejecución del estudio.

Sin embargo, queremos destacar que para efectos de mantener una concordancia con lo presentado en la Propuesta Técnica ofertada por CAPES-UC al FIPA, se ha mantenido las horas hombre proyectadas para los 12 meses de ejecución del proyecto, sin considerar las interrupciones obligadas por la pandemia de COVID-19. Lo anterior, debido a que existen actividades que a causa de la pandemia de COVID-19 que afectó a nuestro país, hubo necesariamente que reagendar para fechas posteriores a lo que estaba en la Carta Gantt original, y las horas hombre correspondientes debieron ser reasignadas al momento de poder recuperar la movilidad de nuestros observadores científicos hacia las zonas propuestas para la de recopilación de información. Lo anterior, en ningún caso significó dejar de cumplir con todo lo comprometido en la propuesta técnica, y fue discutido durante la reunión de coordinación del equipo de CAPES-UC con el FIPA y la SUBPESCA en su momento, como cuenta en el acta de dicha reunión (**Ver ANEXO 2**) e informadas en el Informe de avance respectivo. En este punto tenemos que destacar el respaldo recibido y la total disposición de todas las instituciones que han contribuido a la exitosa ejecución del presente proyecto.

## Asignación Horas Hombre general

Nombre	Actividades	Horas Hombre												Total
		M 1	M 2	M 3	M 4	M 5	M 6	M 7	M 8	M 9	M 10	M 11	M 12	
Rodrigo Wiff	Coordinación	3	2	4	5	5	5	5	5	5	5	5	3	52
	Modelación estadística			5	5	5	10	5	5	5	5	10		55
	Indicadores de abundancia			5	5	5	10	5	5	5	5	10	5	60
	Informes						10						10	20
	Talleres					5								5
	<b>Total</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>20</b>	<b>35</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>25</b>	<b>18</b>	<b>192</b>
Mauricio Lima	Coordinación													0
	Análisis multivariados		5	5	5	5	10	5	5	5	5	5	3	58
	Regimen operacional			3	3	5	10	5	5	5	10	5	3	54
	Informes						5						5	10
	Talleres													0
	<b>Total</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	<b>25</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>15</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>122</b>
Mariela Canales	Tacticas de pesca				4	4	4	2	2	4	4			24
	Regimen operacional de flotas		5	5	5	5	10	5	5	5	5	3		58
	Análisis de datos			3	3	5	10	5	5	5	10	5	3	54
	Informes						5						5	10
	Talleres													0
	<b>Total</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>8</b>	<b>12</b>	<b>14</b>	<b>29</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>14</b>	<b>19</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>146</b>
Stefan Gelcich	Diseño de encuestas		4	4	2		2							12
	Grupos focales (GF)					5	5	5	5	5				25
	Análisis de datos encuesta y GF		5	5	5	10	10	5	10	5	5	5	10	75
	Informes						5						5	10
	Talleres													0
	<b>Total</b>	<b>0</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>7</b>	<b>15</b>	<b>22</b>	<b>10</b>	<b>15</b>	<b>10</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>15</b>	<b>122</b>
Andrés Flores	Coordinación													0
	Revisión bases de datos histórica		5	5	5	5	5	5	5	5				40
	Análisis de Metiers		5	5	5	10	10	5	5	5				50
	Análisis de datos			5	5	5	5	5	10	10	5	10	10	70
	Informes						10						10	20
Talleres					5								5	
	<b>Total</b>	<b>0</b>	<b>10</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>25</b>	<b>30</b>	<b>15</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>185</b>

Continuación...

Nombre	Actividades	Horas Hombre												Total
		M 1	M 2	M 3	M 4	M 5	M 6	M 7	M 8	M 9	M 10	M 11	M 12	
Dante Queirolo	Coordinación													0
	Diseño protocolo toma de información					10	10	5	5	8	10			48
	Análisis y discusión de protocolos					10	10	5	5	5	5	10	10	60
	Informes						5						5	10
	Talleres					3								3
	<b>Total</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>23</b>	<b>25</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>13</b>	<b>15</b>	<b>10</b>	<b>15</b>	<b>121</b>
Mauricio Ahumada	Coordinación	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2			20
	Determinación unidad de esfuerzo				5	10	10	5	5	5	5	10	10	65
	Poder de pesca artesanal		5	5	5	10	10	10	5	5	5	10	10	80
	Informes						10						10	20
	Talleres					5								5
	<b>Total</b>	<b>2</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>12</b>	<b>27</b>	<b>32</b>	<b>17</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>20</b>	<b>30</b>	<b>190</b>
Pedro Apablaza	Coordinación de terreno		5	5	5	5	5	5	5	5				40
	Prueba protocolos					5	10	10	10					35
	Procesamiento datos				10	10	10	10	10	10	10	10	10	90
	Informes						10						10	20
	Talleres					5								5
	<b>Total</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>15</b>	<b>25</b>	<b>35</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>15</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>190</b>
Angel Segura	Machine learning			5	5	10	10	5			5	10	10	60
	Determinación patrones de pesca			5	5	5	10	5	5	5	5	10	10	65
	Informes						10						10	20
	Talleres													0
		<b>Total</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>15</b>	<b>30</b>	<b>10</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>30</b>
Santiago Gacitúa	Coordinación alterna	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2			22
	Regimen operacional				5	5	10	5	5	5	5	5	10	55
	Análisis de datos			5	5	10	10	10	5	5	5	5	5	65
	Informes						10						10	20
	Talleres					5								5
	<b>Total</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>7</b>	<b>12</b>	<b>22</b>	<b>32</b>	<b>17</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>10</b>	<b>25</b>	<b>167</b>
Enrique Aguilar	Coordinación de terreno	2	5	5	5	5	5	3						30
	Aplicación de encuestas			30	30									60
	Prueba protocolos toma de información						20	10						30
	Procesamiento datos		10	10	20	20	20	20	10					110
	Informes						5							5
	Talleres					5								5
	<b>Total</b>	<b>2</b>	<b>15</b>	<b>45</b>	<b>55</b>	<b>30</b>	<b>50</b>	<b>33</b>	<b>10</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>240</b>
Christopher Rodríguez	Aplicación de encuestas			30	30									60
	Prueba protocolos toma de información						20	10						30
	Procesamiento datos			20	20	20	10	20	20					110
	Informes													0
	Talleres													0
	<b>Total</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>50</b>	<b>50</b>	<b>20</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>20</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>200</b>
José Montero	Aplicación de encuestas			30	30									60
	Prueba protocolos toma de información						20	10						30
	Procesamiento datos			20	20	20	10	20	20					110
	Informes													0
	Talleres													0
	<b>Total</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>50</b>	<b>50</b>	<b>20</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>20</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>200</b>

**Objetivo Específico 1:** Analizar la composición y régimen operacional de las flotas artesanales que operan en la resquería de raya volantín y raya espinosa.

Institución	Profesional	Minería		Clasificación de datos	Encuestas Grupos focales	Protocolos de información	Modelación CPUE		Total	
		Coordinación	de datos				Informes	Talleres		
CAPES-UC	Rodrigo Wiff	10					20	5	35	
	Mauricio Lima		40	22				5	67	
	Mariela Canales		30	26				5	61	
	Stefan Gelicich				40			5	45	
	Andrés Flores		40	30			10	10	92	
	Santiago Gacitúa	7	30	10				5	56	
	Enrique Aguilar		45		20			3	68	
	Cristopher Rodríguez				20				20	
	José Montero				20				20	
PUCV	Dante Queirolo			15		8			23	
	Mauricio Ahumada	2	5	10				5	22	
	Pedro Apablaza	10	30	10		5		5	60	
MAREN	Angel Segura		60	30				10	100	
<b>Total</b>		<b>86</b>	<b>10</b>	<b>25</b>	<b>355</b>	<b>20</b>		<b>35</b>	<b>12</b>	<b>669</b>

**Objetivo Específico 2:** Determinar la unidad de esfuerzo y los factores que inciden directamente en el poder de pesca de las unidades extractivas artesanales.

Institución	Profesional	Minería		Clasificación de datos	Encuestas Grupos focales	Protocolos de información	Modelación CPUE	Informes	Talleres	Total
		Coordinación	de datos							
CAPES-UC	Rodrigo Wiff	10					40	5	2	57
	Mauricio Lima		30	20				5		55
	Mariela Canales		20	10				3		33
	Stefan Gelicich				50			2		52
	Andrés Flores		10	20			10	10	3	53
	Santiago Gacitúa	5	20	10				8	1	44
	Enrique Aguilar		25		20					45
	Cristopher Rodríguez				20					20
	José Montero				20					20
PUCV	Dante Queirolo				5	10		2		17
	Mauricio Ahumada	4	30	40		5	10	15	5	109
	Pedro Apablaza	10	20	10		5		5		50
MAREN	Angel Segura		25	10				10		45
<b>Total</b>		<b>185</b>	<b>10</b>	<b>100</b>	<b>1540</b>	<b>85</b>		<b>165</b>	<b>80</b>	<b>600</b>

**Objetivo Específico 3:** *Desarrollar un protocolo de toma de información y diseño para estimar indicadores de abundancia relativa.*

Institución	Profesional	Minería		Encuestas	Protocolos	Modelación		Total	
		Coordinación	de datos			de datos	CPUE		Informes
CAPES-UC	Rodrigo Wiff	10						10	
	Mauricio Lima							0	
	Mariela Canales							0	
	Stefan Gelcich			22		3		25	
	Andrés Flores							0	
	Santiago Gacitúa	5						5	
	Enrique Aguilar	30		60	30	2	5	127	
	Cristopher Rodríguez			100	60			160	
	José Montero			100	60			160	
PUCV	Dante Queirolo			10	60		8	3	81
	Mauricio Ahumada	4			5	10			19
	Pedro Apablaza	20		10	35		10	5	80
MAREN	Angel Segura								0
	<b>Total</b>	<b>52</b>	<b>0</b>	<b>25</b>	<b>90</b>	<b>170</b>	<b>85</b>	<b>38</b>	<b>667</b>

**Objetivo Específico 4:** *Estimar indicadores de abundancia relativa para el periodo histórico más largo posible.*

Institución	Profesional	Minería		Encuestas	Protocolos	Modelación		Total	
		Coordinación	de datos			de datos	CPUE		Informes
CAPES-UC	Rodrigo Wiff	22				55	10	3	90
	Mauricio Lima								0
	Mariela Canales			20		30	2		52
	Stefan Gelcich								0
	Andrés Flores		20	10		10			40
	Santiago Gacitúa	5	10	30		10	7		62
	Enrique Aguilar								0
	Cristopher Rodríguez								0
	José Montero								0
PUCV	Dante Queirolo							0	0
	Mauricio Ahumada	10		20		10			40
	Pedro Apablaza								0
MAREN	Angel Segura								0
	<b>Total</b>	<b>52</b>	<b>0</b>	<b>25</b>	<b>90</b>	<b>170</b>	<b>85</b>	<b>38</b>	<b>284</b>

## 8.5. Anexo 5. Taller de difusión de resultados.



---

Proyecto	<b>“Desarrollo de índices de abundancia relativa en la pesquería de raya volantín y raya espinosa”. Proyecto FIPA 2020-29.</b>
Requirente	Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (SUBPESCA)
Actividad	<b>Acta Taller Difusión de Resultados</b>
Fecha	<b>22 de septiembre de 2022</b>

---

Jefe de Proyecto	Dr. Rodrigo Wiff Onetto CAPES-UC / Pontificia Universidad Católica de Chile Fono: 56-2-23542638 E-mail: <a href="mailto:capespesquero@bio.puc.cl">capespesquero@bio.puc.cl</a>
------------------	---

---

## INVITACION TALLER



Valparaíso, 08 de septiembre de 2022.

*El Centro de Ecología Aplicada y Sustentabilidad (CAPES-UC), con el patrocinio del Fondo de Investigación Pesquera y de Acuicultura (FIPA) y de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (SUBPESCA), tiene el agrado de invitarle a participar virtualmente del Taller de Difusión de Resultados del Proyecto FIPA N° 2020-29 "Desarrollo de índices de abundancia relativa en la pesquería de raya volantín y raya espinosa", donde se presentarán y discutirán los principales resultados y conclusiones de la investigación desarrollada. Dicho Taller se desarrollará el próximo **jueves 22 de septiembre de 2022, a partir de las 10:00 horas de manera telemática**. El acceso virtual al Taller será despachado prontamente a su correo electrónico junto con la agenda de trabajo.*

*Esperando contar con su valiosa participación, le saluda cordialmente,*

Rodrigo Wiff O.  
Centro CAPES-UC  
Jefe de Proyecto  
[capespesquero@bio.puc.cl](mailto:capespesquero@bio.puc.cl)

**Agenda Taller de Difusión de resultados Proyecto FIPA 2020-29**  
**“Desarrollo de índices de abundancia relativa en la pesquería de raya volantín y raya espinosa”**

Lugar: Vía telemática

Link de ingreso: <https://us06web.zoom.us/j/88117091410?pwd=Ym9SY29PaGNIMG9QV3NFNGlyYmIldDz09>

Hora	Actividad
9:50-10:05	Ingreso al taller, sala de espera.
10:05-10:15	<b>Marco General (R. Wiff)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bienvenida.</li> <li>• Presentación general del proyecto.</li> </ul>
10:15-11:10	<b>Objetivo Específico 1. “Analizar la composición y régimen operacional de las flotas artesanales que operan en la pesquería de raya volantín y raya espinosa”.</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Minería y selección de datos. (A. Flores)</li> <li>• Búsqueda de Patrones               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Curvas de Bisseau (A. Flores)</li> <li>- Metiers (M. Canales)</li> <li>- Inteligencia Artificial (A. Segura)</li> </ul> </li> </ul>
11:10-11:25	Pausa
11:25-12:00	<b>Objetivo Específico 2. “Determinar la unidad de esfuerzo y los factores que inciden directamente en el poder de pesca de las unidades extractivas artesanales”.</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Predictores de Captura y esfuerzo (A. Flores)</li> <li>• Encuestas (C. Rodríguez)</li> </ul>
12:00-12:20	<b>Objetivo Específico 3. “Desarrollar un protocolo de toma de información y diseño para estimar indicadores de abundancia relativa”.</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Muestreo de la flota espinelera artesanal (J. Montero)</li> <li>• Protocolo de Muestreo (J. Montero)</li> </ul>
12:20-12:40	<b>Objetivo Específico 4. “Estimar indicadores de abundancia relativa para el periodo histórico más largo posible”</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Índice desde GAMM (R. Wiff)</li> <li>• Índice desde Modelos de deplesión (R. Wiff)</li> </ul>
12:40-13:00	<b>Conclusiones Generales y Plenario (R. Wiff).</b>

## Listado de Participantes

### FIPA:

- Rafael Hernández

### SUBPESCA:

- María Fernanda Mercado
- Jurgen Betzhold

### IFOP:

- Patricio Gálvez
- Edison Garces
- Renato Céspedes
- Jorge Sateler
- Francisco Contreras
- Esteban Molina
- Juan Carlos Quiroz

### INPESCA:

- Claudio Gatica

### U. ANTOFAGASTA:

- Carlos Bustamante

### Equipo Técnico del Proyecto (CAPES-UC):

- Rodrigo Wiff (Jefe de Proyecto)
- Andrés Flores
- Angel Segura
- T. Mariella Canales
- Cristopher Rodríguez
- José Montero
- Santiago Gacitúa
- Enrique Aguilar

### PUCV:

- Dante Queirolo P.
- Mauricio Ahumada
- Pedro Apablaza

## Desarrollo del Taller

Se realizó una presentación de la metodología del proyecto para cada uno de los Objetivos Específicos (1 a 4), por parte del equipo de trabajo del Centro CAPES-UC. Se describió la metodología empleada, los principales resultados obtenidos, y las recomendaciones, entre otros aspectos analizados, para el desarrollo de índices de abundancia relativa en la pesquería de raya volantín y raya espinosa.

De las diferentes presentaciones surgieron una serie de comentarios y/o preguntas a los expositores y que fueron registradas por parte del equipo técnico de CAPES-UC, las que pueden resumirse como sigue:

### PRESENTACIONES POR OBJETIVO ESPECIFICO

**1.- Presentación Resultados Objetivo Específico 1: “Analizar la composición y régimen operacional de las flotas artesanales que operan en la pesquería de raya volantín y raya espinosa”.**

#### PREGUNTAS Y RESPUESTAS:

**P. Gálvez (IFOP)**, lo interesante es conocer dentro de los factores que se analizan cuando uno quiere ver en esta flota de embarcaciones de menor tamaño, que tiene limitantes operacionales, entonces uno de los factores más importantes es el día fuera de puerto, y el concepto de las unidades de pesquería (porque unidad de pesquería hay 1 sola, que está diseñada para la flota industrial). La flota artesanal se administra mediante el régimen de regiones o regionalización, exceptuando los altamente migratorios como el caso del bacalao, pez espada, el resto de las pesquerías debiera ser legalmente dentro de la región, lo que no sucede, el tipo de embarcación es importante porque un bote no va viajar de una región a otra, a menos que lo acepte otra caleta como punto de desembarque o encuentre un punto de desembarque ilegal, que con eso va entrar en conflicto con los pescadores de la zona donde se va a desplazar. A menos que haya algunos acuerdos. Entonces el factor tipo de embarcación también es importante.

Las lanchas son las que se desplazan, que tienen capacidad de estar 7 a 8 días, nosotros vimos lanchas de la V región que se desplazaban al interior de la unidad de pesquería particularmente en torno a la Isla Mocha y están operando en torno a esa zona, pero la declaración es en la V región.

¿Cómo lo recoge?, ¿hay alguna forma de entregarle más peso a un factor más que a otro, o el modelo mismo le entrega el factor?.

**A. Flores (CAPES-UC)** responde que esa información atípica solo se vio para el periodo 2010-2013, ya que los demás datos se mantuvieron dentro de las tendencias históricas que daba a entender que a lo mejor operaban dentro de su misma zona. Ahora porque se sospecha que la actividad probablemente haya operado en otras zonas, porque eran principalmente de lanchas y ya existían antecedentes de lanchas que eran de San Antonio estaban operando en los fiordos, en la zona sur austral por la merluza del sur, congrio dorado y raya volantín que fue reportado por Céspedes, entonces ya había observaciones en terreno que estas lanchas podían viajar grandes distancias y operar en otras zonas. Ahora como lo hacían para evitar las sanciones hay unos informes FIP que mencionan que se desembarcaban de noche porque ahí ya no están fiscalizando o buscaban otro punto de desembarque. Eso posiblemente es lo que ocurrió acá.

Por eso es que con esa información y estas tendencias que se escapan de la serie histórica, y además que operaron en un periodo en que su zona estaba permitida pero no así la unidad de pesquería, entonces eso ya invita a sospechar que estos datos pudieran venir de otras zonas y no de las que ellos. Esa es la información que nosotros teníamos disponible para poder llevar a cabo este análisis.

Ahora el análisis de random forest es una técnica no paramétrica muy flexible porque si hubiera aplicado GAM, los predictores de la medida administrativa hubieran sido no significantes porque hay colinealidad de datos entonces es muy riguroso en cambio random forest no, estadísticamente es muy flexible, y ya nos sugería que algo era atípico dentro de las operaciones al norte de la unidad de pesquería.

R. Wiff agrega para complementar lo que dice Patricio (Gálvez) que es importante porque es el día fuera de puerto, y el día fuera de puerto parece ser importante en esta pesquería, bacalao y otras pesquerías que hemos visto que tratan de dilucidar el falseo de datos. El día fuera de puerto es la covariable más importante si es que había incentivos o no para hacer algo que no fuera común, como en este caso si es que había veda en algunas de las zonas. Y también el día fuera de puerto debido a que es difícil falsearlo, ya que esa información la lleva la armada, por eso es que se convierte en una covariable tan importante para determinar la atribución de ese viaje de pesca si es que es dudoso o no.

**E. Garces (IFOP)** consulta con respecto a la información, debido a que al menos en IFOP la información de lanchas es escasa. Entonces primero consulta por las fuentes de información que se lograron rescatar o recabar dentro del FIPA y compararlas en ese aspecto, porque si bien el año 2013 hubo una gran incidencia de lanchas en la zona al norte de la unidad de pesquería precisamente por la restricción administrativa que se comentaba en la PDA, pero al sur les falta información respecto a lanchas. Entonces quizás esas fuentes que se pudieron rescatar y tener algo distinto en ese aspecto (primera pregunta) y la segunda, los días fuera de puerto para ellos (IFOP)

han sido un gran desafío, ya que al principio contaban con indicadores de viajes con pesca que, si bien son relativos a las unidades de peso de rendimiento, los días fuera de puerto como mencionaba Rodrigo (Wlff), son más fiables de la actividad de raya. Sin embargo, comenta que han tenido que ir buscando factores que vayan de cierta modelando el día fuera de puerto, porque dependiendo de la embarcación, las características y las zonas donde están operando, una lancha se puede demorar 2 o 3 días en llegar a la zona de puerto y los días efectivos de pesca son menos. Lo anterior, para tratar de no subestimar el rendimiento como tal, si es que se utiliza el día fuera de puerto como factor en el rendimiento.

**A. Flores (CAPES-UC)** responde respecto a los datos, que se realizó una revisión exhaustiva, incluso se reporta más información en el informe. Se hizo muy difícil respecto a raya volantín poder tratar los datos, hacer un seguimiento de las composiciones de las flotas, los niveles de participación que ellas tienen, etc., y sobre todo en zonas muy distantes como la zona sur austral. Para la información que se recopiló se trató de rescatar las variables de interés de manera que no se pierda tanta información, por ejemplo, si en este análisis se incluyera latitud y longitud se pierde el 80% de la información que estaba disponible, lo que ya indica que es necesario tener cuidado de cuáles son las variables de interés para poder modelar con mayor información, en este caso las captura con los días fuera de puerto. Por lo que se trató de ser lo más cuidadoso con la filtración de datos.

**E. Garces (IFOP)** pregunta si se trabajó con otra fuente de información aparte de la de IFOP. Responde A. Flores que en este caso se trabajó sólo con la información proveniente de IFOP.

Con respecto a los días fuera de puerto, fue calculado a través de la información de la fecha de zarpe y recalado, como la diferencia de ambas fechas.

**A. Flores (CAPES-UC)** agrega que, revisando la información, los botes en el norte de la unidad de pesquería registraron capturas muy importantes entre el año 2010 y 2013, lo que le parece raro, con días fuera de puerto inferiores a 5 días y niveles de capturas muy altos, casi similar a los niveles de las lanchas, lo que hacía dudar si los botes realmente estaban capturando o las lanchas servían de acopio y transferían las capturas a los botes. Esta actividad ya había sido reportada en la zona sur austral por Renato Céspedes (IFOP), y ya con esa información adicional obviamente que hay algo atípico en la zona norte de la unidad de pesquería en ese periodo al menos.

**P. Gálvez (IFOP)** comenta que ellos han visto en la pesquería el blanqueo de pesca. En algún momento había veda en la unidad de pesquería o no se podía pescar en la zona norte y había embarcaciones de San Antonio declarando pesca de esta región. Eran camiones que llegaban a San Antonio y declaraban en San Antonio eran botes que nunca habían pescado. Hay que mirarlo con atención.

**Rodrigo Wiff (CAPES-UC)** interviene para aclarar que no es este un método para determinar las tasas de captura si no que solamente se quiere saber cuáles son los datos que parecen extraños utilizando algún método estadístico. Agrega que le parece que las técnicas derivadas de aprendizaje automático o “machine learning” pareciera ser la vía para poder caminar hacia esta identificación de datos atípicos, ya que los métodos estadísticos “más típicos” no aplican en este tipo de problema dado los supuestos son difíciles de cumplir.

**M.F. Mercado (SUBPESCA)** hace una observación que es particularmente importante destacar que para raya espinosa fue recién el año 2012 que se comienza a reconocer como una especie distinta, entonces eso igual afecta el análisis que se estaba comentando.

**P. Gálvez (IFOP)** consulta si hay una recomendación de estos métodos dada las características de los datos y la pesquería, a lo que **Rodrigo Wiff (CAPES-UC)** responde que al final hay una presentación que muestra como es la CPUE de raya volantín con y sin metiers.

## **2.- Presentación Resultados Objetivo Específico 2: “Determinar la unidad de esfuerzo y los factores que inciden directamente en el poder de pesca de las unidades extractivas artesanales”.**

### **PREGUNTAS Y RESPUESTAS:**

**M. F. Mercado (SUBPESCA)** pregunta respecto a que se repite en la presentación una percepción entre los pescadores que no existía una correcta gestión, pero no sabe si hay información más específica respecto a que se refiere esa incorrecta gestión, sobre todo considerando que en los últimos años se han establecido nuevas medidas de administración al respecto, por lo que entendería que podría haber cambiado esa percepción.

**C. Rodríguez (CAPES-UC)** responde que los pescadores en sus respuestas identificaban un problema de gestión en relación a la cuota evidenciando que se quejaban que les daban una cuota muy pequeña de extracción y también que manifestaban que habían rayas compradas antes de la apertura de la temporada de pesca, evidenciando un problema grave en la macrozona sur, quejándose que cuando abren la pesquería otros pescadores ya tienen compradas estas rayas y que van flotas de otras regiones a capturar a sus zonas de pesca, por lo tanto, esas son las 3 principales observaciones que los pescadores evidencian con respecto a la gestión y a la cuota.

**P. Gálvez (IFOP)** agradece la investigación en este respecto debido a que son personas que están trabajado, es todo un ambiente y culturas, por lo que es importante conocer un poco más allá que

el arte y el recurso. Consulta cómo se definió o logró encontrar las personas o actores claves a los que se encuestaron y que sustentan los resultados que se presentaron y la segunda es dónde se define macrozona norte y macrozona sur porque eso es relevante al momento de analizar los resultados.

**Rodrigo Wiff (CAPES-UC)** responde que, coincide con P. Gálvez que, la definición de quién ir a encuestar es muy importante, y agrega que como CAPES-UC ya han desarrollado algunas encuestas como por ejemplo en congrio dorado. Lo primero que se realizó en este caso, fue solicitar el registro de pescadores artesanales a SUBPESCA que María Fernanda (Mercado) colaboró mucho en entregar el registro de pescadores que están operando en rayas en estas regiones, o que tienen su registro de rayas, posteriormente se contactó a los pescadores para agendar visitas y en la más fina se va a las caletas y se ubica a estos personajes que reúnen a otros pescadores que operan en raya. Por lo que la selección de los pescadores a encuestar se puede dividir en estas 3 etapas.

En el caso de la división de macrozona norte y sur, está básicamente pensada en no “contaminar” los datos que están en la macrozona sur. Es decir, se sabe que la mayoría de los pescadores que se encuestaron en la parte norte de la PDA (de Pto. Montt hacia el norte), eran pescadores antiguos que pescaban en Lebu, principalmente, y algunos en Constitución, entonces más que separar esa zona se hizo la macrozona norte por separado para que estas encuestas no tuviesen influencia en lo que sabemos que sucede en la PDA que es diferente, entonces es una división ad hoc pensada en que se sabe que los pescadores de Lebu, San Antonio y Constitución, corresponden a pescadores muy antiguos que la operación ya casi no se ejecuta en esas zonas.

### **3.- Presentación Resultados Objetivo Específico 3. *“Desarrollar un protocolo de toma de información y diseño para estimar indicadores de abundancia relativa”.***

#### **PREGUNTAS Y RESPUESTAS:**

No hay preguntas específicas.

#### **4.- Presentación Resultados Objetivo Específico 4. “Estimar indicadores de abundancia relativa para el periodo histórico más largo posible”.**

No hay preguntas específicas.

#### **PLENARIO DE DISCUSIÓN Y PREGUNTAS:**

#### **PREGUNTAS Y RESPUESTAS:**

**E. Garcés (IFOP)** plantea que dentro de las recomendaciones que se menciona, que sólo se requiere capturas y un indicador de esfuerzo bien medido, para ellos como IFOP ha sido super complejo establecer ese sistema en tierra debido a los vicios que presenta esta pesquería, entre los cuales están muchos traspasos de botes que no tienen permisos de pesca a otros que sí lo tienen, y hay una sobreestimación de la captura con respecto al esfuerzo. También plantea que han observado embarcaciones que declaran un arte de pesca, pero desarrollan la captura con otro (declaran espinel pero capturan con enmalle) y que embarcaciones como lanchas funciona mucho el acarreo que también es importante tratar de identificar este tipo de embarcaciones, para no desvirtuar el registro de la captura y esfuerzo. Por lo tanto, se requiere de alguna forma revalidar que esta información que se está obteniendo en tierra sea de una fuente más fidedigna, por un observador que este tomando el dato a bordo de las embarcaciones. Sería super útil que el dato en tierra fuera 100% fidedigno. Pero este estudio puede ayudar a la discusión, ya que, si bien estos 2 parámetros se puedan tomar en tierra, en el sentido de cómo mejorar la fiscalización o la regularización de la toma de esta información.

**R. Wiff (CAPES-UC)** agradece el comentario, destacando que es un punto super importante. Agrega que en general los modelos de depleción corresponden a modelos de dato pobre, por lo que la unidad o cantidad de esfuerzo que se requiere puede ser bastante general, por ejemplo, solo días fuera de puerto que, si bien puede no ser tan buena medida, pero es una señal. Lo otro es que se podría pensar en un sistema de muestreo, teniendo quizás algunos pescadores identificados en algunas caletas, donde se sabe que el esfuerzo y la captura están bien medidos y, con eso se puede escalar a otros modelos para tener una visión, pero si el dato de captura y esfuerzo no está bien medido se generan muchos problemas. El punto es que existe una condicionante respecto a los recursos para la investigación, ya que, si se dispusiera de dinero para desarrollar un crucero de CPUE todos los años, se podría medir la captura de cada uno de los anzuelos, similar a lo ocurrido en congrio dorado proyecto FIPA 2017-46. Como lo anterior no es posible, se debe buscar algo costo efectivo que nos permita tomar información para llegar a eso. Entonces plantea que una submuestra de pescadores informantes buenos se podría soslayar los problemas que hacia mención E. Garcés.

**E. Garcés (IFOP)** agrega que la estratificación de submuestrear zonas como se plantea es una alternativa que en algún momento se discutió, sin embargo, como desde el 2016 al 2020 la pesquería ha operado como “carrera olímpica” se complejiza el tema, quizás actualmente con la

apertura de operación regional y con cuotas mayores se podría avanzar en ese aspecto, dependiendo obviamente de los presupuestos para llegar a zonas tan australes a obtener información.

**P. Gálvez (IFOP)** plantea que el tiene comentarios más de fondo, respecto a que mirar esta pesquería como monoespecífica es forzar un escenario que no es, ya que no existe una pesquería de raya espinosa y otra de raya volantín. El manejo fuerza a que sea monoespecífico porque actualmente el país tiene un manejo monoespecífico de las pesquerías, y por eso ocurre lo que pasa con la CPUE de raya espinosa que más parece fauna acompañante, lo que es lógico porque los pescadores salen a pesca raya como objetivo. Por lo anterior, es el manejo que debe verlo de una perspectiva diferente y considerarla como una pesquería multiespecífica o de mezcla, lo que es complejo. El factor profundidad para la raya espinosa es importante, ya que esta especie sale más abundante a profundidades mayores como fauna acompañante de la pesquería de la raya volantín, por lo que le suenan lógicas las respuestas que aparecen debido a que es lo que se conoce de la pesquería.

Plantea que el otro ruido que ellos han observado como IFOP es que después de la implementación de las vedas de 2013 y 2014, es que la temporada de pesca ha sido cualquier cosa, pesquería de 1 semana, una semana en abril, el otro año 1 semana en noviembre-octubre, este año partió en abril-mayo y va a terminar en noviembre por distintos cambios de fechas, entonces todo ese ruido de información disgrega la matriz de datos para poder levantar una buena CPUE, porque se está tomando como factor de tiempo el año, y se tienen cambios de meses dentro de cada año que puede estar indicando variabilidad que no se está recogiendo cuando se toma solamente el año, incluso en las zonas. Por lo que hay que tener una mirada en profundidad ya que corresponde a una pesquería muy complicada, dispersa, con carencia de información, en que la última propuesta que se hace por parte de CAPES-UC se acerca más a que se podría llegar a tener una mirada más holística.

**R. Wiff (CAPES-UC)** agradece los excelentes comentarios y plantea estar de acuerdo en todo lo planteado por P. Gálvez, y cree que se debiera caminar a una pesquería que es multiespecífica. Agrega que se concadena muy bien a lo presentado por A. Segura respecto que cuando se comienza a clasificar no necesariamente en una especie u otra, teniendo estos subgrupos de pescadores que hacen algo que es diferente respecto a las especies, no necesariamente respecto a raya volantín o raya espinosa, sino que a un subconjunto de especies que lo maneja de una forma que es particular, y eso tiene mucha lógica. Por lo que hay que caminar a manejar en forma conjunta, y tiene sentido lo que planteó P. Gálvez que el pescador va a pescar raya, no va a raya volantín o espinosa particularmente, lo que si es claro es que una se encuentra a mayor profundidad y una es mucho más abundante que la otra.

Luego plantea que, conociendo como se comportan los índices de abundancia, una ventaja que no existía anteriormente cuando se hacía la evaluación de stock, es que no había nada que se pareciera a un índice de abundancia en raya volantín. Actualmente, en la parte central de la pesquería ese índice de abundancia sigue muy bien la pesquería. En raya espinosa es diferente, aparentemente se comporta como bycatch y debiese tratarse de otra forma.

Queda el problema que se hace con el último periodo, desde el 2014 en adelante, y señala que no recomendaría utilizar CPUE como índice de abundancia clásico porque tiene todos los problemas que P. Gálvez mencionó, y ahí se debiera pensar de otra forma y podría hacer cruceros de CPUE por ejemplo, teniendo ciertos pescadores con los cuales tener el “termómetro” (o estimación puntual) de lo que está ocurriendo en ciertas zonas y generar desde eso algún índice de abundancia desde el cual pudiera tomarse la evaluación de stock. Agrega que los modelos de depleción a su parecer serían una de las vías que parecen ser alternativas en estas pesquerías de corto plazo, ya que al fijarse en la teoría pesquera los modelos de depleción son justamente para cuando no se sabe nada, y a través de depletar la pesquería se va observando a través de los días como va disminuyendo la captura respecto al esfuerzo y eso es un estimador de abundancia, porque también hay efecto de hiperestabilidad. Le llama la atención que al principio de la temporada la pesquería de rayas se comporta como las pesquerías de orange roughy o alfonsino donde la CPUE cae drásticamente al principio y luego se mantiene abajo, entonces ese tipo de efectos con una CPUE clásica no van a ser posibles de filtrar porque no tienen forma de filtrar efectos de hiperestabilidad o hiperdepleción, que si un modelo de depleción es capaz de realizar, pero volviendo a la idea que se cuente con informantes buenos que permitan ir a “tomar la temperatura” a ciertos lugares sería la forma correcta.

**C. Rodríguez (CAPES-UC)** se refiere a lo que planteaba P. Gálvez respecto a que efectivamente a los pescadores se les preguntó en la encuesta de cierta manera el porcentaje de capturas de raya volantín y raya espinosa en un año promedio antes de la década del 90 y actualmente, resultado que se encuentra en el informe, pero que antes de los 90 los pescadores identifican en toda el área que aproximadamente el 64% es de raya volantín versus el 36% de raya espinosa y que esos porcentajes se mantienen similares actualmente (62% raya volantín y 38% espinosa), para complementar lo que decía P. Gálvez.

### **Conclusiones:**

Las principales conclusiones del taller son las siguientes:

1. Las técnicas de aprendizaje automático (Machine learning) son adecuadas en el contexto de la pesquería de rayas para poder hacer filtros de datos necesarios que permitan la construcción de índices de abundancia.
2. Los principales factores que afectan las tasas de captura en la pesquería de rayas se refieren al efecto de la zona, del año, profundidad y cambios ambientales (usando como proxy a la temperatura superficial del mar)
3. Un protocolo de toma de datos a bordo de embarcaciones artesanales es posible de llevar a cabo con un observador científico. Este protocolo esta fuertemente enfocado en la generación de bases de datos operacionales, estructuras de tallas, pesos y fauna acompañante.

4. En ambas especies de rayas, modelos de estandarización de esfuerzo permiten la generación de índices de abundancia previos a año 2014. En el caso de raya volantín, el índice muestra un decrecimiento importante lo que se encuentra en línea con la evaluación de stock del recurso. En el caso de raya espinosa, la abundancia parece estar fluctuando alrededor de una media sin una tendencia clara. En este contexto raya espinosa es mas bien considerado como un recurso secundario sin una tendencia clara en la intencionalidad de captura.
5. Posterior al año 2014, los modelos de depleción entregan una técnica promisoría para poder levantar índices de abundancia y reclutamiento en ambas especies de rayas.

Rodrigo Wiff, como Jefe de Proyecto, entrega palabras finales de cierre del taller metodológico, agradeciendo a todos los presentes por su participación.

## Imágenes del Taller:

